

Vittorio Ingegnoli

Bionomia del paesaggio

L'ecologia del paesaggio biologico-integrata
per la formazione di un "medico" dei sistemi ecologici



Bionomia del paesaggio

Vittorio Ingegnoli

Bionomia del paesaggio

L'ecologia del paesaggio
biologico-integrata per la formazione
di un "medico" dei sistemi ecologici

Vittorio Ingegnoli
Corso di Laurea in Scienze e Tecnologie per la Natura
Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali
Università degli Studi di Milano
Milano

ISBN 978-88-470-2040-5

ISBN 978-88-470-2041-2 (eBook)

DOI 10.1007/978-88-470-2041-2

© Springer-Verlag Italia 2011

Quest'opera è protetta dalla legge sul diritto d'autore, e la sua riproduzione è ammessa solo ed esclusivamente nei limiti stabiliti dalla stessa. Le fotocopie per uso personale possono essere effettuate nei limiti del 15% di ciascun volume dietro pagamento alla SIAE del compenso previsto dall'art. 68, commi 4 e 5, della legge 22 aprile 1941 n. 633. Le riproduzioni per uso non personale e/o oltre il limite del 15% potranno avvenire solo a seguito di specifica autorizzazione rilasciata da AIDRO, Corso di Porta Romana n. 108, Milano 20122, e-mail segreteria@aidro.org e sito web www.aidro.org.

Tutti i diritti, in particolare quelli relativi alla traduzione, alla ristampa, all'utilizzo di illustrazioni e tabelle, alla citazione orale, alla trasmissione radiofonica o televisiva, alla registrazione su microfilm o in database, o alla riproduzione in qualsiasi altra forma (stampata o elettronica) rimangono riservati anche nel caso di utilizzo parziale. La violazione delle norme comporta le sanzioni previste dalla legge.

L'utilizzo in questa pubblicazione di denominazioni generiche, nomi commerciali, marchi registrati, ecc. anche se non specificatamente identificati, non implica che tali denominazioni o marchi non siano protetti dalle relative leggi e regolamenti.

9 8 7 6 5 4 3 2 1

2011 2012 2013 2014

Layout copertina: Ikona S.r.l., Milano
Impaginazione: Ikona S.r.l., Milano
Stampa: Grafiche Porpora, Segrate (MI)

Springer-Verlag Italia S.r.l., Via Decembrio 28, I-20137 Milano
Springer fa parte di Springer Science+Business Media (www.springer.com)

The biperspectivable systems view of landscapes, functioning simultaneously as natural and cognitive systems, and therefore as a tangible bridge between nature and mind, opens the way for close cooperation among landscape researchers and scientists from all other relevant disciplines and professions.

Il doppio sistema interpretativo dei paesaggi, simultaneamente naturali e cognitivi, che agiscono come ponte fra mente e natura, apre la strada per una stretta collaborazione fra ricercatori del paesaggio e scienziati di ogni altra rilevante disciplina e professione.

Zev Naveh, 2001
(Landscape & Urban Planning 57)

Presentazione

Raramente capita, come nel caso di questo volume, di cogliere già nel titolo l'impostazione culturale e scientifica che l'Autore ha voluto dare alla propria opera.

Appare, infatti, in tutta evidenza la visione che Vittorio Ingegnoli – architetto e dottore in Scienze Naturali, *cultore* e docente di Progettazione Ecologica del Paesaggio – ha del paesaggio: un sistema vivente. Questa visione potrebbe essere considerata quasi scontata se il paesaggio non fosse trattato in molti, troppi casi, come un'immagine, da studiarsi più dal punto di vista iconografico o iconologico che da quello bioeconomico, essendo la bionomia la scienza che studia i processi vitali.

Conferire la dignità della vita al paesaggio significa riconoscerne la qualità di sistema complesso adattivo e, quindi, le caratteristiche di coevoluzione, di comportamenti emergenti, d'interattività tra le sue parti, l'ambiente circostante e l'uomo. In altre parole, significa porsi in consonanza con Ludwig von Bertalanffy (1901-1972) – biologo austriaco, fondatore della Teoria Generale dei Sistemi – e con quanti hanno contribuito al superamento del riduzionismo come, per citarne alcuni, il chimico Ilya Prigogine, il fisico Murray Gell-Mann e il filosofo-sociologo Edgar Morin. Conosciamo tutti i grandi meriti del riduzionismo nel progresso delle conoscenze; ma, proprio perché la scienza deriva da un processo sistematico di acquisizione delle conoscenze mirato a giungere a una descrizione sempre più dettagliata della realtà fattuale, il superamento con metodo scientifico dell'acquisito ne è parte integrante. Tullio Regge, il grande fisico-matematico italiano, ha scritto in proposito: *“La portata di una scoperta scientifica non si misura dai risultati raggiunti bensì dai problemi nuovi che essa apre in un processo evolutivo che pare non aver fine”*.

La “Bionomia del paesaggio” di Vittorio Ingegnoli ci coinvolge a pieno titolo in questo innovativo processo conoscitivo e inserisce l'Autore tra gli edificatori (per la verità ancora pochi) della “nuova ecologia” scientifica, ben lontana dall'attivismo ambientalista. Da questo punto di vista l'opera fornisce anche un importante contributo didascalico e la sua lettura (meglio: studio) dovrebbe informare (nel senso di “dare forma”) le nuove generazioni di ecologi.

Il volume sostiene il lettore in questo apprendimento evolutivo dedicando il primo – ma soprattutto il secondo capitolo – a una sintetica, ma rigorosa, illustrazione, anche storica, dei processi conoscitivi ad esso sottesi. Questi capitoli consentono al lettore di affacciarsi sulla realtà, così come la conosce (o crede di conoscerla), indossando però un nuovo paio di occhiali che gli aprono orizzonti molto più vasti.

I capitoli che seguono, fino al nono compreso, costituiscono una trattazione sistematica del tema (Anatomia e fisiologia del paesaggio, Trasformazioni e patologie, Analisi della componente vegetale, Analisi faunistica e antropica, Analisi ecologiche generali, Analisi storica e valutazione del progresso, Valutazione diagnostica) e forn-

scono allo studioso e al professionista (anche futuro) metodi e strumenti per approfondire le più importanti caratteristiche del sistema complesso adattivo “paesaggio” al fine di coglierne non solo gli aspetti descrittivi, ma anche quelli vitali ed evolutivi.

A partire dal decimo capitolo (Progetto di intervento) l’Autore, non dimentico dei propri ruoli di docente e di professionista - presenta alcuni *case study* da lui affrontati nel milanese e nel Trentino. La trattazione è ricca di particolari, chiara ed esaustiva e rivela la vasta e meditata esperienza di un ricercatore e di uno studioso mai sazio di apprendere e di applicare.

Concludendo, ritengo un privilegio aver avuto l’occasione di presentare questo volume e, congratulandomi con l’Autore per il suo importante contributo, auspico che i lettori siano numerosi.

Milano, giugno 2011

Prof. Ing. Giacomo Elias
Direttore Scientifico AIAS
già Ordinario di Fisica Tecnica, Facoltà di Agraria,
Università degli Studi di Milano

Prefazione

La presente pubblicazione nasce soprattutto dalla necessità di aggiornare il corpus teorico e applicativo dell'ecologia del paesaggio, a 40 anni dall'inizio degli studi del sottoscritto. Nel 1971 l'Autore presentò un lavoro dal titolo "Ecologia territoriale e progettazione" al Congresso Internazionale "Ingegneria e ambiente", tenutosi al Museo della Scienza di Milano, che ha rappresentato la base di partenza dei suoi studi¹. In seguito fu invitato² da Francesco DiCastri, responsabile UNESCO del settore Ecologia, che coordinava da Parigi i primi studiosi dell'ecologia del territorio in Europa e negli Stati Uniti, di riferire tali studi all'Ecologia del Paesaggio (1985).

Di recente, dopo aver preso atto del degrado odierno del termine "ecologia" e dopo aver impostato una nuova sintesi teorica sulla base della constatazione che il paesaggio rappresenta uno specifico livello di organizzazione biologica (2002), riportata nel saggio monografico scritto per l'Istituto della Enciclopedia Italiana Treccani (2010), l'Autore ha deciso di adottare il termine "Bionomia del Paesaggio" (vedi capitolo 2, paragrafo 2.2) e di proporlo come titolo di questo volume.

È innegabile che si tratta di un lavoro che nasce anche da una serie di proteste. Dalla ribellione alla mancanza di responsabilità nei rapporti uomo-ambiente che dilaga oggi in Italia e nel mondo. Dalla ribellione all'analfabetismo scientifico imperante in società che sono sempre più dipendenti dalla scienza e dalla tecnologia. Dalla ribellione verso la triste e anacronistica incomprensione fra il mondo umanistico e quello scientifico. Dalla ribellione verso le autorità politico-amministrative che continuano a rovinare il territorio, ascoltando sedicenti ambientalisti (quantomeno dilettanti) e non curandosi dei notevoli avanzamenti scientifici in campo ecologico-paesistico. Dalla ribellione verso uno Stato che considera gli studiosi come inutili, vessandoli in ogni modo. Dalla ribellione verso i sentimenti di sufficienza e ostilità che buona parte del mondo scientifico mostra nei confronti della religione e dei sentimenti più nobili dell'umanità.

L'impegno scientifico del testo contrasta di fatto una prassi, che non si esita a definire vergognosa, che pone scientificamente ed economicamente fuori giuoco i professionisti esperti in ecologia del paesaggio. Le potenziali possibilità di lavoro sono molteplici, come si vedrà, ma qualsiasi tecnico improvvisato è in grado di vincere concorsi formalmente del tutto regolari in quanto le leggi danno maggior peso ai tempi, ai costi e ai riferimenti burocratici, piuttosto che alla scientificità del metodo,

¹ Novembre 1971- Giornata Internazionale della FEANI: "L'ingegnere e la natura: l'ingegnere di fronte al problema della sopravvivenza umana" Museo della Scienza, Milano [comunicazione].

² In un incontro tenuto nell'ambito della SITE (Società Italiana di Ecologia) all'Università di Parma, su richiesta di Oscar Ravera.

quando si tratta di valutazione o pianificazione del territorio. L'Autore si augura che tali brevi considerazioni possano indurre a decidere che valga la pena leggere quanto proposto in questo testo.

Lo scopo di una pubblicazione di carattere scientifico, ma con risvolti etici e culturali, è quello di far conoscere a una cerchia di persone, assai più ampia degli studenti che seguono i corsi di ecologia, l'importanza dell'ecologia del paesaggio nella sua tendenza "biologico-integrata" o, meglio, la "bionomia del paesaggio". Certamente non si tratta di un testo divulgativo, dato che la trattazione della materia, anche se sintetica, è su basi scientifiche. Tuttavia, è auspicabile che questo libro possa interessare un pubblico più vasto proprio per *le implicazioni etiche e culturali* che sono legate alla presente disciplina.

Per esempio, coloro che si occupano di paesaggio nell'ambito architettonico, ingegneristico, umanistico e gli amministratori pubblici di una certa responsabilità dovrebbero essere interessati perlomeno ai temi applicativi proposti nel testo, in modo da gestire le problematiche ambientali con principi e metodi innovativi rispetto a quanto avviene attualmente. Ci si augura inoltre che, fra i docenti delle scuole Medie Superiori, ci possa essere un interesse riguardo agli argomenti di questo volume, al fine di illustrare ai loro allievi la necessità di modificare gran parte degli atteggiamenti odierni verso l'ambiente e l'ecologia e per indicare loro la grande responsabilità dell'uomo rispetto al Creato.

Le basi della conoscenza e della saggezza, quindi anche della scienza, non appartengono a uno solo di noi uomini, sono un patrimonio comune e sono antiche come il mondo. Ma esse vanno continuamente declinate con il proseguire della storia e, soprattutto, vagliate nei confronti della verità.

Infine, altre ragioni che hanno guidato la stesura di questo testo sono la constatazione che pochissimi conoscono veramente la bionomia del paesaggio e ancora meno le sue applicazioni; la constatazione che, di fatto, di fronte a scelte politiche e di pianificazione troppo spesso vince solo la mentalità economicistica e burocratica (indifferentemente dal "colore" politico delle amministrazioni); la constatazione di come una carenza etica ed epistemologica come quella odierna esiga di non limitarsi a introdurre qualche nota a fine lavoro, bensì richieda di dedicare un capitolo introduttivo specifico all'argomento.

Molti amministratori comunali o professionisti meno edotti sui problemi ambientali confondono l'ecologia del paesaggio con l'architettura del paesaggio, mentre deve esser chiaro che si tratta di due discipline solo in parte sovrapponibili, anche se non limitatamente al campo applicativo, in quanto la diversità sta nei principi e nel metodo. L'architettura del paesaggio coincide con la progettazione degli spazi esterni all'edificio, è condotta con criteri prevalentemente visuali, funzionali e tecnologici, e talvolta mira alla ricerca dell'originalità più velleitaria, della "griffe" di prestigio. La progettazione secondo l'ecologia del paesaggio segue, invece, principi di ordine prevalentemente biologico e cerca di intervenire con l'ottica propria dei medici, cioè di professionisti capaci di operare su *sistemi viventi*, quali sono i paesaggi, di operare quindi come "ecoiatri" come si vedrà più avanti nel testo.

Proprio questo riferimento ai sistemi viventi, che è di centrale importanza, porta a considerare un diverso rapporto con la sostenibilità, cioè con il concetto di sviluppo sostenibile. Il potere dell'attuale economia globale, che considera l'ecologia come *sottosistema dell'economia*, porta a una convergenza di fatto delle Amministrazioni Pubbliche verso un concetto di sostenibilità ambientale che al massimo si limita a porre in relazione sullo stesso piano le note "tre E" del rapporto Brundtland (1987)

alla WCED (*World Commission on Environment and Development*): *Ecologia, Equità sociale ed Economia*. Tuttavia è indubbio che, essendo il paesaggio un'entità vivente, in molti casi le "tre E" non possono stare sullo stesso piano: la componente biologica deve avere la precedenza, per ragioni di salute sia dei sistemi ecologici che dell'uomo.

Un esempio significativo in tal senso è emerso qualche anno fa nello studio di VAS (Valutazione Ambientale Strategica) affidato dal Comune di Capannori (Lucca) all'Autore. Con il criterio di sostenibilità delle "tre E" sia l'amministrazione municipale che quella Provinciale, pur appartenenti a schieramenti politici opposti, indicarono, in pieno accordo, un'area per lo smaltimento dei rifiuti del distretto. Dalla valutazione emerse che tale area non era compatibile con la struttura e le funzioni del paesaggio in esame, perché avrebbe rovinato una delle migliori aree agricole rimaste in un comune ormai industrializzato e inoltre avrebbe impedito la possibilità di sviluppare una rete ecologica locale necessaria per ristabilire uno stato di riequilibrio ambientale. Le Amministrazioni insistettero – senza risultato – perché il sottoscritto cambiasse idea: fu fatto infatti loro presente che un ecologo si deve comportare come un medico: se poi il paziente (rappresentato in questo caso dalle autorità amministrative locali) non tiene conto delle prescrizioni e aggrava la malattia, ciò non deve succedere perché il medico ha accettato di togliere la medicina più amara! È un problema etico.

Non sembra però che l'etica ambientale sia oggi tenuta sempre presente fra gli amministratori locali (salvo debite eccezioni) e purtroppo anche fra i professionisti incaricati di redigere le pianificazioni e i controlli VAS. È necessario ricordare che nel rapporto uomo-natura, il principio di responsabilità non ha alternative, anche se la fiducia eccessiva nel progressismo e nelle capacità scientifiche e tecnologiche dell'uomo fa in modo che oggi tale responsabilità venga – di fatto – molto ridotta. Tanto più che sta dilagando un relativismo miope, in quanto limitante la ragione, che ha ripercussioni persino sulla scienza.

Sovente ci si sente dire dalle Autorità competenti (per esempio, assessorati all'urbanistica e territorio): "Noi abbiamo già un nostro metodo, nostri piani territoriali di riferimento confermati da nostri esperti, quello che lei ci vuole suggerire è solo una sua visione. Lo dice lei che la nostra gestione del territorio non è in linea con l'ecologia: è solo un suo parere. Lei, del resto, chi rappresenta?...".

Risposta d'obbligo: se uno scienziato propone nuovi criteri non lo fa per vendere idee personali, ma perché, a una verifica scientifica, *si dimostra* che ciò che oggi viene fatto per la tutela e la pianificazione del territorio è spesso insufficiente se non addirittura sbagliato! È necessario, quindi, un chiarimento sia etico che epistemologico, in modo da poter incitare chi si prepara a gestire le complesse problematiche ambientali a compiere scelte responsabili nei confronti della Natura come della popolazione.

In questi campi le scelte "politico-amministrative" locali basate sulle cosiddette "regole democratiche" non hanno senso, hanno un valore assai limitato. Si ricorda che non è possibile votare a maggioranza una legge, fisica o biologica, che sia vera o no! Si ricorda, inoltre, che se un ente ospedaliero incontra un medico capace di suggerire nuovi metodi di cura che *si dimostrano* assai più efficaci e opportuni di quelli in vigore, tale ente può anche scegliere di non seguire lo studioso, ma si assume implicitamente la responsabilità di agire contro il beneficio dei propri pazienti! Non si dimentichi, infine, che la tutela della natura significa anche tutela della salute, e non solo per ragioni di inquinamento. Ambienti alterati, anche se non inquinati, possono portare seri problemi alla salute umana, come già esposto nel 2002.

Il volume inizia con una Prima Parte ("Premesse disciplinari") in cui nel breve ma

sostanzioso primo capitolo sui rapporti uomo-natura viene affrontato il tema etico ambientale e quello epistemologico. Un profondo aggiornamento scientifico della teoria e dei metodi di studio della bionomia del paesaggio necessita di richiami epistemologici altrettanto approfonditi. Segue un secondo capitolo, che illustra i significati della bionomia del paesaggio, ne elenca le novità teoriche e di metodo e presenta quegli aspetti della cosiddetta Teoria dei Sistemi che sono indispensabili nello studio del paesaggio, con un inserto tecnico riassuntivo curato appositamente dall'ingegnere Alessandro Ingegnoli.

La Seconda Parte ("Sintesi teorica"), che riguarda le parti teoriche e metodologiche, si articola in 8 capitoli, dal 3 al 10.

La Terza Parte del libro ("Criteri applicativi") comprende i capitoli dall'11 al 17 ed è completamente dedicata ad esempi di applicazione della bionomia del paesaggio.

In Appendice, viene riportato un glossario aggiornato dei contenuti scientifici del volume, redatto in collaborazione con Elena Giglio. Esso è risultato indispensabile, malgrado le note presenti a pie' di pagina, data la complessità disciplinare degli argomenti trattati, perché il testo sia comprensibile anche a chi non è laureato in scienze.

Milano, giugno 2011

Vittorio Ingegnoli

Ringraziamenti

I miei più vivi ringraziamenti agli Amici e Colleghi con i quali ho potuto discutere o comunque interagire durante la ricerca teorica e metodologica riportata in questo testo e che mi hanno incoraggiato a proseguire le ricerche e a scrivere, nonostante le notevoli e spesso gravi difficoltà che uno studioso trova in questo Paese. Ricordo in particolare: Virginio Bettini (IUAV, Venezia), Roberto Canullo (Dpt. Botanica ed Ecologia, Camerino), Fiorenza De Bernardi (Milano), Marco Ferraguti (Milano), Richard T.T. Forman (Harvard), Giuliana Lauro (Napoli 2), Linda Olsvig-Whittaker (INNPPA, Israel), Manuela Pelfini (Milano), Bruno Petriccione (Corpo Forestale dello Stato), Sandro Pignatti (Lincei, Roma), Giuseppe Scarascia-Mugnozza (CRA, Dpt. Foreste e Territorio), Enzo Siligardi (Trento), Claudio Smiraglia (Milano).

Ricordo con particolare affetto gli amici: Luigi Padovese, già preside dell'Ateneo Antonianum di Roma, recente martire in Turchia, e Zev Naveh (Haifa, Israel), che ci ha lasciati da poco, vero Maestro nel campo della Landscape Ecology.

Un ringraziamento a tutti coloro che mi hanno direttamente aiutato nella revisione del volume e nella compilazione di qualche significativa parte, soprattutto Elena Giglio Ingegnoli, mia moglie, autrice del Glossario, Alessandro Ingegnoli, mio fratello, autore del paragrafo di inquadramento della Teoria dei Sistemi, e Roberto Russo, che ha controllato il paragrafo sul Parco del nuovo Quartiere Citylife di Milano.

Un sentito ringraziamento ad Antonella Cerri e a tutto lo staff di Springer-Verlag Italia per la professionalità e la passione dedicata alla redazione e pubblicazione del libro, che sarà sviluppato anche in una versione internazionale in lingua inglese.

Devo infine ringraziare Giacomo Elias, già ordinario di Fisica Tecnica alla Facoltà di Agraria di Milano, direttore AIAS (Associazione Italiana Addetti alla Sicurezza) e presidente dell'Ente Parco di Villa Carlotta, che si è prestato con entusiasmo e competenza a scrivere la presentazione di questo volume.

Indice

Parte I Premesse disciplinari

1 Uomo e natura: etica ambientale ed epistemologia	3
1.1 Paesaggio, natura, uomo	3
1.1.1 Essenza del paesaggio	3
1.1.2 Considerazioni sui rapporti uomo-natura	5
1.2 Conoscenza e responsabilità	7
1.2.1 Verso una vera rivoluzione del pensiero	7
1.2.2 Verità e conoscenza: le basi epistemologiche	8
1.3 Acquisizione di coscienza	12
1.3.1 Idolatrie e distorsioni nella scienza	12
1.3.2 Il giuramento dell' <i>ecoiatra</i>	14
2 Bionomia del paesaggio	17
2.1 Ecologia, paesaggio, bionomia	17
2.1.1 Considerazioni introduttive	17
2.1.2 Sviluppo e limiti dell'ecologia generale	18
2.2 Bionomia del paesaggio	20
2.2.1 Il paesaggio come specifico livello di organizzazione della vita	20
2.2.2 La rifondazione dell'ecologia del paesaggio	23
2.2.3 Importanza e significato del rinnovamento dell'ecologia	24
2.3 Studi sistemici sul paesaggio	25
2.3.1 Sistemi complessi e adattativi	25
2.3.2 Sistemi gerarchici e dinamici	27
2.3.3 Sistemi dissipativi	29
2.3.4 Metastabilità e disturbi	30
2.4 Note sintetiche sui sistemi complessi (<i>A. Ingegnoli</i>)	31
Introduzione	31
Cenni di storia	31
Teoria dei sistemi	33
Stabilità di un sistema dinamico	37
Sistemi complessi	38
Effetti della non linearità – comportamento emergente	39
Teoria delle catastrofi	40
Caos deterministico	41
Teoria della complessità	43

Parte II Sintesi teorica e metodologica

3 Anatomia e fisiologia del paesaggio	47
3.1 Anatomia di un paesaggio	47
3.1.1 Considerazioni preliminari sulla struttura di un paesaggio	47
3.1.2 Concetto di ecotessuto	48
3.1.3 Elementi semplici: la tessera	49
3.1.4 Configurazioni di elementi	50
3.1.5 Unità di paesaggio e suoi sottosistemi	51
3.2 Processi fisiologici del paesaggio	54
3.2.1 Processi generali di regolazione naturale o antropica	55
3.2.2 Processi legati allo “scheletro” (geomorfologici)	56
3.2.3 Processi correlati alla struttura del paesaggio	58
3.2.4 Processi legati alla presenza di delimitazioni	59
3.2.5 Processi di informazione e coevoluzione	59
3.2.6 Processi legati alla capacità riproduttiva di un ecotopo	60
3.2.7 Processi legati alla densità di popolazione	61
3.2.8 Processi legati alla capacità di movimento dei componenti	63
3.2.9 Processi bioenergetici della vegetazione	64
3.2.10 Processi di biodiversità del paesaggio	65
3.2.11 Processi di sviluppo e di alterazione	66
3.3 Classificazione dei paesaggi	67
3.3.1 Importanza della classificazione	67
3.3.2 La classificazione ecologica dei paesaggi	68
3.3.3 Sistemi paesistici	69
4 Trasformazioni e patologie del paesaggio	71
4.1 Considerazioni sull’evoluzione	71
4.1.1 Inquadramento del fenomeno	71
4.1.2 Limiti dell’evoluzionismo tradizionale	72
4.1.3 Revisione del concetto di ambiente: paesaggio ed evoluzione	73
4.1.4 La ricerca di nuove prospettive	75
4.2 Trasformazione	76
4.2.1 Modalità di trasformazione	76
4.2.2 Controllo del processo di trasformazione	78
4.3 Alterazioni e patologia	79
4.3.1 Alterazioni del paesaggio	79
4.3.2 Riscontri patologici	80
4.3.3 Un esempio: le sindromi del Parco di Monza	83
4.4 Paesaggio e salute	85
4.4.1 Nuovi concetti di danno per la salute	85
4.4.2 Lo stress dovuto all’ambiente	86
4.4.3 Danni alla salute e cause ambientali	88
4.4.4 Salute e pianificazione del territorio	89
5 Analisi della componente vegetale del paesaggio	91
5.1 Rinnovamento della scienza della vegetazione	91

5.1.1	Ragioni del rinnovamento	91
5.1.2	LaBiSV: nuovo metodo di analisi e di studio della vegetazione	93
5.2	Studio delle tessere forestali secondo il LaBiSV	96
5.2.1	Analisi dei caratteri di tessera	96
5.2.2	Analisi della fitomassa epigea	102
5.2.3	Analisi dei caratteri ecocenotopici	105
5.2.4	Analisi della vegetazione in rapporto all'UdP	109
5.2.5	Analisi corologiche e bioindicatori	112
6	Analisi faunistica e antropica del paesaggio	115
6.1	Analisi della componente faunistica	115
6.1.1	Popolazioni animali e struttura del paesaggio	115
6.1.2	Popolazioni animali e dinamica del paesaggio	117
6.1.3	Verso il LaBiSF, un nuovo metodo di studio della componente animale del paesaggio	120
6.2	Analisi delle comunità antropiche nel paesaggio	123
6.2.1	Popolazioni umane e paesaggio	123
6.2.2	Analisi delle strutture dei paesaggi urbani	124
6.2.3	Identificazione delle strutture dei paesaggi agricoli	126
6.2.4	LaBiSHH: nuovo metodo di studio dell'habitat umano	128
7	Analisi ecologiche generali del paesaggio	135
7.1	Premessa	135
7.2	Analisi generali del paesaggio	135
7.2.1	Analisi del pattern strutturale di una UdP	135
7.2.2	Analisi climatiche	136
7.2.3	Analisi dell'eterogeneità generale dei paesaggi	137
7.2.4	Analisi dei gradienti del paesaggio mediante linee segmentate	139
7.2.5	Analisi delle connessioni in un paesaggio	139
7.2.6	Analisi frattale di una unità di paesaggio	140
7.2.7	Analisi della funzionalità di un corso d'acqua e del suo corridoio	142
7.3	Analisi bionomiche del paesaggio	143
7.3.1	Quantificazione degli apparati paesistici	143
7.3.2	Analisi della funzione HU/BTC	143
7.3.3	Analisi delle classi standard di BTC	145
7.3.4	Analisi della metastabilità generale e complessa	146
7.3.5	Analisi della capacità ecologica complessiva dell'HU	148
7.3.6	Analisi del raggio ecologico di influenza	148
7.4	Analisi del paesaggio attraverso il disegno	149
7.4.1	Scienze naturali e formazione artistica	149
7.4.2	Il contributo del disegno nella bionomia del paesaggio	150
8	Analisi storica e valutazione del paesaggio pregresso	155
8.1	Importanza della storia nello studio del paesaggio	155
8.1.1	Verso una nuova definizione di storia	155
8.1.2	Il concetto di storia ambientale	156

8.1.3	L'interpretazione storica del paesaggio	157
8.1.4	Le fonti storiche e il paesaggio	158
8.1.5	Metodologia storiografica e paesaggio	161
8.2	Ricostruzione dei paesaggi antichi	165
8.2.1	Cenni metodologici	165
8.2.2	Stima dei parametri ecologici nel passato	166
8.2.3	Il mosaico di conversione	170
9	Valutazione diagnostica	173
9.1	Valutazione della vegetazione	173
9.1.1	Criteri di valutazione	173
9.1.2	Controllo dei caratteri ecologici della vegetazione	174
9.2	Valutazione dell'habitat umano	179
9.2.1	Criteri di valutazione dell'HU	179
9.2.2	Valutazione del sistema di aree indisturbate di importanza strategica	180
9.3	Valutazione dello stato ecologico di una regione	188
9.3.1	Obiettivi e criteri di valutazione	188
9.3.2	Casi di studio in Italia	189
9.3.3	Esempi di dinamica di trasformazione regionale	193
9.4	Valutazione clinico-diagnostica di una unità di paesaggio	195
9.4.1	Valutazione diagnostica e normalità	195
9.4.2	Indici diagnostici	198
9.4.3	La cartella clinica	200
10	Progetto di intervento	203
10.1	Terapia e progettazione ecologica	203
10.1.1	Prescrizioni terapeutiche	203
10.1.2	Principi di progettazione	205
10.1.3	Proposte metodologiche	206
10.2	Interventi in paesaggi naturali e urbanizzati	208
10.2.1	Intervenire in paesaggi naturali o semi-naturali	208
10.2.2	Progettazione di reti ecologiche	211
10.2.3	Progettazione di aree degradate	216
10.2.4	Progettazione urbanistica-territoriale	218
10.2.5	Criteri di valutazione ambientale strategica	220
10.3	Applicazioni e sostenibilità	225
10.3.1	Le applicazioni dell'ecologia del paesaggio	225
10.3.2	L'evolversi del concetto di sviluppo sostenibile	226
10.3.3	Errori in economia e in ecologia	226
10.3.4	Cambiamento negli studi di sostenibilità	228
 Parte III Criteri applicativi		
11	Il paesaggio urbano milanese e il rapporto forma-funzione nella progettazione ecologica di un nuovo quartiere	231
11.1	Sintesi dello stato ecologico di una metropoli	231
11.1.1	La situazione ambientale di Milano	231
11.1.2	Il confronto con Berlino	232

11.2	La verifica di diverse configurazioni di piano del quartiere ex Fiera	233
11.2.1	Impostazione della ricerca	233
11.2.2	Il metodo	234
11.2.3	Parametri utilizzati nel presente studio e loro valutazione	235
11.3	Risultati e valutazione	237
11.3.1	La valutazione dei modelli	237
11.3.2	Conclusioni	241
12	Progettazione di un parco urbano e indirizzi per il parco Citylife a Milano	243
12.1	Progettazione di un parco	243
12.1.1	Cenni metodologici	243
12.1.2	Scopi, funzioni e criteri ecologici di base	244
12.2	Esempio di impostazione di un progetto	248
12.2.1	Il primo progetto sul parco del quartiere ex Fiera	248
12.2.2	Ulteriori studi sul parco	249
12.3	Densità degli alberi e dimensionamento preliminare	250
12.3.1	Il numero di alberi in un parco	250
12.3.2	Dimensionamento preliminare del parco ex Fiera	252
12.3.3	Indirizzi ecologici e gara internazionale per il parco Citylife	253
13	Criteri avanzati di valutazione di impatto ambientale di un grosso svincolo autostradale	255
13.1	Analisi effettuate	255
13.1.1	Inquadramento del lavoro	255
13.1.2	Risultati dello studio	256
13.2	Valutazione diagnostica dell'UdP	263
13.2.1	Lo stato <i>ex ante</i>	263
13.2.2	<i>Ex post</i> : previsioni di controllo	264
13.3	Studio di impatto sul nucleo abitato della ex Cascina Malpensata	265
13.3.1	La ex Cascina Malpensata e il rumore	265
13.3.2	Altri impatti	267
14	Criteri avanzati nella conduzione di una valutazione ambientale strategica: studio pilota in Trentino.....	269
14.1	Il metodo e le analisi preliminari	269
14.1.1	Un metodo più avanzato per lo studio della VAS	269
14.1.2	Le componenti del paesaggio e le prime analisi	269
14.2	Studio della vegetazione e le valutazioni ecologiche	270
14.2.1	La vegetazione di Mori	270
14.2.2	Altre valutazioni ecopaesistiche	272
14.3	Diagnosi ecologica e indicazioni terapeutiche	275
14.3.1	Valutazione diagnostica <i>ex ante</i>	275
14.3.2	Indicazioni terapeutiche	277
14.4	Verifiche e controlli <i>ex post</i>	280
14.4.1	Verifica della pianificazione proposta	280

15	Criteri di verifica dell'incidenza ambientale dell'apertura di una cava	283
15.1	Inquadramento metodologico	283
15.1.1	Superare l'approccio tradizionale	283
15.1.2	Riferimenti disciplinari e metodologici	284
15.2	Principali risultati dello studio	285
15.2.1	Importanza della zona SIC di Talpina a Mori	285
15.2.2	Ricostruzione storica e trasformazioni alternative dell'ecotopo	287
15.3	Valutazione diagnostica	288
15.3.1	Cenni metodologici	288
15.3.2	Valutazione diagnostica delle trasformazioni alternative a Talpina	289
16	Criteri di controllo dello stato ecologico di un'unità di paesaggio forestale con crescente pressione turistica	291
16.1	Obiettivi e analisi	291
16.1.1	Inquadramento dell'unità di paesaggio e obiettivi	291
16.1.2	Risultati delle analisi	292
16.1.3	Valutazione diagnostica	297
16.2	Discussione e conclusioni: necessità di tutela	298
16.2.1	Alterazione della UdP	298
16.2.2	Necessità di tutela	298
17	Proposta di nuovi criteri per la creazione di una carta ecologico-paesistica della vegetazione	301
17.1	Linee teoriche e metodologiche	301
17.1.1	Studi per il rilevamento delle foreste a Mori (TN)	301
17.1.2	I rilevamenti e gli studi effettuati	302
17.2	Stato dei boschi nelle quattro UdP	304
17.2.1	Boschi di fondovalle: UdP 1 e UdP 2	304
17.2.2	I boschi dei monti prealpini: UdP 3 e UdP 4	305
17.3	Entità e caratteri delle foreste di Mori	306
17.3.1	Le formazioni principali	306
17.3.2	I caratteri delle formazioni presenti	307
17.4	Specificazioni aggiuntive sulla carta	311
17.4.1	Transetti di caratterizzazione	311
17.4.2	Tabella riassuntiva delle formazioni forestali principali	311
17.4.3	Correlazione fra specie e BTC per tessere rilevate nelle 4 UdP	313
Appendice		
	Glossario (a cura di Elena Giglio Ingegnoli)	315
	Bibliografia	327
	Indice analitico	339

Parte I

Premesse disciplinari

1.1 Paesaggio, natura, uomo

1.1.1 Essenza del paesaggio

Parlare di *paesaggio* significa, per la maggioranza degli interlocutori, riferirsi a un semplice supporto geofisico alle attività degli organismi (piante, animali e uomo) oppure a una struttura estetica con connotazioni storico-culturali, quando, più banalmente, il termine *paesaggio* non viene confuso con il termine *panorama*.

Si tratta di visioni riduttive, e non biologicamente corrette, del concetto di *paesaggio*. Per *paesaggio* si intende uno specifico livello dell'organizzazione biologica, ossia un'entità vivente derivante dall'integrazione di comunità naturali e antropiche in opportuni ambiti territoriali (Ingegnoli, 2002). Pertanto il *paesaggio* si presenta come un *sistema bioecologico ipercomplesso* (Fig. 1.1).

La prima conseguenza di tale assunto è che le leggi che sottendono il comportamento di un territorio come *paesaggio* – cioè come *luogo principe* dell'evoluzione dell'uomo nella natura – sono in buona parte le stesse che governano il comportamento di ogni altra entità vivente, pur se *declinate* in maniera opportuna. Per fare questo è necessario considerare il concetto di *vita* come non più limitato al solo organismo-individuo (vedi paragrafo 2.2). Non si tratta di una novità per la cultura umana, ma di una conferma, in campo scientifico, di ciò che i nostri antenati già intuivano attraverso i miti e le religioni: dai boschi sacri greco-romani e celtici, alla Madre Terra “la quale ne sustenta et governa”, cantata da Francesco di Assisi. Possiamo considerare il ruolo della nostra Madre Terra come qualcosa di realmente speciale, perché umilmente essa ci sostiene, ci nutre, in certi casi si lascia persino rapinare, ma pur sempre *ci governa*¹ (Fig. 1.2).

L'oggettivismo riduzionista², che presenta ancora tenaci residui nella parte più conservatrice degli scienziati, farebbe pensare che tutte le interpretazioni antiche sulla natura fossero errate, ma ciò non è vero. È piuttosto l'attuale concetto di natura a essere limitato; per i Greci antichi la *Physis* non è un mondo di oggetti bensì un mondo di processi vitali, come sottolinea Giorgio Israel (2010).

Si ritiene, di conseguenza, indispensabile esporre le basi filosofiche dei rapporti uomo-natura e le relative implicazioni etiche. Come si vedrà, qualsiasi discorso serio sulla sostenibilità ambientale, e ancor più sugli effetti della patologia dei paesaggi sulla salute umana, non può evitare considerazioni morali. Analogamente, va sottolineato che operare su un sistema biologico non è come trasformare un mero substrato geofisico. Le azioni dell'uomo nei confronti dei sistemi viventi vanno valutate prima di tutto in chiave etica. L'etica ambientale è, del resto, studiata in diverse università, dato che si tratta del ramo della filosofia che si chiede *quali azioni siano giuste e quali no* nei confronti dell'ambiente.

Se, superando il livello di organismo, la vita non è considerata in tutta la sua articolazione gerarchica (dalla cellula all'ecobiosfera), si va incontro a gravi squilibri, come mostrano i due seguenti esempi, che si collocano agli estremi opposti, ma che sono accomunati da un *mal compreso concetto di scienza!* Da un lato, i medici

¹ L'affermazione che la nostra Madre Terra è in grado di governarci è di San Francesco, nel notissimo Cantico delle Creature. Vedi Ingegnoli V (2003) La minorità della sora nostra madre Terra. Implicazioni etiche, ecologiche ed economiche. In: Padovese L (ed) *Minores et subditi omnibus*. Pontificio Ateneo Antonianum. Ed. Collegio S. Lorenzo da Brindisi (Laurentianum), Roma.

² Il riduzionismo, che tanto ha operato nel progredire della scienza moderna, risulta ormai superato, in molti campi, dai recenti avanzamenti del pensiero scientifico dovuti alla possibilità di studiare a fondo i *sistemi complessi* grazie all'utilizzo dei *computer*.

Fig. 1.1 Per *paesaggio* si intende uno specifico livello dell'organizzazione della vita sulla Terra ossia un'entità vivente derivante dall'integrazione di comunità naturali e antropiche in opportuni ambiti territoriali



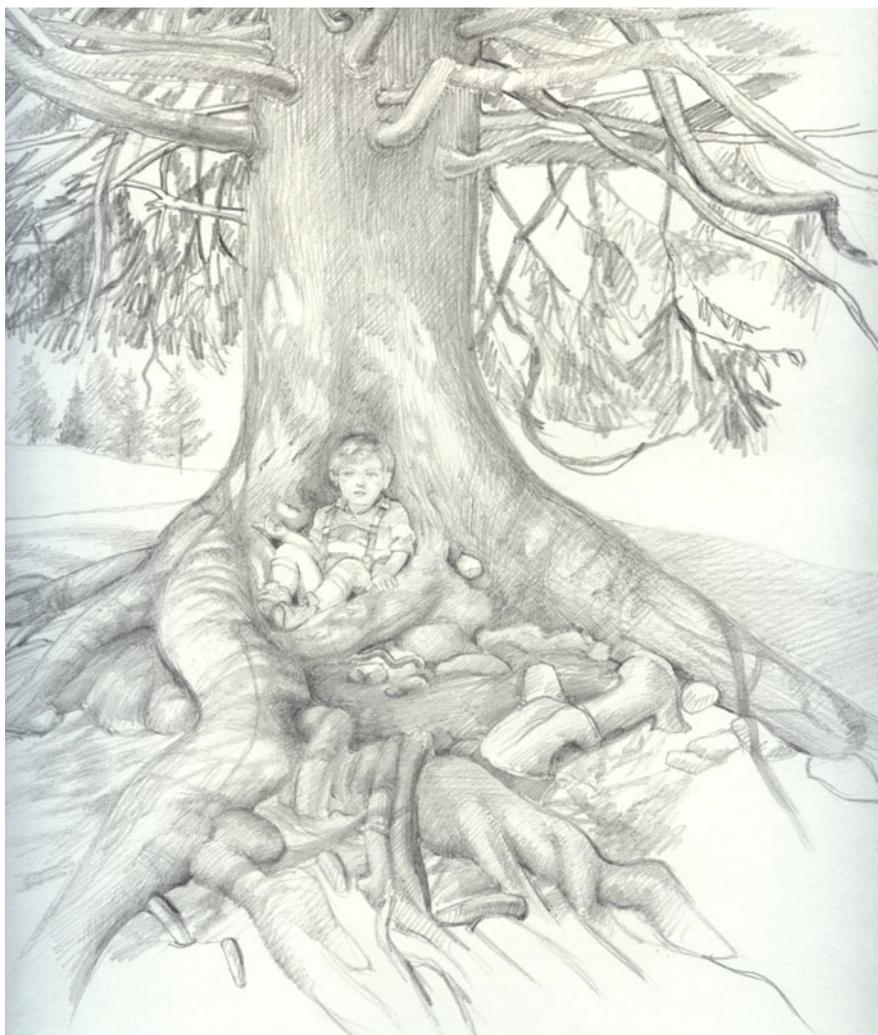
che si preoccupano dell'organismo, per eccesso di oggettivismo scientifico, stanno dimenticandosi del malato come persona. Dall'altro, i tecnici che si occupano di ambiente, territorio, paesaggio, non riescono a vedere la natura biologica complessa del sistema che pretendono di risanare mostrando grosse carenze di metodo scientifico. Si passa così da un'esagerazione all'altra: nel momento in cui pensiamo di trasformare la medicina tradizionale in una scienza esatta, trattiamo l'ambiente in modo così rozzo da non voler capire i processi che lo governano come sistema ipercomplesso.

Per arrestare queste tendenze è necessario un chiarimento profondo, che sia allo stesso tempo epistemologico ed etico: peraltro etica ed epistemologia sono strettamente legate nelle discipline ecologiche, dato che gli aspetti morali dipendono direttamente dall'indirizzo fi-

losofico collegato a questo ambito scientifico. Inoltre, è indispensabile chiarire cosa si intenda per *mal compreso concetto di scienza*. Si noti che la profonda rivoluzione del rapporto uomo-ambiente che deriva dalla precedente definizione di paesaggio tocca sia il mondo accademico sia quello civile e professionale. L'ecologia generale tradizionale sembra fare fatica a comprendere che l'*ecologia del paesaggio* non si limita a studiare i fenomeni in una scala più ampia, a livello spaziale e territoriale, ma li studia in *scala biologico-integrata*, arrivando a modificare diversi aspetti teorici che riguardano tutti i campi ecologici (vedi paragrafo 2.3) definendosi come *bionomia del paesaggio* (Ingegnoli, 2010).

Tale rivoluzione comporta nuovi risvolti sia etici sia deontologici per chi pratica la professione di ecologo e costringe gli enti pubblici e la classe politica a intrapren-

Fig. 1.2 Disegno “Alle radici della Vita”, lapis su carta (Vittorio Ingegnoli, 2008), che simboleggia la Terra come madre “che ne sostiene et governa”. Il disegno rappresenta un fatto reale: il bambino che si rifugia fra le radici del grande abete, nel Parco Naturale di Paneveggio (TN)



dere una più corretta amministrazione del territorio. Non solo, ma tale nuova gestione necessita della revisione di svariate norme di legge sull’ambiente, da effettuarsi alla luce di principi assai più avanzati di quelli seguiti ora. Questa rivoluzione dei rapporti uomo-ambiente esige, infine, la creazione di una nuova figura professionale, quella di “medico dei sistemi ecologici” (*ecoiatra*).

1.1.2 Considerazioni sui rapporti uomo-natura

La maggioranza delle persone si comporta nei confronti della natura in modo quantomeno superficiale e di certo ben poco responsabile, guidata da considerazioni economicistiche spregiudicate, da ideologie ingannevoli,

soprattutto quando si tratta di sostenibilità ambientale. Le ragioni di un degrado ambientale sempre maggiore dipendono eminentemente da tali comportamenti: è quindi urgente fare di tutto per cambiare questi atteggiamenti. Purtroppo siamo ancora lontani da quanto sarebbe giusto fare per raggiungere un vero impegno etico da parte degli ecologi.

Per iniziare un ragionamento capace di dare dei riferimenti di base e incentivi per un rinnovamento profondo del comportamento dell’uomo nei confronti della natura, non sembra utile evocare discorsi più o meno catastrofici sulla crisi ecologica, sia perché spesso sono esagerati sia perché spaventano l’opinione pubblica, ottenendo un effetto opposto. Inoltre, se non si chiariscono le ragioni profonde, capaci di guidare verso un reale cambiamento, non è possibile risvegliare il senso di *respon-*

sabilità delle persone. Ancor prima, è necessario cercare le cause del comportamento attuale, per potere mostrare gli errori che contiene e poterli combattere.

Si può affermare che la natura ha sviluppato, tra i tanti, un organismo - l'essere umano - che è in grado di riassumere i tratti di quello stesso processo cognitivo e creativo che l'ha generato. Pertanto, le polemiche sulla posizione preminente dell'uomo nei confronti di ogni altro organismo sono solo pretestuose e non corrispondono a verità le posizioni di chi nega le qualità che caratterizzano l'uomo come *persona*: l'autoconsapevolezza, l'autoriflessione, la coscienza morale, la conoscenza metafisica, l'impegno etico, l'umiltà, la libertà, l'arte, il perdono, il sacrificio di sé, la santità. Ricordiamo la tradizionale posizione culturale del mondo occidentale, riassumibile nelle parole che Dante Alighieri fa pronunciare all'eroe omerico Ulisse: *Fatti non foste a viver come bruti, ma per seguir virtute e conoscenza*. Sia chiaro tuttavia che il termine "bruti" non implica negazione dell'esistenza di forme di intelligenza animale. Come scrive Rowlands (2009), è ironico che alcuni filosofi continuino a chiedersi se alcuni animali abbiano una mente e possano addirittura provare sentimenti: "una volta o l'altra dovrebbero alzare il naso dai loro libri e provare ad addestrare un cane" o un lupo, come ha fatto lui. Ciò vale anche per molti etologi, che pensano di essere "più rigorosi" astenendosi dall'interpretare come tali i comportamenti, palesemente mossi da aspetti sentimentali, del comportamento animale. I bruti sono piuttosto coloro che non vogliono adempiere al proprio dovere di uomini, dovere morale ed epistemico, incuranti dell'impotenza delle possibili vittime. I bruti sono coloro che incarnano l'idea della "banalità del male" introdotta dalla Arendt nel suo studio sul processo Eichmann. Questa importante filosofa ebrea, dopo aver sottolineato il ruolo della menzogna nel mondo nazista come abitudine per ingannare sé stessi "quasi un presupposto morale per sopravvivere" (Arendt, 1964), scrive: "Il guaio del caso Eichman era che di uomini come lui ce n'erano tanti e che questi tanti non erano né perversi né sadici, bensì erano, e sono tuttora, terribilmente normali... Questa normalità è più spaventosa di tutte le atrocità messe insieme, poiché implica che questo nuovo tipo di criminale, realmente *hostis generis humani*, commette i suoi crimini in circostanze che quasi gli impediscono di accorgersi o di sentire che agisce male".

È fuori di dubbio che la posizione dell'uomo nella natura comporti aspetti problematici, in quanto egli si trova a obbedire alle leggi della natura che governano

sistemi biologici complessi capaci di gestire molti aspetti delle loro stesse componenti, uomo compreso. Parimenti l'uomo deve presiedere e controllare l'organizzazione dell'ambiente naturale che gli permette di vivere e di svilupparsi. Questa posizione implica un ruolo non facile, perché concerne di fatto un dominio, pur nell'obbedienza. Comunque sia, il ruolo dell'uomo nella natura comporta un senso creativo, ma soprattutto un'evidente *responsabilità*. Tuttavia, si deve riconoscere che oggi il dovere della responsabilità è poco sentito, spesso addirittura dimenticato.

Le ragioni sono diverse, ma soprattutto le cause ultime si devono rintracciare nella diffusione di sedicenti ideologie progressiste che, propagando relativismo e scientismo, riducono fortemente il principio di responsabilità. Non si vuole fare un discorso politico: gli schieramenti opposti hanno entrambi, pur con visioni diverse, inneggiato (e tuttora inneggiano) al progressismo relativista e scientista. Non si tratta, inoltre, di questioni "dei tempi moderni", anche se queste datate ideologie hanno subito un indubbio rafforzamento ai nostri giorni. Il relativismo gnoseologico era già presente nella Grecia antica, quando il sofista Protagora affermava che "l'uomo è misura di tutte le cose" implicando che la verità fosse relativa: non a caso Socrate, fondatore della filosofia morale, fu il suo principale antagonista.

Lo scientismo, in quanto esaltazione del metodo scientifico nella conoscenza anche in ambiti umanistici, si può fare risalire al Rinascimento, anche se si è sviluppato prima con l'illuminismo, poi con il positivismo e il marxismo. Esso è un credo materialista e afferma che il metodo scientifico, inteso come assoluto capace di eliminare la metafisica, è la sola via valida per la conoscenza. Nella forma oggi più diffusa nasce alla fine del XIX secolo, dalla confluenza fra il positivismo e lo storicismo marxista.

Ponendo una fiducia cieca nelle possibilità della conoscenza scientifica e tecnologica dell'uomo, relativizzando così la verità in nome del progresso, tale visione nega la *dipendenza* che è sottesa al concetto di creazione. L'uomo non confida più nel mondo creato, ma nel mondo da creare, che non ha più bisogno di fiducia, ma solo di capacità. La trasformazione risulta perciò il compito fondamentale dell'uomo. Il progresso è la verità dipendente dal cambiamento, una verità relativa, ciò che si impone per il bene della causa. Così, la versione odierna del mito di Icaro porta a vedere l'uomo come forza antinatura, in nome di una libertà autoreferenziale.

La natura non è più il presupposto capace di per-

mettere e nel contempo limitare e indirizzare le azioni umane, ma un oggetto nelle mani dell'uomo, non creato, ma prodotto dal caso e dalla necessità. L'unico creatore è l'uomo, l'autentico creatore di sé: da qui ha origine la fede inesauribile nella scienza e nella tecnica. Adamo ed Eva hanno mangiato il frutto dell'albero della conoscenza e vogliono sostituirsi al Creatore. Questa fiducia assoluta nelle capacità umane priva di importanza concreta la natura, fino a considerarla un sottosistema dell'economia. Ciò è dimostrato dal fatto che, quando la scarsità di una risorsa, o un inquinamento eccessivo, minacciano di indurre radicali cambiamenti ambientali, magari con influssi negativi sulla salute, la scienza e la tecnica intervengono con palliativi in grado di scongiurare il pericolo, mantenendo lo *status quo*.

Osserviamo però che i maggiori scienziati rifiutano lo scientismo e diffidano dei preconcetti inneggianti al progresso, perché, come scrisse Albert Einstein (1930),

nelle leggi della natura si rivela una ragione così superiore che tutta la razionalità del pensiero e degli ordinamenti umani è al confronto un riflesso assolutamente insignificante.

Sul concetto di progresso sono state scritte parole inequivocabili, a misura dell'errore sotteso. Riportiamo, a proposito, un'affermazione di Gandhi, riferita da Lanza del Vasto (1954), il suo maggior discepolo in Europa:

Il progresso o la fretta rendono necessaria più fretta, la sovrabbondanza più sovrabbondanza, la vanità più vanità, la violenza più violenza: tutto si accelera, ingrandendo come una valanga. La valanga deve incontrare una roccia dove frantumarsi, un villaggio da portare via, e al suo culmine s'arresta soffocando ogni vita.

Il progresso come ideologia è un attentato alla natura.

1.2 Conoscenza e responsabilità

1.2.1 Verso una vera rivoluzione del pensiero

Di fronte alle teorie materialiste e scientiste, che improntano la società a scala globale, ci sarebbe bisogno di una rivoluzione. I marxisti del resto coniugavano il progresso con la rivoluzione; ma come scrisse Bloch (1959) tale azione ha bisogno di un polo concreto di *odio*:

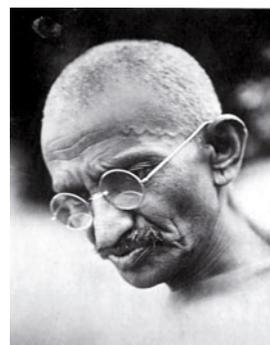
Senza la parzialità del punto di vista rivoluzionario classista si dà solo un idealismo rivolto al passato anziché una prassi rivolta al futuro.

Il capitalismo ha senza dubbio le sue colpe, spesso assai gravi. Tuttavia, è noto (Legambiente Solidarietà, 2006) che le nazioni più inquinate e con il degrado ambientale più elevato del mondo sono la Cina e la Russia, dopo decenni di "realismo socialista"!

In effetti, come è stato sottolineato nel precedente paragrafo, se il materialismo dialettico afferma che la verità sta solo nel cambiamento, la verità è ciò che si *impone*: si tratta, dunque, di un credo relativista e scienziasta basato di fatto sulla violenza. Le rivoluzioni nel segno della violenza sono ribellioni che tendono a sostituire gli antichi abusi con nuovi abusi, le antiche tirannie con nuove tirannie, come è innegabilmente stata la rivoluzione di Lenin in Russia. Forse non ci sono alternative al modo di fare una rivoluzione? Un esempio di alternativa c'è stato, lo sappiamo: la rivoluzione indiana contro l'Impero Britannico. Il Mahatma Gandhi (Fig. 1.3) diceva però ben altre cose, come ricorda Lanza del Vasto (1954):

Guarda il mio arcolaio: si chiama rivoluzione il giro completo della ruota. Gli astri compiono la loro rivoluzione nella luce e le stagioni fanno la loro rivoluzione nei fiori e nei frutti, e la storia umana deve fare la sua rivoluzione nella giustizia e nella bontà. Quelli che si vogliono burlare di me e del mio arcolaio dicono: "Voi volete tornare indietro. Volete far ritardare l'orologio". No, amici miei, io sono il più avanzato dei rivoluzionari e devo soltanto lasciare che l'orologio avanzi perché esso torni da sé al punto di partenza. La rivoluzione è il ritorno al Principio e all'Eterno. Gli uni si attaccano alle forme del passato e alla memoria dei morti e vivono

Fig. 1.3 Foto del Mahatma Gandhi che scrisse, come noto, "The Story of My Experiments With Truth", sintetizzabile nel seguente brano: "La Verità è la prima cosa da ricercare, dopo di che la Bellezza e la Bontà si aggiungeranno da sole"



come dei morti, e gli altri si slanciano in folli novità fino a che cadranno nel vuoto. Ma io vado avanti e non smarrisco la strada, perché ritorno alle tradizioni più antiche attraverso la rivoluzione completa che è il rovesciamento totale, ma naturale, e voluto da Dio, e che accade a suo tempo.

Malgrado il successo, nel primo dopoguerra, della rivoluzione non violenta in India, si deve supporre che molte persone ritengano difficile e utopistico pensare a qualcosa di simile oggi. Crisi economica e provvedimenti di sicurezza mandano in secondo piano i problemi ecologici, salvo, in parte, quelli relativi agli inquinamenti e al clima.

Segue poi l'aumento di persone agnostiche e irreligiose proprio in seguito al dilagare del relativismo, dello scientismo e delle idee progressiste: persone che si fidano solo della propria ragione o che hanno fatto della scienza una sorta di religione. A questi laici iperrazionalisti si deve ricordare il carattere arazionale, anzi *antirazionale*, del razionalismo gnostico che con il materialismo dialettico rappresenta una delle più diffuse ideologie attuali.

Nell'ottica dell'etica ambientale è quindi necessario portare avanti, sul piano razionale, il discorso sulla "rivoluzione come ritorno al principio". Allora, i veri amanti della ragione potrebbero essere spinti a comprendere, mentre chi si rifiutasse dimostrerebbe i limiti del preconcetto, ossia una posizione antirazionale.

Il tentativo di trovare una forma di rivoluzione che si appelli a un comportamento razionale per arrivare a toccare anche l'intimo degli uomini può inoltre giovare non solo alla salvaguardia dell'ecologia, ma anche alla ricerca scientifica in sé, a volte – come si vedrà – troppo compromessa con lo scientismo. Per questo chiediamoci se sia possibile trovare un principio comune alla ragione e al cuore, e che stia nello stesso tempo alla base della capacità di conoscere.

1.2.2 Verità e conoscenza: le basi epistemologiche

La vera ricerca di una conoscenza responsabile presuppone necessariamente l'esame dei limiti della scienza dato che, per il pensiero razionale, la scienza è il riferimento fondamentale per le capacità umane di comprensione della realtà.

Dagli studi epistemologici sappiamo che il metodo

scientifico moderno, cioè galileiano, deduttivo e sperimentale, pur non essendo ancora stato superato, ha mostrato seri limiti. Prima di tutto, non è in grado di garantire la *certezza* (Popper, 1996), perché rimane sostanzialmente imperfetto. Ci riferiamo per esempio a quanto dimostrato dai teoremi d'incompletezza di Kurt Gödel (1931)³ e di indefinibilità di Alfred Tarski (1936).

In realtà tutte le discipline scientifiche si sono trovate in crisi, più o meno profonda, nel corso del secolo passato, che ha pur mostrato il fiorire di un eccezionale sviluppo in tutti i rami della scienza. La fisica ha perduto le sue certezze meccanicistiche, a causa del progredire della fisica delle particelle subatomiche (meccanica quantistica) e la sua fede in un tempo e in uno spazio "assoluti", a causa della teoria della relatività. Ha perso la fiducia nella reversibilità a ragione della teoria dei processi lontani dall'equilibrio termodinamico e, da ultimo, ha perso la certezza nel determinismo laplaciano con lo sviluppo della teoria del caos deterministico.

L'analisi matematica, a sua volta, ha dovuto abbandonare la sua posizione centrale (in cui l'avevano posta i grandi scienziati del XVIII e del XIX secolo) a causa di tutta una serie di eventi che misero in luce la fragilità dell'edificio che si era sviluppato, forse troppo rapidamente, e in tante direzioni differenti, senza un approccio epistemologico sufficientemente robusto e approfondito⁴.

Lo scientismo, che peraltro spesso tende a confondere scienza e tecnica, crede di evitare le carenze del pensiero scientifico ricorrendo al relativismo: infatti se

³ Gödel ha pubblicato il suo più importante studio quando lavorava presso l'Università di Vienna. Esso conteneva i due "Teoremi di incompletezza", secondo i quali: *ogni sistema assiomatico e consistente in grado di descrivere l'aritmetica dei numeri interi è dotato di proposizioni che non possono essere né dimostrate né confutate sulla base degli assiomi di partenza. Ciò significa che se un sistema formale S è consistente (ossia privo di contraddizioni), allora è possibile costruire una formula F sintatticamente corretta ma indimostrabile in S: per cui se un sistema formale è logicamente coerente, la sua non contraddittorietà non può essere dimostrata stando all'interno del sistema logico stesso.*

⁴ Hilbert (1922) si era proposto di pervenire a una formulazione senza contraddizioni della matematica, che stava attraversando un periodo difficile dopo la scoperta di paradossi e antinomie seguito allo sviluppo della teoria degli insiemi. I teoremi di Gödel (1932) misero in profonda crisi il programma di Hilbert e le reazioni dei matematici furono di sconforto e confusione... Fu von Neumann che, intervenendo in modo pragmatico (dopo la migrazione negli USA), riuscì a riportare a un ruolo centrale la matematica attraverso un'operazione di "fiducia metafisica" in un approccio assiomatico e attraverso il suo "panmatematicismo" recepito come centralità della matematica, intesa come schema →

la verità viene considerata relativa, non si ha bisogno di garantirne la certezza. Questo modo di pensare presenta tuttavia gravi contraddizioni. Esso vuole evitare la metafisica, ma parte proprio da un *preconcetto* di tipo metafisico, come nel “materialismo dialettico”; inoltre, non volendo considerare la verità come assoluta, degrada la capacità di conoscere, come evidenziano importanti considerazioni epistemologiche, ribadite da studiosi come Konrad Lorenz e Karl Popper (1985) e, più di recente, da Giorgio Israel (2008).

Forse il più grande limite del metodo scientifico moderno dipende dal fatto che i principi adottati dalla scienza del moto (la meccanica), a partire da Galilei, seguito da Newton, Leibnitz e Laplace, divennero il modello di ogni forma possibile di scienza (secondo la scala gerarchica: matematica, fisica, chimica, biologia, psicologia e sociologia). Anche quelle che si occupavano di ambiti della realtà assolutamente dissimili, come i fenomeni vitali, dovettero adeguarsi. Il metodo, chiamato *riduzionismo*⁵, che consiste nel ridurre ogni fenomeno alla struttura più semplice sottostante, nella convinzione che la più semplice di tutte sia quella fisica, venne applicato a tutti i campi della scienza.

Questa impostazione epistemologica però, nel mondo della biologia si presenta assai controversa e limitata perché ha una conseguenza di grande rilievo, come misero bene in luce Konrad Lorenz (1978) e Giorgio Israel (2010): la *distruzione* di ogni idea di soggettività, di progettualità e di finalismo, chiavi del

pensiero biologico. Persino Jacques Monod (1970), ricorda ancora Israel, aveva ben presente la contraddizione epistemologica fra oggettivismo scientifico, che implica il rifiuto di qualsiasi forma di progetto, e il carattere teleonomico⁶ degli esseri viventi, anche se sosteneva che tale contraddizione profonda doveva e poteva essere sciolta. Per sciogliere detta contraddizione si deve però uscire da ogni tipo di criterio preconcetto, quale il riduzionismo ontologico. Forse è meglio accettare il dato di fatto di una semantica dualista inerente alla natura stessa della vita, cercando di integrare scienza e arte, intuizione e ragione, ma su un piano epistemologico superiore e diverso, capace di comprendere entrambi gli aspetti.

In realtà, l'unico metodo che abbiamo per la conoscenza rimane quello “del tentativo e dell'errore”, guidato dal principio dell'approssimazione alla verità, considerata come *assoluta*. Si sottolinea, con Popper, che se la verità (che d'ora in poi scriveremo con la V maiuscola) non fosse assoluta e oggettiva noi non potremmo errare, in quanto i nostri errori sarebbero altrettanto buoni quanto la nostra Verità, minando la nostra capacità di comprensione. In senso lato, si può dire, inoltre, che senza tale concetto di Verità sarebbe impossibile prescindere dall'accidentale e astrarre l'essenziale, base percettiva della oggettivazione attraverso il noto processo del *pattern matching*⁷. Se la Verità non fosse assoluta, si perverrebbe a un degrado etico pericoloso in quanto, in nome delle cose più sacre, si arriverebbe a permettere i più efferati delitti “per il bene della causa” e, come ben dimostra Alexandr Solzenicyn (1963), la menzogna avrebbe il sopravvento. Ricordiamo che certi aspetti dell'Inquisizione della Chiesa in Spagna, le guerre di religione fra cattolici e protestanti, gli attuali *fedain* islamici, rientrano in questa grave distorsione della ragione, come pure l'istituzione dei lager hitleriani o stalinisti.

Per quanto detto, non esiteremo ad affermare che il compito primario di tutti coloro dotati di pensiero è la ricerca della Verità. La Verità è l'essenza di ogni realtà, percepibile o meno. Il ruolo primario dell'uomo, quindi, è la ricerca della Verità. Solo alla luce della Verità persino categorie apparentemente opposte, quali scienza e metafisica, possono presentare corrispondenze imprevedibili

→ logico deduttivo e come linguaggio astratto di grande potenza (Israel, 2008). I lavori di von Neumann portarono a un importante mutamento di approccio: meno importanza al calcolo differenziale newtoniano (matematica del tempo) e maggior impulso alla matematica atemporale; enfasi sulle strutture algebriche e topologiche, l'analisi funzionale, la teoria della misura, l'analisi convessa, i teoremi di punto fisso. Fu sempre von Neumann che portò alla nascita del modello matematico, concetto di importanza fondamentale nelle applicazioni in tutti i campi.

⁵ Metodo che, applicato in specifici ambiti circoscritti, ha dato buoni frutti, ma che non può assolutamente venire generalizzato in ogni campo scientifico, in particolare non risulta applicabile (in generale) ai “sistemi complessi” che manifestano proprietà che non possono essere previste solo attraverso l'esame dei loro costituenti separati. Il metodo riduzionista non può anche essere applicato alla “teoria del caos”, che è lo studio di quei sistemi non lineari che sono altamente sensibili alle condizioni iniziali. In essi, il più piccolo cambiamento che avvenga nell'intorno dei valori delle condizioni iniziali modifica completamente il comportamento futuro, dunque la prevedibilità di tutto il sistema. I sistemi caotici quindi devono essere trattati olisticamente, insieme al loro completo contesto.

⁶ Per teleonomia si intende in biologia il finalismo connaturato agli organismi o ai sistemi viventi.

⁷ Si intende nel senso etologico, come processo innato di comparazione di caratteri sottesi a figure diverse che permettono il riconoscimento di tipologie.

e proficue che sarebbe semplicemente errato trascurare, come nota Konrad Lorenz (1973). Abbiamo ora una risposta all'interrogativo che ci siamo posti alla fine del paragrafo precedente, perché *trovare un principio comune alla ragione e al cuore e che stia nello stesso tempo alla base della capacità di conoscere è possibile: si tratta dell'assoluto della Verità* (Gandhi⁸).

Il centro della questione risiede nel fatto che la Verità è *ahimsa*, nel senso di non-violenza, carità, amore. Gandhi diceva che *Verità e Non-violenza sono due facce di una stessa medaglia senza effigie e senza spessore, di cui la prima è il fine, la seconda il mezzo*. Per molti questa constatazione può sembrare inconcepibile. Eppure, si può razionalmente dimostrare che non è così.

Intanto diremo che la conoscenza implica un atto di Verità e nel contempo di partecipazione emotiva, cioè di amore⁹. Soprattutto si rileva che Verità e non-violenza dimostrano la massima concretezza e razionalità del principio, perché se l'*ahimsa* non fosse l'unica strada per avvicinarsi alla Verità, qualsiasi forma di violenza potrebbe imporre il falso.

Quanto precedentemente esposto evidenzia come, nella pratica della ricerca della comprensione, il maggior pericolo per la natura, la conservazione biologica, la pianificazione del paesaggio, la progettazione ecologica e lo sviluppo sostenibile o anche per la clinica medica, sia rappresentato dal *tradimento* del ruolo dell'uomo, espresso come violenza contro la vita in ogni suo aspetto anche sotto forma di arroganza pseudo-scientifica. Un tradimento reclama un principio di giustizia: si parla infatti di etica ambientale come riferimento necessario nel rapporto uomo-natura. Già Marco Tullio Cicerone ne era consapevole (*De Legibus*, I, XXIII) e ricordava i precetti socratici e una visione della natura capace di riportare l'uomo alle proprie responsabilità¹⁰:

“Idemque cum caelum, terras, maria, rerumque omnium naturam perspexerit, eaque unde generata, quo recursura, quando, quo modo obitura, quid in iis mortale et caducum quid divinum aeternumque

⁸ Questa sintesi traspare chiaramente dagli scritti e dai discorsi del Mahatma, a partire dalla sua nota autobiografia: Gandhi, MK (1924).

⁹ Tale fatto era intuito anche dal mondo classico antico. In latino, per esempio, il verbo “studiare” implica una passione per l'oggetto a cui si aspira: per esempio, *studere puellam, studere naturalem historiam*.

sit, viderit, Ipsumque ea moderantem et regentem paene prehenderit, seseque non unis circumdadum moenibus, popularem alicuius definiti loci, sed civem totius mundi, quasi unius urbis agnoverit: in hac ille magnificentia rerum atque in hoc conspectu et cognizione naturae, Dii immortales! quam se ipse noscet! Quod Apollo Praecipit Pythius; quam contemnet, quam despiciet, quam pro nihilo putabit ea, quae vulgo dicuntur amplissima!”

La questione etica più rilevante deriva dal fatto che tradurre “Verità negli atti” (ovvero la giustizia, secondo Gandhi), ma anche agire secondo quanto la scienza ha dimostrato essere necessario, esige di solito una visione delle catene causali fra le leggi della natura, spinta fino alle estreme conseguenze. Per esempio, sono numerosi in Italia i casi di costruzione (con regolari permessi!) di abitazioni in aree golenali o in pendii franosi, nonostante la diffida dei geologi, con conseguenze spesso tragiche. Come scrive Lorenz (1973), ciò non può annullare il nostro libero arbitrio, ma può inchiodarci alle nostre *responsabilità*. Testimoniare la Verità esige dei sacrifici, fin anche estremi. La storia insegna: Socrate ha dovuto bere la cicuta, Gandhi è stato ucciso con un colpo di pistola, il vescovo Luigi Padovese è stato pugnalato a morte. I martiri non si contano. Anche Cristo non è stato risparmiato: la storia ricorda che Egli disse a Poncio Pilato “Io sono venuto a testimoniare la Verità”. Risposta dell'uomo di potere: “cosa è la verità?”¹¹ Eppure, l'unica

¹⁰ Scritto in seguito al *De re publica*, quindi dopo il 51 a.C., fra le frasi finali del primo libro, Cicerone dice:

“E così (l'uomo) contemplato che avrà cielo, terra, mari e la natura di tutte le cose, ed abbia veduto onde son generate e in cosa ritorneranno, quando e in che modo periranno, e che vi sia in esse di mortale e caduco, che di divino ed eterno, e quasi toccato quell'Ente che le regge e le governa, e si riconoscerà non circondato da mura e abitatore di un luogo limitato, ma cittadino di tutto il mondo, quasi fosse una sola città: in questa magnificenza di cose, in questo spettacolo e cognizione della natura, Dei immortali, quanto egli stesso si conoscerà, secondo il precetto di Apollo Pizio, quanto condannerà, quanto disprezzerà, e considererà nulle quelle cose che la massa reputa importanti!”

¹¹ La Verità è la realtà ultima dell'essere, e come assoluto è l'alfa e l'omega, l'OM, all'origine e alla fine di ogni esistenza nell'universo.

¹² Si sente affermare che il DNA si replica da sé perché, partendo da un'unica copia, vengono prodotte moltissime altre copie, ma questo non è vero. Il DNA non può replicarsi da sé. Nessuna molecola può replicare se stessa. Il DNA viene prodotto. Viene copiato dal meccanismo della cellula nello stesso modo in cui questo produce le proteine leggendo il DNA. Leggendo il DNA, il →

difesa della Verità è il sacrificio, altrimenti si dovrebbe ricorrere alla violenza che è la sua negazione, come già si è detto. Spesso ci si dimentica di ciò e, di conseguenza, ci si rifiuta di seguire le prescrizioni derivate dalla coscienza, dalle leggi della natura, dall'etica ambientale, prendendo delle scuse che di fatto rappresentano un *ri-fugio in una sorta di idolatria*.

Il progressismo scienziata è sostanzialmente la prima delle idolatrie del mondo moderno e vale la pena sottolineare quanta cattiva influenza abbia nelle scienze naturali e nell'ecologia, come vedremo più avanti. Nella maggior parte dei casi ha determinato il fermarsi a pseudoteorie senza tentare di andare oltre, sostituendo la ricerca della verità con pseudoverità di comodo¹².

Anche il riduzionismo esasperato può portare a una simile posizione scienziata, per esempio quando pretende il principio della completa omogeneità qualitativa fra morte e vita, da cui le polemiche sull'eutanasia e sull'accanimento terapeutico. Che l'epistemologia riduzionista sia realmente pericolosa nello studio dell'uomo e della vita in genere è dimostrabile (Israel, 2010), nonostante le indubbie conquiste della medicina odierna, e per questo si deve non certo approvare, ma almeno intuire come mai il Galilei fu contestato da molti cardinali: più per le sue idee riduzioniste¹³ che per l'aver appoggiato il sistema di Copernico (il pretesto ufficiale). Se tali idee infatti diventano prevaricanti, l'uomo può subirne gravi conseguenze. Per esempio, una medicina scienziata rischia di sostituire l'idea di "cura" con quella

di "riparazione", riducendo l'uomo a macchina.

Al contrario, persino un fisico teorico come Albert Einstein (1944) ha affermato di avere imparato molto di più da Dostoevskij che da qualsiasi fisico-matematico. Il suo rifiuto dell'idea che il solo caso possa avere la risposta alle nostre domande non è solo questione di fede (Einstein amava dire: "Dio non gioca a dadi"), ma di ragionamento. Come osserva Ilya Prigogine (1996) il caso e il determinismo hanno senza dubbio un ruolo nel mondo, ma gli scienziati devono evitare di rappresentare la natura per pregiudizi, basandosi esclusivamente su uno dei due criteri. Tali concezioni portano a due opposte visioni: un mondo governato da leggi che non lasciano posto alla novità (determinismo) o a un mondo assurdo, acausale, in cui non si può prevedere né descrivere nulla in termini universali (caso).

Einstein scriveva nell'*Autobiografia scientifica* (1949) che anche studiosi di rilievo (come Mach) potessero essere ostacolati da pregiudizi nell'interpretazione dei fatti:

Il pregiudizio, che a tutt'oggi non è affatto sparito, consiste nella convinzione che i fatti possano e debbano tradursi in conoscenza scientifica di per sé, senza libera costruzione concettuale.

Per Einstein (1944) l'indipendenza dai pregiudizi è determinata dall'analisi filosofica ed è

il segno di distinzione tra un semplice artigiano o specialista e un autentico cercatore di verità.

→ macchinario della cellula produce altro DNA. Si invia una foto al laboratorio per farla duplicare, ma non diremmo mai che il laboratorio è un posto in cui le foto si duplicano da sé. Per il nostro corpo vale la stessa cosa. Riceviamo un'immagine, la stringa di DNA, dai nostri genitori poi c'è un laboratorio che produce nuove copie di quel DNA dal vecchio DNA, e più che replicarsi il DNA viene copiato (R. Lewontin, 1992). Affermano anche: "la biologia molecolare ci ha permesso di comprendere, dal punto di vista biochimico, come il *programma genetico sia codificato nel DNA* e come l'RNA trasferisca le *parti appropriate di quel piano per controllare la produzione delle proteine*". In questa frase c'è una grave confusione. La biochimica può parlare della dinamica molecolare degli aminoacidi che si aggregano per formare proteine. I riferimenti relativi al "programma" e al "piano" si riferiscono, però, a un tipo di discorso differente e disgiunto (teoria dell'informazione), che comincia ad avere senso solo in un contesto in cui esistono "appositi meccanismi" di tipo cellulare!

¹³ La pubblicazione del *Dialogo sopra i massimi sistemi del mondo* (1632) ebbe l'imprimatur dal Vaticano, ma poi Galilei si spinse oltre, dichiarando che la matematica è il mezzo con cui Dio ha creato l'universo. Anche se ciò è comprensibile da parte di un fisico teorico come lui, tuttavia si tratta un'affermazione riduzionista.

L'epistemologia di Einstein parte dall'esperienza (E) e propone un insieme strutturato di ipotesi teoriche (A, assiomi), destinato a spiegare E. La teoria individuata dagli A permette di derivare logicamente una serie di conseguenze (S) che verranno poi messe a confronto con E. Il risultato del confronto permetterà di valutare l'adeguatezza delle ipotesi teoriche A. Si noti che il solo passaggio da A a S è un'inferenza logica, mentre per gli altri due (E⇒A ed S⇒E) l'inferenza è prevalentemente intuitiva, cioè è una libera costruzione concettuale.

Il grande scienziato anticipava quindi la posizione epistemologica di Popper, il razionalismo critico, come indica Federico Laudisa (2009). Risulta infatti profondamente einsteiniana l'idea che la natura congetturale delle teorie possa felicemente convivere con l'aspirazione a costruire descrizioni vere del mondo (intervista a Popper, 1989). È noto che Karl Popper ha confutato

radicalmente l'essenzialismo e lo strumentalismo, due concezioni opposte che porterebbero l'una alla non ridebilitazione delle essenze dei fenomeni, l'altra alla riduzione delle teorie a strumenti organizzativi e normativi dei fenomeni. Anche questa critica era in perfetta sintonia con l'epistemologia di Einstein che ripeteva, fin dal 1918, che il mondo delle osservazioni determina indubbiamente il sistema teorico, ciò nondimeno le vie del pensiero e della logica

apportano dati di osservazione ai principi della teoria: è ciò che Leibniz ha così felicemente chiamato l'armonia prestabilita.

Anche l'epistemologo inglese, di origine ebreo-polacca, Jacob Bronowski (1969), afferma che ciò che permetterà all'umanità di sopravvivere e agli studiosi di proseguire nelle scoperte scientifiche

non saranno norme di condotta giuste o ingiuste, ma illuminazioni più profonde, alla cui luce bene e male, mezzi e fini, giustizia e ingiustizia saranno visti in una terribile nettezza di contorni.

Queste posizioni epistemologiche sono perfettamente convergenti con quanto esposto in precedenza: tali illuminazioni saranno prodotte dalla luce della Verità. Il processo logico da solo non basta, né alla scienza né all'etica.

1.3 Acquisizione di coscienza

1.3.1 Idolatrie e distorsioni nella scienza

Torniamo ancora una volta a quanto diceva Gandhi: il principio comune alla ragione e al cuore e che sta nello stesso tempo alla base della capacità di conoscere è basato sull'assoluto della Verità. Anche il primo versetto della Genesi parla di principio nel senso di Verità¹⁴. Tuttavia, le osservazioni derivate dalla Torah, si potrebbe obiettare, sono argomenti di religione più che di

epistemologia e di etica ambientale. Ma come già sottolineato da Kurt Gödel, e a loro tempo da Galileo Galilei, da Tommaso D'Aquino e dallo stesso Agostino di Ippona, scienza e fede non sono affatto in contrapposizione. Il binomio inscindibile "Verità, non-violenza" sta alla base di questa affermazione.

Al contrario, oggi si legge sovente che chi vuole seguire una concezione veramente scientifica deve essere laico, anzi ateo, "fino all'osso irriducibilmente ateo"¹⁵ per non dover scegliere "fra la fede in Dio e la fede in Darwin", oppure "postulare un agente superiore alla natura significa smettere di fare scienza"¹⁶. I molti scienziati laici e atei, sovente polemici fino a divenire astiosi e talvolta violenti nei confronti degli uomini di fede, non si rendono conto che, anche per gli scienziati credenti, vale una metodologia di ricerca obiettiva e *super partes*, in quanto la fede non ha nulla a che fare con la magia o il fanatismo: la stessa ricerca della Verità lo esige. Il credente ha capito ciò che sostiene Agostino nella sua opera, intitolata (non a caso) "Contro gli Accademici": *Crede ut intelligas, intellige ut credas!*

Presunzione e disprezzo non degni degli uomini di scienza sono quindi all'origine degli anatemi contro gli scienziati credenti: "oscurantisti", "creazionisti" "reazionari" i cui lavori bisogna evitare accuratamente di menzionare, anche se spesso si scopre in seguito che argomenti assai simili vengono sostenuti dai laici più intransigenti. Possiamo, quindi, tornare al nostro discorso sulla Verità come base per ogni visione epistemologica ed etica sulla natura. Il sacrificio, che da qui scaturisce, cioè il sacrificio nel testimoniare la Verità e le sue conseguenze, è inoltre talmente legato alla realtà da costituire la legge posta ai fondamenti della civiltà. La civiltà, nel senso reale del termine, come sosteneva Gandhi, non consiste nella moltiplicazione, ma nella volontaria e deliberata *restrizione* dei bisogni. Infatti, solo con l'*autodisciplina* si può pensare di accettare e seguire le prescrizioni derivate dallo studio delle leggi della natura, rifiutando l'idolatria e la concupiscenza. Troppo spesso però facciamo finta di non capire. Ci rifiutiamo quindi di seguire le prescrizioni derivate dalla coscienza, dalle leggi della natura, dall'etica ambientale, prendendo scuse che di fatto rappresentano un *rifugio nell'idolatria*¹⁷.

¹⁴ *Bereshit barat El(o)hìm et hashamàim ve'et ha'àrets*, tradotto dai Settanta: "El(o)hìm creò in principio i cieli e la terra". Baharier (2006) tuttavia osserva: perché allora, si chiedono i Maestri della tradizione ebraica, Mosè nostro Maestro, prima di ogni altro, non ha messo per primo il Divino? Sarebbe meglio allora tradurre: "Per mezzo del principio El(o)hìm creò i cieli e la terra".

¹⁵ Da Piatteli-Palmarini & J. Fodor (2010), p. 11.

¹⁶ Dall'intervista di Giulio Giorello del 4-09-2010 sul "Giornale".

¹⁷ Del denaro, del successo, del potere, nella fiducia cieca nel progresso...



Fig. 1.4 Parco storico di Monza. Tratto della pista dell'Autodromo che segna una emblematica vittoria del progressismo contro la natura e la cultura. Sullo sfondo l'edificio neogotico del "Serraglio". Gli antichi boschi di querce, di origine medievale, sono stati rovinati e semidistrutti da tale presuntuoso inserimento

È soprattutto in nome del progresso che non si hanno remore nel distruggere la natura e le sue forme di vita. Più volte dibattuto il caso esemplare del Parco storico di Monza che conserva relitti forestali risalenti al Medioevo e che è stato progettato da un illustre paesaggista quale Luigi Canonica su incarico Imperiale nel 1805, e dove dal 1922 è stato costruito un grande autodromo, che ha rovinato il più grande polmone verde di Milano (Fig. 1.4). Il progressismo relativista e scienziista, come pure il riduzionismo ontologico, sono fra le maggiori idolatrie e vale la pena di ricordare quanta influenza abbiano nell'ecologia, come vedremo.

Di pari pericolosità è il capitalismo sfrenato, la "crescita" economica a ogni costo: la fiducia che essa porti sempre benefici e permetta di rendere più ricchi e felici tutti gli uomini. Da dati internazionali noti da tempo (UNDP, 1999), risulta che è seguendo tale ideologia che la quinta parte più ricca dell'umanità è arrivata a utilizzare l'82,7% delle risorse mondiali, lasciando alla quinta parte più povera solo l'1,4%! Si noti che la distribuzione di risorse fra i Paesi ad alto e quelli a basso consumo è in rapporto di 75 a 1. Il prezzo di questa ideologia è, di fatto, pagato *dall'insieme* dei sistemi viventi della natura.

Un altro falso idolo, che abbiamo già avuto occasione di ricordare, è la fede nelle capacità inesauribili della tecnologia umana, che emerge, per esempio, nel dibattito sul nucleare in Italia, trattando tale problema non in modo scientifico, ma quasi come in una favola, in cui la tecnologia sarebbe in grado di risolvere ogni

cosa, come nota con sconcerto Virginio Bettini (2009). D'altra parte, una falsità risiede anche nel cosiddetto *fondamentalismo verde*, secondo cui tutto ciò che è fatto dall'uomo è incompatibile con la natura e l'uomo è considerato alla stessa stregua degli animali. Così la salvaguardia dell'ambiente procede troppo spesso per slogan politici, *pericolosi* per i sistemi viventi stessi o palesemente inconsistenti e completamente svincolati da vere considerazioni scientifiche. Si pensi ai casi dell'opposizione preconcepita a regolare l'acqua alta in Laguna di Venezia¹⁸ o della demonizzazione delle onde radio e dei campi elettromagnetici associati alle reti di alta tensione¹⁹.

Riassume bene tutti gli idoli il riferimento biblico al dio Mammona, parola aramaica che ha significati diversi ma che coinvolgono *ricchezza* e *menzogna*, quindi sono un esplicito riferimento al peccato originale. Nel quadro di Beppe Ingegneri (1901-1999) il Serpente d'oro che simboleggia il Male genera ogni violenza e distrugge l'uomo e la Terra (Fig. 1.5). D'altra parte possiamo osservare che, quando il ruolo dell'uomo nella natura è guidato dalla Verità, produce implicazioni etiche profonde a tutti i livelli del pensiero e dell'azione. Porta soprattutto un rinnovamento della Scienza, quindi anche delle scienze naturali e dell'ecologia, con conseguenze notevoli nelle teorie e nelle loro applicazioni. Per concludere, è necessario rendersi conto dei danni prodotti dallo scientismo riduzionista o comunque da una visione distorta della verità, nello studio di questioni che riguardano l'ambiente e il paesaggio. Elenchiamo alcune fra le più significative di tali distorsioni:

- la *scienza della vegetazione*, quando si pretende debba seguire *esclusivamente* il metodo fitosociologico proposto 85 anni fa da Braun-Blanquet (1926) che ha mostrato diversi *limiti*, *soprattutto a livello di paesaggio* (vedi capitolo 5, paragrafo 5.1);
- *i rapporti fra salute umana e alterazioni ambientali* che si limitano al controllo degli inquinamenti, senza

¹⁸ La regolazione delle acque in laguna è un problema che fu affrontato già dai tempi della fondazione della città. Fu deviato il fiume Brenta, furono fatte opere imponenti, furono chiamati i più grandi idraulici d'Italia e d'Europa...

¹⁹ Gli unici effetti delle onde EM scientificamente provati consistono nel riscaldamento dei tessuti biologici in presenza di alte intensità di radiazione. Tale riscaldamento, prodotto in particolare dalle onde ultracorte, se eccessivo, può portare a seri danni quali la sterilità maschile o la cecità. Pertanto le normative internazionali prevedono limiti severi all'intensità del campo per evitare possibili inconvenienti e quelle italiane – L. 36 22/02/2001 – sono ancora più restrittive (<20 mV/m all'esterno; <6 mV/m in casa).



Fig. 1.5 Il dio Mammona, quadro a tempera e pastello (m 2 x 1) di Enrico Giuseppe Ingegnoli, detto Beppe (1901-1999), eseguito nel 1991-92 per esprimere gli effetti del Male che, attraverso la cupidigia che genera violenza, tenta di distruggere l'uomo e la Terra

- considerare le patologie del paesaggio (vedi capitolo 4, paragrafo 4.4);
- la *sostenibilità ambientale*, quando considera il territorio come solo supporto geografico e parifica le “3 E” (*environment, economy, equal opportunity*) (vedi capitolo 10, paragrafo 10.3.4);
- il *processo evolutivo*, quando si pretende di parlare del *creazionismo letterale* o al contrario si insiste sul *darwinismo* trasformandolo in una ideologia, quasi una religione (vedi capitolo 4, paragrafo 4.1);
- il *cambiamento climatico*, quando si vuol fare apparire a tutti i costi che sia dovuto esclusivamente all'effetto serra e all'azione antropica;
- la *diminuzione della biodiversità*, quando considerata eminentemente specifica e causata esclusivamente dall'uomo (vedi capitolo 3, paragrafo 3.2.10);
- la *progettazione ecologica*, quando si ferma all'ecologia generale che considera l'*ambiente antropico* come staccato dalle leggi ecologiche (vedi capitolo 2, paragrafo 2.2 e capitolo 10, paragrafo 10.1);
- i *criteri ecologici per i sistemi di verde urbano*, quando, seguendo compiaciuti discorsi tecnocratico-politici, si compiono scelte ecologicamente arretrate e scorrette (vedi capitolo 12).

1.3.2 Il giuramento dell'ecoiatra

All'inizio del capitolo, è stato sottolineato come il paesaggio sia un'entità vivente, livello specifico dell'organizzazione della vita sulla Terra (vedi paragrafo 1.1.1) e, pertanto, soggetto alle leggi che governano ogni altra entità vivente, pur se declinate in maniera opportuna. Ecco allora la necessità di affiancare alle figure del medico tradizionale, che si occupa di organismo e popolazione umana, del medico veterinario e del fitopatologo, la nuova figura del *medico ecologo (ecoiatra)*. Tanto che nel volume “Ecologia del Paesaggio: manuale per conservare, gestire e pianificare l'ambiente” (2005) Ingegnoli e Giglio hanno inserito, in analogia con quello di Ippocrate, un “giuramento dell'ecoiatra” per indicare con forza l'impegno *etico* dell'ecologo.

Lo riportiamo qui di seguito:

Giuramento dell'ecoiatra

Consapevole

- che la vita sulla terra è organizzata in livelli gerarchici e che non è definibile solo all'interno di ogni entità biologica ma comprende anche il relativo ambiente;
- che l'ecologo deve occuparsi dello stato di salute dei livelli di ecocenotopo e di paesaggio, così come il medico si occupa dello stato di salute dei livelli di organismo e popolazione;
- dell'importanza e della solennità dell'atto che compio e dell'impegno che assumo,

GIURO

di esercitare l'ecologia in libertà e indipendenza di giudizio e di comportamento; di perseguire come scopi esclusivi la difesa della Vita, la tutela della salute e dell'armonia della Natura in tutte le sue componenti (uomo compreso) e la cura della Natura stessa, secondo il metodo clinico-diagnostico e il Principio di Riabilitazione Strategica; di ispirare alla responsabilità e al costante impegno scientifico, culturale e sociale, ogni mio atto professionale; di non compiere mai atti idonei a provocare deliberatamente la distruzione di un sistema vivente; di attenermi nella mia attività ai principi etici contro i quali, nel rispetto della Vita, non utilizzerò mai le mie conoscenze; di prestare la mia opera con diligenza, perizia e prudenza secondo scienza e coscienza e osservando le norme giuridiche che non risultino in contrasto con gli scopi della mia professione e che non risultino formulate su basi scientifiche arretrate; di esercitare il mio diritto di obiezione di coscienza quando mi venisse proposto di agire in difformità dai risultati scientifici comprovati; di oppormi attivamente a tutte quelle richieste nelle quali l'inadeguatezza del tempo o delle risorse a disposizione impediscono l'espletamento di studi e di interventi congrui alla definizione e cura dello stato di salute del sistema ecologico in esame; di affidare la mia reputazione esclusivamente alle mie capacità professionali e di studio e alle mie doti morali; di evitare, anche al di fuori dell'esercizio professionale, ogni atto e comportamento che possano ledere il prestigio e la dignità della professione; di avvalermi dell'aiuto di colleghi specialisti in ogni situazione nella quale le mie competenze specifiche non siano adeguate; di applicarmi a tutte le situazioni, qualunque siano la scala spaziotemporale e il livello di antropizzazione o degrado, con il medesimo impegno; di mettermi a disposizione dell'Autorità Competente in caso di pubblica calamità; di osservare il segreto su tutto ciò che mi è confidato, che vedo o che ho veduto, inteso o intuito, nell'esercizio della mia professione o in ragione del mio stato.

2.1 Ecologia, paesaggio, bionomia

2.1.1 Considerazioni introduttive

La fine del Novecento ha visto, nell'arco di circa un secolo, il termine *ecologia* inflazionarsi sempre più, forse irrimediabilmente, nel mondo dei *mass media*, in ambito umanistico e talvolta anche tecnico e scientifico. D'altra parte, persino in ambito accademico il termine ecologia è spesso ambiguo: una o tante ecologie, scienza biologica o ambientale? Di conseguenza, nella società odierna, la figura professionale dell'ecologo è anch'essa ambigua e solo nel migliore dei casi l'ecologo rischia di essere considerato come ambientalista generico. In realtà, ci sono accezioni anche più riduttive del termine ecologo: esso può essere considerato un esperto di energetica, un tecnico dei rifiuti urbani, uno studioso degli inquinamenti, un conservatore di specie in estinzione o persino un politico "ecologista". L'idea che l'ecologia sia un capitolo della biologia che studia i rapporti fra ambiente e organismi o sistemi biologici più complessi sembra non sfiorare neppure chi non si occupa di scienze naturali.

Anche il termine *paesaggio* (*paysage*, *Landschaft*, *landscape*) è spesso usato in modo improprio, e non solo in ambito giornalistico, ma anche tecnico e istituzionale. Infatti, come precedentemente notato, esso viene inteso solo come panorama, bene estetico-culturale (ma anche storico-letterario) o ambito di percezione geografica. Ci si ferma quindi all'etimo linguistico corrente: il paesaggio (veduta) è definito come *parte di territorio che si abbraccia con lo sguardo* (Vocabolario Treccani, 1986-87). Anche in questo caso, l'idea che la scienza intenda il paesaggio come "sistema interagente di ecosistemi" (Forman e Godron, 1986) e lo

studi nella disciplina della "Ecologia del Paesaggio" (*Landscape Ecology*) sembra essere inarrivabile per chi non è uno scienziato del settore. Dato che il tema di questo scritto è il paesaggio, vale la pena di soffermarsi un poco sull'uso e i significati del termine paesaggio nella scienza.

Nel mondo romano il paesaggio era denominato da Columella, nel I secolo d.C., *regio-onis* sottolineandone l'aspetto geografico, mentre il pittore paesaggista, che mostrava già buon senso prospettico, veniva denominato *pictor topiarius qui regiones formas pingit* (Columella), e quindi il termine "panorama" veniva differenziato come *prospectus*. Un distretto regionale veniva chiamato *pagus*, dal sanscrito *pac* attraverso il greco *πηγνυμι* (Giglio, 2002) e nel tardo latino *pagus* indicava soprattutto un "territorio abitato".

Nel Rinascimento iniziò a essere usato in Italia il termine attuale, derivato dal francese *paysage* (quindi dal latino *pagus*), non in ambito scientifico (geografico o agronomico), ma soprattutto in ambito letterario e artistico (da Petrarca a Tiziano), come riassuntivo dei caratteri propri di un Paese. Il senso di questi caratteri si nota bene negli scritti di Leonardo da Vinci (Trattato della Pittura), visto che in lui la curiosità scientifica e la ricerca della forma artistica procedevano di pari passo. Egli considerava "le membra de' paesi, sassi, piante e simili", paragonandole a quelle degli animali non soltanto in senso strutturale, ma anche funzionale. Non a caso con i suoi studi sui paesaggi prealpini egli iniziò l'analisi della geomorfologia, e propose una prima formulazione del concetto di vegetazione.

Dopo Columella e Leonardo, un ulteriore passo verso l'utilizzazione del termine "paesaggio" (inglese: *landscape*) in senso scientifico fu compiuto dagli architetti paesaggisti inglesi nel XVIII secolo, come W. Kent e C. Brown (Turner, 1985). Anche in assenza di

una piena coscienza dei fatti, le prime grandi trasformazioni del territorio in senso industriale spinsero istintivamente i paesaggisti a porre fine al formalismo italiano e francese nella creazione dei giardini e dei primi parchi pubblici, per dirigersi invece verso una progettazione più conforme alla natura. Diventava, tuttavia, preminente proprio in quel secolo una concezione percettiva del paesaggio che sarebbe divenuta preponderante nel periodo più recente.

Solo all'inizio del XIX secolo, con la scuola di Alexander von Humboldt in Germania (1845), il termine "paesaggio" entrò pienamente nel vocabolario scientifico. Egli definiva il paesaggio come *Der Totalcharakter einer Erdgegend*, cioè l'insieme di tutti i caratteri propri di un determinato territorio. Ciononostante, dai primi anni di quel secolo fino alla metà del secolo successivo, tale concetto scientifico rimase dominio di geografi, geomorfologi e botanici, mentre i naturalisti ecologi non si curarono di adottare il termine "paesaggio" né di trattare seriamente tale argomento, come vedremo più avanti (Ingegnoli e Giglio, 2005).

È facile comprendere, quindi, che parlare di *ecologia del paesaggio* e riuscire a trasmettere la sua crescente importanza per lo studio e la conservazione della natura, del territorio e della salute possa risultare assai arduo. Così l'ecologo del paesaggio viene di solito considerato un architetto paesaggista, un tecnico delle infrastrutture territoriali o un urbanista che progetta piani regionali. Come già accennato nel primo capitolo, l'ecologo del paesaggio è invece un medico dei biosistemi paesistici e la sua figura professionale dovrà essere riconosciuta dalla società.

Date queste premesse, si può capire come sia necessario tentare di rifarsi il meno possibile alle terminologie suddette, a meno di intenderle in modo più corretto. Per colpire questi obiettivi si ritiene indispensabile proporre gli studi del settore in termini di "bionomia del paesaggio", essendo evidente che la *bionomia* come "dottrina delle leggi della vita" (Vocabolario Treccani, 1986) respinge l'uso improprio del termine paesaggio, rappresentando meglio il concetto di "ecologia del paesaggio biologico-integrata". Si deve ricordare che le leggi della vita riguardano anche l'uomo, che rappresenta la componente più evoluta, in una integrazione di complessità che conferma il senso di "bionomia del paesaggio" come studio delle leggi biologico-ambientali della natura a scala di paesaggio, di fatto sinonimo di "ecologia integrata".

Si noti che questa nuova denominazione – bionomia

del paesaggio – si distingue dall'ecologia del paesaggio come oggi intesa anche per un'altra ragione: quella dell'indirizzo disciplinare. Infatti, la *landscape ecology* è una materia recente che risente ancora dei differenti indirizzi di formazione dei vari autori (vedi paragrafo 2.1.2) e non va solitamente molto al di là del concetto di spazialità degli organismi. Solo da pochi anni si inizia a essere in grado di integrare i suoi molteplici aspetti e ad allargarne il campo disciplinare. Per esempio, si considerava l'ecologia del paesaggio come "transdisciplina" perché non si era ancora visto che un'integrazione più profonda, in un congruo intervallo di scala, delle componenti della vita avrebbe portato a una disciplina ecologica a sé stante, capace di rinnovare diversi aspetti dell'ecologia generale.

Si deve sottolineare che il concetto di scala è assai rilevante nell'ecologia. Infatti, dal principio di invarianza relativa di un sistema, in confronto alla variabilità dei suoi costituenti, derivano insiemi di correlazioni dimensionali e la conseguente organizzazione gerarchica degli stessi insiemi, ordinati in senso spazio-temporale.

A partire dalle prospettive e dai limiti dell'ecologia alla fine del secolo scorso, in particolare dell'ecologia del paesaggio, vedremo di esplicitare quali siano i rinnovamenti in atto in questi primi anni del terzo millennio che interessano lo sviluppo della bionomia del paesaggio, sottolineando i principali aspetti teorici, metodologici e applicativi che si presentano in modo talvolta clamoroso.

2.1.2 Sviluppo e limiti dell'ecologia generale

È ormai noto che la disciplina scientifica dell'ecologia è nata nell'ambito delle scienze naturali, poco dopo la metà dell'Ottocento (Haeckel, 1869). Il suo campo di studio era la cosiddetta *autoecologia*, cioè lo studio del rapporto fra organismi e ambiente. Essa si è evoluta sviluppandosi per parti separate, e per certi aspetti contraddittorie (per esempio, comunità *versus* ecosistema), fino alla seconda metà del Novecento: ecologia degli organismi individui, delle popolazioni, delle comunità, degli ecosistemi, dei biomi, della biosfera. Tali capitoli sono stati accompagnati da altri più di settore, quali: l'ecologia delle acque interne, della vegetazione o anche l'ecologia animale, di acqua dolce, marina ecc. Può essere interessante, per la storia della scienza, osservare

come lo sviluppo di questi principali settori dell'ecologia, passando dall'autoecologia alla *sinecologia*, abbia seguito un cammino proporzionale allo sviluppo spaziotemporale dei livelli di organizzazione biologica: organismo, sistema di organismi (popolazione), sistemi di popolazioni (comunità), secondo un indirizzo biotico; dopo l'acquisizione del concetto di ecosistema (Tansley, 1935), secondo un indirizzo funzionale, la disciplina ha proceduto in modo contraddittorio.

È altresì risaputo che l'ecologia, come scienza, ha avuto un impulso notevole nel dopoguerra, soprattutto con la scuola di Eugen P. Odum, dell'università di Filadelfia (1953, 1971). Nello stesso periodo, altrettanto impulso hanno avuto l'architettura e la pianificazione del paesaggio, ambiti in cui per la prima volta si è cercato un legame con l'ecologia, come attestano sia la scuola di Buchwald, dell'università di Hannover (1968) sia la scuola di Mc Harg, dell'università di Pennsylvania (1969). Date le limitazioni dell'ecologia generale, il successo di questa operazione fu anch'esso limitato, cioè fu più di facciata che di sostanza. Questo fatto fu comunque significativo, in quanto fece comprendere l'esigenza di rinnovare i metodi di pianificazione del territorio e l'esigenza di sviluppare un'ecologia più aperta a tali problematiche. Non a caso, quindi, proprio in quegli anni veniva proposto lo studio di valutazione ambientale (EIA, *Environmental Impact Assessment*) e soprattutto sorgevano i prodromi dell'ecologia del paesaggio (Zonneveld, 1963; Finke, 1971; Ingegnoli, 1971; Leser, 1976; Forman, 1979).

È del resto assai meno noto che l'ecologia generale, pur con tutti i suoi capitoli, si trovava e si trova tuttora in difficoltà a trattare problemi di applicazione dei suoi principi nello studio, nella progettazione e nel controllo del territorio (Naveh e Lieberman, 1984; Forman e Godron, 1986; Ingegnoli, 1993, 1999b). Infatti, essa considera il paesaggio come mero supporto *geografico* dove vivono gli organismi e trascura il ruolo della scala spaziotemporale, non riuscendo di conseguenza a spiegare i processi che riguardano il paesaggio stesso, se non molto parzialmente, perché non cerca di capire le caratteristiche intrinseche del paesaggio. L'ecologia generale di fatto è ancora legata all'interpretazione letterale del termine paesaggio come "parte di territorio che si abbraccia con lo sguardo", mentre ciò che è nostro dovere studiare, difendere e migliorare non è la parte apparente, cioè la "veduta", ma quella sostanziale, cioè la bionomia. In altre parole, ciò che realmente è "quella parte di territorio".

Pertanto, dopo aver constatato le difficoltà dell'ecologia generale nello studio del territorio, alcuni scienziati hanno cercato di aprire nuove strade. Il precursore più noto fu il biogeografo Karl Troll, tedesco, che ha dato fin dal 1939 il nome al nuovo ramo dell'ecologia chiamandolo espressamente *Landschaftökologie*. Fu solo dopo la metà del secolo scorso, però, che i primi autori sottolinearono la necessità di studiare i significati della distribuzione spaziale delle componenti ecologiche di un paesaggio. Di conseguenza, essendo un ramo disciplinare giovane, l'ecologia del paesaggio si presentava alla fine del secolo con almeno quattro tendenze principali, che si possono riassumere come:

1. *geografica*, che promuove lo studio del paesaggio come entità geografica nella quale si integrano le varie componenti naturali e antropiche, studiate in prevalenza per tematiche separate (Troll, 1950; Bertrand, 1968; Finke, 1971; Leser, 1978);
2. *corologico-percettiva*, caratterizzata dallo studio dei processi spaziali validi a ogni livello di scala, dove il paesaggio viene visto come mosaico percepito in modo differente a seconda dei *taxa* animali, ossia specie-specifico e a geometria variabile (Wiens e Moss, 1999; Farina, 2000);
3. *ecosistemico-matrice*, come studio delle configurazioni ecologiche di elementi componenti (distinguibili in macchie e corridoi) su una base paesistica dominante riconoscibile come matrice (Forman e Godron, 1986; Turner e Gardner, 1991; Forman, 1995);
4. *olistica-multifunzionale*, che persegue lo studio, nel senso della molteplicità funzionale, dell'insieme olistico (*Total Human Ecosystem*) di subunità paesistiche definibili come ecotopi, naturali e antropici (Naveh e Lieberman, 1984; Brandt et al., 2000).

Come accennato nel paragrafo precedente, tali tendenze erano dovute al retaggio delle discipline di formazione degli scienziati che erano arrivati a studiare il paesaggio dopo aver intuito l'importanza dei rapporti di scala e della distribuzione spaziale degli organismi, ma non erano ancora riusciti a svincolarsi del tutto dai canoni della geografia, della zoologia, della botanica o della pianificazione territoriale. Ciò era dovuto anche a un insufficiente inquadramento epistemologico, in parte già cosciente della necessità di riferirsi a sistemi non lineari, ma ancora incapace di coniugare la teoria dei sistemi con l'esperienza ecologica. Soprattutto preme sottolineare che queste differenti tendenze dell'ecologia del paesaggio non fornivano apporti suffi-

cienti per superare le difficoltà di fondo dell'ecologia tradizionale, riassumibili nei seguenti principali punti:

1. *l'ambiguità del termine ecosistema*, che deve essere approfondito e precisato in quanto *non* può essere valido per ogni scala, né può essere utilizzato come sinonimo di "sistema ecologico" in generale (perché la sua parte biotica è solo quella di comunità). Non si può parlare di ecosistema da una pozza d'acqua di pochi metri quadrati che si riassorbe nell'arco di un mese a un'intera vallata alpina di centinaia di chilometri quadrati e con tempo di formazione di migliaia di anni, pensando che tali sistemi abbiano una struttura e un comportamento analogo!
2. *l'occuparsi dell'uomo in modo ascientifico*, cioè considerandolo di fatto incompatibile con i sistemi ecologici secondo la logica dell'impatto uomo-natura. Questa logica deterministica, dipendente in realtà da un preconcetto riduzionista¹ e che impedisce di gestire il territorio in modo ecologicamente equilibrato, tende a eliminare i disturbi, quasi demonizzandoli, senza accorgersi che in molti casi tali disturbi possono essere normalmente incorporabili nei sistemi naturali ed essere addirittura necessari per certi paesaggi;
3. *il non volersi occupare del paesaggio*, non vedendo che la realtà naturale presenta campi di integrazione dei vari elementi ecologici che formano sistemi ipercomplessi adattativi capaci di acquisire propri comportamenti, diversi da quelli di un generico ecosistema. Un'ecologia generale che si dimostra, quindi, incapace di controbattere l'interpretazione visuale, estetico-percettiva del termine paesaggio (bel panorama, bene ambientale), contrapponendovi il concetto ecologico di paesaggio come specifico livello di organizzazione della vita;
4. *il rimanere arretrata rispetto all'avanzare dei paradigmi scientifici* degli ultimi decenni, fatto che ha comportato interpretazioni della realtà che non sono più accettabili oggi. Si permette così a gruppi pseudopolitici di appropriarsi di concetti ecologici che non sono applicabili ai problemi del territorio, seguendo indirizzi spesso di tipo scienziato. Non si sanno proporre principi e metodi capaci di seguire l'irreversibilità del tempo, la termodinamica di non

equilibrio, la geometria dei frattali ecc. cambiando diversi aspetti dello studio della natura.

A questo proposito, si ritiene opportuno aggiungere un esempio significativo, fra i molti episodi di applicazione di concetti superati di ecologia generale, che hanno prodotto danni. Il caso più noto è legato all'eliminazione dei disturbi nelle aree di tutela. Il parco dello Yellowstone è stato oggetto, per circa un secolo, di puntigliosa e organizzata azione di eliminazione di qualsiasi tipo di incendio in ogni sua parte si fosse innescato, per cause umane o naturali. Alla fine degli anni Ottanta, tuttavia, una serie di concomitanze emmentemente di origine naturale (fulmini di inaudita potenza) hanno prodotto un incendio di tale intensità e vastità che i *ranger* hanno dovuto arrendersi, non sono riusciti assolutamente a spegnere le fiamme. I danni sono stati ingentissimi. Ma fra il gruppo di ecologi incaricati di valutare lo stato dell'ambiente vi erano anche alcuni ecologi del paesaggio (per esempio, Monica Turner e Richard Gardner, 1991), i quali hanno dimostrato che da secoli quel paesaggio subiva a intervalli di qualche decennio degli incendi in varie sue parti. Tali incendi erano limitati e poco intensi, eliminavano l'accumulo di materiale organico in eccesso (in gran parte legno) e permettevano di aumentare la mineralizzazione del suolo e mantenere la biodiversità sia specifica sia di tessere vegetate o macchie (*patch*) paesistiche al più alto livello. Il disturbo "incendio" è in realtà una causa strutturante del sistema di ecosistemi di quella regione. Pertanto, è esagerato spegnere *ogni* incendio: meglio controllarli e lasciare che limitate parti di territorio siano sottoposte a disturbi anche di quel tipo.

2.2 Bionomia del paesaggio

2.2.1 Il paesaggio come specifico livello di organizzazione della vita

Solo da pochi anni le divergenze e le contraddizioni contenute nelle tendenze dell'ecologia del paesaggio sono in fase di risoluzione, e tale sforzo sta influenzando anche sull'ecologia tradizionale. La proposta di revisione della disciplina, effettuata recentemente da Ingegnoli e pubblicata come proposto da Richard T.T. Forman, con il titolo *Landscape Ecology: A Widening Foundation* (2002), è un esempio in questa direzione che viene sviluppato, sia pure in modo sintetico, in questo scritto. Seguendo i suggerimenti dei colleghi e amici Richard

¹ Per riduzionismo (vedi capitolo 1) si intende la possibilità di comprendere il comportamento di un sistema attraverso la conoscenza dei caratteri delle sue componenti; quindi l'opposto dell'olismo, che invece ammette che il tutto è superiore alla somma delle parti.

Forman e Zev Naveh², Ingegnoli (2002, 2005) ha, infatti, proposto una revisione dell'ecologia del paesaggio in senso "biologico-integrato". In questo sforzo di revisione, indagando sulle leggi che sottendono il comportamento di un territorio come paesaggio (cioè come luogo principe della *coevoluzione fra uomo e natura*)³ si evince che dette leggi sono le stesse che governano il comportamento di una qualsiasi entità vivente, pur se "declinate" in maniera opportuna. Si è presentata dunque la necessità di riconsiderare il concetto di *vita*.

Dare una definizione della vita è difficile e richiede una convergenza di numerosi punti di vista quasi impossibile da rappresentare in modo compiuto; tuttavia, è necessario chiarire qualche aspetto che si rivela basilare per lo studio del paesaggio. La vita si manifesta come sistema ipercomplesso teleonomico, dissipativo e autorganizzante ed è capace di ricevere, immagazzinare, trasmettere ed elaborare informazioni, di riprodursi, di appartenere alla storia, di perseguire progetti e di essere il principale attore dell'evoluzione. La vita quindi non è limitata a un organismo: essa non può esistere senza l'ambiente, perché non può fare a meno dello scambio di *materia, energia e informazione* fra l'entità organizzata e il suo specifico ambiente (Prigogine, 1996; Ingegnoli, 1993, 2002; Pignatti et al., 2000, 2002).

Nel quadro della relatività di Einstein lo spaziotempo è creato dall'azione del campo di energia/materia, quindi spazio e tempo vanno considerati come componenti di uno spaziotempo quadrivettoriale (cronotopo). Spazio e tempo sono quindi indistinguibili e possono trasformarsi l'uno nell'altro. L'energia può essere codificata come materia o come informazione, a seconda delle differenti codificazioni del cronotopo. L'energia trasformata in materia assume tridimensionalità spaziali (x, y, z) e una temporale (t), mentre se trasformata in informazione assume bidimensionalità sia spaziale (per esempio, onda piana) sia temporale (t₁, t₂).

Per esempio, Paolo Manzelli, docente di chimica-

fisica all'università di Firenze, nota che se le frequenze della luce visibile attraversano un mezzo trasparente, l'onda piana a esse associata permane dimensionata come informazione, mantenendo la sua codificazione energetica in due componenti spaziali e due temporali; invece, quando l'onda interagisce con la retina, la reazione fotochimica avviene per la possibilità dell'onda piana di trasformarsi in particella, assumendo una codificazione capace di interagire con la struttura tridimensionale dello spazio propria della materia.

Ciò va sottolineato, in quanto ogni trasformazione tra energia e materia deve essere catalizzata da un sistema di informazione, per poter procedere verso un aumento della negentropia, cioè verso nuove forme ordinate e relativamente stabili. I processi di autorganizzazione nei sistemi dissipativi (vedi paragrafo 2.3.5) presentano fenomeni simili a un sistema "mentale" primordiale dovuto a forme di catalisi che si comportano come insiemi di informazione. Ciò permette di intuire come, nei sistemi ipercomplessi e adattativi, il ruolo dell'informazione sia basilare per comprendere il loro comportamento come sistemi biologici, anche se superiori all'organismo.

Gli scambi di materia, energia e informazione sono talmente importanti che l'emergere della vita sulla Terra, come noto, ha radicalmente modificato l'evoluzione dell'intero Pianeta, dall'atmosfera a diverse tipologie di rocce. Fra vita e ambiente c'è infatti reciprocità, scambio di informazioni, *sapere a priori*. Purtroppo, siamo stati fuorviati dal concetto riduzionista di adattamento. La considerazione darwiniana di adattamento è infatti errata (vedi capitolo 5, paragrafo 5.1): uno dei primi ad accorgersi di ciò è stato l'epistemologo Karl Popper (1994) che, confortato anche dai precedenti studi dell'amico Konrad Lorenz (1978), ha osservato che l'adattamento è una forma di sapere a priori. L'improbabilità di un incontro della vita con un ambiente adatto a essa è altrettanto elevata della nascita della vita. L'adattamento della vita al suo ambiente è una sorta di conoscenza. La vita, sin dal suo inizio, deve avere incorporata un'anticipazione, quella riguardante durevoli condizioni ambientali di vita.

Sin dall'inizio la vita deve essere stata attrezzata di un sapere generale, di quel sapere che noi usualmente chiamiamo conoscenza delle leggi naturali (Popper, 1994).

Per le suddette ragioni, i livelli di organizzazione biologica non si possono limitare a cellula, organismo, popolazione e comunità, ma devono includere anche

² Entrambi gli autori, a distanza di pochi mesi, suggerirono di scrivere un testo scientifico in lingua inglese, dato che con semplici articoli scientifici sarebbe stato impossibile inquadrare i molteplici apporti teorici proposti da Ingegnoli per una nuova ecologia del paesaggio.

³ Si ricorda che già nel 1870 Antonio Stoppani propose il termine "antropozoico" per sottolineare che la coevoluzione fra uomo e natura stava arrivando a caratterizzare una nuova era. Tale termine, trasformato in "antropocene" da P. Crutzen, è oggi accettato pienamente come ribadito su National Geographic (2011).

Tabella 2.1 Gerarchia dei livelli di organizzazione della vita sulla Terra a partire dall'organismo

Scala di analisi	Dimensione spaziale di riferimento	Dimensione temporale di riferimento	Entità viventi ^a	Punto di vista configurazionale ^b	Punto di vista biotico ^c	Punto di vista ambientale ^d	Punto di vista antropico-culturale
Globale	da centinaia di milioni a decine di milioni di km ²	da miliardi a decine di milioni di anni	Gaia (Eco-bio- noo-geosfera)	Megacora	Biosfera	Ecosfera	Noosfera
Regionale	da centinaia di migliaia a migliaia di km ²	da milioni a migliaia di anni	Ecoregione	Macrocora	Bioma	Regione biogeografica	Regione storico-culturale
Territoriale	da migliaia di km ² a pochi km ²	da centinaia di migliaia a centinaia di anni	Paesaggio	Cora	Sistema di comunità	Sistema di ecosistemi	Paesaggio storico-culturale
Locale	da centinaia di km ² a centinaia di m ²	da migliaia a centinaia di anni	Ecocenotopo	Mesocora	Comunità	Ecosistema	Distretto storico-culturale
Stazionale	da migliaia di m ² a pochi m ²	da centinaia di anni a pochi anni	Meta-popolazione	Microcora	Popolazione	Habitat	Sito culturale
Puntuale	da pochi m ² a pochi cm ²	da decine di anni a poche ore	Meta-organismo	Sub-microcora	Organismo	Spazio minimo vitale	Agente culturale

^aSono identificabili solo attraverso un punto di vista **integrato**, proprio della Ecologia avanzata (ecologia integrata ed ecologia del paesaggio biologico-integrata): rappresentano i *tipi di entità viventi realmente esistenti sulla Superficie terrestre*. Pur essendo le denominazioni adottate per la loro identificazione passibili di miglioramento, *ciò non inficia l'esistenza di dette entità*. Le successive tre colonne servono a collocare nella giusta posizione i diversi 'spettri' di uso comune.

^bProprio della Geografia, si concentra sul modello di disposizione spaziale delle componenti sulla superficie terrestre.

^cProprio della Biologia, è in un insanabile contrasto con l'approccio seguente (^d), proprio della Ecologia classica, che sottolinea l'aspetto funzionale.

i sistemi ecologici più propriamente detti: paesaggio, ecoregione, ecosfera. Per definire questi livelli biologici si deve ricorrere a cinque gerarchie parallele (Tabella 2.1), per ogni scala di analisi, basate su: criterio biotico, funzionale, di struttura spaziale antropico-culturale e integrato (per esempio i sistemi reali o entità viventi).

È da sottolineare che essi di solito non vengono integrati (vedi ecologia generale, par. 2.1.2), mentre invece è proprio la loro integrazione che permette di riconoscerli come sistemi complessi adattativi. A scala territoriale, in un determinato ambito geografico, si può definire il paesaggio come integrazione di un insieme di comunità e del loro sistema di ecosistemi in una certa configurazione spaziale (*cora*) e con eventuali componenti culturali, cioè come sistema complesso di *ecocenotopi*.

È interessante osservare che ogni sistema biologico presenta caratteri *propri* e caratteri *esportabili* (Ingenoli, 2002, 2005). Per esempio, i processi che permettono la definizione della vita sono caratteri *espor-*

tabili (cioè comuni a più livelli dello spettro biologico) anche se ogni specifico livello esprime questi processi nel suo *proprio* modo, che dipende dalla scala, dalla struttura, dalle funzioni e dall'informazione di quello specifico livello. Di conseguenza, come ogni altro sistema biologico, il paesaggio svolge, pur se con modalità sue proprie, le medesime funzioni vitali degli altri livelli, quali quella di riprodursi, assumere materia ed energia, eliminare cataboliti, nascere e morire, trasformarsi e mostrare un proprio comportamento. Ci rendiamo conto che, per alcune persone, queste argomentazioni potrebbero sembrare esagerate o comunque in contrasto con la tradizione; ma si ricorda che varie volte il procedere della scienza ha portato a cambiamenti anche notevoli nella cultura del momento, basti pensare alla rivoluzione copernicana.

Va inoltre sottolineato che, per esempio, i processi riproduttivi di un paesaggio si manifestano in modo assai diverso rispetto a quanto avviene a livello di popolazione, ma comunque rispondono alle funzioni riproduttive valide per tutti i sistemi biologici (Inge-

gnoli, 2005). Infatti, premesso che la capacità riproduttiva di un ecotopo è essenzialmente dipendente dalla presenza e dalle caratteristiche della componente vegetale, in estrema sintesi il processo si attiva dopo la “morte” di una o più tessere, dovuta a un cosiddetto “evento zero”, cioè una perturbazione fuori scala capace di distruggere le strutture mature di un ecotopo. Il ruolo delle gonadi è assunto dalla banca di propaguli⁴, le mutazioni stabilizzanti invece che per *crossing over*⁵ avvengono a causa dei disturbi locali, i giovani vengono protetti in apposite nicchie di *nursery* e la selezione avviene principalmente per competizione e predazione.

2.2.2 La rifondazione dell'ecologia del paesaggio

Questo rinnovamento dell'ecologia del paesaggio secondo il criterio biologico-integrato porta alla formazione di un *corpus teorico* allargato nel senso proprio della “bionomia del paesaggio”, una sorta di rifondazione della disciplina, come viene chiaramente espresso nel titolo del citato volume di Ingegnoli *A Widening Foundation*. Detto criterio:

- propone *nuovi* concetti teorici (per esempio, ecotessuto, *fittest vegetation*, habitat standard);
- evidenzia nuovi processi biologici sia nell'ambiente naturale sia nell'ambiente antropico, ne studia la formalizzazione matematica e il metodo di misura (per esempio, capacità biologico-territoriale della vegetazione; capacità portante del territorio);
- rinnova concetti (per esempio, ecotopo) e rende misurabili processi evidenziati da altri (per esempio, metastabilità di paesaggio);
- propone una nuova metodologia di studio del territorio (clinicodiagnostica dello stato ecologico o di “salute”);
- aggiorna il concetto di sostenibilità (per esempio, sostituendo al concetto di ripristino quello di *rehabilitation*);

⁴ Per propaguli si intende l'insieme formato dai semi e dalle spore e inoltre dalle larve di invertebrati, dai batteri e dai funghi nella sostanza organica in demolizione nella lettiera o nel suolo di un ecotopo in esame e degli altri ecotopi circostanti.

⁵ Si fa riferimento al fenomeno della mitosi cellulare, in cui i cromosomi ereditati dal padre e dalla madre si possono ricomporre con alleli differenti dai gameti di origine per incrocio e scambio di parti.

- reimposta in chiave ecologica i principali criteri e metodi di intervento ambientale (per esempio, pianificazione, conservazione biologica, valutazione ambientale strategica (VAS)).

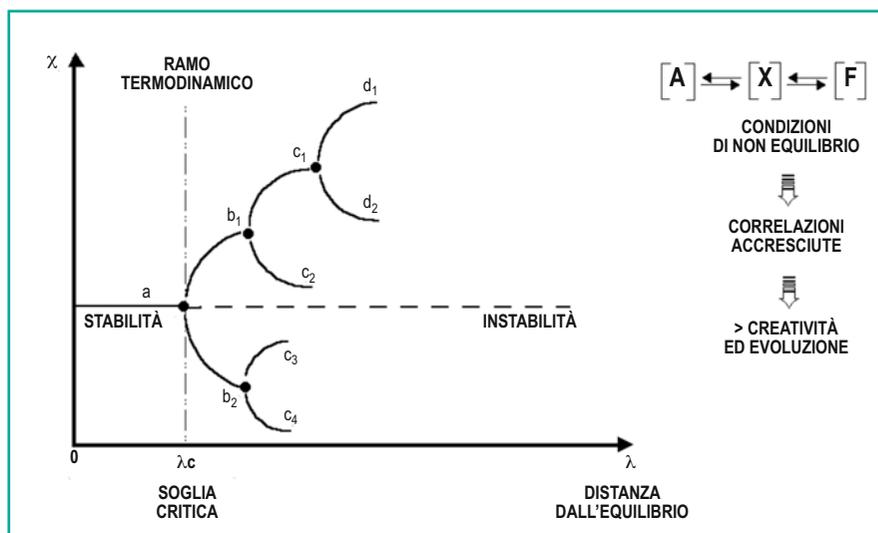
È innegabile che il progredire dei paradigmi scientifici della seconda metà del Novecento abbia aiutato a comprendere il paesaggio come sistema biologico. Si è potuto constatare che tutti i sistemi viventi seguono una termodinamica di non equilibrio e si possono definire come complessi, gerarchici, dinamici, adattativi, autotrascendenti, autorganizzanti, dissipativi ecc. (Prigogine, 1996; Naveh e Lieberman, 1994) (vedi paragrafo 2.3). Essi sono formati da sistemi complessi che seguono il principio delle *proprietà emergenti* per cui un “tutto organico” è maggiore (o diverso) dalla somma delle sue componenti (von Bertalanffy, 1968; Lorenz, 1978; Odum, 1983). Come ha dimostrato Prigogine (Fig. 2.1), quando un sistema supera il limite della stabilità (una soglia critica) entrando in un campo di instabilità non procede più linearmente, ma per biforcazioni successive. Infatti, i disturbi (per esempio, fluttuazioni) diventano importanti e spingono il sistema a “scegliere” una direzione fra le due (o tre) possibili in quelle condizioni di relativa stabilità. Si parla di “ordine attraverso fluttuazioni”, per indicare la modalità che un sistema segue nelle sue trasformazioni (vedi capitolo 3, paragrafo 3.1.6).

Si noti che un punto (d2) può essere raggiunto da percorsi diversi (b1-c1-d2; oppure bi-c2-d2), quindi per comprendere una trasformazione del sistema è indispensabile una ricostruzione di tipo storico.

Stando così le cose, tornano di grande importanza, anche nelle scienze naturali, il concetto e i metodi della storia. Si noti, infatti, che una struttura prodotta da una successione di fluttuazioni amplificate non può essere compresa che in riferimento al suo passato. Poiché tale passato, prodotto da eventi imprevedibili, deve essere considerato unico e non riproducibile, risulta evidente che esso necessita di un *metodo storico* per essere compreso. Questo è un fatto della massima importanza anche culturalmente (Zanzi, 1999).

Proprio per questo è bene aprire una parentesi, dato che, ancora oggi, vi sono persone che insistono sul concetto di storia come riferita esclusivamente all'uomo, limitando di conseguenza la storia del paesaggio agli eventi antropici “che l'hanno formato” come se, in assenza dell'uomo, il concetto di paesaggio non avesse senso, o come se tali segni non fossero di fatto in gran parte indirizzati e sostenuti da fattori

Fig. 2.1 Esempio di biforcazioni successive in un sistema di non equilibrio: oltrepassando la fase di stabilità termodinamica, il prodotto intermedio (X) entra in un campo di instabilità, ove appaiono biforcazioni. I disturbi diventano importanti, portando il sistema a “scegliere” una delle due branchie di nuova stabilità relativa (da: Ingegnoli, 2002)



naturali. Il permanere di questa visione di estremismo antropocentrico risulta anche eticamente discutibile, in quanto mostra di considerare l'uomo come “tiranno” svincolato dalla natura, preconcetto alla base di gravi soprusi nei confronti della natura. D'altra parte, va detto che anche il tentativo di definizione del paesaggio con “la totalità dinamica e unitaria del mondo in cui viviamo” è brutale e assai arrischiata poiché, come scrive Langé (2003):

tende a escludere – forse censurare – tutto quanto non rientri in una specie di riproposto scientismo teso a rilevare la legge di sviluppo di questo universo; ma alla base dello svolgersi dei sistemi paesistici sta non una legge ma una storia e il paesaggio stesso non è un accadimento.

Torneremo ancora su questi argomenti nel seguito.

2.2.3 Importanza e significato del rinnovamento dell'ecologia

Anche se si ritiene che gli accenni teorici dati nei paragrafi precedenti siano già sufficienti per comprendere l'entità del profondo rinnovamento in grado di essere portato sulle discipline ambientali, è indispensabile dare ancora maggiore peso alle implicazioni della bionomia del paesaggio, o ecologia del paesaggio biologico-integrata, in quanto vi sono risvolti che possono stravolgere le modalità di progettazione, appli-

cazione e controllo di molte attività antropiche nel territorio e la gestione stessa della natura come dei paesaggi urbanizzati.

Se poniamo a confronto le maggiori discipline ambientali “tradizionali” – quali ecologia generale, geografia, agronomia, pianificazione territoriale, valutazione di impatto ambientale, sostenibilità ecologico-economica – e le discipline “avanzate” – quali ecologia del paesaggio, bionomia del paesaggio, conservazione biologica, valutazione ambientale avanzata – potremo osservare che il rinnovamento si presenta assai rilevante: una vera svolta che sta per improntare l'inizio del nuovo millennio. Di fatto cambiano tutti i maggiori concetti che hanno a che fare con l'ambiente e il territorio:

- *Ambiente*. Definito tradizionalmente come “mezzo circostante”, inteso in senso tipicamente riduzionista per settori tematici separati (aria, acqua, suolo, specie (vedi Agenzie Regionali di Protezione Ambientale⁶)) è, invece, da definirsi anche come “mezzo di sostentamento della vita”, caratterizzato quindi da una reciprocità di rapporto con ogni sistema vivente, da intendere come integrazione sistemica delle componenti biotiche e abiotiche.
- *Evoluzione della vita (biosistema-ambiente)*. Processo guidato tradizionalmente dalla selezione del

⁶ Ad esempio, l'ARPA Lombardia nel Rapporto sullo Stato dell'Ambiente (2008-09) procede per settori separati: aria, acqua, suolo, agenti fisici, rifiuti. Nessun sistema complesso nel senso della bionomia del paesaggio viene considerato.

più adatto con progressiva ottimizzazione dell'adattamento e di fatto limitato alla scala di organismo, secondo un neo-darwinismo ancora basato su caso e necessità, è oggi da rivedere criticamente alla luce sia di considerazioni epistemologiche non più soltanto riduzioniste sia di campi morfogenetici, come cercheremo di vedere meglio a suo tempo.

- *Strutturazione dei sistemi ecologici.* È oggi obbligatoro affiancare al vecchio concetto guida di causa-effetto, e alle forze operanti di conflitto e impatto, il concetto guida di “coazione” e le forze operanti di “cooperazione e integrazione” e di memoria e informazione. Competizione e selezione, pur essendo forze rilevanti, non possono far dimenticare concetti quali simbiosi e conservazione, indispensabili per l'integrazione dei sistemi complessi come il paesaggio.
- *Equilibrio ecologico.* Inteso secondo le leggi della termodinamica classica, con processi reversibili (per esempio, degrado e ripristino) e stato stazionario, oggi invece va inteso secondo la termodinamica di non equilibrio, con processi irreversibili e stati di metastabilità. Il riduzionismo non deve più dominare in campo ecologico.
- *Trasformazione dei sistemi ecologici.* Secondo l'ecologia generale essa era intesa per successioni lineari e stadi deterministici, in cui la storia svolge un ruolo secondario (o è assente). Va intesa invece per “successioni non lineari e biforcazioni imprevedibili”, in cui la storia riveste un ruolo essenziale. Si noti che in gran parte delle valutazioni ambientali, come pure nella pianificazione territoriale, non viene chiesto nulla sulla storia del paesaggio su cui si intende operare: è una grave limitazione.
- *Disturbo ambientale.* Il concetto di impatto, legato a una contrapposizione preconcepita uomo-natura, da eliminare o ridurre al minimo, va sostituito con il concetto di “disturbo” come “fattore strutturante se incorporabile” in un sistema bioecologico entro la scala superiore a quella di interesse. In certi casi ciò è valido anche per i disturbi antropici.
- *Biodiversità.* Tradizionalmente definita come eterogeneità a livello di specie o di gene, considerata positiva se crescente, è da considerare oggi come “eterogeneità di tutti i livelli di organizzazione della vita”, positiva anche quando, in diversi casi, essa diminuisce con l'aumento dell'ordine interno ai sistemi. A livello di paesaggio, la diversità di elementi e del loro modo di interagire costituisce

un aspetto caratterizzante.

- *Naturalità.* Considerata crescente in rapporto all'assenza di attività antropiche e all'alta biodiversità. È invece legata allo stato ecologico di sistemi in cui può essere presente anche l'uomo ed è un concetto indipendente dal livello della biodiversità. Si noti che se non si cambia il concetto di naturalità è impossibile misurarne la presenza nei paesaggi da studiare.
- *Metodologia di valutazione.* Tradizionalmente interdisciplinare, riferita alla dinamica di un livello specifico di organizzazione e spesso compromessa con l'economia. Dovrebbe essere considerata *transdisciplinare*, clinicodiagnostica, riferita a una dinamica gerarchica su più livelli di organizzazione. Si deve osservare che in Italia anche le regioni più avanzate nel controllo della VAS antepongono i criteri socioeconomici a quelli bioecologici.
- *Tutela della salute umana.* I rapporti ambiente-salute sono stati finora studiati solo in funzione degli inquinamenti. Invece, si può dimostrare che anche le alterazioni strutturali del paesaggio portano a disfunzioni della salute umana, per cui il risanamento dei sistemi di ecocenotipi acquista una valenza assai maggiore che in precedenza.
- *Professione dell'ecologo.* Fino a oggi in prevalenza legata al controllo degli inquinamenti e delle specie in rapida estinzione, utilizzando valutazioni con metodi riduzionisti; dovrebbe trasformarsi in medicina dei biosistemi maggiori all'organismo e utilizzare metodi clinicodiagnostici per l'individuazione e la cura di patologie proprie dei vari tipi di paesaggio.

2.3 Studi sistemici sul paesaggio

2.3.1 Sistemi complessi e adattativi

Nel precedente paragrafo (2.2.2) si osservava che il progredire dei paradigmi scientifici della seconda metà del Novecento ha aiutato a comprendere il paesaggio come sistema biologico. Si accennava quindi alla termodinamica di non equilibrio come nuovo riferimento teorico nelle modalità di trasformazione dei sistemi complessi come il paesaggio, richiamando il concetto di *order through fluctuations* di Ilya Prigogine (1977, 1996). Si può comprendere, di conseguenza, la necessità di anteporre alcune considerazioni di teoria

dei sistemi prima di parlare di anatomia e fisiologia del paesaggio. Non è sufficiente, infatti, caratterizzare i sistemi viventi semplicemente come sistemi aperti, adattativi, gerarchici e di non equilibrio. Essi sono anche autotrascendenti, cioè capaci di realizzarsi, ma anche di trasformarsi. Lo studio di questi sistemi non permette di solito di seguire concatenazioni lineari di causa-effetto.

Un noto esempio, sottolineato anche da Lorenz (1978) è l'insolubile legame fra fisiologia e patologia, dato che la rimozione di un disturbo richiede la comprensione del processo "normale", che però si riesce a capire proprio attraverso un disturbo. Risulta inoltre impossibile studiare un sistema complesso, un "tutto organico", cioè un'entità globale, attraverso il comportamento delle sue componenti, a causa del già citato principio delle proprietà emergenti.

Ciò conferma il rifiuto epistemologico del riduzionismo, impotente di fronte a sistemi complessi adattativi che si comportano come un tutto organico. È scorretto studiare lo stato ecologico del paesaggio per tematiche separate (aria, acqua, suolo, specie) come ancora viene proposto oggi e persino indicato dalle leggi che riguardano l'ambiente.

Passeremo quindi in rassegna, in estrema sintesi, qualche considerazione di base sui sistemi in generale, sui sistemi gerarchici e dinamici, sui sistemi dissipativi, sulla metastabilità e i disturbi, aggiungendo poi un paragrafo riassuntivo scritto da Alessandro Ingegneri proprio per questo scopo.

2.3.1.1 Principio delle proprietà emergenti

Questo importante principio (von Bertalanffy, 1968) afferma che alcuni caratteri di un sistema sono determinati dalle proprietà dei suoi elementi, ma altri caratteri sono determinati dalle modalità di assemblaggio strutturale nel sistema stesso, cioè dal modo in cui gli elementi si organizzano. Da qui l'osservazione che "il tutto è maggiore della somma dei suoi componenti", come asserito dalla scuola epistemologica della Gestalt (percezione delle forme) nella prima metà del Novecento. Tale asserzione comprende anche una certa imprevedibilità del comportamento di un sistema, qualora le sue componenti, pur rimanendo le stesse, si organizzino in forma diversa.

Persino un sistema semplice, composto da pochi elementi non biologici, può provare quanto sopra. Lorenz riporta il caso di un sistema formato da due elementi, un condensatore e una resistenza, di cui si co-

noscono perfettamente i singoli caratteri fisicoelettronici, ma il cui assemblaggio in un sistema mostra un comportamento imprevedibile: nasce un circuito oscillante! Passando nel campo biologico, vediamo due esempi di espressione del principio in oggetto, a piccola e grande scala (Fig. 2.2). La parte (a) della figura mostra una sezione del *cortex* cerebellare in cui gli stessi elementi cambiano disposizione a causa di una malattia: ciò causa la cessazione di funzionalità del sistema in esame. La parte (b) della figura mostra una trama di campi e filari in cui gli stessi elementi cambiano configurazione, formando un ecotopo di paesaggio agricolo con caratteri diversi dal precedente. Come si vedrà, applicando indicatori ecologici opportuni, cioè sistemici, sarà possibile quantificare l'entità del cambiamento.

2.3.1.2 Principali tipi di complessità

La complessità può essere intesa come attributo di un sistema contenente informazioni difficili da comprendere (Ruelle, 1991). Si parla anche di livelli di complessità e si può parlare anche di ipercomplessità, nel caso di sistemi complessi formati da sottosistemi complessi. Il livello più alto si dice "livello proprio di realtà". Un livello di complessità è tanto più basso quanto più grande è il numero di parti simili e più piccolo il numero di proprietà diverse che vanno attribuite a quelle parti.

Definendo un sistema come un insieme di elementi che scambiano interazioni fra di loro, noteremo che i tipi principali di sistemi possono presentare i seguenti tipi di complessità:



Fig. 2.2 Principio delle proprietà emergenti. **a** Nel *cortex* del cervelletto una malattia causa severe alterazioni alle funzioni, cambiando solo la disposizione delle cellule componenti; **b** cambiando la disposizione degli stessi elementi in un paesaggio agricolo si cambiano i parametri ecologici (effetto di vento, umidità, presenza di animali ecc.) (da: Ingegneri, 2002)

1. *semplicità organizzata*: poche componenti, interazioni ben definite;
2. *complessità disorganizzata*: moltissime componenti, interazioni casuali (o similari);
3. *complessità organizzata*: medie componenti, interazioni organiche;
4. *complessità irriducibile*: impossibile rimuovere una parte senza eliminare le funzioni del sistema.

In cibernetica si distinguono anche i sistemi come “adattativi”: dato un sistema S , diciamo che un evento E è uno stimolo per S se, e solo se, la probabilità $P(S \rightarrow S'/E)$ che un sistema S mostri un cambiamento (negli elementi o nei processi) all’occorrenza di un evento E , risulti maggiore della precedente probabilità che S cambi indipendentemente da E , quindi:

$$P(S \rightarrow S'/E) > P(S \rightarrow S')$$

Va notato che dal punto di vista matematico i sistemi difficilmente (o per nulla) formalizzabili sono il 3 e il 4 per cui sarà necessario utilizzare dei modelli per lo studio del loro comportamento, come si vedrà.

2.3.2 Sistemi gerarchici e dinamici

2.3.2.1 Sistemi gerarchici

La gerarchia di un sistema dipende dall’irreversibilità del tempo, che porta a una sequenza di processi scalari, perché il flusso del tempo non è omogeneo. Prigogine (1996) notava che il tempo entropico (che indica l’evoluzione dei sistemi) è assai differenziato nel nostro universo. Un paesaggio, per esempio, è formato da elementi che seguono scale spaziotemporali diverse

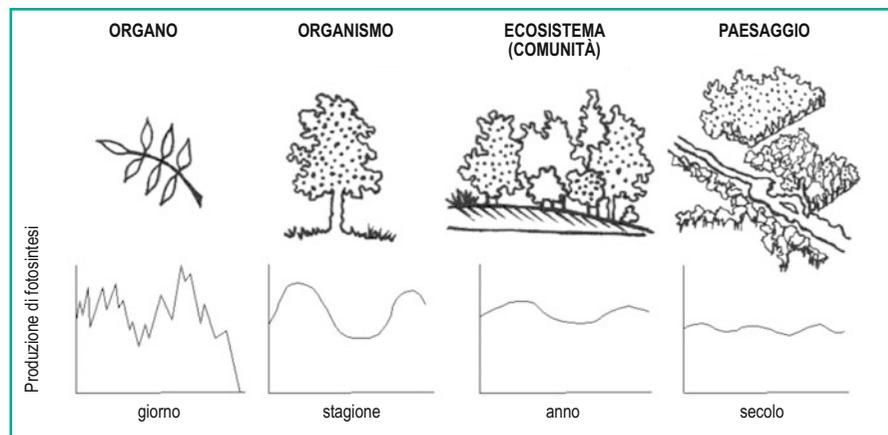
(per esempio, prateria e foresta). Si possono riportare i caratteri salienti di un sistema gerarchico:

- *legami fra entità*: la distanza fra livelli diminuisce le forze di legame fra le componenti. Si noti che l’integrazione fra le parti di un sistema non esige legami molto stretti fra di esse;
- *frequenza relativa*: ad alti livelli gerarchici i processi si verificano con frequenza minore (cioè con un maggiore tempo di ritorno). Ciò conferisce regolarità alla natura;
- *contesto*: tale bassa frequenza permette agli alti livelli di essere contesto e vincolo per i livelli più bassi;
- *contenimento*: in una gerarchia non a nido gli alti livelli sono entità distinte che non contengono i bassi livelli. Quindi, se un sistema cambia il criterio gerarchico deve cambiare la sua struttura (per esempio, catene alimentari);
- *vincoli (constraint)*: i livelli alti hanno meno vincoli. Tali vincoli sono da intendere in senso passivo. Essi sono importanti perché permettono previsioni.

Per dare un esempio di sistemi gerarchici in natura si mostra la Figura 2.3, in cui la gerarchia dei livelli di organizzazione biologica si evidenzia nella sequenza: organo, organismo, comunità/ecosistema, ecotopo/unità di paesaggio. Tale serie è rappresentata rispettivamente da: una foglia, una pianta, una macchia boscata, un ecotopo vegetato e a ogni rappresentazione è legato un grafico con la frequenza della produzione fotosintetica, fenomeno che risulta sempre più lento con l’aumento della scala gerarchica.

Osserveremo, inoltre, che i livelli inferiori spiegano l’origine del livello di interesse (cioè permettono una descrizione interna), mentre i livelli superiori spiegano

Fig. 2.3 Livelli gerarchici di sistemi ecologici. Fotosintesi in sistemi a scala diversa. Si noti che una minore velocità di processo corrisponde al comportamento di un sistema di alto livello e viceversa (da: Ingegneri, 2002)



il significato di quello di interesse (cioè permettono la comprensione dei caratteri derivati dalle condizioni traslate). Perciò il concetto di vincolo è migliore di quello di *fattore limitante* in ecologia. Si noti che vi è un legame fra vincolo (*constraint*) e informazione. In un paesaggio possiamo trovare insiemi di condizioni (*constraint field*) che danno informazioni basilari sui limiti della dinamica di trasformazione.

2.3.2.2 Sistemi dinamici

Conoscendo i valori $x(t_1)$ e $a(t_1, t_2)$, lo stato del sistema, quindi la risposta, all'istante t_2 può essere calcolato. Un sistema dinamico è definibile da sei variabili, correlate a due funzioni (Fig. 2.4):

- *input*: variabili parametriche di ingresso $a(t) \in A$ e funzioni di ingresso $a(.) \in \Omega$;
- *output*: variabili parametriche di uscita $y(t) \in Y$ e funzioni di uscita $y(.) \in \Gamma$;
- variabili di stato: $x(t) \in X$;
- variabili di tempo: $t \in T$;
- funzione di trasformazione di stato: $\varphi[t, t_0, x(t_0), a(.)]$ da cui $x(t) = \varphi[t, x(t_0), a(.)]$;
- funzione di trasformazione di uscita: $2.4[t, x(t)]$ da cui $y(t) = \eta[t, x(t)]$.

La coppia *stato-tempo* (x, t) ha grande importanza perché l'insieme X, T è quello degli eventi, cioè la storia del sistema. Dato un istante t , uno stato iniziale $x(t_0)$, una variabile di ingresso $a(.)$, la funzione di transizione $f[., t, x(t), a(.)]$ è univocamente determinata, e detta *movimento* (Fig. 2.5). Movimento e traiettoria di un sistema dinamico: X rappresenta il campo degli stati (stato delle fasi). Ax e Bx sono per esempio un insieme di parametri rispettivamente strutturali e funzionali. La traiettoria è la proiezione del movimento in un dato campo di stato X e può essere utiliz-

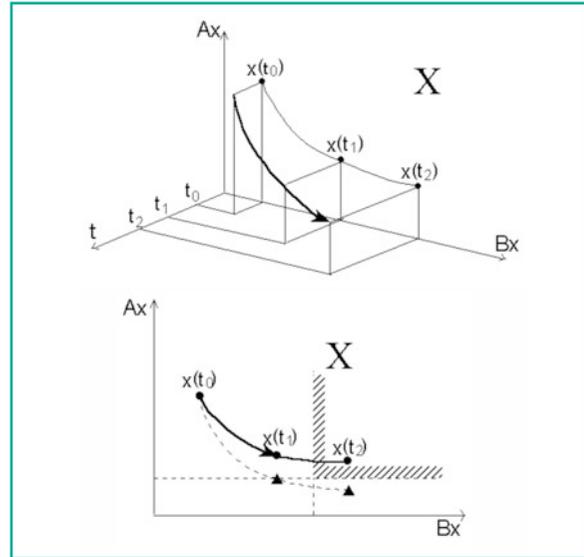


Fig. 2.5 Movimento e traiettoria di un sistema dinamico. X rappresenta il campo degli stati del sistema (stato delle fasi). Gli assi Ax e Bx sono rispettivamente (per esempio) un insieme di variabili strutturali e funzionali. La traiettoria è la proiezione del movimento sul campo di stato X . Si noti che l'area delimitata a tratteggio individua dei limiti che servono per il controllo della dinamica (da: Ingegnoli, 2002)

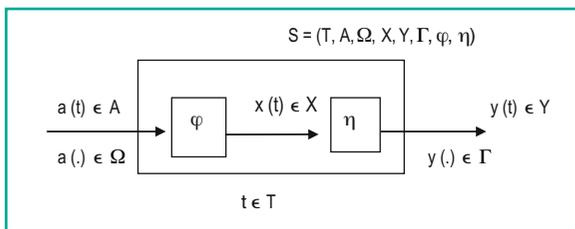


Fig. 2.4 Rappresentazione teorica di un sistema dinamico, definito da sei insiemi di variabili (da: Ingegnoli, 2002)

zata per i controlli sulla trasformazione ecologica del sistema stesso, per esempio, in seguito a un progetto.

Si presenta ora un esempio di applicazione della teoria dei sistemi dinamici nello studio dello stato ecologico di un paesaggio. Nella Figura 2.6 si mostra il modello di controllo del movimento del sistema ecopaesistico della laguna di Venezia (Ingegnoli e Giglio, 2004).

In ascissa è misurato il rapporto strutturale *barene*⁷/area *tidale* (B/T) assai significativo per la laguna; in ordinata la *biopotenzialità territoriale media della vegetazione* (BTC)⁸ stimata in Mcal/m²/anno. Si noti che passando dall'anno 1900 (B/T = 28,5) fino al 2000 (B/T = 11) si esce dal campo di normalità (retangolo in alto a destra). Oltre a dare un'idea precisa della qualità della trasformazione dello stato ecologico generale del paesaggio in esame, tale grafico permette anche di verificare la proiezione del movimento nelle due ipotesi di intervento (a = rosso) e (b = blu): si notino le diverse distanze dal campo di normalità.

⁷ Le barene sono gli arcipelaghi di isolotti colonizzati da vegetazione alofita inondabili dalle maree sigiziali, quindi di grande importanza per l'equilibrio di tutta la laguna.

⁸ Si nota che la BTC (*biological territorial capacity*) misura il livello di organizzazione paesistica delle componenti di vegetazione (vedi in seguito).

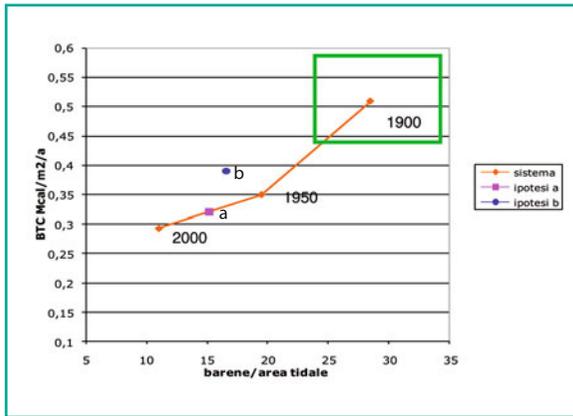


Fig. 2.6 Dinamica dello stato ecologico del paesaggio lagunare di Venezia dal 1900 al 2000. In ascissa il maggiore parametro strutturale, in ordinata quello funzionale (vedi capitolo 3, paragrafo 3.2). Il rettangolo verde delimita gli stati di normalità. Si confrontano due ipotesi di intervento per il risanamento ambientale: **a** quadratino rosso e **b** cerchietto blu

2.3.3 Sistemi dissipativi

2.3.3.1 Possibilità di entropia negativa

Come mai i processi di fotosintesi hanno la maggiore responsabilità nel trasferimento di energia nei sistemi biologici? I sistemi viventi devono essere aperti, per permettere l'utilizzo dell'energia libera F , essendo $F = E - TS$ (dove: E = energia totale, S = entropia, T = temperatura).

In un sistema aperto dobbiamo considerare due flussi di entropia: deS , dovuto agli scambi con l'ambiente, e diS dovuto ai processi irreversibili interni al sistema. Il secondo termine (diS) deve avere segno positivo (per la II legge della termodinamica), ma il primo (deS) non ha un segno definito. Quindi la disuguaglianza di Clausius-Carnot diventa:

$$dS = deS + diS \text{ (essendo } diS > 0 \text{)}$$

In un periodo in cui il sistema è stazionario ($dS = 0$), troviamo:

$$deS + diS = 0 \text{ e } deS < 0 \text{ (essendo } deS = -diS \text{)}$$

Ricordiamo che il flusso di negentropia significa "aumento dell'ordine del sistema". In un processo evolutivo, quando un sistema raggiunge uno stato di minore entropia (nuovo ordine) $S(t_1) < S(t_0)$, significa che è capace di allontanare (*pumping out*) il disordine. Si ri-

corda che un sistema in equilibrio omogeneo è del tutto privo di informazione; l'entropia diviene quindi una misura di quanta informazione è andata perduta nella trasformazione (Brillouin) e viceversa la "negentropia" assume il significato di misura del contenuto di informazione nella trasformazione. Ciò è possibile solo in condizioni di *non equilibrio*, nei sistemi dissipativi. La quantità di entropia "pompata fuori" si dice appunto negentropia.

Una energia di dissipazione, che permette lavoro, deve essere per esempio accoppiata con la trasformazione di un sistema da uno stato $A0$ ad $A1$. Il processo capace di compiere tale trasformazione si chiama operatore (Op) rappresentando una regola di azione su una data funzione. Dato $A1 = (Op) A0$, la trasformazione sarà

$$A1 = [(Op) A0] \cup (ew \rightarrow ed)$$

dove: ew = energia utile, ed = energia dissipata.

Se lo stato di un sistema rappresenta un'autofunzione⁹ per un certo operatore, il sistema non subisce altri cambiamenti. Tale stato stazionario si dice attrattore.

2.3.3.2 Comportamento generale dei sistemi di non equilibrio

Questo "approccio sistemico" permette di evidenziare un modello generale del seguente tipo: (a) condizioni termodinamiche possono determinare un "attrattore", che rappresenta una condizione di dissipazione minima per un sistema nel suo campo di esistenza; (b) possibili macrofluttuazioni (per esempio, dovute ad accumulo di energia o a disturbi) producono una instabilità che sposta il sistema verso un nuovo stato di ordine; (c) questo nuovo stato permette a sua volta un aumento di dissipazione e porta il sistema verso nuove soglie per raggiungere un nuovo "attrattore". Ciò implica che, oltre agli attrattori, siano importanti anche i cosiddetti "operatori", cioè i processi di trasformazione pertinenti ai sistemi in esame.

Questo modello generale, che Ilya Prigogine (1972, 1996) chiama di "ordine attraverso fluttuazioni", si manifesta in tutti i sistemi caratterizzati da flussi di energia. Ciò è evidente soprattutto nei sistemi viventi, da quelli fisiologici di organismo (per esempio, contrazione mu-

⁹ Autofunzione = funzione che applicata a un Op torna sé stessa a meno di un fattore moltiplicativo.

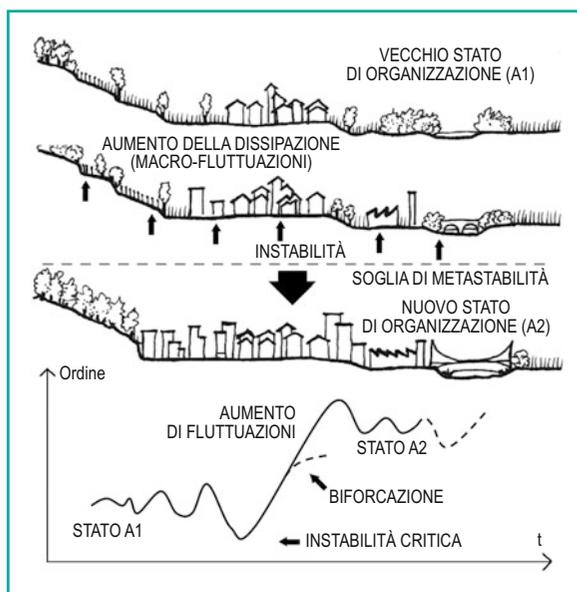


Fig. 2.7 Un esempio di trasformazione di un paesaggio (da agricolo a urbano) seguendo il concetto di Ilya Prigogine: *order through fluctuation*. Vedi testo per la spiegazione (da: Ingegnoli, 2002)

scolare, ritmi metabolici) a quelli ecologici di comunità o di paesaggio (per esempio, successione ecologica, trasformazione dei paesaggi) ecc. (Fig. 2.7). Dobbiamo inoltre osservare che, passata la soglia di instabilità, il sistema si trova di fronte a “biforcazioni”, cioè alla possibilità di riordinarsi rispetto a più nuovi attrattori, magari dovuti a disturbi.

La Figura 2.7 schematizza la trasformazione di un paesaggio di tipo agricolo in uno di tipo urbano. Dal vecchio stato (A1) di organizzazione, attraverso un aumento della dissipazione il sistema raggiunge una soglia critica, rappresentabile come *branching point*, trasformandosi nel nuovo stato di organizzazione (A2) che significa il raggiungimento di un livello maggiore di ordine. Un aumentato flusso di energia e informazioni (per esempio, dovuto alla costruzione di industrie alimentari e seguente afflusso di abitanti) produce macrofluttuazioni nell’organizzazione locale, quindi qualche instabilità (per esempio, abbandono di coltivi, nuove costruzioni e strade ecc.). Tali instabilità portano a un aumento della dissipazione di energia, il sistema diventa più difficile da mantenere nel vecchio stato; raggiunta una soglia (per esempio, il prevalere di strutture urbane rispetto quelle rurali) il sistema cambia organizzazione diventando città, quindi richiede una gestione diversa.

A ogni biforcazione il sistema opera quindi una

“scelta” sulla base di informazioni spesso imprevedibili. Anche per questo si parla di irreversibilità e si supera così l’interpretazione riduzionista. La seconda legge della termodinamica, infatti, constatando che l’energia può trasmettersi solo con aumento di entropia, indica l’esistenza di processi irreversibili che implicano una “freccia del tempo”.

2.3.4 Metastabilità e disturbi

Quando un sistema oscilla intorno a un attrattore relativamente stabile, ma può anche muoversi verso un altro attrattore, si parla di metastabilità. Il concetto deriva dalla chimica organica, ma è stato sottolineato da Forman e Godron (1986) come indispensabile nello studio del paesaggio. Si noti che la metastabilità non è un compromesso fra una forma di stabilità e una di instabilità. Un’alta o bassa metastabilità dipendono infatti (Fig. 2.8) sia dalla distanza da una posizione di massima stabilità sia dall’altezza delle soglie di locale stabilità del sistema (lontano dall’equilibrio).

I sistemi ecologici con bassa metastabilità hanno una buona resilienza, ma una bassa resistenza ai disturbi, mentre quelli ad alta metastabilità hanno buona resistenza. Per esempio, una tessera di prato ha una resilienza maggiore di una tessera di foresta. Si deve osservare che il concetto di metastabilità cambia il tradi-

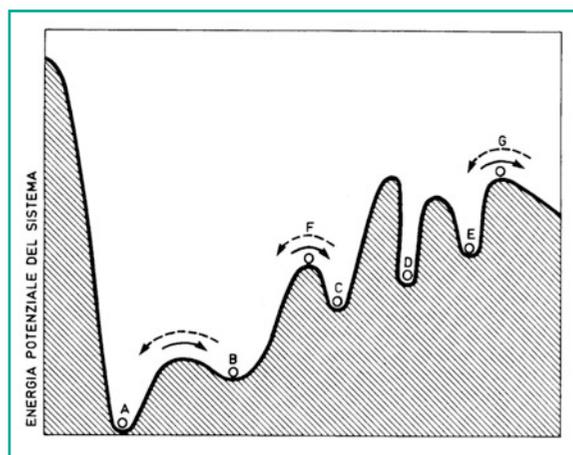


Fig. 2.8 Semplice modello della metastabilità. Il cosiddetto modello delle “montagne russe” mostra come il comportamento di una pallina di marmo, assimilabile a un sistema ecologico, sia stabile in A, metastabile in B, C, D, E, instabile in F, G. La maggiore metastabilità non dipende solo dall’energia potenziale, ma anche dalle soglie di instabilità o stazionarietà ($D > E$)

zionale concetto di *equilibrio* ecologico, dato che un sistema dissipativo deve stare lontano dall'equilibrio termodinamico. Un sistema raggiunge un nuovo livello di organizzazione dopo una fase di instabilità e il passaggio a un nuovo livello metastabile.

Cambia pure il ruolo dei *disturbi* in rapporto a un sistema ecologico, per ragioni sistemiche. Abbiamo appena visto la loro importanza nelle biforcazioni, ma tale importanza va oltre. Infatti, in un sistema gerarchico troviamo delle limitazioni dovute al potenziale biologico delle componenti (a livello inferiore), mentre altri limiti provengono dal livello superiore come vincoli ambientali.

Ogni tipo di sistema ecologico presenta un insieme di condizioni che si possono esprimere in un campo di normalità. In molti casi la maggioranza dei disturbi può essere *incorporata* nel sistema stesso. L'insieme dei vincoli di un sistema ecologico si basa sulla strategia di resistenza a un regime di perturbazioni, di cui la maggior parte può essere appunto incorporata, cioè i disturbi possono essere sopportati dalla struttura del sistema, e talvolta alcuni possono essere utili al mantenimento dell'ordine, che non va mai inteso in senso statico.

Quindi, si può parlare di incorporazione dei disturbi quando l'organizzazione del sistema esercita un controllo su qualche aspetto ambientale che è impossibile controllare a un più basso livello di organizzazione. Finché i disturbi non sono "fuori scala", quindi sono incorporabili, si possono annoverare fra le forze strutturanti un sistema ecologico. Si deve qui sottolineare la necessità di revisionare i metodi di valutazione di impatto ambientale (VIA) perché una eliminazione dei disturbi che non tenga conto di quanto sopra menzionato può diventare gravemente controproducente (vedi paragrafo 2.2).

2.4 Note sintetiche sui sistemi complessi

a cura di Alessandro Ingegnoli¹⁰

Introduzione

La nozione di sistema ha origini remote. Il termine deriva dal greco *susthma* (stare insieme, riunione) da cui il latino *systema* ed è usato per indicare: sia un com-

plesso di dottrine filosofiche e di teorie fisiche (per esempio sistema tolemaico); sia fisiologiche (per esempio sistema circolatorio); sia di insieme di elementi fisici (per esempio sistema d'ingranaggi) e, recentemente, di elementi sia fisici sia algoritmici (per esempio sistema di elaboratori elettronici).

Nella sua accezione corretta, si usa per indicare un insieme che presenta caratteristiche comuni. Tali caratteristiche possono essere la similarità dei componenti, (come in un sistema insulare), o la loro integrazione funzionale (come nel sistema circolatorio). Questo secondo aspetto è quello considerato nell'ambito scientifico.

In letteratura, nell'area della teoria dei sistemi, si trovano molteplici definizioni di sistema:

1. qualunque aggregato di elementi fisici astratti nel quale si riescano a individuare delle relazioni di causa effetto (Aicardi, 2004);
2. una qualsiasi identità che è possibile analizzare e quindi scomporre;
3. un modello matematico di un fenomeno fisico o artificiale comprende le cause e gli effetti relativi al fenomeno nonché la relazione matematica che li lega (Turchiano, 2000);
4. una coppia $\Sigma = \{V, R\}$ ove V rappresenta l'insieme delle variabili ed R rappresenta l'insieme delle relazioni tra le variabili (Monaco, 2000);
5. un ente (fisico, generalmente) che risponde a un'azione, esercitata tramite un *ingresso*, con una reazione, detta *uscita*.

Definizioni, a volte contraddittorie, che tendono a mettere in evidenza l'aspetto epistemologico (1, 2) modellistico (3) matematico (4) o più tecnico (5). Ma, alla luce di quanto detto, possiamo accettare come definizione generale di sistema, in senso scientifico, "un qualsiasi oggetto di studio che, costituito da diversi elementi interconnessi e interagenti tra loro o con l'ambiente esterno, reagisce o evolve con proprie leggi in modo unitario e organico".

Cenni di storia

La teoria dei sistemi, come teoria autonoma, fu fondata attorno alla metà del secolo scorso da Ludwig von Bertalanffy e William Ashby basandosi sui principi epistemologici, fisicomatematici, biologici e ingegneristici e trovò applicazioni e nuove idee in tutte le scienze sia sociali ed economiche sia naturalistiche e fisiche. In realtà le premesse di questa teoria vengono da lontano e

¹⁰ Ingegnere elettronico, laureato al Politecnico di Milano (1973), fratello dell'Autore. Risiede e lavora a Roma come consulente scientifico industriale.

affondano le radici nella teoria dei controlli automatici, disciplina di origini antiche. Vi sono esempi di controlli automatici nell'antichità (sono ben noti gli automi di Erone), la rotazione dei mulini ad acqua era regolata con appositi congegni e uno dei casi più significativi è rappresentato dal regolatore centrifugo per motore a vapore di Boulton e Watt (1788), sul quale James C. Maxwell compì un interessante studio nel suo scritto *On Governors* (1868). Verso la fine del 1800 Aleksandr Ljapunov formulò la teoria della stabilità che ha avuto importantissime applicazioni scientifiche e tecniche. Harry Nyquist elaborò il criterio di stabilità per i sistemi in retroazione (1938), proposti da Harold Black. L'avvento della Seconda Guerra Mondiale provocò un grande sviluppo della teoria dei controlli. Fu applicata ai sistemi di puntamento, ai sistemi di guida, ai radar e alle comunicazioni militari e varie applicazioni furono coperte dal segreto. Negli anni della corsa allo spazio la teoria dei controlli subì notevoli progressi grazie alle applicazioni ai veicoli e alle tecnologie spaziali. Con l'avvento dei calcolatori elettronici e il loro rapido sviluppo applicativo nei più vari campi, anche l'informatica entrò nello sviluppo della teoria dei controlli. Attorno al 1947 nasce, per opera di Norbert Wiener, con il contributo critico di John von Neumann, la *cibernetica*, scienza interdisciplinare che studia enti complessi capaci di autogoverno per la realizzazione di un obiettivo. Tale disciplina sfrutta appieno i metodi e le idee della teoria dei controlli e risulta strettamente correlata alla teoria dei sistemi di cui si può dire che precorra i temi.

La teoria dei sistemi nacque in conseguenza delle nuove conoscenze che la biologia stava sviluppando agli inizi del 1900 che fecero sorgere la scuola di pensiero organicistica in contrapposizione a quella meccanicistica in auge nel XIX secolo. Il biologo americano Ross Harrison, che si dedicò al concetto di organizzazione e alla sua natura gerarchica nel vivente e individuò nella *configurazione* e nella *relazione* gli elementi più importanti di un sistema, fu uno dei più importanti studiosi del settore.

Approfondendo lo studio dei sistemi biologici, si constatò che, per i diversi livelli di complessità, i fenomeni che si possono osservare, mostrano proprietà non esistenti al livello inferiore. Il filosofo C.D. Broad, attorno al 1920, chiamò tali proprietà con il termine *proprietà emergenti*. Emerse così un fatto che rivoluzionava l'approccio riduzionistico, che aveva caratterizzato il *modus operandi* degli scienziati fino ad allora, perché la teoria dei sistemi non poteva essere conciliata con il riduzionismo.

La nozione di sistema si diffuse rapidamente nel campo dell'ingegneria attorno al 1960, grazie ai grandi sviluppi dell'elettronica, dove si poteva ben sposare con le teorie sviluppate nel campo dei controlli automatici. Il concetto di modello matematico, introdotto attorno al 1948 da von Neumann, forniva poi la migliore forma interpretativa che si potesse desiderare per lo studio dei sistemi. Ma i sistemi più interessanti e in realtà i più diffusi, risultarono quelli *complessi* ossia composti da elementi non lineari, che non sono descrivibili attraverso il consueto formalismo fisico matematico, per cui non è praticamente possibile studiarne il comportamento. Il concetto di complessità in realtà era già noto ai matematici dell'Ottocento ma, più specificamente, ebbe origine dai lavori di H. Poincaré e di Lyapunov (primi anni del Novecento) e da quelli di matematici e fisici quali: Hadamard, Schrödinger, Kolmogorov, Andronov (prima metà del Novecento). Notevoli avanzamenti nel pensiero complesso furono compiuti dai ciberneticisti (Wiener e von Foerster) e da Warren Weaver (*Science and Complexity*, 1948), ma sarà solo con la costituzione dei centri di calcolo, dotati di *computer*, nelle università e nei laboratori di ricerca, che avverrà un decisivo cambiamento. Il loro utilizzo darà modo al meteorologo Edward Lorenz, nel 1967, di effettuare la prima dimostrazione sperimentale della scoperta di Poincaré: variazioni finite nel comportamento di un sistema dinamico a partire da variazioni infinitesime delle condizioni iniziali.

Agli inizi della seconda metà del Novecento, per l'impegno del fisico dello stato solido P.W. Anderson¹¹ la fisica abbandona criticamente il riduzionismo epistemologico; Ilya Prigogine indaga approfonditamente sui sistemi lontani dall'equilibrio della termodinamica chimica; nasce la sistemistica transdisciplinare sotto l'impulso di Bela Bánáthy, di Zwicky e di altri; Kolmogorov e Solomonoff elaborano la complessità algoritmica; e il filosofo Edgar Morin propone la sua grande razionalizzazione del pensiero complesso (1993).

Giungiamo così a una grande revisione critica della teoria dei sistemi "classica" e si vengono ad aggiungere metodi di indagine nuovi basati sull'uso di programmi "di simulazione" specificamente sviluppati per indagare sui vari aspetti dei sistemi complessi, si aprono scenari, su cui si sta tuttora lavorando e che potranno portare a nuove notevoli scoperte.

¹¹ Premio Nobel per la fisica nel 1977.

Teoria dei sistemi

Se vogliamo comprendere la grande importanza che ha assunto la teoria dei sistemi, dobbiamo partire dal potenzialmente quasi infinito numero delle sue applicazioni sia teoriche sia pratiche. Questo grazie alla estrema generalità dell'approccio teorico che permette di trattare come "sistema" una grandissima classe di "oggetti" vuoi di pertinenza della fisica (meccanici, fluidodinamici, termodinamici, ottici, circuitali, elettronici), vuoi di pertinenza della biologia (tessuti, organi, organismi, ... ecosistemi) ma anche delle scienze economiche e delle scienze sociali.

Come abbiamo visto, un sistema è definibile infatti come "un qualsiasi oggetto di studio, costituito da diversi elementi interconnessi e interagenti tra loro o con l'ambiente esterno, che reagisce o evolve con proprie leggi in modo unitario e organico".

Lo scopo principale della teoria dei sistemi è l'indagare sulle metodologie di studio dei sistemi dinamici orientati¹² e, in particolare, sulla classe dei sistemi lineari e stazionari, sia a tempo continuo sia a tempo discreto.

Dato che è importante associare ai fenomeni una loro descrizione quantitativa, al sistema da studiare si associa un modello che ne faciliti l'analisi. Questo modello ha l'obiettivo di includere, in maniera organica, le relazioni di causa-effetto e di fornire gli strumenti per l'analisi matematica.

Il modello, tuttavia, risulta sempre un'approssimazione del fenomeno in esame e tale approssimazione può essere realizzata in maniera più o meno sofisticata a seconda delle esigenze specifiche e anche delle difficoltà di trattazione matematica. Prima della diffusione dei calcolatori elettronici, esistevano anche modelli di tipo circuitale analogico (*calcolatori analogici*, realizzati tramite i cosiddetti *amplificatori operazionali*) che permisero importanti progressi nello studio dei sistemi difficilmente studiabili attraverso i normali mezzi dell'analisi matematica. Ma è stato l'avvento dei *computer* che ha rivoluzionato il campo dello studio dei modelli dei sistemi perché sono stati sviluppati appositi programmi, anche molto complessi, per la simulazione e il calcolo. Attraverso le tecniche di programmazione si sono ottenuti risultati di grandissimo rilievo, sia teorico sia sperimentale, nello studio delle proprietà dei sistemi sia nel dominio del tempo che della

frequenza¹³. Il metodo matematico, la cui origine è ascrivibile agli studi di Galileo, di Newton, di Leibnitz, di Eulero, di Lagrange, di Laplace e così di seguito, dei più grandi fisici matematici, rimane il metodo principe per lo studio dei sistemi. Un modello matematico è un'applicazione, creata utilizzando gli strumenti della matematica, che ha lo scopo di rappresentare, nel modo più fedele possibile, un fenomeno fisico o un processo reale dal punto di vista quantitativo e anche qualitativo. È realizzato solitamente per fornire previsioni sul comportamento del sistema e giudicarne le caratteristiche e descrive la probabile evoluzione di un fenomeno fisico o artificiale sulla base di dati iniziali (*input*) restituendo dei dati finali (*output*). La sua efficacia può essere misurata comparando i dati provenienti dai calcoli con i risultati effettivi osservati. Si fa ormai uso di modelli matematici, più o meno complessi, in tutti i campi: dalla meteorologia, all'economia, dalla fisiologia alla sociologia, dal traffico all'ecologia.

Un'importante classe di modelli matematici è costituita dalle equazioni o dai sistemi di equazioni differenziali, ordinarie o alle derivate parziali¹⁴, ottenibili a partire dalle cosiddette equazioni di bilancio, per i sistemi fisici (meccanici, termodinamici, elettrici ecc.), ma utilizzate anche in economia e in altri settori. Un insieme di equazioni differenziali può descrivere, per esempio, la struttura di un edificio e le forze su di esso esercitate, su queste basi il progettista può prevedere gli sforzi o le sollecitazioni a cui sarà sottoposta. Un altro esempio è costituito dalle equazioni differenziali utilizzate per lo studio dei circuiti elettronici.

La soluzione delle equazioni differenziali che realizzano il modello non è sempre agevole, anzi, nella maggioranza dei casi bisogna ricorrere a metodi di risoluzione numerici perché è impossibile trovare un metodo analitico¹⁵, per cui sono stati sviluppati metodi specifici della teoria dei sistemi.

¹² Orientato significa che, in quel sistema, sono state individuate le cause e gli effetti relativi al fenomeno in esame.

¹³ Nel dominio del tempo è il tempo che viene inteso come variabile indipendente, nel dominio della frequenza si usa come variabile indipendente la frequenza di risposta agli stimoli del sistema.

¹⁴ In generale, un'equazione differenziale è un'equazione in cui compaiono una funzione incognita nel dominio dei numeri reali, $y(x)$, insieme ad alcune sue derivate. È possibile fare una distinzione tra *equazioni differenziali ordinarie*, in cui la funzione incognita è una funzione in una sola variabile, ed *equazioni differenziali alle derivate parziali*, dove la relazione è tra una funzione incognita in più variabili indipendenti e le sue derivate parziali.

¹⁵ Il metodo analitico, in matematica, è una metodica di analisi scientifica che consente di arrivare alla soluzione esatta di un problema mediante una sequenza definita di calcoli matematici.

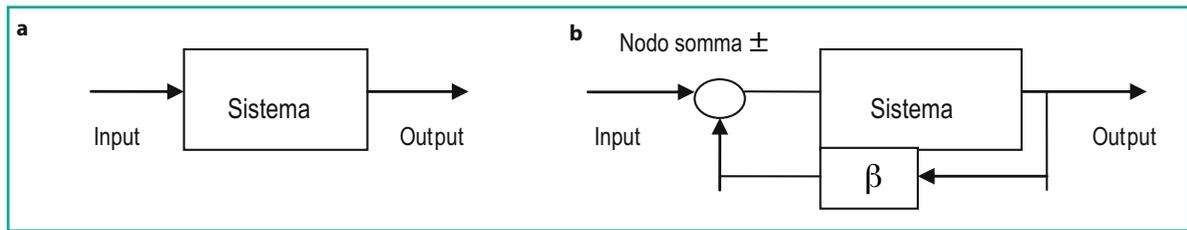


Fig. 2.9 Sistema ad anello aperto (a) e ad anello chiuso (b). In un sistema ad anello aperto F è la *transfer function* e gli output non hanno influenza sugli input. In un sistema ad anello chiuso è: $F_f = F / 1 \pm \beta F$, ove F è la *transfer function* ad anello aperto e β è la t.f. del circuito di *feedback* con segno + per retroazione negativa, segno - per retroazione positiva

È interessante notare che fenomeni diversi possono essere rappresentati da uno stesso modello matematico quindi anche uno stesso sistema astratto può essere associato a fenomeni diversi. Per esempio il modello che fornisce la frequenza, per le piccole oscillazioni, del pendolo semplice è quello per un circuito oscillante composto da capacità C e una induttanza L ¹⁶.

I sistemi fisici, le cui applicazioni sono quelle più studiate perché sono quelli che meglio si prestano all'indagine teorica, possono essere divisi in alcune importanti classi. La prima distinzione è quella tra i sistemi lineari e i sistemi non lineari. Un sistema è lineare quando dipende linearmente dalle variabili di stato e dalle variabili di ingresso, non lineare se anche solo una di tali dipendenze non è lineare¹⁷.

I sistemi inoltre possono essere stazionari e non stazionari; *stazionario* significa che i parametri del sistema sono costanti al variare del tempo; *non stazionario* significa che i parametri del sistema sono variabili nel tempo. Vi sono poi i sistemi *statici* cioè quei sistemi per i quali la risposta dipende solo dai valori istantanei dell'ingresso (per esempio, circuiti combinatori) e i sistemi *dinamici* ove l'aggettivo "dinamico" indica che il sistema si evolve nel tempo (per esempio, circuiti sequenziali¹⁸) che sono i più studiati. Lo scopo principale della teoria

dei sistemi, infatti, è proprio quello di prevedere le caratteristiche dell'evoluzione nel tempo in modo completo ed esaustivo.

Un'altra importante divisione è quella tra sistemi a tempo continuo e sistemi a tempo discreto.

Per un sistema a tempo continuo, ossia con il tempo considerato come una variabile che cambia con continuità (come gli infiniti punti di una retta) il modello matematico, è rappresentato da un sistema di equazioni differenziali. Per uno a tempo discreto, ossia ove si considera il tempo variare in modo quantizzato assumendo valori multipli di una data unità di misura (per esempio, il secondo o l'ora ecc.) secondo i numeri naturali (cioè $t = 0, 1, 2$), il modello matematico è costituito da equazioni alle differenze¹⁹.

È inoltre necessario citare la divisione tra i sistemi retroazionati (detti anche "ad anello chiuso"), e quelli non retroazionati (detti "ad anello aperto"). I sistemi retroazionati, costituiscono una classe di grande importanza non solo per i loro diffuso utilizzo tecnico, ma anche per le fondamentali ricadute teoriche.

In un sistema con retroazione (in inglese *feedback*), parte del segnale di uscita è riportato in ingresso tramite un'opportuna connessione venendo così a costituire un anello chiuso (da cui il nome, Fig. 2.9). La retroazione consente ai sistemi dinamici orientati di tenere conto di quanto esce dal sistema per modificarne le caratteristiche; il valore della variabile in uscita dal sistema viene riportato indietro in modo da poter agire, ripassando dall'ingresso del sistema.

Esistono due tipi di retroazione, la cosiddetta retroazione positiva e la retroazione negativa.

Nella retroazione positiva, il segnale d'uscita è ri-

¹⁶ Il periodo d'oscillazione è $T = 2\pi (d/g)^{1/2}$ per il sistema meccanico, $T = 2\pi (LC)^{1/2}$ per il circuito elettrico.

¹⁷ Avere dipendenza lineare significa possedere le proprietà di: additività: $f(x+y) = f(x) + f(y)$ e omogeneità: $f(\alpha x) = \alpha f(x)$ per ogni α .

¹⁸ In elettronica digitale, un circuito combinatorio (o rete combinatoria) è un circuito che mette in relazione gli ingressi e le uscite esclusivamente mediante l'applicazione di una funzione logica. In un circuito sequenziale (o rete sequenziale), al contrario, le uscite al tempo t dipendono sia dagli ingressi nello stesso istante sia dalla storia, e quindi dallo stato, del circuito. Per queste loro caratteristiche, i due tipi di circuiti sono anche detti *circuiti senza memoria* e *circuiti con memoria*.

¹⁹ Un'equazione alle differenze è analoga a un'equazione differenziale con la differenza che il dominio della funzione incognita è un insieme discreto (per esempio l'insieme dei numeri interi).

portato indietro in modo tale da “rinforzare” il segnale d’ingresso. In tal modo si tende ad aumentare il valore dell’uscita ma, solitamente, il sistema diventa instabile²⁰. Nella retroazione negativa, in cui il segnale d’uscita è riportato indietro in modo tale da sottrarsi al segnale d’ingresso, il valore dell’uscita tende a diminuire, ma in compenso si manifestano diverse proprietà estremamente interessanti (e utilissime nella tecnica). La stabilità del sistema tende ad aumentare, inoltre si ha un miglioramento significativo nella qualità del segnale d’uscita (cioè diminuzione della distorsione²¹).

Nei sistemi ad anello aperto invece il valore della variabile manipolabile viene determinato dentro il sistema sfruttando algoritmi matematici (in genere lettura di tabelle), tali sistemi vengono chiamati *predittivi* perché non viene effettuata nessuna verifica sul valore.

È importante aggiungere per completezza che un generico sistema può essere deterministico o stocastico. È *deterministico* quando è possibile determinare la sequenza delle uscite, conoscendo la sequenza degli ingressi e lo stato di partenza del sistema stesso. È *stocastico* quando questa previsione è impossibile o per la presenza di disturbi o per l’eccessiva complessità del sistema stesso (per esempio le previsioni meteorologiche).

Esistono inoltre dei particolari sistemi basati su concetti emersi di recente nel campo dei nuovi approcci teorici. Citiamo, tra i più interessanti:

- sistemi sfumati (*fuzzy system*)²²: che permettono di modellizzare dei processi complessi che non possono essere ben rappresentati tramite i modelli matematici convenzionali perché basati su dati senza precisi contorni quali sistemi sociali, economici, manageriali, di diagnostica medica o basati sulle percezioni umane. Il modello *fuzzy* si basa su gruppi di regole che compongono un algoritmo che determina le uscite di un processo, attraverso un numero finito di passi basati sulla storia degli ingressi e delle uscite;

- sistemi neurali²³: formati da reti di elementi (*neuroni artificiali*) che a differenza dei processi informatici consueti, basati su una serie di deduzioni successive a logica binaria, imita il funzionamento del più complesso sistema degli esseri viventi, il sistema nervoso. Le reti neurali possono essere rese capaci di apprendere, cioè riescono a modificare il proprio comportamento in modo che la loro risposta a determinati stimoli in ingresso si avvicini gradualmente a un insieme di risposte auspiccate. Trovano numerose applicazioni nella robotica e nel riconoscimento d’immagini.

Linearizzazione. I sistemi che si presentano nella realtà sono, quasi tutti, essenzialmente non lineari. Tuttavia, per semplificarne lo studio oppure per scopi applicativi, si ricorre spesso al trucco di ipotizzarli lineari almeno entro un certo intervallo. Si considerano, cioè, trascurabili, in prima approssimazione gli effetti della non linearità e si approntano modelli matematici approssimati che descrivono il sistema come se fosse lineare (ciò viene chiamato linearizzazione²⁴).

I vantaggi di avere a che fare con un sistema considerabile come lineare sono molti. Per un sistema lineare vale il principio di sovrapposizione degli effetti, ossia se alla sollecitazione U_1 il sistema dà la risposta Y_1 e alla sollecitazione U_2 dà la risposta Y_2 , allora alla sollecitazione $(U_1 + U_2)$ esso risponderà con $(Y_1 + Y_2)$. Un sistema lineare fornisce risposte direttamente proporzionali alle sollecitazioni ricevute ed è generalmente scomponibile nella somma di parti indipendenti, invece, se ci troviamo in presenza di non linearità, i vari componenti di un sistema interagiscono gli uni con gli altri così da rendere impossibile la loro separazione.

Attraverso un modello matematico lineare si può rappresentare il sistema in esame come una funzione polinomiale²⁵, i cui coefficienti sono indipendenti o con mutue interazioni trascurabili, in generale “facile” da calcolare. I modelli lineari inoltre sono utili perché, con l’ipotesi della linearità, molti sistemi presenti in natura presentano un comportamento che può essere

²⁰ Applicazione: gli oscillatori.

²¹ Letteralmente, una distorsione è l’alterazione della forma originale (o caratteristica) di un oggetto, immagine, suono, onda o altra forma di informazione. Nel caso in esame la distorsione comporta un’alterazione dell’informazione trasmessa da un segnale. Di conseguenza è un fattore che si cerca di minimizzare.

²² La logica *fuzzy* fu ideata verso la fine del 1960 da Lofti A. Zadeh, con l’obiettivo di avvicinarsi al modo di ragionare tipico della mente umana.

²³ Il concetto di neurone artificiale è stato introdotto per la prima volta da W.S. McCulloch e W. Pitts nel 1943. Solo nel 1958, tuttavia, F. Rosenblatt presenta il primo schema di rete neurale, detto *perceptrone*.

²⁴ Linearizzare significa approssimare, nell’intorno di un punto, la curva con la sua tangente.

²⁵ Da cui deriva un’equazione differenziale lineare.

descritto mediante le medesime equazioni anche se i contesti sono diversi, come la meccanica, la termodinamica chimica, l'elettrotecnica, la biologia, l'economia ecc.

Sistema dinamico generico. Un generico sistema dinamico può essere rappresentato come una “scatola nera” (*black box*) con gli ingressi definiti dai segnali $u(t)$ e le uscite dai segnali $y(t)$. Lo stato del sistema è descritto da un insieme di variabili, dette “di stato”, indicate con la lettera $x(t)$, che definiscono in che situazione si trova il sistema a un certo istante temporale.

Gli ingressi agiscono sullo stato del sistema modificando, nel tempo, i valori delle variabili di stato. I valori delle uscite del sistema, dipendono, in modo più o meno complesso, dalle variabili di stato del sistema e dai valori dagli ingressi.

Sono possibili, teoricamente, tre diverse modellizzazioni equivalenti e interscambiabili di un sistema dinamico orientato:

- modello ingresso-stato-uscita che evidenzia lo stato interno del sistema, le cause perturbanti o forzanti che agiscono su di esso, ovvero gli ingressi, e infine l'output di uscita;
- modello ingresso-uscita (modello autoregressivo a media mobile) che lega direttamente gli ingressi e le relative derivate con le uscite e le relative derivate “nascondendo” le variabili di stato;
- modello (valido per sistemi lineari tempo invarianti) basato sulla funzione di trasferimento²⁶ nel dominio della trasformata di Laplace, della trasformata di Fourier o della trasformata Z ²⁷.

Importanti proprietà di un sistema dinamico lineare

²⁶ Una funzione di trasferimento è una rappresentazione matematica della relazione tra l'ingresso di un sistema lineare tempo invariante e la risposta del sistema stesso.

²⁷ La trasformata è uno strumento matematico che, presa una funzione in un certo dominio, restituisce una funzione corrispondente alla prima in un dominio diverso. Questo operatore viene utilizzato per poter semplificare alcune operazioni sulla funzione originale. La trasformata di Laplace consente di ottenere una funzione nel dominio dei numeri complessi partendo da una funzione nel dominio dei numeri reali. Il vantaggio più significativo nell'uso della trasformata di Laplace è che l'integrale e la derivata di una funzione diventano rispettivamente una divisione e una moltiplicazione per la variabile complessa. La trasformata di Fourier consente di scomporre un generico segnale in una somma infinita di sinusoidi e cosinusoidi con frequenze, ampiezze e fasi diverse. Questa trasformata è largamente utilizzata nella *teoria dei segnali*. La trasformata Z , infine, è un caso particolare della trasformata di Laplace applicata a una funzione nel dominio *discreto* del tempo.

orientato sono rappresentate dalla osservabilità e dalla raggiungibilità. Un sistema si dice *osservabile* se, per qualunque sequenza possibile di stati e ingressi, lo stato corrente può essere determinato in un tempo finito usando le uscite e le entrate del sistema. Dall'osservabilità dipende la *controllabilità*²⁸ del sistema. Un sistema si definisce *raggiungibile* se, manipolando le cause esterne, si può fargli raggiungere le condizioni di funzionamento desiderate. Dalla raggiungibilità dipende la stabilizzabilità²⁹.

Un sistema dinamico è un sistema che *evolve nel tempo*, sia l'ingresso sia l'uscita si modificano nel tempo.

In generale l'uscita all'istante t non dipende solo dall'ingresso del sistema allo stesso istante, ma da un carattere, detto *stato*, che rappresenta la storia passata degli ingressi del sistema. Per descrivere le variazioni del sistema è necessario conoscere in ogni istante un insieme di variabili, chiamate variabili di stato, nonché le sollecitazioni che il sistema riceve dall'esterno, o ingressi del sistema.

Per realizzare un modello matematico di un dato sistema a tempo continuo, è necessario, tipicamente, impostare un sistema di equazioni differenziali che legano gli ingressi, le variabili di stato e le relative derivate nel tempo.

La risoluzione di tale sistema di equazioni³⁰ permette di capire il funzionamento del sistema e di trovare i valori delle uscite³¹:

$$\begin{aligned} dx(t)/dt &= f(x(t), x_0, u(t), t) \\ y(t) &= h(x(t), x_0, u(t), y(t)) \end{aligned}$$

Dove: $dx(t)/dt$ è la derivata in t di $x(t)$ e $x(t)$, x_0 , $u(t)$, $y(t)$ sono vettori colonna rispettivamente composti da:

- variabili di stato, funzioni del tempo t (in generale, non possono essere fissate né osservate);
- variabili di stato all'istante iniziale t_0 ;
- variabili ingresso, funzioni del tempo t (su cui si

²⁸ Nella teoria dei sistemi, il concetto di controllabilità è utilizzato per valutare l'insieme degli stati in cui è possibile portare un sistema (attraverso un opportuno controllo).

²⁹ Un sistema si dice stabilizzabile se la sua parte non raggiungibile è asintoticamente stabile.

³⁰ Se è possibile con metodi analitici altrimenti con metodi numerici.

³¹ Talvolta risulta necessario tener conto dell'aleatorietà di alcuni ingressi o di alcuni parametri del sistema, con metodi statistici e probabilistici.

agisce, a seconda delle caratteristiche di controllabilità del sistema per modificare la traiettoria dello stato). Di solito sono anche presenti variabili di ingresso, dette disturbi, che rappresentano elementi casuali spuri che agiscono sul sistema;

- uscite, cioè le variabili, funzioni del tempo t , da cui si può dedurre, a seconda delle caratteristiche di osservabilità del sistema, la stima dello stato.

Le funzioni f e h , dipendono da t . In questo caso l'insieme dei tempi coincide con l'insieme \mathbb{R} dei numeri reali e il sistema dinamico si dice continuo.

Se invece il sistema dinamico è a tempo discreto, l'insieme dei tempi coincide con l'insieme \mathbb{Z} dei numeri relativi per cui alle equazioni differenziali si sostituiscono equazioni alle differenze.

Stabilità in un sistema dinamico

Uno degli aspetti fondamentali della teoria dei sistemi consiste nel determinare quando un sistema è stabile ed entro quali limiti lo è, e quando invece è instabile. Il perché è intuitivo, infatti l'interesse pratico è rivolto ai sistemi stabili il cui comportamento è agevolmente prevedibile e manipolabile.

Nello studio dell'equilibrio di un sistema si pongono in evidenza due aspetti della stabilità.

Stabilità secondo Lyapunov. Sebbene il problema fosse ben noto ai primi fisici e matematici è stato Aleksandr Lyapunov nel 1892 a formalizzare la teoria della stabilità nota come stabilità secondo Lyapunov. Un punto di equilibrio x_0 di un sistema rappresentato da un'equazione differenziale, è detto *stabile* secondo Lyapunov, se per ogni intorno U del punto x_0 esiste un intorno V dello stesso punto contenuto in U tale che le traiettorie che partono da punti interni a V rimangono dentro U per tutti i tempi $t > 0$. Inoltre il punto di equilibrio x_0 è detto *attraente* se esiste un intorno U di x_0 tale che per ogni traiettoria $x(t)$ che parta da un punto interno a U si ha:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} x(t) = x_0$$

Il più grande intorno U per cui ciò avviene è chiamato *bacino di attrazione* del punto x_0 .

Un punto di equilibrio x_0 è detto *asintoticamente stabile* se è *stabile* e *attraente*.

Un punto di equilibrio si dice *instabile* se esiste un intorno U di x_0 tale che comunque si scelga un intorno

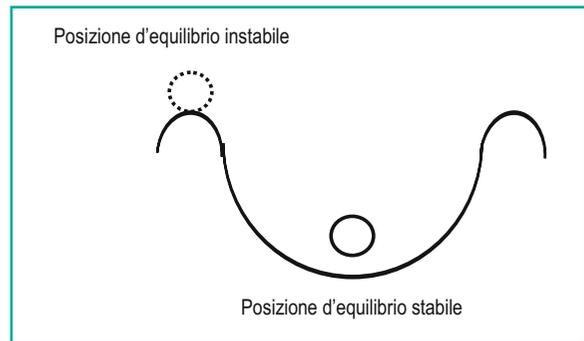


Fig. 2.10 Sezione di una ciotola a bordo bombato e di una sferetta

V di x_0 si può sempre trovare una posizione iniziale $x \in V$ tale che la traiettoria di x si allontani da x_0 abbastanza da uscire da U .

Immaginiamo una ciotola con bordo bombato (Fig. 2.10) e una sferetta pesante al suo interno. Se si pone la sferetta in equilibrio sul bordo della ciotola questa tenderà a cadere (equilibrio instabile) per qualsiasi sollecitazione anche minuscola. Se la sferetta cade all'interno della ciotola, tenderà a giungere sul fondo quindi a risalire per un tratto e si metterà a oscillare finché la presenza degli attriti³² la fermerà nel punto più basso (punto di attrazione) dove anche sollecitazioni abbastanza forti la faranno un po' oscillare, ma poi ritornerà nel punto più basso (equilibrio stabile) cioè al potenziale minimo³³.

Stabilità strutturale. Costituisce uno dei temi più importanti della teoria dei sistemi e risulta fondamentale per la comprensione di molti fenomeni di dinamica non lineare, tra cui le transizioni catastrofiche, l'aggancio in frequenza e il caos deterministico. La stabilità strutturale è vista nei confronti della variazione dei parametri interni del sistema considerato e mostra perché la variazione di un parametro produce la trasformazione di un attrattore, la sua comparsa o la sua sparizione.

Attraverso la stabilità strutturale è possibile studiare il comportamento asintotico di una famiglia di sistemi $x'(t) = f(x(t), p)$ (con $x'(t)$ si indica la derivata prima di $x(t)$) al variare del parametro p .

La possibilità di poter utilizzare la teoria qualitativa

³² L'attrito è una forza dissipativa che si esercita tra due superfici a contatto tra loro e si oppone al loro moto relativo.

³³ L'energia potenziale rappresenta la capacità di compiere lavoro che un corpo possiede in virtù della sua posizione all'interno di un campo di forze conservative.

dei sistemi dinamici per l'analisi dei sistemi fisici, è il risultato più importante derivante dalle applicazioni della stabilità strutturale. Bisogna risalire, ancora, al fecondissimo lavoro di Henri Poincaré sul problema dei tre corpi per trovare l'origine dell'analisi qualitativa. Il punto centrale della questione risiede nel fatto che, a causa della presenza di diverse piccole interazioni, le equazioni differenziali che costituiscono la legge di evoluzione del sistema non possono mai essere risolte esattamente.

George Birkhoff nel 1920, iniziò lo studio del campo relativo alla stabilità che è noto come "analisi qualitativa" ma è solo attraverso i lavori di Andronov e Pontryagin del 1937 che è stata formalizzata. Marston Morse e Hassler Whitney, qualche anno dopo, avevano iniziato a redigere una teoria della stabilità per le mappe differenziabili, che è stata approfondita da René Thom, quindi sviluppata da Arnol'd e da E. Zeemann. Tale teoria costituisce una parte fondamentale della teoria della singolarità e sta all'origine della cosiddetta teoria delle catastrofi, sviluppata da Thom, che ne prevede l'applicazione a diversi sistemi, tra cui quelli biologici (Thom, 1980).

Sistemi complessi

I sistemi complessi costituiscono un importante argomento di studio nell'ambito del ramo della matematica noto come *teoria qualitativa dei sistemi dinamici*.

I campi che interessano i sistemi complessi sono molteplici e di notevole vastità: dallo studio della dinamica della crosta terrestre, all'economia, dai sistemi biologici ai sistemi di comunicazione. Solo attraverso la comparsa di computer molto potenti si è potuto iniziare a esaminarli approfonditamente, sebbene tra numerose difficoltà sia di ordine epistemologico sia di ordine teorico sia di ordine tecnico.

Cerchiamo di definire meglio che cosa si intende per *sistemi complessi*. Per prima cosa è necessario chiarire la differenza tra:

- *sistemi complicati* (dal latino *cum plicatus*: piegato assieme) che sono composti da molti elementi, ma sono lineari e risultano descrivibili attraverso il formalismo fisico matematico noto per cui è possibile prevederne il comportamento in un certo intervallo di tempo, per esempio un orologio meccanico o un satellite artificiale;
- *sistemi complessi* (dal latino *cum plexus*: intrecciato insieme): che *non sono lineari*³⁴ perciò non sono

descrivibili attraverso il formalismo fisico matematico usuale e il loro comportamento, in un certo intervallo di tempo, non è prevedibile.

Un sistema complesso è dunque un sistema in cui gli elementi subiscono modifiche non lineari, a volte prevedibili singolarmente, ma di cui è assai difficile, se non impossibile, prevedere, attraverso l'uso di mezzi matematici, l'evoluzione. I sistemi complessi possono avere dimensioni e composizioni diverse. Possono essere sistemi fisici, formati da pochi elementi, che presentano un comportamento non lineare, come per esempio il famoso "problema dei tre corpi"³⁵, ovvero sistemi composti da molti elementi con interazioni complesse, come per esempio una cellula. Possono inoltre essere composti da numerosi altri sistemi complessi come per esempio un organismo. Si parla più propriamente, in tal caso, di *sistemi supercomplessi*. Nel caso di sistemi quale quello nervoso, nel quale alla complessità del tessuto nervoso si aggiunge la complessità della rete di connessione, che determina proprietà uniche a livello dell'elaborazione dell'informazione, alcuni autori adottano il termine di *sistema ipercomplesso*.

Un sistema risulta tanto più complesso quanto è più grande il numero dei parametri necessari per la sua descrizione e, di solito, quanto è maggiore la quantità e la varietà delle relazioni fra gli elementi che lo compongono. È importante osservare che la complessità di un sistema non è una sua proprietà intrinseca, ma si riferisce sempre al modo in cui viene descritto, dipende quindi dal modello matematico utilizzato nella rappresentazione e dalle variabili prese in considerazione (per esempio, si può considerare un certo sistema come lineare entro certe condizioni oppure non lineare in condizioni più generali).

Le equazioni matematiche che modellizzano i sistemi complessi (quando è possibile trovarle) non sono quasi mai risolubili, e spesso solo l'utilizzo di simulazioni numeriche all'elaboratore consente di trovarne le soluzioni. È questa la ragione per cui l'indagine sui sistemi dinamici complessi (che, come già osservato, erano noti e in parte studiati già nell'Ottocento) si è sviluppata dopo che i *computer* avevano radicalmente trasformato

³⁴ Non lineare significa che contiene una relazione matematica di grado superiore al primo.

³⁵ Costituito, come è noto, dalla ricerca della soluzione delle equazioni che descrivono un sistema composto da tre corpi di masse m_1 , m_2 , m_3 che gravitano, uno attorno all'altro, secondo la legge di Newton. Alla soluzione di questo problema si sono cimentati, senza successo, i più grandi fisici matematici della storia.

le tecniche di calcolo numerico e di simulazione.

Poter prevedere il comportamento dei sistemi complessi, nella maniera più affidabile e sicura, è lo scopo delle ricerche che si sono sviluppate negli ultimi anni e che tuttora proseguono. Il problema viene affrontato sia dal punto di vista matematico, cercando nuovi strumenti o affinando quelli esistenti, sia attraverso la realizzazione di appositi programmi per eseguire calcoli e simulazioni o creare modelli e applicazioni, sui *computer*.

Le difficoltà sono molte, malgrado si siano fatti considerevoli passi avanti. I gruppi di ricerca, impegnati nello studio delle applicazioni più avanzate, utilizzano gli strumenti informatici per classificare i comportamenti qualitativamente differenti di un sistema complesso. Questo viene effettuato principalmente mediante l'analisi delle biforcazioni³⁶, ottenibili al variare dei parametri, nelle soluzioni delle equazioni differenziali, o alle differenze, del sistema.

Un altro campo d'indagine è costituito dalla *riduzione d'ordine di sistemi caotici* in prossimità delle biforcazioni critiche che dividono il comportamento caotico da quello regolare³⁷. Poiché, nella maggior parte delle applicazioni, le variabili di maggiore interesse sono i picchi dell'uscita, la riduzione dell'ordine semplifica l'analisi del sistema senza che vi sia una perdita d'informazione significativa. Viene affrontato inoltre un tipico problema di controllo non lineare "in grande", che può essere risolto tramite l'analisi delle biforcazioni. Molti sistemi non lineari sono caratterizzati da attrattori multipli aventi un comportamento associato radicalmente differente (può cioè risultare svantaggioso o utile). Risulta così di grande interesse individuare quelle azioni di controllo che forzano la commutazione da un attrattore di "bassa qualità a uno di alta qualità".

Effetti della non linearità - comportamento emergente

Abbiamo visto come non si possa comprendere il comportamento dei sistemi complessi solo attraverso l'osservazione delle interazioni e dei comportamenti degli

elementi che lo compongono. È necessario ricorrere a metodi d'indagine più "in grande" che vadano oltre alle teorie riduzioniste, si osserva così un fatto impreveduto: il comportamento globale dei sistemi complessi determina l'insorgere di caratteristiche avulse dagli elementi che costituiscono il sistema. Ciò viene definito *comportamento emergente*, perché, partendo dalle azioni ben definite dei vari componenti, emerge un comportamento globale che non è prevedibile attraverso l'esame delle singole parti (ossia il "tutto è maggiore della somma delle singole parti"). Quanto detto conduce, in senso epistemologico, a una visione olistica³⁸ dei sistemi complessi, in contrasto con l'impostazione riduzionistica a cui la scienza si è attenuta fin dalle sue origini. Le proprietà di un sistema lineare sono additive ovvero l'effetto di un insieme di elementi è pari alla somma degli effetti considerati separatamente (quindi un sistema lineare è riducibile alle sue parti elementari) e non appaiono nuove proprietà che non siano già presenti nei singoli elementi. Se invece vi è la presenza di elementi interconnessi, che dipendono gli uni dagli altri (fatti che determinano l'insorgere di non linearità), allora il risultato complessivo è diverso dalla somma degli effetti delle parti.

Osserviamo che si possono individuare fenomeni di emergenza a partire dagli ambiti più elementari, alle radici delle teorie cosmologiche, come la fisica subatomica. Per esempio, in meccanica quantistica, la percezione di una realtà deterministica, per cui ogni oggetto ha una definita posizione, un momento ecc., è considerata un fenomeno emergente, perché il vero stato della materia viene descritto come una *funzione d'onda* che non necessita di posizione o quantità di moto definiti.

Questo fatto costituisce un'importante affermazione teorica dell'emergenza sul piano epistemologico. Viene messa in discussione la visione riduzionista concettuale, in base alla quale ogni conoscenza scientifica deve essere fatta risalire, seguendo una catena regressiva, al comportamento delle particelle elementari. Si può dimostrare invece che, salendo nella scala della gerarchia fisica, particelle elementari, atomi, molecole, corpi materiali, organismi e così via, emergono leggi che superano, integrandole, quelle relative al modo di comportarsi delle particelle. Per esempio, una molecola d'acqua

³⁶ Per analisi delle biforcazioni delle traiettorie si intende lo studio, attraverso il diagramma di biforcazione, del comportamento caotico delle traiettorie nei punti dove si perde l'equilibrio.

³⁷ I picchi successivi delle uscite di sistemi caotici n-dimensionali, risultano tra loro correlati. Ogni picco può essere approssimato a partire dal precedente tramite un sistema non lineare del primo ordine a tempo discreto.

³⁸ Olistico (dal greco *όλος*, il tutto): posizione filosofica basata sull'idea che le proprietà di un sistema non possano essere spiegate esclusivamente attraverso le sue componenti. Olistico, la somma funzionale delle parti è sempre maggiore della somma delle loro singole caratteristiche.

non può essere definita solida, liquida o gassosa, questi concetti si possono applicare solo a un insieme costituito da una grande quantità di molecole (sistema macroscopico) e anche, all'altra estremità della scala delle complessità, il cervello è composto da reti di neuroni, ma l'intelligenza di un uomo non è la somma delle intelligenze dei singoli neuroni.

Condizione indispensabile per l'emergenza, non è la numerosità delle interazioni tra le componenti di un sistema bensì la presenza di relazioni non lineari. Teniamo sempre presente che, se vi è assenza di non linearità, un sistema, per quanto grande e complicato possa essere, non potrà mai presentare comportamenti emergenti.

Dal punto di vista storiografico l'emergentismo nasce attorno al 1920, in Inghilterra. Il primo a utilizzare la parola "emergenza" in senso tecnico-filosofico è George H. Lewes. A quel concetto di emergenza, fanno riferimento C. Lloyd Morgan (1923) e Charles D. Broad (1923), che possono essere considerati come primi emergentisti. La loro teoria afferma che, nel corso dell'evoluzione naturale, emergono fenomeni non prevedibili in base alla conoscenza degli stadi precedenti. L'applicazione dell'emergenza alla vita e alla mente, inserendola nel filone dell'evoluzionismo, e il mondo considerato a livelli gerarchici di complessità caratterizzano il primo pensiero emergentista. Nel periodo tra le due guerre mondiali, l'emergentismo conosce un momento di rinomanza ma, in seguito, cade a lungo nel disinteresse. Ernest Nagel, nel 1961, porta un importante contributo teorico alla teoria dell'emergenza, distinguendo tra l'emergenza *diacronica* (emergenza nel tempo di nuove strutture fisiche, a partire da strutture fisiche preesistenti) e l'emergenza *sincronica* (emergenza di fenomeni imprevedibili a partire da strutture fisiche). Henri Atlan, assieme ad altri autori, riconoscono (attorno al 1970) che l'autorganizzazione è in particolare un fenomeno emergente che si manifesta quando un sistema complesso si trova in equilibrio in una condizione singolare definita *chaos edge* (Atlan, 1979). Nel 1982, quando John J. Hopfield pubblica un importante articolo in cui descrive le reti neurali associative e chiama *emergenti* le proprietà delle reti da lui studiate, determina nel mondo scientifico un rinnovato interesse per l'emergentismo che prosegue tuttora.

È importante però sottolineare come, talvolta, vengano considerati come proprietà emergenti fenomeni che non rientrano strettamente nella definizione di emergenza. Bisogna quindi prestare attenzione dal punto di vista epistemologico al significato del fenomeno che

si prende in considerazione per evitare che sotto l'influenza di una "moda" si traggano conclusioni errate (per esempio, in informatica un programma è composto da *n statement* – con *n* grande a piacere – però i risultati che si ottengono dalla sua esecuzione non sono la somma delle espressioni dei singoli *statement*)³⁹.

Teoria delle catastrofi

Abbiamo citato, nel paragrafo precedente, la cosiddetta *stabilità strutturale* cioè quell'area della teoria della stabilità che studia il caso delle perturbazioni sui parametri. Se viene meno la stabilità strutturale può accadere che un dato modello matematico, si comporti, inopinatamente, in modo assai diverso dalla norma. Lo studio di questo fenomeno fornisce la chiave d'interpretazione per tutta una classe di fenomeni complessi, difficilmente studiabili con altri mezzi, che a seguito di piccole, marginali, modifiche ambientali, subiscono modifiche rovinose quanto improvvise da cui deriva il termine teoria delle catastrofi.

René Thom⁴⁰ ideò la teoria delle catastrofi attorno al 1957 a partire dall'indagine sulle singolarità che emergono nella teoria della stabilità per le mappe differenziabili. Con questa teoria (che è stata sviluppata in seguito da V. Arnol'd), egli ha cercato di applicare metodi avanzati di indagine matematica di tipo qualitativo predittivo, ai fenomeni naturali.

Per catastrofe si intende un cambiamento improvviso di un processo strutturalmente stabile che causa drastiche variazioni di un certo fenomeno come per esempio succede nel campo della meteorologia (temporali, grandine, trombe d'aria).

Tramite questa teoria, Thom ha classificato sette possibili tipi di catastrofi elementari. La teoria delle catastrofi si applica in campi che vanno dalle scienze fisiche alla biologia, alle scienze sociali e ha avuto un discreto successo specialmente attraverso i lavori di E.C. Zeeman e della sua scuola che, attorno al 1975, ha prodotto applicazioni su temi molto vari: sulle transizioni di fase liquido/gas, su problemi di elasticità, sul

³⁹ Si tratta di un'affermazione inesatta in quanto l'esecuzione degli *statement* è deterministica e procede linearmente, quindi l'uscita è da considerarsi come la somma delle varie azioni dettate dagli *statement*.

⁴⁰ Premio Fields 1958. Il premio costituisce il massimo riconoscimento scientifico nel campo della matematica.

battito cardiaco, sui crolli di borsa, sullo scoppio delle guerre.

Caos deterministico

L'espressione *caos deterministico*, suona come un ossimoro. Come è noto infatti, il termine *caotico*⁴¹ viene associato a situazioni in cui dominano l'assenza di regole e l'imprevedibilità, mentre il termine *deterministico*⁴² viene collegato a fenomeni regolari, prevedibili. Ma questa contrapposizione viene superata alla luce della teoria del *caos deterministico* che mostra come alcuni modelli matematici deterministici, privi cioè di ogni elemento aleatorio, siano in grado di generare risultati tanto complessi da risultare difficilmente distinguibili da sequenze di eventi stocastici⁴³. Nonostante le prime scoperte ottocentesche (H. Poincaré, G.D. Birkhoff e S. Smale), una vera teoria del caos si è potuta sviluppare solo a partire dalla seconda metà del XIX secolo, quando l'impiego dei computer consentì di eseguire calcoli complessi in tempi brevi, di approntare simulazioni numeriche e di compiere osservazioni controllate.

La teoria del caos deterministico mette in luce la forte dipendenza di un sistema dinamico complesso dalle *condizioni iniziali*. In seguito a loro variazioni infinitesime, possono avere luogo variazioni finite della traiettoria nello spazio delle fasi, quindi l'evoluzione di un sistema può farsi imprevedibile anche partendo da leggi deterministiche. Esempi: il comportamento caotico di sistemi anche apparentemente semplici e soggetti a leggi deterministiche, come il problema dei tre corpi⁴⁴, nel quale i tre pianeti costituiscono un sistema dove gli elementi di ciascuna delle tre coppie si influenzano l'uno con l'altro; la mappa logistica di Robert May; il problema preda-predatore di Lotka-Volterra.

⁴¹ Dal greco *χαοτικός*, derivante dal caos. Un sistema si dice caotico se è sensibile alle condizioni iniziali, ovvero se a variazioni infinitesime degli ingressi corrispondono variazioni finite delle uscite, se risulta imprevedibile e se non evolve verso l'infinito per nessuna variabile, ovvero se l'evoluzione rimane confinata in uno spazio definito.

⁴² Il determinismo è la dottrina filosofica secondo la quale tutto ciò che esiste o accade (evento), comprese le conoscenze e le azioni umane, è determinato in modo causale da una catena ininterrotta di eventi precessi.

⁴³ Stocastico, dal greco *stochazein* è sinonimo di *aleatorio*, *casuale*.

⁴⁴ Durante il cui studio Poincaré scoprì l'esistenza di comportamenti "caotici".

Gli articoli che diedero un decisivo contributo alla diffusione di questo settore della matematica sono: *Deterministic Nonperiodic Flow* (1963) del meteorologo americano Edward Lorenz, sulle equazioni del moto alle derivate parziali che descrivono il movimento di convezione di un fluido semplificate e *Simple mathematical models with very complicated dynamics* (1976), del fisico inglese Robert May, che spiega la comparsa di dinamiche caotiche attraverso lo studio di un sistema dinamico a tempo discreto, ottenuto iterando un polinomio di secondo grado.

Furono le simulazioni al computer di E. Lorenz che, per prime, rivelarono come un semplice sistema di tre equazioni differenziali non lineari mostri una evidente dipendenza dalle condizioni iniziali. Eseguendo una serie di simulazioni, su un modello della circolazione atmosferica (noto come *Lorenz oscillator*) ottenuto semplificando le equazioni alle derivate parziali che descrivono il movimento termico di convezione di un fluido, Lorenz ottenne un sistema di tre equazioni differenziali del primo ordine:

$$\begin{aligned} dx/dt &= \sigma(y - x) \\ dy/dt &= -x z + \rho x - y \\ dz/dt &= x y - \beta z \end{aligned}$$

dove: σ è il numero di Prandtl; ρ è il numero di Rayleigh; β è un parametro. Deve essere $\sigma, \rho, \beta > 0$. Di solito $\sigma = 10$, $\beta = 8/3$ ρ è variabile. Il comportamento caotico si presenta per $\rho = 28$ ma mostra orbite periodiche annodate per diversi valori di ρ .

Sebbene si partisse dalle medesime condizioni iniziali, i risultati mostravano una divergenza che si amplificava nel tempo. Inoltre, se si aumentava la precisione utilizzata nei calcoli, i tempi entro i quali si verificava la divergenza, crescevano. Per quanto fosse piccola la differenza tra le condizioni iniziali, la divaricazione nei risultati si amplificava nel tempo rendendo il comportamento del sistema impossibile da prevedere.

Simili equazioni differenziali, che descrivono il moto di un sistema caotico, generano oggetti geometrici che vengono detti *attrattori*⁴⁵ *strani* (Takens, 1980).

⁴⁵ Attrattore: se in un intorno di q^* , la traiettoria si allontana da esso (e non vi ritorna più) si dice che q^* è un equilibrio instabile (o repulsivo); se partendo da una condizione iniziale vicina a p^* , la traiettoria generata si avvicina invece asintoticamente a esso cioè converge a p^* esso è detto asintoticamente stabile (o attrattivo).

Durante l'osservazione delle traiettorie nello spazio delle fasi si può notare che all'aumento della risoluzione con cui si osserva il sistema, ogni traiettoria si sdoppia in due linee quasi coincidenti. Lorenz mise in relazione questo fatto con la *geometria frattale*⁴⁶ (un settore di ricerca che si stava sviluppando in quegli anni) e poté dimostrare che il suo attrattore aveva una dimensione non intera ma frazionaria; per questa ragione definì il suo attrattore *strange attractor*.

La teoria del caos si è successivamente sviluppata seguendo vari rami specialistici, divenendo il nucleo dei principali studi sulla dinamica dei sistemi.

La revisione dell'approccio classico alla turbolenza da parte dei matematici David Ruelle e Floris Takens è stata una delle prime importanti applicazioni dell'analisi dei sistemi caotici. La turbolenza era vista come il risultato del comportamento dell'attrattore nelle equazioni di Navier Stokes e fu mostrato che il regime turbolento si manifestava in seguito al passaggio attraverso una serie di *biforcazioni di Hopf*; attraverso una serie di esperimenti con fluidi reali, D. Ruelle e F. Takens confermarono la loro teoria.

Il cambiamento qualitativo nella struttura dell'attrattore, dovuto al concetto di biforcazione, è stato ampiamente studiato successivamente. Le modalità di biforcazione sussistono in numero limitato e costituiscono la base per molti studi di modellistica volti a scoprire i meccanismi che inducono il caos in un sistema per poter così risalire alle caratteristiche del modello.

La *qualitative dynamics*, come viene chiamata questa branca di ricerca, evidenzia la multidisciplinarietà della teoria del caos nel senso di ricerca di fenomenologie comuni a più sistemi.

Il legame tra la scienza e la tecnologia dei sistemi caotici, è nato attorno al 1980 quando sono stati sviluppati i concetti che hanno permesso di realizzare diverse applicazioni in campo industriale. Per esempio, l'analisi dei segnali di sensori installati su sistemi caotici; la predizione, il controllo e la sincronizzazione di sistemi caotici turbolenti.

In seguito la ricerca sui sistemi caotici si è focalizzata su due problemi fondamentali: il tempo di ritardo (*time lag*) e come individuare la dimensionalità dello spazio degli attrattori. È stato Henry Abarbanel attorno al 1996

a compiere i maggiori progressi in questa direzione definendo come effettuare una ricostruzione valida dell'attrattore.

La ricerca di grandezze in grado di descrivere in modo ripetitivo il comportamento dinamico di un sistema (dette *invarianti della dinamica*) costituiscono uno dei settori di sviluppo più promettenti nell'analisi caotica. Queste quantità sono invarianti rispetto alle condizioni iniziali e si studiano in particolare la *dimensione frattale* e gli *esponenti di Lyapunov*. Si può dire che la dimensione frattale rappresenta il modo in cui i punti dell'attrattore sono distribuiti nello spazio delle fasi, ma mentre ciò risulta molto utile per i sistemi teorici, il suo utilizzo per i sistemi reali è limitato dalla presenza del rumore esterno, come dimostrato da Abarbanel.

L'esponente di Lyapunov, l'altra invariante, è meno sensibile al rumore e si può dire che esprima l'evoluzione nel tempo della distanza, nell'attrattore tra due punti inizialmente vicini. Tale distanza rimane costante ($\lambda = 0$) o diminuisce (λ negativo) nei sistemi regolari o pseudoperiodici, mentre nei sistemi caotici diverge esponenzialmente (λ positivo).

Poiché l'esponente di Lyapunov può essere visto anche come la tendenza alla divergenza delle orbite dell'attrattore, il suo valore è importante perché rappresenta il "grado di caoticità del sistema". Il concetto di sistema caotico in tal modo può essere ridefinito come un sistema caratterizzato da almeno un esponente di Lyapunov positivo⁴⁷, cioè un sistema in grado di produrre informazione e generare entropia (Rabinovich, 1979).

Un interessante fenomeno, legato ai sistemi complessi e in particolare a quelli che mostrano un comportamento caotico, è rappresentato dalla cosiddetta autorganizzazione, definibile come la singolare proprietà di sviluppare strutture ordinate da situazioni di disordine. Anche se i loro singoli elementi si comportano in autonomia, in base a regole locali, alcuni sistemi complessi sono in grado di realizzare un'organizzazione e delle strutture ordinate, facendo così crescere la loro complessità interna.

Il fenomeno, quando fu divulgato, suscitò ampie discussioni e vi fu chi si ostinò a negare la sua veridicità. I primi ricercatori che proposero il concetto di *autorganizzazione* (*self-organization*) furono, attorno al 1960,

⁴⁶ Geometria frattale: introdotta da B. Mandelbrot attorno al 1970 per dare una descrizione formale della complessità delle forme naturali, affronta una proprietà che si manifesta molto spesso in natura, l'*autosomiglianza*.

⁴⁷ Per un sistema non lineare a n gradi di libertà esistono n esponenti di Lyapunov.

Ross Ashby, sociologo inglese pioniere della cibernetica, e Heinz von Foerster, fisico austriaco fondatore del laboratorio d'informatica biologica presso l'Università dell'Illinois (BCL). Ma fu Ilya Prigogine⁴⁸ ad approfondire le modalità e le condizioni in cui i comportamenti autorganizzanti vengono a determinarsi. Le sue ricerche si orientarono verso lo studio dei fenomeni fisici e chimici non reversibili che sono quelli che manifestano in modo più palese le proprietà di autorganizzazione (Prigogine, Glansdorff, 1971).

È peraltro interessante notare che l'autorganizzazione non si manifesta soltanto nei sistemi costituiti da esseri viventi, ma si può trovare in molti sistemi fisici e chimici. Per esempio nelle transizioni di fase (passaggio da liquido a solido, dove il sistema acquisisce spontaneamente struttura ordinata e complessità), in alcuni effetti magnetici (allineamento dei micromagneti all'interno di un materiale paramagnetico), nella conducibilità elettrica (comparsa della superconduttività).

Nel campo della fisica e della chimica il fenomeno della *instabilità di Benard*, che contempla la comparsa di vortici stabili per effetto della convezione naturale, e la *reazione di Belousov-Zhabatinski*, in cui si producono pulsazioni durante la reazione chimica tra le molecole presenti, costituiscono i casi più studiati e che hanno rappresentato il paradigma a cui si sono attenuti i ricercatori del settore.

L'auto-organizzazione si manifesta in sistemi non reversibili, quindi dissipativi⁴⁹ lontani dall'equilibrio, come hanno apertamente dimostrato gli studi di Prigogine, ma egli fa notare che vi è di più. Infatti, egli mostra che la condizione migliore per la comparsa dell'autorganizzazione, come pure di altre tipologie di fenomeni emergenti, è quella in cui il sistema si trova sul *bordo del caos* (*edge of chaos*). Ovvero il momento in cui, at-

traverso una serie di biforcazioni, si passa da uno stato ordinato allo stato in cui prevalgono i comportamenti caotici. È proprio in questa situazione che, sotto l'influenza della grandissima sensibilità alle condizioni iniziali, si determinano peculiari meccanismi di selezione.

Lo sviluppo del laser secondo i principi dell'ottica non lineare, portata avanti dal fisico tedesco Hermann Haken attorno al 1970, rappresenta una delle principali applicazioni che dimostra il successo di queste teorie. Egli descrisse il funzionamento del laser da lui realizzato come un processo di autorganizzazione in cui i treni d'onda luminosi, in condizioni lontane dall'equilibrio, manifestano un comportamento autostrutturante.

Teoria della complessità

Il notevole sviluppo dello studio dei sistemi complessi nell'ambito della *teoria qualitativa dei sistemi dinamici* e la diffusione dei concetti, ricchi di novità stimolanti, a loro connessi, hanno determinato la nascita del cosiddetto *pensiero complesso*. Termine che si collega al cosiddetto *atteggiamento complesso* che vuol mettere in risalto l'insufficienza del solo approccio riduzionistico concettuale e chiede l'integrazione con un approccio olistico. Il concetto di base è rappresentato dall'osservazione sull'impossibilità di comprendere un sistema complesso attraverso il solo esame delle sue componenti.

Le cause ultime di un problema complesso non coincidono con quelle delle sue parti, esso non può essere risolto mediante semplice scomposizione, ma richiede l'interazione tra questa e una visione d'insieme. Questo è il punto di partenza dell'epistemologia della complessità sviluppata da Edgar Morin a partire dal 1970.

⁴⁸ Premio Nobel per la chimica nel 1977.

⁴⁹ Per un sistema non lineare a n gradi di libertà esistono n esponenti di Lyapunov.

Parte II

Sintesi teorica e metodologica

3.1 Anatomia di un paesaggio

3.1.1 Considerazioni preliminari sulla struttura di un paesaggio

Ogni studio di un sistema complesso adattativo richiede una descrizione delle strutture che lo compongono, possibilmente per sottosistemi. L'esempio più noto è lo studio dell'anatomia di un organismo, per esempio il corpo umano o una pianta. Sappiamo che struttura e funzioni sono così legati fra loro da influenzarsi di continuo e che la separazione nasce eminentemente per ragioni didattiche. Lo studio "anatomico" di un paesaggio è una lettura dettagliata degli elementi che lo compongono e, come già sottolineato, non può essere affrontato per tematiche separate, ma, come si vedrà, necessita di rifarsi a un opportuno modello strutturale sistemico, cioè proprio del paesaggio.

Si esporrà in breve un elenco di elementi che possono essere osservati nella struttura dei paesaggi, in modo da esercitare la capacità di lettura generale, anche basata su fotografie, per constatare come una *preliminare* descrizione sia possibile anche prima di approfondire scientificamente il sistema in esame, ma come tale lettura rimanga, però, insufficiente. Si possono osservare in un paesaggio (o una sua parte) almeno quattro gruppi di elementi:

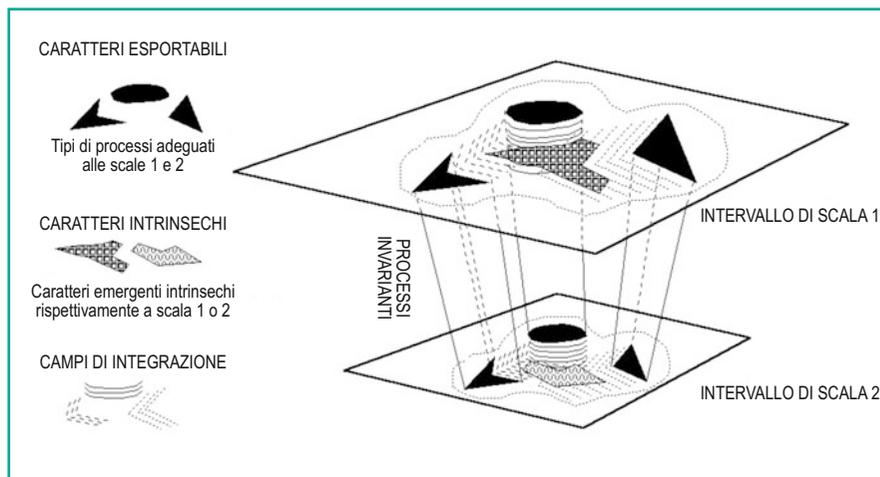
- *componenti naturali*: macchie o corridoi vegetati, loro quantità e distribuzione, tipologie principali, possibili habitat per la fauna, stato degli elementi presenti, corpi idrici, caratteri geomorfologici ecc.;
- *componenti seminaturali o agricoli*: filari, siepi, giardini, reliquati, tipi di coltivi, loro quantità e distribuzione, tipologie di campagna, presenza di edifici rurali, strade, impianti tecnici, rogge, suoli ecc.;

- *componenti urbanizzate*: tipi di costruzioni (residenziali, di servizio, di culto ecc.), componenti industriali, viabilità statale e locale, impianti tecnici, infrastrutture, viali alberati, parcheggi, giardini urbani ecc.;
- *configurazioni integrative*: interrelazioni fra componenti diverse, eterogeneità, omogeneità, dominanza di elementi nel contesto, tipo di paesaggio che sembra risultare, stato ecologico di insieme, eventuali degradazioni ecc.

In realtà, nella Tabella 2.1 (gerarchia dei livelli di organizzazione della vita sulla Terra) si è notato che il paesaggio è un sistema che risulta dall'integrazione di un insieme di comunità biotiche (compresa quella umana) e degli ecosistemi da esse formati, e dalla loro configurazione spaziale a scala territoriale (*cora*). Il paesaggio è, quindi, un sistema complesso di ecocenotipi. Questa osservazione è meno facile da comprendere di quanto si creda, perché nell'ecologia generale, l'unità di riferimento è l'ecosistema che, come abbiamo sottolineato, è un concetto ambiguo. Per molti studiosi comunità ed ecosistema sono concetti che occupano di fatto il medesimo e vasto intervallo di scale, ma ciò è in contrasto con il principio delle proprietà emergenti. Proprio per questo si è sottolineata la necessità di considerare sia i caratteri intrinseci sia quelli propagabili (invarianti) che ogni livello dell'organizzazione della vita sulla Terra presenta (Fig. 3.1).

I caratteri strutturali del paesaggio presenti nell'ecologia del paesaggio classica facevano riferimento a due modelli (Fig. 3.2): quello cosiddetto a *frammentazione*, o mosaico ecologico tradizionale, e quello *variegato*, o mosaico ecologico a geometria variabile (Samways, 1996). Questi modelli rappresentavano due visioni opposte: una ecosistemica e una specie-specifica. Tuttavia, essi sono troppo semplicistici per lo studio del paesaggio come sistema biologico. Bisogna, inoltre, tenere

Fig. 3.1 Differenze fra caratteri propri ed esportabili di due ipotetici sistemi di organizzazione della vita. Passando dal primo al secondo livello di organizzazione, il successivo presenta nuovi caratteri specifici, anche se quelli esportabili rimangono gli stessi. Si riscontra una diversa correlazione fra i caratteri, che può essere visualizzata da ipotetici campi che rappresentano le loro relazioni in modo diverso a seconda della scala (da: Ingegner, 2002)



presente che le principali componenti della struttura di un paesaggio non sono soltanto quelle naturali, seminaturali, antropiche (agricole o urbanizzate): vi sono anche peculiari configurazioni integrative (Forman e Godron, 1986), come per esempio campi agricoli con cascate sparse e macchie boscate residuali.

In realtà, ogni sistema biologico mostra una struttura assai complessa, formata da insiemi funzionali ben definiti (per esempio, a livello cellulare i mitocondri, oppure a livello di paesaggio una macchia boscata) in un

contesto di substrati variabili nello spazio-tempo (per esempio, rispettivamente il citoplasma, la matrice paesistica).

3.1.2 Concetto di ecotessuto

I modelli finora utilizzati dall'ecologia per descrivere la struttura di un paesaggio risultano, pertanto, insufficienti. Per definire scientificamente la struttura di un paesaggio è meglio quindi parlare di "tessuto ecologico" o *ecotessuto* (Fig. 3.3), cioè di una struttura multidimensionale individuata da un mosaico di base e da una serie gerarchica di mosaici correlati, nonché da una serie di informazioni gerarchicamente integrabili, ma non rappresentabili sotto forma di mosaico.

La maggiore importanza del concetto di ecotessuto risiede soprattutto nella necessità di integrazione dei processi in un sistema complesso adattativo quale un paesaggio. Tale integrazione si attua in maniera gerarchica e coinvolge:

- una gamma di scale spaziali, da quella regionale a quella locale;
- un insieme di mosaici e di informazioni tematiche – anche complesse – con le loro variabili;
- un insieme di scale temporali che esprimono l'evoluzione dinamica del paesaggio.

Questi risultati possono essere eventualmente sintetizzati in una carta operativa di integrazione, alla quale possono essere riferite ulteriori ordinazioni dei dati.

Le implicazioni del concetto di ecotessuto sono molteplici. L'approccio ai paesaggi e alle loro subunità deve essere rivolto non a un'integrazione *a posteriori* delle

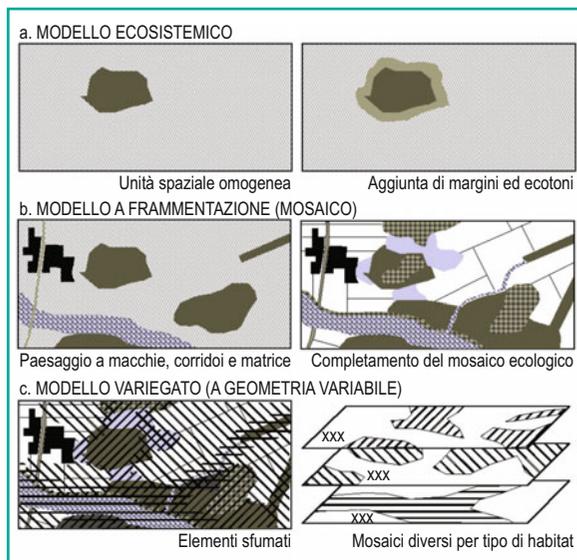


Fig. 3.2 Principali modelli strutturali del paesaggio; **a** modello ecosistemico; **b** modello di mosaico ecologico (o di frammentazione); **c** modello variegato. Ogni modello può essere rappresentato in due versioni, di cui la seconda più dettagliata (da: Ingegner, 2002)

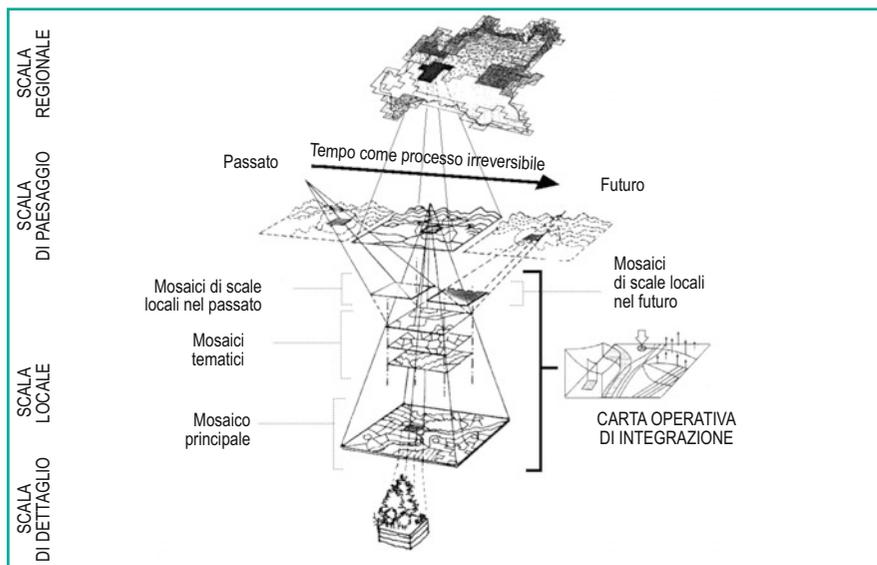


Fig. 3.3 Modello di ecotessuto. Il mosaico di base è quello vegetazionale. La struttura complessa di un paesaggio deriva dall'integrazione di diverse componenti: temporale, spaziale, tematica. Una carta operativa di integrazione può essere necessaria per la pianificazione (da: Ingegneri, 2002)

componenti e delle tematiche, che ridurrebbe il paesaggio a un supporto geografico, ma allo studio dell'integrazione *intrinseca*, cioè compiuta sui caratteri e i comportamenti propri di quel livello di organizzazione biologica. Infatti l'ecologo, come un medico, non può compiere valutazioni su un sistema vivente analizzando le singole componenti per tematiche distinte e pretendendo così di conoscere il comportamento generale. Per il principio delle proprietà emergenti, deve studiare gli apparati specifici, le modalità di trasformazione, i complessi gerarchici "anatomici e fisiologici" propri dell'entità vivente in esame. Il concetto di ecotessuto permette, così, di *sviluppare un rinnovato corpus teorico*, e di conseguenza dei metodi applicativi più vicini ai nuovi paradigmi della scienza.

Si deve notare che il mosaico di base è solitamente individuabile come quello delle "tessere" vegetate, in quanto spetta alla vegetazione il ruolo di maggior controllore del flusso di energia e di materia, la capacità di costruzione dell'ambiente e di interazione col suolo e la formazione di un microclima. In assenza della vegetazione (paesaggi urbanizzati o desertici) il mosaico di base sarà individuato sulla base dell'utilizzo reale del suolo ecologicamente riletto. Il termine "tessera" concretizza in maniera riconoscibile e mappabile il concetto di ecocenotopo (vedi capitolo 2, Tabella 2.1).

Riassumendo, l'ecotessuto, che rappresenta la multidimensionalità della struttura di un sistema complesso di *ecocenotopi*, è composto da: a) elementi strutturali semplici, b) configurazioni di elementi, c) sottosistemi funzionali.

- Gli elementi semplici sono riconducibili a *tessere* distribuite in configurazioni caratteristiche in rapporto alla geografia locale e ai processi ecologici di sistema.
- Le configurazioni di elementi, loro insiemi, possono anche essere visti come *macchie e corridoi* disposti su una *matrice* di base (*sensu* Forman e Godron, 1986).
- I sottosistemi funzionali sono quelli formati dagli ecotopi, dagli habitat (umani e naturali) e dai *context role subsystems* (Ingegneri e Pignatti, 2007) che si evidenziano in *sottosistemi geomorfologici* e in *apparati paesistici*.

L'ecotessuto rappresenta il modello strutturale generale di una *unità di paesaggio* (UdP), cioè di una parte di un paesaggio ben caratterizzata, una sorta di nicchia territoriale, il cui più piccolo sottosistema si può chiamare ecotopo. Un sistema di UdP forma infatti un paesaggio.

3.1.3 Elementi semplici: la tessera

Se il riferimento strutturale è quello di ecotessuto, allora la tessera si definisce come l'elemento più piccolo dell'ecomosaico di base concretamente rinvenibile sul territorio – con caratteristiche di omogeneità di substrato geopedologico e di copertura vegetale o di uso reale del suolo, ma anche di multifunzionalità e di integrazione delle componenti biotiche, funzionali e spaziali

rispetto a un certo contesto di un intorno geografico: la tessera corrisponde cioè all'ecocenotopo. La tessera, quindi, non è l'elemento più piccolo di un paesaggio, dato che appartiene al livello inferiore di organizzazione biologica.

Considerando che un paesaggio nasce dalla coevoluzione delle componenti vegetali, animali e antropiche con un determinato territorio, è importante sottolineare che le tessere componenti l'ecomosaico di base sono anche quelle di tipo antropico. A parità di formazione vegetazionale, per esempio in una foresta di un certo tipo, la tessera si può distinguere anche dalle fasi di sviluppo della fitocenosi: giovanile, adulta, matura, senescente. Una tessera può presentare una differenza strutturale fra la sua fascia di margine e il suo interno, dato che i limiti periferici di solito risentono delle influenze dell'ambiente circostante e possono scambiare qualche specie o mostrare piante con comportamento strutturale diverso da quello di interno (per esempio, per motivi anche solo di luminosità e densità cospecifica).

Per individuare una tessera direttamente "sul campo" è necessario osservare i caratteri della vegetazione (non solo le associazioni fitosociologiche, ma anche eventuali ecotoni o formazioni para-antropiche), della geomorfologia (anche quelli meno appariscenti), degli usi antropici (anche solo parziali), degli habitat faunistici (anche potenziali) e il ruolo dell'area in esame nel contesto paesistico. Anche la forma delle tessere può avere significati nella struttura di un'unità di paesaggio, sicuramente nel suo intorno, soprattutto in rapporto a eventuali direzioni di attraversamento di flussi di energia, materiali e specie.

3.1.4 Configurazioni di elementi

3.1.4.1 Macchia paesistica

Generalizzando il concetto di tessera, Forman e Godron (1986) hanno definito come "macchia paesistica" (*landscape patch*) ogni area che differisce per qualche ragione dal circostante. Un raggruppamento di tessere simili forma propriamente una macchia. Si noti che nella pratica è lecito riferirsi a macchie di tessere, soprattutto dovendo passare da una scala di dettaglio verso una scala di sintesi maggiore. Per esempio, un raggruppamento di campi agricoli seminativi è individuabile come una macchia di tessere a scala 1:25.000, mentre a scala 1:10.000 ogni singolo campo è di solito individuabile come macchia.

Le macchie possono distinguersi anche per la loro origine, dovuta a:

- disturbo (isolato, cronico ecc.);
- reliquato (associabile o no a un disturbo);
- risorsa (biotica o abiotica);
- attività antropica (temporanea o fissa);
- colonizzazione (naturale o antropica).

L'influenza dei bordi di una macchia è proporzionalmente inversa alla sua lunghezza. Le macchie più grandi hanno di solito più specie di quelle piccole. Una macchia circondata da una vastità di elementi di tipo diverso (per esempio, una macchia forestata in mezzo a campi agricoli) si comporta come un'isola e spesso a essa sono applicabili alcuni concetti della nota teoria delle isole (*sensu* Mac Arthur e Wilson, 1967, 1972). Se una macchia è a forma digitata si verificano effetti di penisola (perdita di specie verso la punta) e di interdigitazione (modifica di gradiente con gli elementi circostanti). La densità di macchie su una matrice e la distribuzione spaziale dei loro tipi caratterizza un paesaggio.

3.1.4.2 Corridoio ecologico

Elementi paesistici concatenati lungo una linea formano un corridoio ecologico. Le connessioni di diversi corridoi formano una rete ecologica. I corridoi possono essere più comunemente formati dal reticolo idrologico (fiumi e loro affluenti, canali), dal reticolo stradale (strade, autostrade e ferrovie), da filari alberati e siepi, ma anche dai bordi di grandi macchie rispetto a un esterno molto diverso, per esempio il margine di una foresta rispetto a vaste praterie circostanti o una fascia di aree non costruite intorno a un ambiente urbanizzato. Nello studio della struttura dei corridoi è necessario tenere conto di curvilinearità, nodi, intervalli aperti, connettività, altezza media delle piante dominanti, densità e stratificazione della vegetazione e sezioni trasversali (Fig. 3.4). Si deve aggiungere la necessità di conoscere la densità di corridoi per unità di area in una UdP, misurabile in m/km^2 , e le interferenze fra corridoi naturali e seminaturali con barriere artificiali.

Si deve rilevare che, per corridoio, non si può mai intendere soltanto l'elemento generatore della linearità, come un rivo o una strada, ma vanno comprese anche le sue parti marginali, intrinsecamente caratterizzanti, come un bosco di ripa o un filare alberato.

Interessa, inoltre, notare che sono di particolare importanza i corridoi alberati nelle campagne, elementi che possono anche essere fiancheggiati da una roggia o da una strada poderale e che presentano sovente un dop-



Fig. 3.4 Esempio di corridoio ecologico formato da una roggia con a fianco una strada campestre e tre file di alberi/arbusti. Osio di Sotto (BG)

pio filare, con arbusti alla base. Secondo quanto riportato da Forman e Godron (1986), sembra esserci una larghezza minima per l'efficienza ecologica di tali filari, pari a 12 metri. Questo è un dato significativo, in quanto non si deve dimenticare che i filari e le siepi agrarie svolgono non solo un compito di connessione, ma anche di rifugio per le specie selvatiche. Da uno studio inedito di Ingegnoli e Giglio sono risultati, su 100 metri di siepe di *Prunus laurocerasus*, ben 46 specie di piante ivi rifugiate. Il ruolo è strategico anche per gli insetti, che peraltro hanno sicuri effetti sulla regolazione biologica delle colture, con minore necessità di uso dei fitofarmaci. Purtroppo è noto come tali strutture siano da qualche decennio in forte diminuzione nei paesaggi agricoli di tutta Europa e degli Stati Uniti d'America (Burel e Baudry, 1999).

3.1.4.3 Matrice paesistica

Lo studio dei rapporti fra configurazioni di macchie e corridoi capaci di caratterizzare un paesaggio si può fare solo tenendo conto della cosiddetta matrice paesistica. Tale matrice è formata dalla componente funzionale più estensiva e connessa di una certa unità di paesaggio. Per esempio, la matrice di un paesaggio composta da una serie di tessere di tipo produttivo, quindi con elementi che presentano funzioni di coltivo, rilevabile con presenza >50% dell'area di una UdP, presenta i caratteri di base di un paesaggio agricolo. Nel caso di una UdP formata da una miriade di elementi eterogenei, l'apparato di maggiore funzionalità può anche essere <50%.

È possibile distinguere vari tipi di matrice, in base alla distribuzione dell'elemento dominante sul territorio.

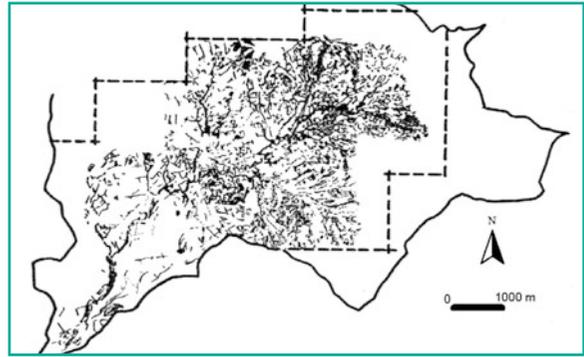


Fig. 3.5 Caratterizzazione di una matrice di paesaggio attraverso la differente "porosità" delle macchie alberate distribuita nel territorio in esame (torrente Magazzolo, Sicilia). Si noti la perdita di struttura delle parti S-O (da: Ingegnoli, 2002)

Così, si può parlare di matrice continua, discontinua o a rete. Forman e Godron propongono di porre in evidenza il concetto di *porosità* della matrice (Fig. 3.5), ossia la densità delle macchie dell'elemento più caratterizzante sul territorio. Si noti, comunque, che il riconoscimento del tipo di matrice non equivale alla definizione del tipo di paesaggio (vedi paragrafo 3.3.2).

3.1.5 Unità di paesaggio e suoi sottosistemi

3.1.5.1 Unità di paesaggio (UdP)

L'individuazione delle unità di paesaggio dipende prima di tutto dalla *struttura geomorfologica del territorio*, come crinali, impluvi, conoidi, giaciture rocciose, faglie, barre, rete idrologica, cambiamenti di pendenza, paleofrane, paleoalvei, terrazzamenti, carsismo ecc., alla quale però si devono aggiungere ulteriori caratterizzazioni (Fig. 3.6) dovute a:

- caratteri storico-geografici (per esempio, aree perturbate, aree influenzate da eventi limitrofi, barriere naturali);
- caratteri storico-antropici (per esempio, infrastrutture differenti, tipi di colture diverse, barriere artificiali, urbanizzazione);
- distribuzione della vegetazione (per esempio, formazioni differenti a parità di substrato, stato ecologico delle macchie forestate).

Si nota che le linee di confine delle UdP non sempre sono bene individuate, nette: talvolta sono delle fasce con gradienti più incerti, come per esempio dei cambi

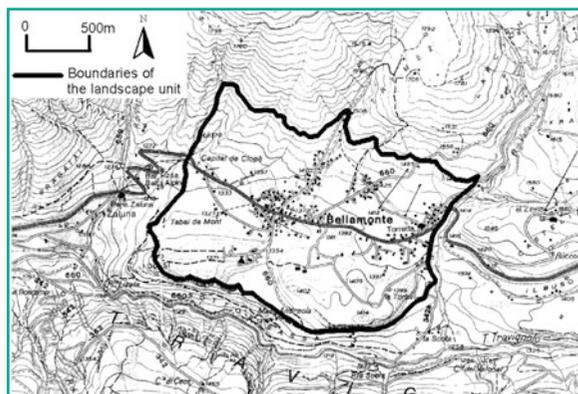
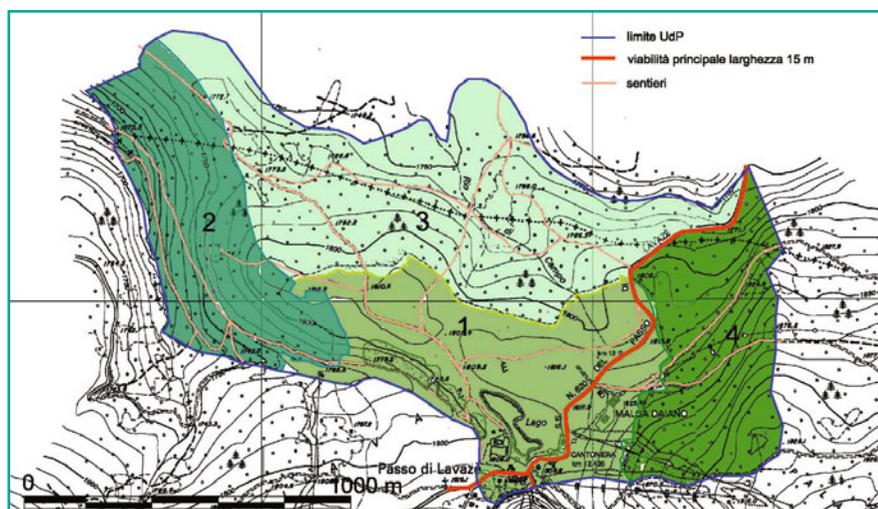


Fig. 3.6 Esempio di unità di paesaggio (UdP), in val di Fiemme, Trentino. I caratteri geomorfologici sono i principali nella definizione di tale unità, ma non sono gli unici: anche quelli vegetazionali e antropici devono essere valutati (da: Ingegneroli, 2002)

di pendenza in un versante a prateria, o come delle frange suburbane rispetto alla campagna. In certi casi, inoltre, si può scegliere di studiare delle UdP “operative”, soprattutto in presenza di barriere artificiali su più di un lato dell’intero territorio. Ciò che importa è rendersi conto degli eventuali limiti di tracciamento dell’UdP, evitando però che il significato ecologico vada perso, cioè che vengano compresi in una stessa delimitazione tipi di paesaggi palesemente contrastanti. In realtà, è proprio ciò che capita nella maggioranza delle delimitazioni comunali, dove un ecologo deve innanzi tutto distinguere in quante UdP possa essere suddiviso il territorio comunale, o in alcuni casi se esso non vada addirittura accorpato con parte del comune limitrofo (vedi le UdP di Mori rappresentate nella Fig. 14.1).

Fig. 3.7 Esempio di divisione di una piccola unità di paesaggio in 4 ecotopi. Si tratta della sella del Passo di Lavazé a quota 1800 (Trentino-Alto Adige). L’ecotopo 1 è di prateria, con una piccola parte urbanizzata, gli altri sono in gran parte coperti da foreste di pecceta subalpina, con radure e trobiere, e si differenziano anche per caratteri geomorfologici e di esposizione



3.1.5.2 L’ecotopo

Anche il concetto di ecotopo si rinnova. L’ecotopo viene inteso non solo come biogeocenosi (biotopo + fisiotopo, *sensu* Vos e Stortelder, 1992), con denotazione ecosistemica, ma anche come espressione di un “ruolo paesistico”, cioè come nicchia territoriale multidimensionale con funzioni legate al contesto del paesaggio di cui fa parte (Fig. 3.7). L’ecotopo, formato almeno da due tipi di tessere (cioè ecocenotopi) diverse, diventa la parte più piccola – multifunzionale e multidimensionale – in cui si può suddividere un paesaggio. Qui si evidenzia la differenza con il concetto di “macchia di tessere”, composta invece da tessere che risultano tutte dello stesso tipo. In casi estremi possiamo avere un ecotopo che presenta un’estensione superficiale inferiore a quella di una macchia di tessere appartenente a un altro ecotopo della stessa UdP. Inoltre, una macchia di tessere è multifunzionale, ma non multidimensionale.

Dato che un insieme di ecotopi può formare una “unità di paesaggio” distinguibile, in certi casi di studio può essere significativo individuare il sottosistema di ecotopi che forma l’UdP.

3.1.5.3 Sottosistema geomorfologico

L’individuazione di differenti *pattern* geomorfologici è sempre da rilevare, soprattutto per verificarne le eventuali interferenze dei processi e per il controllo delle forme di una UdP. Il rilevamento di tali sottosistemi può essere anche complesso e necessita di testi specifici di geomorfologia. Si allega però una figura (Fig. 3.8) del pattern strutturale dell’UdP del lago carsico di Doberdò, in quanto i sottosistemi umido e carsico sono

Fig. 3.8 Geomorfologia dell'unità di paesaggio del Lago di Doberdò, nel Carso triestino. Si deve rilevare che la perimetrazione della riserva naturale del lago carsico comprende solo parzialmente tale sistema (il lago, le due colline e una parte centrale della fascia umida a sud)

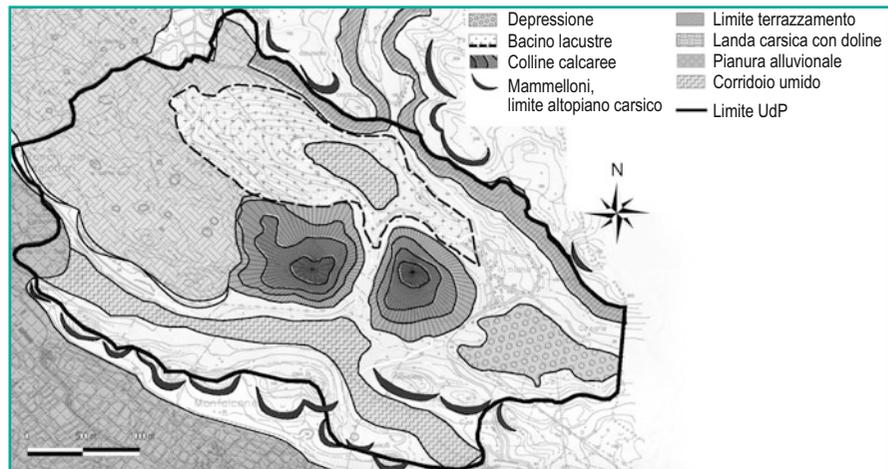
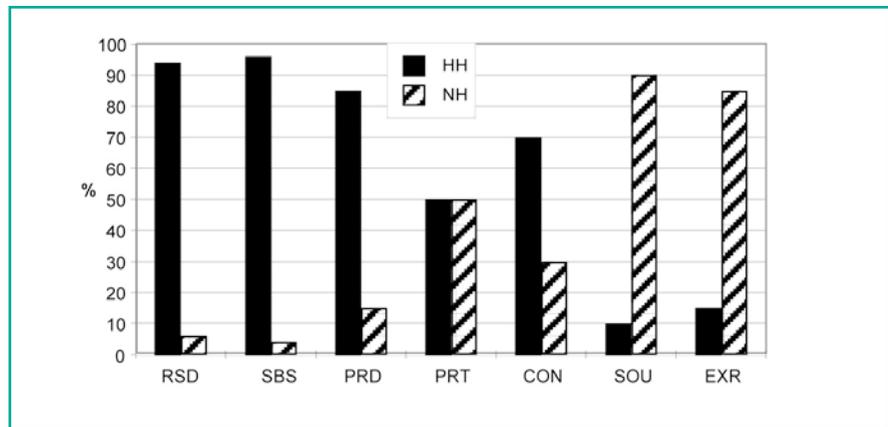


Fig. 3.9 Esempio di proporzionalità fra le componenti di habitat umano (*HH*) e naturale (*NH*) in tessere con funzionalità di apparato paesistico residenziale (*RSD*), sussidiario (*SBS*), produttivo (*PRD*), protettivo (*PRT*), connettivo (*CON*), sorgente (*SOU*), escretore (*EXR*). Valori tipici per l'Europa Centrale (da: Ingegnoli, 2002)



distribuiti in modo disomogeneo e non vengono del tutto compresi nella delimitazione della riserva regionale, con evidenti limitazioni per la conservazione biologica del sistema in esame.

3.1.5.4 Habitat umano e habitat naturale

Per conoscere la struttura del regime funzionale di base di un sistema ecopaesistico, cioè dei processi generali di regolazione naturale o antropica, è necessaria la distinzione, in un'unità di paesaggio, tra habitat umano (HU) e habitat naturale (HN). L'HU è definibile come l'insieme delle aree nelle quali la popolazione umana vive o che amministra in modo permanente, limitando la capacità di autoregolazione dei sistemi naturali. Dove questa capacità invece non è limitata si è in presenza di HN. Tuttavia, nelle macchie e nei corridoi dominati dall'uomo è possibile trovare componenti naturali, come nei paesaggi naturali è possibile trovare elementi antropici (Fig. 3.9). Il mosaico di HN e HU è quindi diverso

dal mosaico dell'uso del suolo, in coerenza al concetto di ecotessuto e la somma percentuale della sua estensione superficiale può essere superiore al 100%.

3.1.5.5 Apparatî paesistici

Le funzioni principali di una UdP formano strutture che si possono distinguere attraverso veri e propri *apparati ecologico-funzionali* (Ingegnoli, 2002) in analogia con gli apparati degli organismi viventi. Ogni tipo di apparato è formato da uno o più sistemi funzionali di tessere, ognuno dei quali è caratterizzato da una funzione dominante cui se ne affiancano molteplici altre: si può parlare infatti di multifunzionalità dei paesaggi (Brandt et al., 2000; Naveh, 2000). Di solito si possono considerare 4-5 apparati tipici dell'HU (per esempio, residenziale, sussidiario, produttivo, protettivo) e 8-10 dell'HN (per esempio, resistente, stabilizzante, ecotonale, resiliente, connettivo, escretore, idrogeologico). Le funzioni di HU comprendono 5 tipi di apparati:

1. *funzioni dell'apparato residenziale* (RSD), per esempio lotti edificati di residenza, aree edificate di servizi di quartiere, aree scolastiche, aree di uffici amministrativi, strade urbane e piazze, aree di parcheggio, aree di culto, aree di mercato ecc;
2. *funzioni dell'apparato sussidiario* (SBS), per esempio aree industriali, capannoni commerciali, stazioni ferroviarie e automobilistiche, reti nazionali di trasporto, reti tecnologiche importanti, aree di grande deposito ecc;
3. *funzioni dell'apparato produttivo, cioè quelle agricole* (PRD), per esempio seminativi, orti, vigneti, oliveti, frutteti, pioppeti, colture foraggere, strade campestri, piccole cascine ecc;
4. *funzioni dell'apparato protettivo* (PRT), per esempio siepi, filari alberati, parchi urbani, grandi giardini, boschetti residuali, corridoi vegetati di protezione in generale, verde sportivo ecc;
5. *funzioni di HU comprese nell'habitat naturale* (HU.HN), per esempio strade forestali, aree di deposito legname, rifugi, piste da sci, captazione sorgenti, corridoi di passaggio di condotte tecnologiche, aree ricreative e sportive, tratturi, recinti per il bestiame, aree di intensivo sfruttamento boschivo ecc.

Le funzioni di HN comprendono invece almeno 10 tipi di apparati:

1. *funzioni dell'apparato resistente* (RNT), per esempio tipicamente le macchie di foresta matura, cioè ogni elemento formato da vegetazione ad alta biopotenzialità territoriale, come BTC (vedi par. 3.2.9 e 7.2.3) di classe standard, VI o VII ecc;
2. *funzioni dell'apparato resiliente* (RSL), per esempio gli elementi a bassa BTC come i prati e gli arbusteti (per esempio BTC di classi standard I, II, III) ecc;
3. *funzioni dell'apparato ecotonale* (ETN), per esempio gli elementi a forte gradiente come le fasce di vegetazione litorale o le fasce di vegetazione seminaturale, cioè elementi che dividono in modo scalare tipi di paesaggi o di unità di paesaggio con forte contrasto ecc;
4. *funzioni dell'apparato stabilizzante* (STB), per esempio elementi con formazioni vegetali capaci di contenere disturbi morfogenetici, come macchie su versanti instabili, barene in lagune tidali, saliceti su greti di fiumi a frequente esondazione ecc;
5. *funzioni dell'apparato connettivo* (CON), per esempio elementi, spesso a corridoio o a *stepping stones*, necessari per connettere le principali aree naturali di un paesaggio o di una sua unità ecc;
6. *funzioni dell'apparato escretore* (EXR), per esempio gli elementi del reticolo idrologico superficiale (ecosistemi acquatici), capaci di depurare i cataboliti provenienti dal mosaico di base entro i corpi idrici ecc;
7. *funzioni dell'apparato idrogeologico* (GEO), per esempio gli elementi dominati da componenti idrologici e/o geologici, come laghi, lagune, aree a roccia affiorante, spiagge, ghiaioni, ghiacciai ecc;
8. *funzioni dell'apparato produttivo naturale* (PRD), per esempio gli elementi vegetati in cui domina la produzione, come tessere forestate in fase giovanile di ricreazione, o certe formazioni erbacee di area umida ecc;
9. *funzioni dell'apparato protettivo naturale* (PRT), per esempio gli elementi vegetati con preminente funzione di riparo di altri elementi, come certi boschi ripariali o macchie capaci di frenare il vento, il salmastro, l'inghiainamento ecc;
10. *funzioni di HN comprese nell'habitat umano* (HN.HU), per esempio parchi e giardini con ruolo di rifugio per specie animali e vegetali autoctone, corridoi alberati e siepi nelle aree agricole, aree ruderali protettive, marcite e pascoli seminaturali ecc.

Si espone (Fig. 3.10) una carta di rilevamento dei principali tipi di apparati antropici naturali in una data UdP, tenendo conto delle intensità di funzione prevalente.

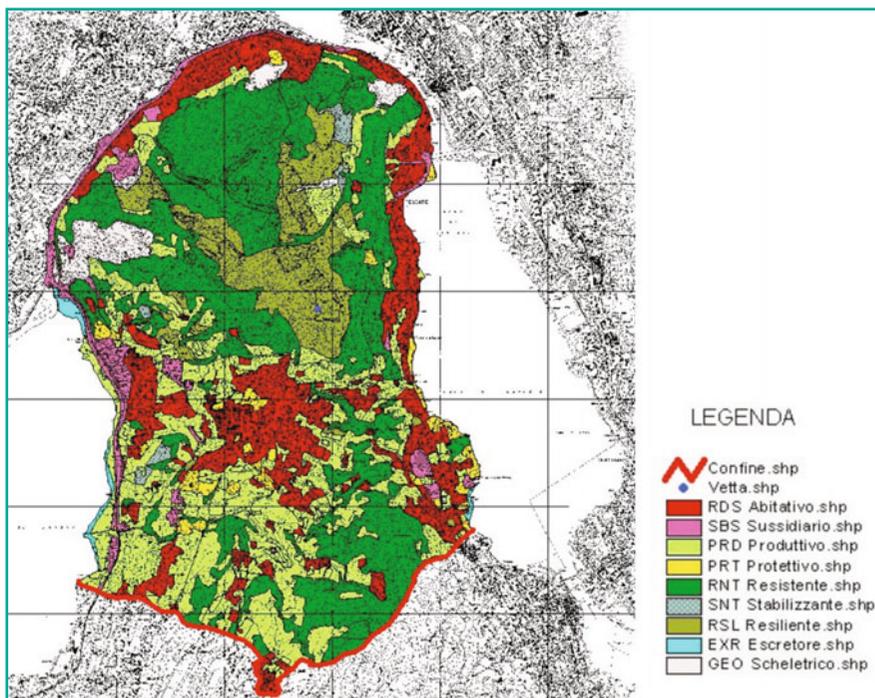
3.2 Processi fisiologici del paesaggio

La struttura condiziona la funzionalità di un sistema, ma sono un certo processo o un insieme di processi che determinano o modificano una certa struttura, adeguandola alle proprie necessità. I processi dinamici che riguardano il paesaggio come livello specifico di organizzazione biologica sono legati alle caratteristiche bioecologiche di questo, ne rappresentano la fisiologia e si possono ricondurre a una decina di grossi gruppi di funzioni, come segue:

1. processi generali di regolazione naturale o antropica;
2. processi legati allo "scheletro" (geomorfologici);
3. processi correlati alla struttura del paesaggio;
4. processi legati alla presenza di delimitazioni;
5. processi di informazione e comunicazione;
6. processi legati alla capacità riproduttiva di un ecotopo;
7. processi legati alla densità di popolazione;
8. processi legati alla capacità di movimento dei componenti;

Fig. 3.10 Unità di paesaggio (UdP) del Parco Regionale del Monte Barro (Lecco), di circa 16 km².

Distribuzione dei principali apparati ecopaesistici. L'apparato produttivo (agricolo) si è circa dimezzato dal 1888 al 1995 a favore della crescita di quelli residenziale e sussidiario



9. processi bioenergetici della vegetazione;
10. processi di biodiversità del paesaggio;
11. processi di sviluppo e di alterazione.

3.2.1 Processi generali di regolazione naturale o antropica

In coerenza al concetto di ecotessuto, e tenendo presente anche il comportamento generale dei sistemi dissipativi (vedi capitolo 2, paragrafo 2.3.6), osserveremo che i processi che stanno alla base dei sottosistemi funzionali del paesaggio HU-HN (habitat umano-habitat naturale) e degli apparati paesistici fanno parte del settore relativo alla *regolazione generale* del paesaggio, come sistema complesso adattativo. Infatti, la caratteristica primaria di un tipo di paesaggio è data dalla propria capacità di regolazione, che può essere del tutto naturale (capacità di autoregolazione bioecologica), oppure seminaturale, con componenti antropiche (quindi con aggiunta di regime sussidiario), oppure antropico (regime in prevalenza sussidiario). Il rapporto di dominanza di HU e i relativi apparati verso HN e i suoi apparati danno un'indicazione precisa della regolazione in questione.

Si deve ribadire che nelle macchie e nei corridoi dominati dall'uomo è possibile trovare componenti na-

turali, come nei paesaggi naturali è possibile trovare elementi antropici, quindi il mosaico di HN e HU è diverso dal mosaico dell'uso del suolo. Si deve inoltre ricordare che negli apparati si considera la funzione dominante, ma in realtà essi sono multifunzionali. Queste sovrapposizioni ricordano ancora una volta la necessità di attenersi al concetto di ecotessuto.

Ricorderemo, ancora, che l'ambiente va considerato secondo *due* accezioni che talvolta possono anche coincidere, ma sono sostanzialmente diverse. La prima è quella della definizione classica: "l'insieme delle condizioni fisico-chimiche e biologiche in cui si può svolgere la vita degli esseri viventi". La seconda deve invece sottolineare il fatto che, "come *spazio vitale*, l'ambiente fa parte della vita stessa". Fra vita e ambiente c'è reciprocità, scambio di informazioni, sapere a priori (vedi capitolo 2, paragrafo 2.2). Questa ragione, aggiunta all'importanza di distinguere innanzi tutto il regime di regolazione generale di un certo paesaggio, porta a ipotizzare che le variabili più significative siano date proprio dai processi generali di regolazione, riassumibili, in estrema sintesi, nella percentuale di HU nel territorio dell'unità di paesaggio in esame. Ipotesi più volte confermata, come si vedrà in seguito.

Si deve osservare, in coerenza a quanto detto su metastabilità e disturbi (vedi capitolo 2, paragrafo 2.3.7),

Tabella 3.1 Dinamica dei principali apparati del paesaggio lagunare di Venezia (valori percentuali)

Apparati ecologici principali	1900	1950	2000
<i>HU prevalente</i>			
RSD residenziale	0,49	2,71	4,25
SBS sussidiario	2,58	4,81	7,34
PRD produttivo	16,99	21,78	18,82
PRT protettivo	7,54	5,80	5,59
<i>HN prevalente</i>			
RNT resistente	1,99	1,40	1,76
STB stabilizzante	14,07	11,02	8,60
ETN ecotonale	7,32	3,95	4,24
RSL resiliente	5,89	5,02	4,25
CON connettivo	3,51	2,81	1,94
EXR escretore	3,64	3,66	4,26
GEO idro(geologico)	35,96	37,03	38,94

che in un sistema complesso adattativo, la multifunzionalità non si esprime in tutti i suoi aspetti quando le perturbazioni sono al minimo possibile. Al contrario, la multifunzionalità ha bisogno di un sistema di vincoli (cioè *constraints*) per poter esprimere in pieno tutte le sue funzioni, data la complementarietà di molte di esse.

La dinamica di insieme di un paesaggio è ben inquadrata dall'analisi degli apparati paesistici, come si può vedere dalla Tabella 3.1, riguardante la laguna di Venezia. Come si nota dalla tabella, gli apparati dell'HU risultano in forte crescita o in fase di stabilizzazione: l'abitativo è aumentato di 8,7 volte, il sussidiario di 2,8, mentre il produttivo è in calo rispetto al 1950 del 13,6% e il protettivo, sempre rispetto a quella data, è stazionario. Diverso è il discorso per gli apparati dell'HN, che presentano vari aspetti, alcuni dei quali molto preoccupanti. Tra questi ultimi si notino:

- l'apparato resistente (RNT) è pressoché stabile, ma decisamente insufficiente, soprattutto in considerazione del forte calo sia delle aree vegetate sia della biopotenzialità territoriale (BTC) media dell'UDP sia dell'apparato ecotonale (ETN); normalmente si dovrebbero avere valori almeno doppi;
- l'apparato stabilizzante (STB) è in forte calo, soprattutto a causa della distruzione delle barene, quindi non più capace di bilanciare l'aumento dell'idrogeologico (GEO);
- l'apparato ecotonale (ETN), legato alle caratteristiche ed estensioni delle fasce di margine, sembra stabilizzato a un livello insufficiente, tanto più che i paesaggi lagunari dovrebbero essere tipicamente macroecotonali fra ecoregioni diverse: qui invece il

gradiente è minimo, al di sotto di ogni necessità naturale. Si rammenta inoltre che i margini di molte componenti di questo paesaggio sono alterati o snaturati dall'uomo, e ciò peggiora la situazione;

- l'apparato connettivo (CON) è in calo e comunque era già assai basso, decisamente al di sotto del necessario.

In altre parole, notevoli trasformazioni si sono verificate in un solo secolo, per gli aumentati impatti antropici (aree industriali, approfondimento dei canali ecc.) e naturali (bradisismo, effetti climatici ecc.). Questo modo sistemico di misurare i cambiamenti risulta, quindi, sintetico ed efficace.

3.2.2 Processi legati allo "scheletro" (geomorfologici)

I processi geomorfologici hanno un ruolo chiave, come è sintetizzato in Figura 3.11:

- sono in grado di modificare e modellare la superficie anche su aree abbastanza ampie e conseguentemente trasferire energia;
- vincolano importanti processi nel sistema ecologico in esame (per esempio, i suoli condizionano lo sviluppo della vegetazione sovrastante).

Sono distinguibili in:

- *morfogenetici*, quali:
 - processi endogeni;
 - processi litorali (marini e lacustri);
 - processi fluviali;
 - processi carsici;
 - processi eolici;
 - processi glaciali;
 - processi periglaciali o crionivali;
 - processi su versanti in clima temperato;
 - processi antropici;
- *pedogenetici*: nei processi di formazione ed evoluzione dei suoli e misti (Tricart e Kilian, 1979).
Conseguentemente, si possono distinguere:
 1. *ambienti geodinamici stabili* (caratterizzati dalla predominanza dei processi pedogenetici), a evoluzione lenta, con tendenza a uno stato stazionario, caratteristici di regioni con attività geodinamica interna e intensità dei processi esterni entrambe deboli. Sono ambienti favorevoli alla formazione e trasformazione del suolo, specialmente se mantenuti con una copertura vegetale a maturità, e possono essere di stabilità recente o a lungo termine;

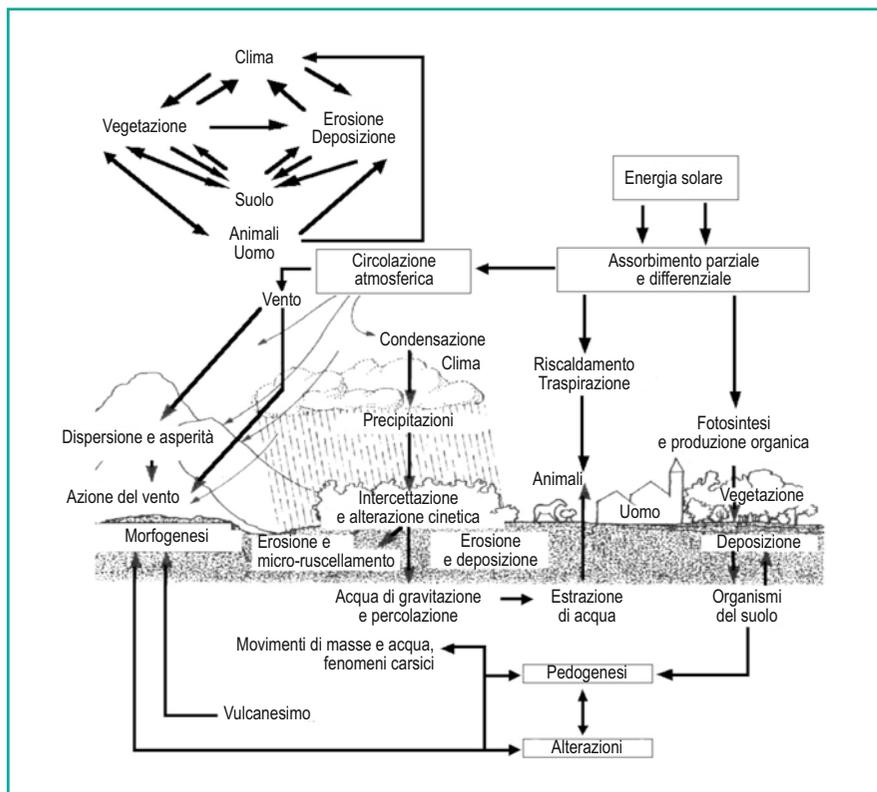


Fig. 3.11 Schema riassuntivo dei principali processi geomorfologici che interessano un paesaggio (da: Ingegnoli, 2002)

2. *ambienti geodinamici instabili* (caratterizzati dalla predominanza dei processi morfogenetici), con assenza di copertura forestale, nei quali la pedogenesi ha estrema difficoltà ad avere luogo, cosicché si formano mosaici di lito- e regosuoli, i terreni sono non coltivabili e soggetti a frane e smottamenti, perché anche una riforestazione può non avere effetti sufficienti; sono riconoscibili grazie alla presenza di rilievi impervi, con forti inclinazioni, geodinamica interna evidente, condizioni bioclimatiche estreme con forti variazioni che muovono e trasmettono grandi quantità di energia;
3. *ambienti geodinamici intermedi* (nei quali vi è la coesistenza e interferenza dei due tipi di processi), con erosione pluviale diffusa, movimenti superficiali del terreno, con la sola possibilità di sviluppo di suoli di base, oppure con movimenti superficiali diffusi di masse di terra, soliflusso e reptazione e nei quali la presenza di una copertura forestale può anche essere non positiva.

Nello studio del paesaggio, gli *aspetti pedologici* vanno studiati in modo dinamico ed evolutivo (Duchaufour, 1983) più che chimico-fisico o classificato-

rio: lo stesso tipo di ambiente pedogenetico non produce sempre gli stessi suoli; suoli e copertura vegetale originatisi su differenti substrati convergono verso un sistema ecologico uniforme.

In estrema sintesi, ricorderemo anche i *processi idrologici*, i movimenti delle acque superficiali, che sono importanti per la loro capacità morfogenetica e richiedono un attento studio delle aree esondabili (per esempio, problemi connessi all'abuso delle aree golenali dei corsi d'acqua, alle loro magre, piene ed esondazioni), senza dimenticare i *processi idrogeologici*, con la dinamica di acqua negli acquiferi e nelle falde sotterranee, pure importanti nello studio dei paesaggi.

La ricerca dei livelli di caratterizzazione biologica dei paesaggi geomorfologici apre oggi campi di studio interdisciplinari di notevole interesse. Per esempio, le distribuzioni di frequenza di proprietà geomorfologiche misurabili (altitudine e pendenza dei monti, sinuosità dei fiumi, estensione della copertura del suolo in UdP, relazioni pendenza-area drenante) sembrano differire in rapporto al grado di bioticità dei paesaggi geomorfologici (Dietrich e Perron, 2006).

3.2.3 Processi correlati alla struttura del paesaggio

Questi processi si possono dividere in tre vasti gruppi:

1. processi *generanti* una certa struttura, come molti disturbi – che sono strutturanti, quando non siano fuori scala – o come attività di popolazioni animali (per esempio, specie “ingegnere”) o umane (per esempio, infrastrutture territoriali) (Ingegnoli e Giglio, 2005);
2. processi *dipendenti da* una certa struttura, soprattutto dalla forma di elementi paesistici (tessere, corridoi) oppure dal *pattern distributivo* di tessere e corridoi in una matrice paesistica (per esempio, gli effetti di interdigitazione, margine, penisola, porosità ecc.) (Forman e Godron, 1986);
3. processi *modificanti* una certa struttura, che possono essere *naturali*, quali incendi, inondazioni, movimenti di terra, fattori climatici, migrazioni di specie, oppure *antropici*, quali urbanizzazione, abbandono dei coltivi, deforestazione, escavazioni ecc. I più importanti di questi processi sono quelli di *frammentazione* e di polarizzazione delle UdP (Forman, 1995; Ingegnoli, 2002).

Fanno parte di questi processi, legati più o meno direttamente alla struttura, alcune fra le più significative funzioni del paesaggio, come:

- i *processi di polarizzazione* che esprimono l’influenza funzionale di uno o più attrattori territoriali in un paesaggio. Tale influenza dipende dalla struttura del territorio e dalla forza degli attrattori. Nei paesaggi antropizzati qualche polarizzazione è sempre presente, mentre in quelli naturali è meno frequente. Un esempio può essere costituito dalla costruzione di un grosso polo commerciale o industriale (attrattore), che stimola la creazione di strade ivi convergenti e, successivamente, di altri servizi disposti in modo da rendere evidente la direzionalità;
- i *processi di frammentazione* che si attuano quando una matrice territoriale, una macchia o un corridoio vengono interrotti dal passaggio di una strada o di un altro elemento in prevalenza lineare (solitamente di origine antropica, ma non solo), con il risultato che la iniziale unità viene spezzata in due o più parti e si verifica un aumento della superficie con caratteristiche ecologiche di *margine* a scapito di quella con caratteristiche ecologiche di *interno*, secondo dei valori ben precisi (Ingegnoli e Giglio, 2005) che

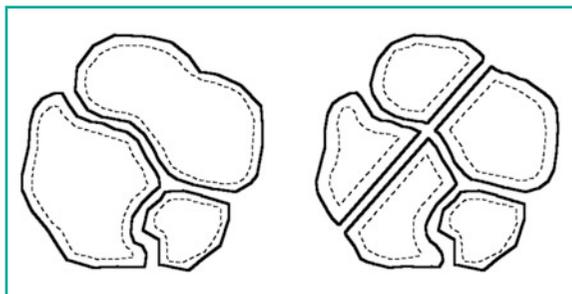


Fig. 3.12 Effetto della frammentazione in macchie forestate. L’introduzione di un nuovo corridoio porta alla diminuzione drastica della superficie delle parti di interno delle macchie. L’area sottratta alla foresta è circa il 6-7%, mentre il decremento delle zone di interno risulta quasi il doppio (da: Ingegnoli, 2002)

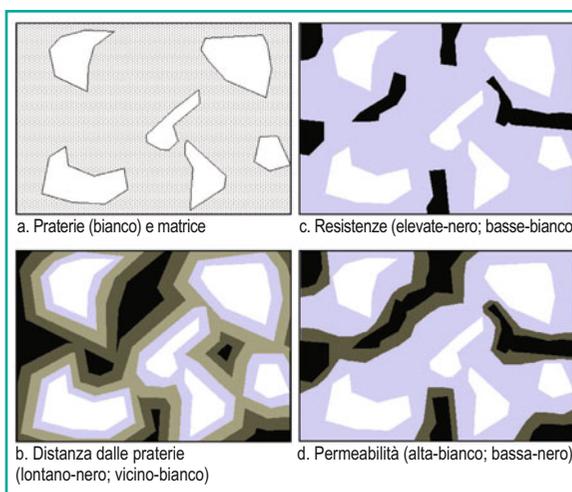


Fig. 3.13 Esempio di apparato connettivo in un paesaggio e sua dinamica, da Burel e Baudry, 1999, ridisegnato. Le praterie sono in bianco: le connessioni fra loro dipendono dalla ruvidità e dalla permeabilità (parte destra) (da: Ingegnoli, 2002)

non sono proporzionali alla dimensione reale del taglio effettuato (Fig. 3.12);

- i *processi di permeabilità* che si verificano quando uno spazio è connesso, cioè non diviso in due o più insiemi aperti, e permette il movimento dei componenti biotici e abiotici. Pertanto, il concetto di *permeabilità* è legato a quello di *connessione*, e quindi a quello di un apparato connettivo. Nella figura riportata (Fig. 3.13) si nota come sei macchie di prato si trovano in una matrice che però contiene anche delle barriere (segni neri) che danno una misura degli impedimenti: la permeabilità si può evidenziare segnando delle fasce di opportuna distanza dalle aree aperte e misurandone la connessione.

3.2.4 Processi legati alla presenza di delimitazioni

I limiti di un paesaggio, o di sue componenti, dipendono dai segni che definiscono il cambiamento nei processi che caratterizzano quel certo paesaggio, nel passaggio da una zona dominata da un processo a un'altra dominata da altri processi. Le delimitazioni possono agire attivamente o passivamente nei confronti dei vari processi: infatti, per la teoria dei sistemi gerarchici, le funzioni che avvengono a livelli più elevati, più lente, vincolano quelle che avvengono a livelli inferiori, e quindi i limiti possono esprimere anche un grado di vincolo per certe funzionalità del paesaggio stesso.

La delimitazione può essere composta da margini netti o da gradienti (*ecotoni*) o da entrambi, e non sempre essa è formata da un elemento tangibile. Le delimitazioni possono esprimere anche un grado di *barriera* o di *filtro* per certe funzioni del paesaggio. L'uomo è molto attivo nel delimitare gli elementi paesistici, e ciò non va considerato sempre come fatto negativo, in quanto potenzialmente strutturante, se però i confini non vengono posti come barriere ai flussi di specie o risorse.

I processi più tipici sono quelli *ecotonali*, che producono molteplici effetti quali: zonazione di flusso, filtro, margine, trasmissione selettiva, evidenza di funzione ecotessutale. Margini e fasce ecotonali acquistano

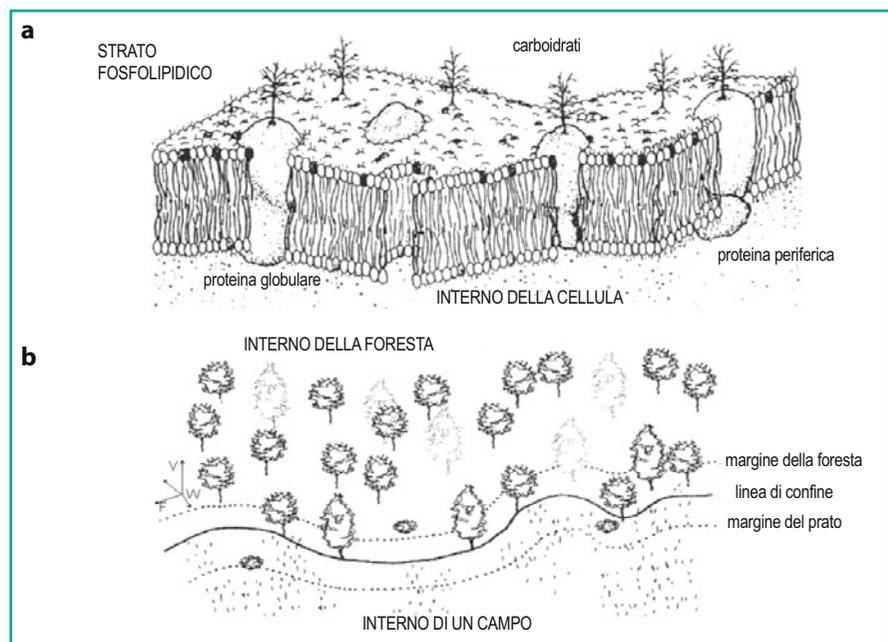
una nuova importanza nell'ecologia del paesaggio, perché essi costituiscono un sistema analogo a quello delle membrane cellulari in un tessuto (Forman e Moore, 1991) (Fig. 3.14).

Per quanto concerne i margini delle macchie interessa rilevare che, da una ricerca compiuta in Canada (Chen et al., 1992) sulle macchie di foresta, è risultato che l'indice DEI (*depth of edge influence*) varia da 1 a 1,5 volte l'altezza media della *canopy* (chiome degli alberi più alti), per cui si può notare che una macchia di 5 ettari con alberi alti 30 metri ha un interno di poco superiore al 50%.

3.2.5 Processi di informazione e coevoluzione

Catene interagenti di organismi e comunità si comportano come reti di informazione in un ecotessuto, tanto che attraverso di esse è possibile il mantenimento di un certo livello di metastabilità. Il paesaggio è un sistema informativo essenziale per i processi di coevoluzione e selezione di gruppo perché la caratterizzazione genetica è legata a tre livelli di scala: cellula, popolazione e paesaggio. Molte popolazioni animali in un nuovo ambiente tendono a perdere variabilità genetica. Per esempio, il tasso di eterozigosità è solo 7% per i vertebrati, 13% per gli invertebrati, 17% per le piante

Fig. 3.14 Caratteri di un margine di elemento del paesaggio, da Forman e Moore, 1992, ridisegnato. Comparazione fra: struttura e funzioni del plasmalemma (a) e struttura di una fascia di margine di una macchia forestale (b) (da: Ingegnoli, 2002)



(Godron, 1984). Inoltre, si nota che l'equilibrio evolutivo attraverso anagenesi e cladogenesi è un processo più legato a cause ecologiche che genetiche. Infatti, la selezione è conservativa: ogni specie vive in un certo ambiente, ma esplora anche ambienti marginali; tale esplorazione di biotopi diversi favorisce il polimorfismo, soprattutto a causa della competizione.

Godron (1984) ricorda che la crescita degli ecosistemi agricoli nell'Olocene rappresenta un nuovo mutualismo che ha prodotto la nascita di paesaggi con elevata circolazione di informazioni. Si può, anzi, affermare (Ingegnoli, 2002) che la strategia evolutiva dei sistemi biologici ha sviluppato le componenti umane per rafforzare le sue reti cibernetiche con la gestione e pianificazione del territorio, a condizione però che l'uomo non alteri il rapporto natura-cultura. Si tenga presente, infatti, che molti fenomeni di riorganizzazione, sia nel disegno del territorio sia nello spostamento di popolazione, apparentemente decisi dall'uomo, hanno in realtà un controllo a livello gerarchico più alto e l'uomo rimane un semplice esecutore inconscio di una necessità ecologica (per esempio, abbandono delle campagne, giardini naturaliformi, reliquati naturali fra i campi ecc.).

L'uomo è una componente del livello biologico di paesaggio e per ciò vincolato, pur non essendone sempre cosciente, da processi che avvengono a scale più generali anche per quanto riguarda le capacità autotrascendenti e auto-organizzanti dei sistemi ecologici a livello di paesaggio e di ecoregione. L'esempio forse più evidente di tali processi è il cambiamento totale di criteri nella progettazione dei parchi e dei giardini a partire dalla rivoluzione industriale nel XVIII secolo (Fig. 3.15).

Con l'avanzare delle industrie e lo stravolgimento nelle campagne, anch'esse industrializzate coi trattori, quindi non più tenute a "giardino arcadico", si è passati dal formalismo architettonico dei giardini alla francese ai criteri naturaliformi dei giardini all'inglese. Tutto ciò apparentemente per cambiamento culturale repentino. Dietro a tale cambiamento, però, c'erano spinte ecologiche oggi evidenti, anche se allora rimasero inconscie. Mediante l'applicazione di appositi indicatori, che verranno di seguito presentati, è possibile dimostrare che cambiamenti ambientali come quelli dei parchi naturaliformi sono in grado di contenere la perdita di metastabilità dei paesaggi rurali in condizioni accettabili. Analogo effetto, su scala anche maggiore, è dimostrabile per il *land abandonment* in seguito a inurbazione con conseguente ricrescita dei boschi (vedi paragrafo 9.3.3).



Fig. 3.15 Cambiamento nel disegno di un parco nella trasformazione di un paesaggio agricolo presso Monza, dovuto a industrializzazione. Villa Gallarati-Scotti, Oreno. Sopra, il giardino formale del XVIII secolo, sotto il parco naturaliforme del XIX secolo (da: Ingegnoli, 2002)

3.2.6 Processi legati alla capacità riproduttiva di un ecotopo

Questi processi si manifestano in modo diverso rispetto a quanto avviene a livello di popolazione. Essi comunque rispondono alle funzioni riproduttive valide per tutti i sistemi biologici (Tabella 3.2). Premesso che la capacità riproduttiva di un ecotopo è essenzialmente dipendente dalla presenza e dalle caratteristiche della componente vegetale, è necessario introdurre i concetti di "evento zero" (Oldeman, 1990) e di "memoria ecologica" (Bengtsson et al., 2003).

Il primo ha il significato di perturbazione letale (per esempio, incendio a piccola e media scala, schianti o taglio raso), il secondo è formato da due parti: regole interne all'elemento paesistico (per esempio, *propagule bank*) e relazioni di contesto (per esempio, filtri di dispersione). Tra i principali fattori in grado di produrre *eventi zero* si riconoscono il fuoco, l'acqua, il vento, l'umidità dell'aria in alcune situazioni, terremoti e movimenti di terra, molte azioni umane, le azioni degli animali, le azioni di microrganismi o gli effetti combinati di più componenti.

Anche la colonizzazione da parte delle specie vege-

Tabella 3.2 Comparazione fra i processi principali di riproduzione di una popolazione animale e di un ecotopo di paesaggio (minima unità)

Rinnovo popolazione	Processi riproduttivi	Rinnovo ecotopo
Gonadi predisposte	Riserva di informazioni	Memoria ecologica (per esempio <i>propagule bank</i>)
Crossing over cromosomico	Mutazioni	Disturbi locali
Cure parentali o nido	Protezione dei giovani	Nicchie di <i>nursery</i>
Competizione e predazione	Selezione ecc.	Competizione e predazione
Morte, spesso differita	Morte della generazione precedente	Perturbazioni cruciali

tali (e talvolta animali) gioca una parte importante nella riproduzione del paesaggio, così come la gestione antropica, se non si dimostra troppo di rapina. La *componente-guida* in grado di riprodurre elementi di una UdP è la vegetazione che infatti, come sappiamo, svolge il ruolo nevralgico nella caratterizzazione di un paesaggio. La colonizzazione dipenderà dalle dimensioni delle tessere e dal loro numero, nonché dall'intensità e ampiezza dell'evento scatenante, rispetto alle dimensioni totali dell'ecotopo. Così si potranno avere:

- il *rinnovamento* dell'ecotopo preesistente o
- la *creazione* di un ecotopo totalmente nuovo.

Nel primo caso (a) il processo di riproduzione rientra nella fase *rigenerativa* di una vegetazione che si trova in una situazione di *fluttuazione* (Falinski, 1998); nel secondo caso (b) il processo di riproduzione deve essere definito come *successione ecologica*, ma nella nuova accezione. Come si vedrà, infatti, nel capitolo sulle trasformazioni (par. 4.2.1), la successione ecologica non può più essere considerata come meccanicistica, mediante stadi serali predeterminati, con arrivo a una fase climax. Questo processo va riaggiornato, secondo la termodinamica di non equilibrio.

Si noterà che anche le popolazioni umane sono colonizzatrici, attraverso un metodo che sovente si ripete con poche varianti e che è simile alla *limitatio* Romana, non a caso riutilizzata negli Stati Uniti e anche in Brasile.

3.2.7 Processi legati alla densità di popolazione

Per studiare questi processi è necessario ricorrere al concetto di habitat standard procapite, HS (misurato in m²/abitante o ha/individuo), inverso della densità ecologica (e non geografica) di popolazione. L'HS si può intendere come la somma dei diversi contributi degli apparati paesistici (vedi paragrafo 3.1.4) alla formazione dello spazio vitale di un organismo (Ingegnoli, 2002).

Anche per una stessa specie, HS cambia in rapporto alla fascia bioclimatica e al tipo di paesaggio.

Nel caso di popolazioni animali, quindi, avremo un HS riferito all'habitat naturale:

$$(HN)HS_N = GEO+EXR+RSN+RSL+CON+PRT +PRD /n. \text{ indiv.} \times Sp \text{ [m}^2\text{/organismo]}.$$

Nel caso di popolazioni umane, quindi, avremo un HS riferito all'habitat umano:

$$(HU)HS_U = GEO+EXR+PRT+PRD+RES+SBS /n. \text{ abitanti [m}^2\text{/abitante]}.$$

Gli ungulati, per esempio, possono avere *home range* molto diversi in paesaggi differenti, ma tali misure si riducono a un unico valore soglia in rapporto alla quantità di HS necessario per tipo di paesaggio (Ingegnoli e Giglio, 2005) (Tabella 3.3). Tale quantità si riferisce più agli apparati che garantiscono un buono stato ecologico-paesistico "di sistema" che non a quelli che forniscono risorse trofiche o climatiche (Reimoser e Gossow, 1996).

È possibile calcolare un HS minimo ottimale, o l'optimum degli standard ambientali, cioè l'esigenza di spazio ecologico (habitat procapite) minimo per un individuo/organismo. Nel caso della popolazione umana, tale habitat standard minimo ottimale HS* calcolato per i paesaggi temperati, sulla base della scienza dell'alimentazione e dei principali sottosistemi funzionali, risulta, per le fasce climatiche boreale, temperata, subtropicale e tropicale, rispettivamente pari a:

- HS* = 1476 [m²/abitante] nella fascia temperata,
- HS* = 1851 [m²/abitante] nella fascia boreale,
- HS* = 1272 [m²/abitante] nella fascia subtropicale,
- HS* = 1014 [m²/abitante] nella fascia tropicale.

Il rapporto $\sigma = HS/HS^*$ (spazio ecologico reale/spazio ecologico teorico minimo) permette di valutare la capacità portante delle unità di paesaggio antropizzate, cioè l'autosufficienza (o capacità portante) dell'habitat umano: questione basilare per gli studi di sostenibilità

Tabella 3.3 Habitat standard (HS) minimi per popolazioni di ungulati presenti in Italia e loro rapporto con i principali tipi di paesaggio e il relativo valore di habitat naturale (HN)

HN %	Tipi di paesaggio	CNG	CAP	CER	CAM	STA
> 90	Naturale alpino	-	-	-	+++	+++
> 90	Naturale forestale	++	+++	+++	+++	++
90-75	Seminaturale forestale	+++	+++	+++	++	+
75-60	Forestale agricolo	+++	+++	++	+	-
60-35	Agricolo protettivo	+++	++	+	-	-
35-10	Agricolo produttivo	+	+	-	-	-
15-5	Suburbano	+	-	-	-	-
< 5	Urbano	-	-	-	-	-
	HS (ha/individuo)	4-5	4-5	15-16	5-6	5-6
	N. sopravvivenza*	10	15	70	60	60

Note: CAM, camoscio; CAP, capriolo; CER, cervo; CNG, cinghiale; STA, stambecco.

*Dati da Perco (1987), ma con la precisazione che si tratta di MVP (*minimum viable population*) di sottopopolazioni di una metapopolazione, altrimenti tali dati sarebbero da aumentare.

e di progettazione ecologica. Si comprende subito, inoltre, come le zone tropicali e subtropicali (e mediterranee) delle terre emerse siano le più densamente abitate.

Nei paesaggi antropizzati si può arrivare a valori di HS nettamente inferiori persino all'HS teorico minimo (HS*). Tuttavia, nei paesaggi agricoli e agroforestali, HS non può scendere sotto valori pari ad almeno 2-3 volte l'HS*, per ragioni di tipo ecologico-economiche, ossia per poter esportare derrate alimentari in modo sicuro. Ciò può spingere (inconsiamente) l'eventuale eccedenza di popolazione a urbanizzarsi per non di-

struggere quel tipo di paesaggio (vedi paragrafo 3.3.6).

Studiando le funzioni delle componenti principali degli apparati antropici in rapporto alla variabile di base, che sappiamo essere l'HU, si arriva a tracciare un grafico riassuntivo (proposto per le fasce temperate) che riportiamo in Figura 3.16.

Questo grafico registra in ordinata la misura di HS [$m^2/ab/ha/100$] come somma delle suddette funzioni, stimate dalle analisi di casi reali e in parte corrette con standard ottimali. Si nota che la curva, dopo una brusca discesa fino ad $HU = 20-30\%$, si biforca nell'intervallo di $HU = 60-70\%$ per rappresentare i due casi tipici di

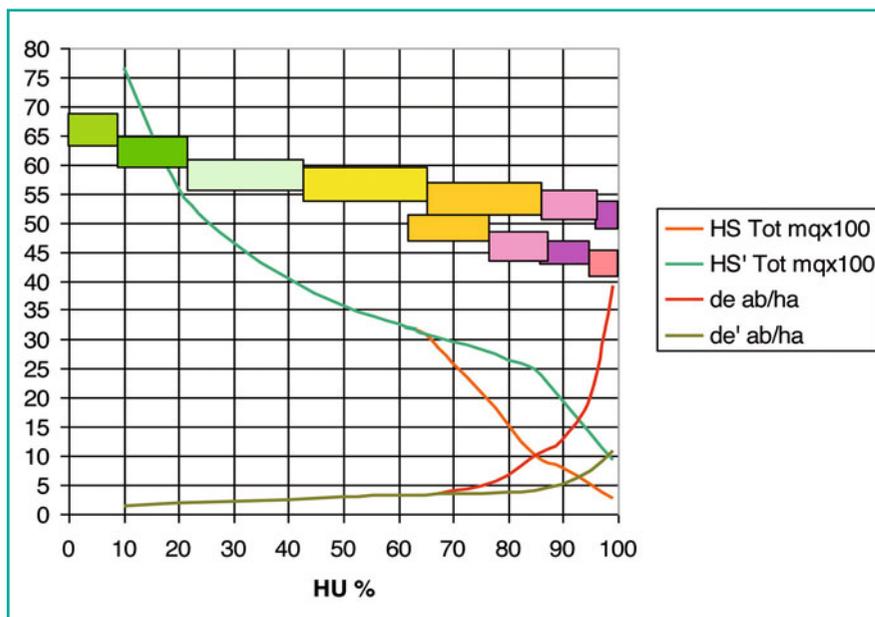


Fig. 3.16 Cambiamento dell'habitat standard (HS) in rapporto all'habitat umano (HU) e intervalli di presenza dei principali tipi di paesaggio (a colore). In basso, curve di densità ecologica (*de*). Si noti che dopo $HU = 65\%$, tutte le curve si biforcano, a seconda della tendenza di tipo rurale o tecnologica. I segmenti colorati rappresentano i diversi tipi di paesaggio: da sinistra, naturale forestale, seminaturale forestale, agricolo forestale, agricolo protettivo; in alto agricolo produttivo, suburbano, urbano, a cui in basso si aggiunge l'urbano denso

sviluppo (a) rurale, suburbano-rurale, urbano aperto (colore verde), (b) rurale-tecnologico, suburbano-industriale, urbano chiuso (colore arancio). Sovrapposta a detto andamento è la sequenza dei principali tipi di paesaggio (rettangoli colorati): da sinistra a destra, naturale-forestale, seminaturale, agricolo-forestale, agricolo protettivo, agricolo produttivo, suburbano, urbano. In basso la curva esponenziale delle densità ecologiche in abitanti/ha, che si biforca anch'essa, dopo un tratto di lenta crescita nell'intervallo $HU = 10-65$. Il ramo più basso corrisponde alla precedente sequenza (a), quello in rosso con crescita esponenziale alla tendenza tecnologica.

3.2.8 Processi legati alla capacità di movimento dei componenti

Sono distinguibili in base ai vettori da cui dipendono e che possono essere biotici (animali e uomo) e abiotici (vento, acqua, fluidi, gravità), oppure a seconda che siano attivi o passivi. Sono inoltre differenziabili, in base all'entità di spostamento, in movimenti che si verificano all'interno del paesaggio in esame, all'interno di un suo elemento componente o che invece interessano scale più ampie e, quindi, più paesaggi (per esempio, le migrazioni dei grandi mammiferi in Africa).

Grande rilevanza assume il concetto di *connettività* fra elementi del paesaggio, in cui si possono distinguere fattori di connessione e circuitazione, ma anche differenze fra corridoi propri, impropri ed ecotopi a funzione di connettivo. Può essere inserito in questo capitolo (come pure nel successivo) il concetto di *source and sink* (sorgente e gorgo), relativo a tessere capaci di esportare risorse piuttosto che tessere che disperdono risorse, che conduce ai concetti di *metaclimax*¹, cioè insiemi interconnessi di subunità a stadi evolutivi diversi e di *metapopolazione*. Ogni sottopopolazione è connessa dalla dispersione di individui a una metapopolazione che cambia in dimensione nel tempo e può così persistere per lunghi periodi. Processi di estinzione e ricolonizzazione prendono parte alla dinamica di metapopolazione.

Il concetto di resistenza di un paesaggio e quindi del suo opposto, la permeabilità, torna in primo piano. Flussi di ingresso e uscita di energia e informazioni

(ma anche specie e risorse) seguono anche in un paesaggio la basilare legge ecologica della "quantità opportuna", non troppo, non poco, ma abbastanza (Zonneveld, 1995), per esempio:

- troppo input (per esempio, avvelenamento per eccesso di nutrienti);
- non abbastanza input (per esempio, sottosviluppo per deficienza di nutrienti);
- non abbastanza output (per esempio, superaccumulo, quindi intasamento);
- troppo output (per esempio, forti perdite, quindi grande carenza);
- flusso normale (per esempio, proporzionale alla distanza);
- flusso indifferenziato (per esempio, passaggio diffuso di specie);
- flusso orientato (per esempio, specie attratte da certe tessere).

Un tipico sistema di spostamento di notevole importanza è costituito dal reticolo fluviale, perché nel paesaggio esso svolge anche il compito di apparato *escretore*. Infatti, la capacità di depurazione dei cataboliti provenienti dagli ecosistemi circostanti è dovuta alla struttura e alle funzioni del corridoio complesso formato dal fiume e dalla vegetazione di ripa (Ingegnoli, 2002). Un altro sistema di spostamento è legato ai processi di movimento di substrati rocciosi e loro interazioni con la vegetazione (Ingegnoli e Giglio, 2005). Interessa rilevare anche i movimenti del vento e i conseguenti effetti di trasporto dell'acqua e della neve su particolari tipi di elementi del paesaggio. Forman e Godron riportano studi sulla funzione di protezione a tali movimenti (che possono essere anche distruttivi) di filari alberati (seminaturali) nei campi agricoli. Un filare alberato protegge la tessera controvento fino a una distanza di 6-7 volte la sua altezza media (H).

Nello studio di una unità di paesaggio (UdP) può essere utile quantificare i movimenti principali nei due sottosistemi di habitat umano (HU) e habitat naturale (HN). Questi si possono riassumere come segue:

- *HU*: a) pendolarismo della popolazione e flusso turistico, b) traffico su strada e rotaia di passeggeri e merci, c) flussi di scambio (importazione/esportazione) di energia e materie prime, d) input-output per prodotti industriali, e) scambio di prodotti agricoli;
- *HN*: a) flussi idrici superficiali e profondi, b) movimento (e direzioni) di animali, c) produzioni forestali, d) trasporto di risorse estrattive.

¹ Si mantiene qui il termine *metaclimax* per comodità, nonostante il concetto di *climax* non sia più scientificamente valido (come si dimostrerà più avanti).

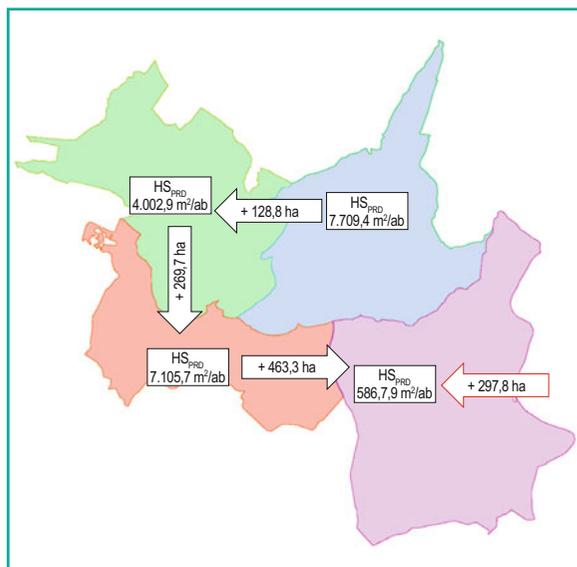


Fig. 3.17 Movimenti del fabbisogno teorico di derrate agricole (espresso in ha equivalenti) calcolato in proporzione all' HS_{PRD} e alle aree PRD esistenti, per ogni unità di paesaggio (UdP) del comune di Mori. UdP1 Mori fondovalle (*lilla*), UdP2 Loppio fondovalle (*rosa*), UdP3 bassa val Gresta (*verde*), UdP4 versante Sud Biaena (*azzurro*). Si noti che il sistema necessita l'apporto del prodotto di almeno 300 ha di aree agricole dall'esterno per poter bilanciare il fabbisogno locale minimo. Risulta che l'UdP 1 di Mori fondovalle è palesemente eterotrofa

In particolare è utile avere dei dati sulle eventuali eccedenze (o carenze) agricole, sia perché si possono verificare i dati sul movimento sia perché si può controllare quali debbano essere i limiti alla trasformazione delle aree coltivate. Soprattutto è necessario analizzare i movimenti agricoli nei territori municipali composti da diverse UdP (Fig. 3.17). L'esempio è basato sul territorio di Mori (TN): utilizzando gli indicatori di habitat standard produttivo procapite HS_{PRD} [m^2/ab] si nota che su 4 unità di paesaggio, tre sono in grado di esportare derrate agricole, ma anche se queste fossero mirate al consumo di Mori, non basterebbero, dato che nella UdP1 si ha un $HS_{PRD} = 586,7 m^2/ab$ invece dei minimi teorici $HS_{PRD} = 1050,0 m^2/ab$. Tenendo conto dei consumi locali per UdP, con un coefficiente di sicurezza di 1,5, avremmo un bilancio (anno 2007) che necessita di area produttiva (PRD) aggiuntiva per l'UdP1 di almeno 761,1 ha. Potenzialmente, le UdP vicine potrebbero contribuire per 463,3 ha, quindi è necessario un movimento in entrata di prodotti agricoli derivati da circa 297,8 ha provenienti da territori esterni.

Inoltre, può essere significativo il movimento del-

l'urbanizzazione, che è in vari casi oggi assai consistente e si può misurare in ha/anno.

3.2.9 Processi bioenergetici della vegetazione

Per studiare questi processi, correlati con il concetto di metastabilità, è necessario riferirsi a una funzione dei mosaici vegetati detta *capacità biologica o biopotenzialità territoriale*, abbreviata come BTC (Ingegnoli, 1991, 2002; Ingegnoli e Giglio, 1999). Essa si basa su:

- il concetto di *resistance stability* (Odum, 1971);
- i principali tipi di ecosistemi vegetati della biosfera (Whittaker, 1975);
- i loro dati metabolici (biomassa, produttività primaria, respirazione, R/PG, R/B).

La BTC misura il grado di capacità metabolica relativa e il grado di mantenimento antitermico relativo dei principali ecosistemi vegetati, in $Mcal/m^2/anno$. La BTC misura quindi il flusso di energia che un sistema ecologico deve dissipare per mantenere il suo livello di ordine e metastabilità. L'equazione della

$$BTC = 0,89 \Omega - 0,0054 \Omega^2 [Mcal/m^2/anno]$$

[dove: $\Omega = (a_i + b_i) R_i$; $a_i = (R/GP)_i / (R/GP)_{max}$; $b_i = (dS/S)_{min} / (dS/S)_i$; essendo: R = respirazione, GP = produttività lorda, $dS/S = R/B =$ rapporto di mantenimento della struttura, $i =$ principali ecosistemi di vegetazione della biosfera].

Questa equazione permette di sviluppare, con debiti riscontri sul campo, un metodo di stima della qualità ecologica e del livello di BTC delle tessere vegetate di una UdP, come si vedrà più avanti (vedi par. 5.1.2). Ciò rende possibile l'elaborazione di una misura della BTC media per ogni UdP e, di conseguenza, l'individuazione di *soglie regionali di trasformazione* del paesaggio e il *controllo delle maggiori dinamiche* paesistiche in atto, anche sotto influenza antropica. In analoga maniera consente di rapportarsi alle situazioni passate e di predire gli andamenti futuri.

Attraverso tale funzione, si può dimostrare che la massima metastabilità di un paesaggio non può essere la somma delle massime metastabilità dei suoi elementi. Si può anche rilevare il "deficit di trasformazione", cioè la quantità di energia persa dopo una perturbazione distruttiva (fuori scala) come si nota dalla Figura 3.18.

Inoltre, si può evidenziare la stretta correlazione esi-

stente all'interno di una unità di paesaggio fra i diversi gradi di HU e HN e la relativa BTC media, correlazione che permette – fra l'altro – di distinguere i vari tipi di paesaggio (Ingegnoli, 2005). Si può anche stabilire una serie di classi di BTC con ampiezza variabile geometricamente in proporzione a insiemi di tipologie di vegetazione reperibili nei paesaggi. Tali classi sono risultate in numero di 7 per i paesaggi di tipo temperato, ma possono essere 8-9 qualora si vogliano comprendere anche i paesaggi tropicali. La caratterizzazione delle varie UdP in esame attraverso tali classi permette di compiere elaborazioni di notevole interesse sia teorico sia applicativo, come vedremo.

Per dare l'idea degli ordini di grandezza dei vari livelli di BTC per tipi di elementi vegetati in un paesaggio, è stato condotto recentemente uno studio su un gruppo di 23 tipi di vegetazione che risultano essere i più frequenti (o significativi) nell'Italia del Nord e in parte del Centro, dei quali 12 sono di vegetazione naturale e 11 para-antropica. Sono state esaminate rispettivamente 184 e 152 tessere, riportando le medie e le deviazioni standard dei parametri più importanti, quali: altezza, volume di fitomassa, qualità ecologica e BTC, stimata in $\text{Mcal/m}^2/\text{anno}$. La Figura 3.19 riporta il grafico relativo a quanto sopra esposto.

Si deve osservare che dal grafico risulta un quadro dello stato attuale medio dei tipi di vegetazione. Lo stato ecologico delle foreste non sembra di grande qualità, visto che le formazioni con BTC più elevata sono le peccete ($\text{BTC} = 7,19 \pm 0,94 \text{ Mcal/m}^2/\text{anno}$), seguite dalle faggete ($\text{BTC} = 6,86 \pm 0,65 \text{ Mcal/m}^2/\text{anno}$) e dai quercu-carpineti ($\text{BTC} = 6,64 \pm 0,98 \text{ Mcal/m}^2/\text{anno}$) anche se nettamente migliori dei boschi antropici come i castagneti ($\text{BTC} = 5,15 \pm 1,15 \text{ Mcal/m}^2/\text{anno}$) e i robinieti ($\text{BTC} = 4,33 \pm 1,26 \text{ Mcal/m}^2/\text{anno}$).

È stato dimostrato, con uno studio nel comune di Mori (TN, 35 km^2), che la correlazione fra BTC e biodiversità specifica delle tessere di bosco è bassa (vedi capitolo 13, Fig. 13.8): pertanto è l'organizzazione strutturale e funzionale delle tessere a contare maggiormente della biodiversità nel verificare lo stato ecologico della vegetazione forestale.

3.2.10 Processi di biodiversità del paesaggio

Le modalità di studio delle funzioni di biodiversità sono molte, dato che i paesaggi sono sistemi ipercomplessi.

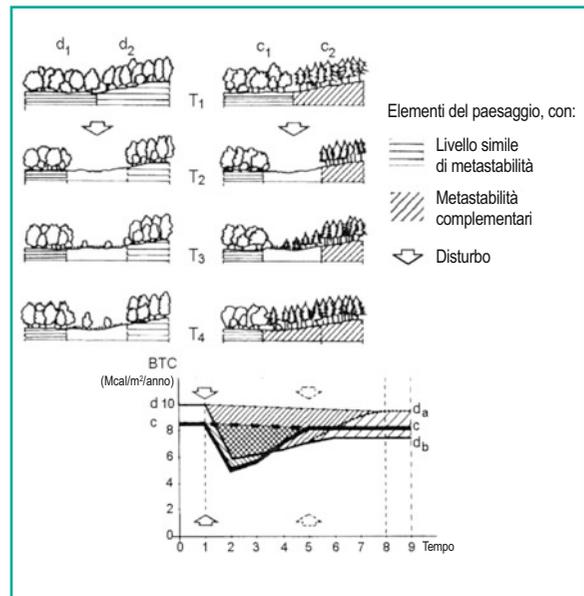


Fig. 3.18 La massima metastabilità di un paesaggio non può essere la somma delle massime metastabilità dei suoi componenti. Si noti il “deficit di trasformazione” rappresentato dalla retinatura del triangolo complesso rispetto all’andamento potenziale in assenza di perturbazioni (da: Ingegnoli, 2002)

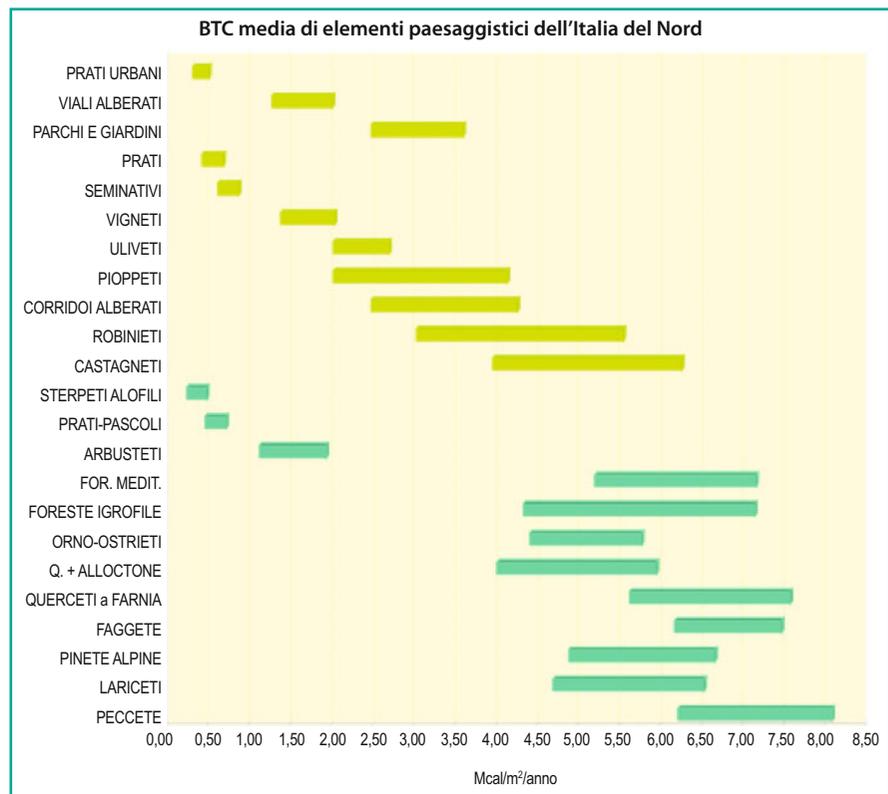
Diversità di specie nei paesaggi: relativamente alla sequenza *Quercetum ilicis-Macchia-Gariga-Aree agricole* – sequenza che presenta un numero di specie crescente – come nota Sandro Pignatti (1998), le fitocenosi più evolute mostrano una biodiversità di specie nettamente inferiore a quelle meno evolute. La necessità di ridurre la ridondanza nei sistemi più ordinati è palese. Nonostante ciò, un paesaggio non può essere composto solo da tessere ed ecotopi a bassa diversità.

Diversità dei tipi di elementi di una UdP: Si noti che l’uso del suolo non corrisponde del tutto ai tipi di elementi ecologico-paesistici.

Le funzioni principali di biodiversità sono tre:

1. *diversità paesistica strutturale* $\psi = H \times (3+D)$ [dove: H = eterogeneità (Shannon), D = dominanza, entrambe misurate sul numero dei tipi di tessere presenti nell’UdP] (da Ingegnoli e Giglio, 2005);
2. *diversità delle relazioni fra i componenti nell’organizzazione dei sistemi ecologici, cioè valutazione della diversità paesistica di apparato* $\omega = H \times (3+D)$, dove H e D si misurano sull’estensione relativa di ciascun tipo di apparato;
3. *diversità della distribuzione di BTC in una UdP, cioè diversità paesistica funzionale* $\tau = H \times (3+D)$, mi-

Fig. 3.19 Capacità biologico-territoriale media della vegetazione, stimata secondo BTC = [Mcal/m²/anno], ricavata dall'elaborazione di circa 350 rilievi di tessere di varie tipologie nell'Italia del Nord, negli anni 2001-2009. In verde chiaro la vegetazione para-antropica, in scuro quella naturale



surata sull'estensione relativa di ciascuna delle classi standard di BTC.

Biodiversità complessa di paesaggio. Dovendo tenere conto contemporaneamente delle diversità di elemento, di apparato e di distribuzione della biopotenzialità territoriale della vegetazione, consideriamo un indice CLD (*complex landscape diversity* o diversità paesistica complessa) $CLD = \psi \times \omega \times \tau$.

La correlazione di CLD rispetto all'habitat umano (HU) è evidenziata nel grafico sperimentale (Fig. 3.20), la cui funzione polinomiale presenta un massimo (220) per HU = 42-43 (% UDP), corrispondente a paesaggi agricolo-forestali. I paesaggi di più alta naturalità (HU < 20) hanno CLD minore (CLD = 140-180), ma non così basso come i paesaggi urbanizzati (CLD = 90-120). L'andamento di questa funzione è importante in quanto dimostra che la naturalità e la biodiversità non sono in parallelo e, inoltre, sottolinea la necessità di riferirsi alla biodiversità di paesaggio, non solo a quella specifica, negli studi e nelle applicazioni dell'ecologia. Ciò può cambiare l'approccio al tema della conservazione biologica, come vedremo. Infine, la funzione di biodiversità complessa è utilizzabile anche per la co-

struzione di un modello di metastabilità complessa del paesaggio.

3.2.11 Processi di sviluppo e di alterazione

Relativamente ai processi di sviluppo e alterazione, in questo paragrafo ci limiteremo solo ad alcuni cenni, perché questi processi sono talmente importanti da costituire un capitolo a sé stante e che riguarda le trasformazioni. Va però ricordato, premesso e ancora una volta accuratamente sottolineato, che un paesaggio è uno specifico livello di organizzazione della vita sulla Terra, quindi un'entità vivente. Certamente non ha le stesse caratteristiche di un organismo individuo, ma molte delle proprietà dei sistemi biologici sono in comune a tutte le entità viventi, sia pure con modalità di espressione diversa. Va ricordato, ancora, che si tratta di sistemi ipercomplessi e adattativi, quindi formalizzabili solo per certi aspetti. Non dimentichiamo, di conseguenza, *l'insolubile legame fra fisiologia e patologia*, dato che la rimozione di un disturbo richiede la comprensione del processo "normale" che, però, si riesce a capire proprio attraverso un disturbo. Non si può studiare

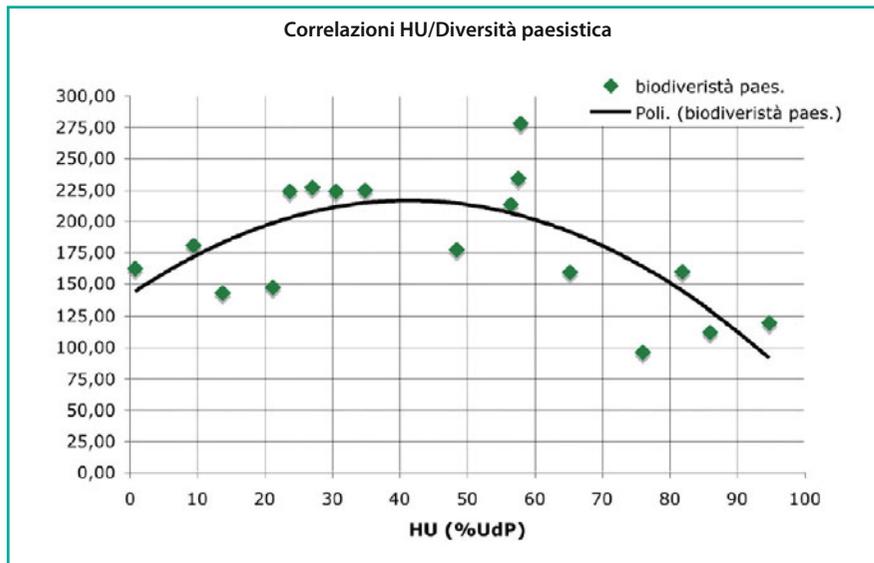


Fig. 3.20 Curva sperimentale della biodiversità complessa di paesaggio:
 $CLD = \psi \times \omega \times \tau$. Si noti che la massima biodiversità ecologico-paesistica non corrisponde con la massima naturalità (cioè $HU < 10$), ma si riscontra con valori di HU fra 35 e 45 circa

un sistema complesso, un “tutto organico”, cioè un’entità globale, solo attraverso il comportamento delle sue componenti, a causa del già citato principio delle proprietà emergenti. Ciò conferma il rifiuto epistemologico del riduzionismo, come espresso nel primo capitolo.

In questo quadro i tentativi, anche brillanti, di cercare processi matematici di evoluzione dei futuri scenari di un paesaggio, possono diventare fuorvianti, anche se si volessero prendere in considerazione alcuni concetti e alcuni parametri di Forman, di Ingegnoli o di Naveh. Bisogna comprendere che, al di fuori dell’indirizzo bionomico, il concetto di equilibrio ecologico del paesaggio non può essere mai veramente chiarito, per le ragioni sopra esposte.

Ciò non significa che sia impossibile valutare le corrette dinamiche di sviluppo di un paesaggio, tutt’altro: ma è indispensabile seguire un metodo “clinico-diagnostico”, come in medicina. Come vedremo, il concetto di base di tale metodo è la definizione di *normalità* della salute, cioè dello stato bioecologico del sistema iper-complesso, mentre per quanto riguarda i processi di alterazione si dovrà parlare di sindromi del paesaggio.

3.3 Classificazione dei paesaggi

3.3.1 Importanza della classificazione

Nello studio di un paesaggio, o di alcune sue unità (UdP), è indispensabile capire che tipo di paesaggio si sta esaminando. Per comprendere appieno questa ne-

cessità, ci dobbiamo riallacciare al paragrafo precedente, che considera come cruciale il metodo clinico-diagnostico e quindi il concetto di normalità: infatti, se per una valutazione diagnostica dello stato bioecologico di una UdP dobbiamo confrontare i dati dello stato attuale con gli opportuni valori di normalità, siamo obbligati a conoscere il tipo di paesaggio in esame. Gli intervalli di normalità non vanno bene per ogni tipo di paesaggio, ma devono necessariamente essere calibrati su ciascun tipo di paesaggio. In caso contrario, sarebbe come se considerassimo gli intervalli di normalità delle analisi cliniche pediatriche alla pari di quelli delle geriatriche, oppure, nel campo dei medici veterinari, considerassimo le analisi cliniche per un equino con gli stessi intervalli di normalità di quelle di un cetaceo o, peggio, di un anseriforme. Del resto, è immediatamente chiaro a tutti che molti parametri accettabili in un paesaggio suburbano-tecnologico di una pianura continentale, non possono essere ritenuti buoni per un paesaggio agricolo-protettivo di un litorale mediterraneo.

Sino a oggi, tuttavia, le proposte di classificazione dei paesaggi sono sempre state assai limitate, quasi sicuramente per il fatto che la definizione di paesaggio era comunque ancora generica, quando non ancora legata al concetto di supporto geografico per le attività delle comunità naturali o antropiche. Dovrebbe essere evidente che per classificare un paesaggio è necessario avere ben chiaro cosa si intenda per tale termine. A scala esclusivamente geografica già da decenni si parlava di tipi diversi di paesaggio, ma non si andava al di

Tabella 3.4 Presenza dei principali apparati paesistici nella tipizzazione dei paesaggi (da: Ingegnoli, 2002)

Geo	Exr	Stb	Rsl	Con	Prt	Prd	Rsd	Sus	Tipi di paesaggio:
++	-	-	+-	-	-	-	-	-	Deserto
++	-	-	++	-	+-	-	-	-	Semi-deserto
-	+-	-	++	++	+-	+-	-	-	Prateria
+-	+-	+-	++	+-	++	+-	-	-	Prateria arbustiva
++	+-	+-	+-	+-	+-	+-	-	-	Steppico-arbustivo
+-	++	++	++	+-	++	++	-	-	Forestale aperto
-	+-	++	+-	++	++	+-	-	-	Forestale chiuso
+-	+-	++	++	+-	+-	++	-	+-	Semi-naturale ad alta biomassa
+-	+-	+-	+-	+-	+-	++	-	+-	Semi-naturale a bassa biomassa
+-	++	+-	++	++	++	++	+-	-	Agricolo protettivo
+-	+-	-	++	-	+-	++	+-	-	Agricolo produttivo
+-	+-	-	+-	-	+-	++	+-	+-	Rurale
+-	+-	-	+-	-	+-	+-	+-	+-	Suburbano-rurale
+-	+-	-	-	-	+-	-	+-	++	Suburbano-industriale
+-	++	-	-	+-	++	-	++	+-	Urbano aperto
-	+-	-	-	-	+-	-	++	++	Urbano chiuso (denso)

Con, connettivo; Exr, escretorio; Geo, geologico; Prd, produttivo; Prt, protettivo; Rsd, residenziale; Rsl, resiliente; Stb, stabilizzante; Sus, sussidiario; ++, presenza piena; +-, presenza parziale; --, assenza.

là di denominazioni del tipo: paesaggio alpino di fondovalle, paesaggio siculo del litorale agrigentino, paesaggio toscano di collina ecc.

3.3.2 La classificazione ecologica dei paesaggi

Secondo Naveh e Lieberman (1984), tenendo conto dei flussi di energia, materia e input di informazioni che caratterizzano bio- e tecno-ecosistemi e loro intrecci, seguendo la direzione dell'aumento di artefatti umani, si può esplicitare una classificazione di base dei paesaggi secondo la seguente sequenza:

- paesaggio naturale;
- paesaggio seminaturale;
- paesaggio semiagricolo;
- paesaggio agricolo;
- paesaggio rurale;
- paesaggio suburbano;
- paesaggio urbano-industriale.

A ciò va aggiunta la collocazione geografica del paesaggio stesso: per esempio paesaggio naturale dolomitico, paesaggio agricolo senese ecc. Si possono classificare di conseguenza centinaia di paesaggi.

Secondo Forman e Godron (1986), ci si poteva limitare ai 5 tipi di base (naturale, seminaturale, agricolo, suburbano, urbano), ma si poteva arrivare a un dettaglio

maggior tenendo conto di sei pattern spaziali del tipo:

- a larghe macchie;
- a piccole macchie;
- dendritico;
- rettilineo;
- a scacchiera;
- interdigitato.

Queste modalità di ordinazione presentano carenze che impediscono loro di essere utilizzate nello studio della bionomia del paesaggio. La principale di tali carenze sta nella sproporzione fra la dizione "paesaggio naturale" (uno soltanto) e gli altri tipi, tutti antropici.

In realtà, basandosi sulla compresenza degli *apparati paesistici*, si può arrivare a una classificazione più consona alla bionomia del territorio e con maggiore equilibrio fra le forme naturali e quelle antropiche. Infatti, anche limitandosi alle possibili relazioni dei più comuni apparati (geologico, escretore, stabilizzante, resiliente, connettivo, protettivo, produttivo, residenziale, sussidiario) Ingegnoli (Tabella 3.4) ha proposto la seguente sequenza di paesaggi: desertico, semidesertico, prativo, prativo-cespuglioso, arbustivo, forestale aperto, forestale chiuso, seminaturale ad alta biomassa, seminaturale a bassa biomassa, agricolo-protettivo, agricolo, rurale, suburbano-rurale, suburbano-industriale, urbano aperto, urbano chiuso.

Come si vede, si passa da 5-7 tipi di base a 16 tipi, di cui solo 7 antropici, 2 seminaturali e 7 naturali.

Anche in questo caso ovviamente si devono aggiungere le specificazioni di area geografica, per cui si possono classificare migliaia di tipologie. Se si rimane nelle zone temperate, i tipi di paesaggi più frequentemente presenti sono:

- forestale temperato naturale;
- forestale boreale-alpino naturale;
- forestale temperato seminaturale;
- forestale misto seminaturale;
- forestale turistico (collinare o alpino);
- agricolo-forestale (collinare o alpino);
- agro-silvo-turistico (collinare o alpino);
- agricolo protettivo (planiziare o collinare);
- agricolo produttivo (planiziare o collinare);
- suburbano rurale (planiziare o collinare);
- suburbano tecnologico (planiziare o collinare);
- urbano (e urbano denso, planiziare o collinare);
- nel capitolo 9 si riportano i caratteri ecologici dei dieci tipi più comuni di paesaggio riscontrabili in Europa, espressi con parametri e indicatori opportuni (vedi Tabelle 9.14 e 9.15).

3.3.3 Sistemi paesistici

Il livello di organizzazione biologica superiore a quello di paesaggio si può definire relativo alle *ecoregioni*. Alcuni biogeografi, come Bailey (1996), hanno suddiviso le terre emerse in 30 regioni di macroscale,

raggruppate nei domini: polare, umido-temperato, arido, umido-tropicale, identificando le 30 regioni in rapporto alle zone climatiche e alle zone di macrovegetazione. A mesoscala, le subregioni sono più difficili da definire, essendo maggiormente dipendenti dalla geomorfologia e dalla vegetazione di scala territoriale intermedia. D'altra parte, a questa scala non si potrebbe parlare ancora di paesaggi nel vero senso del termine, perché le caratteristiche dell'integrazione di diversi ecocenotopi hanno un limite nei rapporti diretti fra le varie comunità (anche umane) e i sistemi ecologici locali. Sarebbe quindi meglio parlare di sistemi paesistici.

Per esempio, riguardo all'Italia del Nord, le eco-regioni di Bailey parlano della presenza di a) regime montuoso marino 240M (Alpi e fascia nord degli Appennini), b) regime marino 240 (pianura Padana e colline limitrofe), e c) divisione mediterranea 260 (litorale ligure). I sistemi paesistici però sono più articolati: a) si deve dividere in almeno 3 sistemi; intra-alpino continentale, prealpino meridionale, appenninico settentrionale, ognuno con 3 settori; b) planiziale (terrazzato, baso, lagunare) e collinare (Monferrato); c) è già un sistema paesistico, pur essendo assai limitato.

Si noterà che anche le divisioni dei paesaggi italiani proposte da Pignatti (1994b) sono abbastanza simili a quanto sopra espresso nel senso di sistema paesistico.

4.1 Considerazioni sull'evoluzione

4.1.1 Inquadramento del fenomeno

Anche il paesaggio, come vedremo, si evolve. Ma parlare oggi di evoluzione è assai problematico e quindi non si può fare a meno di un inquadramento più generale del fenomeno. Quando oggi si parla di evoluzione si presenta sovente un quadro che, purtroppo, non ha sempre i caratteri della scienza e un dibattito che, di conseguenza, trascina polemiche anche fra scienziati. Gli estremi della diatriba sono rappresentati dal creazionismo-radical e dal neodarwinismo, che si possono inquadrare, rispettivamente, in ambito antiscientifico il primo e scienziato il secondo.

Da qualche tempo, soprattutto negli Stati Uniti, sono tornate alla ribalta proteste culturali anche pesanti contro il concetto di evoluzione. I cosiddetti *creazionisti* più radicali (*young earth creationism*) affermano che la Terra ha circa diecimila anni di età, come si ricava da un'interpretazione letterale della Bibbia (per esempio 6000 anni secondo James Ussher, un religioso del XVII secolo), e che ogni specie è stata creata direttamente da Dio e non si è più modificata. Chi dà credito a miti come questo, tuttavia, non solo non ha capito nulla della scienza, ma neppure della Bibbia. Infatti, ogni presupposto di evoluzione, sia cosmica sia biologica, è contenuto nella Torah e, pur non essendo un testo scientifico, è innegabile che essa anticipi – di circa 3000 anni – diversi aspetti enunciati dagli evoluzionisti solo nel XIX e XX secolo.

All'estremo opposto, si deve rilevare che gli studiosi dell'inizio del XIX secolo guardavano all'evoluzione limitandosi quasi esclusivamente a quella degli organismi. Secondo Darwin (1859) l'evoluzione degli orga-

nismi avveniva in senso di gradualismo filetico (cioè da progenitori comuni) per effetto della selezione naturale e la sopravvivenza del più adatto. È chiaro che l'ipotesi darwiniana era impostata in modo plausibile, date le conoscenze di allora. È noto, infatti, che all'epoca di Darwin le conoscenze biologiche erano limitate: si pensava che la cellula fosse un elemento semplice (come un piccolissimo otre di citoplasma) e Darwin stesso non conosceva la teoria dell'ereditarietà, nonostante la pubblicazione di Mendel fosse pressoché contemporanea (1866). Inoltre era convinto della trasmissione ereditaria dei caratteri acquisiti per azione dell'ambiente, secondo la teoria di Lamarck (1809). Ma dopo che Weismann (1875) dimostrò la teoria della continuità del genoma, che non è influenzato da variazioni del fenotipo, le modificazioni dei viventi furono interpretate come casuali.

Si deve ricordare che il concetto di evoluzione ebbe subito grande successo in Inghilterra, come dimostrato dal sociologo Herbert Spencer (1820-1903), perché permetteva di giustificare, sulla base del principio della selezione del migliore, le guerre imperialiste del Regno Unito e degli altri Paesi industrializzati per la colonizzazione dei Paesi arretrati. Per tali argomentazioni scienziaste, Alfred Russel Wallace (1823-1913) – il quale pubblicò per primo (1855) la teoria evoluzionistica –, dopo la morte di Darwin, si rese conto di non poter accettare la teoria dell'evoluzione, e la ripudiò¹ per coscienza della sua limitatezza interpretativa, rispetto alla eccezionale capacità creativa della natura. Se, inoltre, si ag-

¹ Come ricorda Paolo Manzelli (cit.), Wallace sottolineò il fatto che, se la teoria della selezione del migliore fosse stata esatta, allora l'evoluzione naturale avrebbe dovuto condurre a diminuire il numero delle razze viventi, mentre invece si ha la prova certa che proprio l'evoluzione conduce alla crescita di nuove specie mutanti.

giunge l'interesse ideologico dei positivisti (cioè dei materialisti) verso una teoria potenzialmente capace di *rifiutare* il concetto di creazione, anzi, di porsi come Bibbia laica per un tempo senza religione, si vede come possa essersi affermato un neodarwinismo sotto diversi aspetti lontano dallo stesso Darwin². Perché è indubbio che alcuni dei più accesi sostenitori della teoria neodarwiniana ancora oggi approfittano della loro posizione di portavoce della scienza come di un pulpito da cui propugnare la causa dell'ateismo.

Questa ulteriore deriva scientifica produce irrigidimenti gravi, perché non controbatte solo i creazionisti-radicali, ma anche seri scienziati. È noto che una trentina di anni fa Lynn Margulis (1974) era stata pesantemente censurata dai circoli accademici americani per aver proposto ipotesi contrarie al neodarwinismo nella formazione dei mitocondri. Solo di recente ha potuto essere riabilitata, viste le dimostrazioni inoppugnabili. L'atteggiamento apologetico degli scienziati militanti impone infatti un prezzo duro da pagare, come osserva Giorgio Israel (2008) e questo prezzo lo paga proprio la cultura scientifica, nei termini di rigidità che conducono a prese di posizione spesso semplicistiche e deformanti.

La maggiore deformazione è il tentativo di riduzione – e in un certo senso anche di banalizzazione – di un fenomeno fondamentale come l'evoluzione. Nella comprensione del “libro della natura”, come amava dire Galileo, non può sfuggire che il fenomeno dell'evoluzione è di vastissime proporzioni. Esso inizia con il Big-Bang e coinvolge gli elementi chimici, le galassie, il sistema solare, la Terra, lo sviluppo dei sistemi viventi e infine l'uomo. L'astronomo Owen Gingerich (2006) sottolinea il fatto che nei primi 3 minuti dal Big Bang non vi furono tracce di ossigeno e carbonio, dato che gli elementi leggeri (formati da 2, 3, 4 protoni, come deuterio, trizio, elio) non arrivarono alla massa 5, instabile. Ciò sta a indicare che la creazione di elementi più pesanti necessita di una lunga evoluzione stellare, in modo che l'idrogeno venga convertito in elio con una certa abbondanza e questo tenda a fondersi in atomi di massa 12 (carbonio) o 16 (ossigeno). Tale processo, però, richiede una temperatura molto maggiore, raggiungibile dalle stelle quando gran parte dell'idrogeno sia consumato (nel caso del Sole ciò è avvenuto in circa 10 miliardi di anni). Questa lentissima evoluzione garantisce

² Quando Marx scrisse a Darwin per avere un suo esplicito appoggio contro il concetto di creazione, Darwin non volle rispondergli.

una grande stabilità dell'habitat solare, che consente al ciclo biologico dell'evoluzione di realizzarsi.

È un fenomeno basilare del creato, che manifesta un fine³ palese: il continuo procedere verso l'aumento dell'ordine e dell'informazione, pur senza contraddire la seconda legge della termodinamica. Per questo Teilhard de Chardin (1956) ha scritto:

Indipendentemente da qualsiasi interpretazione scientifica (e ancor meno finalistica) da parte nostra, l'Universo cade verso l'alto in forme di organizzazione sempre più perfette, come se fosse “gravato” di complessità.

4.1.2 Limiti dell'evoluzionismo tradizionale

Nel suo insieme, l'evoluzione organica secondo Darwin sembra essere un paradosso, una serie di errori di stampa che migliorano un testo, un oggetto montato per tentativi dal puro caso. I neodarwinisti rispondono con l'eccezionalità e la gradualità: tempi lunghissimi, infiniti tentativi, piccole modifiche per volta. Tuttavia, ci si può chiedere come possa un organo formarsi passo passo, se il suo funzionamento (in sé e nel sistema complesso in cui è parte integrante) risulta solo al completamento della serie graduale. Le critiche e le osservazioni nei confronti del darwinismo, e ancor più del neodarwinismo, sono ormai parecchie e spesso ben fondate.

Visto che abbiamo citato Lynn Margulis, è certo che se la grande biologa fosse rimasta ancorata al movente di mutazione e selezione, non sarebbe stata in grado di provare che i mitocondri sono dovuti a una forma di simbiosi, rivelatasi di importanza cruciale. Kurt Gödel, il maggiore matematico del Novecento, sosteneva (1931) che la formazione entro tempi geologici di un corpo umano, seguendo le leggi della fisica (o qualsiasi altra legge di simile natura) a partire da una distribuzione casuale di particelle elementari e del campo, è altrettanto improbabile quanto la separazione per caso dell'atmosfera nei suoi componenti. Parimenti Einstein è noto

³ Si ricorda la definizione di evoluzione che, nel significato proprio di svolgimento o sviluppo, implica movimenti ordinati a un fine; in senso figurato, indica ogni processo di trasformazione graduale e continuo di una data realtà verso uno stato più perfezionato (vedi Vocabolario della Lingua Italiana, Istituto dell'Enciclopedia Italiana G. Treccani, Roma, 1987).

non credesse alla funzione creatrice del caso, come tanti altri suoi colleghi fisici.

In realtà, un importante tentativo di aggiornamento dell'ipotesi darwinista è stato proposto come ipotesi degli equilibri punteggiati (Gould e Elridge, 1972). Questa alternativa al gradualismo filetico si basa su due postulati: 1) per lunghi periodi di tempo la maggioranza delle specie varia di poco e 2) quando si verifica il cambiamento avviene rapidamente e in piccole popolazioni isolate. L'evoluzione quindi non cammina continuamente, ma anzi è formata in prevalenza da periodi di stabilità. È possibile formulare processi capaci di giustificare la *stasi*? Marco Ferraguti (2006) ne elenca diversi: a) la selezione stabilizzante, per esempio, che porta a specie generaliste, maggiormente capaci di tollerare variazioni ambientali, b) l'inseguimento dell'habitat ottimale, in modo da lasciare le cose come stanno, c) la struttura demografica della specie, organizzata in popolazioni locali che mantengono qualche scambio genetico, d) la canalizzazione o costrizione dello sviluppo, che mette in luce il potere tampone dei complessi processi di sviluppo sull'espressione dei caratteri, a dispetto delle perturbazioni genetiche e ambientali. Gli equilibri punteggiati, per esempio attraverso la competizione fra specie, portano a chiederci se la macroevoluzione (livello di categorie sistematiche superiori alla specie) e la microevoluzione siano o no processi disaccoppiati. Il dibattito sul peso evolutivo, dice Ferraguti, di fattori diversi da quelli che governano la vita all'interno delle popolazioni, è ancora aperto, e certamente questo sviluppo è uno dei maggiori meriti degli equilibri punteggiati.

Dobbiamo sottolineare, tuttavia, che neppure l'ipotesi di Eldridge e Gould è sufficiente a fornire spiegazioni esaustive riguardo a importanti questioni di macroevoluzione, prima fra tutte la cosiddetta "esplosione del Cambriano". L'importanza di tale avvenimento, compiutosi entro circa 5 milioni di anni (~530÷525 b.p. – *before present*), in un ordine di grandezza di circa 0,0014% del tempo che ci separa dall'inizio della vita sulla Terra nell'Archeano, non è dovuta solo alla veloce comparsa dei metazoi pluricellulari dotati di scheletro ma, ancor più, alla comparsa improvvisa di *tutti i phyla* animali che da allora in poi sono esistiti sulla Terra, i cui *piani corporei*⁴

non sono più cambiati! I risultati sperimentali sono in netto contrasto con la previsione evolucionista corrente: che il numero di speciazioni sia tanto più grande quanto più elevato sia il *taxon* che si considera. Un evento macroevolutivo unico, quindi, e che è paragonabile forse all'origine della vita e all'origine dell'uomo, in quanto ha creato *caratteristiche biologiche* che da allora in poi *non hanno più potuto essere modificate*.

Le domande che ne derivano al momento attuale rimangono ancora senza risposta: *perché* un sistema biologico tende a evolversi, cioè a crescere in ordine e complessità, e come fa a diventare più complesso? Se il concetto di sistema complesso è fra i più importanti, allora non possiamo che ricordare che i tipi di complessità sono diversi (vedi capitolo 2, paragrafo 2.3.2). La complessità irriducibile, in palese contraddizione con il darwinismo (impossibile rimuovere una parte senza eliminare le funzioni del sistema), è ben nota, per esempio, ai matematici, ai progettisti di sistemi tecnologici, ai biochimici. Tale tipo di complessità era già nota, quindi, ben prima che Michel Behe la citasse in "La scatola nera di Darwin" (2006) dove propone il discutibile concetto di *intelligent design* (ID). Da un fronte opposto a quello di Behe, Piattelli Palmarini e Fodor (2010) scrivono che programmi comportamentali innati e assai complessi (per esempio la vespa che plagia poi blocca il coleottero per nutrire le future larve) non possono essere spiegati mediante fattori ottimizzanti fisico-chimici o geometrici; ma non possono essere spiegati nemmeno dall'adattamento gradualistico. Anzi, affermano che "se insistiamo che la selezione naturale è l'unica via da esplorare non avremo mai una spiegazione naturalistica".

Osserviamo, inoltre, che ciò che hanno sostenuto Lorenz e Popper (vedi capitolo 2, paragrafo 2.2.1) va ulteriormente meditato, anche perché ha a che fare più direttamente con l'evoluzione del paesaggio.

4.1.3 Revisione del concetto di ambiente: paesaggio ed evoluzione

Le critiche di due grandi epistemologi e naturalisti, Karl Popper e Konrad Lorenz (1985), sono di estremo interesse. Essi hanno osservato che concetti come "lotta per l'esistenza" o "selezione naturale" sono delle metafore, non delle teorie (parlano di cose che semplicemente non esistono), quindi l'ipotesi di Darwin va espressa nella seguente forma: "gli individui meglio adattati hanno maggiore probabilità di avere discendenti". Si possono

⁴I concetti di *phylum* e di *piano corporeo* sono dovuti a Gorge Cuvier (prima metà dell'Ottocento). Il *piano corporeo* è l'insieme dei caratteri anatomici che definiscono l'organizzazione spaziale degli apparati del corpo, e il *phylum* è l'insieme degli animali che hanno lo stesso piano corporeo.

così notare più chiaramente i limiti del darwinismo. Esso deve infatti presupporre che ci siano individui adattati, almeno “in certa misura” adattati. E questo è un problema che si riallaccia all’origine della vita, nel senso che la semplice comparsa della vita non risolve ancora nessun problema. L’improbabilità di un incontro della vita con un ambiente adattato alla stessa è altrettanto elevata della improbabilità della nascita della vita. In effetti, l’adattamento della vita al suo ambiente si basa sulla *reciprocità* ed è una sorta di *conoscenza*. Ci deve essere una certa *stabilità* dell’ambiente perché ci possa essere adattamento e con ciò sia presente un certo sapere: sin dall’inizio la vita deve “sapere” sull’ambiente. L’adattamento è una forma di sapere a priori, perché la vita è essenzialmente un processo conoscitivo.

Per comprendere questa affermazione, ricordiamo quanto asserito nel secondo capitolo: la vita si manifesta come sistema ipercomplesso dissipativo e auto-organizzante ed è capace di ricevere, immagazzinare, elaborare e trasmettere informazioni, di riprodursi, di appartenere alla storia, di perseguire un progetto e di essere il principale attore dell’evoluzione. La vita quindi non è limitata a un organismo: essa non può esistere senza l’ambiente, perché non può fare a meno dello scambio di materia, energia e informazione fra un’entità organizzata e il suo specifico ambiente. Tale scambio è talmente importante che l’emergere della vita sulla Terra ha radicalmente modificato l’evoluzione dell’intero Pianeta, dall’atmosfera a diverse tipologie di rocce. L’adattamento della vita al suo ambiente si basa sulla *reciprocità* ed è una sorta di *conoscenza*. Il concetto di ambiente è quindi stato interpretato male nello studio dell’evoluzione, perché questa reciprocità e questa conoscenza non sono considerati in modo opportuno. Anche tornando all’organismo, sono ancora Piattelli Palmarini e Fodor che notano giustamente che tutti gli organismi che non sono né estinti né immaginari sono *ipso facto* adattati al mondo, all’ambiente. La teoria dell’evoluzione non è necessaria nemmeno per spiegare l’adattamento del fenotipo di un organismo alla sua nicchia ecologica. Poiché le nicchie sono individuate a posteriori, per riferimento ai fenotipi che vi vivono, se gli organismi non fossero lì non ci sarebbero neanche le nicchie.

Come abbiamo detto, gli ecotopi sono di fatto delle “nicchie territoriali”, e ciò è assai significativo. Una unità di paesaggio rappresenta, infatti, un sistema complesso di organizzazione biologica, ed è in grado di riprodursi attraverso il rinnovamento dei suoi ecotopi costituenti (Bengtsson et al., 2003; Ingegnoli, 2002, 2005; Ingegnoli

e Pignatti, 2007): tale processo non è identico a quello del livello di organismo, ma è verificabile. Inoltre, catene interagenti di organismi e comunità si comportano come *reti di informazione* in un ecotessuto, tanto che attraverso di esse è possibile il mantenimento di un certo livello di metastabilità. Il paesaggio è un sistema informativo essenziale per i processi di *coevoluzione* e *selezione di gruppo* perché la caratterizzazione genetica è legata a tre livelli di scala: cellula, popolazione e paesaggio.

Godron (1984) ricorda che la crescita degli ecosistemi agricoli nell’Olocene rappresenta un nuovo mutualismo che ha prodotto la nascita di paesaggi con elevata circolazione di informazioni. Si può anzi affermare (Ingegnoli, 2002) che la strategia evolutiva dei sistemi biologici ha sviluppato le componenti umane per rafforzare le sue reti cibernetiche con la gestione e pianificazione del territorio, a condizione però che l’uomo non alteri il rapporto natura-cultura. Si tenga presente, infatti, che molti fenomeni di riorganizzazione, sia nel disegno del territorio sia nello spostamento di popolazione, apparentemente decisi dall’uomo, hanno in realtà un controllo a livello gerarchico più alto e l’uomo rimane talvolta un semplice esecutore inconscio di una necessità ecologica (per esempio abbandono delle campagne, giardini naturaliformi, reliquati naturali fra i campi ecc.).

I paesaggi sono in grado di evolversi, migliorando il loro livello di metastabilità; sono in grado persino di controllare, entro limiti di incorporazione dei disturbi, il comportamento di popolazioni e comunità biologicamente evolute come quelle umane. Il paesaggio è in grado di integrare processi che si potrebbero definire naturali e culturali, dato che è il livello di integrazione per eccellenza delle componenti naturali e antropiche. L’evoluzione della cultura, se si vuole “la formazione di una *noosfera*⁵”, presenta complessità sempre maggiori: si tratta appunto di sistemi *ipercomplessi*. Tutti questi fenomeni non si possono nascondere nel quadro di un processo evolutivo generale seriamente considerato.

Come si può vedere dal grafico di Figura 4.1, dopo avere fatto riferimento alle 16 classi di paesaggi menzionate (che sono, in ordine di tempo, cioè di comparsa: marino pelagico, marino litorale, semiacquatico, semi-desertico, desertico, paleoforestale, neoforestale aperto, neoforestale chiuso, praterie, savane, savane arbustive,

⁵ Vedi Vernadsky VI (1863-1945) studioso russo, per cui l’attività intellettuale è una potente forza biologica.

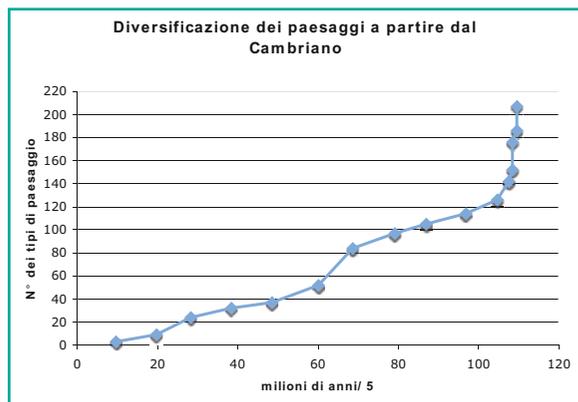


Fig. 4.1 I principali tipi di paesaggio sono aumentati in modo evidente a partire dal Cambriano. Vedi il testo per maggiori chiarimenti

boschi semi-antropici, semiagricolo, agricolo-rurale, urbano, suburbano tecnologico) e dopo aver considerato le loro varianti nelle tre fasce climatiche (fredda, temperata, calda) e tenuto conto di 3-4 classi di BTC (capacità bioterritoriale della vegetazione) e della loro permanenza media in 10^3 anni b.p., siamo riusciti a stimare ragionevolmente la presenza nella esosfera di una biodiversità paesaggistica in un grafico logaritmico, a partire dal Cambriano. Si osserverà un improvviso aumento della biodiversità ecopaesaggistica a partire dall'omnizzazione. La riproduzione di un paio di tipi di paesaggi delle epoche passate (Devoniano e Giurassico) è mostrata nella Figura 4.2.

4.1.4 La ricerca di nuove prospettive

Negli ultimi anni diversi studiosi hanno tentato di esporre possibili compromessi fra il neodarwinismo e altre tendenze o comunque di opporsi al casualismo alla Monod (per esempio Webster e Goodwin, 1988). In questo scritto si vuole solo ricordare che si può tentare anche qualcosa di interessante al di là della sterile diatriba fra due fanatismi opposti e, in parte, parlare delle prospettive anche a livello di paesaggio. Chiediamoci ancora: si può tentare di dare qualche risposta alle domande di fondo prima formulate, 1) *perché* un sistema biologico tende a evolversi, cioè a crescere in ordine e complessità, e 2) *come* fa a diventare più complesso?

La prima domanda, *perché*, andrebbe ampliata coinvolgendo gli astronomi e i fisici, dato che un'evoluzione è palese fin dalla nascita dell'universo e che diversi



Fig. 4.2 Ricostruzione di due paesaggi primordiali: sopra nel Devoniano, sotto nel Giurassico (da: Wikipedia)

scienziati hanno scritto sulla *Fitness of the Environment* (Henderson, 1913; Denton, 1998). Ilya Prigogine (1996) scrisse che il sogno di Einstein di una teoria unificata, capace di comprendere tutte le interazioni, esige una *concezione evolutiva dell'universo*, perché essa sarebbe allora inseparabile dalla rottura della simmetria temporale. La vita è associata alla produzione di entropia, quindi ai processi *irreversibili*. Lontano dall'equilibrio termodinamico la materia acquista nuove proprietà, diventa più "attiva". La creatività è compresa nelle leggi della natura: la vita è un processo conoscitivo e creativo. Tali presupposti portano inevitabilmente alla necessità di evolversi, di procedere verso l'ordine con flussi di entropia negativa. Tutto questo è intimamente legato con i processi fondamentali del paesaggio, come abbiamo già sottolineato.

La seconda domanda, *come*, implica il prodursi, attraverso momenti di stasi e variazione *per impulsi e campi creazionali*, di un ordine sempre maggiore. Per esempio, un'ipotesi per poter meglio comprendere

l'esplosione cambriana può portare qualche spunto interessante: Marcello Barbieri (2002) propone di studiare modelli capaci di ricostruire una struttura a partire da informazioni incomplete, quindi capaci di creare nuove informazioni. Per esempio, un modello matematico usato nelle tomografie è capace di ricostruire informazioni incomplete attraverso due criteri: 1) ricorrendo a matrici *memoria*, e 2) utilizzando codici o convenzioni atte a trasferire le nuove informazioni alla matrice struttura. Barbieri nota che la ricostruzione di informazioni può avvenire in modo continuo (monofasica) o discontinuo (bifasica) e che la seconda modalità fornisce maggiore aumento di complessità, dato che una memoria *collettiva* aggiunge informazioni a quelle individuali⁶.

Si rammenta, a proposito, che anche nella bionomia del paesaggio si parla dell'importanza della *memoria ecologica* nei processi di riproduzione del paesaggio, ma tale memoria è probabile abbia un ruolo anche nella sua evoluzione.

Un'altra direzione interessante nella ricerca del *come*, quella dove si notano le maggiori convergenze scientifiche, sembrerebbe scaturire da una rinnovata importanza delle *leggi della forma*, messe in evidenza, come noto, dal biomatematico americano D'Arcy W. Thompson fin dal 1917. Come le leggi della forma siano importanti anche per il paesaggio è stato qui sostenuto più volte, e sicuramente l'evoluzione delle configurazioni paesistiche non può semplicemente fare a meno di queste basi concettuali.

Con notevole intuito Thompson affermò che il ruolo dell'evoluzione darwiniana era stato sopravvalutato e, al contrario, sottovalutato quello delle leggi fisico-matematiche della produzione della forma e della struttura degli organismi viventi. L'argomento fu ripreso da Prigogine, in polemica con Monod, nel sostenere l'im-

portanza della morfogenesi spontanea complessa, per sistemi dissipativi (termodinamica di non equilibrio). Alleato prestigioso di Prigogine fu il celebre matematico René Thom (1980), con la teoria della stabilità strutturale e della morfogenesi. Il matematico fu amico di Giuseppe Sermonti che riporta (2007) significativi aspetti della morfogenesi di Thom, il quale ha correlato il differenziamento spaziale dell'embrione con le attività funzionali dell'adulto.

Sermonti, inoltre, scrive che nell'embrione precoce si attivano quelle forze che promuovono la forma del corpo, lo pongono in rapporto col fuori e lo proiettano all'esterno a "costruirsi un mondo". Come attività formative, tutti questi processi possono essere considerati "mentali". Interessanti studi vengono fatti sul variare di alcune proteine (per esempio prioni) da una configurazione all'altra, che potrebbero avere la loro parte nel differenziamento embrionale, e sulle forze elettromagnetiche capaci di modificare fisiologicamente la condizione dei regimi proteici. L'insieme dinamico di tali forze vettoriali si può chiamare "campo morfogenetico" ed è attraverso di esso che si costruisce via via la forma dell'organismo. Non sono i geni a scegliere la forma nascente: è la forma nascente che sceglie i geni reclutandoli nel suo programma. Si ricordi l'estrema importanza dell'informazione, come sintetizzata nel capitolo 2, paragrafo 2.2.1, e dei recenti sviluppi dell'epigenetica⁷. Tutti spunti interessanti. Ma è inutile cercare di presentare studi che possano già oggi dare una nuova risposta agli errori dell'evoluzionismo darwinista. Nessuno studioso serio sembra poter indicare una strada sicura. Di sicuro rimane però la necessità di evitare il meschino pantano dell'*ipse dixit*.

4.2 Trasformazione

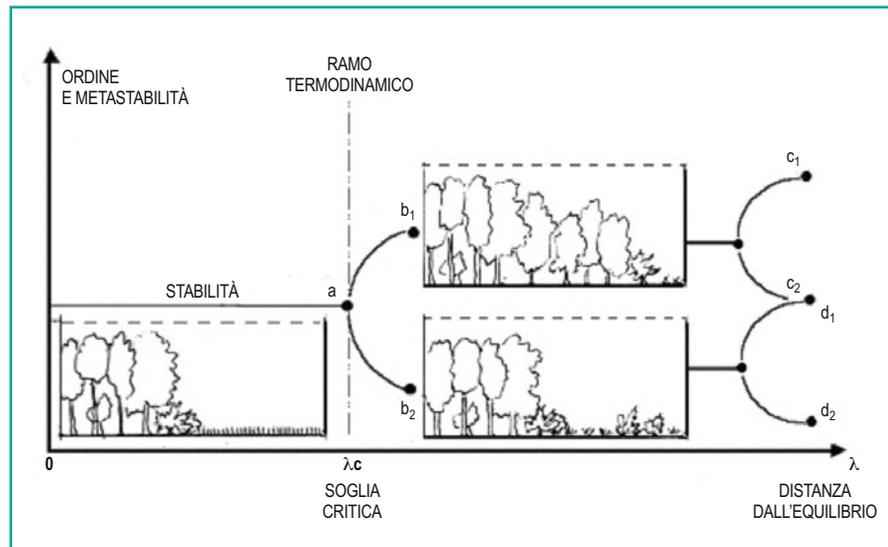
4.2.1 Modalità di trasformazione

Le premesse teoriche della bionomia finora presentate

⁶ L'ipotesi proposta è che i piani corporei degli animali che conosciamo siano utilizzati come memorie sovracellulari collettive. L'esplosione del Cambriano potrebbe quindi essere stata il passaggio da uno sviluppo continuo a uno discontinuo, cioè da uno sviluppo che segue una strategia genetica a un altro che ne segue una genetica-ed-epigenetica (due fasi). Uno sviluppo embrionale che usa il piano corporeo come sorgente di informazioni sovracellulari collettive ha un maggior numero di tappe (per esempio stadi filotipici) e può portare a organismi più grandi e più complessi. Dopo un processo del genere, il piano corporeo non può più essere modificato, dato che un insieme di caratteri funge da memoria solo se trasporta informazioni che non cambiano. In realtà, si nota che prima dello stadio filotipico le differenze morfologiche fra gli embrioni di un *phylum* diminuiscono, mentre dopo tale stadio aumentano.

⁷ Si può oggi dimostrare che esperienze traumatiche dell'infanzia possono portare a disturbi che si trasmettono alle successive generazioni. In realtà, oltre all'informazione genetica tramite DNA, si deve considerare quella *epigenetica* legata soprattutto al *nucleosoma*, che può rispondere a segnali ambientali e influenzare il modo in cui i geni funzionano. Come sostengono Rachel Yeuda (Mt. Sinai School of Medicine di New York) e Jonathan Seckl (Università di Edimburgo) un evento può essere *non-genetically transmitted to the next generations*.

Fig. 4.3 Trasformazione di un campo abbandonato, seguendo la teoria della termodinamica di non equilibrio (da: Ingegnoli e Pignatti, 2007)



ci hanno fatto capire che le modalità di trasformazione di un paesaggio o di una sua parte (unità di paesaggio o ecotopo) sono diverse da quanto era previsto dalla vecchia teoria di successione ecologica, di tipo lineare e meccanicistico. Basta osservare con attenzione le formazioni vegetazionali sul campo per accorgersi che ben di rado ci si trova di fronte a quanto la vecchia ecologia generale ci diceva, cioè di fronte a stadi serali con andamento preconstituito, sfocianti in uno mitico “stadio climax” o, al contrario, a perturbazioni che degradano il sistema a stadi precedenti.

La teoria della termodinamica di non equilibrio, con la possibilità di un sistema di andare incontro a biforcazioni spesso imprevedibili (vedi capitolo 2, paragrafo 2.3) è del resto incompatibile con le precedenti ipotesi. Riportiamo a proposito una figura (Fig. 4.3) che mostra le possibilità di trasformazione di un campo abbandonato.

Il sistema in esame si trova di fronte a un aumento di fluttuazioni, quindi di dissipazione, e arriva a un punto di biforcazione, per esempio fra due possibilità: (b1) e (b2), che possiedono diversi livelli di metastabilità. Si noti che, dopo altre macrofluttuazioni, la trasformazione (d1) può coincidere con (c2) oppure no.

Se vogliamo tentare di riassumere i principali processi di questa basilare funzione, noteremo la possibilità di tre modalità di trasformazione di un sistema complesso adattativo:

- drastico cambiamento di parametri di stato;
- cambiamento continuo di parametri di stato;
- diminuzione momentanea di metastabilità con successivo riordino.

Tali modalità si attuano comunque attraverso processi di base dovuti essenzialmente a:

- strutturazione gerarchica*: il comportamento è limitato dal potenziale dei componenti di scala inferiore e dai vincoli ambientali di scala superiore. Tale insieme di condizioni rappresenta il campo di esistenza del sistema ecologico;
- termodinamica di non equilibrio*: nel campo di esistenza si può formare un attrattore (situazione di minima dissipazione). Macrofluttuazioni producono instabilità che portano il sistema verso un nuovo ordine (*order through fluctuation*);
- metastabilità*: il sistema può restare entro un certo stato ordinato, ma può attraversare una soglia critica e portarsi verso un nuovo livello di ordine;
- coevoluzione*: la storia delle interazioni fra elementi di un paesaggio arriva a una coerenza di adattamento reciproco, coordinando processi omeostatici e omeoretici entro un peculiare livello di metastabilità;
- cambiamenti evolutivi*: la strutturazione di un sistema ecologico può avvenire (cioè l'informazione può essere trasmessa) solo se lo stato finale della trasformazione è più metastabile di quello iniziale;
- riproduzione*: come ogni livello biologico anche il paesaggio presenta tipiche modalità di riproduzione. Si nota che sia le regole di assemblaggio sia i filtri di dispersione necessitano di un ruolo del contesto.

Osserviamo, inoltre, che la dinamica di trasformazione dei paesaggi sembra essere regolata da almeno 4 operatori principali e da 2 attrattori. Gli operatori sono: 1) i processi evolutivi e geomorfologici, che operano in tempi molto

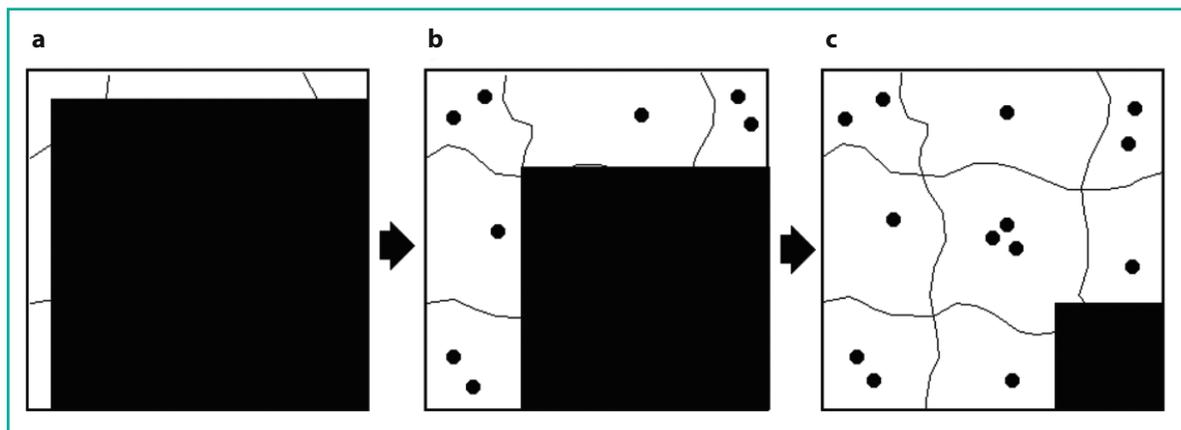


Fig. 4.4 Modello di trasformazione *jaws* (Forman e Collinge, 1995) in cui si mostrano tre stadi di trasformazione di un paesaggio forestale, che viene aggredito dall'uomo su due fronti: (a) 10%, (b) 50%, (c) 90%. Si notino i corridoi e le macchie alberate lasciate come reliquato, nelle zone che sono di più difficile antropizzazione (da: Ingegnoli, 2002)

lunghi, 2) i processi di colonizzazione e riproduzione, che operano in tempi da medi a corti, 3) i processi cibernetici, di adattamento al flusso di informazioni, in tempi medio-brevi, 4) i processi di disturbo locale, in tempi anche assai brevi. Gli attrattori sono: 1) la congruenza spaziale, che agevola le trasformazioni e le stabilizza, 2) la potenzialità di aumento della metastabilità, senza la quale nessuna trasformazione ha senso evolutivo.

Fra le trasformazioni del paesaggio interessa porre in particolare evidenza quelle relative ai sistemi di vegetazione, visto che è proprio la vegetazione a strutturare in modo primario il paesaggio stesso. Si possono rilevare cinque processi di trasformazione (Falinski, 1998; Ingegnoli, 2002):

1. ricambio di componenti graduale e ricorrente, in una fase di maturità della fitocenosi o dell'ecotopo e con attrattori in fase di stazionarietà/metastabilità, che risulta in uno stato di *fluttuazione*;
2. variazioni transitorie, in una fase adulta o di submaturità, con buona capacità di incorporazione dei disturbi, che risultano in uno stato di *degenerazione* o *rigenerazione*;
3. processi di instabilità, in una fase di crescita o in una di maturità, con presenza di nuove variazioni su variazioni transitorie in atto, che portano a trasformazioni *imprevedibili*;
4. processi distruttivi, in una fase di alterazione o senescenza, in presenza di disturbi fuori scala (non incorporabili), che portano a *degradazione* o anche alla *estinzione* delle fitocenosi o del tipo di paesaggio;
5. processi ricreativi, in fasi di successione, con tendenza

a rinnovo e riproduzione attraverso sorgenti interne o memorie di contesto, che portano a risultati *difficilmente prevedibili* a causa delle palesi biforcazioni.

Tenendo presente il nuovo concetto di successione ecologica già menzionato, si nota che i suddetti processi di trasformazione danno un'idea della dinamica di vegetazione assai diversa da quella fitosociologica.

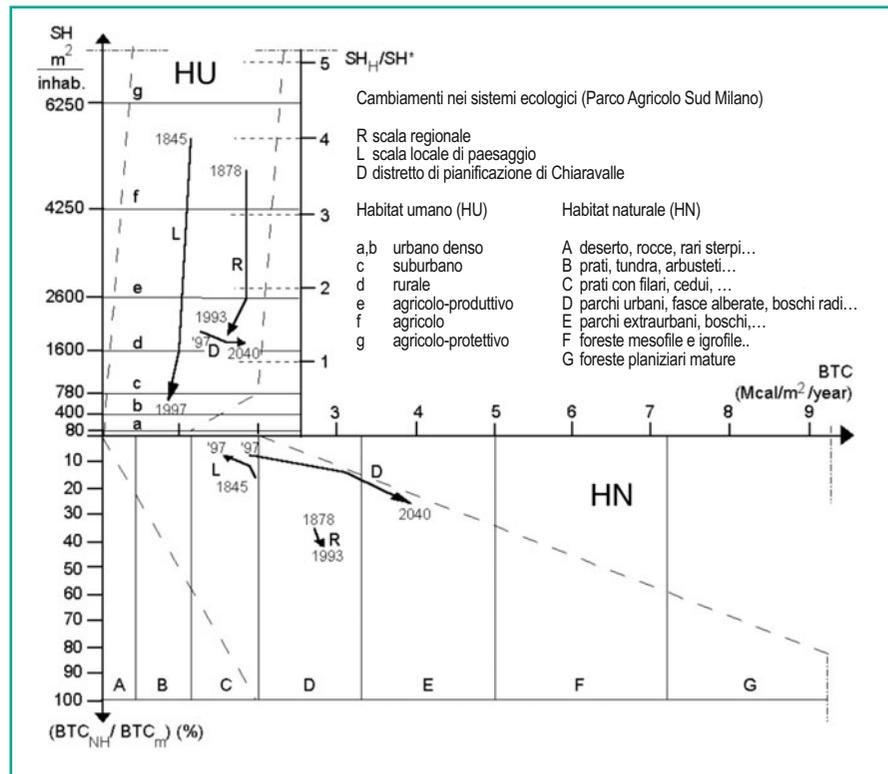
Qualche modello sulle trasformazioni più frequenti dovute eminentemente alle azioni umane è stato messo a punto, per esempio, da Forman e Collinge (1995). Si riporta la figura delle *Jaws transformation*, che mostra (Fig. 4.4) tre stadi di trasformazione di un paesaggio forestale il quale viene "mangiato", ma lasciando macchie residuali di foresta, qualche corridoio alberato fino a una situazione in cui il bosco è lasciato con area solitamente non superiore al 10%.

Modelli come questo, però, non sono in grado di controllare né prevedere in modo qualsivoglia le molteplici possibilità di trasformazione che per cause umane e naturali avvengono in continuazione nei paesaggi che ci interessa studiare.

4.2.2 Controllo del processo di trasformazione

Come abbiamo visto, le modalità di trasformazione seguono principalmente il modello generale sistemico a cui si è già accennato. Il loro studio e la formalizzazione matematica dei principali comportamenti hanno permesso la *creazione di indici e misure proprie* atte a quan-

Fig. 4.5 Controllo delle modalità di trasformazione di una UdP in funzione della capacità biologico-territoriale della vegetazione (BTC) e dei principali parametri di habitat umano e di habitat naturale. L'esempio è tratto da uno studio del distretto di Chiaravalle Selvanesco del Parco Regionale Agricolo Sud Milano (da: Ingegneri, 2002)



tificare numericamente i processi stessi. Come si può vedere dalla Figura 4.5, il controllo delle trasformazioni di una UdP può essere effettuato mediante lo studio dei due “spazi delle fasi” che rappresentano la proiezione del movimento nel piano dello stato del sistema stesso, suddiviso in una parte superiore per l’habitat umano (HU) e in una parte inferiore per l’HN. La stima della BTC è la variabile indipendente, correlata alla misura dell’habitat standard (SH) per l’HU e al peso della BTC dell’HN sulla BTC media dell’UdP per l’HN. Si può aggiungere sulla destra del campo riguardante l’HU il rapporto di capacità portante ($\sigma = SH/SH^*$).

Si noti la possibilità di constatare il cambiamento delle tipologie di paesaggio per entrambi i campi, avendo segnato i limiti teorici dei tipi di paesaggio antropico (urbano denso, urbano, suburbano, rurale, rurale-produttivo, agricolo, agricolo-produttivo) e di paesaggio naturale (deserto e semideserto, prateria e tundra, campi alberati con filari, parchi urbani, cedui, boschi aperti, foresta, foresta matura). I movimenti avvengono in prevalenza convergendo verso i tipi di paesaggio maggiormente urbanizzati (salvo eccezioni) nel campo dell’HU, mentre sono più liberi e spesso a sensi opposti, nel campo di HN.

4.3 Alterazioni e patologia

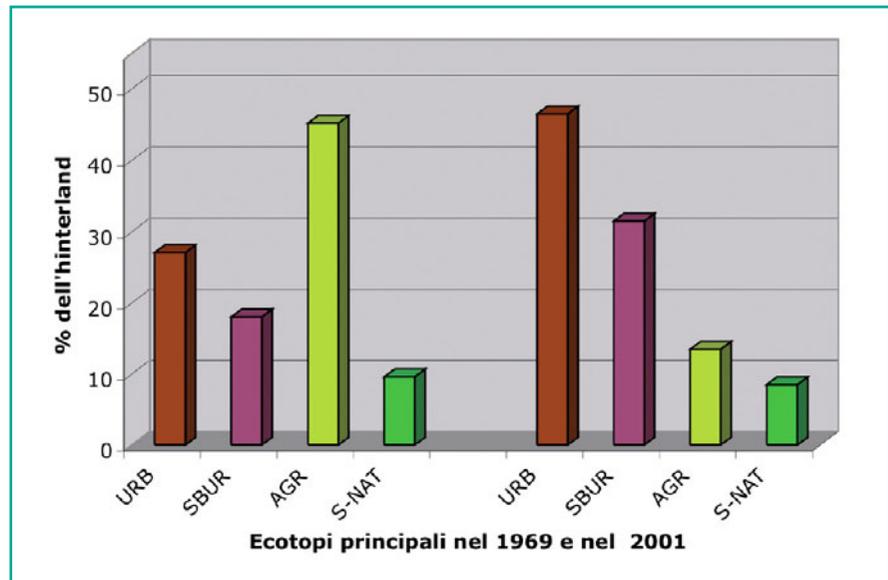
4.3.1 Alterazioni del paesaggio

Oltre a trasformarsi, ogni sistema biologico, quindi anche un paesaggio, può andare incontro ad alterazioni del suo stato. Tale alterazione può diventare *patologica* in diverse condizioni, spesso fra loro collegate, per esempio quando:

- il livello di metastabilità della scala superiore del sistema non è più in grado di incorporare il disturbo;
- una buona parte dei processi di informazione è bloccata o danneggiata in modo grave;
- la potenzialità biologica delle componenti di scala inferiore è danneggiata seriamente;
- alterazioni permanenti sono causate alle principali strutture e funzioni del sistema stesso.

Il processo di incorporazione dei disturbi a grande scala è riscontrabile per esempio quando la capacità biologico-territoriale media del sistema paesistico rimane pressoché costante per lunghi periodi, anche in presenza di grandi cambiamenti locali. Un esempio viene dallo studio delle trasformazioni della Lombardia

Fig. 4.6 Trasformazione dell'area metropolitana di Milano dal 1969 al 2001. Gli ecotipi componenti sono riassunti nei seguenti tipi: *URB*, urbano; *SURB*, suburbano; *AGR*, agricolo; *S-NAT*, seminaturale. L'urbanizzazione del territorio è passata in soli 32 anni dal 45,2% al 78%, con un incremento del 72,6% che ha prodotto una vera alterazione del paesaggio



(Ingegnoli, 2002), che presenta una BTC media quasi costante ($\approx 1,95 \text{ Mcal/m}^2/\text{anno}$) da circa due secoli. Tuttavia, a scale inferiori, si possono nascondere problemi anche gravi, in special modo quando vi siano discontinuità di incorporazione dei disturbi dalla scala locale a quella regionale. Un esempio è quello di Figura 4.6, che riguarda la trasformazione drammatica dell'area metropolitana di Milano dal dopoguerra all'inizio del nuovo millennio. Gli ecotipi componenti sono riassunti nei seguenti tipi: *URB*, urbano; *SURB*, suburbano; *AGR*, agricolo; *S-NAT*, seminaturale. L'urbanizzazione del territorio è passata in soli 32 anni (1969-2001) dal 45,2% al 78%, con un incremento del 72,6% che ha prodotto una vera alterazione del paesaggio, in quanto in un periodo così breve il cambiamento non ha potuto essere appropriato per ogni parametro ecologico.

Si ricorda che le diagnosi ambientali dipendono dal confronto fra le condizioni del sistema ecologico in esame e quelle di uno stato considerato come "normale". In altre parole, è il rapporto tra "patologia" e "fisiologia" dei sistemi che permette una diagnosi in senso clinico del paesaggio in esame. Bisogna capire di quanto il sistema si sposta dallo stato di normalità a causa degli stimoli patogeni e, con una proiezione delle informazioni, valutare dove potrebbe arrivare il danno alla struttura e alle funzioni, in un tempo congruente. Per "normalità di un paesaggio", o di una sua subunità, si intende l'insieme quantificato dei caratteri ecologici tipici di

una specificità paesistica riconoscibile (suburbana, rurale, agricola, agroforestale, lagunare ecc.) nel suo proprio stato di equilibrio metastabile.

Quando qualche unità di paesaggio si altera e mostra segni patologici, si può parlare quindi di vere e proprie sindromi paesistiche. Le disfunzioni in una unità di paesaggio (UdP) si possono studiare come in ogni livello di organizzazione biologica seguendo delle fasi iterative capaci di considerare quanto segue:

- registrazione dei sintomi;
- identificazione delle cause;
- analisi delle reazioni alle alterazioni patologiche;
- controllo dei rischi di ulteriore peggioramento;
- scelta dei criteri terapeutici;
- controllo degli interventi.

Di sindromi del paesaggio si può e si deve quindi parlare, come indicato da Ingegnoli (2002) e Ingegnoli e Giglio (2005). Esse sono raggruppate in sei categorie come mostrato nella Tabella 4.1: alterazioni strutturali, alterazioni funzionali, sindromi di trasformazione, perturbazioni catastrofiche, degradazioni da inquinazione, sindromi complesse.

4.3.2 Riscontri patologici

I paesaggi con sindromi di disfunzione sono riconoscibili dall'esame di alcuni parametri, come messo in evidenza da Ludwig e Tongway (1997), quali, per

Tabella 4.1 Principali categorie e sottocategorie di sindromi dei sistemi ecopaesistici (da: Ingegneri, 2002)

Categorie principali di sindromi	Sottocategorie
A - Alterazioni strutturali	A1 - anomalie agli elementi
	A2 - problemi di configurazione spaziale
	A3 - problemi di configurazione funzionale
	A4 - degradazione strutturale molteplice
B - Alterazioni funzionali	B1 - alterazioni geobiologiche
	B2 - disfunzioni dipendenti dalla struttura
	B3 - problemi di delimitazione
	B4 - disfunzioni di flusso e movimento
	B5 - anomalie dell'informazione
	B6 - problemi di riproduzione
	B7 - disfunzioni molteplici
C - Sindromi di trasformazione	C1 - problemi di stabilità
	C2 - disfunzioni da processi di cambiamento
	C3 - anomalie nelle modalità di trasformazione
	C4 - sindromi complesse di trasformazione
D - Perturbazioni catastrofiche	D1 - disastri naturali
	D2 - distruzioni antropiche
E - Degradazioni da inquinazione	E1 - inquinamenti diretti
	E2 - inquinamenti indiretti
F - Sindromi complesse	F1 - acute
	F2 - croniche

esempio: una minore differenziazione in macchie di diverso tipo, minore concentrazione dei nutrienti nel suolo, rallentato tasso di infiltrazione delle acque, diminuzione dei livelli di attività biologica dei componenti e conseguente diminuzione dei cicli di produzione. Si devono comunque aggiungere, ricordando i principi di bionomia del paesaggio, altre osservazioni come le seguenti:

- la comparsa di un evidente “deficit di trasformazione” (vedi Fig. 3.18);
- un deciso decremento o una forte variazione del livello medio di BTC;
- la perdita o una significativa riduzione di habitat naturale (HN);
- un rapporto anomalo o una netta variazione della proporzione HU/HN per quel certo tipo di paesaggio in esame;
- una perdita di correlazione fra eterogeneità e informazione (vedi par. 3.2.5);
- la formazione, almeno in certi sottosistemi, di elevata frammentazione;
- la perdita di connessioni (connettività e circuitazione) con aumento di barriere;
- una disfunzione palese fra gli apparati paesistici in rapporto al tipo di paesaggio.

L'identificazione delle cause che producono le sin-

dromi riscontrate, in realtà, necessita di una buona conoscenza: a) della “anatomia” e della fisiologia del paesaggio, b) dell'insieme dei disturbi patologici. Necessita pure di una buona *anamnesi*, che rinnova l'importanza della storia, e di un'analisi *semeiotica*, in cui anche gli studi percettivi possono dare un contributo positivo. Si tenga presente inoltre, come ben sanno i medici, che l'*eziopatogenesi* di una sindrome è per la gran parte dei casi di natura interpretativa, ma risulta comunque di grande importanza, come si può vedere nel caso della sindrome di industrializzazione agraria (Tabella 4.2) nelle regioni centro-europee.

Si possono riepilogare ora brevemente, a titolo di esempio, alcune delle anomalie strutturali e funzionali più comuni, riscontrabili in paesaggi con patologie in atto.

A1 – Anomalie strutturali agli elementi paesistici

- alterazioni biologiche alla struttura degli ecocenotipi di tessera (per esempio strati verticali della vegetazione);
- ipersemplificazione della forma degli elementi (per esempio rettificazione dei campi agricoli e loro canali);
- grana anomala di tessere o ecotopi (per esempio troppo piccola in rapporto alla struttura interna: macchie boscate larghe quanto alte);
- mancanza di corrispondenza forma-funzione (per

Tabella 4.2 Schema patogenetico della sindrome di industrializzazione agraria dei paesaggi agricoli temperati di pianura

<i>Stato originale</i> permanenza: 3-17 secoli	Paesaggio agricolo tradizionale a "Bocage" (BTC = 1,2-2,0 Mcal/m ² /anno; HS/HS* = 3-5; HU = 50-75%) (eterogeneità, connettività e circuitazione: buoni)	
<i>Causa antropica principale</i>	Pressioni socioeconomiche per aumento di produzione agraria	Incremento e facilitazioni per tecnologie agrarie
	specializzazione coltivi	canalizzazione torrenti
	aumento area seminativi, aumento fertilizzanti chimici	taglio filari alberati, irrigazione meccanica
<i>Processo autoesaltante</i>		
	ingrandimento tessere di campo, incremento rete stradale	indipendenza dai vincoli geomorfologici
<i>Stato alterato</i> permanenza: 2-8 decenni	Paesaggio agricolo aperto e monocolturale (BTC = 0,9-1,3 Mcal/m ² /anno; HS/HS* = 4-8; HU = 70-85%) (eterogeneità diminuita, connettività e circuitazione eliminati)	
<i>Stato stravolto</i> permanenza: ?	Paesaggio rurale-suburbano (BTC = 0,8-1,1 Mcal/m ² /anno; HS/HS* = 2-3; HU = 80-90%) (eterogeneità in aumento, inquinamenti in aumento)	
<i>Esito opposto alla causa</i>	Diminuzione della produzione agraria	

I dati di BTC, HS/HS*, HU sono orientativi, generalmente validi per la pianura Padana.

esempio campi che non seguono la direzione di scolo delle acque);

- danni geomorfologici in tessere o ecotopi (per esempio forme di erosione).

A2 – Problemi di configurazione spaziale

- troppo bassa eterogeneità di elementi componenti (per esempio tipo e forma);
- eccesso di densità di strade (per esempio >1000 m/km²);
- labile differenziazione in macchie (per esempio tutti i confini sono sfumati);
- eccesso o carenza di contrasto fra elementi (per esempio zonizzazione industriale in area boschiva oppure in piena città);
- forte differenza (senza motivo) nella porosità di una matrice (per esempio distribuzione di macchie o filari alberati).

A3 – Problemi di configurazione funzionale

- insufficienza o eccesso delle densità di reti ecologiche in una UdP (per esempio drastica diminuzione nella rete di corridoi in pochi decenni);

- presenza di qualche tipo di apparato anomalo (per esempio comparsa di apparato antropico abitativo in un paesaggio forestale naturale);
- mancanza di habitat naturale (per esempio carenza di HN in paesaggi agricoli);
- carenza o eccesso di sottosistemi in un ecotessuto (per esempio carenza di apparato protettivo in un paesaggio urbano).

A4 – Degradazione strutturale molteplice

- perdita di congruenza fra regime di disturbi geomorfologici e struttura dell'ecotessuto (per esempio approfondimento, rettificazione di canali, cambio di regime alle bocche di marea e distruzione delle barene di un paesaggio lagunare);
- struttura caotica, quindi difficoltà nella localizzazione di componenti a varie scale (per esempio impossibilità di distinguere sia ecotopi sia UdP);
- sottosistemi strutturali non compatibili con il ruolo funzionale dell'UdP nel suo paesaggio (per esempio presenza di aree industriali e reti tecnologiche in una UdP di parco agricolo).

B1 – Alterazioni geobiologiche

- eccesso di morfogenesi (per esempio conseguenti instabilità di versante);
- processi di degradazione dei suoli (per esempio perdita di strato umificato);
- insufficiente o eccessivo drenaggio (per esempio aree di aridità o ristagno);
- erosione e alterazione da attività estrattive (per esempio formazione di cave);
- imbrigliamento pesante di corsi d'acqua (per esempio con barriere alla risalita dei salmonidi).

B2 – Disfunzioni dipendenti dalla struttura

- frammentazione eccessiva di componenti (per esempio macchie residuali senza core area);
- eccesso di resistenza paesistica al movimento di specie chiave (per esempio troppe barriere per lo spostamento di tassi in paesaggi agricoli);
- disturbi alla connessione (per esempio smagliature in reti ecologiche);
- variazione negativa ai campi di influenza di elementi nella matrice (per esempio restrizione di tali campi entro i confini di un'area protetta);
- problemi in punti strategici di una matrice (per esempio alterazioni di un'area nodale fra ecotopi differenti);
- bruschi cambiamenti nella quantità o distribuzione di HN e/o HU (per esempio per espansione incontrollata di insediamenti sussidiari).

B3 – Problemi di delimitazione

- alterazioni nella formazione dei confini di un elemento (per esempio rettificazione dei confini di una macchia boschiva residuale);
- alterazioni nella rete ecotonale o nei margini (per esempio formazione di barriere al posto di fasce ecotonali);
- perdita di caratteri funzionali di una delimitazione (per esempio diminuzione della porosità di un bordo di una macchia);
- frequenza di delimitazioni troppo elevata (per esempio recinzioni in un paesaggio agricolo);
- mancanza di margini in una macchia (per esempio elemento residuale con sole specie di interno).

B4 – Disfunzioni di flusso e movimento

- disturbi ai flussi principali inter-ecosistemici (per esempio impedimenti al trasporto di cataboliti verso la rete di escretori, cioè corsi d'acqua);
- perturbazioni nel processo di avvezione di semi (per esempio disturbi dovuti a emissioni in atmosfera);
- ostruzioni e anomalie al deflusso delle acque di piena

(per esempio costruzioni in golena o regimentazione di fiumi);

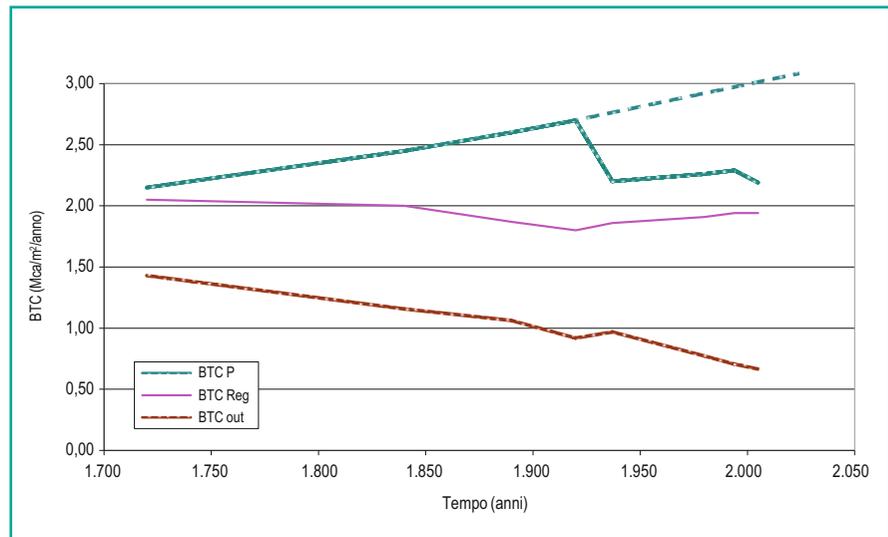
- perdita di capacità di depurazione dell'apparato escretore (per esempio distruzione dei canneti ripariali);
- diminuzione degli scambi di specie e materia dagli ecotopi (per esempio distruzione di macchie adatte alle metapopolazioni);
- invasione di specie esotiche (per esempio introduzione di vegetazione alloctona in UdP vicine a paesaggi suburbani);
- limitazione al movimento stagionale di specie fra regioni (per esempio interruzione di un grande corridoio di passaggio fra paesaggi naturali diversi e complementari);
- deviazione del flusso migratorio di specie (per esempio modificazione di habitat attrattori in ambito di paesaggi suburbani);
- interferenza elevata con il sistema antropico di traffico (per esempio passaggio di un'autostrada in un paesaggio agricolo).

4.3.3 Un esempio: le sindromi del Parco di Monza

Come esempio di identificazione di sindromi multiple riscontrabili in una UdP, si riporta uno studio effettuato sul grande parco storico di Monza (Ingegnoli, 2006b). Esaminando l'UdP che comprende il Parco, si nota che la sua trasformazione è stata indubbiamente assai forte, fra le maggiori di tutta la metropoli di Milano: dai 22.100 abitanti nel 1851 ai 135.700 nel 2001, su un territorio di non oltre 4000 ettari (comuni di Monza, Veduggio e Biassono).

In questo processo di trasformazione dell'hinterland milanese in metropoli di Milano, il parco di Monza ha quindi acquistato la nuova funzione ecologico-paesistica di "isola verde" in un contesto urbano. Tale funzione è così importante per gli equilibri ambientali del paesaggio urbano, che può cambiare persino gli indirizzi di conservazione del parco stesso. Diventa, perciò, primaria la necessità di valutare l'effettivo stato ecologico del parco, in quanto una manifesta alterazione di tale stato (Fig. 4.7) va sicuramente a pesare sugli indirizzi di salvaguardia, dando preminenza a una trasformazione naturalistica rispetto a una tutela dei caratteri originari. La Figura 4.7 mostra che il tratto punteggiato della tendenza naturale della BTC del parco segnala la maggiore alterazione subita dal sistema in esame: la BTC

Fig. 4.7 Dinamica dello stato ecologico del parco di Monza. Si noti che il tratto punteggiato della tendenza naturale della BTC del Parco dà un'idea dell'alterazione subita dal sistema in esame: la BTC dovrebbe essere pari a 3,00 Mcal/m²/anno, invece di 2,15. Inoltre, le aree esterne al parco sono state quasi tutte urbanizzate



dovrebbe essere pari a 3,00 Mcal/m²/anno, invece di 2,15. Inoltre, le aree esterne al parco sono state quasi tutte urbanizzate.

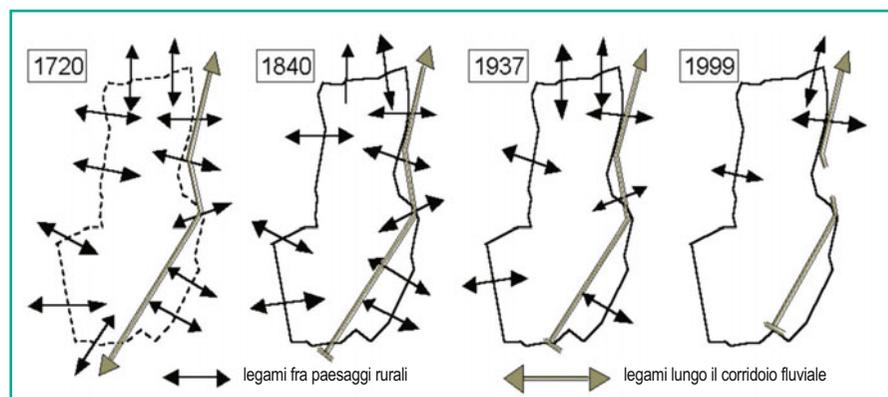
In realtà, è noto come il parco abbia subito grandi trasformazioni, soprattutto a partire dalla cessione ai comuni di Monza e Milano della tenuta Reale. Queste trasformazioni (in particolare l'autodromo e il golf) hanno diminuito l'efficacia ecologica del "sistema parco" proprio nel periodo in cui sarebbe stato necessario accrescere tale efficacia, a causa della grande urbanizzazione del suo contesto. Le sindromi ecopaesaggistiche principali del parco di Monza si possono così elencare:

- eccesso di densità di strade;
- insufficienza dei caratteri di rete ecologica;
- carenza di habitat naturali;
- eccesso di resistenza del paesaggio a specie chiave;
- troppo elevato indice di attraversamento di barriere;

- soglia critica di HS pro capite (sia per HU sia per HN);
- presenza di disturbi non incorporabili (*out of scale*);
- invasione di specie vegetali esotiche;
- livello di metastabilità non compatibile a struttura e funzioni;
- carenza di connettività fra elementi del paesaggio;
- eccesso di rumore e inquinamento causa strade e autodromo;
- degrado cronico dell'unità di paesaggio;
- cambiamenti drastici nel contesto territoriale;
- isolamento del sistema parco nel suo contesto (Fig. 4.8).

Come rappresentazione emblematica dei problemi e del degrado odierno del Parco Reale, si vuole concludere richiamando la Figura 1.4, che rappresenta il noto "Ser-raglio" svilito dalla presenza della pista dell'autodromo,

Fig. 4.8 Sindrome di isolamento del parco di Monza. Si ricorda che "l'effetto isola" è particolarmente negativo per un ambiente seminaturale, tanto più che le aree esterne sono quasi del tutto urbanizzate (da: Ingegnoli, 2002)



la quale peraltro forma una barriera che diventa particolarmente penalizzante soprattutto nella zona di maggior importanza delle tessere forestate, a nord del golf. Pure il golf costituisce un'alterazione di quasi pari entità a quella sopra menzionata, anche se meno vistosa. Non è vero comunque che la visione naturalistica debba necessariamente esigere l'eliminazione di grandi infrastrutture come l'autodromo e il golf: sarebbe senza dubbio un'ottima scelta, ma si potrebbe anche farne a meno, a patto però che – supportati da studi e controlli ecologici seri – queste venissero ridimensionate e venisse costruita tutta una serie di elementi di mitigazione e compensazione, assolutamente indilazionabili. Soprattutto tenendo presente di tornare a indici di connessione, biopotenzialità, habitat umano nella piena normalità e al risanamento delle tessere forestate.

4.4 Paesaggio e salute

4.4.1 Nuovi concetti di danno per la salute

In accordo con la definizione di vita attinente ai concetti di bionomia del paesaggio che abbiamo sottolineato in precedenza e che ha portato a superare la visione della vita limitata ai soli organismi individui, la salvaguardia della salute va intesa a diversi livelli di organizzazione biologica. Si ribadisce quindi l'importanza della figura del *medico ecologo*.

Oggi le Aziende Sanitarie Locali e le Aziende Regionali per la Protezione dell'Ambiente si occupano di alcuni aspetti della diagnosi ambientale, basata sul controllo dell'inquinamento dell'aria, delle acque e del suolo, ma in modo non integrato. Gli indicatori dello stato di salute si limitano agli inquinamenti in modo non integrato (Corrao et al., 1983), e ciò vale anche negli studi per la valutazione ambientale (VIA, Valutazione di Impatto Ambientale; VAS, Valutazione Ambientale Strategica). Occuparsi di ambiente per tematiche separate (pur essendo di per sé approfondite) e senza pensare al paesaggio come specifico livello di organizzazione biologica è però del tutto insufficiente, come dimostra il *corpus* teorico della bionomia del paesaggio. Per esempio, non viene preso in considerazione alcun danno dovuto alle *disfunzioni strutturali e spaziali dei sistemi ecologici*, disfunzioni sicuramente gravi e ben più difficili da studiare e da correggere. La salute è così da intendere in due sensi:

- a) da un lato la salute dei sistemi ecologici in esame (per esempio una UdP), con loro specifiche sindromi (Ingegnoli, 2002);
- b) dall'altro quegli aspetti che si possono trasmettere alle componenti di scala inferiore (per esempio *in primis* l'uomo), producendo ulteriori patologie.

Rimandando gli esempi sulle alterazioni di salute di paesaggi in esame ai prossimi capitoli sui casi applicativi, si pensi che aspetti anche molto elevati del comportamento umano sono controllati a livello genetico e fisiologico e possono essere influenzati dalle condizioni dell'ambiente, soprattutto nei primi anni di vita dell'individuo.

Come vedremo, lo sviluppo delle sinapsi e delle reti dei neuroni della corteccia cerebrale dell'uomo si completa, in prima fase, solo intorno ai due anni e mezzo di vita, proprio per raggiungere un adeguato rapporto interattivo con l'ambiente. Se l'ambiente però viene a degradarsi anche solo nelle sue componenti *spaziali e strutturali* (senza inquinamenti), i danni possono diventare di notevole gravità, e colpire non solo la psiche, ma anche il fisico. Le conseguenze si aggravano quando a ciò si aggiunge un ambiente familiare (e sociale) che non offre stimoli adeguati per lo sviluppo.

Ricordiamo ancora che, in un quadro di patologia dei sistemi di ecosistemi, le sindromi dovute agli inquinamenti sono, malgrado tutto, le più curabili e le più facilmente eliminabili, se c'è la volontà politica di farlo, anche se per certi versi sono le più immediatamente nocive nei confronti della salute. Di conseguenza, ci si deve rendere conto che prestare una maggiore attenzione ai controlli sulle patologie di alterazione strutturale e funzionale dell'ambiente, secondo i principi della bionomia del paesaggio, serve 1) a combattere con più efficacia gli inquinamenti e 2) soprattutto a salvaguardare la salute umana, anche in assenza di inquinanti.

Abbiamo fatto cenno alle patologie del paesaggio, in modo coerente con la definizione di sistema ecopaesistico come entità vivente complessa. Dalla medesima definizione di paesaggio, si deve comprendere che questo sistema ipercomplesso adattativo costituisce per eccellenza *proprio l'ambiente dove vive l'uomo*. Infatti, come abbiamo visto più volte, l'HU costituisce l'insieme degli apparati paesistici più significativi e oggi anche quantitativamente preponderanti nella maggior parte della biosfera. Ne deriva che, se il paesaggio è alterato, anche la vita dell'uomo ne risentirà inevitabilmente.

Eppure questo importante nesso logico, che è in parte verificabile anche nei confronti delle altre popo-

lazioni animali (e persino vegetali), sembra non voglia essere compreso appieno dalla nostra attuale società. Si è sicuramente capito che gli inquinamenti dell'ambiente possono essere anche molto pericolosi per la salute umana a vari gradi di scala. Ma, come già sottolineato, non si è ancora compreso, né sembra si voglia comprendere, che anche le disfunzioni strutturali di un paesaggio possono influire negativamente sulla salute, in vari modi.

Noteremo che questa sensibilità verso gli effetti di correlazione nei sistemi integrati complessi è lenta a essere compresa persino nei riguardi dei vegetali: nel 1978-79 si è deciso che valeva la pena di preoccuparsi per la salute delle foreste a causa dei danni da inquinamento (per ragioni in prevalenza economiche!) e solo ora, dopo 30 anni, si incomincia timidamente a integrare anche l'ecologia del paesaggio in un sistema di monitoraggio (vedi Programma Con.Eco.For. CFS⁸). Un'analoga preoccupazione per le specie animali è iniziata negli anni novanta con la fondazione della Conservation Biology Society, ma l'ecologia del paesaggio è stata riconosciuta subito come importante (Massa e Ingegnoli, 1999). Per quanto riguarda l'uomo, è vero che i primi allarmi su inquinamento e salute (i cui prodromi locali risalgono all'inizio del Novecento per la polvere di carbone) sono anch'essi degli anni settanta, come ricorda per esempio il noto libro "Primavera silenziosa" (Carson, 1962), ma finora non sembra che la bionomia del paesaggio sia mai stata presa in considerazione per la tutela della salute. Nella valutazione ambientale la situazione, purtroppo, non è diversa.

4.4.2 Lo stress dovuto all'ambiente

Il cosiddetto *stress adrenergico* è il "sistema di allarme" di un organismo individuo rispetto all'ambiente, quindi esso gioca un ruolo di fondamentale importanza qualora il sistema stressorio sia in grado di indurre alterazioni di salute nel corpo umano (Fig. 4.9).

Si osserva che l'attenzione posta dai medici a questo campo di studi è piuttosto recente, anche perché è solo

dall'ultimo dopoguerra (anni sessanta) che le alterazioni di salute dovute a cause ambientali, non riducibili al solo inquinamento, producono effetti dannosi su vasta scala (per esempio allergie).

Lo stress può alterare la quantità di produzione e il ritmo circadiano della secrezione di *cortisolo* con conseguenze negative sugli effetti inibitori esercitati da questo ormone sull'eccesso di catecolamine. Fra le varie conseguenze negative vi è anche una limitazione all'efficienza dei sistemi immunitario e antinfiammatorio. Ne segue che lo stress adrenergico non solo è pericoloso per le sindromi ischemiche cardiache, ma anche per l'insorgere di sindromi oncologiche, visto l'effetto di minore efficienza del sistema immunitario, in quanto è provato che un eccesso di cortisolo è *immunodeprimente*.

Peraltro, come mostrato dalla Tabella 4.3, con l'avvento della moderna società tecnologica, sviluppatosi nell'arco dell'ultimo secolo, si vengono a formare delle condizioni nel rapporto fra stress e ambiente che sono assai diverse dalle precedenti. Le cause di stress non sono più le stesse di un tempo: alle necessità di sopravvivenza si sono sostituite competizioni per il successo, per l'apparire e per l'instabilità del futuro. Ma ciò che più importa, i fattori ambientali ricreativi, un tempo vicini alle aree abitative, oggi sono lontani e costosi (turismo, seconda casa ecc.). Inoltre, si sono aggiunti indubbi fattori ambientali peggiorativi, *in primis* le disfunzioni strutturali di intere UdP, che aumentano lo stato di allarme ambientale anche spesso in modo inconscio.

Per tutto questo, il riequilibrio spontaneo dello stress è diventato difficile e raro, le sindromi sono passate da episodiche a epidemiche e la morbilità è divenuta alta. Alta risulta però anche la mortalità, in quanto vengono peggiorate le sindromi che rappresentano la prima causa di mortalità nelle popolazioni umane dei Paesi moderni. Si veda, per esempio, il caso dell'ischemia coronarica. Nell'eziologia delle sindromi coronariche, o comunque ischemiche, è stato ormai dimostrato (Baroldi, 2003) che quando la risposta simpatica eccede i limiti di controllo, è condizione di una serie di alterazioni che portano a una sequenza di episodi del tipo:

- neurite mediale postaterosclerotica;
- spasmo;
- asinergia regionale;
- ipocinesia + aumento della pressione intraventricolare;
- compressione extravasale;
- blocco ematico, necrosi infartuale;
- interazione cuore/cervello-riflessi intracardiaci;

⁸ Come pubblicato nel numero speciale *Ecological condition of selected forest ecosystems in Italy* (Annali CRA-Centro Ricerche per la Selvicoltura, vol. 34, 2005-2006), figurano otto istituzioni di ricerca, fra cui il Dipartimento di Biologia dell'Università degli Studi di Milano, con lo studio di trasformazione del paesaggio forestale di Lavazé (vedi cap. 16), coordinato dal prof. Ingegnoli.

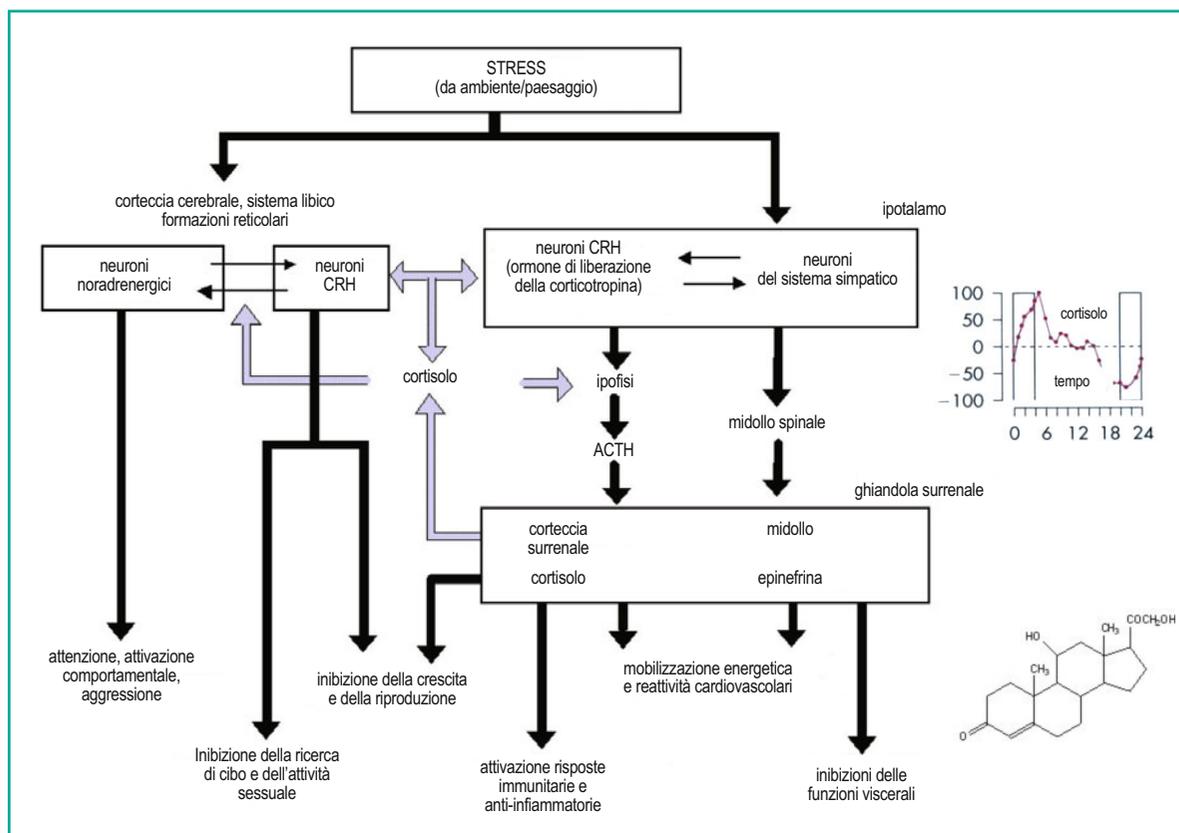


Fig. 4.9 Lo stress rompe il ritmo circadiano della secrezione di cortisolo con conseguenze negative sugli effetti inibitori esercitati da questo ormone sull'eccesso di catecolamine. Fra queste conseguenze negative vi è anche una limitazione all'efficienza del sistema immunitario e antinfiammatorio. Ne segue che lo stress adrenergico non solo è pericoloso per le sindromi ischemiche cardiache, ma anche per l'insorgere di sindromi oncologiche, visto l'effetto di minore efficienza del sistema immunitario (da: Ingegneroli 2002)

- miocrosi catecolaminica nell'infarto/morte improvvisa;
- ipersensibilità aritmogena;
- fibrillazione ventricolare-arresto cardiaco.

Ciò è di primaria importanza, in quanto viene indicato un superamento delle sole motivazioni coleste-

rolo-trombotiche nell'eziopatogenesi dell'infarto. La rottura dovuta a trombo in piccole placche da strie lipidiche non è infatti mai stata del tutto dimostrata istologicamente. Invece la miotossicità catecolaminica è stata riscontrata con frequenze elevate (78%) anche a livello istopatologico.

Tabella 4.3 Cambiamento di condizioni nel rapporto fra stress e ambiente nel passaggio da modalità di vita tradizionali a moderne

Condizioni	Tradizionale	Moderna
Causa prima di stress	Necessità di sopravvivere	Successo e apparire, instabilità del futuro
Fattori fisici	Iperlavoro	
Fattori psicologici	Tensione, ansia, frustrazione, depressione	
Fattori di rischio	Patologie di cuore e cervello e ridotte difese immunitarie	
Fattori ambientali ricreativi	Elementi naturali vicini all'abitare	Elementi naturali lontani e costosi
Fattori ambientali peggiorativi	-	Degradazione del paesaggio
Riequilibrio spontaneo	Normale	Raro
Sindromi da stress	Episodiche	Epidemiche
Morbilità e mortalità	Contenute	Elevate

Tabella 4.4 Principali danni alla salute e loro collegamento con cause derivate da alterazione ambientale

Danni alla salute	Motivazioni	Cause ambientali
Iperattività adrenergica	Allarme rispetto l'ambiente	Percezione delle disfunzioni strutturali del sistema ecopaesistico,
Cardiopatie ischemiche	Stress ambientale non compensato	cronicità delle alterazioni ecologiche, carenza di elementi naturali di ricreazione, degrado del proprio habitat, densità ecologica troppo elevata, accelerazione dei ritmi di vita nei paesaggi urbani e suburbani, allarme ambientale ecc.
Anomalie al sistema immunitario	Disturbi ipotalamo-surrenali da stress ambientale	Crescita in carenza di elementi vegetati, inquinamenti
Allergie	Disadattamento ambientale	Formazione di isola di calore, mancanza di vegetazione protettiva, eccessiva densità ecologica, inquinamento
Malattie polmonari	Alterazioni meso- e micro-climatiche	Inquinamenti vari, allarme ambientale da destrutturazione paesistica, ridotta capacità immunitaria
Patologie oncologiche	Squilibri immunitari e ingestione cancerogeni	Percorsi semplificati, trasporti meccanici ecc.
Inibizioni alla funzionalità intestinale	Disadattamento ambientale e poco moto	Degrado strutturale UdP suburbane, bassa eterogeneità paesistica, rumori, eccessiva densità ecologica, carenza di aree ricreative naturali
Irascibilità e aggressività	Alterazioni psichiche e comportamentali	
Inibizioni al cibo e al sesso	Squilibri ormonali e psichici da stress	

Da quanto prima esposto in relazione alla Figura 4.9, sia pure in sintesi, si può capire che una “risposta simpatica” può eccedere i limiti di controllo anche per motivi di solo stress ambientale.

Se, quindi, lo stress adrenergico può diventare una delle cause più importanti delle sindromi a maggiore mortalità del mondo moderno, e tale stress è legato ad allarme ambientale (non solo all'inquinamento), allora il risanamento ecopaesistico del nostro habitat acquista davvero un'importanza cruciale. Non si discute, infatti, sull'origine soprattutto comportamentale e da ambiente di lavoro dello stress, ma in tale processo, come evidenziato dalla Tabella 4.3, il ruolo dell'ambiente naturale è essenziale nel riequilibrio come nel peggioramento.

4.4.3 Danni alla salute e cause ambientali

Cerchiamo ora di rappresentare in estrema sintesi l'insieme dei principali danni alla salute dovuti a cause ambientali (Tabella 4.4). Noteremo che le sindromi sono molte e comprendono – non ci stancheremo di ribadire – le maggiori cause di mortalità nelle nazioni moderne.

Le cause ambientali principali non sono soltanto do-

vute agli inquinamenti, anzi, su nove gruppi di patologie, solo tre sono in prevalenza dipendenti dagli inquinamenti. Osserviamo, inoltre, che in quasi tutti i casi vi è un concorso di cause ambientali diverse e che lo stress ambientale può influire e peggiorare non solo le cardiopatie ischemiche, ma anche le anomalie al sistema immunitario. Come abbiamo sottolineato, d'accordo con molti medici (Scapagnini et al., 1985; Berne e Levy, 1990), il sistema nervoso simpatico e l'asse ipotalamo-ipofisi-corticosurrenale mediano integrano le risposte dell'organismo umano allo stress soprattutto attraverso il cortisolo.

Abbiamo affermato che il disordine strutturale e funzionale dei sistemi ecopaesistici, percepito anche in modo inconscio, aggrava fortemente lo stress adrenergico. Inoltre, abbiamo già dato un cenno alle modalità di crescita cerebrale, che sono ovviamente della massima importanza e hanno influenze biunivoche con lo stato dell'ambiente. Soprattutto nei primi anni di vita dei bambini, la rete di sinapsi neuronali nel telencefalo è ancora in fase di completamento, proprio per ragioni di *fitting* ambientale. Se un bambino cresce in una periferia strutturalmente degradata, è pressoché certo che ne risenta anche a livello cerebrale. Infatti, lo sviluppo sinaptico di reti neuronali nel cortex del te-

Tabella 4.5 Esempificazione sintetica delle principali alterazioni di un paesaggio urbanizzato e delle azioni di risanamento

Fattori ecopaesistici	Alterazioni	Rimedi
Vegetazione	BTC < 0,40 Mcal/m ² /anno > alloctone e ruderali	Ecotopi a vegetazione seminaturale anche nei paesaggi urbani
Habitat standard	HS/HS* < 0,1 HS(pt) < 90 m ² /ab	Quartieri meno densi, più giardini e orti urbani
Mesoclima, rapporto città/campagna	Isola di calore (+ 3 °C) > polveri > idrocarburi	Rottura delle megalopoli con macchie di paesaggi agricoli protettivi
Apparato escretore (canali e fiumi)	IBE < 6 IFF < 75 BOD > 15	Rinaturazione dei corridoi fluviali e fitodepurazione
Eterogeneità tessere	$\psi < 35\%$ ψ_{max} $\tau < 2,5$	Tipi di lotti a diverso BFF e verde urbano
Connettività verde urbano	Assente o interrotta	Viali alberati ecologici (non solo per decoro)
Apparato sussidiario	HS(ss) > 100 m ² /ab	Zone industriali multifunzionali
Patologia del paesaggio	Cronica e/o acuta	Piani ecologici di scala superiore

lencefalo è completato, negli uomini, solo circa all'età di 2,5-3 anni. Anzi, un numero crescente di fibre nervose attraversano il corpo calloso del cervello in età fra i 2 e i 5 anni.

Da non molto tempo è inoltre noto che il cervello umano matura seguendo un "effetto di potatura" (*pruning effect*) intorno all'età dello sviluppo, dai 12 ai 15 anni, effetto che si rende necessario dopo una crescita ridondante di connessioni. Alcuni neuroni della sostanza grigia arrivano addirittura a svilupparsi fino a 20-21 anni. Si può ritenere con buona probabilità che questo processo sia prolungato proprio per raggiungere un'appropriata congruenza con il proprio ambiente di vita. Tornando all'effetto "potatura", non si può escludere che oggi vengano tagliate nei *teen-ager* cittadini delle connessioni atte a rapportarsi con ambienti naturali che nelle grandi conurbazioni non hanno più riscontro alcuno. L'osservazione di comportamenti devianti in tal senso è facile da constatare, soprattutto da parte di chi ha responsabilità di insegnamento nelle scuole medie superiori.

4.4.4 Salute e pianificazione del territorio

Possiamo ora meglio comprendere come le ragioni a sostegno di una valutazione ambientale e di una gestione e pianificazione del territorio legate ai principi di ecologia del paesaggio biologico-integrata diventino impellenti. Non vi sono solo ragioni di conservazione della natura e di sostenibilità dello sviluppo: forse le ragioni più importanti a sostegno di una valutazione e di una

pianificazione "ecologica" sono proprio *quelle di tutela della salute*. Considerazioni sul rapporto fra transizione demografica (*sensu* Cresta, 1983) e crisi ecologica dimostrano che i Paesi a più alto grado di pianificazione hanno un'alta metastabilità ambientale e le *maggiori longevità* (Ingegnoli, 1986).

Ne segue che la conoscenza dei *limiti di degrado* per ogni tipo di paesaggio e delle azioni di risanamento (Tabella 4.5) diventano un fatto indispensabile per sapere valutare l'ambiente e pianificare in modo opportuno. Ovviamente, nella Tabella 4.5 vengono presentati dati che andrebbero meglio chiariti. Essi sono solo indicativi, in quanto non si rifanno a un caso concreto, ma vogliono essere di orientamento e promemoria. Un chiarimento dei limiti e delle azioni di risanamento ambientale sarà esemplificato meglio nei primi due capitoli della seconda parte di questo testo (vedi capitoli 11 e 12). Per il momento si dovrà sottolineare che le terapie di risanamento di un paesaggio urbanizzato o di una sua UdP devono essere ben studiate e i controlli ben condotti, visto che risanare un paesaggio significa anche risanare il proprio habitat e quindi tutelare la salute.

Se in questo paragrafo si vuole sottolineare la necessità di risanamento ecologico dei paesaggi urbani e suburbani, ciò è dovuto al noto cambiamento epocale degli ultimi anni, con risvolti a livello globale: in soli 50 anni la percentuale di popolazione che vive in paesaggi urbani o suburbani è aumentata dal 28,6% al 54,2% e si prevede di arrivare al 65% circa fra 20-30 anni. Le ragioni di un così deciso cambiamento (finora la maggioranza delle popolazioni umane viveva in campagna o in aree seminaturali) non sono solo economiche, ma anche ecologi-

che. Infatti, la funzionalità dei paesaggi agricoli, complementari a quelli urbanizzati, rischierebbe di crollare, quindi gli abitanti in soprannumero sono spinti all'inurbamento, anche senza scopo di lavoro.

L'aumento dei paesaggi urbanizzati è peraltro una fonte di continui disordini ecologici anche per i residui paesaggi naturali e seminaturali, quindi è essenziale una loro attenta pianificazione in senso ecologico.

5.1 Rinnovamento della scienza della vegetazione

5.1.1 Ragioni del rinnovamento

Come noto, fra la fine del XIX secolo e l'inizio del XX, la scienza ha incominciato a presentare dei cambiamenti epocali che l'hanno messa in crisi (vedi paragrafo 1.2.2). La Fisica ha perduto le sue certezze meccanicistiche, a causa del progredire della fisica delle particelle subatomiche (Meccanica Quantistica), la sua fede in un tempo e in uno spazio "assoluti", a causa della Teoria della Relatività e nella reversibilità dei processi, a causa degli studi sulla termodinamica (vedi Boltzman). Inoltre, la convinzione positivista che i dati dell'esperienza possano tradursi in conoscenza scientifica di per sé è stata decisamente smentita. Infatti, come aveva dimostrato Einstein (1918, 1923), questo punto di vista è sbagliato e può portare a una catalogazione, non a una teorizzazione.

Al pari di tutti gli studi di ecologia, gli studi sulla vegetazione portati avanti da Braun-Blanquet sono stati indubbiamente utili e importanti, ma non sono riusciti a stare al passo con gli stravolgimenti dei paradigmi scientifici. Per tali ragioni, gli studi di fitosociologia (Braun-Blanquet, 1926) presentano ovvi vantaggi per quanto riguarda la descrizione (la catalogazione) della vegetazione, ma anche sicure limitazioni, essendo basati su una epistemologia positivista e su concetti ecologici oggi superati.

Diamo una rapida sintesi dei limiti principali della fitosociologia (Naveh e Lieberman, 1984; Pignatti, Box e Fujiwara, 2002; Ingegnoli, 1997, 2005):

1. riferimento a un concetto di naturalità che esclude in ogni caso l'uomo;

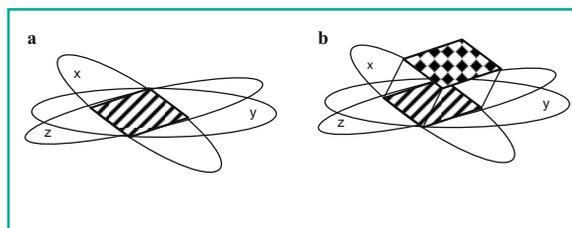


Fig. 5.1 Rappresentazione di uno "spazio ecologico" nello studio della vegetazione. **a** Nel modello fitosociologico, **b** nel modello di bionomia del paesaggio. Si noti che per il principio delle proprietà emergenti, lo spazio ecologico acquista caratteri che vanno oltre la somma delle singole specie (da: Ingegnoli, 2002)

2. dinamica basata sul concetto di successione ecologica intesa ancora come lineare e deterministica;
3. riferimento a uno "spazio ecologico" che non considera il principio delle proprietà emergenti (Fig. 5.1);
4. ricorso al concetto di "vegetazione potenziale" che non considera il ruolo dei disturbi nei sistemi ecologici; ignoranza delle funzioni di sistema complesso e scala-dipendenti, pretendendo di poter studiare il paesaggio con l'approccio deterministico legato al concetto di "sygmetum" e "geo-sygmetum" (Tüxen, 1956, Rivas-Martinez, 1987).

A ciò si deve aggiungere che: 5) il livello di organizzazione a cui ci si riferisce è diverso: la comunità/ecosistema in un caso, l'unità di paesaggio nell'altro; 6) esistono limiti alla capacità di "indicazione ambientale" delle specie. Inoltre, il metodo di stima della distanza ecologica tra vegetazione potenziale e reale presuppone che il paesaggio ottimale sia omogeneo, implicando con ciò che l'insieme di tutte le componenti di una serie di vegetazione siano arrivate allo stadio climacico, il che è contrario a tutti i principi di ecologia del paesaggio e al concetto stesso di biodiversità.

Alcune domande di fondo nello studio del paesaggio rimangono, quindi, senza risposta secondo l'ap-proccio citato. Vale la pena di riportare alcune di tali questioni:

1. come considerare il contributo di una tessera vegetata alla metastabilità generale di una unità di paesaggio (UdP)?
2. come paragonare i dati ecologici di una macchia forestata con quelli di un altro tipo di vegetazione?
3. come utilizzare i caratteri ecologici dei diversi tipi di vegetazione per arrivare a una valutazione diagnostica riferita a una certa unità di paesaggio?
4. come integrare gli altri parametri ecologici di una UdP (HU, HS ecc.) con quelli relativi alla vegetazione?

Le risposte coerenti alla teoria bionomica del paesaggio iniziano con la proposta del nuovo *concetto di the fittest vegetation for* (Ingegnoli, 2002; Ingegnoli e Giglio, 2005; Ingegnoli e Pignatti, 2007) per superare quello di vegetazione potenziale. Questa reinterpretazione del concetto di vegetazione potenziale sta a indicare "la vegetazione più calzante: in condizioni climatiche e geomorfiche di un limitato periodo di tempo in un certo luogo definito; in funzione della storia dello stesso e con un certo insieme di disturbi incorporabili (compresi quelli umani); in condizioni naturali e non naturali". Le implicazioni sono diverse: per esempio, i concetti di vegetazione primaria o secondaria perdono di significato; inoltre, in regioni fortemente antropizzate non ha più senso paragonare la vegetazione reale con quella potenziale, dati i cambiamenti ambientali in atto. Il concetto di *the fittest vegetation for*, unito al principio che "...il comportamento di un sistema dipende non soltanto dai suoi elementi componenti, ma anche dal modo in cui essi sono assemblati e disposti..." (Principio Proprietà Emergenti, vedi par. 2.3.1.1) evidenzia un grande cambio di prospettiva anche nelle applicazioni. Cerchiamo di sintetizzare in primis le principali implicazioni:

1. si ribadisce che non è corretto valutare lo stato ecologico della vegetazione di una unità di paesaggio in riferimento alla vegetazione potenziale di tale unità. Infatti, in assenza di un *range* di disturbi incorporabili, un paesaggio non riesce a strutturarsi né a mantenersi;
2. le vegetazioni zonali, anche in assenza di disturbi antropici, sono strutturate in un complesso di associazioni e la configurazione di tale complesso influisce sulla funzionalità del sistema;

3. per interazione fra diverse componenti di una stessa vegetazione zonale può avvenire un cambiamento lungo una linea di successione;
4. in un sistema complesso adattativo, la multifunzionalità non si esprime in tutti i suoi aspetti solo per la condizione che tale sistema può raggiungere (per esempio, la potenzialità della vegetazione). Al contrario, essa ha bisogno di un sistema di vincoli (o meglio *constraints*) per poter esprimere in pieno tutte le sue funzioni, data la complementarità di molte di esse (per esempio, senza i vincoli dovuti alla frammentazione le funzioni di connettività e circuitazione non si possono esplicitare);
5. bisogna recuperare il ruolo ecologico della vegetazione antropogena, almeno fintanto che essa non porti a disturbi fuori scala. Poter porre in gioco tale recupero è di fondamentale importanza, se si vuole gestire il territorio anche nel senso della conservazione biologica, dato che molte specie naturali si sono coevolute in millenni di rapporti con le popolazioni umane;
6. la dinamica della vegetazione è da ristudiare, superando il riduzionismo ancora presente nella fitosociologia. È necessario tener conto anche dei principi di bionomia del paesaggio (Ingegnoli, 2002; Ingegnoli e Pignatti, 2007), non solo dei principi inerenti le specie e le comunità vegetali;
7. il concetto di vegetazione primaria o secondaria perde gran parte del suo significato. La teoria della Termodinamica di non equilibrio e dell'Ordine attraverso fluttuazioni (vedi Ingegnoli, 2002) non ammette infatti tali aspetti riduzionistici;
8. non è più possibile parlare di recupero e/o restauro di sistemi ecologici di vegetazione. Infatti il ritorno a condizioni *quo ante* è impensabile anche in periodi di tempo relativamente brevi e con l'allontanamento dei disturbi antropici.

Questi ultimi aspetti si sono sperimentati a partire dagli studi effettuati da Ingegnoli per il CNR (1995) sulla foresta del Garigione nel Parco della Sila Piccola (*Asyneumati-Fagetum Abietetosum*) (Fig. 5.2.) In particolare, si è dimostrato che mentre la carta fitosociologica mostrava solo due tipi di tessere, a dominanza di *Fagus sylvatica* o *Abies alba*, in realtà sono state individuate ben 12 tipologie di tessera, fra cui molte derivate dall'antica consuetudine delle carbonaie (Fig. 5.3), che dopo secoli di uso hanno modificato il suolo a tal punto da creare condizioni adatte quasi esclusivamente a macchie di pioppi (*Populus tremula*).

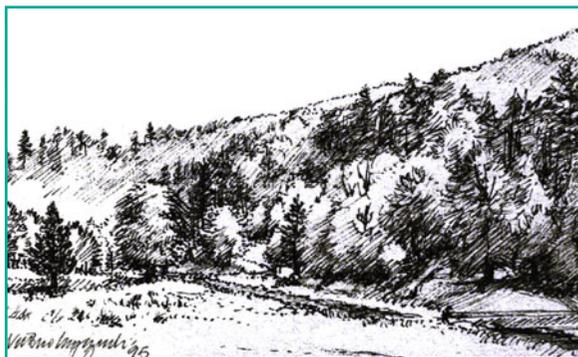


Fig. 5.2 Foresta del Gariglione, nel Parco della Sila Piccola, Calabria: *Asyneumati-fagetum Abietetosum* (secondo Gentile). In realtà gli studi effettuati per il CNR hanno rivelato un ecosistema composto non da due, ma da dodici tipi di tessere (da: Ingegnoli, 2002)



Fig. 5.3 Esempio, ormai relativamente raro, di carbonaia in una faggeta in Calabria. L'area di lavoro è piuttosto vasta e di solito si raggruppano due o tre di queste costruzioni a "forno"

5.1.2 LaBiSV: nuovo metodo di analisi e di studio della vegetazione

Da queste sia pur sintetiche premesse si evince l'impellente necessità di sviluppare un metodo di studio della vegetazione proprio della bionomia del paesaggio. Ecco perché Ingegnoli (2002, 2005), Ingegnoli e Giglio (2005), Ingegnoli e Pignatti (2007) hanno proposto una nuova metodologia, denominata LaBiSV (*Landscape Bionomical Survey of Vegetation*), le cui basi teoriche sono riassumibili come segue: 1) riferimento ai concetti di ecocenotopo ed ecotessuto come entità strutturali del paesaggio; 2) uso della capacità biologico-territoriale della vegetazione (BTC) come funzione integrativa prin-

cipale; 3) stesura di modelli di sviluppo dei diversi tipi di vegetazione (tempo-BTC) basati su una funzione esponenziale e logaritmica; 4) possibilità di comparazione fra lo stato ecologico di tessere vegetate naturali e antropiche, secondo i principi di bionomia del paesaggio; 5) possibilità di determinare lo stato di normalità dei parametri ecologici dei diversi tipi di vegetazione; 6) capacità di misurare il concetto di biodiversità al livello di paesaggio (diversità di organizzazione biologica di contesto).

5.1.2.1 Fasi del metodo

Per lo studio della vegetazione di una unità di paesaggio (UdP), questa metodologia si può suddividere in almeno cinque-sei fasi, che si riportano in estrema sintesi:

- *Fase I: identificazione degli elementi del paesaggio:* stabiliti i confini ecologici della unità di paesaggio in esame (UdP), si evidenziano gli ecotopi e le tessere vegetate (Ts). Si ricorda che i tipi di vegetazione non sempre coincidono con le associazioni fitosociologiche;
- *Fase II: studio dei caratteri geografici e storici dell'UdP:* si raccolgono i dati geografici dell'UdP (per esempio, fitoclima, substrato pedologico, morfologia ecc.). Si studiano le trasformazioni storiche, anche di origine antropica, attraverso vecchie mappe e gli usi del suolo nel passato.
- *Fase III: rilevamento delle tessere campione per parametri vegetazionali:* si scelgono delle tessere campione per ciascun tipo di vegetazione presente e, per ciascuna tessera, si rilevano quattro gruppi di parametri: 1) caratteristiche di tessera, 2) caratteri della fitomassa (soprasuolo), 3) caratteri dell'ecocenotopo, 4) relazioni tessera/unità di paesaggio;
- *Fase IV: ordinazione e valutazione dei parametri ecopaesistici principali:* si ordinano i parametri sopra menzionati in 4 classi, sintetizzabili in una scheda che permette di valutarli per colonne con punteggi dipendenti dai diversi modelli di sviluppo dei tipi di vegetazione. Si possono così valutare le qualità ecologiche (Qi) dei parametri e/o stimare la BTC della Ts con equazioni legate al modello del tipo di vegetazione in esame (Ingegnoli e Giglio, 2005);
- *Fase V: problemi ecopaesistici e scelta degli intervalli di normalità:* richiamandosi ai principi dell'ecologia del paesaggio, è possibile elaborare gli aspetti diagnostici necessari per conoscere lo stato ecologico dell'UdP in esame;
- *Fase VI: criteri ed indirizzi di intervento:* si individua

una terapia di intervento di riabilitazione della vegetazione esaminata, tenendo conto sempre di principi di biomomia del paesaggio.

5.1.2.2 Scheda riassuntiva di rilevamento

Il metodo di rilevamento proposto (Ingegnoli 1999, 2001, 2002; Ingegnoli e Giglio 2005) si avvale dell'utilizzo di una scheda a risposte multiple (Tabella 5.1) progettata per valutare il livello di auto-organizzazione e per stimare la metastabilità di una tessera vegetata. La scheda di rilevamento parametrico delle tessere vegetate è divisa in quattro parti e registra 26-32 parametri (righe): T = carattere degli elementi del paesaggio (tessera, corridoio); F = fitomassa epigea; E = parametri di ecosistema; U = rapporti fra elementi e loro paesaggio.

Le classi di valutazione di tali parametri sono 4 (colonne) e i "pesi" di ciascuna dipendono da un modello di valutazione che considera i rapporti fra la produttività primaria lorda, quella netta e la respirazione negli ecosistemi vegetali (Odum 1971; Duvigneaud 1977; Piusi 1994) sintetizzata nel modo seguente: le fasi da giovanili ad adulte fino al passaggio verso la maturità, espresse da un processo esponenziale; le fasi dall'inizio alla piena maturità espresse da un processo logaritmico. Compilate tutte le voci della scheda, si conta il numero di voci segnate per ogni colonna e lo si moltiplica per il relativo punteggio. La somma dei quattro valori così ottenuti darà il punteggio totale Y della tessera (per esempio, $Y = 3+35+96+220 = 354$).

5.1.2.3 Stima della BTC delle tessere vegetate

I valori di riferimento della BTC sono da considerare alla soglia della maturità. Nel caso delle tessere forestali della scheda (Tabella 5.1), sono state prese in conside-

razione sia le foreste di tipo temperato-deciduo sia le foreste di tipo alpino-boreale di conifere, con BTC massima di riferimento rispettivamente di 12 e 11 Mcal/m²/anno. Le equazioni relative al modello (Fig. 5.4) risultano:

$$BTC (tp_1) = t^{0,52} - 0,8 + BTC (tp_2) = 2,45 \ln t$$

$$BTC (br_1) = t^{0,50} - 0,7 + BTC (br_2) = 2,25 \ln t$$

dove in tp_1 e br_1 gli intervalli di BTC sono 0-12 e 0-11, mentre in tp_2 e br_2 sono ridotti a 12-13 e 11-12. Il comportamento di questo modello è registrato dividendo le fasi di crescita in 4 intervalli della stessa ampiezza, i cui valori appunto vengono considerati come pesi:

- foresta temperata: 1,6, 4,9, 8,1, 11,4, con intervallo di 9,8 Mcal/m²/anno;
- foresta boreale: 1,5, 4,5, 7,5, 10,5, con intervallo di 9,0 Mcal/m²/anno.

I possibili valori della scheda variano da 28 a 616 e da 28 a 700 (vedi Tabella 4.1) rispettivamente e le equazioni di valutazione risultano:

- foresta temperata $BTC (tp) = 0,01667 (y - 28) + 0,13 (pB/65)$ Mcal/m²/anno;
- foresta boreale $BTC (br) = 0,01339 (y - 28) + 0,12 (pB/70)$ Mcal/m²/anno.

dove il coefficiente angolare è il rapporto "intervallo di BTC/intervallo di punteggio" (per esempio, $9,8/(616 - 28) = 0,01667$) e dove la seconda parte dipende dal valore di volume di biomassa (pB) rapportato a un minimo

Fig. 5.4 Modello di sviluppo di foreste di tipo temperato e boreale-alpino in funzione della capacità biologico-territoriale della vegetazione (BTC). La fascia tratteggiata segnala il passaggio alla fase di maturità del sistema forestale

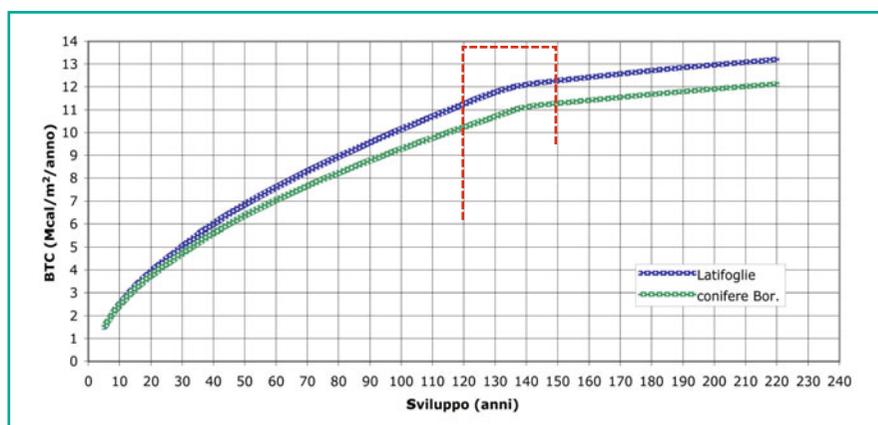


Tabella 5.1 Valutazione della qualità ecologica di tessere di foreste boreali e temperate e stima della loro capacità biologica territoriale (BTC)

Foreste temperate	1	5	12	22	Punteggio
Foreste boreali	1	5	14	25	Punteggio
T. Caratteristiche di tessera (Ts)					
T1 - Altezza media della vegetazione (m)	< 9	9,1-18	18,1-29	> 29,1	Chioma degli alberi degli strati dominanti
T2 - Copertura della canopy (%)	< 30	> 90	31-60	61-90	Rispetto alla superficie totale della tessera
T3 - Differenziazione strutturale	Bassa	Media	Buona	Alta	Disetaneiformità, disposizione spaziale (sp)
T4 - Interno/margine (%)	Assente	< 30	31-89	> 90	(% Ts)
T5 - Tipo di gestione	Ceduo semplice	Ceduo composto	Bosco	Foresta naturale	O assimilabili
T6 - Permanenza (anni)	< 80	81-160	161-240	> 240	Età degli alberi più vecchi
F. Caratteristiche della fitomassa epigea nella tessera					
F1 - Quantità di fitomassa morta	Quasi 0	> 10	1-5	5-10	Calcolata come % sulla Fm viva
F2 - Profondità della lettiera	Quasi 0	< 1,5	1,6-3,5	> 3,5	Cm
F3b - Fm in volume (m ³ /ha)	< 200	201-500	501-950	> 950	Foresta boreale
F3t - Fm in volume (m ³ /ha)	< 150	150-350	350-600	> 600	Foresta temperata
E. Caratteristiche ecocenotipiche della tessera					
E1 - Specie dominanti (n.)	> 3	3	2	1	Come volume di Fm
E2 - Ricchezza di specie	< 15	16-30	31-40	> 40	N. sp./tessera
E3 - Presenza di specie caratteristiche (%)	< 5	6-40	41-80	> 80	Associaz. Fitosoc. o fitocenosi di riferimento
E4 - Specie alloctone (%)	> 10	10-4	< 4	0	Non appartenenti all'ecoregione della Ts
E5 - Piante infestanti (% di copertura)	Quasi completa	> 25	< 25	Assenza	Sulla superficie totale della Ts
E6 - Individui ammalati	Danni evidenti o diffusi	Sospetto o poche piante	Rischio o solo qualche individuo	Nessuno	Considerare tutte le possibili malattie
E7 - Forme biologiche (n.)	< 3	4-5	6-7	> 7	Secondo Box 1987, modificato
E8 - Stratificazione verticale	2	3	4	> 4	
E9 - Capacità di rinnovo	Nessuna	Intensa	Sporadica	Normale	Della/e specie dominante/i
E10 - Stato dinamico	Degradazione	Ricreazione	Rigenerazione o crescita normale	Fluttuazione	
U. Caratteristiche della tessera in rapporto all'unità di paesaggio (UdP)					
U1 - Contiguità con vegetazione analoga	0	< 25	26-75	> 76	% del perimetro
U2 - Caratteristiche di <i>source</i> o di <i>sink</i>	<i>Sink</i> (risucchio)	Neutrale	Sorgente parziale	Sorgente effettiva	In sp e risorse
U3 - Ruolo funzionale nell'UdP	Ridotto	Minore	Evidente	Molto importante	Contesto e tipologia
U4 - Incorporazione dei disturbi	Insufficiente	Scarsa	Normale	Alta	Disturbi locali
U5 - Instabilità geofisiche	Evidenti	Parziali	Esistenza di rischio	Nessuna	Legate ai fisiotopi dell'UdP
U6 - Interesse da parte della	Basso	Medio	Buono	Attrazione	Specie chiave

(cont. →)

Tabella 5.1 (continua)

fauna permeante					
U7 - Motivi di trasformazione della Ts come elemento del paesaggio	Forti disturbi	Cambiamenti graduali	Instabilità temporanee	Fluttuazione	A oggi + tendenza
U8 - Interferenza con patologie proprie del paesaggio circostante	Assai serie	Quasi croniche	Facilmente incorporabili	Nessuna	Provenienti dall'UdP propria o da altre circostanze
U9 - Permanenza di analoga tipologia vegetazionale (anni)	< 100	100-300	300-1200	> 1200	Presenza storica
Risultati del rilevamento					
Punteggio totale $Y (= h+j+k+w)$	$h = \dots$	$j = \dots$	$k = \dots$	$w = \dots$	$Y = \dots$
Qualità della Ts	$Q t = Y/616 [700]$				$Q = \dots \dots \dots [\%]$
Stima della BTC	$BTC (t) = 0,01667 (y - 28) + 0,13 (Fm/65)$				$BTC = \dots [Mcal/m^2/a]$
	$BTC (b) = 0,01339 (y - 28) + 0,12 (Fm/70)$				

standard (65) in m³/ha. Tutto ciò è stato studiato con un decennale parallelo controllo sul campo in foreste a diversi stadi di maturità, di diverse condizioni climatiche e in diverse zone di Italia e di Europa, in modo da dare al modello il massimo di garanzia. Per ogni tipo di vegetazione è stata studiata una scheda e sono state espresse una serie di equazioni analoghe alle precedenti, come risulta dalla Tabella 5.2.

Rinviando al manuale di Ingegnoli e Giglio, 2005, ci limiteremo qui ad aggiungere le schede dei seguenti tipi di vegetazione: prati e pascoli (Tabella 5.3), parchi urbani (Tabella 5.4), coltivi agrari (Tabella 5.5).

5.2 Studio delle tessere forestali secondo il LaBiSV

5.2.1 Analisi dei caratteri di tessera

Per semplicità si riporta qui solo la descrizione “standard” delle voci relative alle tessere forestali, rimandando per le altre al già citato manuale.

5.2.1.1 Altezza media della canopy (m)

L'altezza della vegetazione va considerata come *media ponderata delle altezze di tutte le specie componenti la “canopy” della tessera in esame*: si misura l'altezza di almeno 5-10 individui per ogni specie vegetale presente nello strato dominante (individui che già siano rappresentativi dell'altezza media della specie in quella speci-

fica tessera, avendo cura di evitare il più alto e il più basso), si conta quanti individui per ogni specie siano presenti nella tessera in esame e si calcola la media ponderata.

5.2.1.2 Copertura della canopy (%)

La copertura della canopy va considerata rispetto a *tutta l'estensione della tessera* in esame (in genere, superiore a un ettaro) e *non* a singoli *plot* (quali quello nel quale viene effettuato il rilievo fitosociologico). Essa considera solo la copertura della componente arborea.

5.2.1.3 Differenziazione strutturale

La *disetaneiformità* è misurata tramite la *distribuzione dei diametri* sulla tessera esaminata. Per quanto riguarda la disposizione spaziale (o struttura orizzontale, o tessitura), si considerano le tipologie principali. Si ricorda che entrambe le voci vanno verificate facendo riferimento in primo luogo a tutte le specie vegetali arboree, sia che esse appartengano allo strato arboreo dominante che agli strati arborei dominati, e, in secondo luogo, alle specie componenti gli strati alto arbustivi. La valutazione corrisponderà a una considerazione complessiva dello stato della tessera. Pertanto, si considera ben strutturata (*alta*) una tessera nella quale gli individui sono disetaneiformi e con disposizione aggregata normale, e questa condizione è verificata sia per le specie arboree sia per quelle arbustive; si attribuisce:

- il valore *buona* quando siano presenti una disetaneiformità non molto accentuata unita a una disposizione

Tabella 5.2 Riassunto dei modelli di rilievo della vegetazione secondo un metodo di ecologia del paesaggio, con equazioni di stima della BTC riferite ai dati rilevati dalle schede apposite

Tipi di vegetazione	BTC max riferimento Mcal/m ² /anno	Modello sviluppo (anni)	Classi di rilievo: punteggi	Max punt. (Y)	Misura BTC Equazioni di stima (Mcal/m ² /anno)
1. Foreste boreali e alpine	11,0	120-150	1,5,14,25	700	0,01339 (y - 28) + 0,12 (pB/70)
2. Foreste temperate decidue	12,0	120-150	1,5,12,22	616	0,01667 (y - 28) + 0,13 (pB/65)
3. (Foreste boreali-temperate)	11,5	120-150			1/2 (BTC1 + BTC2)
4. (Foreste mediterraneo- temperate)	12,5	120-150			1/2 (BTC2 + BTC5)
5. Foreste sclerofille mediterranee	13,0	120-150	1,5,11,23	644	0,01705 (y - 28) + 0,13 (pB/60)
6. Pinete mediterranee	10,5	100-130	1,5,13,23	644	0,01510 (y - 28) + 0,12 (pB/65)
7. Arbusteti temperato-boreali alti	4,0	30-40	1,6,16,32	960	0,00344 (y - 30) + 0,10 (pB/17)
8. Arbusteti temperato-boreali bassi	2,6	25-35	1,5,13,28	840	0,00247 (y - 30) + 0,03 (pB/0,2)
9. Arbusteti mediterranei alti	5	
10. Arbusteti mediterranei bassi	3*	
11. Praterie e pascoli	1,4	20-24	1,4,13,32	928	0,00133 (y - 29) + 0,02 (pB/0,14)
12. Canneti	2,8	36-48	1,6,17,37	1073	0,0023 (y - 29) + 0,04 (pB/0,3)
13. (Praterie umide e di torbiera)	1,55	25-30			1,1 (BTC9)
14. Praterie alofile	1,2	15-20	1,3,6,12	336	0,00260 (y - 28) + 0,10 (pB/1,4)
15. Corridoi alberati	9,5	90-130	1,7,17,33	1089	0,0072 (y - 33) + 0,10 (pB/75)
16. Coltivi legnosi agrari	4,5	30-40	1,6,15,28	812	0,00575 (y - 29) + 0,15 (Fm/35)
17. Campi coltivati seminativi	2,0	10-20	1,5,15,31	806	0,00192 (y - 26) + 0,09 B3
18. Verde urbano	8,0	70-110	1,7,20,39	1170	0,00526 (y - 30) + 0,10 (pB/45)

*Risultati ancora incompleti per mancanza di finanziamenti.

spaziale con cenni di aggregazione, o con certe specie a disposizione aggregata e altre no, o ancora con disposizione regolare di aggregati;

- il valore *media* quando sia verificata *una sola* delle due condizioni, cioè alternativamente la disetaneiformità o la disposizione spaziale a gruppi;
- il valore *bassa* quando la tessera in questione si presenta quasi coetaneiforme e con disposizione casuale delle piante o, al contrario, individuabile secondo uno schema preciso di piantagione, quindi regolare, il tutto per entrambe le componenti.

5.2.1.4 Interno/margine (%)

Si considera il rapporto percentuale tra la superficie della tessera identificabile come “interno” (in funzione del tipo di specie vegetali e animali che la caratterizzano e del portamento delle specie vegetali) e la superficie della tessera identificabile come di “margine”. A tal proposito si ricorda che la fascia di margine è profonda *da una a due volte e mezzo l'altezza media delle specie della canopy*. Si fa presente che esistono *tessere tutte di margine*, riconoscibili da una copertura della *canopy* abbastanza rada, da un portamento delle specie arboree

Tabella 5.3 Valutazione della qualità ecologica di tessere di prato, pascolo o canneto e di stima della loro capacità biologica territoriale (BTC)

Prati, pascoli Canneti (c)	1	4	13	32	Punteggio Punteggio
T. Caratteristiche di tessera (Ts)					
T1p - Altezza media (m)	< 0,2	0,2-0,6	0,6-1,0	> 1,0	Arbusti strato dominante
T1c - Altezza media (m)	< 0,7	0,7-1,5	1,5-4,0	> 4,0	Arbusti strato dominante
T2 - Copertura vegetazione (%)	< 30	< 90	31-60	61-90	Rispetto alla superficie totale della tessera
T3 - Presenza di arbusti (%)	< 5	5-15	15-25	> 25	Inferiore al 34% della Ts
T4 - Differenziazione strutturale	Bassa	Media	Buona	Alta	Disposizione spaziale (sp)
T5 - Margini	Non chiaro	< 30	30-10	> 10	(% Ts)
T6 - Tipo di gestione	Artificiale	Seminaturale	Naturale pascolato	Naturale	O assimilabili
T7 - Permanenza (anni)	< 20	21-60	61-120	> 120	Età arbusti più vecchi
F. Caratteristiche della fitomassa epigea nella tessera					
F1 - Quantità di fitomassa morta	> 60	60-21	> 20	Quasi 0	Calcolata come % sulla Fm viva
F2p - Profondità della lettiera	Quasi 0	< 1,5	1,2-3,5	> 3,5	Cm
F2c - Profondità della lettiera	Quasi 0	< 5	5-10	> 10	Cm
F3p - Fm in volume (kg/m ²)	< 0,6	0,6-1,2	1,2-2,0	> 2,0	Fm secca prato
F3c - Fm in volume (kg/m ²)	< 1	1-2,5	2,5-4	> 4	Fm secca canneto
E. Caratteristiche ecocenotiche della tessera					
E1p - Specie dominanti (n.)	Non chiaro	1	2-3	> 3	Sulla copertura
E1c - Specie dominanti (n.)	Non chiaro	> 2	2	1	Sulla copertura
E2p - Ricchezza di specie	< 15	16-25	26-40	> 40	N. sp./tessera
E2c - Ricchezza di specie	< 10	10-20	20-30	> 30	N. sp./tessera
E3 - Presenza di specie caratteristiche (%)	< 5	6-20	21-80	> 80	Associaz. Fitosoc. o fitocenosi di riferimento
E4 - Specie alloctone (%)	> 10	10-2	< 2	0	Non appartenenti all'ecoregione della Ts
E5 - Piante infestanti (% di copertura)	Quasi completa	> 25	< 25	Assenza	Sulla superficie totale della Ts
E6 - Individui ammalati	Danni evidenti o diffusi	Sospetto o poche piante	Rischio o solo qualche individuo	Nessuno	Considerare tutte le possibili malattie
E7 - Forme biologiche (n.)	< 2	3	4	> 4	Secondo Box 1987, modificato
E8 - Stratificazione verticale	1	2	3	4	
E9 - Capacità di rinnovo	Nessuna	Sporadica	Normale	Intensa	Della/e specie dominante/i
E10 - Stato dinamico	Degradazione	Ricreazione	Rigenerazione o crescita normale	Fluttuazione a maturità	
U. Caratteristiche della tessera in rapporto all'unità di paesaggio (UdP)					
U1 - Contiguità con vegetazione analoga	0	< 20	21-80	> 80	% del perimetro
U2 - Caratteristiche di <i>source</i> o di <i>sink</i>	<i>Sink</i> (risucchio)	Neutrale	Sorgente parziale	Sorgente effettiva	In Sp e risorse
U3 - Ruolo funzionale nell'UdP	Ridotto	Minore	Evidente	Molto importante	Contesto e tipologia
U4 - Incorporazione dei disturbi	Insufficiente	Scarsa	Normale	Alta	Disturbi locali (vedi altri parametri collegabili)

(cont. →)

Tabella 5.3 (continua)

U5p - Instabilità geofisiche	Evidenti	Parziali	Esistenza di rischio	Nessuna	Legate alle caratteristiche dei fisiotopi dell'UdP
U5c - Instabilità idrologiche	Pesanti allagamenti	Mancanza di acqua	Fluttuazioni irregolari	Fluttuazioni stagionali	Fluttuazioni livello acqua
U6 - Interesse da parte della fauna permeante	Basso	Medio	Buono	Attrazione	Specie chiave
U7 - Motivi di trasformazione della Ts come elemento del paesaggio	Forti disturbi	Cambiamenti graduali	Instabilità temporanee	Fluttuazione	A oggi + tendenza
U8 - Interferenza con patologie proprie del paesaggio circostante	Estremamente serie	Quasi croniche	Facilmente incorporabili	Nessuna	Provenienti dall'UdP propria o da altre circostanze
U9 - Permanenza di analoga tipologia vegetazionale (anni)	< 70	70-150	150-300	> 300	Presenza storica
Risultati del rilevamento					
Punteggio totale $Y (= h+j+k+w)$	$h = \dots$	$j = \dots$	$k = \dots$	$w = \dots$	$Y = \dots$
Qualità della Ts	$Q_t = Y/1073 [928]$				$Q = \dots \dots \dots [\%]$
Stima della BTC	BTC (p) = $0,001335 (y - 29) + 0,02 (Fm/0,14)$				BTC = [Mcal/m ² /a]
	BTC (c) = $0,0023 (y - 29) + 0,04 (Fm/0,3)$				

Tabella 5.4 Valutazione della qualità ecologica di tessere di giardini pubblici, parchi urbani e verde attrezzato e stima della loro capacità biologica territoriale (BTC)

Verde urbano	1	7	20	39	Punteggio
T. Caratteristiche di elemento del paesaggio (Le)					
T1 - Altezza media canopy (m)	< 6	6-12	12-24	> 24	Chioma degli alberi dello strato dominante
T2 - Copertura della canopy (%)	< 25	25-50	50-75	> 75	Rispetto alla superficie totale dell'Le
T3 - Substrato del verde	Cotto-cemento	Terrazzo	Misto	Suolo naturale	Vedi percolazione
T4 - Disegno del giardino	Tecnico	Formale	Misto	Naturaliforme	Composizione generale
T5 - Specie vegetali presenti	Comuni alloctone	Comuni autoctone	Sp. esotiche o sp. rare	Alberi monum. o ecotipi	Sp. caratterizzanti
T6 - Lavori di gestione	Potatura forte o taglio	Potatura leggera	Marginali	Quasi assenti	O assimilabili
T7 - Permanenza (anni)	< 50	50-100	100-250	> 250	Età reale del Le
F. Caratteristiche della fitomassa epigea nel Le					
F1 - Profondità della lettiera	Quasi 0	< 1,5	1,5-3,5	> 3,5	Cm
F2 - Fm in volume	< 100	100-250	250-500	> 500	Fm (m ³ /ha)
E. Caratteristiche ecocenotopiche del Le					
E1 - Specie dominanti (n.)	Non chiaro	3	2	1	Come volume di Fm
E2 - Ricchezza di specie	> 10	11-25	26-40	> 40	N. sp./Le
E3 - Presenza di specie caratteristiche (%)	< 5	6-20	21-50	> 50	Associaz. Fitosoc. o fitocenosi di riferimento
E4 - Specie alloctone (%)	> 25	11-25	5-10	< 4	Non appartenenti all'ecoregione della Ts
E5 - Individui ammalati	Danni evidenti o diffusi	Sospetto o poche piante	Rischio o solo qualche individuo	Nessuno	Considerare tutte le possibili malattie
E6 - Forme biologiche (n.)	< 3	4-5	6-7	> 7	Secondo Box 1987, modificato
E7 - Stratificazione verticale	2	3	4	> 4	
E8 - Differenziazione strutturale	Bassa	Media	Buona	Alta	Età, gruppi ecc.

(cont. →)

Tabella 5.4 (continua)

E9 - Capacità di rinnovo	Nessuna	Intensa	Sporadica	Normale	Della/e specie dominante/i
U. Caratteristiche del Le in rapporto all'unità di paesaggio (UdP)					
U1 - Contiguità con vegetazione analoga	0	< 10	11-50	> 50	% del perimetro
U2 - Presenza di sp. di interno	0	Sporadiche	Poche	Molte	In Sp di foresta
U3 - presenza di licheni corticicoli	0	1-15	16-35	> 35	N. sp./albero (migliore)
U4 - Rapporto verde/urbanizzato	< 0,3	0,31-0,50	0,51-0,70	> 0,71	
U5 - Partecipazione a rete ecologica	Impossibile	Neutrale	Potenziale	Effettiva	Anche come <i>stepping stone</i>
U6 - Funzioni paesistiche	Non chiare	1	2	> 2	Apparati paesistici ecc.
U7 - Ruolo funzionale nell'UdP	Ridotto	Minore	Evidente	Molto importante	Contesto e tipologia
U8 - Incorporazione dei disturbi	Insufficiente	Scarsa	Normale	Alta	Disturbi locali (vedi altri parametri collegabili)
U9 - Instabilità geofisiche	Evidenti	Parziali	Esistenza di rischio	Nessuna	Legate alle caratteristiche dei fisiotopi dell'UdP
U10 - Interesse da parte della fauna permeante	Basso	Medio	Buono	Attrazione	Specie chiave
U11 - Motivi di trasformazione della Ts come elemento del paesaggio	<i>Built equipment</i>	Disturbi antropici	Giardinaggio o cura del verde	Autosviluppo	Processi maggiori a oggi + tendenza
U12 - Interferenza con patologie proprie del paesaggio circostante	Estremamente serie	Quasi croniche	Facilmente incorporabili	Nessuna	Provenienti dall'UdP propria o da altre circostanti
Risultati del rilevamento					
Punteggio totale Y (= h+j+k+w)	h = ...	j = ...	k = ...	w = ...	Y = ...
Qualità della Ts	Q = Y/1209				Q = [%]
Stima della BTC	BTC (vu) = 0,00526 (y - 30) + 0,1 (Fm/45)				BTC = [Mcal/m ² /a]

con sviluppo della chioma più simile a quella di alberi isolati (quindi con ramificazioni fogliate anche lungo il tronco)¹ da un numero di specie più elevato che comprende anche specie proprie delle tipologie di tessere confinanti: si sottolinea che non sempre le tessere di margine sono effettivamente localizzate nella fascia marginale della foresta, ma possono trovarsi anche all'interno di ecotopi forestali.

Analogamente esistono *tessere tutte di interno*, in questo caso sempre situate nelle parti più interne di ecotopi forestali (o in quelle che erano zone di interno, prima di recenti disboscamenti o tagli selettivi di parcelle circostanti) e riconoscibili per la specificità della flora

presente e degli animali che vi si trovano, nonché per il portamento degli alberi, caratterizzati da tronchi nudi e chioma molto ridotta e concentrata nella parte superiore della canopy. Si rammenti che esistono fitocenosi che di per sé sono “formazioni aperte” e altre che sono “formazioni chiuse”.

5.2.1.5 Tipo di gestione

Si ricordi che qui si fa riferimento al tipo effettivo di gestione da parte dell'uomo e *non* a somiglianze di strutturazione verticale o orizzontale con questi tipi enunciati:

- si considerano *assimilabili a un ceduo semplice e/o matricinato* tutte quelle tessere anche di novellato, spessina, fustaia definibili come “piantagioni arboree” (per esempio, le piantagioni di pioppi o di giovani abetine), che saranno oggetto di taglio raso dopo un certo numero di anni o di taglio a sterzo (cioè una parte dei polloni a intervalli regolari) e nelle quali gli alberi sono tutti coetanei (ceduo semplice) o con presenza di piante di una generazione più vecchie,

¹ Come riporta Piussi (1994): “...le piante cresciute allo stato isolato hanno un portamento diverso (vedi Fig. 5.6) da quello delle piante cresciute in bosco a contatto fra loro. Nelle prime i rami rimangono vivi anche nella parte inferiore, spesso fino al piede della pianta, e aumentano notevolmente di lunghezza e di diametro. Nelle seconde i rami inferiori seccano più o meno rapidamente e lo sviluppo laterale della chioma viene ostacolato...”.

Tabella 5.5 Valutazione della qualità ecologica di tessere di campi agricoli seminativi e stima della loro capacità biologica territoriale (BTC)

Campi agricoli	1	5	15	31	Punteggio
T. Caratteristiche di tessera (Ts)					
T1 - Altezza media della vegetazione (m)	< 0,5	0,5-1,0	1-2	> 2	Media ponderata
T2 - Forma del campo	Geometrica	Poligonale	Semirregolare	Naturale	Forma della Ts
T3 - Presenza di alberi nel campo	Nessuno	1	Pochi	Regolari	All'interno della Ts
T4 - Tipo di gestione	Industriale	Paraindustriale	Tradizionale	Biologica	Riferita alle coltivazioni
T5 - Tipo di irrigazione	Tecnica	Semitecnica	Canali	Seminaturale	Metodo prevalente
F. Caratteristiche della fitomassa epigea nella tessera					
F1 - Quantità di fitomassa morta	Nessuna	Bassa	Media	Alta	Sul suolo
F2 - Profondità della lettiera	Quasi 0	< 1,5	1,5-3,5	> 3,5	Cm
F3p - Fm in volume	< 1	1-2	2-3	> 3	Kg/m ² peso secco parte epigea
E. Caratteristiche ecocenotopiche della tessera					
E1 - Ricchezza di specie	> 10	11-20	21-30	> 30	N. sp./tessera
E2 - Specie alloctone	< 10	10-2	< 2	0	Coltivate e avventizie
E3 - Sp. di fitocenosi naturali	0	Sporadiche	Marginali	Macchie	Superficie Ts
E4 - Individui ammalati	Danni evidenti o diffusi	Sospetto o poche piante	Rischio o solo qualche individuo	Nessuno	Considerare tutte le possibili malattie
E5 - Caratteristiche genetiche	Transgeniche	Alloctone	Correnti	Tradizionali	Delle cultivars
E6 - Additivi chimici	> 4	3	1-2	0	Fertilizzanti, insetticidi...
E7 - Fattori limitanti del suolo	Grosse macchie	Piccole macchie	Marginali	Nessuno	Rilevabili sul campo
E8 - Classi di capacità agraria del suolo	IV	III	II	I	Vedi <i>Land capability</i>
E9 - Tipi di attività di preparazione del suolo	Tecnica	Mista	Marginale	Nessuna	<i>Local tilling</i>
E10 - Margini intorno al coltivo	0	< 50	> 50	Completi	% perimetro
U. Caratteristiche della tessera in rapporto all'unità di paesaggio (UdP)					
U1 - Contagio con Ts naturali	0	< 10	11-50	> 50	% del perimetro
U2 - Rete di siepi o filari	Nessuna	Marginale	Parziale	Completa	Presenza
U3 - Ruolo funzionale nell'UdP	Ridotto	Minore	Evidente	Molto importante	Contesto e tipologia
U4 - Microhabitat faunistici	Nessuno	Medio	Normale	Attrattivo	Rispetto le sp. chiave
U5 - Instabilità geofisiche	Evidenti	Parziali	Esistenza di rischio	Nessuna	Legate alle caratteristiche dei fisiotopi dell'UdP
U6 - Interferenza con patologie proprie del paesaggio circostante	Estremamente serie	Quasi croniche	Facilmente incorporabili	Nessuna	Provenienti dall'UdP propria o da altre circostanti
U7 - Permanenza di analoga tipologia vegetazionale (anni)	< 25	26-100	101-200	> 200	Presenza storica anche con coltivi diversi
Risultati del rilevamento					
Punteggio totale $Y (= h+j+k+w)$	$h = \dots$	$j = \dots$	$k = \dots$	$w = \dots$	$Y = \dots$
Qualità della Ts	$Q = Y/806$				$Q = \dots [\%]$
Stima della BTC	$BTC (ca) = 0,00192 (y - 26) + 0,09 Fm$				$BTC = \dots [Mcal/m^2/a]$

facenti funzione di matricine (ceduo matricinato); inoltre, il terreno tra le file di individui arborei viene spesso sarchiato, non esistono né strato erbaceo, né strato arbustivo, né altri strati arborei escluso quello d'impianto e la propagazione avviene principalmente per via vegetativa;

- si considerano *assimilabili a un ceduo composto* tutte quelle tessere di vegetazione arborea che, a seguito del ritmo dei tagli, assumono un andamento disetaneo (base di bosco ceduo con matricine di un turno, di due turni, di tre turni, di quattro turni, di cinque turni): i tagli sono successivi (cioè, gli alberi vengono

eliminati tutti ma nel corso di 2-5 tagli successivi) o saltuari per la componente a fustaia, a raso per la componente a ceduo; inoltre, si considerano tali le tessere vegetate nelle quali si effettua la raccolta di legnatico o le carbonaie, o nelle quali si attua un taglio selettivo di alcune specie;

- si considerano *assimilabili a un bosco* quelle tessere governate a fustaia nelle quali la propagazione avviene prevalentemente per via sessuata, la gestione viene effettuata con scopo di produzione di legname o con finalità di carattere turistico-ricreativo o protettivo: pertanto vengono effettuati periodicamente raccolta di legno morto che cade a terra o abbattimento di alberi morti ancora in piedi, o di alberi maturi, senescenti o malati (tagli di rinnovazione), oppure si effettuano tagli intercalari o di diradamento, o eliminate le specie del sottobosco o arbustive oltre una certa altezza; si riconoscono, inoltre, la presenza, ai margini della tessera, di strade forestali o piazzole di raccolta delle cataste di legno o capanni di raccolta degli attrezzi o per il pernottamento dei boscaioli, tracce di passaggio di mezzi pesanti anche cingolati per l'asportazione del legname, linee tagliafuoco, teleferiche;
- si considerano *assimilabili a una gestione a foresta naturale* quelle tessere di vegetazione boschiva nelle quali la propagazione avviene unicamente per via sessuata, non vengono né raccolto il legno morto a terra, né abbattuti gli alberi morti ancora in piedi o gli alberi maturi, senescenti o malati, né effettuati tagli di alcun tipo né eliminate le specie di sottobosco o le specie eventualmente infestanti (siano esse erbacee, arbustive o arboree), siano assenti o non più utilizzate attivamente (salvo che in casi eccezionali) sia le strade forestali (o assimilabili) sia i luoghi di presenza umana stabile. Pertanto, possono rientrare in questa categoria le tessere sia di ceduo semplice che matricinato o composto sia quelle di bosco nelle quali sia cambiato il regime di gestione da almeno 4-5 decenni.

5.2.1.6 Permanenza (anni)

Si considera in questa voce l'età media della *tessera*, valutabile in funzione dell'età media degli individui più vecchi presenti nella stessa. Tale valutazione può essere effettuata in maniera abbastanza precisa con carotaggi e conta degli anelli (fatte salve le osservazioni su danni conseguenti alle piante stesse) o tramite una stima dell'età in funzione del diametro degli individui, misurato

all'altezza di 130 cm dalla base: bisogna però ricordare che il dato può in questo caso essere errato *per difetto*, considerata la possibilità che le piantine passino anche 50 o 70 anni della loro vita sotto forma di giovani pianticelle nell'attesa che uno schianto dia loro la possibilità di completare il loro sviluppo. Tale dato andrebbe poi calibrato con una valutazione delle condizioni climatiche favorevoli o sfavorevoli intervenute nell'arco di tempo in questione. Esistono a questo proposito tabelle di accrescimento elaborate dai forestali, alle quali si può applicare un valore di tolleranza del 10%. D'altro canto, si ricorda che nella scheda non serve tanto un valore esatto quanto la posizione all'interno di quattro range abbastanza ben distinti di età, e ciò permette di aggirare alcune difficoltà oggettive.

5.2.2 Analisi della fitomassa epigea

5.2.2.1 Quantità di fitomassa morta

Si considera tutta la *necromassa*, sia essa costituita da tronchi a terra o ancora in piedi, cavi o pieni, da rami o corteccia, comprese le basi dei tronchi tagliati, escluse le foglie che andranno conteggiate nella lettiera. Il valore in percentuale del volume va rapportato alla fitomassa viva epigea calcolata.

5.2.2.2 Profondità della lettiera

Ricordando che con il termine *lettiera* si indica l'insieme di residui organici più o meno decomposti (in particolare foglie e aghi, piccoli rametti ecc.) nei quali è ancora riconoscibile la struttura originaria e non vi sono segni evidenti di decomposizione, e che risulta direttamente sovrapposta al suolo minerale (che essa rifornisce), essa va misurata in tre o quattro punti differenti della tessera, sempre lontano dai tronchi degli alberi, e il valore finale sarà una media ponderata tra i valori rilevati.

5.2.2.3 Fm in volume (m³/ha)

La voce si riferisce alla fitomassa epigea stimata per ettaro, calcolata non in peso bensì in volume, valore che risulta più esplicativo dell'occupazione dello spazio ai fini di un discorso di ecologia del paesaggio. Per la stima della fitomassa si confronti Ingegnoli e Giglio, 2005. Nei casi di foreste multistratificate, nelle quali cioè nel rilevamento dell'area basimetrica compaia anche un elevato numero di individui di diametro confrontabile con quello degli individui componenti la canopy ma di altezza nettamente inferiore, sarà necessario



Fig. 5.5 Relascopio a specchio di Bitterlich, Università di Vienna. Al centro lo strumento, a sinistra i traguardi ottici, a destra un esempio di stazione di rilievo della fitomassa arborea dal punto di stazione dello strumento

considerare l'altezza media ponderata tra i due strati in questione nel calcolo della fitomassa, invece di limitarsi alla sola *canopy*. Nella scheda LaBiSV, questa voce è duplice: fornisce gli intervalli di fitomassa caratteristici delle foreste boreali e temperate.

5.2.2.4 Relascopio

Il metodo oggi più utilizzato per il rilievo del volume di fitomassa è basato su uno strumento denominato “relascopio a specchio” di Bitterlich² (Fig. 5.5).

Uno strumento ottico come il relascopio aiuta tale determinazione. Infatti, se il rapporto diametro del tronco/raggio (distanza) $d/R > 1/50$, per avere l'area basimetrica (G) moltiplico $\times 1$ il numero degli alberi, il fattore 1 è detto BAF (*basal area factor*). Quindi, se $d/R > 1/25$, avrò BAF = 4.

² Si riporta la sintesi della teoria del relascopio (vedi Fig. 5.5). L'area basimetrica, espressa in m^2/ha , sarà:

$$G = \pi(1/2 d^2) = \pi/4 \times 10000 \times \Sigma d^2/a$$

dove: d = diametro di 1 tronco, a = area plot (ha). Consideriamo ora un esempio particolarmente significativo: 3 alberelli ($d = 10$ cm) nel raggio $R = 5$ m + 4 alberi ($d = 50$ cm) nel raggio di 25 m (plot circolare). Risulterà:

$$G_{10} = 3\pi \times 5^2/\pi \times 5^2 \text{ (cm}^2/\text{m}^2) = 3,5^2/5^2 \text{ (m}^2/\text{ha)} = 3 \text{ m}^2/\text{ha}$$

analogamente: $G_{50} = 4 \text{ m}^2/\text{ha}$

In questo modo, abbiamo dimensionato i raggi del plot in modo che la presenza di ogni albero $d = X$ aggiunge $1 \text{ m}^2/\text{ha}$ al rilievo. Per ottenere tale condizione, deve essere:

$$(d/R) > (2 \text{ cm}/1 \text{ m})$$

Si tratta quindi di fare riferimento a un cono visivo con angolo pari al 2%, cioè $1,145^\circ$.

Ne segue che l'equazione del relascopio a specchio per la determinazione dell'area basimetrica in m^2/ha è:

$$G = K \times N^*$$

dove: $K = \text{BAF}$, $N^* = [n. \text{alberi} > (bK) + 1/2 n. \text{alberi} = (bK)]$, essendo (bK) la banda larga K nello strumento.

5.2.2.5 Coefficienti allometrici

Lo studio del portamento di un albero o di un arbusto, inteso come modello architettonico, è di notevole importanza in quanto l'aspetto esteriore è testimonianza di uno specifico significato adattativo alle mutevoli condizioni e sollecitazioni dell'ambiente, cioè del “...risultato del progetto di crescita complessivo dell'individuo codificato dal suo genotipo, comune a tutti gli individui di quella specie, ma filtrato attraverso l'azione dell'ambiente...” (Piussi, 1994).

In Bionomia del Paesaggio, tale conoscenza serve per due scopi specifici:

1. il primo consiste nell'aiuto alla individuazione delle caratteristiche di una tessera vegetata rispetto al fattore “margine” di bosco o arbusteto (con portamento quindi più simile a quello di albero isolato) o “interno” di bosco o arbusteto;
2. il secondo nella elaborazione di appositi indici, chiamati indici allometrici (iAI), utili come fattore correttivo nel calcolo della fitomassa complessiva di una tessera vegetata. Infatti, il volume di un albero calcolato semplicemente come prodotto di area basimetrica (superficie di base del tronco) per altezza,

Tabella 5.6 Coefficienti allometrici delle principali specie arboree europee per le quali erano disponibili dati (da: Susmel 1980, in Ingegneri, 2002), integrata. Tali valori sono da considerarsi solo indicativi, perché ciascuna situazione locale può presentare delle proprie peculiarità

Specie botanica*	Rapporto volumetrico chioma/tronco per diversi diametri	Coefficiente allometrico (A) in foresta	(A) per albero isolato	Peso specifico**
<i>Abies alba</i> Miller	Ø 20 = 0,167 Ø 50 = 0,152 Ø 95 = 0,127	0,47 0,46 0,45	0,51	0,44
<i>Picea excelsa</i> (L.) (<i>Pinus nigra</i>)	Ø 20 = 0,500 Ø 50 = 0,467 Ø 95 = 0,445	0,55 0,54 0,53	0,60	0,44
<i>Larix decidua</i> Miller	Ø 50 = 0,450	0,57	0,62	0,60
<i>Pinus sylvestris</i> L.	Ø 50 = 0,300	0,46	0,52	0,53
<i>Fagus sylvatica</i> L. (<i>Fraxinus excelsior</i>) (<i>Tilia cordata</i>)	Ø 20 = 0,267 Ø 50 = 0,528 Ø 95 = 1,450	0,71 0,80 0,85	0,95	0,74
<i>Prunus avium</i> L. (<i>Acer pseudoplatanus</i>)	Ø 30 = 0,186 Ø 50 = 0,410	0,73 0,70	0,78	0,66
<i>Robinia pseudacacia</i> L.	Ø 30 = 0,170	0,65	0,75	0,78
<i>Populus alba</i> L. (<i>Populus nigra</i>)	Ø 50 = 0,450	0,70	0,85	0,50
<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertner (<i>Salix alba</i>)	Ø 30 = 0,180	0,60	0,70	0,56
<i>Quercus robur</i> L. (<i>Castanea sativa</i>)	Ø 50 = 0,560	0,85	1,05	0,75
<i>Quercus pubescens</i> Willd.	Ø 30 = 0,190	0,70	0,86	0,96
<i>Quercus ilex</i> L.	Ø 30 = 0,250	0,75	0,90	0,90

*Tra parentesi si riportano le specie arboree con coefficienti allometrici grossomodo confrontabili con quelli misurati.

**Il peso specifico si riferisce solo alla specie il cui nome è riportato *senza parentesi*.

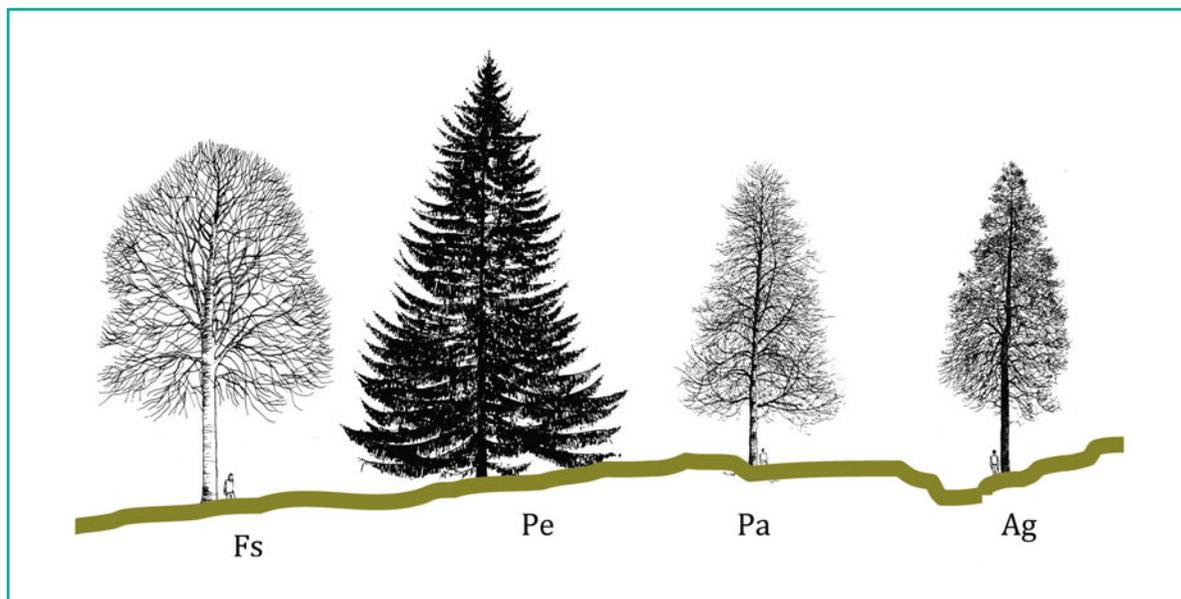


Fig. 5.6 Esempio di alberi con portamento isolato o semi-isolato, che presentano dei coefficienti allometrici (c.al.) maggiori che all'interno delle foreste. Da sinistra: Fs, *Fagus sylvatica*, c.al. = 0,80-0,88; Pe, *Picea excelsa*, c.al. = 0,57-0,60; Pa, *Prunus avium*, c.al. = 0,70-0,76; Ag, *Alnus glutinosa*, c.al. = 0,68-0,72



Fig. 5.7 Esempio di faggio monumentale sul monte Biaena, quota 1300, in comune di Mori (TN). I figli dell'Autore (4,5 e 8 anni) con un calibro forestale di 1,2 m in primo piano, danno l'idea della mole e delle potenti ramificazioni della pianta, alta circa 33 m e con circa 4 m di circonferenza. In questi casi il coefficiente allometrico può arrivare a superare l'unità: c.al. = 1,07

fornirebbe il volume di un cilindro, indipendentemente dalla forma e consistenza della chioma, di importanza invece fondamentale. Il fattore correttivo tiene in considerazione proprio il rapporto tra chioma e tronco (Tabella 5.6; Figg. 5.6 e 5.7).

5.2.2.6 Calcolo del volume di fitomassa

Abbiamo ora la possibilità di stabilire l'equazione che permette il calcolo della fitomassa per ciascuna specie in esame in m^3/ha :

$$vFM = G \times Hc \times Al [m^3/ha]$$

dove: G = area basimetrica, Hc = altezza della canopy, Al = coefficiente allometrico.

Di solito si riduce tale risultato di un valore compreso fra il 5 e il 10 %, dato che nei rilievi col relascopio si tende a sopravvalutare gli alberi di dimensioni limite (che si registrano come $1/2$ n. alberi).

5.2.3 Analisi dei caratteri ecocenotopici

5.2.3.1 Specie dominanti (n.)

La/le specie dominante/i viene stabilita non in rapporto al valore di copertura, come nei rilievi fitosociologici, ma in funzione del volume di fitomassa epigea. Pertanto, dove esista nella *canopy* più di una specie, il procedimento risulta il seguente: una volta calcolato il volume totale di fitomassa, lo si divide per il numero di specie trovate nella canopy, in maniera da ottenere il valore di equitabilità, cioè la quantità di fitomassa che competerebbe a ogni singola specie nel caso in cui tutte avessero la stessa importanza. Questo valore viene confrontato poi con i valori effettivi di fitomassa misurati per ogni singola specie: nel caso in cui una o più specie risultino con una fitomassa chiaramente superiore al valore medio di equitabilità, quella/e specie sono considerate dominanti. A questo scopo si è stabilita una soglia di significatività non inferiore all'ordine di grandezza del 20% (cioè la/e classe/i dominante/i devono avere una percentuale di fitomassa almeno del 20% maggiore delle altre). Si consideri l'esempio: posta una canopy con 5 specie, l'equitabilità sarebbe del 20% di fitomassa per ciascuna; se una specie presenta il 40% di fitomassa (e le altre quattro valori oscillanti tra il 10 e il 20%, per un totale complessivo del 100%), tale specie può essere ritenuta dominante in quanto il suo valore di fitomassa supera di almeno il 20% il valore delle altre classi); se ci fossero due specie con il 30% circa ciascuna (e con le rimanenti attestate intorno al 13%) già la situazione al momento del rilievo non sarebbe sufficientemente caratterizzata e si dovrebbe parlare di più di tre specie dominanti.

5.2.3.2 Ricchezza di specie

Per ricchezza di specie si intende il numero complessivo di specie vegetali rinvenute sulla *superficie totale della tessera* (e non solo quelle dei singoli rilievi fitosociologici) considerando sia i tre strati arboreo, arbustivo ed erbaceo, sia le specie muscinali e di licheni, cioè muschi ed epatiche presenti sul suolo e licheni *non* corticicoli (ove sia possibile, effettuare almeno una stima delle specie possibili), sia, in aggiunta, le specie di funghi (considerando quelli con carpofori epigei evidenti). In pratica l'elenco floristico completo con l'aggiunta dei funghi.

5.2.3.3 Presenza di specie caratteristiche (%)

La risposta a questa voce necessita dello svolgimento di almeno un rilievo fitosociologico per ogni tipo di

popolamento riconoscibile nella tessera. Si ricorda, infatti, che i criteri di delimitazione di una tessera secondo l'ecologia del paesaggio non coincidono con quelli di popolamento puro del criterio fitosociologico. Pertanto, una tessera può essere situata in una posizione di gradiente tra due o più diverse associazioni fitosociologiche, o presentare all'interno delle piccole chiare con vegetazione erbacea, o ancora essere una tessera di margine con interdigitazione di due tipologie. Il/i rilievo/i, eseguito/i secondo la metodologia di Braun-Blanquet ha/hanno lo scopo di fornire una indicazione del/i tipo/i di associazione fitosociologica o di fitocenosi alla/e quale/i la vegetazione della tessera in esame può essere riferita (o tra le quali sono in corso o potranno attivarsi le interazioni dinamiche). Una volta effettuata tale identificazione, è necessario evidenziare le specie che vengono descritte come combinazione specifica caratteristica di quella/e associazione/i, più le eventuali differenziali di facies, e contare quale percentuale esse costituiscano, nel loro complesso, all'interno dell'elenco floristico completo della tessera esaminata.

5.2.3.4 Specie alloctone (%)

Si considerano specie alloctone dal punto di vista ecologico le specie che appartengono a una regione o ecoregione differente da quella alla quale appartiene la tessera esaminata. Saranno così specie alloctone non solo quelle riportate come tali nella Flora d'Italia (Pignatti, 1982), ma anche, per esempio, le specie stenomediterranee per la regione medioeuropea, o viceversa, per esempio, le specie centroeuropee per la regione mediterranea. Per la definizione di regioni ed ecoregioni di appartenenza si faccia riferimento al paragrafo 3.3.3. La loro percentuale va valutata sull'elenco floristico completo.

5.2.3.5 Piante infestanti (% di copertura)

Si intende per pianta infestante qualunque specie, anche caratteristica dell'associazione alla quale si riferisce la tessera in esame, appartenente a uno strato diverso da quello dominante, che abbia, però, nella tessera, all'interno dello strato che le compete, una copertura tale da soffocare o limitare fortemente lo sviluppo delle altre specie di quello stesso strato o di altri sottoposti: si ricordi che le percentuali vanno calcolate *rispetto alla superficie totale della tessera* e non a quella di uno o più rilievi fitosociologici o plot di studio. Ciò accade per esempio per i rovi (*Rubus* sp.pl.), che rendono spesso impenetrabile il sottobosco, ma anche con *Pte-*

ridium aquilinum (la felce aquilina), con una specie erbacea come *Vinca minor* in un quercocarpinetto della Pianura Padana o ancora con *Luzula nivea* in una peceta, o *Clematis vitalba* in una foresta caducifolia.

5.2.3.6 Individui ammalati

Si tratta di riconoscere all'interno della tessera esaminata la presenza di individui morti, o ammalati, o con segni di stato di salute non ottimale, considerando lo stato della corteccia, del tronco, di rami e foglie e i cosiddetti "danni di nuovo tipo". Nella voce rischio è importante considerare eventuali danni da piogge acide, anche qualora non si siano ancora manifestati, o da altre fonti inquinanti, ma anche di instabilità che potrebbero creare appunto dei rischi per la vegetazione della tessera in esame.

5.2.3.7 Forme biologiche (n.)

Le forme biologiche, dal punto di vista ecologico, devono essere valutate non sulla base della divisione di Raunkier, bensì su quella di Box (1987) come modificato in Ingegnoli (2002). Questo per una migliore corrispondenza tra forma della pianta realmente verificata nella tessera e suo ruolo ecologico anche nei diversi stadi di vita (una plantula o un semenzale di faggio non hanno lo stesso ruolo ecologico nella tessera che può avere un individuo di faggio giovane, o ancora quello di un individuo di faggio adulto). Si raccomanda di prestare bene attenzione a *non confondere* il riconoscimento delle forme biologiche (quindi la forma delle piante) con quello della struttura verticale della tessera in esame, come da punto successivo. Si ricordi che il termine *Krummholz*, per il quale non esiste un corrispondente né in inglese né in italiano, indica proprio arbusti con il portamento contorto e/o prostrato tipico del pino mugo.

Le forme risultanti (Tabella 5.7) sono le seguenti (Ingegnoli, 2002): tallofite e briofite, epifite (incluse le parassite), liane, felci, graminoidi (cioè specie con portamento assimilabile a quello delle graminacee), altre erbacee (specie erbacee non graminoidi, incluse emicriptofite e geofite), canne, arbusti a rosetta (con le foglie all'altezza del suolo, spesso succulenti), semiarbusti o suffrutici (camefite, rinnovi, plantule, pianticelle e semenzai di specie legnose), succulente (perenni con o senza scheletro legnoso), *Krummholz* (arbusti contorti, con uno o più fusti di altezza inferiore a un metro – eccetto che per il fusto principale – prostrati, ramificati; per esempio, il pino mugo nelle mu-

Tabella 5.7 Tavola dicotomica per il riconoscimento delle forme delle piante (da: Box 1987, modificata e integrata)

1	Piante vascolari (<i>kormophytae</i>) Piante non vascolari (<i>cryptogamae</i>)	2 <i>Thallophytae</i> (inclusi muschi, algae, lieviti, licheni)
2	Piante radicate al suolo Piante non radicate al suolo, ma su altre piante	3 <i>Epiphytae</i> (incluse parassite)
3	Piante auto-sostenenti (almeno a maturità) Piante permanentemente rampicanti, ricadenti, striscianti	4 Viti/liane
4	Piante con caule (fusto) Caule assente in superficie (ab. Gr.); foglie terminali in rosette al suolo (spesso succulenti)	5 Piante a rosetta
5	Caule non legnoso in permanenza o succulento (ab. Gr.) Caule sempre legnoso (ab. Gr.) o succulento	6 10
6	Piante totalmente erbacee Piante non totalmente erbacee	7 9
7	<i>Spermatophytae</i> (specialmente <i>angiospermae</i>) <i>Pteridophytae</i>	8 Felci
8	Piante simili alle graminacee Piante diverse dalle graminacee	Graminoidi "Forbs" (incluse <i>Geophytae</i>)
9	Piante perenni con culmo progressivamente sclerotico > 0,8m (o simile) Piante perenni con <i>xylopodium</i> legnoso	Canne Semi-arbusti (incluse <i>Plantulae</i> o semenzali)
10	Fusto succulento, con o senza scheletro legnoso; perenni Fusto in permanenza legnoso (ab. Gr.)	succulente 11
11	Piante con fusti multipli legnosi, spesso senza dominanti; di solito con altezza < 5m Piante con fusto principale singolo (tronco); di solito con altezza > 5m	12 13
12	Piante con 1 o più fusti, < 1m (eccetto tronco emergente), prostrate, di solito molto ramificate Piante con 1 o più fusti, > 1m; forma indeterminata (per esempio, arbusti super-sviluppati, anche scadenti)	"Krummholz" (per esempio cespugli contorti, inclusi quelli nani o a cuscino) Cespugli arborescenti (inclusi quelli a cuscino)
13	Piante crescenti da sola gemma apicale, con legno secondario, senza corteccia; poco ramificate; foglie in rosette, di solito terminali Piante con fusto legnoso, di solito con corteccia e assai ramificate	Simili a <i>Palmae</i> (incluse felci arboree) Alberi (inclusi piccoli alberi)

ghete), arbusti arborescenti (con uno o più fusti di altezza superiore a un metro, ma forma di crescita indeterminata), "alberi a ciuffo" (felci arboree e assimilabili, con un tronco ma senza corteccia e con le foglie disposte superiormente in un ciuffo), alberi (anche giovani o alberelli).

5.2.3.8 Stratificazione verticale

Dal punto di vista della bionomia del paesaggio, si considera presente uno strato quando esso sia rappresentato da un numero di individui tale da dare una copertura pari ad almeno il 25-35% della superficie della tessera. In caso contrario, si segni nelle note a margine la presenza di un certo numero di individui riferibili a una certa altezza, *ma non lo si consideri uno strato effettivo*. La stratificazione verticale adottata per queste schede di rilevamento è così schematizzata (Fig. 5.8):

- strato degli alberi di prima grandezza = altezza maggiore di 30 metri;
- strato degli alberi di seconda grandezza = altezza compresa tra 20 e 30 metri;

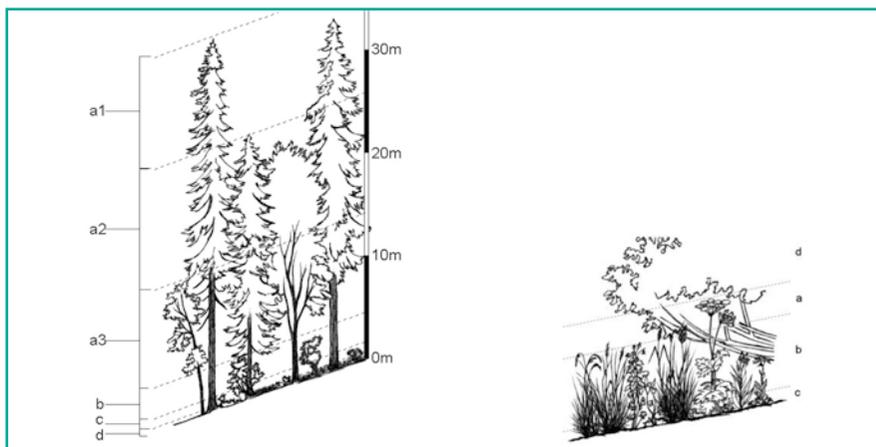
- strato degli alberi di terza grandezza e di alti arbusti = altezza compresa tra 5 e 20 metri;
- strato arbustivo e degli alberelli arborescenti = altezza compresa tra 1 e 5 metri;
- strato erbaceo o dei bassi arbusti = altezza compresa tra 0,45 e 1 metro;
- strato delle erbe medie = altezza compresa tra 0,15 e 0,45;
- strato muscinali e delle basse erbe = altezza compresa tra 0,1 e 0,15 metri.

Si ricordi che in questo caso ciò che conta è l'altezza reale delle specie al momento del rilievo e nella tessera considerata.

5.2.3.9 Capacità di rinnovo

La capacità di rinnovo si misura sulla/e specie dominanti nella tessera al momento dello studio nella forma di propagazione sessuata, cioè da seme. Qualora la/specie dominante/i non presentino rinnovo, ma sia presente abbondantissimo rinnovo di un'altra specie, anche arborea, bisogna segnare la colonna più sinistra. Il rin-

Fig. 5.8 Esempio di struttura verticale della vegetazione in foresta mista e nelle praterie alte con cespugli. Bassi arbusti e alte erbe (da: Ingegneri, 2002)



novo abbondante di questa altra specie sarà invece indicativo dello stato dinamico della tessera, di cui al punto successivo.

5.2.3.10 Stato dinamico

La presenza di un forte rinnovo di una specie diversa da quella/e dominante/i è indicativa della possibilità di un cambiamento. Se tale rinnovo è accompagnato dalla presenza della stessa specie nei diversi strati verticali della tessera, ciò indica che il cambiamento è in atto; in caso contrario, che esiste un qualche fattore, o complesso di fattori, che si oppongono, cioè sono in grado di incorporare tale cambiamento, *indipendentemente da qualsiasi valutazione sulla positività o meno di tale "incorporazione"*. Il riconoscimento di tali fasi sul campo non è semplice ed è favorito dalla conoscenza, o da qualche sopralluogo anche su tessere circostanti quella direttamente in esame. In maniera molto schematica si può affermare che:

- le caratteristiche rilevabili nella tessera sono indicative di una *fase di degradazione*, in atto, in conclusione o in fluttuazione continua (cioè in equilibrio dinamico), quando sono presenti disturbi non incorporabili: per esempio, quando si riscontra l'avanzata o la penetrazione nella tessera di specie vegetali invasive o alloctone che assumono una copertura o una biomassa consistenti o sono caratterizzate da un rinnovo abbondante, in grado di vincere la competizione con le specie autoctone; oppure quando la tessera sta raggiungendo uno stato di diffusa senescenza, per mancanza di disturbi incorporabili, o nel caso di eventi distruttivi, o ancora quando si assiste a una progressiva destrutturazione (in senso verticale o orizzontale) sia per eventi naturali che antropici o alla forte riduzione

delle forme biologiche presenti o anche a uno stato di diffusa malattia delle piante. Per quanto concerne l'aspetto ricchezza di specie, si ricordi che *anche una alta biodiversità può indicare degradazione*, mentre un basso valore di biodiversità specifica in un contesto forestale non indica necessariamente degrado (si faccia sempre riferimento al numero medio di specie per rilievo, da riportare poi alla tessera, indicate per tipo di bosco in Pignatti, 1998);

- le caratteristiche rilevabili nella tessera sono indicative di una *fase di ricreazione* in atto o in fase di conclusione quando la tessera si sta modificando in composizione floristica o in struttura e organizzazione sotto la spinta di forze provenienti dalle tessere o dagli ecotopi circostanti. Generalmente questa fase è quella che segue un evento zero o un forte disturbo naturali (per esempio, alluvioni, frane, eruzioni vulcaniche), o anche una improvvisa, netta, modifica di equilibri pluriannuali e quindi del range di disturbi ai quali la tessera risultava essersi adattata (per esempio, si consideri il caso della improvvisa cessazione di una millenaria attività silvo-pastorale gestita dall'uomo a seguito dell'istituzione di un'area protetta, o di un certo tipo e modalità di coltivazione, o ancora il repentino abbandono di certe zone di collina o montagna per l'urbanizzazione) a seguito del quale anche la banca dei semi contenuta nel suolo o le forze proprie della tessera possono non essere in grado da sole di innescare un processo di ripresa. La tessera deve così riorganizzarsi completamente. Nella pratica è riconoscibile per la presenza di contingenti di specie caratteristiche ascrivibili a tre o più associazioni fitosociologiche o fitocenosi differenti, di solito provenienti da tessere circostanti, co-

sicché al momento del rilevamento non risulta possibile prevedere dove porterà la strada intrapresa, oppure dal comportamento infestante assunto da una o più di queste, da forti caratterizzazioni di margine. In pratica, è la situazione più vicina al concetto di successione proprio della ecologia tradizionale;

- le caratteristiche rilevabili nella tessera sono indicative di una *fase di rigenerazione* in atto o in fase di conclusione quando la tessera sta riprendendosi da un disturbo incorporabile, o da una fase di degenerazione non particolarmente forte, o, ancora, era in una fase di fluttuazione a cui è seguito un cambiamento solo lieve del range di disturbi: la dinamica della tessera è mossa solo dalle forze interne alla tessera stessa, dalle sue potenzialità (si pensi all'abbandono di un ceduo di una specie appartenente al corteggio floristico della vegetazione di riferimento per quella specifica zona o al suo avvio ad alto fusto). Le plantule e i semenzali appartengono in questo caso alla/e specie dominante/i, la struttura verticale denota la ricostituzione di uno strato mancante o discontinuo. Un carattere distintivo fondamentale è l'assenza o bassissima incidenza di specie provenienti da associazioni vegetali differenti da quella caratterizzante la vegetazione di riferimento (*fittest vegetation*) di quell'area. Nella pratica, si verifica soltanto un cambiamento di ordine del sistema. Rientra in questo punto anche il caso di una tessera in fase di normale accrescimento;
- caratteristiche rilevabili nella tessera sono indicative di una *fase di fluttuazione* a maturità in atto quando la tessera oscilla intorno a una posizione metastabile, senza entrare nel campo di instabilità. Si riconosce per il cambiamento di soli caratteri marginali, come avviene nel caso di una normale alternanza della dominanza fra le due specie dominanti in quel tipo di vegetazione (per esempio, *Fagus sylvatica* e *Abies alba* in una faggeta) oppure per l'ingresso, o l'uscita, di alcune specie, anche graduale e ricorrente, senza che ciò alteri i rapporti di alternanza e dominanza.

5.2.4 Analisi della vegetazione in rapporto all'UdP

5.2.4.1 Contiguità con vegetazione analoga

Misura la percentuale di perimetro, sul totale, che si trova a contatto stretto e diretto con vegetazione di tipo analogo. A questo scopo va innanzitutto chiarito quali vegetazioni si possono considerare analoghe a quelle

presenti nella tessera in esame: tutte, e solo quelle, riferibili alla/e associazione/i vegetale/i o fitocenosi.

- Non sono considerabili come analoghe altre tessere boscate riferibili ad associazioni diverse (un laric-cembreto rispetto a una pecceta, o un orno-ostrieto rispetto a un castagneto).
- Non sono considerabili analoghe altre vegetazioni arbustive o prative o di pascolo o agricole di qualsiasi ordine, né tantomeno urbane, suburbane o industriali.
- Le strade che si possono trovare a delimitazione della tessera esaminata costituiscono impedimento alla contiguità nel caso in cui, siano esse forestali o asfaltate, la loro larghezza impedisca il contatto tra le chiome della *canopy* delle due tessere delle quali si esamina la contiguità, o nel caso in cui esse risultino ampiamente trafficate.
- Eventuali recinzioni sono di impedimento alla contiguità nel caso in cui siano continue e chiuse; non lo sono quelle discontinue e/o aperte (come le reti).

5.2.4.2 Caratteristiche di "source" o di "sink"

Questa voce si rifà alla *teoria source-sink* di Pulliam (1989).

- La tessera viene considerata come *sink* se essa si trova in uno stato ecologico tale da agire prevalentemente come recettrice di specie o risorse: si tratta in generale (ma ogni caso va valutato direttamente) di tessere molto giovani o molto degradate, di parcelle o cedui in ripresa dopo un taglio recente, o tessere percorse da incendio o sopravvissute a una qualche epidemia o attacco di insetti, funghi o parassiti, o ancora tessere di impianti legnosi quando tenute senza sottobosco (per esempio, pioppi), o con elevato numero di specie alloctone, poche forme biologiche e poche specie chiave ecc.
- La tessera viene considerata come *neutrale* se essa si trova in uno stato ecologico tale da non essere in grado di esportare né specie né altre risorse verso le tessere circostanti, ma nemmeno di avere necessità di riceverne, o in condizione di sostanziale parità tra importazione ed esportazione: si tratta in genere di tessere parzialmente degradate in ripresa, o di tessere provenienti da tagli rasi o cedui di età maggiore o ancora di tessere di impianti legnosi gestiti in maniera più "ecologica" o ancora di tessere in fase di passaggio da giovanile ad adulta in buone condizioni, o di tessere adulte ma degradate, o con elevato numero di specie cosmopolite o non caratterizzanti in rapporto al basso numero di specie caratteristiche o di

tessere con individui sospetti di malattia.

- La tessera viene considerata come *sorgente parziale* se essa si trova in uno stato ecologico tale da essere in grado di esportare parzialmente sia specie sia risorse verso le tessere circostanti: ciò accade per tessere adulte in buone condizioni o tessere mature ma parzialmente degradate, o ancora tessere con numero medio di specie chiave, di forme biologiche e di specie corologicamente autoctone, non elevato rapporto percentuale interno/margine (voce T4) o rapporto più elevato ma interno con segni di degradazione.
- La tessera viene considerata come *sorgente effettiva* se essa si trova in condizioni ecologiche tali da essere fonte di specie e altre risorse verso le tessere circostanti: si tratta di tessere mature o in parte senescenti in buone condizioni, in fase dinamica di fluttuazione o rigenerazione, con una buona stratificazione verticale, un elevato numero di specie chiave presenti, scarsità o assenza di specie alloctone, elevato numero di forme biologiche, alta percentuale di superficie di interno in buone condizioni ecologiche rispetto al margine.

5.2.4.3 Ruolo funzionale nell'UdP

Il ruolo della tessera in esame deve essere valutato direttamente in funzione della UdP di appartenenza (e non dell'ecotopo di appartenenza), ma non va confuso con la funzione di sorgente di cui al punto U2. È piuttosto da valutare considerando le funzioni paesistiche che la tessera può svolgere (o, per semplicità, i vari apparati paesistici ai quali potrebbe essere ascritta). Tale ruolo è funzione in primo luogo della posizione della tessera (o dell'ecotopo di appartenenza) nell'ecomosaico: il ruolo di una tessera di vegetazione arborea sarà tanto più forte quanto più la matrice dell'UdP sarà di tipo differente (in senso crescente matrice silvo-pastorale, agricola, rurale, suburbana, urbana); in luogo subordinato è funzione dello stato ecologico complessivo della tessera come valutabile dalle voci precedenti: migliore tale stato ecologico, maggiore il ruolo nel contesto. È necessario sottolineare che, trattandosi di ruolo della tessera nel contesto della UdP, più tessere dello stesso ecotopo forestale con caratteristiche simili potranno avere lo stesso ruolo importante o evidente nei confronti dell'UdP, anche se avrebbero invece un ruolo minore, o differente tra di loro, se considerate invece rispetto all'ecotopo stesso; inoltre, anche una tessera di bassa qualità ecologica può assumere un ruolo importante, o addirittura evidente, se inserita in un piccolo

ecotopo boscato ma appartenente a una matrice suburbana o urbana.

5.2.4.4 Incorporazione dei disturbi

La capacità di incorporazione dei disturbi a livello di tessera considera i disturbi locali tipici dell'ambiente nel quale la tessera stessa risulta inserita, in particolare eventi meteorologici (per esempio, temporali, trombe d'aria, grandinate, fulmini, piogge di diversa frequenza e intensità) ed eventi geofisici (per esempio, *soil creeping*, piccoli smottamenti, allagamenti) ricorrenti, anche se su cicli pluriannuali, ma di ordine di grandezza paragonabile a quella di sviluppo di una tessera forestale; o attività antropiche periodiche o croniche (per esempio, interventi di gestione, raccolta di legnatico, carbonelle, passaggi o stazionamento di persone per attività ricreative o sportive o di studio); o, ancora, disturbi legati alle attività della fauna selvatica, di allevamento e domestica (per esempio, le buche e le asportazioni del cotico erboso effettuate dai cinghiali o l'eliminazione di tutti gli arbusti giovani da parte delle capre o di caprioli o cerbiatti). Se questi disturbi sono localizzati, non troppo frequenti e interessano solo superfici limitate sono incorporabili. In caso contrario, o in caso di eventi fuori scala temporale o spaziale, l'incorporazione avviene a una scala più elevata di quella di tessera.

5.2.4.5 Instabilità geofisiche

Si evidenziano i possibili fattori di instabilità legati a eventi e attività climatiche, geofisiche in senso lato, e/o idrogeologiche con cicli di ricorrenza anche molto lunghi, ai quali la tessera risulta potenzialmente soggetta, e che sono valutabili in funzione di informazioni ricavabili da relazioni e/o cartografie relative ai "Rischi di instabilità" geologiche, idrologiche, idrogeologiche (c/o geologi) o ai "Rischi di eventi meteorologici" (c/o agronomi).

5.2.4.6 Interesse da parte della fauna permeante

L'interesse che la tessera riveste per la fauna permeante è generalmente funzione direttamente proporzionale alle caratteristiche strutturali e funzionali della tessera stessa (quando inserita in un ecotopo forestale), ma anche della distribuzione di tessere dello stesso tipo nella matrice (in particolare, l'interesse può aumentare nel momento in cui la tessera costituisca pressoché un unicum nella matrice, come nel caso di una o poche tessere di pioppeto coltivato in una matrice agricola). Per una

sua corretta valutazione è necessario comprendere se essa presenti degli elementi di attrazione o di interesse per la fauna caratteristica di quel certo ambiente (per esempio, nicchie ecologiche diversificate, luogo di approvvigionamento di cibo, di rifugio contro eventuali predatori, di nidificazione o di riparo per la notte, di nursery ecc.).

5.2.4.7 Motivi di trasformazione della Ts come elemento del paesaggio

La dinamica di una tessera come elemento del paesaggio è influenzata dalle condizioni al contorno, cioè da quanto avviene nell'ecotessuto. Esse riguardano sia i motivi che hanno determinato lo stato attuale della tessera, sia quelli che ne guideranno le trasformazioni nel futuro più prossimo. Si identifica con:

- un *forte disturbo* sia un intervento netto effettuato sulla tessera in quanto tale o sulle tessere direttamente confinanti (per esempio, taglio raso, drastico taglio selettivo, incendio, attacco di malattie varie o parassiti o altro) sia una forte trasformazione avvenuta ai margini anche non direttamente confinanti, ma la cui influenza può investire la tessera in esame (per esempio, costruzione di una grossa infrastruttura viaria, ferroviaria, industriale o commerciale, repentino cambio d'uso dei terreni limitrofi con costruzione di quartieri abitativi o di servizi di vario genere o ricreativi, o di invasi a scopo idroelettrico);
- un *cambiamento graduale* l'evoluzione graduale e lenta dell'ecotessuto nel suo complesso, all'interno del quale anche la trasformazione della tessera viene guidata dalla riorganizzazione interna del sistema nella ricerca di una nuova soglia di metastabilità, che però non è detto sia più alta della precedente; in pratica, un cambiamento graduale si attua quando il sistema si modifica passo passo seguendo il cambiamento del range di disturbi ai quali era prima sottoposto, adeguando lentamente la sua organizzazione ai nuovi parametri. Ma tale cambiamento può essere indirizzato *sia verso livelli superiori che verso livelli inferiori di metastabilità e organizzazione* (per esempio, una stessa tessera forestale può appartenere sia a un paesaggio silvo-pastorale in graduale evoluzione verso un paesaggio forestale aperto, poi forestale chiuso per abbandono della pastorizia e delle attività di gestione del bosco, sia a un paesaggio silvo-pastorale in graduale cambiamento verso un agricolo seminaturale, poi agricolo industrializzato);

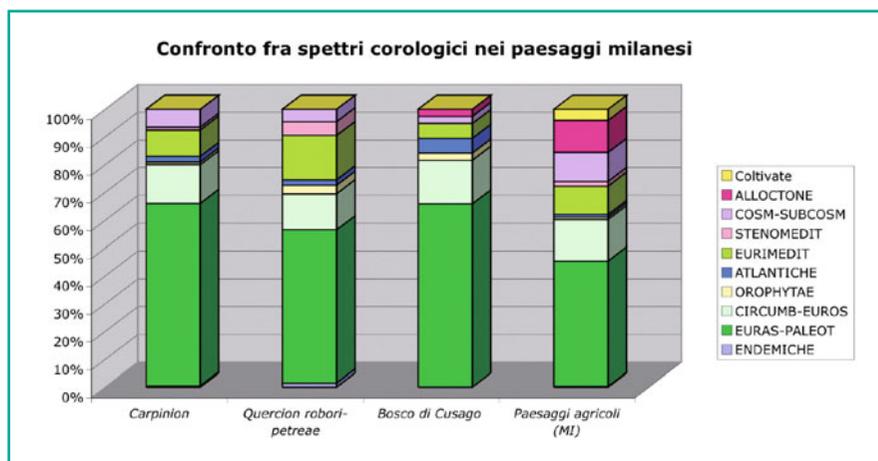
- una *instabilità temporanea* la presenza di un evento che ha creato una perturbazione nell'UdP nel suo complesso, abbassandone il livello di metastabilità, di organizzazione e di ordine, perturbazione necessaria però a una più ampia riorganizzazione dell'unità di paesaggio *in un livello superiore di metastabilità* al momento non ancora compiutasi e i cui effetti si fanno sentire anche sulla tessera in esame, pur non avendola coinvolta direttamente (perché per tale tessera la perturbazione avrebbe assunto probabilmente un effetto distruttivo). Un esempio può essere costituito da un incendio accidentale in una prateria, che non altera sostanzialmente la sua composizione né floristica né faunistica, ma può modificare i rapporti di dominanza fra le specie sia vegetali sia animali che la abitano;
- una *fluttuazione* la situazione di un ecotessuto che ha raggiunto una soglia di elevata metastabilità e che, pertanto, oscilla intorno al suo attrattore, permettendo alle tessere degli ecotopi che lo compongono di evolversi in funzione delle proprie potenzialità intrinseche.

In caso di discordanza tra l'evento che ha prodotto la situazione attualmente presente e l'evento che ne guida le trasformazioni nel futuro più prossimo (secondo quanto stimabile in base alle conoscenze possedute al momento della redazione della scheda) si segni la colonna corrispondente all'evento più negativo fra i due.

5.2.4.8 Interferenza con patologie proprie del paesaggio circostante

Questa voce evidenzia invece le vere e proprie patologie delle UdP circostanti che possono avere un influsso sulla tessera in esame. Esse vengono distinte in funzione della loro gravità sia intrinseca all'UdP stessa, sia in relazione agli effetti che può avere sulle UdP, e quindi sulle tessere, circostanti (dove la distanza di influenza è diversa da caso a caso a seconda del tipo di patologia). Un aspetto molto importante da verificare in questa voce è la presenza o meno di licheni corticicoli sugli alberi: secondo i parametri del protocollo ANPA, l'assenza (deserto lichenico) o la scarsità (sotto le 15 specie per forofita) di numero di *specie* differenti indica una forte alterazione della qualità dell'aria, magari proveniente da UdP circostanti, anche in foreste in apparente buono stato (verificare quali siano le specie di alberi più favorevoli all'installazione dei licheni). Per l'elenco delle possibili patologie, fare riferimento al paragrafo 4.3.2.

Fig. 5.9 Confronto fra gli spettri corologici di un bosco reliquato presso Milano (Cusago) e la media di 10 unità di paesaggio agricolo nel milanese. Gli spettri delle due alleanze fitosociologiche sono riferite alle formazioni teoriche riportate da Biondi e Baldoni (1994)



5.2.4.9 Permanenza della stessa tipologia vegetazionale attuale (anni)

Si considera qui il numero di anni, possibilmente ricostruiti su base cartografica, per i quali *in maniera continuativa* quella tessera è stata coperta da vegetazione arborea, ancorché riferibile ad associazioni fitosociologiche o fitocenosi differenti. Il significato ecologico di tale valutazione è da ricercare nell'importanza che svolge per la qualità e la salute di una tessera forestale, la disponibilità di un intervallo temporale consono a una corretta pedogenesi forestale. Pertanto questo valore *può essere totalmente differente* da quello riportato al punto T6: infatti, si può avere una tessera giovanissima (minore di 80 anni) su un suolo da millenni ricoperto da vegetazione forestale (maggiore di 1200 anni), o al contrario una tessera molto matura, anche superiore ai 300 anni di vita, ma in una posizione dove fino a pochi anni prima della creazione del bosco stesso insisteva un seminativo o magari una zona suburbana, per cui i due valori vengono a coincidere.

5.2.5 Analisi corologiche e bioindicatori

5.2.5.1 Corologia

All'elenco floristico dei rilievi fitosociologici effettuati, si affianca, per ogni specie, la relativa attribuzione della corologia. Sulla base della sola presenza/assenza delle specie (quindi indipendentemente dalla loro copertura nel rilievo o classe di presenza), si calcola per ogni tipo corologico la presenza percentuale nel rilievo stesso.

Si devono però ridurre di numero le tipologie coro-

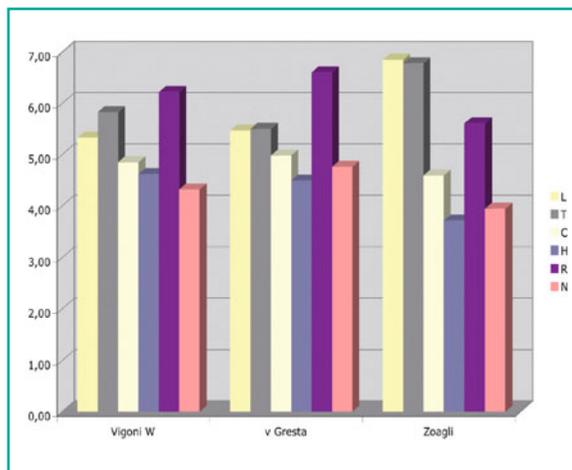


Fig. 5.10 Bioindicatori di Ellenberg riguardanti la vegetazione forestale della bassa val di Gresta, confrontati con una analoga zona prealpina (Boschi di villa Vigoni, Menaggio) e con una UdP Mediterranea (Zoagli). Malgrado gli influssi del Garda e la tendenza a un riscaldamento climatico, l'UdP in esame non risulta submediterranea

logiche, accorpandole per area affine di origine. Una sequenza tipica per l'ambiente prealpino può essere: 1) eurosiberiane, 2) circumboreali, 3) alpine endemiche, 4) orofite, 5) steppiche, 6) eurocaucasiche, 7) eurasiatiche e paleotemperate, 8) atlantiche, 9) eurimediterranee, 10) stenomediterranee, 11) cosmopolite e subcosmopolite, 12) esotiche.

Si graficano i risultati (Fig. 5.9) che si possono confrontare con la distribuzione tipica dell'associazione o alleanza di riferimento. Molto utile, in Italia settentrionale, può essere il calcolo del valore del rapporto *mediterranee/circumboreali*. Tale rapporto è tanto più elevato

quanto più le specie rilevate sono meglio adattate, tra gli altri aspetti, ad alte *temperature annue*.

Come suggerito da Biondi e Baldoni (1994), il confronto dei dati corologici di una UdP con gli spettri corologici a livello di alleanza sintassonomica può essere utile nel verificare le discordanze di fitocenosi locali con le medie statistiche italiane per tipo di alleanza.

5.2.5.2 Bioindicatori di Ellenberg

Il lavoro di completamento svolto da Pignatti per adeguare alla flora italiana i bioindicatori di Ellenberg permette di utilizzare anche questi per interessanti confronti fra gli elenchi floristici di diverse UdP. Si ricorda che

tali indicatori sono: (1) luce, (2) temperatura, (3) continentalità, (4) umidità, (5) reazioni del suolo, (6) nutrienti del suolo, (7) salinità (di solito trascurabile).

Dalla Figura 5.10 vediamo i confronti fra i bioindicatori di Ellenberg misurati nei boschi della bassa Val di Gresta e ancora nei boschi di Loveno (Como) e Zoagli (Genova). Si nota sempre la buona corrispondenza con i boschi prealpini di Loveno (simili quote e latitudini) e la netta distanza con la fascia gallo-mediterranea di Zoagli. Con ciò si può sfatare l'asserzione che i dintorni dei grandi laghi prealpini siano di ambiente submediterraneo: sono termofili, ma di tipo centro-europeo.

6.1 Analisi della componente faunistica

6.1.1 Popolazioni animali e struttura del paesaggio

Anche per quanto concerne la componente faunistica, gli studi bionomici sul paesaggio portano delle novità sia concettuali sia metodologiche, anche se su questo approccio si ha, al momento, un numero più limitato di esempi.

La struttura del paesaggio è dovuta, come sappiamo, in prima istanza al rapporto fra processi geomorfologici e distribuzione della vegetazione. Eppure gli animali giocano un ruolo di grande importanza anche nella strutturazione del paesaggio. Chi ha avuto modo di osservare il comportamento delle più importanti popolazioni di animali nei grandi parchi africani si è reso conto che gli animali agiscono sulla struttura del paesaggio soprattutto in due modi:

1. come *utilizzatori di risorse*: nei sistemi complessi di ecocenotopi sono capaci di sfruttare le maggiori risorse delle componenti vegetali (per esempio, praterie), ma anche di contribuire al loro mantenimento (impedendo l'allargarsi delle foreste, distribuendo deiezioni fertilizzanti, trasportando semi ecc.);
2. come *specie ingegnere*: sono capaci di modificare l'ambiente dove vivono a loro vantaggio, formando strutture peculiari o mantenendone altre, creando sentieri o piste, collegamenti con corpi idrici (per esempio, piste di abbeveraggio degli elefanti; Fig. 6.1), costruendo dimore (formiche, termiti) o dighe e laghetti (castori), oppure nicchie e sentieri su pendii scoscesi di alta montagna (per esempio, gli stambecchi; Fig. 6.2).



Fig. 6.1 Trasformazioni nel paesaggio dovute a specie ingegnere, in questo caso gli elefanti africani. Studio dell'Autore nel Serengeti (Tanzania), dove si notano due rampe per scendere sulle sponde del fiume



Fig. 6.2 Femmine di stambecco (*Capra ibex*) con piccoli nelle morene del ghiacciaio della Verra, quota 2350, in alta val d' Ayas (AO)



Fig. 6.3 L'autore è fotografato accanto a un acervo di *Formica rufa* alto più di 1 m, nella foresta del Passo di Lavazé (TN). Il nido è scavato anche nel sottosuolo, e può contenere qualche centinaio di migliaia di individui con più di 100 regine. Un acervo come questo, peraltro assai ricco di copertura erbacea, può in una stagione distruggere circa 5 milioni di insetti

Gli effetti sulla struttura del paesaggio sono di solito *esaltati* da una serie di correlazioni con la vegetazione, per cui anche se le alterazioni di certe popolazioni o comunità di animali sembrano modeste o marginali, esse sono capaci di grande influenza sulla struttura. Il caso dei castori (per esempio, *Castor fiber*, *Castor canadensis*) è il più evidente: una diga su un piccolo torrente non è spazialmente rilevante rispetto a una vallata, ma ciò comporta regolare l'acqua e utilizzare di continuo il legname, e in breve le conseguenze si allargano all'intera unità di paesaggio (UdP), i cui elementi costitutivi cambiano nel giro di poche decine di anni, fino a formare una ecomosaico di base del tutto diverso dal precedente, tanto da dare il nome a intere valli (per esempio, "val Bevera", Lombardia, Liguria).

Analogamente importante è anche il caso delle formiche rosse (*Formica rufa*) in una foresta di pecceta subalpina (Fig. 6.3). Si ricorda che il nido, un acervo che può superare 1,5 m, è scavato anche nel sottosuolo,



Fig. 6.4 Esempio di cembra (*Pinus cembra*) in val de Cornon (sopra Panchià di Fiemme), quota 2100. Sono formazioni in simbiosi con le popolazioni di nocciolaie

quindi è molto vasto, potendo contenere qualche centinaio di migliaia di individui con più di 100 regine. Un acervo come quello riprodotto in figura può in una stagione distruggere circa 5 milioni di insetti.

La presenza di popolazioni di grandi mammiferi erbivori è anch'essa molto legata alla strutturazione del paesaggio, soprattutto per gli effetti di pascolamento e di fertilizzazione. Anche qui, però, vi sono correlazioni particolari con la vegetazione che aumentano la loro influenza sulla struttura del paesaggio: per esempio, gli animali possono indurre un infeltrimento dei pascoli, che seleziona la riproduzione di certe specie vegetali di alberi (anche di cespugli ed erbe) agendo sulla biodiversità in senso positivo, ma anche negativo. Gli erbivori, comunque, riescono ad arricchire di sostanze azotate prati che vivono su suoli incompleti, con basso contenuto di humus, come succede in montagna. Inoltre, diventano talvolta importanti le simbiosi fra alberi e uccelli, come si osserva nelle Alpi con i noti legami fra le nocciolaie (*Nucifraga caryocatactes*) e i cembri (*Pinus cembra*), per l'espansione delle cembrete nelle aree di conflitto col pascolo (Fig. 6.4), di cui si riporta un esempio in alta val de Cornon (Fiemme).

Con il dominio dell'uomo sull'ecosfera, vi sono molte alterazioni dei rapporti anche strutturali fra tessere o ecotopi vegetati e animali, che non sempre sono sostituiti (o sostituibili) dalla presenza di mandrie di erbivori domestici. Ciò fa dimenticare troppo spesso il ruolo degli animali anche come *disturbo* nel paesaggio, disturbo che sappiamo essere di primaria importanza per la strutturazione dei sistemi complessi di ecocenotopi.

Un paragone con i parchi africani è d'obbligo, per capire che nei paesaggi naturali l'impatto ambientale non è affatto assente, ma è dovuto alle popolazioni di animali, soprattutto di grandi mammiferi.

Non dimentichiamo casi analoghi dal nostro territorio. Per esempio, l'eliminazione di erbivori (pecore, vacche) considerati impattanti dai gestori del Parco del Monte Barro (Lecco) ha innescato una modificazione nella composizione floristica dei pascoli che, nel giro di pochi anni, ha fatto loro perdere la peculiarità del Parco stesso (una delle aree con biodiversità erbacea di maggiore entità delle Prealpi Lombarde). Pertanto gli animali hanno dovuto essere reintrodotti, anche se con modalità controllate. Un analogo allontanamento delle greggi di pecore dal Parco Nazionale di Abruzzo negli anni settanta ha prodotto un diradamento nella popolazione degli orsi, alcuni dei quali hanno seguito le greggi fuori dal parco, esponendosi al bracconaggio.

Risulta evidente che spesso le analisi faunistiche richieste dall'ecologia del paesaggio si possono concentrare su una serie di osservazioni attente sulla presenza o meno di specie che hanno un rapporto *strategico* con la struttura dell'UdP in esame; oppure su osservazioni sulla presenza di impatti di origine animale nell'habitat naturale o in aree poco o per nulla antropizzate. Sempre è necessario, però, cercare di conoscere il rapporto delle specie animali con la struttura del paesaggio, iniziando dalla loro distribuzione in rapporto alla distribuzione degli ecotopi e delle UdP (almeno di massima). In effetti, anche la *struttura* del paesaggio agisce sulle popolazioni animali in diversi modi:

- sulla eterogeneità del paesaggio;
- sulla sua capacità portante;
- sulla conformazione di macchie e corridoi;
- sul modello di metapopolazione;
- sui movimenti nel paesaggio;
- sulla presenza di strutture antropiche.

Per esempio, uno studio di ecologia del paesaggio sulla riserva naturale di Cornino in Friuli, predisposta alla tutela degli avvoltoi (*Gyps fulvus*), ha mostrato una non rispondenza della perimetrazione di tutela al pattern strutturale della sua UdP, perché non comprende tutta la fascia di rocce a strapiombo atte alla nidificazione e non considera l'altopiano retrostante, dove diverse specie di rapaci vanno a trovare prede adatte. Inoltre, dai dati di Opdam (1993), si nota che la probabilità di presenza dell'avifauna per un boschetto isolato passa dal 76% alla distanza di 1 km dalla foresta, al 64% a 18 km. Va precisato inoltre che alcuni animali (per esempio, lupi,

volpi, coyote, leoni ecc.) utilizzano anche i corridoi artificiali, come le strade (le banchine erbose e/o alberate o le strade in terra battuta), ovviamente se poco trafficate.

È noto che in anni recenti diverse specie si sono abituate a vivere nei paesaggi suburbani: basti pensare alle volpi che vanno in cerca di cibo fra i rifiuti domestici, oppure alla comparsa in massa, a Roma, di storni (*Sturnus vulgaris*), che si sentono più protetti a passare la notte sugli alberi dei viali urbani: di conseguenza sono arrivati anche dei gheppi (*Falco tinnunculus*). A Milano, nel Giardino Pubblico di Palazzo Dugnani, si vede spesso una nitticora (*Nycticorax nycticorax*) che ha imparato a sfruttare la presenza di pesci nei laghetti del giardino. Sempre in quel giardino, compaiono sovente animali mai visti in grandi città, come un martin pescatore (*Alcedo atthis*). Alcuni uccelli, come il pettirosso (*Eriothacus rubecula*), hanno imparato a cantare nelle ore notturne a causa dell'illuminazione e del minor traffico (Petretti, 2003). L'aspetto più negativo delle strutture urbanizzate è quello legato all'introduzione di specie esotiche: dallo scoiattolo grigio alle testuggini dalle guance nere (zone d'acqua), alle nutrie, ai gamberi di lago (tutti in prevalenza americani) o ai pappagalli (per esempio, frequenti nei giardini di Genova alcune specie africane).

6.1.2 Popolazioni animali e dinamica del paesaggio

L'eterogeneità delle tessere e degli ecotopi vegetati prodotta dagli *incendi* ha influenza sulla fauna, che trova risorse cambiate sia nella qualità sia nella disposizione spaziale. Da studi effettuati dopo il grande incendio del Parco di Yellowstone (Stati Uniti) si è notato che il fattore principale per la sopravvivenza degli ungulati (*Cervus elaphus* e *Bison bison*) è l'inverno che segue l'incendio, quando il nutrimento viene a mancare. Se l'inverno è mite, deve bruciare un'area superiore al 60% di una UdP perché gli ungulati ne risentano. Inoltre, come ricordano Turner et al. (1992), è importante la configurazione spaziale delle macchie residuali non incendiate, di quelle semi-incendiate e di quelle bruciate: se abbastanza eterogenea si possono creare compensazioni sufficienti a risparmiare le popolazioni degli animali. Se invece l'incendio è limitato a una sola tessera a buona resilienza (per esempio, un prato-pascolo) inserita in un ecotessuto in buono stato, esso non ha quasi influenza sulla comunità di invertebrati della tessera

Fig. 6.5 Pineta mediterranea semibruciata, con pecore al pascolo ai suoi margini. Prima dell'incendio il gregge usava pascolare nelle radure interne, ma il prorompente dominio degli asfodeli dopo l'incendio ha allontanato gli animali dalla foresta



stessa, come ha notato Filippo Bernini (comunicazione personale) in uno studio sul Parco del Monte Barro, soprattutto per gli aracnidi (i primi ricolonizzatori).

Nelle zone mediterranee, gli incendi spontanei sono solitamente più limitati di quelli dolosi e fanno notoriamente parte dei disturbi ricorrenti (Naveh e Lieberman, 1984). Tuttavia, anche questi eventi creano una dinamica particolare nei confronti del pascolo, dato che la forte ricrescita delle geofite (per esempio, *Asphodelus* spp.) impedisce il pascolo delle pecore nelle radure forestali, come si vede dalla Figura 6.5, dove il gregge rimane all'esterno di una pineta semibruciata.

Anche movimenti lenti, come per esempio il *bradissismo*, possono influire sulla fauna, come si è constatato nella laguna di Venezia. Una subsidenza (unita a lieve eustatismo) di circa 2 mm/anno è sufficiente a modificare parte della forma delle barene e a variare la vegetazione alofila, per cui in pochi decenni si possono notare cambiamenti nel mosaico di barene, con conseguenze sia per la nidificazione sia per le risorse di alcuni tipi di uccelli, quali Ardeidi (per esempio, *Egretta alba*), Sternidi (per esempio, *Sterna caspia*), Volpoche (per esempio, *Tadorna tadorna*), Beccacce di mare (per esempio, *Haematopus ostralegus*).

Il *cambiamento climatico* si può far sentire modificando i mosaici di aree umide in zone un tempo temperato-fredde (come la Germania) e permettendo l'introduzione di specie tipiche di paesi mediterranei, come riportato da Ott (2001). In poco tempo, oltre a specie come *Crocothemis erytraea*, che già da 10 anni si era spinta verso Nord, altre 8 specie di libellule di zone temperato-calde sono divenute frequenti in Germania. Lo spostamento di tante specie in poco tempo può pro-

vocare effetti sul paesaggio, attraverso alterazioni della composizione floristica e del comportamento degli animali nei confronti dei vari biotopi. Quattro reazioni generali sono prevedibili secondo Graves e Reavey (1996): 1) cambiamento dell'area abitata, 2) tolleranza a priori verso nuove condizioni, 3) adattamento alle nuove condizioni mediante microevoluzione, 4) accresciuta mortalità.

L'*urbanizzazione* ha portato al cambiamento di comportamento di alcuni gruppi di gabbiani (per esempio, *Larus ridibundus*) che sono comparsi persino in città come Milano, in aree lontane dal mare o dai laghi, e che contendono alle cornacchie (*Corvus corone cornix*) i rifiuti nelle discariche urbane.

Particolarmente interessanti i ritardi di estinzione, dovuti a *cambiamenti distruttivi del paesaggio agricolo* (Burel e Baudry, 1999). Questi studiosi hanno dimostrato in Bretagna che la distribuzione spaziale di *Abax parallelepipedus* (un carabide) è maggiormente correlata alla connettività di una rete di alberature "bocager" del 1952 che non alla rete attuale, la cui connettività è diminuita del 35%. Den Boer (1985) ha osservato che i carabidi di habitat stabili (con poco potere di dispersione) rimangono almeno 40 anni dopo che la loro siepe è stata distrutta, mentre le specie a forte dispersione solo 10 anni.

L'*abbandono delle attività agricole* provoca la nascita di nuove tessere vegetate, quindi nuovi habitat a disposizione della fauna. Vi è, però, un ritardo fra la comparsa di nuovi habitat e la colonizzazione di specie animali, salvo nel caso degli aracnidi. Burel e Baudry (1994) in uno studio sui carabidi in Normandia hanno riportato che solo le nuove tessere vegetate a meno di 20 m da

Tabella 6.1 Confronto fra gestioni forestali diverse in due UdP teoriche nelle Alpi, con foreste di tipo alpino-boreale e aree di alimentazione degli ungulati. Si noti la diversità dei caratteri di ecologia del paesaggio in rapporto alle aree di alimentazione

Tipo di gestione forestale	Età (anni)*	Altezza (m)*	BTC (Mcal/m ² /anno) ⁺	Aree di alimentazione (%)*	Danni**
A. Taglio raso e riforestazione	2-16	< 8	2,0-3,5	30-100	3-5
	16-70	8-24	3,5- 6,0	1-9	
	70-100	24-30	6,0-7,5	9-16	
B. Rinnovo naturale, taglio a gruppi	10-50	6-21	3,0-5,0	6-14	1-3
	50-80	21-27	5,0-7,0	14-30	
	80-120	27-36	7,0-8,5	30-100	

⁺Ordine di grandezza, come riferimento.

*Da Reimoser e Gossow (1996), dati rielaborati.

**Da Mustoni et al. (2002), danni da brucatura e scortecciamento.

una sorgente (per esempio, un corridoio alberato) vengono colonizzate relativamente presto. Connettività e circuitazione risultano quindi essenziali per la colonizzazione, come pure l'area delle tessere. Peraltro va notato che la dinamica della successione vegetale non è sempre correlabile con la colonizzazione animale, sia perché tale successione non si comporta secondo le regole tradizionali (Ingegnoli, 2002) sia perché le specie polifage sono indipendenti da tale processo.

Si deve notare, inoltre, che le conseguenze ecologiche dell'intensificazione tecnica dei paesaggi agricoli non sono valutabili rimanendo a scala di tessera coltivata. È necessario fare riferimento alla diversità di scala nello sfruttamento delle risorse da parte di gruppi animali stenotopi ed euritopi, alla complessità strutturale del paesaggio, e alla sua τ diversità.

Gli effetti dell'*apertura di corridoi artificiali* (strade, ferrovie, canali ecc.) sulla fauna sono molteplici: barriera, condotto, filtro, sorgente, scarico. per esempio, per i grandi mammiferi in paesaggi forestali l'effetto di una strada trafficata sulle tessere circostanti può arrivare da 90 a 200 m e per gli uccelli dell'interno di foresta intorno a 100 m, mentre in un paesaggio di prateria tale distanza di disturbo può arrivare a 1,5-2 km (Forman, 1995). Le strade vengono attraversate sempre di rado, anche dagli animali che potrebbero farlo facilmente nei periodi di poco traffico, come i grandi mammiferi quali il caribù (*Rangifer tarandus*) o la capra di montagna (*Oreamnus americanus*) in America o il cervo (*Cervus elaphus*) e il capriolo in Europa. I piccoli mammiferi di foresta, come gli scoiattoli rossi, in genere non attraversano strade di larghezza superiore ai 15 m (comprese le banchine). Si deve aggiungere che le uccisioni di animali causate dall'apertura di strade (anche poco trafficate) sono talvolta elevate, come accade per gli orsi neri e i puma in Florida, i caprioli in val Pusteria o i tassi in Inghilterra.

Le dinamiche di gestione forestale (quali disboscamento, rimboschimento ecc.) modificano di continuo le UdP locali e influiscono sugli animali in vari modi. Come si può notare nella Tabella 6.1, comparando due gestioni diverse in UdP teoriche di foresta boreale-alpina (grandi tagli a raso con riforestazione e taglio a piccole tessere con rinnovo naturale), emerge che le aree di alimentazione degli ungulati sono quasi opposte (Reimoser e Gossow, 1996), come risulta dai diversi danni da scortecciamento e brucatura (Mustoni et al., 2002). Si noti anche il diverso livello di BTC raggiungibile nei due casi.

Le dinamiche del paesaggio portano a trasformazioni spaziali riducibili, come abbiamo visto, a sei tipologie. Il rapporto fra la fauna e le tipologie in questione è ancora da approfondire, tuttavia va detto che parte di questi studi possono rientrare nel paragrafo precedente più propriamente strutturale. Dissezione e frammentazione (e i loro inversi) sono in ogni modo i più importanti processi spaziali nei cambiamenti del paesaggio.

Come si ritrova quasi ovunque anche in Italia, la *dissezione* (Forman, 1995) è il primo e il più subdolo dei processi, che avviene (entro certi limiti) anche senza, e contro, ogni pianificazione. Si tratta dell'apertura di una strada in un paesaggio agricolo o boscato, seguita da microinterventi, spesso abusivi, di costruzione e attività umane in derivazione da questa linea di traffico, alcuni dei quali si ingrandiscono e portano un disturbo verso l'interno, che richiama altri collegamenti viari minori, in un processo a retroazione positiva, assai dannoso. Il disturbo per la fauna è evidente sotto ogni aspetto, e spesso si tratta di disturbi non incorporabili a scala di UdP. In studi sulle volpi (*Canis vulpis*) si afferma (Storm et al., 1976) che le loro tane rimangono a una distanza minima di 200 m dalle aree antropizzate, anche se le volpi come sappiamo arrivano a cercare



Fig. 6.6 Volpe in un prato appena sfalcato a 15 m dalle case del paese di Panchià, val di Fiemme. Spesso anche i caprioli passano su questo prato e persino all'interno del giardino della casa a esso prospiciente

cibo nelle periferie dei paesi come accade in val di Fiemme (Fig. 6.6) o nel Parco d'Abruzzo (dove ne abbiamo incontrata una anche nel centro urbano di Civitella Alfedena). Di conseguenza il sistema di macchie residuali a buona naturalità potenziale rimane molto ridotto.

La *frammentazione* (cioè rottura di un habitat vasto in parti più piccole) è senza dubbio il processo più noto, anche se spesso mal definito: tende a comprendere anche parte degli altri processi spaziali già menzionati. I maggiori effetti della frammentazione sulla fauna sono, in ordine decrescente: l'isolamento, l'aumento dei generalisti e delle specie multi-habitat, delle specie di margine, della predazione dei nidi e della rata di estinzione. Decrescono invece la dispersione delle specie di interno e di quelle con grande *home range* e la ricchezza delle specie di interno delle macchie.

In realtà, la frammentazione tende a influenzare quasi tutti i maggiori processi ecologici e anche genetici. Per esempio, una crescita della dinamica di metapopolazione e del reincrocio sono comuni. D'altra parte decresce l'area delle macchie da disturbo. Dobbiamo osservare, peraltro, che la frammentazione in certi casi può produrre anche effetti positivi: è dimostrabile infatti (Ingenoli, 2002) che la metastabilità generale di un paesaggio naturale (LM) aumenta se si introduce una percentuale contenuta di habitat umano (mai superiore all'8-12%) e che aumenta anche la biodiversità complessa (fino a HU = 40%; vedi paragrafo 3.2.10). Ciò è dimostrato anche dalle scelte di habitat di molte specie animali: è noto che la creazione di fasce ecotonali e di

nuove tessere eterogenee (anche di coltivo, se non intensivo) sono ricercate dai caprioli e dai cinghiali. Persino il cervo ne può essere attratto, basta che l'HS antropico rimanga assai elevato, cioè la densità abitativa rimanga bassa. Del resto, qualsiasi naturalista può constatare di persona che le UdP vicino ai piccoli paesi delle Alpi o degli Appennini presentano una varietà di specie ornitiche particolarmente elevata.

6.1.3 Verso il LaBiSF, un nuovo metodo di studio della componente animale del paesaggio

In accordo con quanto esposto in precedenza per la vegetazione, si sta elaborando un nuovo metodo di studio della componente animale che verrà denominato "La-BiSF", che attualmente vede come due capisaldi lo studio della sensibilità faunistica e lo studio dell'HS per individuo nell'HN (vedi paragrafo 3.2.8), in analogia con quanto già approfondito per le popolazioni umane.

Per la componente macrobentonica relativa alle acque interne si rimanda all'indice di funzionalità fluviale. Per la componente ittica non sono ancora stati condotti studi adeguati.

6.1.3.1 L'analisi della sensibilità faunistica

Il metodo della sensibilità faunistica qui riportato è stato messo a punto con la collaborazione dei colleghi Renato Massa e Lorenzo Fornasari per misurare la sensibilità faunistica (Sf) per una unità di paesaggio (UdP). Questa sensibilità viene valutata in due fasi. La prima consiste nella valutazione esprimibile con la seguente equazione:

$$Sf = (Q1 + Q2 + Q3) \times (V1 + V2 + V3)$$

dove: Sf è la sensibilità faunistica di una specie, Q1 la rarità, Q2 la corologia, Q3 la criticità, V1 l'abbondanza, V2 l'estensione dell'habitat, V3 la fragilità (sempre della medesima specie).

Per la quantificazione della suddetta equazione, è necessario riferirsi alla scheda riportata in Tabella 6.2, concettualmente non troppo diversa dalle schede proposte per la valutazione della vegetazione. I valori di punteggio che si utilizzano sono però in questo caso limitati a una sequenza aritmetica lineare, non a una curva composta.

La valutazione finale della scheda di cui alla Tabella

Tabella 6.2 Valutazione della sensibilità faunistica (Sf) di una data specie chiave in una UdP

Valori	0	1	2	3	Note
Q. Qualità della fauna (caratteri generali)					
Q1 - Rarità	Specie sotto osservazione	Specie rare	Specie vulnerabili	Specie minacciate	Liste rosse
Q2 - Corologia	Specie cosmopolite	Specie areale continentale	Specie areale regionale	Specie endemica	Ampiezza areale
Q3 - Criticità	Altri criteri	Criticità locale	Criticità regionale bassa	Criticità regionale alta	Popolamento subregionale
V. Vulnerabilità della fauna (caratteri locali)					
V1 - Abbondanza o frequenza	Abbondante > 0,50	Comune < 0,50	Scarsa < 0,25	Rara < 0,125	Indiv./p.to
V2 - Estensione dell'habitat	Specie non selettive	Habitat rurali	Habitat ecotonali	Habitat forestali	Sensibilità di habitat
V3 - Fragilità	Specie con alta resilienza	Varie ma no degrado	Specie coloniali	Habitat ottimali	Condizioni di vita
R. Risultati					
R1- Punteggi totali	a	b	c	d	Sf

Tabella 6.3 Gradi di sensibilità faunistica (Sf) per una data specie chiave riscontrabile in una UdP

I	Sensibilità faunistica critica	Sf > 72
II	Elevata sensibilità faunistica	54 < Sf < 72
III	Rilevante sensibilità faunistica	36 < Sf < 54
IV	Media sensibilità faunistica	18 < Sf < 36
*	Livello di attenzione	Sf = 18
V	Sensibilità faunistica bassa	9 < Sf < 18
VI	Sensibilità faunistica trascurabile	Sf < 9

6.2 deve essere confrontata con una seconda scheda (Tabella 6.3) che mostra le classi di sensibilità faunistica in rapporto al punteggio totale rilevato per specie. Ovviamente, se non si hanno il tempo e i mezzi per compiere un'indagine totale, è indispensabile compiere tale valutazione su specie chiave, da scegliere in precedenza a seconda del tipo di unità di paesaggio e dell'obiettivo di studio. Si ricordano al riguardo le definizioni di specie "ombrello" e di specie "focali": sono specie *ombrello* quelle che presentano le maggiori esigenze ecologiche, quindi le prime a scomparire dopo distruzioni fuori scala del paesaggio; sono specie *focali* quelle in grado di rappresentare un insieme di requisiti strutturali e funzionali del paesaggio necessari anche alle altre specie che caratterizzano il paesaggio stesso. Nel dettaglio, si presentano le voci dell'indice proposto (Sf):

Q1. Rarità (R.)

- *R. critica o elevata (3 punti)*: diventano importanti le liste rosse per le specie minacciate di estinzione sia a scala mondiale sia a scala Europea o Italiana. Specie rare e vulnerabili per l'Italia, o in corso di ampi decrementi in Europa o specie comprese nel-

l'Allegato II Dir. CEE 43/92. Specie di uccelli con meno di 25.000 coppie nidificanti in Europa.

- *R. media (2 punti)*: specie a status indeterminato per l'Italia, o incluse nell'Allegato IV Dir. CEE 43/92 o negli elenchi della Convenzione di Berna con criteri simili, specie con areale contratto e popolazioni scarse. Specie di uccelli con meno di 50.000 coppie nidificanti in Europa.
- *R. bassa (1 punto)*: specie non corrispondenti ai criteri precedenti. Specie di uccelli con meno di 100.000 coppie nidificanti in Europa; specie disperse, tipiche di paesaggi frammentati e specie coloniali; specie escluse dall'elenco delle specie protette in Italia.
- *R. nulla (0 punti)*: specie non corrispondenti ai criteri precedenti. Specie di uccelli con più di 100.000 coppie nidificanti in Europa; specie comuni e diffuse.

Q2. Corologia (Co.)

- *Co. di areale ridotto (3 punti)*: specie o sottospecie endemiche in Italia o in qualche regione italiana, particolarmente vulnerabili alle modificazioni del paesaggio.

- *Co. di areale intermedio (2 punti)*: specie ad areale ridotto (per esempio, mediterraneo o infraeuropeo).
- *Co. di areale vasto (1 punto)*: specie con areale continentale (per esempio, europeo).
- *Co. di areale vastissimo (0 punti)*: specie con areale intercontinentale (per esempio, eurasiatico, paleartico) o cosmopolite.

Q3. Criticità (Cr.)

- *Cr. regionale alta (3 punti)*: specie solitamente non presenti nella regione (dubbe in letteratura), o specie presenti in meno del 50% del territorio regionale, ma come area elettiva a livello nazionale.
- *Cr. regionale bassa (2 punti)*: specie presente in meno del 20% del territorio regionale e presente nell'area di studio con qualunque densità, o presente nell'area con densità superiore alla media regionale.
- *Cr. locale (1 punto)*: specie rara a livello regionale ma relativamente abbondante a livello locale.
- *Cr. non definita (0 punti)*: specie non rispondente ai criteri precedenti.

V1. Abbondanza (A.) o frequenza

- *A. rara (3 punti)*: specie rare. Per esempio: per l'avifauna < 0,125 individui/punto; per mammiferi ed erpetofauna si può tenere conto della frequenza nelle unità di rilevamento (% di area occupata), perché specie poco rilevabili: specie rare < 12,5%.
- *A. scarsa (2 punti)*: specie scarse. Per esempio: per l'avifauna < 0,25 individui/punto; per mammiferi ed erpetofauna: specie scarse < 25%.
- *A. comune (1 punto)*: specie comune. Per esempio per l'avifauna < 0,50 individui/punto; per mammiferi ed erpetofauna: specie comuni < 50%.
- *A. abbondanti (0 punti)*: specie abbondante. Per esempio: per l'avifauna > 0,50 individui/punto; per mammiferi ed erpetofauna: specie abbondanti > 50%.

V2. Estensione (E.) dell'habitat

- *E. forestale (3 punti)*: specie con habitat ristretto alle foreste o a macchie boscate con copertura arborea consistente.
- *E. ecotonale (2 punti)*: specie ecotonali (foresta-campagna) meno selettive delle precedenti, o specie acquatiche di zone poco alterate.
- *E. rurale (1 punto)*: specie adattate in paesaggi agricoli anche aperti.
- *E. non selettiva (0 punti)*: specie indifferenti all'ha-

bitat, capaci di stare anche in paesaggi urbani e suburbani.

V3. Fragilità (F.)

- *F. di stato ottimale (3 punti)*: specie legate ai caratteri ottimali di habitat, buona BTC, senza inquinamenti o altro, e specie con popolazioni concentrate e isolate.
- *F. di stato normale (2 punti)*: specie negativamente influenzate dal degrado, pur non esigendo habitat ottimali; specie coloniali non come sopra, specie sedentarie o con bassa riproduttività.
- *F. di stato precario (1 punto)*: specie che risentono di disturbi ambientali solo se non incorporabili e fuori scala (cioè distruttivi).
- *F. di stato alterato (0 punti)*: specie con elevata resilienza e mobilità, capaci di stare anche in ambienti alterati.

6.1.3.2 Sensibilità faunistica per gruppo di ecotopi o per UdP

Per ottenere degli indici ecopaesistici sulla qualità faunistica nei comparti tipici di suddivisione di un paesaggio, si può iniziare dal metodo precedente, sommando i valori delle Sf per comparto, quindi valutando una sensibilità faunistica per ambito (Sa). Tuttavia una specie può essere presente con densità diverse in ambiti diversi, quindi si deve procedere a una pesatura prima della somma (Malcevschi, 1985) nel modo seguente:

$$Sa = \sum Si \times Kia$$

dove: Si è la sensibilità della i-esima specie e Ki è il peso dovuto alla densità relativa della i-esima specie nell'ambito a.

Si possono attribuire i seguenti pesi (Ki):

- densità elevata = 1,25;
- densità normale = 1;
- densità ridotta = 0,75;
- presenza sporadica = 0,5.

Si nota che tale indice (Sa) sostituisce in maniera efficace altri usuali indici per ambito paesistico, come la diversità di Shannon e Weaver, in quanto non misura il contenuto di informazione, che è acritico (Fornasari, 1997), ma ne valuta anche l'importanza per la conservazione.

Si passa, quindi, con relativa facilità alla stesura di una carta faunistica adatta agli scopi dell'ecologia del paesaggio. Tale carta può portare anche i rilevamenti di

specie che oltrepassano la soglia minima di attenzione ($S_f = 18$) ed eventualmente delle emergenze puntiformi. All'interno degli stessi ambiti si possono anche evidenziare delle parcelle, in corrispondenza di elementi paesistici ben individuabili, a elevata sensibilità faunistica, eventualmente contrassegnate da un indice alfanumerico.

6.1.3.3 Studio dell'habitat standard pro capite

Nel capitolo 3 (paragrafo 3.2.7), definendo il concetto di habitat standard pro capite (HS) è stato sottolineato che tale concetto è valido sia per lo studio delle popolazioni animali rispetto alle caratteristiche del loro ambiente, sia per le popolazioni umane.

Nel caso dell'habitat naturale:

$$(HN)HS_n = \text{GEO} + \text{EXR} + \text{RSN} + \text{RSL} + \text{CON} + \text{PRT} + \text{PRD} / n. \text{ individui} \times Sp [m^2/\text{organismo}]$$

Si ricorda anche la Tabella 3.3, che riporta alcuni dati sugli HS per gli ungulati, che vanno da un minimo di 4-5 ha/individuo per i cinghiali, fino a 15-16 ha/individuo per i cervi. Come per l'uomo, anche per gli animali è utile fare un confronto fra la densità ecologica rilevata in una certa unità di paesaggio e quella teorica.

6.2 Analisi delle comunità antropiche nel paesaggio

6.2.1 Popolazioni umane e paesaggio

Fin dai primordi dello sviluppo dell'*Homo sapiens* (circa 200.000 anni b.p.) le popolazioni umane si sono distinte nella capacità di trasformare l'ambiente anche su vasta scala, creando mano a mano sistemi ecologici propriamente antropici, ma anche sviluppando un mutualismo con la natura. La capacità di insediarsi in aree opportune per la sicurezza e lo sfruttamento delle risorse si è quindi sviluppata in modo particolare, insieme alla capacità di pianificazione dei villaggi e delle prime aree agricole.

È tuttavia solo dal periodo classico, soprattutto nel mondo Romano, che si è giunti alla capacità di strutturazione dei paesaggi agricoli in modo moderno, attraverso la tecnica della *limitatio* (detta anche centuriazione) (Fig. 6.7). Questa tecnica è così efficace da essere stata ripresa anche nella colonizzazione degli Stati Uniti nei secoli XVIII e XIX. Peraltro, da verifiche effettuata

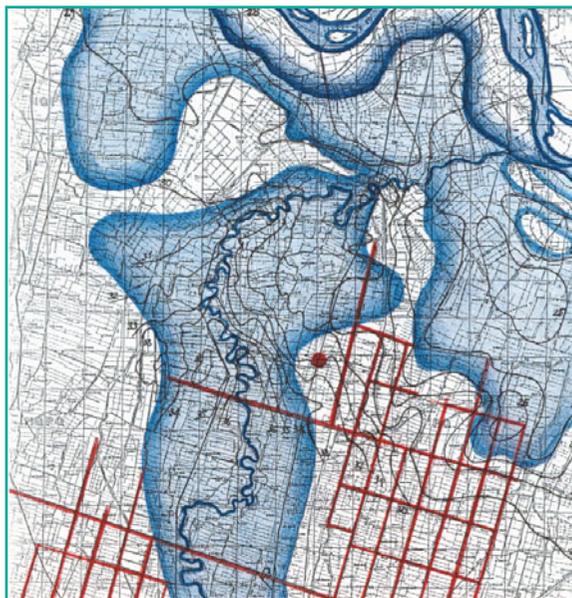


Fig. 6.7 Ricostruzione su base IGM della zona a nord di Parma nel primo secolo. Si notano le golene fluviali (azzurro) e la griglia della centuriazione (*lapis rosso*) (da: Ingegnoli, 1993)

da Caravello e Ingegnoli (1991), essa tiene conto di diversi parametri naturali e non è stata applicata in modo distruttivo, tanto che dopo oltre 2000 anni, diversi paesaggi in Europa e alcune tracce anche in Nord Africa risentono ancora di tale struttura. Riguardo ai paesaggi urbanizzati, si deve pensare che un ecosistema urbano non può formarsi in modo a sè stante, essendo un paesaggio di tipo eterotrofo, ma solo in modo mutualistico e coevolutivo con altri ecosistemi produttivi e protettivi. I Romani avevano già intuito tale processo, dato che la *civitas* era intesa come sistema *urbs et territorium*.

Tornando al presente, diversi sono gli studi volti a comprendere i rapporti fra uomo e territorio naturale. Risale agli anni settanta uno studio sull'ecosistema Roma di Valerio Giacomini, promotore del MAB (*Man and Biosphere Program*, UNESCO). Nello stesso periodo, ricerche sulle strutture umane nei paesaggi agricoli venivano intraprese al Politecnico di Milano, con una collaborazione fra la Cattedra di Storia dell'Architettura (Perogalli, 1975), il decano dei geografi naturalisti (Nangeroni, 1960), e altri validi docenti del settore di storia e restauro architettonico (Alpago-Novello, Langè). In tale ambito, veniva studiata da Ingegnoli (1975, 1977, 1981) l'evoluzione storico-ambientale del paesaggio rurale, cioè lo sviluppo storico parallelo all'adattamento alle condizioni ambientali. Venivano pure affrontati i

caratteri strutturali e l'organizzazione del paesaggio agrario; i rapporti fra architettura rurale e ambiente; fra ecologia e architettura; le basi ecologiche del rapporto fra le ville, i giardini e l'ambiente; le ragioni ecologiche dello sviluppo di giardini e ville come controllo degli ecosistemi urbani sulle risorse ecologiche del territorio.

La capacità della natura di sopravvivere anche nelle città è stata analizzata da Sukopp (Università di Berlino) sempre a partire dagli anni settanta. Gli studi sulla città come ecosistema si sono da quel momento assai dilatati. Una "Green Paper on the Urban Environment" è stata pubblicata dalla CEE nel 1990. Nel giugno 1997 si è tenuto a Leipzig il World Congress of Urban Ecology organizzato dal Ministero Tedesco dell'Educazione, Ricerca e Tecnologia, che ha visto 380 partecipanti provenienti da 48 Paesi, di cui un solo italiano.

Va inoltre sottolineato che, proprio in questi anni, la maggior parte delle popolazioni umane sta avviandosi a vivere in paesaggi urbanizzati e/o suburbani. L'uomo non abita quasi più in campagna o in ambienti seminaturali: di conseguenza gli studi di bionomia del paesaggio sulle componenti antropiche acquistano una sempre maggiore importanza.

6.2.2 Analisi delle strutture dei paesaggi urbani

Come nel caso dei paesaggi naturali e seminaturali, anche per i paesaggi antropizzati è necessario primariamente riconoscerne il *pattern strutturale*, che solo in parte risulterà legato alle caratteristiche geologico-geomorfologiche del territorio su cui insistono, specialmente per quelli di più recente impianto.

6.2.2.1 Struttura dei paesaggi urbani

La città è il più tipico dei sistemi ecologici formati dall'uomo, certamente uno dei più recenti nella storia dell'evoluzione naturale della biosfera. La città nasce da un'integrazione di quartieri con funzioni complementari: di residenza con giardini e orti protetti, di mercato, di gestione pubblica e difesa, di centro religioso, di crocevia di trasporti, cioè come un insieme interagente di ecosistemi umani. Si dovrebbe quindi parlare più propriamente *non di ecosistemi urbani, ma di unità di paesaggio urbano*, formatesi in un paesaggio naturale di supporto in seguito alla presenza di unità di paesaggio agricolo, necessariamente complementari a quelle urbane. Per tali ragioni, è necessario affiancare agli studi territoriali

di settore, che seguono una logica ecosistemica, gli studi di ecologia del paesaggio (Naveh e Lieberman, 1984; Forman e Godron, 1986; Zonneveld, 1995; Forman, 1995; Farina, 1993, 1998, 2000; Ingegnoli, 1980, 1993, 2002; Ingegnoli e Giglio, 2005). È necessario, inoltre, ricordare ancora una volta che un paesaggio anche urbano è molto di più di un contesto spaziale di differenti ambienti perché è di per sé uno specifico livello dell'organizzazione biologica.

L'origine delle strutture del paesaggio urbano dipende dall'elevata specializzazione dei ruoli nella popolazione, impensabile in un villaggio (dove ogni famiglia produce gran parte dei propri fabbisogni). Per tali ragioni la città ha una struttura che è analoga a un *organismo eterotopico*, quindi proprio a un paesaggio. In tutto questo sistema complesso, la rete stradale (che comprende anche le piazze) rappresenta l'aspetto più evidente della struttura in pianta. In realtà, le strutture urbane fanno parte delle strutture biologiche, come molti studiosi hanno compreso a partire dai primi trattatisti dell'antichità, da Marco Vitruvio Pollione (I secolo) fino al finlandese Saarinen (1962). Quest'ultimo architetto sosteneva che l'ordine fisico delle comunità urbane era organico e utilizzava una sezione di tessuto dei mammiferi come modello per discutere la rete di circolazione ottimale per una città. Forman e Godron (1986) esprimono anch'essi una simile opinione e dimostrano che, in sintesi, la struttura urbana è formata da due elementi del paesaggio: le strade e i *city blocks* (ovvero le *insulae* in senso latino). I quartieri sono insiemi caratteristici dei precedenti elementi. I modelli strutturali di base per i paesaggi urbani sono, secondo Forman e Godron, almeno tre (Miller 1981; De Blij 1977):

- *modello a zone concentriche*, dove i quartieri circondano un centro di affari in modo simile per ogni direzione;
- *modello a spicchi*, in cui un centro è circondato da quartieri diversificati a raggera;
- *modello a nuclei multipli*, in cui un mosaico asimmetrico di diversi quartieri circonda uno o più nuclei centrali.

A questi modelli, però, si possono aggiungere altri schemi strutturali, come suggerisce la storia dell'urbanistica nel vecchio mondo (Fig. 6.8); per esempio si devono almeno citare i seguenti:

- il *modello a cittadella e mercato*, uno dei più antichi (prima età del Ferro), in cui un *oppidum* collinare fortificato è circondato da quartieri sorti nell'area bassa attorno al mercato;

- il *modello a maglia quadrata*, di derivazione romana, in cui i quartieri diversi sono impostati regolarmente intorno a un incrocio di strade principali (*cardus* e *decumanus*): modello, tra l'altro, ripreso spesso anche negli Stati Uniti;
- il *modello geometrico*, simmetrico e a geometria complessa (per esempio, su base esagonale) con mura particolarmente sviluppate;

A tali tipi di struttura si devono aggiungere oggi i grandi *paesaggi urbani delle megalopoli*, che includono i paesaggi suburbani e formano sistemi ecologici di minore stabilità e di difficile gestione. Infatti, in ecologia è noto che più si ingrandiscono il flusso di input e output, l'immagazzinamento e la distribuzione, meno stabile è il sistema.

La struttura dei *paesaggi urbani* è comunque complessa, anche se secondo Forman (2008) una *Urban Region* è caratterizzabile con non molti parametri strutturali: 1) un'area metropolitana, 2) una o più città satelliti, 3) una vasta rete di mobilità, 4) qualche area di riserve naturali o biotopi, 5) una matrice agricola di sostegno. Forman compie comparazioni fra 38 grandi e medie città site in ogni continente, tenendo conto di alcuni concetti di ecologia del paesaggio (per esempio, numero di paesaggi naturali per regione urbana, parchi urbani, risorse idriche, reti ecologiche).

Per esempio, per la conurbazione milanese si stima (Ingegnoli, 2005) una *Urban Region* pari a circa 3400-3500 km² (Fig. 6.9). Va tenuto presente che per la verifica delle Regioni Urbane è indispensabile l'utilizzo dei concetti di bionomia del paesaggio. Il territorio storico di Milano, compreso fra le colline moreniche prealpine e i tre fiumi Ticino, Po e Adda, con diverse città satelliti (Pavia, Lodi, Abbiategrasso, Magenta, Melzo, Trezzo ecc.), misura circa 3450 km² ed è abitato da circa 4 milioni di persone. Le unità di paesaggio agricolo sono circa il 35% nell'area metropolitana e l'80% nel territorio restante, per un totale di 386 + 1880 = 2660 km² di zone produttive, pari a un $HS_{prd} = 665 \text{ m}^2/\text{ab}$. Ciò significa che, essendo l'habitat standard teorico

$$HS^*_{prd} = 1050 \text{ m}^2/\text{ab}$$

risulta che circa 2/3 del fabbisogno agricolo è garantito entro la Regione Urbana Milanese.

Le regioni urbane sono di solito caratterizzate da un aumento della frammentazione, a causa dell'intensificarsi delle grandi infrastrutture territoriali (linee elettriche, autostrade, ferrovie, discariche ecc.). Il clima è so-

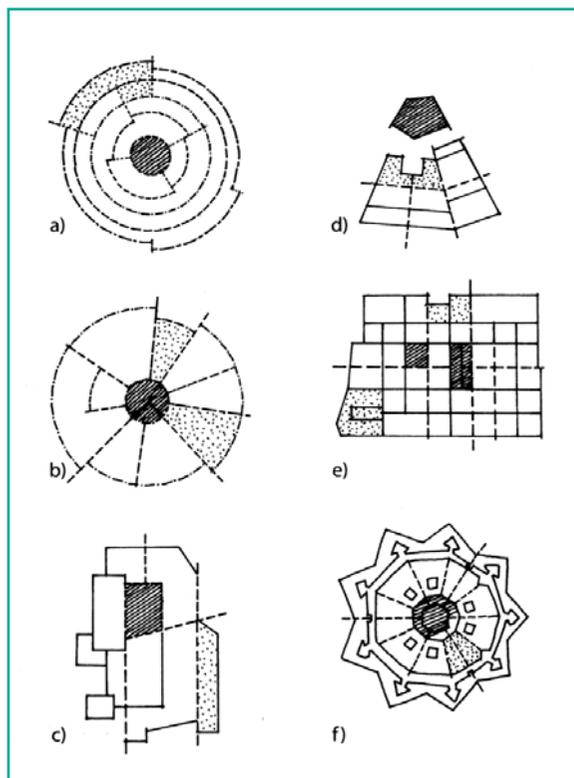


Fig. 6.8 Modelli strutturali di città: **a** zone concentriche, **b** spicchi, **c** nuclei multipli, **d** cittadella e mercato, **e** maglia quadrata, **f** geometrico

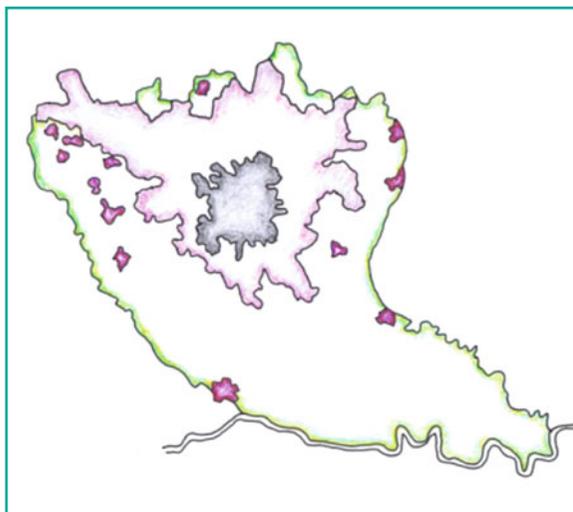


Fig. 6.9 Modello di Regione Urbana per Milano. Si possono distinguere diverse strutture, fra cui: un'area metropolitana (*lilla*) attorno alla città capoluogo, comprese le immediate periferie (*grigio*), una o più città satelliti (*viola*) entro una matrice agricola di sostegno. Si tratta di un territorio di circa 3400 km², con 4 milioni di abitanti

vente stravolto, per via delle “isole di calore” (UHI, *urban heat islands*), con temperature medie annue di oltre 2-3 °C più elevate che nei dintorni. Molti naturalisti (Lorenz, 1981; Forman e Godron 1986; Ingegnoli 1980, 1993) hanno paragonato queste disfunzioni ecologiche del territorio all’estendersi di effetti cancerosi nei tessuti istologici.

6.2.2.2 Struttura dei paesaggi suburbani

Questo tipo di paesaggio è quello di più recente formazione; era in origine una fascia ecotonale fra il paesaggio urbano e quello agricolo circostante, e poi, soprattutto a partire dalla Roma imperiale, si è esteso parecchio e ha acquisito sue proprie caratteristiche. La sua struttura è, peraltro, meno varia di quanto non si pensi, essendo comunque tipicamente polinucleare, con l’alternarsi di quartieri più industriali, altri più a dormitorio, altri più rurali, e con presenza di vasti grovigli di reti tecnologiche. Negli ultimi decenni molti paesaggi suburbani si sono anch’essi alterati, con sindromi non dissimili da quelle delle megalopoli. Sovente i suburbia hanno fatto da collante per la formazione delle megalopoli stesse.

Soprattutto negli Stati Uniti, i paesaggi suburbani sono molto vasti e dominati dai quartieri residenziali di

nuovo sviluppo, a cottage allineati con piccolo giardino. In Europa le frammistioni industriali sono più frequenti, come pure quelle rurali. In queste strutture si insediano facilmente le specie esotiche (*neofite*), quindi le UdP suburbane sono delle sorgenti di propagazione di quelle specie.

Anche lo studio dell’architettura in rapporto al paesaggio va ben oltre il tradizionale approccio delle facoltà di architettura (basato su questioni spaziali, estetiche e tecnico-funzionali, ma non naturalistiche) e deve essere inserito nell’ambito della bionomia. È necessario quindi aprire un ulteriore capitolo.

6.2.3 Identificazione delle strutture dei paesaggi agricoli

Nei paesaggi rurali, come abbiamo visto, diversi studi sono stati fatti da architetti, naturalisti, geografi (Saibene, 1955) ed ecologi, per verificare il rapporto fra architettura spontanea, ville, ambiente e paesaggio. Come si noterà dalla Figura 6.10, una stretta relazione fra i tipi di architettura rurale e i tipi di paesaggi lombardi risulta evidente.

Si osserva che i materiali, legati fisicamente al luogo,

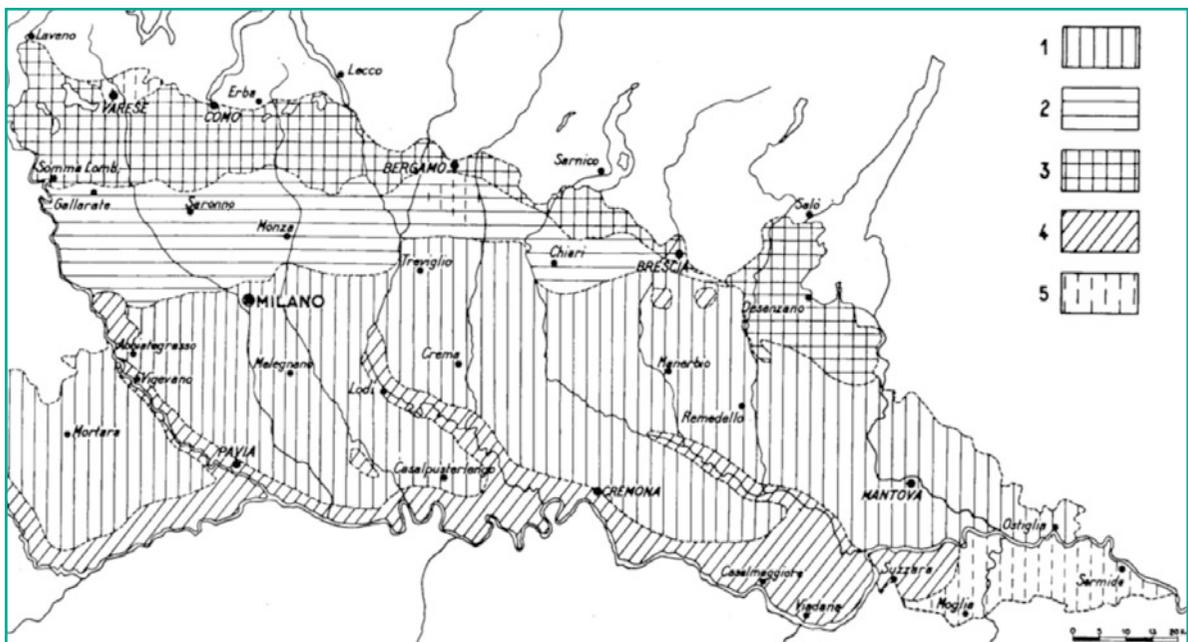


Fig. 6.10 Forme prevalenti di architetture rurali. 1) Corti monoaziendali (prevalentemente isolate sui fondi). 2) Corti pluriaziendali (in prevalenza nei centri). 3) Corti pluriaziendali agglomerate e case a elementi giustapposti isolate sui fondi. 4) Case a elementi giustapposti. 5) Case a elementi separati (*da*: Saibene, 1955). Si noti la corrispondenza fra i tipi di cascinie e i tipi di paesaggi

influenzano la struttura e l'estetica delle costruzioni; le funzioni d'uso, nicchie ecologiche dell'habitat, ne plasmano lo spazio e i caratteri; i parametri urbanistici, legati al territorio, influenzano tipologie, percorsi, volumi e connessioni; la cultura locale, espressione della tradizione e degli adattamenti con l'ambiente, dialoga attivamente con la cultura più accademica. Gli ecotopi formati dagli insiemi villa-parco assumono funzioni di contrasto sulla matrice paesistica caratterizzando la struttura, mentre il flusso di informazioni culturali esplica funzioni di controllo della città sulle UdP di campagna. Si può inoltre osservare una analogia fra le modalità di progetto e sviluppo delle architetture "spontanee" o vernacolari e il processo evolutivo degli organismi. Infatti, queste architetture seguono non un metodo antirazionalista, bensì un metodo organico (Lorenz, 1978): gli edifici si ingrandiscono tramite ristrutturazioni parziali di "adattamento", rimanendo sempre abitati. Similmente capita anche ai villaggi rurali.

Anche le ville storiche hanno spesso ruoli ecologici evidenti (Ingegnoli, 1989), sia in campagna che in città. Si riporta nella Figura 6.11 uno studio effettuato su alcune grandi ville del lago di Como (villa Carlotta e villa Vigoni), che mostra la positiva influenza dei parchi nei paesaggi litorali del lago. Prima dello sviluppo di tali parchi, infatti, la BTC media delle UdP litorali, di tipo rurale, era assai meno elevata di quella attuale.

Questo complesso rapporto ecologico e culturale delle architetture locali storiche è stato alterato in modo grave con l'avvento dell'epoca industriale. Si è preteso di eliminare le caratteristiche considerate "al contorno" (vedi il razionalismo nell'architettura) generando il culto della "bruttezza" e del "globale", cioè dell'indifferente al tipo di paesaggio. Spersonalizzazione e deficienze energetiche si sono aggiunte e si aggiungono tuttora al degrado del paesaggio anche inteso in senso ecologico, non solo estetico.

I paesaggi agricoli si possono dividere in gestiti e coltivati: gestiti sono per esempio i paesaggi agricolo-forestali o quelli agro-silvo-pastorali di montagna, coltivati sono quelli protettivi (con parte cospicua di habitat naturale), produttivi e rurali. Questi ultimi possono essere poi tradizionali o tecnologici.

La localizzazione dei villaggi agricoli o delle grandi cascate, e in Europa anche delle ville, la rete dei canali, delle rogge e degli scolatori, la geometrizzazione dei campi (Fig. 6.12) sono gli elementi che maggiormente caratterizzano le strutture dei paesaggi agricoli, che possono rientrare in due schemi principali: aperti e chiusi.

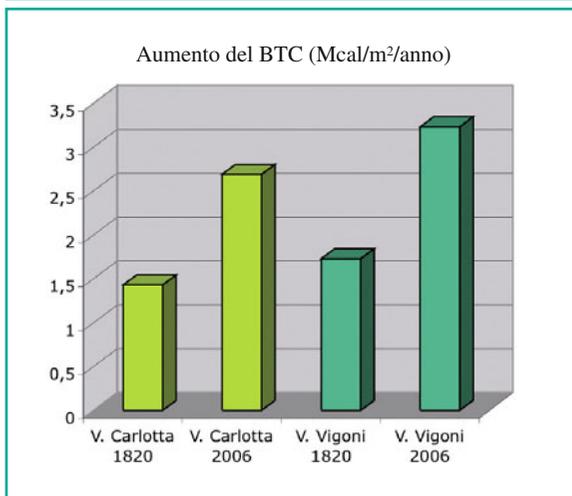
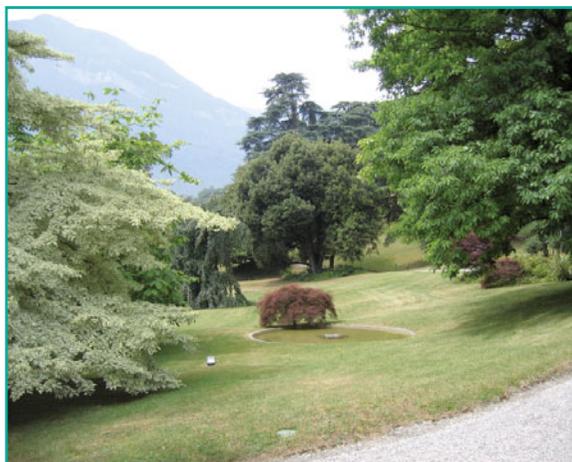


Fig. 6.11 Confronto fra i livelli di BTC attuali e all'inizio dell'Ottocento per i complessi delle ville Carlotta (foto in alto) e Vigoni (foto al centro) sul lago di Como. Il notevole incremento di BTC negli ultimi due secoli conferma che la trasformazione di unità di paesaggio litorale da rurali a parco non è stata controproducente



Fig. 6.12 Reliquato di filare a gelsi (*Morus alba*) nell'Oltrepò Pavese, comune di S. Giulietta. I grandi campi rettangolari (fino a 1 km) caratterizzano la maggioranza dei paesaggi agrari della pianura Padana

Di conseguenza, i più importanti modelli strutturali dei paesaggi agricoli italiani possono essere riassunti nel seguente modo:

1. *agricolo-montano a malghe*, in cui domina ancora la foresta, aperta a intervalli da prati e piccoli insediamenti rurali, con rispetto delle strutture geomorfologiche (per esempio, nelle Alpi);
2. *agricolo-rurale di fondovalle*, a prati da sfalcio, piccoli campi e paesi, con reliquati boschivi (vallate alpine), orientati dai corsi d'acqua e dalle conoidi e spesso turisticizzati (per esempio, vallate alpine);
3. *collinare a vigneti e campi*, talvolta terrazzato, con paesi e campi frammisti ad aree artigianali, spesso con reliquati boschivi sulla cima (per esempio, nelle Prealpi o in Toscana);
4. *planiziale a campi chiusi e cascine*, strutturato dai filari alberati e dalle rogge, a vasti campi e complesse cascine (per esempio, pianura Padana);
5. *planiziale a campi aperti*, dominato dalle monocolture a vasti campi, spesso con paesi industrializzati (per esempio, pianura Padana);
6. *montano-pastorale aperto*, a vaste praterie con qualche campo aperto e reliquati boschivi con radi insediamenti rurali (per esempio, negli Appennini);
7. *collinare a campi aperti*, ampi seminativi con rare presenze arboree e qualche vigneto e paesi distanziati (per esempio, all'interno della Sicilia);
8. *sublitoraneo a oliveti e vigne*, dominato dagli oliveti e con paesi spesso piuttosto grandi e con aree commerciali (per esempio, fasce sublitoranee mediterranee);

9. *sublitoraneo a giardino*, tipici i giardini di agrumi, con piccoli oliveti, vigneti e orti; oggi molto turisticizzati (per esempio, coste mediterranee).

6.2.4 LaBiSHH: nuovo metodo di studio dell'habitat umano

Anche per lo studio dell'habitat umano dei vari tipi di paesaggio si propone una sigla analoga a quanto già fatto per la vegetazione: LaBiSHH (*Landscape Bionomical Survey of Human Habitat*). In realtà, la definizione di territorio come paesaggio governato dall'uomo, cioè come entità vivente multidimensionale di coevoluzione uomo-natura, e la possibilità di formalizzare in senso ecologico anche i processi propri dell'HU, hanno permesso di creare alcuni modelli complessi che integrano più variabili dipendenti, quali HS/HU (vedi Fig. 3.17), BTC/HU, LM/HU, considerando HU come variabile indipendente (vedi modello HU/BTC, Fig. 7.5). Diventa quindi possibile valutare le principali funzioni della componente umana in senso ecopaesistico, ma non architettonico-urbanistico.

6.2.4.1 Biotopflächenfaktor (BFF)

L'analisi degli ecotopi edificati e delle unità di paesaggio urbanizzate, anche a scala di dettaglio, può essere affrontata per l'ecologia del paesaggio mediante la misura di un fattore ecologico di base, individuato nel processo di intercettazione delle precipitazioni atmosferiche. L'alterazione di tale processo rappresenta, infatti, uno dei disturbi ecologici più gravi che una tessera costruita produce nei confronti dell'ambiente. Per rendersi conto di tale affermazione, basta descrivere la situazione di normalità ottimale in una tessera naturale vegetata e porla a confronto con situazioni in tessere urbanizzate. In una tessera di urbanizzazione media l'assorbimento di acqua nel suolo passa dal 55% di una tessera naturale al 12%, mentre l'intercettazione di pioggia nella vegetazione diminuisce di oltre l'80%. Ciò dipende proprio dalle opere costruite, dal loro rapporto con le superfici vegetate residue (di solito a giardino urbano o a orto) e dai loro materiali, soprattutto per quanto riguarda le pavimentazioni.

Alcuni ecologi tedeschi (Ermer, Hoff, Mohrmann, 1996) hanno proposto un indice che misura i fenomeni di intercettazione delle precipitazioni, dando la possibilità di verificare lo stato ecologico degli ecotopi urbanizzati attraverso questo fondamentale processo. Tale indice è stato denominato *Biotopflächenfaktor* (BFF)

Tabella 6.4 Confronto fra i valori di intercettazione (%) delle precipitazioni (piogge di media intensità) fra tessere diverse, con composizione percentuale caratteristica fra aree vegetate e impermeabili

Tipi di tessere e loro composizione percentuale	Nat	Ur-r	Ur-m	Ur-d	Imp
Area vegetata	> 80	25	10	< 5	0
Area semipermeabile	< 15	10	10	< 5	< 5
Area impermeabile	< 5	65	80	> 90	> 95
Processi					
Intercettazione delle chiome	25-30	10	5	1	0
Scorrimento superficiale	15-20	65	83	93	99
Assorbimento nel suolo	60-50	25	12	6	1
Ritenzione nel suolo	15-10	5	2,5	1	1
Percolazione di gravità	45-40	20	9,5	5	0
Valore ecologico	1,0	0,5	0,25	0,12	0,0

Imp, impermeabile; *Nat*, naturale; *Ur-d*, urbanizzato denso; *Ur-m*, urbanizzato medio; *Ur-r*, urbanizzato rado.

Tabella 6.5 Valori di Biotopflächenfaktor (BFF) per vari tipi di strutture di copertura di un lotto urbanizzato

BFF	Tipo di superficie		Descrizione	Esempi
	verde	artefatti		
0,00	0	100	Struttura impermeabile	Aree asfaltate, aree in calcestruzzo, fondamenta
0,25	< 2	100	Struttura quasi impermeabile	Lastre (pietra, cemento) giustapposte o terra battuta con ghiaietto
0,50	< 20	80	Struttura semipermeabile	<i>Opus incertum</i> con erba o prefabbricati analoghi
0,50	80	100	Pavimentazione con piante su terra < 80 cm	Coperture verdi su cottoceamento o fioriere
0,70	25	100	Piante rampicanti in terra < 80 cm	Muri verdi*
0,70	80	100	Pavimentazione con piante su terra > 80 cm	Giardini pensili o verde analogo
1,00	> 90	< 10	Verde su suolo naturale	Orti e giardini

*Si consideri in pianta una fascia di 25-50 cm di larghezza per tutta la lunghezza del muro interessata dal rampicante.

traducibile in “Fattore di naturalità delle tessere urbanizzate”. Per comprenderne i valori da applicare all’analisi si riportano le Tabelle 6.4 e 6.5.

Come si vede, l’indice varia da 0 (impermeabilizzazione totale) a 1 (vegetazione su terreno naturale). L’utilizzazione di tale indice è semplice. Si misurano le componenti della tessera in esame suddividendole per tipo di copertura, a cui si attribuisce il relativo valore di BFF. Nel caso di tipi intermedi fra quelli esposti ci si può aiutare con la comprensione dei processi coinvolti. Si misura quindi in m² il valore risultante e lo si rapporta alla superficie totale della tessera.

6.2.4.2 Quantificazione degli habitat umano e naturale

Per stimare gli habitat umano (HU) e naturale (HN) è necessaria l’assegnazione di una classe primaria di ri-

lievo, per superficie in percentuale, relativa a ogni tipo di elemento del paesaggio, utilizzando un sistema simile a quello del rilevamento della vegetazione nella fitosociologia, basato su cinque classi di ampiezza uguale (20%), di cui la prima e l’ultima si possono suddividere per maggiore accuratezza, come riportato nella Tabella 6.6, valida sia per HU sia per HN.

In pratica, si tratta di rilevare la percentuale di superficie coperta da elementi (riferibili, per esempio, all’HU) nell’ambito del tipo di elemento paesistico considerato (per esempio, il ceduo ha in genere valori tra il 10 e il 15%, a seconda della presenza ed estensione di aree di deposito del legname, di strade di accesso, di ricoveri dei boscaioli ecc. e del tipo di mezzo utilizzato per l’asportazione del materiale tagliato; i campi agricoli oscillano tra l’80 e il 90%; le aree sportivo-ricreative hanno valori indicativi intorno all’85-95%).

Tabella 6.6 Classi di rilievo primario per HU e HN

Classi HU	Amp. Y	N.	Tipi di tessere (ts) più caratteristiche
< 5	5	1'	Ts di foresta matura naturale o parzialmente gestita, Ts di vegetazione naturale non gestita, corpi idrici non antropizzati, Ts di ghiacciaio, rocce, sabbia naturale ecc.
da 5 a 20	15	1	Ts di bosco ceduo, di arbusteto governato, di pascolo naturale poco sfruttato, Ts di fasce boschive di ripa di fiumi semiantropizzati ecc.
da 20 a 40	20	2	Ts di pascolo seminaturale o naturale molto sfruttato, Ts di corridoio agricolo alberato e cespugliato seminaturale
da 40 a 60	20	3	Corpi idrici semiartificiali, prati da sfalcio seminaturali, aree di allevamento seminaturale
da 60 a 80	20	4	Prati agricoli, coltivi arborei seminaturali, siepi, campi agricoli di agricoltura biologica vera, parchi con core-areas seminaturali, canali seminaturali
da 80 a 95	15	5	Campi coltivati produttivi, coltivi arborei tecnologici, prati foraggeri, giardini urbani, lotti costruiti radi a bassa volumetria, complessi rurali, sterpeti ruderali, corpi idrici artificiali
> 95	5	5'	Lotti urbanizzati, aree industriali, aree di servizio tecnologico, strade asfaltate, piazze, miniere a cielo aperto e cave

Tabella 6.7 Caratteri aggiuntivi (CAU) per l'habitat umano (HU)

N.	Caratteri	Basso	Medio	Alto
1	Intensità d'uso da parte dell'uomo	1	2	3
2	Modifica struttura <i>quo ante</i> dell'elemento	1	2-3	4
3	Presenza di energia sussidiaria	1	2	3
4	Strutturazione dell'HU	1	2-3	4
5	Incorporazione dei disturbi	3	2	1
6	Presenza componenti di HN	4	3-2	1

Nota: *intensità d'uso da parte dell'uomo*: per esempio, in un ceduo frequenza dei tagli effettuati, frequenza di uso dei ricoveri per i boscaioli, strumenti utilizzati per il taglio stesso (manuali o meccanici); *modifica struttura quo-ante*: per esempio, passaggio da campi abbandonati a villette con giardino (valutabile come 2), o passaggio da bosco a industria (valutabile come 4).

Tabella 6.8 Caratteri aggiuntivi (CAN) per l'habitat umano (HN)

N.	Caratteri	Basso	Medio	Alto
1	Presenza vegetazione caratterizzante	1	2-3	4
2	Presenza di fauna tipica	1	2-3	4
3	Capacità di auto-mantenimento	1	2	3
4	Strutturazione dell'HN	1	2	3
5	Incorporazione dei disturbi	1	2	3
6	Presenza componenti di HU	4	3-2	1

Dopo la prima assegnazione di classi di valore, si deve passare a valutare i caratteri aggiuntivi detti CAU (per HU) o CAN (per HN) come riportato nelle Tabelle 6.7 e 6.8. I caratteri aggiuntivi sono 6 e si stimano in base a tre colonne, di valore basso, medio, alto.

Per la stima dell'HU, e analogamente per l'HN, il punteggio (p) massimo è $p = 21$, mentre il minimo è $p = 6$, quindi l'ampiezza utilizzabile dei valori è pari a 15. Ricordando che Y è l'ampiezza delle classi della

tabella precedente (Tabella 6.6), i caratteri aggiuntivi (CAU o CAN) risulteranno quindi:

$$CAU = [(p-6)/15] \times Y$$

Nella misurazione dell'HU è sovente necessario chiarire se il risultato della stima sia riferibile all'intero territorio geografico oppure no. Tranne che in pianura, in collina e in fondovalle, salvo presenza di corpi idrici

importanti o di lagune, negli altri territori vi sono spesso aree impervie o comunque inagibili per qualsiasi tipo di colonizzazione umana: per esempio, pareti rocciose, pendii > 50-60° o fortemente instabili, fiumi con ciclo di esondazione frequente, presenza di lingue glaciali ecc. In tali casi HU rimane in percentuale sull'intera UdP, ma per poter confrontare due diverse situazioni si deve considerare l'HU *equivalente* $Hu_e = HU/(UdP - ti) \times 100$, dove ti è la parte di territorio inagibile. Per esempio, per l'UdP1 (vedi Fig. 14.1):

$$HU = 57,93 \text{ e } ti = 7\%, \\ \text{quindi } Hu_e = 57,93/93 \times 100 = 62,3$$

6.2.4.3 Funzioni relative all'apparato residenziale

Basandosi su dati sperimentali rilevati nell'analisi di decine di unità di paesaggio a scala comunale e su dati statistici regionali, si è arrivati a stabilire una relazione numerica fra l'habitat standard residenziale (HS_{rsd}) e l'habitat umano (HU). Tale funzione varia in modo lineare a partire da valori minimi in paesaggi ad alto HU (per certe zone di Milano $HS_{rsd} = 69 \text{ m}^2/\text{ab}$, con HU del 96,8%), fino a valori alti, anche oltre 300 m^2/ab , per bassi HU (HS_{rsd} di Petriano in provincia di Lucca = 306,5 m^2/ab).

Nel grafico di riferimento per il modello (Fig. 6.13) si tiene conto però dei casi più equilibrati. Quando prevalgono le componenti rurali HS_{rsd} rallenta la sua discesa per $HU > 65\%$, fino a valori prossimi a 90 m^2/ab , invece dei 55 m^2/ab delle città dense. Per bassi valori di HU (< 20%) si può avere un abbassamento di HS_{rsd} , anche se nel grafico riportato si sono considerati valori convenzionali per ragioni di ottimalità.

Le equazioni HS_{rsd} del modello, risultano essere tre: una per la prima spezzata (da HU = 10% a HU = 20%),

indicata come $y_{rsd}(A)$ e valida per tutti i paesaggi; una per la linea continua $y_{rsd}(B)$ valida per tutti i paesaggi fino a HU = 65% e solo per gli urbani successivamente; l'ultima per la spezzata relativa ai soli paesaggi rurali $y_{rsd}(C)$:

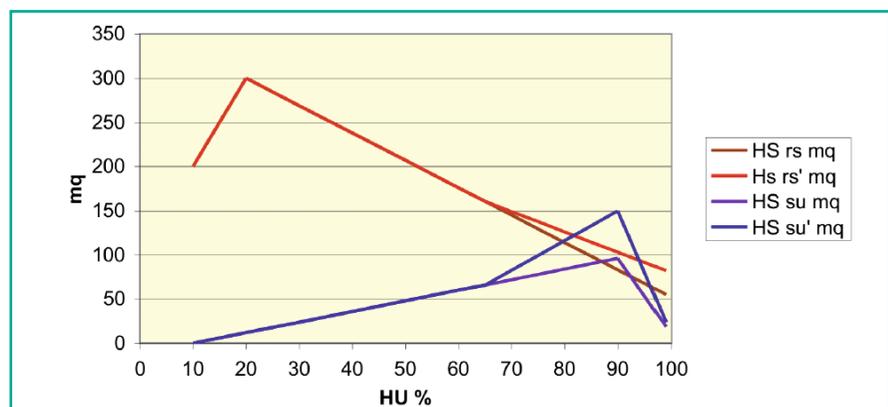
$$y_{rsd}(A) = 10x + 100 \\ y_{rsd}(B) = -3,1(x - 20) + 300 \\ y_{rsd}(C) = -2,3(x - 65) + 160,5$$

6.2.4.4 Funzioni relative all'apparato sussidiario

La variabilità di questo settore, che ricordiamo corrispondere alle zone industriali e del grande commercio e alle grandi arterie di scorrimento, è assai maggiore del precedente, tuttavia fino a valori di HU = 90% circa c'è una diretta proporzionalità di crescita tra HU e HS_{sbs} (Fig. 6.13); con valori di HU maggiori, ovviamente, la discesa è forte, dato che nelle città dense le aree tecnologiche sono di solito marginali (HS_{sbs} di Milano = 15-20 m^2/ab). I valori massimi possono anche superare i 150 m^2/ab , ma tali valori non si possono considerare come ottimali in nessun caso. Oltre HU = 65% si può, però, stabilire una crescita decisa nei paesaggi più urbanizzati (vedi Fig. 3.16).

Quando prevalgono le componenti rurali, HS_{sbs} non arriva solitamente a superare valori di 100 m^2/ab , che sono comunque già rilevanti. Nel modello si è tenuto conto, infatti, di queste funzioni con una certa larghezza, data la tendenza della loro crescita in tutto il mondo. Per la comprensione delle equazioni relative si noti che esiste un tratto comune che va da HU = 10% a HU = 65% la cui equazione sarà indicata come $y_{sbs}(A)$; dopo questo punto si ha una biforcazione: $y_{sbs}(B)$ e $y_{sbs}(C)$ corrisponderanno alle equazioni dei paesaggi antropiz-

Fig. 6.13 Modelli delle funzioni antropiche RSD (residenziale) e SBS (sussidiaria). In *ascissa* le percentuali di HU per unità di paesaggio e in *ordinata* gli habitat standard HS rs (residenziale) e HS su (sussidiario). Le biforcazioni oltre HU = 65% indicano le due trasformazioni rurale e urbana



zati (la prima fino a $HU = 90\%$, la seconda sopra il 90% di HU); y_{sbs} (D) e y_{sbs} (E) corrisponderanno alle equazioni dei paesaggi rurali (la prima fino a $HU = 90\%$ è la continuazione effettiva di y_{sbs}), la seconda per i valori superiori è differente);

$$\begin{aligned}y_{sbs} (A) &= 1,2 (x - 10) \\y_{sbs} (B) &= 3,36 (x - 65) + 66 \\y_{sbs} (C) &= -14 (x - 90) + 150 \\y_{sbs} (D) &= 1,2 (x - 10) \\y_{sbs} (E) &= -8,6 (x - 90) + 96\end{aligned}$$

Sempre per lo studio dell'apparato sussidiario in concreto, delle *schede di valutazione ecologica delle aree industriali* sono state proposte da Elena Giglio (2005) utilizzando concetti e principi di ecologia del paesaggio biologico-integrata (vedi par. 9.2.1.2). Si può così affrontare lo studio della VIA (valutazione di impatto ambientale) e della VAS (valutazione ambientale strategica) in un modo decisamente diverso dal consueto, assai più efficace per la tutela ambientale.

6.2.4.5 Funzioni dell'habitat umano comprese nell'habitat naturale (HU_{hn})

Dai dati sperimentali la quantità media di HU presente negli elementi paesistici di HN varia di solito in Europa dal 5 al 10%, sia pure con qualche eccezione (per esempio, 3% a Bialowieza, Polonia). Nella costruzione del presente modello si è tenuto conto di un valore convenzionale di 8,5%, che è piuttosto abbondante, ma che rispecchia la situazione di tendenza attuale. Proporzionando tale valore medio all' HN complementare per ogni HU considerato, l'equazione HU_{hn} del modello risulta dare un contributo all' HS totale di tipo iperbolico, decrescente con HU . L'equazione infatti è la seguente:

$$y_{HU_{hn}} = 0,085 (100 - x) 1/x$$

Così per $HU = 20\%$, $HU_{hn} = 0,34 \Sigma (HS_{rsd}, HS_{sbs}, HS_{prd}, H_{sprt})$, quindi avremo un contributo all' HS totale di circa il 25%, che scende però velocemente al 3,5% con $HU = 80\%$. Si noti che nel sistema di equazioni per ottenere l' HS_{HU} totale, l'equazione $y_{HU_{hn}}$ va considerata come moltiplicatore alla somma delle altre quattro componenti.

6.2.4.6 Funzioni relative all'apparato produttivo PRD

Dati sperimentali e statistiche regionali sull'agricoltura permettono di considerare la variazione di HS_{prd} ri-

spetto all' HU in modo decrescente, a partire da valori di HS_{prd} pari a $4100 \text{ m}^2/\text{ab}$ con $HU = 10\%$. Se si continua ad avere carattere rurale nell'unità di paesaggio, si ha un flesso a $HU = 85\%$; viene quindi garantito un HS/HS^* (teorico) di apparato produttivo pari a 2. Anche con HU elevato HS_{prd} rimane circa $2000 \text{ m}^2/\text{ab}$. Quando prevalgono le componenti urbano-tecnologiche l'andamento segue una biforcazione per $HU > 65\%$, con successivo flesso, che porta a valori assai bassi di HS_{prd} nei paesaggi a densa urbanizzazione (per esempio, $227 \text{ m}^2/\text{ab}$ con $HU = 95\%$) (Fig. 6.14). Di conseguenza, le equazioni HS_{prd} del modello risultano come segue:

$$\begin{aligned}y_{prd} (A) &= -28 (x - 10) + 4100 \\&\text{(per tutti i tipi di paesaggi fino a un valore} \\&\text{di } HU = 65\%); \\y_{prd} (B) &= -28 (x - 10) + 4100 \\&\text{(cioè la continuazione della precedente curva,} \\&\text{per i paesaggi rurali fino a } HU = 85\%); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}y_{prd} (C) &= -100 (x - 85) + 2000 \\&\text{(per i paesaggi rurali con } HU > 85\%); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}y_{prd} (D) &= -100 (x - 65) + 2560 \\&\text{(per i paesaggi urbanizzati con } HU \\&\text{compreso tra } 65 \text{ e } 85\%) \end{aligned}$$

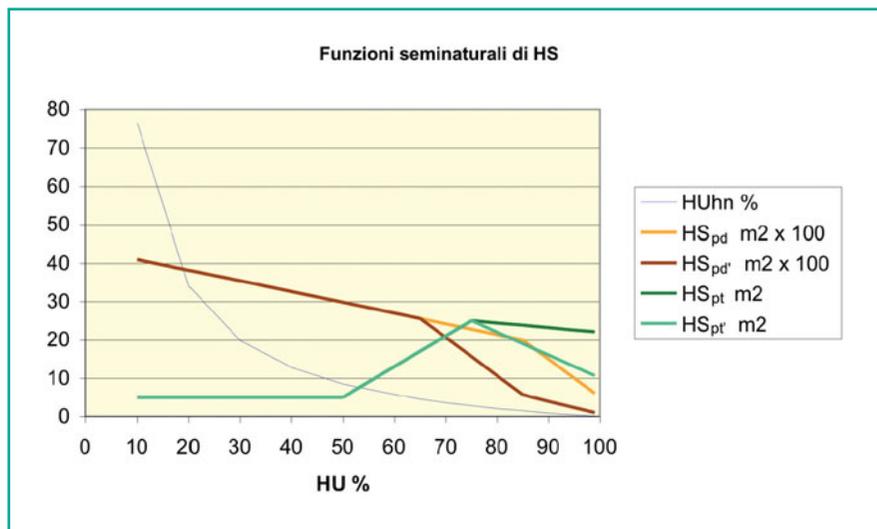
$$\begin{aligned}y_{prd} &= -35 (x - 85) + 560 \\&\text{(per i paesaggi urbanizzati con } HU > 85\%) \end{aligned}$$

6.2.4.7 Funzioni relative all'apparato protettivo PRT

Nell'apparato protettivo i dati sperimentali e statistici possono essere utilizzati solo parzialmente, dato che oggi ci si trova quasi ovunque di fronte a una pesante alterazione delle componenti protettive, soprattutto nel paesaggio agricolo (Burel e Baudry, 1999). È necessario, quindi, calcolare l'habitat standard protettivo teorico (HS_{prt} teorico; Ingegnoli, 1993). Ci si è basati sulle equazioni del presente modello per la determinazione dei valori di HS_{rsd} , HS_{sbs} , HS_{prd} e per la misura del deficit di trasformazione relativo (sempre riferendosi all' HU come variabile indipendente).

Come si ricorderà, tale misura necessita di una BTC media di riferimento, che a grande scala dovrebbe essere la BTC delle regione; ma a scala comunale ciò sarebbe improponibile, in quanto ai livelli di maggiore antropizzazione ($HU > 75\%$) si arriverebbe a valori di HS_{prt}

Fig. 6.14 Modelli delle funzioni antropiche della parte naturale dell'habitat umano (HU_{hn}), delle aree produttive (HS_{pd}), delle aree protettive (HS_{pt}), sempre in rapporto all' HU (%), in m^2/ab



di 500-600 m^2/ab (per esempio, 540 m^2/ab per $HU = 80\%$ nella Lombardia). Oltre a essere ecologicamente fuori scala, diventerebbe troppo oneroso riequilibrare le trasformazioni del territorio.

Si è proposto allora di prendere come riferimento una BTC media teorica di 1,45 $Mcal/m^2/ab$, che corrisponde alla media della BTC_{HU} delle regioni centro-europee Renania-Palatinato e Lombardia oltre alla Toscana; tale valore corrisponde anche alla BTC di paesaggi suburbano-rurali, con HU di 86%. Tale riferimento garantisce un adeguato riequilibrio proprio nelle unità di paesaggio più frequentemente alterate, cioè quelle che presentano $HU > 70\%$. Rimarrebbero scoperti i paesaggi con $HU < 50\%$, dato che un habitat standard protettivo così calcolato non risulterebbe più necessario sotto tale valore. Tuttavia, si deve ricordare che, in quei casi, la presenza di HU nell'habitat naturale incomincia a essere sensibile (per esempio, per $HU = 50\%$ si ha $HU_{hn} = 280 m^2/ab$) e ciò rende effettivamente inutile un esplicito HS_{prt} dal punto di vista ecologico.

Per garantire anche gli standard di verde ricreativo e sportivo, si è pensato comunque di considerare nel modello (Fig. 6.14) una costante del valore di 50 m^2/ab fino a $HU = 50\%$. Da qui si sale poi ai valori massimi, che corrispondono a $HU = 75\%$ e danno un $HS_{prt} = 250 m^2/ab$. La biforcazione che segue porta a valori non molto inferiori se prevalgono le componenti rurali, mentre nei paesaggi più densamente urbanizzati risultano sufficienti HS_{prt} minori (per esempio, 130 m^2/ab per $HU = 95\%$). Di conseguenza, le equazioni HS_{prt} del modello risultano le seguenti:

$$y_{prt}(A) = 50$$

(per tutti i paesaggi con $HU < 50\%$)

$$y_{prt}(B) = 8(x - 50) + 50$$

(per tutti i paesaggi con HU compreso tra 50 e 75%)

$$y_{prt}(C) = -1,2(x - 75) + 250$$

(per i paesaggi rurali con $HU > 75\%$)

$$y_{prt}(D) = -6(x - 75) + 250$$

(per i paesaggi urbanizzati con $HU > 75\%$)

6.2.4.8 Conclusioni

Dovremo infine osservare che ogni funzione antropico-paesaggistica elaborata potrebbe avere delle variazioni anche sensibili, che nelle prove sperimentali effettuate si sono rivelate anche relativamente grandi. Ciò si verifica soprattutto quando si analizzano paesaggi di nuova trasformazione, che tendono a mantenere certe caratteristiche della struttura precedente (per esempio, HS_{rsd} rurale in paesaggi da poco industrializzati). Tuttavia, dalla pratica si può ragionevolmente proporre delle *toleranze* intorno a $\pm 15-20\%$.

Lo studio delle funzioni dell' HU permette di interpretare – o meglio vincola l'interpretazione di – qualsiasi intervento umano sul territorio come “terapeutico”, in quanto esercitato su una entità vivente, e pertanto obbliga a una preventiva diagnosi dello stato ecologico del territorio stesso.

Oltre allo studio delle suddette funzioni, è necessario non dimenticare altre relazioni di bionomia delle UdP antropiche.

7.1 Premessa

Prima di effettuare delle analisi di bionomia del paesaggio, è necessario aver individuato la (o le) unità di paesaggio che interessano il territorio che si deve esaminare. Ciò che si è scritto nel paragrafo 3.1.5 è necessario, ma non sufficiente, per diventare esperti in questa fase iniziale. Le Campagne Naturalistiche¹ sono utili anche per questo e comunque si rimanda al manuale di Ingegnoli e Giglio (2005) per eventuali approfondimenti applicativi.

In questo capitolo si cercherà di dare una serie di informazioni sintetiche sui principali tipi di analisi che la bionomia del paesaggio può richiedere per l'esame clinico-diagnostico del paesaggio o, meglio, di una unità di paesaggio (UdP). Questo primo gruppo di analisi può suddividersi ulteriormente in due parti:

- misure già in parte utilizzate nell'ecologia generale o comunque "neutrali", cioè utilizzabili anche in altri settori delle scienze naturali;
- misure bionomiche, cioè più strettamente legate all'ecologia del paesaggio "biologico-integrata".

7.2 Analisi generali del paesaggio

7.2.1 Analisi del pattern strutturale di una UdP

Queste analisi dipendono in gran parte dai metodi della geomorfologia, con contributi di geopedologia e geotettonica. Non si crede opportuno esporre tali metodi, sia

per la loro ponderosità, sia perché non ci si vuole sostituire a esperti di settore che fanno capo al Dipartimento di Scienze della Terra. Ciò che ci si limita a sottolineare è la necessità di utilizzare tali analisi nell'ambito dei criteri che sono alla base della bionomia del paesaggio. In realtà, per quanto anche negli studi di geografia si parli molto di paesaggio, lo si intende solitamente in modo diverso da quanto abbiamo sin qui esposto. Ciò non costituisce un ostacolo di per sé, perché gli intendimenti di Scienze della Terra sono diversi da quelli di Scienze della Natura, per ovvie ragioni. Bisogna però tenere presente tali differenze di vedute, per non scostarsi dal già difficile compito di integrazione dei dati secondo un unico criterio di definizione del paesaggio.

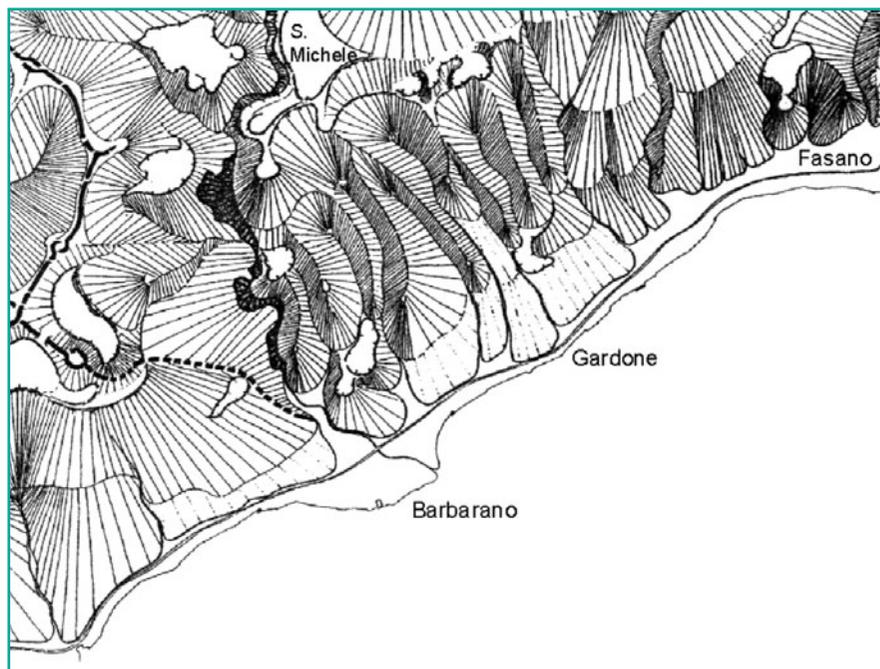
L'analisi del pattern strutturale è per un bionomo non tanto diversa dall'analisi dello scheletro per uno studioso di anatomia. Un naturalista preparato ha la possibilità di delineare le strutture e i processi che riguardano il territorio da esaminare, con l'eventuale aiuto di pubblicazioni specialistiche. L'assemblaggio dei dati geologici e geomorfologici può, però, essere differente dalle tradizionali carte di Scienze della Terra per le necessità di studio di quel paesaggio, in quanto l'esigenza di integrazione dei dati di un settore con quelli più specifici dell'ecologia del paesaggio può portare a carte pensate ad hoc per il caso in esame. Per fare un esempio, si riporta un'elaborazione fatta per una mappa dell'Alto Garda Bresciano, dove, nella Figura 7.1 si nota la sintesi di una mappa morfologica redatta col metodo delle "maxiclive" (Romani, 1988).

I dati strutturali geologici e geomorfologici, che costituiscono comunque la base di ogni ulteriore e più specifica elaborazione nello studio di un paesaggio, sono i seguenti:

- *dati topografici*: linee di livello, quote, reticolo idrografico (per esempio, carte IGM);

¹ Le Campagne Naturalistiche sono degli stage settimanali sul campo rivolti agli studenti dei corsi in Scienze Naturali.

Fig. 7.1 Mappa morfologica di sintesi di un paesaggio secondo il metodo delle “maxiclive” di Valerio Romani (1988). L’area è situata nella parte bresciana del lago di Garda (da: Ingegnoli, 2002)



- *dati litologici*: divisi in formazioni di superficie (autotone e alloctone) e formazioni geologiche (intrusive, effusive, metamorfiche, calcaree, arenacee ecc.);
 - *dati strutturali*: giaciture degli strati, discontinuità, faglie ecc.;
 - *dati morfogenetici*: tipi di processi e loro distribuzione;
- e, inoltre, i dati relativi ai:
- *processi endogeni*: forme vulcaniche e loro derivati;
 - *processi litorali*: le azioni del mare e dei laghi sulle coste, la formazione delle spiagge ecc.;
 - *processi fluviali*: erosioni, meandri, barre, sospensioni, braide ecc.;
 - *processi carsici*: doline, campi carreggiati, inghiottitoi, vaschette di corrosione ecc.;
 - *processi eolici*: dune, deposizioni, erosioni ecc.;
 - *processi glaciali*: lingue glaciali, morene, circhi, massi erratici ecc.;
 - *processi crionivali*: accumuli di *loess*, *ice-flow* ecc.;
 - *processi di pendio*: ravine, frane, scivolamenti, colate detritiche ecc.;
 - *processi antropici*: bacini, canali, modifiche di rilievi, strade ecc.;
 - *forme poligenetiche*: forme generate dal concorso di molti processi ecc.

7.2.2 Analisi climatiche

Per l’analisi degli aspetti climatici di una UdP è difficile avere dei valori “normali” di temperatura o precipitazioni ai quali riferirsi per controllare la congruenza di quelli rilevati. Con opportune triangolazioni, o con opportuni transetti, si riescono a evidenziare fenomeni (per esempio le isole di calore delle città) e la distanza alla quale essi fanno risentire il loro effetto. Il primo passo della valutazione consiste nella definizione del clima a diverse scale spaziali (macroclima, mesoclima, microclima, sensu Pedrotti e Venanzoni, 1994) dove quelle di sintesi esprimono uno dei vincoli ambientali sui tipi di vegetazione presenti in un dato luogo, mentre quelle di dettaglio permettono di operare ulteriori suddivisioni nell’area di studio e/o possono contribuire a spiegare eventuali differenziazioni locali di habitat in zone apparentemente omogenee. Le scale di dettaglio (da meso- a topo- a microclima) assumono rilevante importanza nelle aree a morfologia non pianeggiante – per la complessa circolazione di aria che si viene a instaurare in queste zone –, nonché all’interno e nel territorio circostante le grandi conurbazioni (isole di calore ecc.).

Per una corretta valutazione, le medie dei dati dovrebbero essere almeno trentennali, affinché le regressioni e le tendenze siano apprezzabili, e non dovrebbero

tralasciare, ove i dati fossero reperibili, anche piccole stazioni solo pluviometriche. Inoltre, come vedremo, risulta opportuno considerare non tanto l'aspetto climatico generale, bensì quello fitoclimatico, cioè più direttamente legato agli aspetti della copertura vegetale.

Dopo aver accuratamente individuato le stazioni, all'interno e fuori dell'UDP in esame in posizione e numero adeguati a comprendere il fenomeno alle diverse scale, per ciascuna di esse è necessaria l'elaborazione di un diagramma termopluviometrico, seguendo lo schema riportato in Pignatti (1995) o, in alternativa, con diagrammi termopluviometrici semplificati.

I dati grezzi di temperatura e precipitazione vanno elaborati con una serie di *indici bioclimatici* (Rivas Martinez, 1995 e successive elaborazioni; Ingegnoli e Giglio, 2005). L'importanza di tali indici climatici è fondamentale, perché permettono considerazioni che relazionano clima e copertura vegetale (che come sappiamo è un fattore strutturante nell'ecotessuto), ma è necessaria una notevole attenzione nel loro utilizzo, in quanto se da un lato permettono una classificazione bioclimatica, dall'altro hanno dei limiti ben precisi e non sono sempre generalizzabili: essi sono validi solo e unicamente entro i limiti per i quali il loro ideatore li ha concepiti. Se ne riporta solo qualcuno a scopo di esempio:

1. *indice di stress mensile da aridità* (MDS) di Mitrakos = $2(50-p)$, dove p definisce le precipitazioni mensili (mm). MDS definisce intensità e durata dell'aridità mensile, essendo 0 il minimo valore che corrisponde all'assenza di aridità;
2. *indice di stress mensile da freddo* (MCS) di Mitrakos = $8(10-t)$, dove t è la temperatura minima media mensile ($^{\circ}\text{C}$). Esprime la durata e l'intensità dello stress mensile da freddo, essendo 0 il valore minimo pari all'assenza di freddo;
3. *indice di stress estivo da aridità* (SDS) di Rivas-Martinez, che è la somma di MDS di giugno + MDS di luglio + MDS di agosto;
4. *indice di stress invernale da freddo* (WCS) di Rivas-Martinez, che è la somma di MCS di dicembre + MCS di gennaio + MCS di febbraio;
5. *indice di termicità semplice* (I_t) = $(T + m + M) \times 10$ e *indice di termicità compensato* (I_{tc}) = $I_t + C$ (per valori di $I_t > 18$) di Rivas-Martinez. Sono indici che relazionano il quoziente di Emberger con la temperatura annuale. Sono usati per determinare le fasce e gli orizzonti bioclimatici e sottolineano l'importanza della temperatura minima del mese più freddo

come uno dei fattori limitanti per la vegetazione;

6. *indice di continentalità semplice* (I_c) di Rivas-Martinez = $T_{\max} - T_{\min}$, dove T_{\max} è la temperatura media del mese più caldo; T_{\min} la temperatura media del mese più freddo ($^{\circ}\text{C}$). I limiti sono: $0 < I_c < 21$ = clima oceanico (suddivisibile in iperoceanico tra 0 e 10; euoceanico tra 10 e 15; semioceanico tra 15 e 21), $21 < I_c < 65$ = clima continentale (suddivisibile in semicontinentale tra 21 e 28; eucontinentale tra 28 e 45; ipercontinentale tra 45 e 65);
7. *indice di aridità* (IA) di De Marton = $P/(T + 10)$. Modifica la semplice relazione (P/T) di Lang. I valori ecologici di IA sono: 5 = vegetazione desertica; 5-10 = steppa; 10-20 = prateria; > 20 = foresta;
8. *indice ombrotermico annuale* (I_o) di Rivas-Martinez = P_p/T_p , dove P_p è la somma delle precipitazioni medie (mm) dei mesi con temperatura $> 0^{\circ}\text{C}$; T_p la somma della temperatura media mensile $> 0^{\circ}\text{C}$. Proposto per determinare le regioni climatiche stabilisce che: $0,1 < I_o < 1,5$ = clima mediterraneo; $2 < I_o < 3,8$ = clima temperato. Per le zone di transizione tra situazioni temperate e mediterranee ($1,5 < I_o < 2$) si aggiungono un indice ombrotermico estivo (I_{ov}) riferito ai mesi di giugno, luglio e agosto ed, eventualmente, un indice ombrotermico estivo compensato (I_{OS4}), con l'aggiunta di maggio.

Si ricorda che elaborando i dati climatici con gli indici come quelli sopra elencati si può arrivare alla individuazione degli ambiti geografico-climatici: macroclima, bioclimi, orizzonti climatici o termotipi (mesoclima), ombrotipi (topoclimi), suborizzonti (Ingegnoli e Giglio, 2005).

7.2.3 Analisi dell'eterogeneità generale dei paesaggi

Nell'ecologia generale vi sono diverse misure che, cambiando i riferimenti di applicazione, possono essere utili anche nel rilevamento di alcuni aspetti dell'eterogeneità di un paesaggio. Le più utilizzabili sono le misure di tipo entropico, a loro volta prestate della Teoria dell'Informazione, come segue:

$$(1) \text{ diversità } H = -\sum_{k=1}^s p_k \ln p_k$$

dove s è il numero dei tipi di habitat o di elementi del paesaggio e p_k è la proporzione delle precedenti aree nella UdP (Turner, 1989);

Tabella 7.1 Stima del contrasto tra differenti apparati paesistici (da: Ingegnoli e Giglio, 2005)

	RNT	CONN	ESCR	SOURCE	RESIL	CAMB	DIST	PROT	PROD	RESID	SUSS
RNT	-	-	-	-	+	++	+++	++	++	+++	++++
CONN		-	-	-	- +	- +	++	+	-	- +	++
ESCR			-	-	-	- +	++	++	+	++	+++
SOURCE				-	-	- +	++	++	+	+++	++++
RESIL					-	-	-	- +	-	++	+++
CAMB						-	-	- +	- +	++	++
DIST							-	-	- +	+	++
PROT								-	- +	-	-
PROD									-	+++	++++
RESID										-	+++
SUSS											-

Note: +++++, molto elevato; +++, elevato; ++, medio; +, medio-basso; - +, basso; -, nullo. Sigle degli apparati: *CAMB*, di cambiamento; *CONN*, connettivo; *DIST*, di disturbo; *ESCR*, escretore; *PROD*, produttivo; *PROT*, protettivo; *RESID*, residenziale; *RESIL*, resiliente; *RNT*, resistente; *SOURCE*, sorgente; *SUSS*, sussidiario.

$$(2) \text{ dominanza } D = \ln_s + \sum_{k=1}^s p_k \ln p_k$$

(come sopra). Si nota che $\ln_s = (H_{\max})$, cioè una distribuzione equiprobabile di elementi;

$$(3) \text{ evenness } E = (H_j/H_{\max}) \times 100$$

dato che (H_{\max}) è raggiunta quando ogni elemento ha la stessa probabilità, H_j è la diversità della UdP in esame in rapporto a tale entità (Forman, 1995).

Il *contagion* tra tipi diversi di tessere, espresso dalla formula

$$C = 2s \log s + \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^s q_{ij} \log q_{ij}$$

dà un valore della contiguità tra tipi diversi di elementi paesistici o di tessere e si costruisce sulla base di logaritmi di probabilità: s rappresenta il numero di tipi di elementi paesistici o di tessere, e q_{ij} la probabilità dell'elemento i di essere contiguo all'elemento j .

7.2.3.1 Grana e contrasto

La grana è la misura e la distribuzione degli elementi in una UdP. La grana viene usualmente misurata rispetto alle tessere o alle macchie di tessere (specificare sempre!) che compongono l'UdP, ma può essere utile, o necessario, misurare la grana degli ecotopi o delle stesse diverse UdP che compongono un certo paesaggio. Interessante è, per esempio, la variazione di dimensioni dei campi agricoli nel tempo o delle diverse tessere vegetate

in una foresta, mentre a livello più sintetico si possono usare le macchie di tessere di tipi forestali analoghi.

Molto utile è, anche, l'esame del *contrasto* tra le tessere presenti in una UdP, che indica il grado di differenza e la rapidità di transizione tra due aree adiacenti in base al tipo e alla qualità degli elementi del paesaggio: esso risulta tanto maggiore quanto più forti sono le differenze fra gli elementi e più strette le zone di transizione, cioè i margini, fra un tipo e l'altro, anche se non è facile codificare un alto e basso contrasto. Il contrasto appare più semplice nel momento in cui, invece che fare riferimento alle caratteristiche delle singole tessere, si consideri la loro appartenenza a un apparato (considerato sulla base della funzione più caratterizzante la tessera in questione): a questo proposito, si fornisce una tabella che può essere presa come indicativa di situazioni di contrasti di differente entità (Tabella 7.1).

7.2.3.2 Modello a gravità

Viene utilizzato per capire l'influenza del baricentro di un certo gruppo di macchie e si richiama alla legge di gravitazione universale. In estrema sintesi

$$G_{ij} = K (P_i \times P_j) / (d^2)$$

dove il livello di interazione tra i due elementi i e j in considerazione è direttamente proporzionale alla presenza di una certa loro caratteristica P (numero di specie, entità di una certa risorsa, valore di una certa proprietà ecc.) e inversamente proporzionale alla loro

distanza d (presa nel centro dell'elemento stesso). Ciò, però, è valido considerando la matrice nella quale le due macchie (o i due elementi) si trovano come omogenea e neutrale rispetto alle interazioni stesse. La costante K dipende dal tipo di caratteristica P che si misura o da altre eventuali considerazioni.

Questa formula è stata applicata nello studio delle reti ecologiche per differenziare tra loro i diversi nodi che la costituiscono (o che la potrebbero costituire) e valutare così i legami di primaria o secondaria importanza, ma anche per valutare il passaggio di uccelli tra due macchie boscate ed è di primario interesse nello studio applicativo della teoria *source-sink*. Questo modello enfatizza, inoltre, come il livello di interazione sia proporzionale all'entità di P non solo nell'elemento di origine, ma anche in quello di destinazione.

7.2.4 Analisi dei gradienti del paesaggio mediante linee segmentate

Si tratta di un tipo di analisi molto utile nello studio dei gradienti a livello di UdP o di ecotopo, o nelle situazioni nelle quali l'ecomosaico di base risulti molto eterogeneo o sia apparentemente difficile riconoscerne le regolarità oppure ancora per identificare il passaggio tra due ecotopi o due UdP: tale analisi si pone in alternativa alla semplice frequenza relativa percentuale dell'elemento stesso, perché permette di osservare anche le contiguità tra tessere o elementi differenti. Inoltre, come si potrà vedere nel capitolo 13, questo metodo è utile anche per quantificare l'eventuale perdita di informazione in seguito a una trasformazione drastica prevista nella stessa UdP.

A seconda dello scopo può essere eseguito, quindi, a diverse risoluzioni (in genere si utilizzano carte in scala 1:25.000 o 1:10.000, ma si può scendere in un maggiore dettaglio o sintetizzare con scala 1:50.000). Le linee di rilievo vengono tracciate in parallelo in modo da attraversare i gradienti ambientali più caratteristici e poi divise in segmenti di uguale lunghezza: per ogni segmento si rilevano gli elementi in esso compresi. Ne risulta quindi una matrice avente per righe il numero e i tipi di elementi presenti nella UdP in esame e per colonne il numero di segmenti. In ogni colonna sono segnati: con una (\times) la presenza e con un puntino (\cdot) l'assenza dei vari elementi. Colorando le presenze, ne risulta un disegno di configurazione tipico dell'UdP esaminata (vedi Fig. 13.4).

Se fosse necessario avere un disegno generale di maggior dettaglio, cioè maggiore risoluzione, si possono dividere in due i segmenti prima considerati. Il confronto tra le diverse matrici ottenute da ciascun livello di lettura permetterà di evidenziare quale sia la risoluzione di lettura più adatta agli scopi che ci si propone, cioè quella in grado di descrivere nella maniera più compiuta la realtà in esame, ottimizzando la sintesi del contenuto di informazione senza con ciò perdere dati importanti. Proprio per conoscere meglio il contenuto di informazione I relativo all'elemento i -esimo legato a ogni livello di lettura è stata elaborata una equazione:

$$I_i = \log_2 S!/F! (S - F)!$$

dove il logaritmo è in base 2, S rappresenta il numero di segmenti totali che compongono la linea in esame e F è il numero di segmenti nei quali l'elemento i -esimo è stato ritrovato (cioè la frequenza assoluta dell'elemento i -esimo). È pertanto possibile anche numericamente calcolare quale sia la risoluzione che fornisce il maggior contenuto di informazione globale. Come riporta Forman, se aumentando il livello di sintesi l'informazione tende all'unità si è in presenza di macroeterogeneità, in caso contrario di microeterogeneità. È possibile inoltre trovare la localizzazione ottimale del limite tra due gruppi di elementi del paesaggio (Godron, 1972; Godron e Bacou, 1975) o l'inizio della presenza significativa di un altro tipo di elemento

$$I_d = I_i - \log_2 (S - D)!/(F - 1)! (S - D - F + 1)!$$

con D numero del segmento nel quale "appare" l'elemento in questione, o ancora la fine della presenza di un altro elemento

$$I_f = I_i - \log_2 (E - 1)!/(F - 1)! (E - F)!$$

con E numero del segmento nel quale "scompare" l'elemento in questione (ulteriori applicazioni di questi calcoli sono citate in Forman e Godron, 1986).

7.2.5 Analisi delle connessioni in un paesaggio

Le connessioni fra elementi in una UdP possono essere rilevate utilizzando un grafo planare. Un grafo è una figura geometrica composta da nodi o vertici collegati

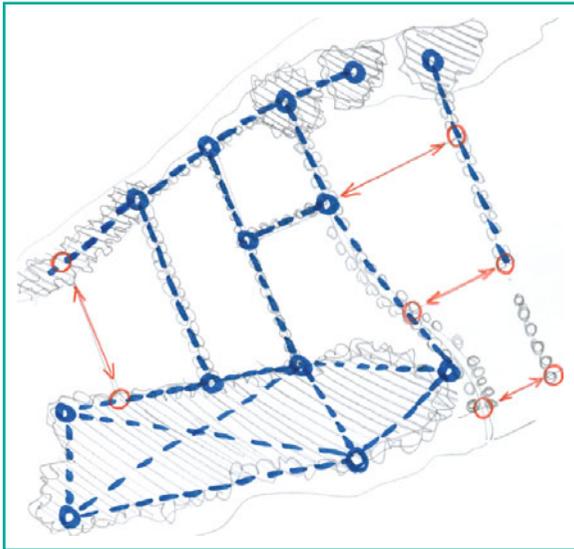


Fig. 7.2 Esempio di studio delle connessioni tramite un grafo planare

fra loro da segmenti di retta. Un grafo completo è composto da K nodi e per definizione i legami fra i nodi (L) sono dati dall'equazione:

$$L = [K(K - 1)]/2$$

Se L dipende da un coefficiente binomiale ($2K$ per ogni L), si descrive la situazione nella quale ogni legame è pertinente a 2 nodi e ciò risulta in un numero di legami $< K^2$. Da una teoria simile a questa si possono dedurre due utili indici (Forman e Godron, 1986), detti rispettivamente di *connettività* (γ) e *circuitazione* (α):

$$\gamma = L/3(V - 2); \quad \alpha = (L - V + 1)/2V - 5$$

Dove: L = legame, V = vertice (nodo).

La connessione è quindi composta da due aspetti: connettività, cioè legame fra nodi, e circuitazione, cioè disposizione dei legami in modo che si possa tornare al primo nodo passando per gli altri, creando un circuito.

Si riporta un disegno (Fig. 7.2) per mostrare come si può applicare la teoria dei grafi planari alla mappa di una UdP. Come si noterà, in una UdP a scala opportuna vengono mostrati i seguenti elementi su una matrice agricola: aree forestali, filari alberati, piccole macchie alberate. I nodi vengono disposti agli estremi di un corridoio, nel centro di una piccola macchia o ai vertici di un'area forestale.

Se due o più elementi vegetati sono vicini (distanza $<$ altezza) si possono considerare come corridoio a *stepping stones*, a meno di barriere manifestanti un disturbo non incorporabile. Nelle grandi macchie forestali, le fasce di margine funzionano come corridoi e le aree di interno, se chiaramente presenti e senza barriere, indicano la necessità di ulteriori legami, spesso incrociati, fra i nodi d'angolo della macchia stessa. Per nodi d'angolo si deve intendere un cambiamento di direzione nel margine con angolo $> 30^\circ$. Il rapporto fra legami e vertici (L/V) rappresenta un numero interessante, in quanto dà una prima idea dello stato di connessione del sistema: per $L/V < 1$ la circuitazione è nulla (o negativa). Dopo aver applicato gli indici a uno stato di fatto, si può proporre un nuovo assetto della rete progettando nuovi elementi di legame e comparando i risultati dei nuovi indici, fino ad avere, per esempio, dei valori accettabili. A questo proposito va richiamata la legge ecologica della "quantità opportuna" (non troppo, non poco, ma abbastanza). Per avere dei riferimenti si può ricorrere ai valori di L/V più frequenti per tipo di paesaggio: 0,5-0,75 per i paesaggi urbani; 0,6-0,85 per quelli suburbani; 0,75-1,15 per quelli agricoli; $> 1-1,2$ per quelli agricolo-forestali.

7.2.6 Analisi frattale di una unità di paesaggio

Dallo studio di problemi matematici insolubili, quali la misurazione delle linee di costa, il cambio dimensionale di un elemento geometrico al cambiare di scala e soprattutto la nozione di auto-similarità, Mandelbrot (1975) è arrivato a definire il concetto di dimensione frazionaria, *fractalis* in latino. Ciò ha permesso il grande sviluppo di una geometria che risulta essere più vicina a quella sottesa ai sistemi naturali, dato che la geometria euclidea considera solo le dimensioni intere (0, 1, 2, 3, 4... rispettivamente per i concetti di punto, linea, superficie, volume, spazio-tempo...), mentre le forme degli elementi naturali sono irregolari, con dimensioni appunto "intermedie". Nello studio della bionomia del paesaggio questo tipo di analisi può risultare assai utile per verificare la dinamica di occupazione dello spazio da parte di una componente ecologica, sia nella forma dell'espansione areale, che in quella più complessa della strutturazione verticale dello spazio.

Le prime applicazioni matematiche per lo studio delle

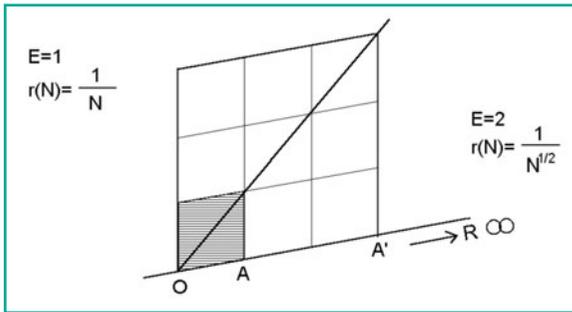


Fig. 7.3 Costanti r di omologia nei casi di dimensioni 1 e 2 (linea e piano), riferite a una omotetia (da: Ingegnoli, 2002)

disposizioni di insiemi di elementi sono state affrontate con la geometria frattale già da una ventina di anni (Milne, 1991). Tali applicazioni tengono conto dell'auto-similarità di una figura di dimensione D , formata da nD parti di grandezza $1/n$. La dimensione frattale D può essere interpretata come relazione fra una quantità Q e la scala di grandezza L , rispetto alla quale Q viene misurata. Risulta una relazione generale del tipo:

$$Q(L) = L^{Dq}$$

Tale relazione è applicabile anche a figure irregolari, come la maggior parte delle macchie forestali, e può essere trasformata anche nella forma:

$$\log A \approx D \log P$$

(rapporto area/perimetro di una macchia)

Dove: A = area, P = perimetro,
 D = dimensione frattale.

Per comprendere meglio il metodo di analisi proposto nello studio del paesaggio, seguendo le indicazioni di Mandelbrot, è necessario riferirsi al concetto matematico di omologia.

L'omologia è una corrispondenza biunivoca tra punti e punti, tra rette e rette di un piano π tale che quando un punto descrive una retta il suo corrispondente descrive pure una retta; due punti corrispondenti sono *allineati* con un punto *fisso* O (*centro*). Essa è quindi determinata da *centro*, *asse* e una *coppia di elementi corrispondenti*.

In una omologia è *costante* il birapporto formato da 2 punti corrispondenti (per esempio, A, B) con il centro e l'intersezione della loro congiungente (T) con l'asse. Infatti, $(ORAA') = (OSBB')$ perché entrambi proiezioni

da T^2 e tale valore si dice invariante dell'omologia: $(ORAA') = k$.

Se l'asse dell'omologia è *improprio* (O_∞) si parla di *omotetia*. Ovviamente, in una omotetia, il rapporto fra due segmenti corrispondenti è *costante* (*homothetic invariant*), per cui (Fig. 7.3):

$$k = (OR_\infty AA') = (AA' OR_\infty) = (AA'O) = AO/A'O$$

Nel caso di un parallelepipedo (dimensione euclidea = 2) la relazione omotetica r è riferita alle N parti in cui una figura è misurabile. Per una superficie, avremo:

$$r_{(N)} = 1/N^{1/2}$$

da questa relazione, risulterà

$$\log r(N) = \log(1/N^{1/D}) = -(\log N)/D$$

di conseguenza

$$D = -\log N / \log r(N)$$

cioè:

$$D = \log N / \log(1/r)$$

Questa è la nota equazione di Mandelbrot (1975) in cui D è la dimensione frattale. Ottenuta l'equazione di base, si possono calcolare le dimensioni frattali D che interessano in una UdP o un ecotopo. Uno degli usi più significativi della geometria frattale sta nel confronto della distribuzione e della superficie occupata da un attributo ecologico nel territorio in esame (a parità di scala della mappa), per esempio, la componente vegetale o quella urbanizzata. È necessario predisporre un *valore limite* di riconoscimento dell'attributo entro l'area unitaria di una griglia di riferimento (per esempio, > 20%).

L'inquadratura dell'area in esame entro tale griglia (Fig. 7.4), solitamente quadrata, è un'operazione fon-

² Invariante di una omologia. Siano O e o centro e asse di una omologia; siano AA' e BB' due coppie, non allineate, di punti omologhi, e R e S i punti in cui l'asse incontra le rette AA' e BB' . Le due rette $r = AB$ e $r' = A'B'$ sono omologhe e si incontrano sull'asse in un punto T ; le due quaterne $ORAA'$ e $OSBB'$ sono l'una proiezione dell'altra dal centro T ; pertanto sono uguali i loro bi-rapporti $(ORAA') = (OSBB')$.

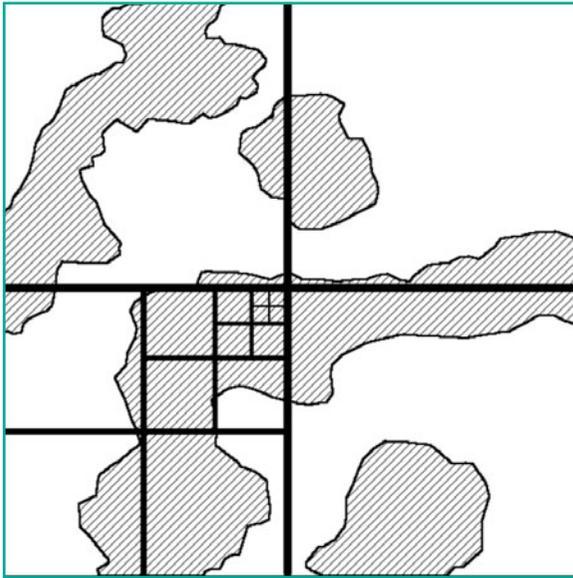


Fig. 7.4 Esempio di distribuzione di macchie alberate inquadrata in una serie di griglie ottenuta dividendo ogni volta il lato del quadrato in due parti. Il valore di rilievo dell'attributo per cella è stato considerato del 30% (da: Ingegnoli, 2002)

damentale per il calcolo, in quanto il modo più facile per riferirsi alle invarianti di omotetia r è considerarle tutte in funzione di un lato generatore di tale griglia. Se infatti $r = 1/2$ allora si generano nella griglia $N = 4$ celle di lato $1/2$; se $r = 1/4$, $N = 16$; se $r = 1/8$, $N = 64$, e così via.

Si riporta un esempio di calcolo della dimensione frattale sottesa alla distribuzione di vegetazione nell'area che è stata rappresentata nella Figura 7.4. Per questo scopo riportiamo la Tabella 7.2, che mostra i parametri che ci interessano nell'applicazione della formula di Mandelbrot. Tali parametri sono: l'inverso della variante di omotetia ($1/r$), il suo logaritmo ($\log 1/r$), il numero di celle che contengono l'attributo in esame (N'), il suo logaritmo ($\log N'$) e la dimensione frattale D' che risulta applicando l'equazione in oggetto. Come si nota dalla tabella, per ogni valore di $1/r$ si calcolano gli altri parametri collegati e poi la D' .

Si può arrivare a una risoluzione anche spinta, malgrado di solito si possa constatare che per $1/r = 64$, $N = 4096$ che, in scala $1/10.000$, per un ecotopo di circa 4 km^2 significa avere una griglia con 4096 celle di $3,125 \text{ mm}$ di lato, pari a un riquadro di $31,25 \text{ m}$ reali, in cui sono comprese non più di 9-12 piante adulte di latifoglie: si ricorda che se questa cella contenesse solo una pianta non raggiungerebbe il limite proposto per l'at-

Tabella 7.2 Esempio di calcolo della dimensione frattale D , della distribuzione di vegetazione nella Figura 7.4

$1/r$	$\log 1/r$	N'	$\log N'$	D'
2	0,301	3	0,4771	1,585
4	0,602	11	1,0414	1,729
8	0,903	35	1,544	1,709
16	1,204	115	2,06	1,711
32	1,505	396	2,598	1,726
64	1,806	1604	3,205	1,7774

D' , dimensione frattale per ogni N' .

N' , numero delle N parti occupate dalla vegetazione.

tribuzione della presenza di foresta. Sotto tale limite è difficile avere un controllo di ciò che si sta rilevando, comunque in alcuni casi si può arrivare a $1/r = 128$ (la dimensione fisica di 2-3 alberi adulti in proiezione ortogonale). Un programma informatico, ovviamente, può andare ben oltre, ma di rado c'è bisogno di una risoluzione più spinta, in quanto si tratta di un'analisi con finalità ecologico-paesistiche al fine delle quali una informazione troppo dettagliata perde di significato rispetto alla totalità (ecotopo o UdP) in esame.

Il risultato finale del calcolo (D) necessita una regressione lineare fra le D' trovate alle varie risoluzioni e i rispettivi $\log 1/r$. L'esempio riportato permette di scrivere la seguente equazione di regressione lineare:

$$y = 0,089 x + 1,6119$$

da cui (posto $x = 1$) risulta $D = 1,701$. Il significato di tale D va chiarito attentamente. Si tratta infatti di una dimensione frazionaria compresa fra le dimensioni euclidee 1 e 2, quindi in un certo senso dà l'idea di una copertura incompleta di una superficie, che sarebbe $D = 2$ se fosse tutta coperta dall'attributo in esame. Se lo stesso calcolo sullo stesso ecotopo nell'assetto che aveva un secolo fa desse $D = 1,52$, potremmo avere un'idea della modalità di copertura migliore che si presenta oggi, anche se la percentuale di copertura forestale non è detto che debba essere in proporzione a tale dato.

7.2.7 Analisi della funzionalità di un corso d'acqua e del suo corridoio

Questo interessante indice della qualità dei corsi d'acqua, creato dallo svedese Petersen jr (1991) come RCE

(*Riparian, Channel and Environmental inventory*), è stato adeguato alle caratteristiche dei corsi d'acqua dell'Italia Settentrionale da Siligardi e Maiolini (1993) come RCE-2, e successivamente codificato da un apposito protocollo dell'ANPA (Agenzia Nazionale per l'Ambiente, 2002). La sua rilevanza per studi di ecologia del paesaggio risiede nel fatto che non considera solo l'alveo bagnato (come i noti indici idrobiologici, quali l'IBE), ma si interessa di tutto il corridoio fluviale nella sua interezza come unità di paesaggio o ecotopo, a seconda della sua dimensione: considera così le condizioni della vegetazione della fascia riparia, la struttura morfologica del letto fluviale, le caratteristiche del paesaggio nel quale il corso d'acqua scorre (e del quale svolge la fondamentale funzione di apparato escretore) e le condizioni biologiche del macro-benthos. Integrandosi con gli indici idrobiologici classici permette così di valutare tutte le funzioni ecologiche del corridoio in esame. È presentato sotto forma di scheda a risposta multipla, con 14 voci di cui due doppie, essendoci due possibili alternative dipendenti dalla situazione che si sta esaminando (ANPA, 2000).

Si osserva che la scheda va compilata per ognuno dei due lati del corso d'acqua e anche i risultati dovranno essere graficati in maniera analoga, perché spesso i corsi d'acqua vengono utilizzati come confini tra unità amministrative (comuni, province, regioni) e quindi le condizioni delle UdP ai due lati possono essere differenti. La scheda è disponibile presso l'ANPA (una versione in lingua inglese è presente in Ingegnoli, 2002). I punteggi ottenuti sono stati suddivisi in cinque classi di valutazione, rispettivamente da I (qualità migliore) a V (qualità pessima) alla quale corrispondono cinque colori che vanno dal blu (funzionalità alta, qualità ottima) al rosso (funzionalità pessima, qualità pessima).

7.3 Analisi bionomiche del paesaggio

7.3.1 Quantificazione degli apparati paesistici

Si ricorda che gli apparati del paesaggio sono costituiti da tessere, o elementi, multifunzionali. È necessario, pertanto, elencare gli elementi o le componenti paesistiche per funzione dominante, ma poi stimare per ognuno le funzioni minori. Tale stima si può fare dando

un peso convenzionale a ogni classe di funzioni: per esempio, quelle *dominanti* potranno avere una funzione con peso $f = 0,8-0,9$, quelle *secondarie* con peso $f = 0,3-0,4$ e quelle *minori* $f = 0,1$.

Si noti che tali valori possono cambiare di caso in caso, dato che vanno stimati sul posto. Ovviamente, come capita nelle misure di componenti dell'ecotessuto, la somma dei pesi convenzionali per funzione ecologica può essere diversa da 100 (di solito superiore), quindi è necessario normalizzare i risultati riportandoli proporzionali a 100, in modo che siano confrontabili per ogni riferimento temporale.

Si riporta un esempio di valutazione degli apparati paesistici nel paesaggio della laguna di Venezia (Tabella 7.3). Sono riportate le funzioni principali (prima colonna) con i tematismi a esse riferiti e le funzioni secondarie, con un coefficiente necessario alla loro misura come spiegato dalla teoria.

Da questa tabella si ricavano le valutazioni percentuali complessive per apparato e per riferimento temporale; ad esempio, per l'apparato residenziale (RSD) nell'anno 2000 si ottiene:

$$\text{RSD (2000)} =$$

$$4,9 \times 0,9 + 1,4 \times 0,1 + 2,1 \times 0,1 + 0,3 \times 0,2 = 4,82$$

I risultati della stima nei tre periodi considerati (1900, 1950, 2000) danno rispettivamente: 121,315%, 115,689%, 113,345%, che sono stati poi normalizzati per poter confrontare i periodi e valutare opportunamente la dinamica.

7.3.2 Analisi della funzione HU/BTC

Come abbiamo mostrato nel capitolo 3, paragrafo 3.2.9, la capacità biologica del territorio, o BTC (Ingegnoli, 1991, 2002) è una grandezza legata alla metastabilità delle tessere vegetate, il cui valore si misura in $\text{Mcal/m}^2/\text{anno}$ e si calcola tenendo conto di: (a) strategia di resistenza delle biogeocenosi vegetali più rappresentative della biosfera, (b) loro dati metabolici (biomassa, produttività primaria lorda, respirazione), (c) loro livello di organizzazione. La BTC misura il flusso di energia che un sistema di vegetazione deve dissipare per mantenere il suo livello di organizzazione e metastabilità. La BTC è una grandezza indispensabile per lo studio di diversi aspetti di una UdP, quali:

1. individuazione di soglie di trasformazione di una UdP;

Tabella 7.3 Espressione degli apparati paesistici nel paesaggio lagunare di Venezia (percentuali di copertura delle singole voci così come presenti)

Funzioni dominanti	1900	1950	2000	RSD	SBS	PRD	PRT	RNT	STB	ETN	RSL	CON	EXR	GEO
Abitativo (RSD)														
urbanizzato	0,6	3,3	4,9	0,9	0,2		0,1							
Sussidiario (SBS)														
industriale	0,5	0,6	1,4	0,1	0,9									
strade	0,1	1,4	1,5		0,9							0,1		
aeroporti	0	0,02	0,3		0,9									
vie d'acqua	2,75	3,42	4,95		0,9							0,1	0,4	0,2
Produttivo (PRD)														
seminativi	13,3	19,9	22,8			0,9					0,1			
legnose agrarie	9,5	7,8	0,4			0,9	0,1							
peschiere	0,1	0,3	0,5			0,9				0,2				
Protettivo (PRT)														
verde attrezzato	0,1	0,3	2,1	0,1			0,9							
verde campeggi	0	0,4	0,3	0,2			0,9	0,1						
Resistente (RNT)														
boschi	0,6	0,2	0,2				0,4	0,9						
veg. Casse colmata	0	0	0,8				0,2	0,9	0,1	0,1	0,1			
Stabilizzante (STB)														
barene	13,8	9,05	5,68				0,4	0,1	0,9		0,4	0,2		0,1
praterie sommerse	5	5	5				0,2	0,1	0,9					0,1
Ecotonale (ETN)														
paludi	4,8	0,03	0,02				0,2			0,9				0,1
Resiliente (RSL)														
arbusteti	0	0	0,1				0,2		0,1		0,9			
veget. psammofila	0,3	0,2	0,1				0,1		0,4	0,1	0,9			
Connettivo (CON)														
argini e filari	1,2	1	0,4				0,2					0,9		
Escretore (EXR)														
canali lagunari	2,75	2,28	1,65										0,9	0,4
canneti	0,3	0,2	0,1				0,2		0,1		0,1		0,9	
fiumi	0,5	0,6	1,4										0,9	0,4
Scheletrico (GEO)														
bassifondi lagunari	24,8	26,9	28,3							0,1				0,9
litorale marino	17,7	16,5	16,5							0,1				0,9
spiagge	1,3	0,6	0,6							0,2		0,1		0,9

- controllo della distribuzione strutturale e funzionale dei componenti;
- controllo della metastabilità generale del paesaggio;
- analisi e valutazione della biodiversità eco-paesistica.

Dopo aver studiato lo stato ecologico dapprima di 35 e poi, con ulteriori aggiunte, di 48 UdP (mediamente a livello comunale) in maggioranza dell'Italia del Nord, di cui 10 di tipo urbano e suburbano-tecnologico, 22 di

tipo suburbano-rurale, agricolo e agricolo-protettivo, 16 di tipo agricolo-forestale e forestale, si è potuto constatare che la correlazione fra HU e BTC dedotte da questi dati sperimentali era assai stretta ($r^2 = 0,95$).

Questi dati rappresentano uno stato ecologico corrente, in quanto non molte erano UdP alterate, ma neppure frequenti erano quelle in stato ottimale, mentre la maggior parte rappresentava uno stato medio.

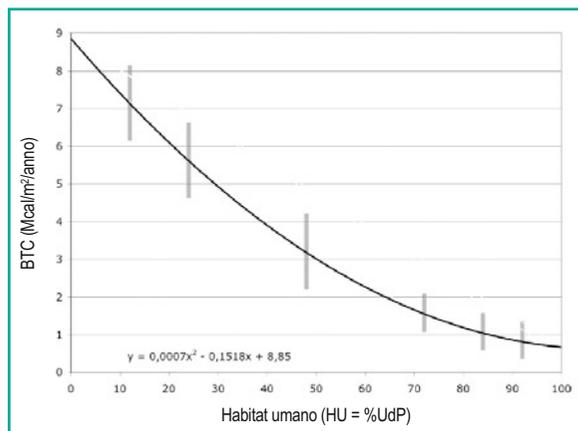


Fig. 7.5 Modello HU/BTC (da: Ingegnoli e Giglio, 2005) che indica la curva di normalità utile per confrontare lo stato ecologico di unità di paesaggio (più o meno antropizzate) e per avere di conseguenza un quadro clinico del territorio in esame. I segmenti verticali dividono i tipi di paesaggio (da sinistra): forestale naturale, forestale seminaturale, forestale-agricolo, agricolo, rurale, suburbano (o urbano rado), urbano denso

Non tenendo conto dei casi peggiori, si è arrivati a migliorare tale funzione, in modo da poterla considerare come funzione di normalità. L'equazione matematica che descrive l'andamento di questa funzione è risultata essere:

$$y = 0,0007 x^2 - 0,1518 x + 8,85$$

Come si può vedere dalla Figura 7.5, la funzione permette di definire le soglie più frequenti di caratte-

rizzazione dei principali tipi di paesaggio: naturale, seminaturale, forestale-agricolo, agricolo, rurale/suburbano, suburbano/urbano rado, urbano denso. L'intervallo di BTC fra le due UdP con valori estremi di HU (HU = 0 e HU = 100) risulta il seguente: $8,85 - 0,67 = 8,18 \text{ Mcal/m}^2/\text{anno}$.

In caso di presenza di una componente sterile e impervia su una UdP in esame, si deve fare riferimento a una funzione diversa da questa appena presentata. per esempio, se l'area impervia è del 17%, come nel caso del comune di Tesero (TN), la funzione che funge da modello di riferimento acquista una curvatura minore, che nelle parti a medio-basso HU, fornisce ovviamente valori di BTC meno alti (Fig. 7.6), mentre le differenze con la parte di HU più elevato (> 55%) sono minime.

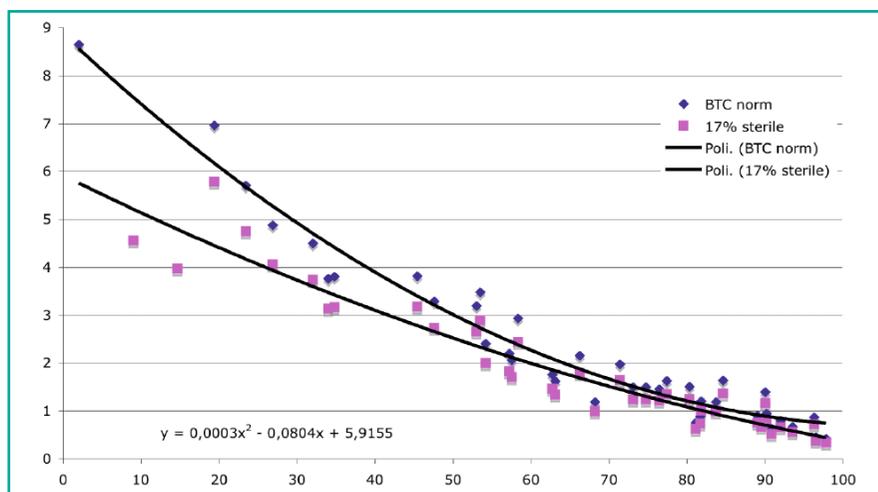
Potersi riferire alla funzione HU/BTC come modello di normalità è senza dubbio utile, in quanto se l'UdP in esame si discostasse in modo apprezzabile da tale modello, allora si può essere sicuri della presenza di qualche alterazione o forma patologica.

7.3.3 Analisi delle classi standard di BTC

In casi di controllo e progettazione ecologica del paesaggio, diventa necessario valutare la distribuzioni in classi di BTC delle UdP in esame. Per questo è stata studiata la seguente serie, qui elencata con gli elementi più tipici:

- **Classe I: 0 – 0.4** (mean value 0,2). Esempio: deserti, semideserti, ghiaioni, laghi e fiumi, fasce continentali marine, praterie degradate o tundra, sterpeti suburbani.

Fig. 7.6 Modello HU/BTC e sua trasformazione in caso di territorio parzialmente inagibile (17% sterile). Si noti l'abbassamento dei valori, soprattutto per HU non elevate (< 50%)



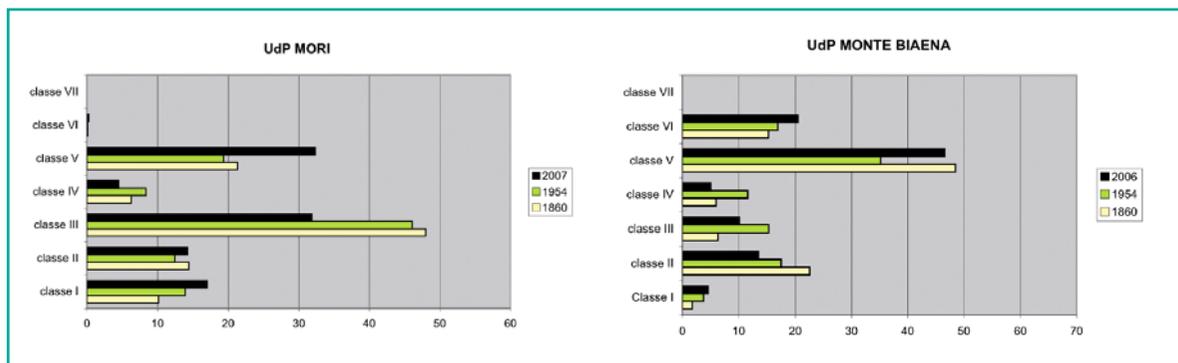


Fig. 7.7 Confronto fra la dinamica delle classi di BTC (1860-2007) in due unità di paesaggio (UdP) del comune di Mori (TN): l'UdP 1 di Mori fondovalle (a sinistra) e l'UdP 2 del versante sud del monte Biaena. Si osservino le forti differenze

- **Classe II: 0.4 – 1.2** (mean value 0,8). Esempio: praterie, tundra, campi coltivati, orti suburbani, cespuglieti semidegradati ecc.
- **Classe III: 1.2 – 2.4** (mean value 1,8). Esempio: praterie arbustive, canneti, arbusteti bassi, savane a graminoidi, coltivi legnosi agrari, frutteti e giardini, verde urbano.
- **Classe IV: 2.4 – 4.0** (mean value 3,2). Esempio: foreste giovani, savane boscate secche, savane arbustive, paludi e aree umide, cedui semplici, frutteti semi-naturali, parchi suburbani con elementi semi-naturali.
- **Classe V: 4.0 – 6.4** (mean value 5,2). Esempio: foreste semi-adulte, foreste adulte parzialmente degradate, foreste temperate, mangrovie, arbusteti umidi tropicali, colture tropicali perenni, macchia mediterranea, boschi coltivati, oliveti seminaturali, foreste boreali aperte.
- **Classe VI: 6.4 – 9.6** (mean value 8,0). Esempio: foreste naturali adulte, foreste mature parzialmente degradate, boschi temperati di latifoglie maturi.
- **Classe VII: 9.6 – 13.2** (mean value 11,4). Esempio: foreste stagionali tropicali, foreste pluviali parzialmente degradate, foreste mediterranee mature, foreste temperate mature, foreste boreali-alpine mature.
- **Classi VIII-IX: 13.2 – 20.4** (mean value 16,8). esempi: foreste tropicali nelle varie formazioni (da specificare nei casi di applicazione).

Tali classi sono in proporzione geometrica. Dato che non sono ancora state studiate le UdP di ambiente tropicale, le ultime due classi (VIII e IX) sono solo accennate, in attesa di poter compiere ricerche anche in tali zone.

L'analisi della distribuzione di classi standard di BTC può mostrare condizioni assai diverse nei paesaggi esaminati. Si riporta per esempio (Fig. 7.7) il confronto fra due UdP del comune di Mori (TN): UdP 1 di Mori

e UdP 4 del monte Biaena. Come si nota, i grafici a barre sono decisamente diversi, avendo il primo praticamente solo 5 classi e con classe I ampia, il secondo 6 e con classe I piccola. Si può anche osservare la dinamica, dal 1860 a oggi, anch'essa assai differente.

Le distribuzioni in oggetto possono in teoria avere una infinità di configurazioni, anche se le tre più significative sono: 1) quella equiprobabile, massima entropia, minima informazione, 2) quella con andamento a campana, con massimo in centro, che presenta maggiore dominanza e una presenza minore in ogni classe, 3) quella con una classe nettamente maggiore delle altre, fino a rasentare valore zero in una di esse, che presenta massima dominanza, massima informazione.

Ricordiamo però che in un sistema ipercomplesso adattativo la diversità dei tipi di componenti deve considerare importanti sia l'eterogeneità sia l'informazione. È per tali ragioni che l'indice di diversità funzionale del paesaggio (vedi capitolo 3, paragrafo 3.2.10) è

$$\tau = H \times (3+D)$$

7.3.4 Analisi della metastabilità generale e complessa

Moltiplicando l'indice τ per la BTC media dell'UdP in esame, otterremo un nuovo indicatore che si può nominare di "metastabilità generale" del paesaggio, detto LM:

$$LM = \tau \times BTC$$

A questo punto siamo in grado di costruire un modello interessante, correlando l'habitat umano (HU) e LM (Fig. 7.8). Tale modello è basato sulle trasforma-

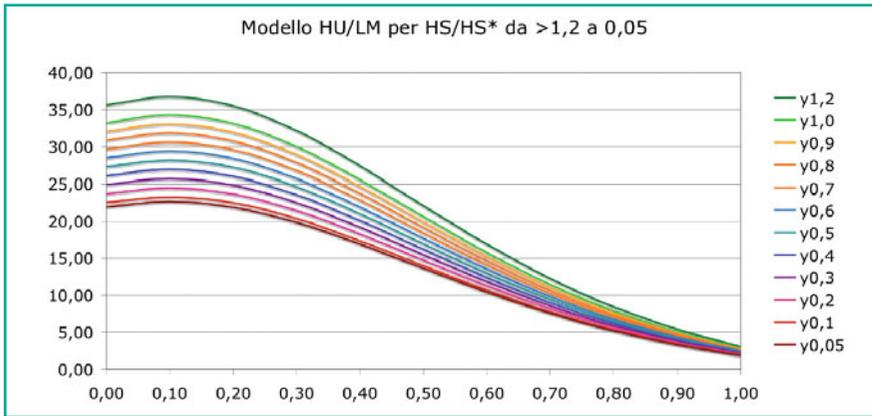


Fig. 7.8 Curve del modello HU/LM di metastabilità generale, per diversi rapporti di capacità portante HS/HS*. Si noti che le curve y1,2 e y1,0 indicano paesaggi autotrofi (PRD), le curve y0,9-y0,7 paesaggi in parte eterotrofi (suburbano rurale), le curve y0,6-y0,4 paesaggi in prevalenza eterotrofi (suburbano tecnologico), le curve y0,3-y0,05 paesaggi eterotrofi (urbano rado e denso)

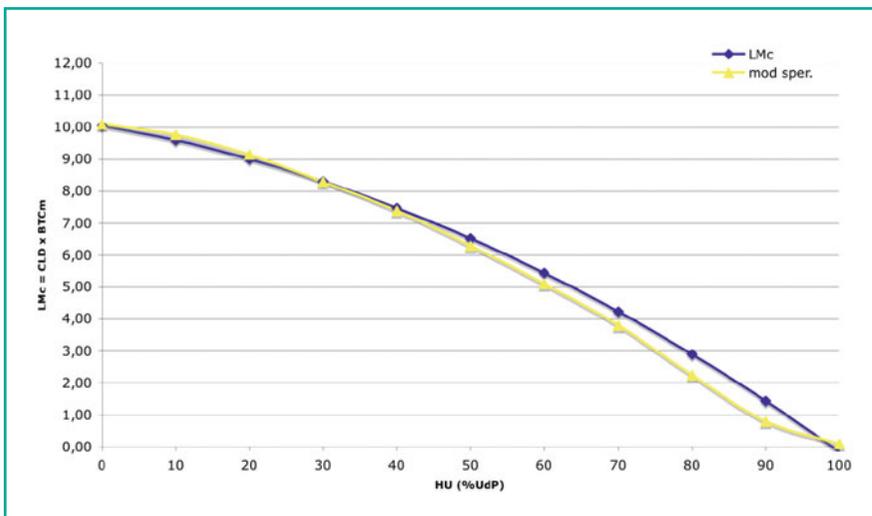


Fig. 7.9 Modello di metastabilità complessa (LMc). In giallo la correlazione sperimentale. Si noti che per HU elevate (> 50%) il modello considera valori di riferimento migliorati, allo scopo di tener conto di una condizione di normalità ottimale

zioni dei paesaggi a partire dal tipo forestale naturale e tiene conto anche della capacità portante = HS/HS* in modo da valere anche per i paesaggi eterotrofi.

L'equazione del modello HU/LM per HS/HS* > = 1,2 risulta:

$$y = \exp [- (x - 0,1)^2 (1 + 2,2 \cos x)] 36,8 - (3,8 x \sin x)$$

Tale equazione deve essere variata per HS/HS* < 1,2, in modo da poter tracciare le curve che mostrano il comportamento dei paesaggi eterotrofi:

$$y^1 = y (1/3 HS/HS^* + 0,6)$$

Come si potrà vedere nelle applicazioni, tale modello è utile per la verifica dello stato ecologico di una UdP, in quanto spesso, anche se molti parametri sono nella norma, può risultare una metastabilità troppo ri-

dotta a causa di una concomitanza di fattori che sfuggono a una prima analisi e che vanno approfonditi.

Nel terzo capitolo abbiamo parlato di "biodiversità complessa di paesaggio" e abbiamo considerato un indice CLD (*Complex Landscape Diversity*):

$$CLD = \psi \times \omega \times \tau$$

Se ora moltiplichiamo CDL per la BTC media dell'UdP in esame, otterremo un altro nuovo indice LMc di metastabilità complessa del paesaggio:

$$LMc = CLD \times BTC$$

che va ad aggiungersi al precedente ed è in grado di essere utilizzato anch'esso come controllo per lo stato ecologico di una UdP, dato che si può elaborare la funzione di correlazione di LMc con HU (Fig. 7.9).

La figura rappresenta il modello di metastabilità complessa (LMc).

In giallo è segnata la predetta correlazione sperimentale. Si noti che per HU elevate (> 50 %) il modello considera valori di riferimento migliorati, allo scopo di tener conto di una condizione di normalità ottimale, visto che la maggioranza dei casi sperimentali con HU > 70 mostra qualche alterazione del proprio stato ecologico.

Come si può osservare, tale funzione è convessa, all'opposto della funzione HU/BTC. La sua equazione è la seguente:

$$y = -0,00063 x^2 - 0,039 x + 10,05$$

Si deve inoltre sottolineare che avere a disposizione una buona gamma di funzioni di metastabilità è sempre utile, dato che nei sistemi complessi, come più volte detto, la formalizzazione è solo parziale e si deve ricorrere all'analisi mediante modelli.

7.3.5 Analisi della capacità ecologica complessiva dell'HU

Sovente può capitare di avere difficoltà nella attribuzione giusta del tipo di paesaggio in esame, argomento di primaria importanza, visto che i parametri ecologici sono da valutare in rapporto agli intervalli di normalità propri di un certo tipo di paesaggio.

Utile a questo proposito può essere un indicatore denominato "Capacità ecologica complessiva dell'habitat umano" (o HuCE) che, per ciascuna UDP o sua porzione, mette in rapporto all'habitat umano la capacità biologica della vegetazione (BTC) e la capacità portante ($HS/HS^* = \sigma$), da cui risulta:

$$\text{HuCE} = (\text{HS}/\text{HS}^* \times \text{BTC}/\text{HU})$$

Da una serie di prove sperimentali sulle realtà studiate (diverse decine di UDP), si sono potute stabilire delle correlazioni fra i tipi principali di paesaggio e gli intervalli di valore del HuCE, che riporteremo nella Tabella 7.4.

Come si noterà, gli intervalli non sono lineari, ma si allargano di molto con la naturalità del tipo di paesaggio: si va dal paesaggio urbano, con HuCE = 0,1-0,6, al paesaggio forestale naturale, con HuCE = 250-1800.

Tabella 7.4 Intervalli di normalità dell'indice HuCE per tipo di paesaggio

HuCE	min	max
Urbano	0,1	0,6
Suburbano tecnologico	0,4	2,3
Suburbano rurale	1,5	9
Agricolo PRD	4,2	25
Agricolo PRT	9	55
Agricolo forestale	22	160
Forestale semi-naturale	62	500
Forestale naturale	250	1800

7.3.6 Analisi del raggio ecologico di influenza

Qualunque elemento del paesaggio può acquisire un'importanza funzionale nei confronti dell'ecotessuto del quale è parte. per esempio, per un corridoio alberato vi sono una serie di parametri che possono distinguere l'importanza ecologica nei confronti di ciò che sta intorno, come:

- struttura, forma, larghezza, lunghezza, porosità e altezza del corridoio;
- presenza o meno di una zona di habitat di interno;
- presenza di canali all'interno del corridoio;
- presenza e range dei disturbi locali;
- numero di specie usualmente presenti all'interno del corridoio rispetto a quelle presenti nella matrice circostante;
- *home range* delle specie chiave che utilizzano il corridoio come proprio habitat;
- capacità di dispersione dei semi delle specie ecologicamente indicative;
- contrasto fra gli elementi circostanti il corridoio;
- valore medio della BTC del paesaggio in cui il corridoio risulta inserito.

L'influenza positiva dei caratteri ecologici di un elemento si deve misurare localmente, nell'intorno dell'elemento stesso, perché diversi parametri non possono dar luogo a un flusso di energia o di materiali. Cionondimeno, un bilancio locale è possibile per il ruolo che l'elemento viene ad assumere nel contesto. Tale influenza andrà misurata su:

1. microclima, nella forma della distanza alla quale le condizioni esaminate differiscono in maniera sensibile da quelle misurabili in condizioni aperte (Forman, 1995);

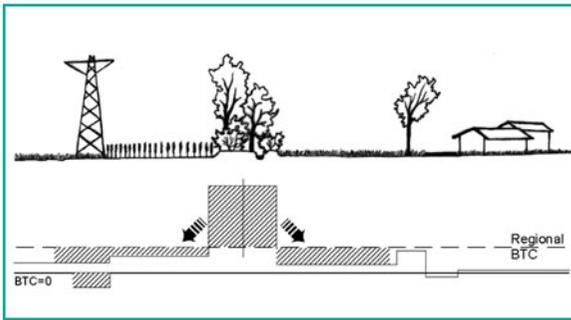


Fig. 7.10 Esempio del dimensionamento del campo di influenza ecologica di un corridoio alberato in un paesaggio rurale (da: Ingegneroli, 2002)

2. erosione del suolo e sul suo controllo, che dipende principalmente dai venti prevalenti, dal tipo di suolo e dalle sue condizioni di aridità, dalla porosità del corridoio;
3. apporto di BTC, cioè surplus di energia rispetto al suo intorno.

La distanza di influenza da un elemento di buona naturalità (Fig. 7.10) è fondamentale e viene chiamata L_b (distanza di bilancio di BTC) e, matematicamente, è pari a

$$L_b = [BTC(+) \times W_c/2] / BTC(-)$$

dove W_c è la larghezza del corridoio o della sezione della macchia, e $BTC(+)$ indica il surplus di BTC mentre $BTC(-)$ indica il deficit di BTC.

La distanza di influenza microclimatica è pari a 6-7 volte l'altezza media del corridoio o della macchia, che vanno quindi misurate sul campo, e sono anche funzione della porosità del corridoio o della densità della macchia:

$$L_m = 6-7 H$$

Se si verifica la presenza di elementi di disturbo che attraversino la matrice in prossimità del corridoio o della macchia (strade campestri, linee elettriche, costruzioni, ecc.), contando il numero d , di tali disturbi si può stimare una riduzione di influenza a patto che essi incidano su almeno metà dell'elemento stesso, cioè non siano solo puntuali. Si può così ottenere una misura (m) del raggio ecologico di influenza (REI)

$$REI = 1/2 (L_b + L_m) \quad 1,5 \times 1/2d \quad (m)$$

7.4 Analisi del paesaggio attraverso il disegno

7.4.1 Scienze naturali e formazione artistica

La passione di chi scrive per la natura è stata trasmessa dal padre, pittore. Egli, con severità, insegnò la sua arte e con essa una forte passione per la natura che, per essere studiata, va osservata con metodo approfondito. Una conferma dell'importanza di tale metodo è venuta, in seguito, dal grande naturalista Konrad Lorenz, nel suo libro "L'etologia: fondamenti e metodi" (1978). Egli sottolineava che il modo di procedere di un ricercatore che vuole analizzare un "tutto organico" deve essere proprio come quello di un pittore: "Questo modo di procedere, partendo dall'unità del sistema verso le sue parti, è *obbligatorio* in biologia".

È quindi doveroso, oltre che proficuo, cercare di comprendere più a fondo l'importanza di una formazione artistica anche per chi studia scienze naturali.

Si dice che l'arte è un'espressione soggettiva, quindi sarebbe incompatibile con una preparazione scientifica. Tuttavia, è ancora Lorenz ad affermare che il processo del sapere e l'oggetto della conoscenza non possono essere legittimamente separati l'uno dall'altra; inoltre, è semplicemente falso che l'esperienza soggettiva riguardi esclusivamente la sfera privata dell'individuo. Max Hartmann (1959) ha definito a-logico il rapporto fra processi fisiologici e processi interiori, ma la correlazione fra loro è così sicura che il fenomeno soggettivo, per esempio la percezione di un colore complementare, può essere usato, nel fenomeno del contrasto, come indicatore affidabile del verificarsi del parallelo evento fisiologico. Anzi, il superamento dello scientismo (vedi capitolo 1) permette di comprendere che quanto più rigorosamente la conoscenza umana si definisce come esprimibile sul piano verbale, tanto più diventa chiaro come un gran numero di fenomeni primari non si lascino per nulla esprimere per mezzo della parola, o, se si preferisce, per mezzo della logica razionale. Il buono, il bello, la sensibilità per le armonie, il significato della vita o della verità ultima, esistono certamente, ma sono indicibili. Eppure noi possiamo comprendere ed esprimere anche l'indicibile, come sa ogni vero artista, ogni poeta. Ciò è importante anche in natura, come nel caso della bellezza.

La bellezza esiste in natura, si manifesta in molteplici

aspetti e viene anche utilizzata dai sistemi viventi come attrazione verso finalità di integrazione meno immediata o, meglio, più complessa. per esempio, è noto che i fiori sono belli e colorati quando devono richiamare gli impollinatori, se invece il polline è sparso dal vento tale bellezza viene meno. La ipercomplessità dei sistemi viventi a grande scala, come il paesaggio, colpisce per le armonie palesi e nascoste a essa sottese, e colpisce non solo gli uomini, come ha dimostrato Jane Goodall (2000, 2001) studiando le emozioni degli scimpanzé di fronte alla percezione di paesaggi di eccezionale bellezza.

È ancora Lorenz a scrivere che la scienza è oggi in grado di mostrare che materia ed energia, irraggiamento corpuscolare e onde elettromagnetiche, eventi fisiologici ed eventi emozionali, fanno parte del medesimo processo reale, del quale abbiamo senza dubbio esperienza, ma attraverso due modi di conoscere incommensurabili. Eppure esiste un principio accessibile a entrambi i modi di conoscere, perché alla base della conoscenza stessa: la verità. Il superamento dei contrasti fra razionalità ed esperienza interiore è possibile attraverso la verità, che è in sé una, unica, invariante, a patto che, come diceva Wolfgang Pauli (1959), lo stato di un oggetto non sia considerato indipendente dal modo in cui vengono alterate dall'osservazione le possibili sorgenti di una certa informazione relativa all'oggetto.

Parlando di epistemologia (vedi capitolo 1), si è visto che esiste una precisa strada per avvicinarsi alla verità e questa strada è una corrispondenza di armonie che permette la comprensione del molteplice nell'unità. È ancora un aspetto del binomio indistinguibile verità/non-violenza già sottolineato. L'arte e la scienza hanno in comune la stessa ricerca di unità nella varietà. La bellezza e la commozione insite in un atto creativo rivelano, in una poesia come in un teorema, quella corrispondenza essenziale che permette la generazione stessa del pensiero e si identifica con essa. "La più bella sensazione è il lato misterioso della vita, – scrive Albert Einstein (1965) – è il sentimento profondo che si trova sempre nella culla dell'arte e della scienza pura".

Arte e scienza non si contrappongono, ma sono attività complementari e come tali non vanno radicalmente separate da chi si dedica alla ricerca. Anzi, vanno entrambe coltivate, perché solo così si può approfondire la conoscenza.

Osserviamo, a proposito, che il disegno può arrivare a superare l'obbligo di sequenza logica della scrittura,

e questo fatto è importante per capire ciò che Lorenz ha affermato a proposito del metodo dei pittori nello studio della natura. Tale richiamo non è importante solo per il metodo, ma anche per lo sviluppo della sensibilità alle differenze di valore fra processi non razionali. La sensibilità per le "armonie", cioè per i processi di integrazione dei sistemi ipercomplessi, dipende in buona parte dalla capacità di "percezione delle forme", particolare tipo di organizzazione dei nostri organi di senso e delle nostre strutture cerebrali, legata anche all'intuizione.

È noto da tempo che una delle funzioni più importanti della percezione delle forme è quella di permetterci di distinguere ciò che è sano da ciò che è malato. Il che è indispensabile, scriveva Lorenz, per i medici, gli studiosi di animali e gli ecologi del paesaggio. Indispensabile, perché l'"occhio clinico" non potrà mai essere sostituito da una accumulazione di dati quantitativi, anche se informatizzati, per la non esprimibilità, in senso razionale, di molte funzioni essenziali di un sistema biologico.

Una educazione artistica basata sul disegno può sviluppare l'occhio clinico particolarmente bene per quanto riguarda lo stato dei sistemi ambientali. Anche per questo, per esempio, il *Field Studies Council* di Londra forma i naturalisti anche attraverso il disegno acquerellato fin dal 1946. All'università di Scienze a Milano, finalmente, in questi ultimi anni (2008-2009) Franca Guidali ha avuto il merito di organizzare, fra l'altro, una campagna naturalistica per gli studenti basata sul disegno acquerellato, anche se l'obiettivo era solo l'illustrazione scientifica. È auspicabile che questo esperimento possa proseguire in modo più allargato e stabile. In realtà è soprattutto per gli studi sul paesaggio che il disegno e la pittura possono portare dei contributi di notevole entità, addirittura insostituibili.

7.4.2 Il contributo del disegno nella bionomia del paesaggio

In sintesi, i campi principali di utilizzazione importante del disegno e del colore nelle scienze naturali, con particolare riferimento alla bionomia del paesaggio, sono sei: 1) l'illustrazione scientifica, 2) la rappresentazione descrittiva di sistemi territoriali complessi, 3) il rilievo scientifico della fisionomia di componenti del paesaggio, 4) la ricostruzione di paesaggi (o loro componenti) nel passato, 5) la progettazione ecologica di sistemi territo-

riali o di loro componenti e 6) la progettazione ambientale e il controllo di interventi tecnici nell'ambiente.

7.4.2.1 L'illustrazione scientifica

L'importanza dell'illustrazione scientifica è forse la più nota possibilità di coniugare l'arte con la scienza. Tale illustrazione copre i campi più disparati, dalla zoologia alla botanica, all'anatomia comparata alla geomorfologia e perdura da tempo malgrado l'avvento della fotografia (dalla seconda metà dell'Ottocento), anche in campo clinico-diagnostico, per l'insuperabile capacità interpretativa a essa connessa.

7.4.2.2 La rappresentazione descrittiva di sistemi territoriali complessi

L'uso delle fotografie spesso non è sufficiente a descrivere un sistema ipercomplesso come il paesaggio, perché tale mezzo permette solo rappresentazioni istantanee, senza poter eliminare le ridondanze e i disturbi alle immagini necessarie per una serie di considerazioni sullo stato ecologico dell'ambiente. Ciò è ancora più rilevante quando si tratta di paesaggi in parte antropizzati e di rapporti fra elementi naturali e costruzioni storiche.

7.4.2.3 Il rilievo scientifico della fisionomia di componenti del paesaggio

Lo studio della fisionomia dei sistemi componenti un paesaggio esige pure l'apporto del disegno. Pensiamo per esempio alla necessità di rilevare transetti di vegetazione lungo gradienti critici, margini ecotonali, o di rappresentare in sintesi le differenze fra formazioni vegetali simili fra loro per le specie coinvolte, ma con caratteristiche fisionomiche localmente diverse.

7.4.2.4 La ricostruzione di paesaggi (o loro componenti) nel passato

La necessità di ricostruzione di paesaggi nel passato esige, quasi sempre, la capacità di fornire rappresentazioni scientifiche attraverso il disegno e i colori, almeno delle parti che più sono cambiate rispetto al momento attuale dello studio. In certi casi tali ricostruzioni vanno integrate basandosi su diverse immagini più o meno parziali e approssimative sia da mappali sia da materiale letterario o iconografico.

7.4.2.5 La progettazione ecologica di sistemi territoriali, o loro parti

Basterebbe ricordare che disegno significa di per sé anche progetto, per capire che nessuna progettazione può

prescindere da schizzi e disegni di ideazione e controllo delle componenti necessarie, sia che si tratti di parti naturali che antropiche. Il progetto di interventi su sistemi ipercomplessi (per esempio, ecotopi e loro parti) necessita di integrazione fra: gli scopi di risanamento ambientale, le indicazioni diagnostiche dei parametri ecologici coinvolti e le scelte di intervento *ad hoc*.

7.4.2.6 La progettazione ambientale e il controllo

Si distingue dal punto precedente non solo per la scala, solitamente di maggior dettaglio, ma anche per la necessità di integrare dispositivi tecnologici e di bioingegneria con esigenze di sottosistemi naturali. Spesso questo settore ha bisogno di studio di parti naturali come modello di riferimento. Il controllo estetico qui va inteso, come sempre nel caso di studi bioecologici, nel senso di semeiotica. Si aggiunge poi il controllo naturalistico, basato sulla valutazione diagnostica, ma anche sulla necessità di controllo gestaltico.

Sembra opportuno riportare a conclusione dell'argomento qualche esempio di osservazione del paesaggio attraverso il disegno.

Inizieremo mostrando uno studio sul campo per il rilevamento di un ecotopo agricolo (Fig. 7.11). Si tratta del complesso dell'antica Cascina Rosa di Castiraga Vidardo (Lodi) che risale al XV secolo. In basso a sinistra è schizzata la mappa della cascina, orientata nella stessa direzione da cui è stato eseguito il disegno, a penna. Il lavoro permette di comprendere il tipo di ambiente che caratterizza l'ecotopo in esame e di compiere le osservazioni cercando di approfondire la conoscenza in modo diretto e senza interferenze dovute alle condizioni di luce. La fotografia sarebbe stata poco utile, sia



Fig. 7.11 Rilievi di un ecotopo di paesaggio agricolo. Disegno della Cascina Rosa a Castiraga Vidardo, Lodi, che risale al XV secolo. Si noti la planimetria schizzata nell'angolo sinistro in basso

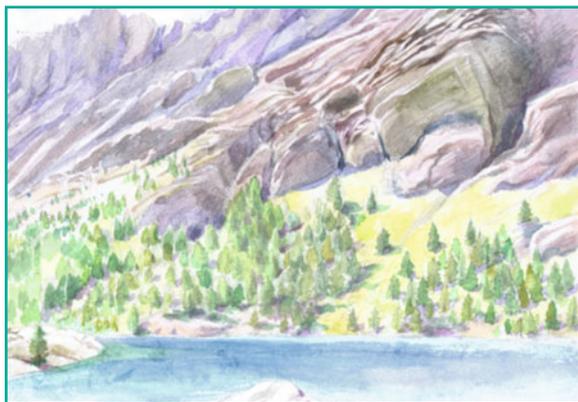


Fig. 7.12 Studio di un ecotopo naturale alpino. Acquerello che rappresenta il lago blu nell'alta valle di Ayas (AO) a quota 2120 m, ai piedi del ghiacciaio della Verra, che scende dalle cime del Breithorn (4168 m)



Fig. 7.13 Studio di un ecotopo rurale nelle colline dell'Oltrepò pavese. Acquerello che rappresenta un ecotopo presso Pometo, caratterizzato da piccoli campi, macchie di bosco e gruppetti di case coloniche

perché sarebbe risultata troppo scura, sia perché nel brevissimo tempo di inquadramento e scatto non si sarebbe potuta approfondire la comprensione degli elementi componenti l'ecotopo in questione.

Prendiamo poi in considerazione tre studi assai diversi dal precedente disegno, eseguiti sul campo *en plein air*. Un leggero schizzo a matita aiuta a impostare questi lavori, che vengono in seguito eseguiti ad acquerello: tecnica difficile, dato che non si può correggere, ma che dà dei risultati buoni sia come colore sia come luminosità e nello stesso tempo mettendo in risalto un valido disegno dal vero. Scopo principale di questi studi sono l'osservazione e la descrizione dei caratteri dei diversi tipi di paesaggio, da quello più naturale a quello più antropizzato.

La Figura 7.12 rappresenta uno studio di un tratto di paesaggio naturale nelle Alpi, in cui la caratterizzazione della giacitura e del corrugamento delle rocce è preponderante. Si tratta dell'ecotopo del "lac bleu" nell'alta valle di Ayas (quota 2120 m) ai piedi del ghiacciaio della Verra che a sua volta scende dal Breithorn (4165 m). La colonizzazione delle sponde da parte del lariceto è chiaramente documentata. Anche in questo caso, il disegno dal vero e l'acquerello sono stati necessari anche per ragioni di difficoltà nell'uso della fotografia, oltre che per meglio comprendere la struttura complessa del paesaggio.

La Figura 7.13 rappresenta invece un ecotopo agricolo di collina, nell'Oltrepò Pavese, presso Pometo (circa 500 m). L'alternarsi dei coltivi, in piccoli campi, di macchie residuali di bosco e di nuclei di case rurali

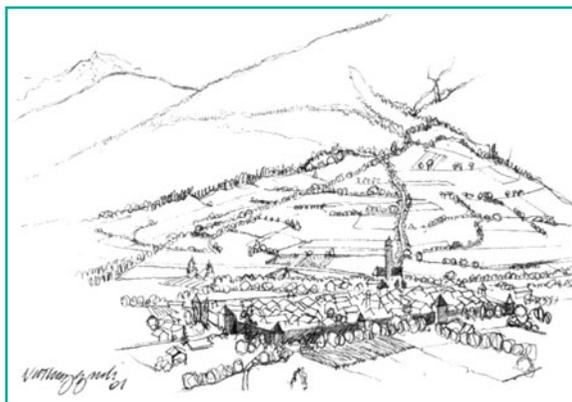


Fig. 7.14 Studio di una unità di paesaggio riferita a un'antica cittadina. Disegno a penna, che rappresenta il borgo murato in rapporto alle aree produttive (PRD) e protettive (PRT) circostanti. Siamo a Glorenza-Glurns, in Trentino-Alto Adige (Sud Tirolo) (da: Ingegnoli, 2002)

e di abitazione formano la caratteristica di questo ambiente antropizzato, che presenta diverse nicchie ecologico-territoriali, per la continua eterogeneità dell'ambiente collinare.

La Figura 7.14 è un disegno a penna che rappresenta un insediamento tradizionale ancora intatto e munito di mura in rapporto al paesaggio di fondovalle. Si tratta della cittadina di Glorenza-Glurns, nella regione Trentino-Alto Adige (Sud Tirolo), in val Venosta. Mentre la città funziona in modo analogo a una cellula, gli apparati produttivo (PRD) e protettivo (PRT) sono localizzati al suo intorno e principalmente sulla conoide alle sue spalle.

Passando a un uso più tecnico che descrittivo del

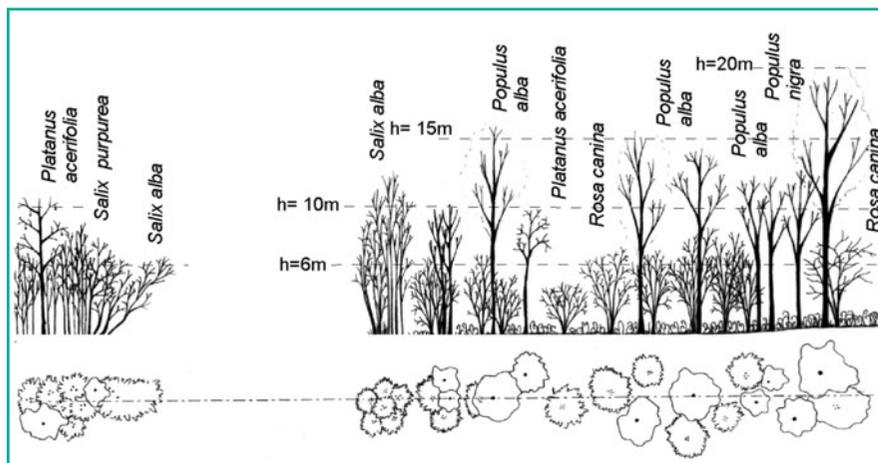


Fig. 7.15 Disegno di un transetto di bosco ripario nel Parco Regionale del Ticino, Bosco Vedro. Si noti che la fisionomia della vegetazione non ammette scorciatoie mediante riduzioni geometriche computerizzate delle piante presenti (da: Ingegnoli, 2002)



Fig. 7.16 Studi per il risanamento ambientale della miniera a cielo aperto di marna da cemento a Tavernola Bergamasca (lago d'Iseo). *A sinistra* la foto dello stato ambientale al 1991. *A destra* il disegno a tempera che mostra le previsioni di progetto ecologico di risanamento

disegno, mostreremo un transetto della vegetazione forestale del Bosco Vedro, nel Parco Regionale Lombardo del Ticino (Fig. 7.15). Questo studio, che riporta in pianta la fascia di vegetazione presa in esame e in alzato le caratteristiche fisionomiche delle piante, è stato eseguito in scala opportuna (1:200) e sono state tracciate le altezze fino a 20 m. Si noti che tale disegno non potrebbe essere stilizzato geometricamente per via informatica, a rischio di perdere del tutto i caratteri del suo stato ecologico reale.

Un altro uso tecnico del disegno viene presentato nella Figura 7.16: la foto *a sinistra* mostra lo stato am-

bientale (1991) del versante a fianco del paese di Tavernola Bergamasca, sul lago di Iseo, in cui è presente una vasta miniera a cielo aperto di marna da cemento, che invade metà del versante del monte retrostante. Dopo l'imposizione da parte regionale di un progetto di risanamento ecologico, gli studi effettuati dallo Studio Ingegnoli mostrano una previsione degli effetti degli interventi in cui la ricostruzione morfologica viene eseguita tramite programma informatico, ma in un secondo tempo la distribuzione delle macchie di riforestazione viene effettuata tramite disegno e colori a tempera, come si può vedere *a destra*.

8.1 Importanza della storia nello studio del paesaggio

8.1.1 Verso una nuova definizione di storia

Nel capitolo 2, paragrafo 2.2.2, abbiamo sottolineato come sia inevitabile assegnare un ruolo fondamentale alla storia nello studio dei sistemi ecologici. Ciò significa che la storia non si deve occupare solo delle vicende umane, ma anche di quelle naturali ed ecologiche, come il paesaggio. Purtroppo, tuttora, alcuni insistono a considerare la storia come riferita esclusivamente all'uomo, riducendo di conseguenza la storia del paesaggio ai segni antropici "che l'hanno formato". Con una impostazione così limitante, il concetto di paesaggio naturale perderebbe il proprio significato, come se quegli stessi segni antropici non fossero in buona parte indirizzati e sostenuti da fattori naturali, argomento oggi contraddetto dall'analisi scientifica. Si noti che il permanere di questa visione ultra-antropocentrica della storia risulta, inoltre, eticamente discutibile, in quanto pone l'uomo come potenziale tiranno svincolato dalla natura, preconcetti alla base di ogni genere di degradazione.

È sicuramente errato anche l'atteggiamento opposto, vale a dire il tentativo di definizione del paesaggio in senso esclusivamente naturale come "la totalità dinamica e unitaria del mondo in cui viviamo". Anche questa visione è brutale e assai arrischiata poiché, come scrive Langé (2003), "tende a escludere tutto quanto non rientri in una specie di riproposto scientismo teso a rilevare la legge di sviluppo di questo universo". Rifiutando un'epistemologia scienziata, per le ragioni espresse nel primo capitolo, si ricorda che lo sviluppo di un paesaggio come entità vivente non è riducibile a

un semplice accadimento. Di conseguenza entrambe le visioni oltranziste, dello scientismo e di un antropocentrismo fanatico, sono aspetti da superare, se si vuole studiare seriamente un sistema complesso come il paesaggio. Tale sistema, infatti, supera:

- a) sia l'accadimento deterministico, in quanto è un livello di organizzazione biologica, quindi un sistema ipercomplesso adattativo prodotto da eventi imprevedibili e che si sviluppa in senso "avvenimentale", di cui l'uomo è parte integrante in quanto esso stesso essere biologico;
- b) sia il disegno e il prodotto antropico, in quanto, appunto, è esso stesso un'entità vivente, mai del tutto riducibile al volere di una sua componente, sia pure quella senza dubbio più dotata: il tutto è sempre superiore alla somma delle sue parti, secondo il principio delle proprietà emergenti.

La bionomia del paesaggio necessita, quindi, di rivedere il significato di storia.

Nel linguaggio comune il termine storia è usato per connotare le trasformazioni temporali di un sistema o, più in generale, di una entità, mentre gli studiosi si richiamano all'etimo del termine greco-latino *historia* che significa propriamente "ricerca, indagine, cognizione", derivato da una radice indoeuropea, da cui il greco *ιστωρ* è anche "colui che sa" (Vocabolario Treccani, 1996).

Seguendo la visione antropocentrica più spinta, *la storia è conoscenza del passato umano*, definizione che non indica una semplice opera di narrazione di tale passato, ma neppure uno studio o una ricerca di elementi fine a se stessi. Il riconoscimento che il paesaggio acquisisca la sua caratterizzazione a causa delle trasformazioni procurate dall'uomo nel tempo, permette comunque che il paesaggio, come tutte le vicende umane del passato, possa diventare oggetto delle operazioni e

dell'attività dello storiografo. Dalla sistemazione ordinata dei reperti, dei documenti e delle vicende storiche e tenendo conto delle intenzioni dei soggetti che li hanno prodotti, degli orientamenti generali della società e delle espressioni culturali, il paesaggio è visto essenzialmente ed esclusivamente come "prodotto culturale".

Seguendo la visione scienziata e riduzionista, *la storia è descrizione di dinamiche naturalistiche*, codificate a uso accademico e didattico, che presuppongono di poter dedurre le vicende temporali da talune tipizzazioni in conformità a talune leggi. Un paesaggio viene, quindi, studiato secondo la sua "storia naturale", considerando un territorio (o una sua parte) come fosse un dato che contiene in sé a un tempo, una volta per tutte, ogni suo proprio fattore di determinazione. Per questo, le trasformazioni naturali vengono riportate a schemi evolutivi formalizzati astrattamente in conformità a regole di stampo riduzionista. Alcuni autori pensano, di conseguenza, di poter valutare lo stato ecologico di un paesaggio basandosi sulla "distanza" della vegetazione esistente dalla vegetazione potenziale composta dagli stadi finali di opportune serie di vegetazioni in assenza di disturbi.

Proprio per quanto sopra espresso, appare chiaro che entrambe queste definizioni di storia si dimenticano di considerare i paradigmi più avanzati delle attuali conoscenze e possono portare nella pratica a *distorsioni metodologiche* anche gravi. In effetti, tali visioni sono essenzialmente dovute a limitazioni epistemologiche del sapere e della ricerca. Come abbiamo scritto, una nuova definizione dei sistemi complessi adattativi, della vita, dell'evoluzione, del tempo, dei principi fisico-matematici, come pure una maggiore attenzione alla verità, portano necessariamente e inequivocabilmente a una definizione di storia assai diversa, più vicina all'etimo originario di *historia*.

Si deve sottolineare ancora una volta che tutta la realtà si trasforma seguendo una freccia del tempo in evoluzione non riduzionista, ma in totale libertà creativa: per questo senza storia è del tutto impossibile capire il procedere e il significato degli eventi, sia naturali sia umani. L'irreversibilità del tempo porta a una successione di processi: il fluire del tempo non è omogeneo, quindi i fenomeni avvengono in tempi diversi e sono scalari. È quindi teoricamente possibile riconoscere due comportamenti in rapporto alla freccia del tempo, sia come variazione sia come stasi. Il giuoco di tali comportamenti configura i sistemi reali, rendendo impossibile un determinismo tetragono, che oltretutto

non è in grado di dare ragione alla creatività dei sistemi viventi. La storia è la ricerca sull'evolversi avvenuto nei sistemi naturali, cioè "*sull'avvenimento*" dei fenomeni nel tempo trascorso.

8.1.2 Il concetto di storia ambientale

Deve essere chiaro che solo una concezione "avvenimentale" della natura è capace di superare la dicotomia fra un senso ultra-antropico e uno scienziato della storia, essendo in grado di sviluppare opportunamente gli studi storici su sistemi complessi quali il paesaggio. Seguendo detta concezione, si potrà evitare il verificarsi di distorsioni che portano:

- a) alla frammentazione arbitraria di paesaggi come fossero indifferenti porzioni geometriche di spazio assunte a supporto di accadimenti e scelte politico-amministrative dell'uomo, più o meno opportunistiche o cronachistiche; o all'opposto
- b) alla concezione deterministica del paesaggio, secondo un significato descrittivo del succedersi di tipizzazioni, formalizzate astrattamente in conformità ad alcune regole che si presumono valide in assenza di interferenze umane.

Come scrive Luigi Zanzi (1995), è doveroso, oggi, parlare di storia "ambientale". Questo noto storico, che non a caso è stato in contatto con Ilya Prigogine, afferma che questo concetto di storia ambientale è da intendersi propriamente come storia locale, cioè come storia di un luogo (per esempio, di una unità di paesaggio) considerato nella sua autonoma e differenziale individualità a partire dalla sua consistenza ambientale. Alla "storia naturale" si deve sostituire una "storia della natura", attenta innanzitutto al processo di formazione e continua metamorfosi di singoli "paesaggi locali". Ciascun luogo ha la sua storia, del tutto *irripetibile*, che va ricostruita secondo le tracce che gli avvenimenti di trasformazione territoriali rilasciano nel luogo stesso. In tale prospettiva, non vi è più una natura che si possa assumere universalmente come oggetto di storia, ma vi sono tanti luoghi naturali della cui storia la natura è compendio teorico.

La storia di una entità evolutiva (per esempio, una unità di paesaggio), consiste principalmente nel racconto degli avvenimenti attraverso i quali essa si è formata. Le considerazioni retrospettive di un processo evolutivo possono mirare a differenziare fasi di sviluppo, momenti di svolta, di arresto, di rottura, soglie di progresso o re-



Fig. 8.1 Veduta del castello di Racconigi dal suo Parco all'inglese. Questo vasto complesso ha una storia piuttosto travagliata di trasformazioni sia antropiche sia naturali, e può servire da esempio per ricordare che la storia di una unità di paesaggio deve essere studiata secondo il concetto "avvenimentale"

gresso, introducendo però fattori interpretativi, e ponendo in rilievo nel flusso avvenimentale uno o più episodi particolarmente caratterizzanti. Si compie così un uso di singoli dati e fatti ricavati dagli archivi della storia al fine di una teorizzazione. La storia deve, quindi, proporsi la "ricostruzione" dei fatti a partire dalle loro tracce residue, senza però sradicarli dal quadro "locale" degli avvenimenti in cui tali fatti sono accaduti, anzi "contestualizzandoli" nella loro unica ed esclusiva pertinenza "spazio-temporale" a quel sistema nella cui continuità e complessità si sono prodotti.

Si riporta a proposito una veduta del castello di Racconigi con il suo noto parco (Fig. 8.1), la cui storia ha connotati antropici e naturalistici con numerose vicende di trasformazione legate sia alla campagna sia al borgo. Il parco geometrico disegnato dal famoso architetto paesaggista francese André Le Notre¹ nel Seicento fu sostituito nell'Ottocento dal parco naturaliforme "all'inglese" realizzato per Carlo Alberto dal tedesco Xavier Kurten. Il complesso, oggi in parte da restaurare, ospita diverse coppie di cicogne. L'UdP formata dal suddetto sistema può essere un esempio emblematico della necessità di studiare la storia in senso ambientale.

Come sappiamo, ogni unità di paesaggio va sempre contestualizzata in modi diversi e molteplici, dato che questioni teoriche diverse configurano perimetrazioni

diverse, per scala, morfologia, consistenza ecc. Aspetti orogenetici, geomorfologici, vegetazionali, di evoluzione ecologica, di trasformazione culturale ecc. rinviano a campi avvenimentali diversi. Si può così riaffermare l'importanza di un nuovo modello strutturale di paesaggio secondo il concetto multidimensionale di ecotessuto (vedi capitolo 3, paragrafo 3.1).

8.1.3 L'interpretazione storica del paesaggio

Dopo aver definito la storia come "ricerca sugli avvenimenti evolutivi della natura nei tempi passati (uomo compreso)", è necessario tenere presente che per il compimento di tale, spesso arduo, studio sono richieste approfondite discipline sia umanistiche sia scientifiche. Visto che la contestualizzazione ha bisogno di studi specifici per arrivare a scopi corretti (per esempio per arrivare alla perimetrazione di un ecotopo o di una UdP in bionomia del paesaggio), si deve riconoscere che anche l'interpretazione degli avvenimenti che hanno segnato l'evolversi di un paesaggio necessita di studi *ad hoc*.

Anche per queste ragioni, la presentazione dei principi di ecologia (poi bionomia) del paesaggio è accompagnata (Naveh e Lieberman, 1984; Ingegnoli, 2002; Ingegnoli e Giglio, 2005) da una sintesi dei fondamenti della teoria dei sistemi (vedi capitolo 2, paragrafi 2.3 e 2.4), che può aiutare nelle interpretazioni più complesse, in cui componenti umane e naturali si integrano in vari

¹ Si ricorda che André Le Notre è stato l'ideatore sia dei Giardini sia del grande Parco Reale di Versailles, progettato per il Re Sole, Luigi XIV, nella seconda metà del Seicento (a partire dal 1661).

modi. Conoscenze di archeologia e storia delle nazioni, storia delle popolazioni locali, storia dell'agricoltura, storia dell'architettura, storia delle tecnologie, sono pure di indubbia importanza nel caso di paesaggi antropizzati. Ecologia, botanica, zoologia, geomorfologia, pedologia, climatologia attuali e riferiti al quaternario ecc. sono indispensabili in ogni caso di studio sul passato dei paesaggi.

Si osserva, a proposito, che interpretazioni incomplete o distorte da una limitante definizione di storia sullo sviluppo di componenti paesistiche di rilievo sono più frequenti di quanto si possa credere. Una emblematica interpretazione superficiale è stata riferita da Ingegnoli (1993, 2002) riguardo alla storia dei parchi e dei giardini fra il Settecento e l'Ottocento. La storiografia ufficiale parla di trasformazione dai giardini formali (alla francese) a quelli naturaliformi (all'inglese) a partire circa dalla metà del XVIII secolo, fino a raggiungere quasi la fine del secolo seguente, motivando questo profondo cambiamento con ragioni di carattere esclusivamente culturale, umanistico, quali: il pensiero dei filosofi e dei poeti, la suggestione dei pittori paesaggisti, l'influenza del giardino orientale. In realtà, tali interpretazioni storiche sono solo apparenti: la ragione principale del cambiamento deriva dalla crisi ambientale di allora dovuta al forte sviluppo dell'industrializzazione. Come noto, essa nasce in Inghilterra, si diffonde prima di tutto nel mondo rurale e subito dopo nelle fabbriche, compie le prime vaste degradazioni dell'ambiente, i primi forti inurbamenti e muta il modo di vita della società. È logico quindi che la parallela reazione – in prevalenza inconscia – a tale stato di crisi produca i primi parchi pubblici nelle città e i primi giardini naturaliformi “all'inglese”, che verranno poi esportati in tutta Europa, e pure in America, fino alla seconda metà dell'Ottocento e oltre. Solo la bionomia del paesaggio riesce a dimostrare oggi che, malgrado i grandi cambiamenti di quell'epoca, molti paesaggi europei sono riusciti a mantenere la loro BTC media grazie anche al nuovo modo di costituire i parchi.

Nello studio dello sviluppo di ogni sistema complesso adattivo, quindi anche nello studio della storia di una unità di paesaggio, sono in giuoco campi temporali assai diversi, riferiti per esempio a processi di corto, medio, lungo e lunghissimo termine: ciò rende spesso difficile l'interpretazione dell'avvenimento storico. Ricordando i sistemi gerarchici (vedi capitolo 2, paragrafo 2.3.2), si deve sottolineare che velocità di processi e scala spazio-temporale sono fra loro collegati

in modo non sempre immediato.

Si deve tenere presente che ci si può trovare di fronte a comportamenti del sistema del tutto inaspettati, che sono frutto di dati del passato magari secondari o inconsci, ma che si sono evoluti influenzando altre componenti che a loro volta hanno proceduto in modo ritardato o viceversa autoesaltante. Ricordiamo che a volte un sistema complesso reagisce in tempi brevissimi a un input, magari con violenza, mentre in altri casi la robustezza di un sistema, cioè la sua capacità di incorporazione dei disturbi, permette di assorbire in tempi lunghi una notevole quantità di perturbazioni e di stimoli senza che accada nulla ma, poco dopo, improvvisamente tale sistema cambia assetto anche in modo dirompente, modificando la propria organizzazione e i propri comportamenti. Proprio a causa di tali interazioni di complessità, spesso un sistema può perdere la correlazione causale diretta con l'*input* e manifestare effetti su orizzonti temporali anche molto differenziati. Ne segue che anche l'*output* perde la correlazione temporale diretta con l'*input*. Lo studio storico dell'evoluzione dei paesaggi viene così ad assumere l'importanza di un'anamnesi, perché il comparire di certi sintomi, dovuti al manifestarsi di effetti ritardati, potrebbe indicare che non si fa più in tempo a rimediare, perlomeno in periodi brevi.

8.1.4 Le fonti storiche e il paesaggio

Nella ricostruzione storica di un paesaggio o di una sua parte una indubbia importanza è legata alle fonti di informazione, al loro reperimento, alla loro discussione critica, all'interpretazione dei dati necessari. Dovendo procedere negli studi storici alla luce dell'impostazione precedentemente espressa, è indispensabile cercare le fonti di informazione adatte ai nostri scopi, e poi leggere e interpretare i dati opportunamente. Il nostro assunto – la storia ambientale – non è sempre facile da perseguire, perché in genere ancora oggi troppe persone pensano alla storia in modo esclusivamente umanistico, e gli archivi storici sono strutturati, salvo eccezioni, sulla base di questi aspetti umanistici. D'altra parte, i musei di storia naturale presentano certi processi nel tempo, ma limitatamente a settori di vastissima scala temporale (ere geologiche ed evoluzione biotica), essendo altrimenti impostati in prevalenza sulla tassonomia e sull'autoecologia delle specie. Ne segue che reperire i dati che servono alla ricostruzione dei paesaggi nel passato recente diventa, il più

delle volte, una impresa non facile.

Come noto, le principali fonti di informazione sul passato di componenti umane e naturali costituiscono cinque insiemi complementari, possibilmente da indagare tutti, e successivamente relazionare, in modo iterativo. Tali insiemi sono:

- fonti bibliografiche;
- fonti cartografiche;
- fonti iconografiche;
- fonti reali dirette;
- fonti reali indirette (*da*: Ingegnoli e Giglio, 2005, con aggiornamenti).

8.1.4.1 Fonti bibliografiche

Le fonti scritte, in special modo i libri, sono diversissime e varie, ma molto più difficili da trovare, se si escludono i sommari dei catasti, che sono reperibili sempre negli stessi archivi dove si trovano le mappe. Didatticamente troviamo utile riportare, assieme alla segnalazione delle pubblicazioni che interessano gli studi storici sui paesaggi, qualche esempio (prevalentemente riguardante la Lombardia), per evidenziare più che altro i settori di maggiore interesse ove cercare testi adatti per i nostri studi.

1. *Istituto Nazionale di Statistica (ISTAT)*: ha sedi nelle grandi città, pubblica dati utili anche per i nostri scopi a partire dalla presa di Roma (1871), con qualche sintesi dall'Unità d'Italia (1861), negli Annuari Statistici. Possono essere utili i seguenti argomenti: clima, foreste, agricoltura, caccia e pesca, popolazione, tipo di occupazione, consumi di energia, strade e ferrovie, settori industriali ecc.
2. *Altre pubblicazioni di statistica*: nelle biblioteche si possono trovare annuari regionali o provinciali già nell'Ottocento (per esempio, per il Regno Lombardo-Veneto, il Trentino ecc.). La De Agostini ha pubblicato, in modo sintetico, calendari geografico-statistici dall'inizio del 1900 (scala nazionale e regionale).
3. *Storia del clima*: poche le pubblicazioni di valore. Interessante per esempio, per lo studio del paesaggio, il testo di Le Roy Ladurie (1967), basato fra l'altro sugli inizi delle vendemmie. I dati generali dell'IPCC (attenzione agli errori) e quelli contrapposti del N-IPCC (*Non-Governmental IPCC*) sono anch'essi da ponderare senza polemiche.
4. *Storia del paesaggio*: non ci sono molte pubblicazioni al riguardo. Fra le più note, e fra le prime, citiamo la storia del paesaggio inglese (Hoskins, 1955, 1971) e quella del paesaggio agrario italiano (Sereni, 1961, 1972) sulle trasformazioni dovute soprattutto a motivi culturali e socio-economici. Libri sulla storia del paesaggio lombardo sono stati editi da Electa (1981), con testi di geografi (Turri), storici dell'architettura (Perogalli), studiosi del paesaggio (Ingegnoli).
5. *Storia dei paesaggi forestali*: qualche notizia sulla storia di paesaggi forestali a livello regionale si può trovare presso l'Accademia Nazionale di Scienze Forestali di Firenze e/o le facoltà del settore. Ma è più facile trovare singoli studi pubblicati da dottori forestali sullo stato locale delle foreste alla fine dell'Ottocento o nella prima metà del Novecento. Una nota storia dei boschi è stata scritta dal tedesco H. Kuster (2003).
6. *Studi storico-archeologici*: soprattutto dall'epoca calcolitica e da quella del ferro, possono essere utili alcune ricostruzioni dei paesaggi locali o provinciali. Interessanti per esempio le pubblicazioni del Centro Studi sui Camuni (Anati, 1985).
7. *Storia dell'architettura del paesaggio*: non molti i testi affidabili per i nostri scopi, dato il taglio umanistico di molti autori. Il più raccomandabile per l'Italia è l'opera di Calcagno Maniglio (1983), mentre a livello più vasto si deve citare il libro di Pregill e Volkman "Landscapes in History" (1998).
8. *Storia delle architetture rurali*: soprattutto importanti i tentativi di correlare tali forme alle caratteristiche dell'ambiente. I primi studi sono stati pubblicati per il CNR da geografi (Saibene, 1955, 1980); interessante lo studio sulle cascate del territorio di Milano (Perogalli, 1975).
9. *Storia delle ville e dei castelli*: molti sono gli studi su questo argomento, ma pochi trattano con competenza del basilare rapporto di ville e castelli con il territorio. Interessanti i testi sulle ville lombarde (Langé, 1972, 1980). Sui castelli si cita, per esempio, il libro di Tabarelli de Fatis "Castelli del Trentino" (edito da Goerlich, Milano, 1974).
10. *Storia dell'urbanistica e del territorio*: vale il discorso fatto per il punto precedente. In questo caso si possono citare i libri di Sica "Storia dell'Urbanistica" nei tre volumi sul Settecento, Ottocento e Novecento (1976, 1980).
11. *Storie di territori locali*: vi sono moltissimi casi, da scegliere a seconda delle località che interessano, spesso anche corredati di fonti iconografiche. Interessanti le vecchie pubblicazioni del Touring Club Italiano (TCI) divise per regioni storiche, che documentano monumenti, centri storici e paesaggi a partire dagli anni 1925-30.

8.1.4.2 Fonti cartografiche

I riferimenti cartografici rimangono il dato essenziale, per certi versi primario, per ogni studio storico sul paesaggio; essi hanno in Italia tre fonti principali e altre secondarie, che citeremo in breve partendo dai tempi recenti verso il passato remoto.

1. *Servizi Cartografici delle Regioni*: sono distribuiti nelle sedi tecniche regionali che conservano carte topografiche in scala 1:10.000 (chiamate CTR, carte tecniche regionali) e spesso anche loro riduzioni in scala 1:25.000, attuali, redatte nel corso degli ultimi 5-6 anni, ma anche del recente passato (per esempio, di solito, a partire dagli ultimi 30-40 anni). Dispongono di conseguenza anche di serie fotografiche aeree degli stessi periodi;
2. *Servizio cartografico IGM (Istituto Geografico Militare)*: ha sede a Firenze e può fornire serie di carte (scala 1:25.000) rilevate prevalentemente in tre periodi: fine Ottocento (~1888-1892), prima metà Novecento (~1934-1938) e ultimo dopoguerra (~1962-1966). È disponibile una serie completa di fotografie aeree degli anni 1954-1955 su tutto il territorio italiano, riprese dall'Aviazione statunitense;
3. *Archivi Storici di Stato*: sono distribuiti generalmente per provincia. Conservano le mappe del cessato catasto (fine Ottocento-primi Novecento) e dei catasti precedenti, suddivisi per regione, a seconda dei governi locali. per esempio, per la Lombardia hanno il Catasto di Carlo VI d'Asburgo (1721-1723) e l'aggiornamento di Maria Teresa (1770-80) misurati in trabucchi (scala di circa 1: 2800), le mappe dell'IGM

dell'Imperial Regio Governo Austro-Ungarico (1840-50) in scala 1:25.000.

4. Archivi privati e altre fonti varie: comprendono Archivi Ecclesiastici, Archivi delle Stampe (per esempio, Bertarelli, al castello Sforzesco di Milano), Archivi Nobiliari o di Istituzioni Locali, Archivi di Associazioni di categoria ecc. Nella Figura 8.2 si riporta (per gentile concessione dell'archivio Ente Villa Carlotta, peraltro assai ricco di dati di ogni genere sulla Villa e sul Parco) l'antica Mappa di Villa Carlotta (Lago di Como) nel Settecento, prima della formazione dei grandi giardini voluti dalla famiglia Sachsen-Meiningen. Dalla mappa si può notare che l'attuale "Valle delle Felci" era allora un tratto ancora naturale di territorio.

8.1.4.3 Fonti iconografiche

I reperti storici che riguardano ogni tipo di rappresentazione possono trasmettere informazioni, che in diversi casi risultano assai utili: essi formano le fonti iconografiche. Si tratta di graffiti, stampe antiche in rame, litografie, disegni, dipinti a olio, acquerelli ecc. Molti di questi elaborati si possono reperire in un arco di tempo assai lungo, che risale almeno dall'epoca romana fino a oggi. Più recentemente, dalla fine Ottocento a oggi, risultano utili anche vecchie cartoline, vecchie fotografie, vecchi giornali o riviste. Nella Figura 8.3 possiamo vedere il paesaggio di Loveno di Menaggio (lago di Como) all'inizio dell'Ottocento, e constatare che, prima della formazione del grande giardino Mylius-Vigoni, la zona era agricola con macchie alberate



Fig. 8.2 Mappa di Villa Carlotta (Lago di Como) nel Settecento, prima della formazione dei grandi giardini voluti dalla famiglia Sachsen-Meiningen (archivio Ente Villa Carlotta)



Fig. 8.3 Veduta del paesaggio di Loveno sopra Menaggio (Lago di Como) all'inizio dell'Ottocento, in cui si vede la villa Mylius-Vigoni (dietro la chiesa) ancora senza il suo grande parco; nella collina retrostante presenza di qualche macchia di bosco

sulla collina retrostante: questione che si è rivelata importante nello studio dello stato ecologico di tale Villa (vedi Fig. 6.11).

Le fonti iconografiche sono reperibili sia negli archivi delle stampe sia nelle biblioteche, sia negli archivi fotografici (per esempio, Alinari a Firenze), mentre per i disegni e i dipinti vi sono molte pubblicazioni, anche monografiche, sui pittori italiani o europei che sono utili quando trattano soggetti che interessano le nostre ricerche nelle località in esame.

8.1.4.4 Fonti reali dirette

Fra i più cruciali insiemi di dati a carattere storico sul paesaggio e i suoi componenti stanno queste fonti di informazione “dedotte sul campo”, derivate in modo più o meno diretto da sopralluoghi sul territorio in esame. In questo caso è necessario saper osservare in modo assai approfondito, e con metodo, le componenti che formano un elemento del paesaggio, a scale diverse, per riuscire a estrarre le informazioni necessarie.

Tali fonti si rivelano semplicemente indispensabili per le componenti antropiche, perché non è affatto detto che un insediamento, o dei campi, apparentemente rimasti inalterati da un paio di secoli sulle mappe, abbiano in realtà ancora l'assetto antico. Quindi la verifica è obbligatoria.

Parimenti indispensabili sono queste fonti dirette anche per le componenti naturali, perché non è detto, ovviamente, che un bosco segnato su una mappa (senza attributi ulteriori) sia oggi ciò che poteva essere stato ieri. Il caso più comune è che si tratti di un bosco un tempo ceduo e oggi invece no: il che può pesare sul tipo di organizzazione dell'UdP in esame.

8.1.4.5 Fonti reali indirette

Anche se di solito meno pregnanti, un insieme di informazioni può derivare dalla realtà locale in modo indiretto, cioè mediato da un programma controllato di interviste con certi rappresentanti della popolazione autoctona. Possono essere, per esempio, le persone anziane che svolgevano un ruolo particolare (forestali, guardiacaccia, agricoltori, insegnanti ecc.) e che possono fornire informazioni talvolta assai utili in mancanza di altre fonti documentarie. Ovviamente tali inchieste vanno svolte in modo tecnicamente valido, e vanno controllate per confronto con altre fonti disponibili e per attenta analisi logica. Altri tipi di informazioni possono derivare da inchieste calibrate per conoscere il senso percettivo del paesaggio avvertito dalla

popolazione locale e che può contenere dei dati utili sulla memoria storica delle componenti più significative di una unità di paesaggio.

8.1.5 Metodologia storiografica e paesaggio

Si deve sottolineare che la lettura critica, integrata, comparata e ragionata delle informazioni derivate dalle fonti necessarie allo studio in esame, lettura mirata agli obiettivi principali della ricerca, costituisce uno schema metodologico di base sempre valido. Si ricorda che per lo studio della dinamica di trasformazione di una unità di paesaggio sono necessarie le ricostruzioni di *almeno due stati passati*, e questa indicazione è fondamentale per orientare le analisi storiografiche. Sono infatti necessari almeno tre punti per riconoscere l'andamento dinamico di una curva: se si vuole evitare di ridurre il movimento a una retta, si dovrà considerare almeno un punto fra i due estremi (presente e passato) per verificare se si tratti di una curva concava o convessa. La distanza dallo stato attuale dei due periodi di riferimento nel passato è piuttosto variabile, e dipende essenzialmente da due fattori:

1. la scala principale di interesse;
2. la disponibilità delle fonti al reperimento dei dati.

È noto che più la scala spaziale di una UdP è vasta, più è necessario arretrare i periodi storici di riferimento. Si aggiunga che un inquadramento generale di metodo non è sufficiente per affrontare il nostro tema: può essere necessario avere un'ulteriore traccia a partire dai principali tipi di fonti. Si riprendono, quindi, sempre in sintesi, le fonti citate nel precedente paragrafo, per fornire qualche cenno di metodo nella lettura delle informazioni sul passato al fine della ricostruzione storica di una unità di paesaggio.

8.1.5.1 Bibliografia

Essendo di solito assai difficile trovare fonti esaustive riferite al territorio in esame, la comparazione critica fra i vari aspetti trattati in letteratura diviene fondamentale. La questione più importante sta, quindi, nella necessità di confronto continuo fra le fonti bibliografiche. Inoltre è indispensabile:

1. rapportare con metodo e pazienza le informazioni bibliografiche ai dati cartografici, tenendo sempre presente la necessità di lavorare a scale spazio-temporali diverse. Si suggerisce, inoltre, di leggere testi

non solo direttamente descrittivi le componenti di un certo paesaggio, ma di allargarsi ad argomenti di cultura e costume, di tecniche di coltivazione, in modo da comprendere come tale paesaggio poteva essere percepito e gestito, verificando meglio il rapporto fra la popolazione locale e il suo territorio;

2. *attenzione*: le informazioni di tipo statistico necessitano di una rielaborazione di controllo. Infatti, le categorie tematiche che interessano l'ecologia del paesaggio non sono prese in considerazione dall'ISTAT (né dalla De Agostini o altri), che mantengono una impostazione non ecologica sul settore territorio e ambiente. In certi casi bisogna risalire al passato per ricostruire dati più recenti, come per esempio la distinzione fra "improduttivo" urbanizzato e naturale, tema che fino all'inizio del Novecento veniva rilevato in modo distinto, e che dalla metà del secolo si è unificato inspiegabilmente. È perciò indispensabile utilizzare dei metodi di interpolazione, ricordando anche in questo caso che sono necessari sempre tre punti di riferimento.

8.1.5.2 Carte e mappe

Non vi è dubbio che per la ricostruzione storica di una unità di paesaggio, le mappe locali e le carte geografiche e topografiche rimangono senza dubbio la fonte primaria di informazione.

1. Si ricorda che la lettura critica delle carte deve *sempre* partire dalla *situazione presente*, per poter comprendere bene le modalità delle trasformazioni, e per interpretare in modo corretto le tipologie di elementi del paesaggio che sono state rilevate, facendo riferimento a una serie di linee e aree caratterizzanti la località.
2. È necessario poi chiarire il meglio possibile le categorie di rilievo mappate nel passato, per trarre le informazioni ecologiche corrette e saper comparare tali informazioni con quelle odierne. Questa è forse la fase più difficile, in quanto non sempre nei sommari descrittivi sono specificate delle nomenclature che vengono date per scontate, ma che invece oggi sono quasi del tutto modificate. Per esempio, nelle precise mappe catastali del Lombardo-Veneto asburgico, si leggono dizioni del tipo: "bosco ceduo, bosco dolce, bosco forte", come si può notare nella ricostruzione del territorio dove poi è sorto il Parco di Monza negli anni 1721-22 (Fig. 8.4). Ceduo si dice ancora oggi, "dolce" e "forte" sono termini invece riferiti alle specie dominanti di latifoglie temperate a legno tenero o

a legno duro, vale a dire: populeto-saliceti o alneti (legno dolce) e quercocarpineti o acero-tiglieti (legno forte). A scala di maggiore sintesi (per esempio, 1:25.000) è invece più difficile avere informazioni sui boschi, perlomeno in epoche precedenti la cartografia IGM del Regno d'Italia: in queste ultime alcuni simboli sul tipo di vegetazione sono di solito presenti, come noto, e le legende di queste carte sono piuttosto dettagliate e ben conosciute.

3. Si deve ricordare che le carte antiche riportano solo l'uso del suolo (spesso in modo sintetico), mentre la ricostruzione di una UdP non può limitarsi a questo primo tipo di informazione. Di conseguenza, le principali tematiche dell'uso del suolo (per esempio, boschi, prati, campi, frutteti, urbano), devono venire specificate possibilmente con distinzioni per carat-

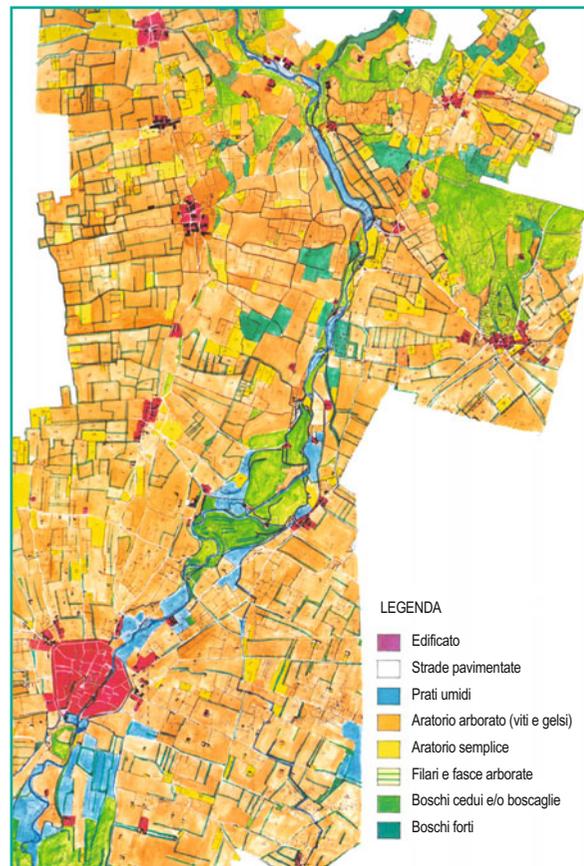


Fig. 8.4 Il territorio a Nord di Monza, sul quale è in seguito stato costruito il famoso Parco, è stato ricomposto utilizzando le mappe del Catasto di Carlo VI di Asburgo (1721). Si può constatare che le macchie residuali di "bosco forte" (*verde scuro*) corrispondono alla localizzazione medievale del cosiddetto Bosco Bello, con dominante di rovere e farnia

teristiche ecologiche, indicando almeno le principali fisionomie di boschi, prati, coltivi ecc., altrimenti la valutazione con indici ecologici diventa troppo sommaria. È necessario ricorrere alla letteratura e all'iconografia.

4. *Attenzione*: un ulteriore aspetto, che va sempre controllato rispetto ai dati attuali, è quello relativo alle misure di superficie e perimetrazione delle carte antiche che erano state rilevate a mano e la cui georeferenziazione in rapporto alle reti topografiche nazionali o internazionali era pressoché inesistente. È necessario almeno il confronto dei dati attuali con quelli antichi, dal generale al particolare, ed eventuali aggiornamenti proporzionali con i dati georeferenziati basandosi sulle strutture geofisiche meno soggette a trasformazione negli ultimi secoli.

La figura 8.4 mostra il territorio a Nord di Monza sul quale è in seguito stato costruito il famoso Parco. Questa carta è stata ricomposta pazientemente utilizzando le mappe del Catasto di Carlo VI di Asburgo (1721). Si può constatare che le macchie residuali di "bosco forte" (verde scuro) corrispondono alla localizzazione medievale del cosiddetto Bosco Bello, con dominante di rovere e farnia (querco-carpineto).

8.1.5.3 Iconografia

Di solito si tende a trascurare queste fonti di rappresentazione, ma è un errore grossolano. Le informazioni iconografiche possono servire per specificare meglio elementi rilevati nelle mappe a titolo generico. Per esempio, l'uso del suolo "coltivi" o "campi agricoli" non dice nulla riguardo al tipo di coltivo (cereali, ortaggi, legumi, foraggi, frutta, vigneti ecc.) né riguardo alla presenza di filari o siepi fra i campi; è indispensabile, quindi, fare qualche tentativo per cercare se sulla rappresentazione di una stampa, un disegno o un dipinto dell'epoca si trovasse qualche informazione in più. Ancora più importante è cercare di comprendere meglio le specie dominanti nella vegetazione forestale, oppure il tipo e il valore storico-architettonico di costruzioni segnate sulla mappa solo come ingombro generico.

Si ricorda la necessità di capire quale sia stata la posizione del punto di vista prospettico (anche per prospettive rozze o di maniera) e fare eventualmente un confronto con la situazione attuale, tenendo conto dei segni di riferimento ancora presenti oggi.

Le informazioni iconografiche possono servire anche per ragioni di semeiotica, cioè per comprendere la sintomatologia dello stato di alterazione ecologica del paes-

saggio in esame. Spesso, invece, viene considerata la sola percezione visiva di un panorama, questione decisamente formalistica e spesso inutile.

Attenzione: è necessario prendere sempre delle precauzioni per capire se la rappresentazione riproduce la realtà o invece se è soltanto simbolica. Per questo occorre conoscere gli scopi dell'iconografia, l'autore e le tradizioni delle maggiori Scuole, cosa che talvolta necessita del parere di un esperto di archeologia o storia dell'arte.

8.1.5.4 Osservazioni sul campo

Anche queste osservazioni sono poco applicate, perché giudicate poco oggettive e molto difficili da interpretare. La realtà è però ben diversa, perché l'informazione derivata dai sopralluoghi è sempre di assoluta importanza, se non altro come conferma dei dati rintracciati con altri metodi e da altre fonti.

1. Riguardo alle *componenti umane*, sono sempre necessari sopralluoghi per la verifica delle mappe (che difficilmente sono aggiornate al momento attuale dello studio) e per comprendere, dalla situazione reale, le modalità dei cambiamenti avvenuti negli ultimi anni. Dall'analisi più dettagliata di antichi manufatti e di loro particolari architettonici, è possibile capire quanto di antico è rimasto e talvolta anche per quali ragioni. Si noti che di solito un insediamento o una strada che si rilevano come disegno sulle mappe fino a oggi non sono rimasti nello stato originario; anzi, diverse modifiche o rifacimenti su uno stesso sedime possono aver snaturato le preesistenze.
2. Riguardo alle *componenti naturali*, spesso manca il ritrovamento di studi descrittivi sullo stato delle foreste di qualche decennio addietro o addirittura di più di un secolo fa. Indispensabili, quindi, degli accurati sopralluoghi sul campo, per compiere osservazioni sugli stati passati. Se non basta la comprensione dello stato strutturale e delle specie indicatrici da cui dedurre cosa poteva essere quella tessera forestale un secolo prima, sarà necessario analizzare con attenzione i soprassuoli, mappando sia i fusti in posto (con posizione e diametro precisi) e le loro chiome, sia i ceppi tagliati e, osservando disetaneità, presenza di specie alloctone, tipologia ambientale, ruolo dell'acqua, eventuali reperti di antropizzazione lontana ecc. Si possono integrare tali informazioni con metodi di indagine più sofisticati, quali quelli dendrologici e dendroecologici col succhiello di Pressler o sui rizomi o altre parti delle piante (vedi

Schweingruber, 1996). Può essere utile anche analizzare se siano in corso cambiamenti dello stato vegetazionale (dinamica ricreativa o solo rigenerativa, oppure degradazione) o se vi sono rimaste tracce di antica gestione a ceduo. Anche le indagini pedologiche possono essere utili, per l'eventuale presenza di paleo-suoli, o di alterazioni anomale degli orizzonti caratteristici. In alcuni casi, anche scavi archeologici possono dare indicazioni molto utili per lo studio delle unità di paesaggio.

La Figura 8.5 riproduce, a proposito, una veduta della Pecceta montana di Ronzo-Chienis (TN), quota 1150 m. La presenza di una buona disetaneità con alberi fino a circa 35-40 m di altezza e di 75-85 cm di diametro indica un'età rispettabile della tessera di foresta, circa intorno ai 2 secoli. Si notano 3-4 alberi morti per scor-



Fig. 8.5 Pecceta montana a Ronzo-Chienis (TN), quota 1150 m. La presenza di una buona disetaneità con alberi fino a circa 35-40 m di altezza e di 75-80 cm di diametro indicano un'età rispettabile della tessera di foresta, intorno ai 2 secoli. Si notano 3-4 alberi morti per scortecciamento da *Ips typographus*, ancora in piedi, segno che il danno è avvenuto non più di 10-12 anni fa

tecciamento da *Ips typographus* (pericoloso scoltide dell'abete), ancora in piedi, segno che il danno è avvenuto non più di 10-12 anni fa. La foresta presenta di conseguenza stress evidenti.

La Figura 8.6 mostra la ricostruzione della dinamica recente di una tessera di *Quercus-Castanetum insubricum*, analizzata da Ingegnoli e Giglio (2005). Dalla mappatura si nota la presenza di due piante di castagno di dimensioni maggiori (Cs_1 e Cs_2 , di 115 e 120 anni); tutti gli altri individui presenti, *Fraxinus excelsior* (Fx), *Ostrya carpinifolia* (Oc), *Quercus robur* (Qr), sono specie caratteristiche del *Quercus-Castanetum insubricum*, ma con età tra i 20 e i 35 anni; le stesse specie si riscontrano come plantulae, affiancate da piantine di *Polygonatum multiflorum* (Pm, la cui età si stabilisce dal numero di ingrossamenti del rizoma). Sono presenti

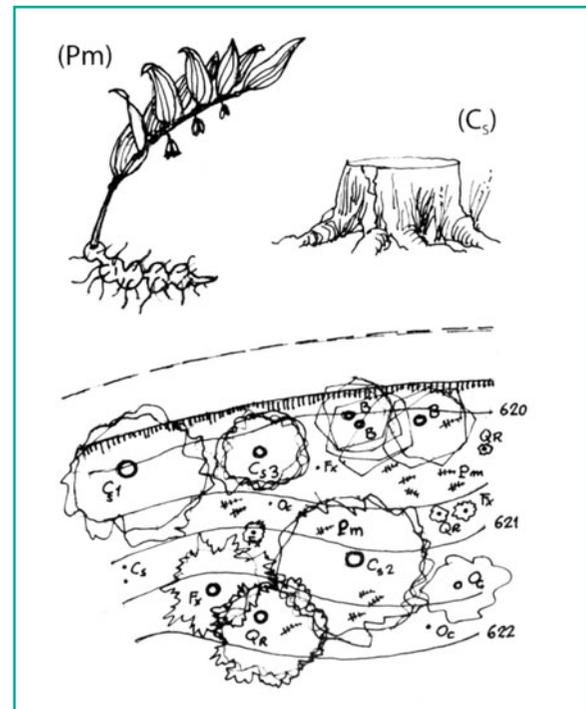


Fig. 8.6 Dinamica recente di una tessera di bosco. Dalla mappa si notano due piante di castagno di dimensioni maggiori (Cs_1 e Cs_2 , di 115 e 120 anni); tutti gli altri individui presenti, *Fraxinus excelsior* (Fx), *Ostrya carpinifolia* (Oc), *Quercus robur* (Qr), sono specie caratteristiche del *Quercus-Castanetum insubricum*, ma con età tra i 20 ed i 35 anni; le stesse specie si riscontrano come plantulae, affiancate da piantine di *Polygonatum multiflorum* (Pm, la cui età si stabilisce dal numero di ingrossamenti del rizoma). Sono presenti ceppi tagliati di castagno. Si tratta di un vecchio castagneto da taglio, abbandonato 30-35 anni fa, che permette l'ingresso delle specie tipiche della *fitest vegetation* di quella zona (Canton Ticino) (da: Ingegnoli e Giglio, 2005)

alcuni ceppi tagliati di castagno (dei quali bisogna osservare lo stato del legno per cercare di stimare l'età di taglio). Siamo in presenza di un vecchio castagneto da taglio, abbandonato 30-35 anni fa, che permette l'ingresso delle specie tipiche della *fittest vegetation* di quella zona (Canton Ticino); venti anni fa era utilizzato come pascolo, poi abbandonato circa cinque-sei anni prima di questo studio: tale risulta essere, infatti, l'età dei *Polygonatum* che in presenza di pascolo verrebbero eliminati. Questo è il motivo dell'attuale assenza di giovani alberi di età inferiore ai 20 anni.

8.2 Ricostruzione dei paesaggi antichi

8.2.1 Cenni metodologici

A titolo di esempio, si ipotizza di dover ricostruire gli stati passati di un paesaggio trentino (ancora una volta in comune di Mori), risalendo ad almeno due soglie storiche a partire dal periodo attuale, considerato intorno all'anno 2007-2008. Ciò richiede la formazione di due carte dello stato del paesaggio in esame almeno alle soglie storiche di circa 50-60 e 120-150 anni da oggi. Quelle soglie non sono state scelte a caso: i maggiori cambiamenti nel territorio sono infatti avvenuti nell'ultimo dopoguerra, mentre a fine Ottocento si registra ancora una situazione grosso modo valida fin all'inizio del secolo (città escluse).

1. Prima di tutto si dovrà eseguire il completamento della carta attuale, intorno agli anni 2007. Si deve spesso parlare di "ricostruzioni" anche per le carte odierne, in quanto è difficile trovare l'aggiornamento delle tematiche principali (forme geografiche, urbanizzazione, mobilità, idrografia ecc.) per una medesima data. Inoltre un controllo con le fotografie multispettrali via satellite è d'obbligo, come pure un controllo di georeferenziazione, dopo trasporto su base informatica. Va precisato che il supporto informatico non è sempre valido per gli studi sul paesaggio, in quanto gli schermi dei computer sono comunque troppo piccoli per poter compiere osservazioni sull'insieme di componenti di paesaggi che possono arrivare anche all'estensione di centinaia di km²; è quindi necessario lavorare anche su supporto cartaceo e alternare le fasi di lavoro.
2. La seconda fase comporta il tracciamento del perimetro di studio del paesaggio in esame (o delle sue

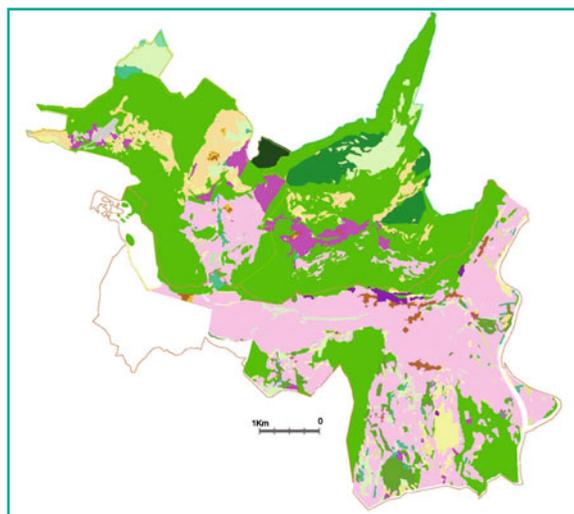


Fig. 8.7 Territorio di Mori (TN) nel 1860, ricostruito utilizzando le mappe asburgiche 1:25.000. Centri storici *in marrone*; coltivi vitati *in rosa*, boschi cedui *in verde chiaro*; boschi di conifere *in verde scuro*, prati-pascoli *in giallo* e faggete (anche ceduate) *in verde chiaro*. Si noti che l'area a sud del lago di Loppio (*in alto a sinistra*) non è colorata, in quanto allora non compresa nelle mappe di Mori e della val di Gresta

unità, 4 nell'esempio di Mori; vedi capitolo 14, Fig. 14.1). Perimetro che andrà in seguito considerato, salvo qualche eventuale modifica locale, anche nella ricostruzione degli stati passati.

3. La carta del mosaico storico delle macchie di tessere ed ecotopi, risalente alla metà del 1900, si può ricostruire servendosi delle carte IGM (1:25.000) rilevate nei primi anni cinquanta, e con l'aiuto delle foto aeree del 1954. La carta asburgica del 1860 è da verificare nei confini, dato che allora i territori dei comuni potevano essere diversi da quelli odierni, sovente radunati in un municipio più vasto.
4. Attenzione: le ricostruzioni non devono intendersi come le rappresentazioni di due istanti o di due annate: infatti, i materiali disponibili non lo permettono (salvo eccezioni) e la situazione di un istante non può considerarsi rappresentativa delle condizioni medie di un periodo per un sistema complesso come un paesaggio. Si vogliono, invece, inquadrare quelle che sono state le caratteristiche medie riscontrabili nella struttura del territorio nel passaggio fra due secoli e a metà del secolo scorso per poterne calcolare valori, indicativi, assunti da alcuni indici ecologici ed evidenziarne così le tendenze evolutive fino al periodo attuale.

Si riporta la Figura 8.7, con la ricostruzione del ter-

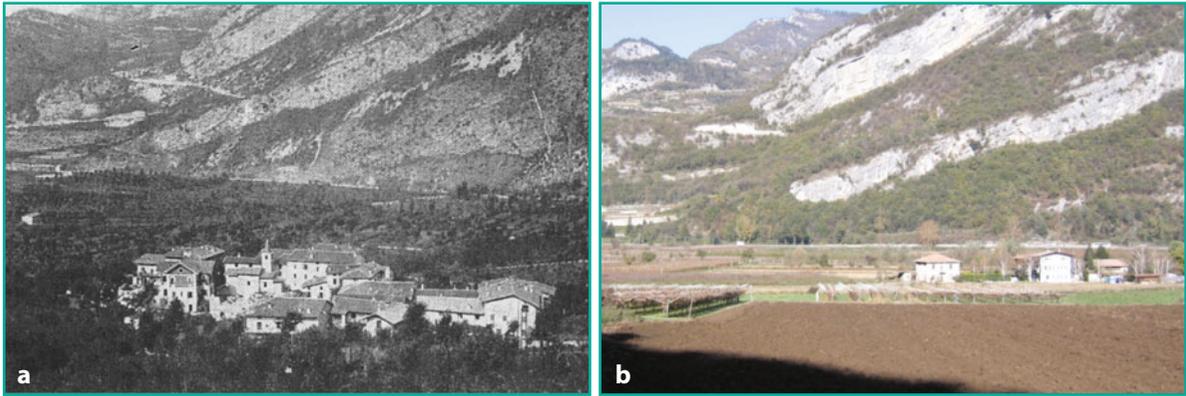


Fig. 8.8 Confronto fra il fondovalle di Loppio all’inizio del Novecento (prima della Guerra ’15-’18 e nell’anno 2007). Si notino il contrasto e la complementarietà: **a** la campagna di pianura è oggi quasi senza alberi, mentre un secolo fa era densa di piante sia da frutto sia di filari; **b** i boschi sulle prime pendici dei monti, sono oggi più densi e continui

ritorio di Mori (TN) nel 1860, utilizzando le mappe asburgiche 1:25.000. Centri storici in marrone; coltivati vitati in rosa, boschi cedui in verde chiaro; boschi di conifere in verde scuro, prati-pascoli in giallo, e faggete (anch’esse ceduate) in verde chiaro. Si noti che l’area a Sud del lago di Loppio non è colorata, in quanto allora non compresa nelle mappe di Mori e della val di Gresta.

Nella Figura 8.8 è rappresentato un significativo confronto fra il fondovalle di Loppio all’inizio del Novecento (prima della Guerra ’15-’18 e nell’anno 2007). Si notino il contrasto e la complementarietà: a) la campagna di pianura è oggi quasi senza alberi, mentre un secolo fa era densa di piante sia da frutto che di filari di protezione; b) i boschi sulle prime pendici dei monti un tempo sfruttati e radi, sono oggi invece più densi e continui.

8.2.2 Stima dei parametri ecologici nel passato

Purtroppo, di frequente avviene che non si riescano a quantificare tutte le tematiche delle componenti del paesaggio presenti in una serie storica. Molte sono le ragioni: modalità di accorpamento dei dati diverse per periodo, mancanza (o perdita) di dati su qualche tematica e persino mancanza di elaborazione da parte di qualche amministrazione pubblica di porzione del proprio territorio, che però viene a essere necessaria per lo studio di una UdP. Ciò vale anche per lo stato attuale, o comunque per tempi assai recenti.

8.2.2.1 Serie storica dei dati

Si considera come esempio di studio una serie di dati storici relativi all’UdP del Parco Regionale Naturale del Monte Barro (Lecco), dati rilevati su base cartografica informatizzata (1:10.000); gli anni di riferimento sono stati 1888, 1959, 1995. Tuttavia, i dati erano incompleti (Tabelle 8.1 e 8.2), perciò non erano utilizzabili per la ricostruzione delle dinamiche degli stati ecologico-paesaggistici. Si è dovuto cercare di compiere delle elaborazioni ulteriori, basate in parte su cartografie a scala più sintetica, in parte sull’analisi logica. Naturalmente, è indispensabile aver prima effettuato una serie di attenti sopralluoghi.

1. Si è iniziato dai dati più recenti (1995). Rispetto al passato i dati sulle “rocce affioranti” risultano quasi inesistenti, e ciò significa che sono stati accorpate nella voce più simile (che risulta eccessiva, da verifiche sul campo): quella degli arbusteti. Il contrario è avvenuto per il 1888, dove la voce arbusteti non c’è. Il riferimento corretto rimane quindi il dato del 1959 (le cave erano assenti) e l’adeguamento risulta nel rendere costanti i valori del 1959 in tutto il periodo.
2. Il quadrante mancante per i dati recenti (sud-est) può essere stimato nei suoi elementi componenti facendo riferimento a una carta 1:25.000 regionale, in cui sono distinte le tematiche: boschi (55%), urbanizzato (20%), agricolo (15%), industriale (10%). I pascoli, gli arbusteti e i canneti non compaiono in detto quadrante. Proporzionando tali valori nelle tematiche della tabella precedente è possibile ottenere degli adeguamenti. Le stime sono accettabili, in

Tabella 8.1 Misura delle superfici dei principali tipi di elementi paesaggistici nell'UdP del Parco del Monte Barro (Lecco)

Tipi di elementi	1888	1959	1995
	ha	ha	ha
RSD, urban. rado	24,4	68,3	113,1
RSD, urban. denso	-	-	186,8
SBS, industriale ecc.	23,4	70,3	16,4
SBS, viabilità	-	-	36,3
PRD, prati da sfalcio	35,9	35,0	372,1
PRD, seminativi	328,7	506,1	22,8
PRD, semin. arborati	-	-	5,3
PRD, legnose agrarie	608,3	396,4	2,0
PRT, verde urbano	-	-	31,6
PRT, verde campeggi	-	-	3,3
RNT, boschi, fustaie	506,7	504,3	175,0
STN, boschi, cedui	-	-	133,7
STN, prati pascoli	97,4	14,2	13,5
RSL, arbusteti	-	59,3	134,4
EXR, canneti	4,1	-	8,1
GEO, rocce affioranti	55,2	31,0	2,0
GEO, aree estrattive	-	-	49,0
Totale	1.684,1	1.684,1	1.335,4

Nota: Ai dati attuali manca il settore sud-est, non misurato in dettaglio dai comuni di appartenenza per un totale di 348,9 ha (20,6% dell'UdP). L'appartenenza agli apparati è riportata in sigla (vedi par. 3.1.5.5) Dati elaborati dagli specializzandi del master universitario di Lecco (C. Farina, G. Gaudenzi, S. Isacco, G. LoTennero, L. Maffescioni, P. Pileci).

quanto la voce principale (boschi) torna circa dello stesso ordine di grandezza dei dati 1888 e 1959 (questi elementi sono rimasti palesemente costanti).

3. Altri adeguamenti (minori) sono stati fatti per i canneti (1959) e per gli arbusteti (1888). Inoltre, le voci riassuntive dei boschi sono state suddivise sulla base della proporzione attuale, confermata dai sopralluoghi. Anche l'urbanizzato è stato suddiviso, ma in proporzione alle informazioni derivate dalle carte storiche e dai sopralluoghi.

8.2.2.2 Stima della BTC su base cartografica

Completata la serie storica di dati su una UdP, si può iniziare a elaborare la ricostruzione degli stati ecologici attraverso l'uso di opportuni indici ecologici. Per alcuni di essi, soprattutto per la BTC, è necessario rapportare con attenzione le misure attuali agli stati del passato; questa operazione di stima non è facile in quanto i dati

cartografici necessiterebbero di informazioni aggiuntive sui tipi di elementi considerati, in particolare per le foreste, che sono le componenti a maggiore BTC. Purtroppo, è raro trovare fonti adatte per queste informazioni, a parte i dati orientativi ottenibili sul campo, secondo i criteri già accennati.

Il rilevamento della BTC dello stato attuale va programmato tenendo conto anche di quanto sopra espresso, quindi dopo lo studio dei dati cartografici e opportuni sopralluoghi, e può essere condotto a vari livelli di approfondimento, a seconda della struttura dell'UdP in esame e degli obiettivi dello studio. Se si tratta di una ricerca preliminare o di applicazioni per una pianificazione generale (a scala di sintesi) si possono evitare precisioni eccessive. Se, invece, si tratta di lavori a scala di maggiore dettaglio, che richiedono accuratezza, si dovrà ricorrere a un campionamento statistico, con errore percentuale, per esempio, inferiore al 15%.

Tabella 8.2 Stima delle superfici dei principali tipi di elementi paesaggistici nell'UdP del Parco del Monte Barro (Lecco), attraverso elaborazioni di adeguamento controllato

Tipi di elementi	1888		1959		1995	
	ha	%	ha	%	ha	%
RSD, urban. rado	4,9	0,2	17,2	1,1	139,6	8,3*
RSD, urban. denso	19,5	1,2	51,2	4,1	230,1	13,7*
SBS, industriale ecc.	23,4	1,4	70,3	4,2	33,7	2,0*
SBS, viabilità	-	-	-	-	53,8	3,2*
PRD, prati da sfalcio	35,9	2,1	35,0	2,1	420,0	24,9*
PRD, seminativi	328,7	19,5	498,9	29,6	25,8	1,5*
PRD, seminativi arborati	-	-	-	-	6,3	0,4*
PRD, legnose agrarie	608,3	36,1	396,4	23,5	2,5	0,1*
PRT, verde urbano	-	-	-	-	33,0	2,0*
PRT, verde campeggi	-	-	-	-	3,3	0,2*
RNT, boschi, fustaie	202,7	12,0	201,7	12,0	200,3	11,9*
STN, boschi, cedui	304,0	18,1	302,6	18,0	300,4	17,8*
STN, prati pascoli	97,4	5,8	14,2	0,8	13,5	0,8
RSL, arbusteti	24,0	1,4	59,3	3,5	134,4	8,0
EXR, canneti	4,1	0,2	6,5	0,4	8,1	0,5
GEO, rocce affioranti	31,2	1,9	31,0	1,9	31,4	1,9
GEO, aree estrattive	-	-	-	-	49,0	2,9
Totale	1.684,1	100	1.684,1	100	1.684,1	100

Nota: **In neretto** suddivisioni del dato in proporzione alla lettura delle carte storiche e ai sopralluoghi; *in corsivo*: precisazione di dati mancanti perché riassunti in altre voci.

*adeguamento dei dati con il quadrante S-E mancante (349 ha), in proporzione alla lettura della carta tematica regionale, controllata con l'andamento dei boschi (circa costante).

Le informazioni più dettagliate, per quanto concerne le tessere forestali e, in parte, quelle arbustive (per esempio, qualora si voglia sapere quale poteva essere la BTC di una tessera forestata quarant'anni o ottant'anni prima) necessitano di rifarsi al modello di sviluppo di quel tipo di foresta (vedi capitolo 5, Fig. 5.4). Sostanzialmente, il procedimento è il seguente:

- in funzione dei rilievi attuali (età e BTC) si dovrà stabilire la posizione della tessera esaminata sul modello riportato;
- si deve poi segnare sulla curva del modello la BTC teorica 'Y' corrispondente all'età attuale stimata;
- si retrocede sul modello fino a trovare il punto 'x' corrispondente all'età che aveva la tessera alla soglia storica che ci interessa;
- si calcola la variazione (percentuale) di BTC (y/Y) intercorsa tra questo secondo punto e il primo e si applica la stessa variazione alla BTC rilevata della nostra tessera in esame;
- attenzione: qualora l'età stimata della tessera superi

i 220 anni, si consideri che la curva procede, dopo quella soglia temporale, in maniera asintotica, mantenendo quindi la medesima inclinazione.

Le suddette operazioni vanno bene se il bosco è ricresciuto dopo un abbandono di coltivo oppure dopo il taglio raso di una tessera o comunque dopo un disturbo distruttivo. I casi forse più frequenti sono, però, alquanto diversi, in quanto si tratta di valutare boschi con lunga persistenza.

Di solito, tuttavia, tali formazioni forestali vengono gestite:

- se a fustaia, con uno sfoltimento limitato agli alberi maturi (con il classico metodo forestale della "martellata");
- se a ceduo, con tagli ciclici di frequenza variabile da 8-10 a 18-20 anni. Il risultato è che mediamente si ottiene una persistenza media anche del valore di BTC, che di conseguenza rimane costante o differisce di poco rispetto a oggi. Tuttavia, in diversi casi si deve tener conto della storia locale e compiere le

Tabella 8.3 Stima della BTC media per elemento dell'UdP in esame (M. Barro); si noti che gli elementi a maggiore BTC sono stati rilevati sul campo, mentre gli altri sono stimati da letteratura esistente per paesaggi analoghi

Elemento	Dati rilevati		Coefficiente adeguamento			Stima BTC		
	BTC	media	88	59	95	88	59	95
B. ceduo	4,67 + 5,14	4,90	0,85	0,85	0,95	4,20	4,17	4,65
B. fustaia	6,25 + 7,00	6,62	0,95	0,85	1,0	6,30	5,63	6,62
Arbusteto	1,73 + 1,50	1,61	1,0	0,95	1,0	1,61	1,53	1,61
Prato-pascolo	0,9+0,77+0,86	0,84	1,05	0,95	1,0	0,88	0,80	0,84
Parco urbano	4,39 + 2,50	3,45	-	-	0,95	-	-	3,27
<i>Seminativo</i>	0,9 – 1,2	1,05	1,05	1,0	0,95	1,10	1,05	1,00
<i>Prato sfalcio</i>	0,65 – 0,7	0,67	1,05	1,05	1,0	0,70	0,70	0,67
<i>Legnose agrarie</i>	1,5 – 1,7	1,60	1,05	1,05	1,0	1,70	1,70	1,60
<i>Canneti</i>	1,0 – 1,3	1,15	0,95	0,95	1,05	1,10	1,10	1,20
<i>Urbano rado</i>	0,4 – 0,7	0,55	1,0	1,0	1,0	0,55	0,55	0,55
BTC_{UdP}						2,38	2,22	2,06

I coefficienti di adeguamento sono proporzionati ai caratteri dei periodi storici considerati; per esempio, per l'anno 1888 tipici di paesaggi agrari non tecnologici, per il 1959 situazione di dopoguerra, per il 1995 circa come oggi. Misure di BTC in Mcal/m²/anno. In *corsivo* i dati da letteratura.

stime attraverso coefficienti opportuni, in relazione ai disturbi che si possono riscontrare e dopo un'attenta verifica sul campo, come si riporta nell'esempio del UdP del Parco del Barro a Lecco (Tabella 8.3), dove sono espressi dei coefficienti di adeguamento.

8.2.2.3 Configurazioni strutturali e funzionali

Il territorio che si è preso come riferimento nell'esempio della ricostruzione del paesaggio di Mori al 1860 (vedi Fig. 8.7), come abbiamo visto non coincide del tutto con i confini attuali.

Ciò si è verificato in relazione a una diversa divisione gestionale del territorio, un tempo più legata a caratteristiche e risorse locali. Mori era diviso in comuni più piccoli, più simili, anche se non del tutto coincidenti, con le quattro UdP individuate secondo i principi della bionomia del paesaggio (vedi capitolo 14).

In casi come questi si deve adeguare lo schema del "pattern strutturale" dell'unità di paesaggio, ponendo attenzione a evidenziare le parti che si sono modificate. In seguito, si deve valutare se i confini riconoscibili al momento attuale siano ancora validi, alla luce di quanto scoperto. Se risultassero non validi, esistono tre opzioni:

- tracciare nuovamente i confini della UdP attuale sulla base delle novità osservate (e quindi correggere tutti gli indici e le misure della situazione attuale

che fossero già state effettuate);

- considerare anche nel passato gli stessi confini attuali (al limite con qualche minimo aggiustamento non superiore al 10% della superficie totale dell'area in esame) specificando che si tratta, in questo caso, di UdP operative;
- se invece, oggi e nel passato, dovessero sussistere confini ecologicamente ben definiti ma nettamente diversi, è necessario analizzare le due UdP in maniera indipendente e riportare tutte le considerazioni effettuate e i valori di riferimento (per esempio, nel mosaico di conversione o in altre descrizioni) direttamente in percentuale (senza omettere, però, le due superfici delle due UdP in ettari, in maniera da facilitare la riflessione su quanto osservato).

Attenzione, però: gli apparati paesistici necessitano sicuramente di essere ridisegnati, in quanto è necessario osservare se essi siano cambiati nel tempo:

- come quantità di superficie coperta, con valore percentuale assoluto;
- come rapporto reciproco di importanza (quale cioè sia il grado di importanza gerarchica di ognuno alle diverse soglie storiche esaminate);
- come numero di apparati presenti alle diverse soglie storiche;
- come distribuzione sul territorio, attraverso il calcolo della variazione della dimensione frattale (vedi capitolo 7, paragrafo 7.1.6) alle diverse soglie storiche per gli apparati ritenuti più importanti o caratterizzanti;

zanti o più modificatisi, e/o attraverso l'utilizzo dell'indice di dispersione/aggregazione delle tessere componenti l'apparato stesso o come livello di *contagion* e contrasto fra gli apparati stessi;

- come rapporto HU/HN alle diverse soglie storiche.

Si riporta uno studio effettuato sempre sull'esempio di Mori, e riferito alla UdP 1 (Mori fondovalle). Dalla Tabella 8.4 si può notare il duplice confronto fra gli elementi componenti ogni apparato e il calcolo completo degli apparati stessi (vedi capitolo 7, paragrafo 7.2.1), mentre nella Figura 8.9 si mostra il grafico a barre di confronto diretto fra apparati.

Attenzione: sarebbe bene considerare sempre se si siano verificati sostanziali cambiamenti nella forma, dimensione e caratteristiche degli ecotoni, sia all'interno dell'ecomosaico (cioè tra gli ecotopi o gli apparati) sia ai margini dell'UdP sia all'esterno, se cioè in una delle soglie storiche esaminate tutta l'UdP o una sua parte sostanziale abbia svolto una funzione di ecotone ed eventualmente per quale motivo (da indagare) l'abbia acquisita oppure l'abbia persa.

8.2.3 Il mosaico di conversione

Nella Tabella 8.2 si osservava che la quantità di boschi cedui e di fustaie nell'UdP del Monte Barro sembra essere rimasta inalterata nel tempo; tuttavia, bisognerebbe essere realmente sicuri:

- che tutti i cedui che vediamo oggi siano stati tali a partire dal 1888;
- che in realtà alcuni non siano oggi dei campi coltivati o magari delle zone industriali;
- che ciò che oggi vediamo come ceduo non fosse in passato un ex-campo coltivato poi abbandonato;
- che qualche tessera di attuale fustaia non sia un ex-ceduo e qualche ceduo un ex-fustaia poi tagliata.

Sarebbe bene, quindi, ricorrere a un altro strumento, il "mosaico di conversione" o *shifting mosaic* (Forman e Godron, 1986). Esso consiste in una matrice, ove nelle colonne si riportano gli anni del rilevamento (anche in questo caso intesi come rappresentativi della situazione di un periodo e non come l'anno effettivamente citato) e nelle righe la quantità (in ettari o in percentuale) di ciascuna delle voci corrispondenti agli elementi del paesaggio rilevati (secondo quanto citato nei paragrafi precedenti). Tale strumento viene utilizzato per capire i "tassi di trasformazione incrociati", cioè per verificare le modificazioni qualitative e nei rapporti re-

Tabella 8.4 Ricostruzione del paesaggio dell'UdP 1 di Mori al 1860 e suo confronto con i dati recenti (2007)

UDP 1-MORI	% 1860	% 2007
Arbusteti e cedui bassi	2,00	7,95
Elementi STB	2,00	7,95
Ostrieti e conifere miste	20,52	22,68
Castagneti	4,00	2,92
Robinieti e altre	2,00	3,31
Elementi RNT	26,52	28,91
Rocce e incolti	2,00	2,00
Reti idrografiche	3,66	3,54
Elementi HYG	5,66	5,54
Pascoli e simili	6,59	0,82
Elementi RSL	6,59	0,82
Prati	5,84	3,30
Seminativi	0,95	4,22
Vigneti tecnici	0	21,08
Vigneti, meleti	45,28	9,84
Elementi PRD	52,07	38,43
Filari alberati	1,00	0
Parchi urbani	0,74	0,94
Elementi PRT	1,74	0,94
Centri storici	1,92	4,56
Urb. recente	1,00	5,91
Elementi RSD	2,92	10,46
Industrie	0,50	3,62
Strade	2,00	3,33
Elementi SBS	2,50	6,94
Totale	100,00	100,00
Apparati	% 1860	% 2007
STB	5,93	9,55
RNT	23,40	26,66
HYG	4,88	5,08
RSL	8,12	2,77
PRD	47,30	34,70
PRT	5,29	4,84
RSD	2,88	9,54
SBS	2,21	6,88

Apparati: si notino le differenze fra gli elementi che concorrono alla struttura degli apparati paesistici e il valore di multifunzionalità relativa degli stessi.

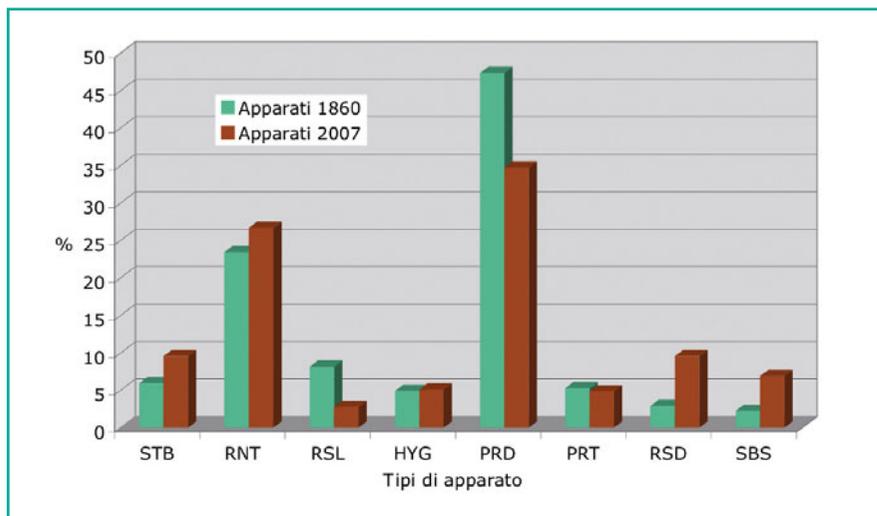


Fig. 8.9 Stima degli apparati ecopaesistici dell'UdP 1 del comune di Mori (TN), nel 1860 e nel 2007

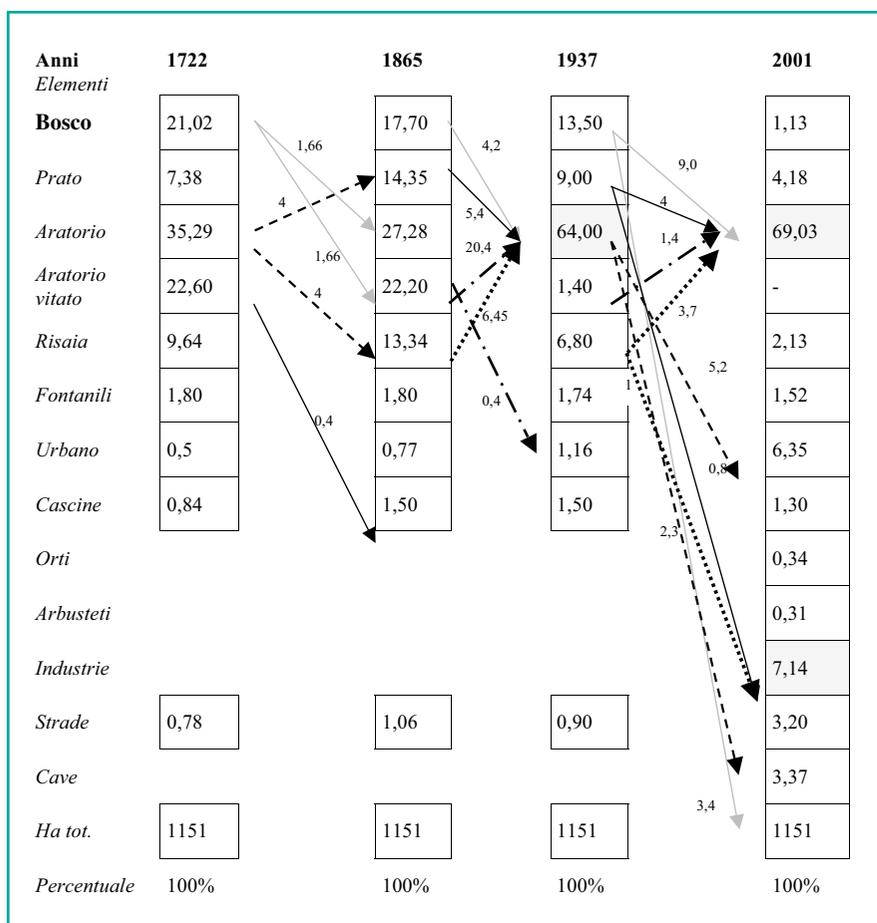


Fig. 8.10 Mosaico di conversione esplicativo delle trasformazioni dell'ecosistema di base subite dal territorio del Comune di Cusago nel tempo (UdP operativa). Le frecce indicano l'entità, espressa in punti percentuali della conversione da una tipologia a un'altra. Le celle grigie indicano le tipologie alle quali convergono due o più frecce (da: Ingegnoli e Giglio, 2005)

ciproci del mosaico di ecotopi, anche quando uno stesso tipo di elemento rimane quantitativamente costante nel tempo, quindi sembra non subire variazioni.

Per la misura degli ecosistemi alle diverse soglie storiche precedentemente ricostruiti si può usare un planimetro, a meno che anche le carte storiche siano

state georeferenziate e trattate in formato digitale, nel qual caso serve solo il possesso dei corretti strumenti informatici disponibili. Riportiamo un esempio di mosaico di conversione (Fig. 8.10) riferito al comune di Cusago (MI) con la seguente serie storica: anni 1722, 1865, 1937, 2001.

Per la costruzione del mosaico di conversione si rilevano gli ettari corrispondenti a ciascun elemento del paesaggio a ogni soglia storica precedentemente considerata (ed eventualmente se ne calcola la percentuale sul totale), e si procede poi nel seguente modo:

1. si trascrivono i dati misurati nella matrice;
2. si confrontano gli ecomosaici corrispondenti a ciascuna soglia storica e poi, partendo questa volta dalla *soglia più antica*, si evidenziano graficamente le aree che, nel passaggio alla soglia successiva, non hanno cambiato tipo di elemento paesistico da quelle che invece sono divenute qualcos'altro;
3. per ogni trasformazione, si misura il tipo di elemento di origine e il tipo di elemento finale e quale sia stata l'entità, in ettari o percentuale, di tale cambiamento (per esempio, partendo da un bosco di latifoglie, tipo quercio-carpineto, un certo numero di ettari sarà diventato seminativo, un'altra quantità prato sfalcato e un'altra quantità sarà stata utilizzata per l'urbanizzazione; a loro volta, una certa quantità di

seminativi sarà stata abbandonata trasformandosi in bosco, un'altra sarà stata sottratta per costruirvi industrie ecc.);

4. tramite un opportuno sistema di frecce, si evidenziano le relazioni di cambiamento fra i differenti elementi, riportando sopra ciascuna freccia l'entità del cambiamento stesso (in percentuale o in ettari);
5. qualunque sia stato il tipo di misura effettuato, nell'ultima riga della matrice si riporta la quantità (ha) dell'area osservata. Infatti, fermi restando i confini dell'UdP studiata, ci possono essere stati degli aggiustamenti in ettari tra i diversi periodi considerati;
6. *attenzione*: un elemento aggiuntivo può essere costituito da una tabella nella quale si riportano le "velocità di variazione" tra i diversi elementi nel tempo, per evidenziare se i processi siano ancora in atto o siano oramai in una fase di consolidamento o di progressiva conclusione.

Anche se di non frequente utilizzo, al mosaico di conversione che si è descritto si può affiancare la sua elaborazione per apparati paesistici, da effettuare con gli stessi procedimenti sopra mostrati ma basandosi non sull'accorpamento delle voci degli elementi dell'ecomosaico di base così come sono, bensì richiamandosi a quanto riportato nel capitolo 7, paragrafo 7.2.1.

9.1 Valutazione della vegetazione

9.1.1 Criteri di valutazione

La valutazione delle componenti vegetali in una unità di paesaggio (UdP) viene effettuata mediante le analisi esposte nel capitolo 5, paragrafo 5.2, secondo i principi e i metodi della bionomia. Sappiamo, tuttavia, che i criteri di valutazione vanno oltre le fasi di analisi, perché il reperimento dei dati spesso non esaurisce la lettura critica del fenomeno in esame e, quindi, è necessario dare qualche indicazione anche sulla valutazione. Si tenga sempre presente (vedi capitolo 4, paragrafo 4.3) che le valutazioni diagnostiche dipendono dal confronto fra le condizioni del sistema ecologico in esame e quelle di uno stato considerato come “normale”. In altre parole, è il rapporto tra “patologia” e “fisiologia” dei sistemi che permette una diagnosi in senso clinico del paesaggio in esame. Bisogna capire di quanto il sistema si sposta dallo stato di normalità a causa degli stimoli patogeni e, con una proiezione delle informazioni, valutare dove potrebbe arrivare il danno alla struttura e alle funzioni, in un tempo congruente. Esponiamo in breve qualche considerazione più operativa.

9.1.1.1 Qualità ecologiche di base delle tessere in esame

Come previsto dalle schede di rilevamento LaBiSV (*Landscape Bionomical Survey of Vegetation*) i gruppi principali di parametri (vedi capitolo 5, Tabella 5.1) sono quattro (T, F, E, U) per un totale di 28 caratteristiche ecologiche, così suddivise: 6 parametri di tessera (= T), 3 parametri di fitomassa epigea (= F), 10 parametri di ecocenotopo (= E), 9 parametri di unità di paesaggio (= U). Valutando i dati rilevati in rapporto alla

massima potenzialità per ogni gruppo di parametri si calcolano i risultati di *qualità ecologiche* percentuali ottenute QT (%), QF (%), QE (%), QU (%). Tali risultati sono assai significativi, soprattutto in quanto possono distinguere comparativamente i caratteri ecologico-paesistici delle foreste in esame, anche quando i dati ecologici tradizionali di base siano uguali (per esempio, sintassonomia, specie dominanti, altezza media, fitomassa ecc.).

9.1.1.2 Stima della capacità biologico-territoriale delle tessere

Nel metodo citato (LaBiSV), si riportano le equazioni di stima della capacità biologico-territoriale della vegetazione (BTC) per le tipologie in esame (vedi capitolo 5, Tabella 5.2). Applicando tali equazioni ai risultati dei rilevamenti delle varie tessere vegetate, si ottengono i risultati di stima in Mcal/m²/anno. Ciò permette di misurare, in una intera unità di paesaggio, la sua BTC media. È necessario, ovviamente, riferirsi all'insieme di tutte le formazioni di vegetazione dopo aver analizzato, per ogni tipologia, la superficie e la percentuale di presenza rispetto al territorio dell'UdP, onde poter valutare la BTC media in modo ponderale.

9.1.1.3 Grado di maturità (e di complessità) delle formazioni in esame

I valori di BTC rilevati per ogni tessera si possono anche rapportare alla soglia di maturità. Ciò è necessario per poter comparare, per ogni formazione esaminata, la qualità ecologica (Q) e la BTC. Chiamando BTC_S il valore di biopotenzialità territoriale alla soglia di maturità e BTC_F il valore corrispondente al flesso della curva di sviluppo, si osserva che dal modello (vedi capitolo 5, Fig. 5.4) tale soglia si colloca poco prima del flesso ed è pari a BTC_S ≈ 0,85 BTC_F. Ne segue che il

valore cercato (BTC_S) si ricava dall'equazione del modello. Per quanto riguarda le foreste si ottengono i seguenti valori delle soglie di maturità:

- foreste boreali: $BTC_S \approx 9,46$ Mcal/m²/anno,
- foreste temperate: $BTC_S \approx 10,22$ Mcal/m²/anno,
- foreste mediterranee: $BTC_S \approx 10,49$ Mcal/m²/anno.

I valori della capacità biologico-territoriale della vegetazione in rapporto alla BTC_S risulteranno quindi: $BTC^* = BTC/BTC_S$. In pratica, quanto più il valore di BTC^* risulta distante dal valore di BTC_S , tanto meno sviluppata è la formazione forestale in esame. Inoltre, onde migliorare la valutazione della vegetazione che si deve studiare, per ogni tipologia di foreste, è bene riportare, a titolo di confronto, casi di tessere comparabili rilevate in unità di paesaggio di parchi nazionali o regionali assai noti.

9.1.1.4 Tabelle riassuntive di valutazione

Quando si tratta di valutare un insieme di dati riguardanti le tessere (naturali o para-antropiche) rilevate in una UdP con metodo LaBiSV, in cui sono in gioco numerosi parametri ecologici, è necessario formare delle tabelle studiate apposta per facilitare la valutazione. Vediamone una (Tabella 9.1) che riassume i rilievi forestali della UdP numero 4 del territorio di Mori (TN), coincidente con il versante sud del monte prealpino Biaena (1670 m), di circa 840 ha, di cui 74% a bosco.

La tabella, come si vede, è composta da 13 colonne con i seguenti attributi:

1. numero della tessera rilevata;
2. denominazione locale del sito ed eventuali riferimenti a parcelle forestali;
3. quota media della tessera [m], cui si può aggiungere anche l'estensione [ha];
4. alberi dominanti (solo i più significativi);
5. altezza media della canopy [m];
6. volume medio di fitomassa epigea [m³/ha];
7. biopotenzialità territoriale (BTC) stimata [Mcal/m²/anno];
8. qualità ecologica dei parametri di tessera (QT) [%];
9. qualità ecologica dei parametri di fitomassa (QF) [%];
10. qualità ecologica dei parametri di ecocenotopo (QE) [%];
11. qualità ecologica dei parametri di UdP (QU) [%];
12. tipo di foresta (% di conifere);
13. rapporto con la BTC_S (soglia di maturità).

L'ultima riga è riassuntiva e permette di evidenziare le medie dei parametri che ci interessano: essi sono utili per la comparazione con altre UdP e comunque per arrivare a stimare la BTC media dell'intero territorio in esame.

In questo caso le UdP di Mori sono quattro (vedi capitolo 14) e i dati sulla loro vegetazione forestale sono assai diversi:

1. UdP1 (fondovalle di Mori): BTC 4,91 Mcal/m²/anno; altezze medie Hc 13,6 m; qualità della fitomassa QF = 56,3%; grado di maturità $BTC^* = 49,4\%$;
2. UdP2 (fondovalle di Loppio): BTC 5,04 Mcal/m²/anno; altezze medie Hc 13,0 m; qualità della fitomassa QF = 43,4%; grado di maturità $BTC^* = 49,7\%$;
3. UdP3 (bassa val Gresta): BTC 5,72 Mcal/m²/anno; altezze medie Hc 17,2 m; qualità della fitomassa QF = 56,0%; grado di maturità $BTC^* = 59,0\%$;
4. UdP4 (monte Biaena): BTC 6,59 Mcal/m²/anno; altezze medie Hc 21,1 m; qualità della fitomassa QF = 59,8%; grado di maturità $BTC^* = 67,7\%$.

Si evidenzia, pertanto, come le unità di fondovalle (UdP1 e UdP2) abbiano un grado di maturità analogo, ma con l'UdP1 che presenta una BTC inferiore all'UdP2 pur avendo un valore QF maggiore (56,3% contro 43,4%). Questo dipende dal fatto che la componente vegetale dell'UdP1 è meno strutturata e organizzata e risente della contiguità con l'area a maggiore urbanizzazione: quasi mai, quindi, il valore di fitomassa è un buon descrittore ecologico.

9.1.2 Controllo dei caratteri ecologici della vegetazione

9.1.2.1 Carattere ecologico reale

In frequenti casi capita di dover valutare delle tessere distinguibili a causa di una specie fisionomicamente dominante, ma con carattere ecologico diverso da ciò che appare, sia per ragioni di gestione della foresta sia per processi di trasformazione naturale in atto. In tali casi ciò che conta è l'individuazione del carattere ecologico reale, che riguarda cioè non l'apparenza fisionomica, ma le caratteristiche sistemiche. Nella Tabella 9.2 si evidenzia, per esempio, il confronto fra le tre fitocenosi possibili (All: *Erico-Pinion*, *Piceion abietis*, *Fagion*) nella valutazione di 11 tessere di pecceta a Mori.

I dati ecologici, rilevati secondo il metodo LaBiSV in nove tessere della UdP4 (monte Biaena) e in due dell'UdP3 (val Gresta), sono riassunti nella prima parte della tabella.

Nella seconda parte si espongono i parametri ne-

Tabella 9.1 Comune di Mori, UdP 4 Monte Biaena, rilievo di tessere di foresta

Ril. N.	Sito	Q s.l.m.	Alberi dominanti	Canopy m	FM m ³ /ha	BTC Mcal/m ² /anno	QT	QF	QE	QU	B	BTC*
1	Selva p. 31	1000	<i>Picea abies</i>	27,5	542,1	6,91	57,3	70,6	86,8	52,9	93	73,9
2	Selva p. 33	1160	<i>Picea abies</i>	26,6	387,5	5,34	44,6	44	74,4	44,9	95	57,1
3	Faè p. 42	930	<i>Pinus sylv.</i> , <i>Picea abies</i>	26,7	474,9	6,85	64,6	58,6	78,8	62,6	94	73,3
4	La Lasta A	510	<i>Ostrya carp.</i>	11	171,5	5,41	45,5	59,1	57,3	54	0	53
5	La Lasta B	490	<i>Quercus pub.</i>	7,7	94,7	4,06	22	21,2	61,4	41,4	0	39,8
6	Faè, S-E	870	<i>Quercus petr.</i>	13,2	82,9	4,22	13,6	21,2	64,5	49	4	41,4
7	Veano	1150	<i>Fagus sylv.</i>	22	566,6	7,51	64,4	69,7	72,3	61,1	11	73,6
8	Celle di Nomesino	620	<i>Ostrya carp.</i>	11,8	237,7	5,21	37,9	43,9	65	45,5	0	51,1
9	Pianezze	900	<i>Pinus sylv.</i>	10,1	120	5,36	42,9	38,3	74,3	55,8	55	55,8
10	Selva (privato)	1090	<i>Picea abies</i>	25,7	564,1	7,48	57,6	56,3	86,9	66	67	77,6
11	Selva p.32	1030	<i>Picea abies</i>	27,4	531,3	7,35	57,2	70,4	78,8	70,4	75	76,3
12	Selva (privato)	1160	<i>Picea abies</i>	27,9	736,7	7,91	64,5	70,3	78,8	71,4	68	82,1
13	Bernardo p. 35	1180	<i>Fagus sylv.</i>	21,9	454,5	7,02	61,5	70	69,7	61,3	25	70,8
14	Sorasana, S	1300	<i>Picea abies</i>	26,2	534	7,52	64,6	70,4	78,8	70,4	75	78
15	Malga Somator	1310	<i>Fagus sylv.</i>	25	503	7,78	70	70	79,9	65	23	78,5
16	Sotto Cima	1400	<i>Picea abies</i>	21,9	343,3	7,19	64,7	73,3	79,6	75,6	81	76,9
17	Carzel	1000	<i>Picea abies</i>	29,2	606,2	8,35	79,3	85,3	83,2	81,3	84	92
18	Faè, W	850	<i>Fagus sylv.</i>	22,8	492,7	6,09	48,4	70	65,2	45,3	49	61,4
19	Camanghen A	430	<i>Q. petraea</i> , <i>Ostrya carp.</i>	12	113,9	5,89	37,9	53	78,6	55,6	0	57,7
20	Camanghen B	400	<i>Ostrya carp.</i> , <i>Q. petraea</i>	15,3	212,1	6,39	50,8	59,1	69,6	64,1	0	62,6
21	Sorasana, W	1330	<i>Picea abies</i> , <i>Fagus sylv.</i>	27,7	687,9	7,89	57,3	70,5	83,2	71,5	72	81,9
22	Malga Grigolli	1280	<i>Fagus sylv.</i>	24,1	432,9	7,32	64,5	70,1	78,8	61,4	32	73,8
		21390		463,7	8890,5	145,05	1171,1	1315,3	1645,9	1326,5	1003	1488,6
	Medie	972,27		21,08	404,11	6,59	53,23	59,79	74,81	60,30	45,59	67,66

cessari a valutare le caratteristiche specifiche di Alleanza, fitosociologia, quindi:

- *SP* = specie caratteristiche rilevate nella tessera per una certa Alleanza fitosociologica;
- *SP/SP** = rapporto (%) con *SP* teoriche possibili della medesima Alleanza;
- *CaSp* = caratteristiche specifiche della formazione in esame;
- *CaSp/CaSp** = rapporto (%) con *CaSp** (cioè massimo teorico).

Le *CaSp** sono segnate nell'ultima riga, mentre la loro valutazione è stata ottenuta secondo la seguente formula:

$$CaSp = [k SP/SP*] \times DM^{1/3}$$

dove *k* = coefficiente per tener conto delle *SP* compagne e/o trasgressive (per esempio, *k* = 1,1), *DM* = dominanti in proporzione al vFM (volume di fitomassa), elevato 1/3.

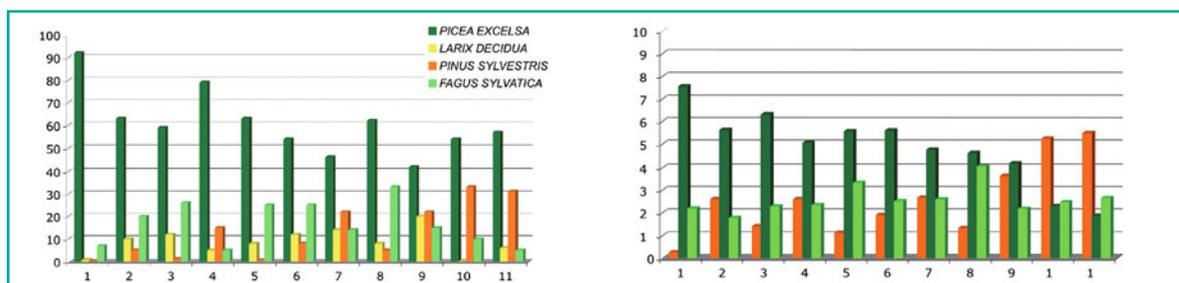
Nell'esempio, per ogni tessera si riportano i valori di *CaSp/CaSp** per valutare i caratteri specifici delle tre Alleanze, e si osserva che, per ogni tessera, almeno uno di tali valori risulta nettamente più elevato degli altri; rapportando tali valori alla loro somma (vedi ultime tre righe della tabella) si ha una valutazione reale del peso dei caratteri distintivi, che ci permettono di superare le apparenze. Come si nota dalla Figura 9.1, a fronte di 11 tessere con valori di dominanza di *Picea abies* sempre evidenti per ognuna, non fanno riscontro 11 Peccete, ma solo 7, più 2 foreste miste di Peccio, Pino e Faggio e 2 Pinete.

9.1.2.2 Transetti caratterizzanti

La valutazione ecologica esige sovente di cercare di comprendere le differenze strutturali delle foreste (o di altre formazioni). Per questo si utilizzano i *transetti*, cioè delle sezioni rilevate lungo linee di gradiente tipico dei boschi in esame. Il rilievo va effettuato considerando una fascia di qualche metro di larghezza (in proporzione alla struttura della foresta stessa) e per una lunghezza

Tabella 9.2 Valutazione del carattere ecologico reale di alcune tessere (TS) di Pecceta Montana nel comune di Mori

UdP Ril. n.	mB 1	mB 12	mB 21	mB 2	mB 14	mB 11	mB 16	mB 10	mB 17	vG 18	vG 23
Area TS (ha)	1,1	2,2	1,5	1	2	1,5	1	1,5	2,8	2	2
SP/TS	60	41	64	32	41	44	41	36	72	50	49
<i>Picea excelsa</i>	92	63	59	79	63	54	46	62	42	54	57
<i>Pinus sylvestris</i>	0,1	5	1,2	15	0,7	8	22	5	22	33	31
<i>Fagus sylvatica</i>	7	20	26	5	25	25	14	33	15	10	5
<i>Larix decidua</i>	0,8	10	12	5	8	12	14	8	20	0,1	6
FM (m ³ /ha)	542,1	736,7	687,9	387,5	534	531,3	343,3	564,1	606,2	497,1	573,6
H canopy (m)	27,5	27,9	27,7	26,6	26,2	27,4	21,9	25,7	29,2	23,6	27,1
BTC (Mcal/m ² /a)	6,91	7,91	7,89	5,34	7,52	7,35	7,19	7,48	8,35	7,17	7,00
Qualità ecologica Q	68	72	72	55	72	71	74	71	82	70	67
Soglia maturità	0,74	0,82	0,82	0,55	0,78	0,76	0,73	0,78	0,84	0,74	0,73
SP Pineta (Ps)	2	6	5	3	5	5	4	3	9	6	4
SP/SP* (Ps)	0,17	0,50	0,42	0,25	0,42	0,42	0,33	0,25	0,75	0,50	0,33
CaSp (Ps)	8,51	94,05	48,71	67,82	40,70	91,67	102,74	47,02	231,17	176,41	115,18
CaSp/CaSp* (Ps)	1,82	20,10	10,41	14,49	8,70	19,59	21,95	10,05	49,39	37,70	24,61
SP Pecceta (Pa)	11	10	11	6	10	14	10	8	15	4	2
SP/SP* (Pa)	0,50	0,45	0,50	0,27	0,45	0,64	0,45	0,36	0,68	0,18	0,09
CaSp (Pa)	248,29	198,95	214,11	128,73	198,95	264,58	179,15	158,32	260,70	75,60	38,49
CaSp/CaSp* (Pa)	54,22	43,45	46,76	28,11	43,45	57,78	39,12	34,57	56,93	16,51	8,40
SP Faggeta (Fs)	13	8	9	12	14	14	14	15	19	13	11
SP/SP* (Fs)	0,35	0,22	0,24	0,32	0,38	0,38	0,38	0,41	0,51	0,35	0,30
CaSp (Fs)	73,93	64,56	79,27	61,00	121,70	121,70	100,31	143,04	139,31	83,27	55,92
CaSp/CaSp* (Fs)	15,76	13,76	16,89	13,00	25,94	25,94	21,38	30,49	29,69	17,75	11,92
CaSp/CaSp* (Ps)%	2,53	26,00	14,05	26,06	11,14	18,96	26,62	13,38	36,31	52,39	54,77
CaSp/CaSp* (Pa)%	75,52	56,21	63,14	50,56	55,64	55,93	47,45	46,03	41,86	22,94	18,70
CaSp/CaSp* (Fs)%	21,95	17,80	22,81	23,38	33,22	25,11	25,93	40,59	21,83	24,66	26,52

**Figura 9.1** Confronto fra 11 tessere di foresta a dominante di *Picea abies* nel comune di Mori (TN). A sinistra, distribuzione delle specie di alberi rilevate in percentuale, dove si nota la fisionomia odierna a dominante di Peccio in tutte le tessere. A destra, caratteristiche sistemiche delle stesse tessere di foresta, ottenute elaborando i dati ecologico-paesistici rilevati (vedi testo)

pari almeno a 2,5-5 volte l'altezza media della canopy. Come si vede in questo esempio ancora di Mori, il disegno va tracciato in scala opportuna (vedi capitolo 7, Fig. 7.15; capitolo 17, Figg. 17.6 e 17.7) e cercando di riprodurre i caratteri dei fenotipi presenti.

Ovviamente, tale metodo si può utilizzare anche per lo studio di comunità erbacee, come appare dalla Figura 9.2, che riguarda la vegetazione delle barene alofile nella laguna di Venezia.

I transesti sono stati rilevati su una barena a est del-

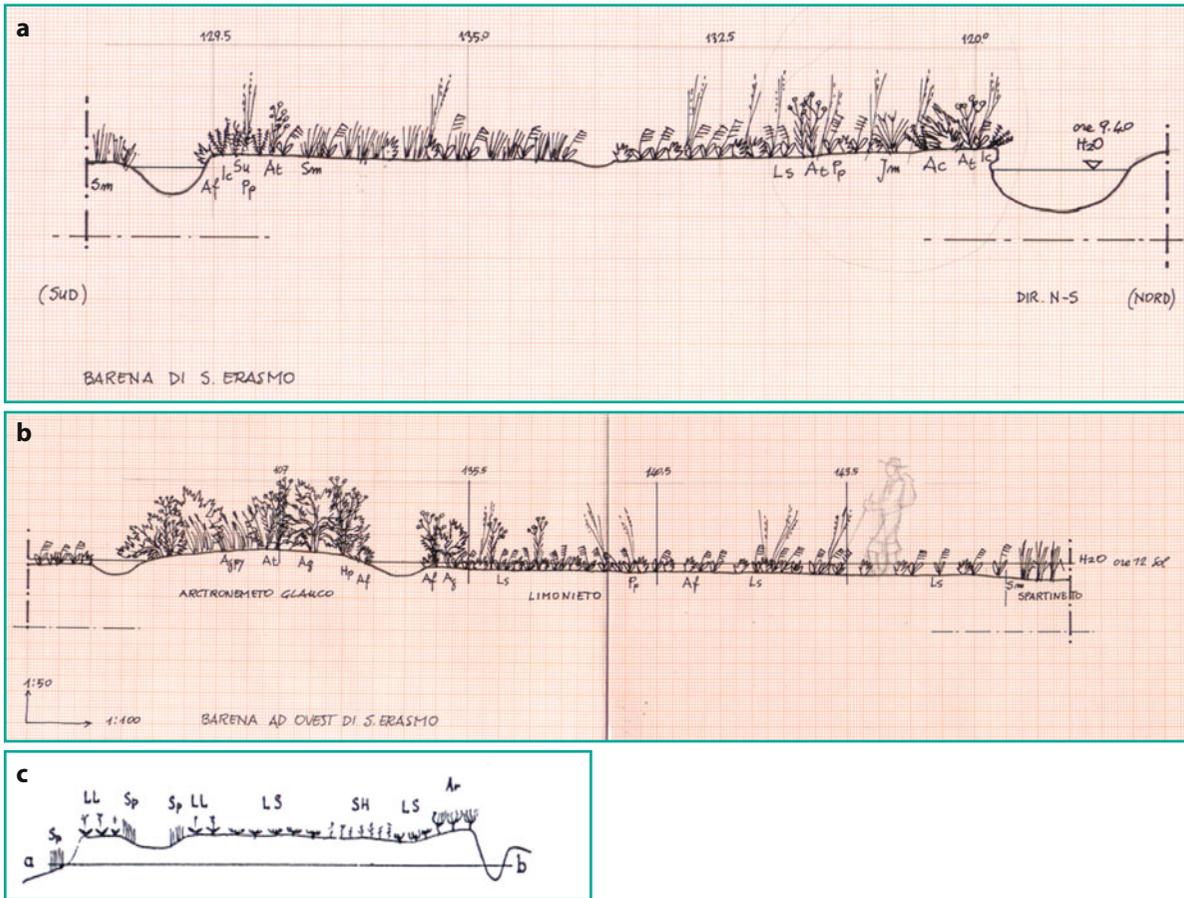


Fig. 9.2 **a** Transetto su una barena ad est dell'isola del Lazzaretto Nuovo. Si noti la presenza di un artemisieto (Ac) sulla destra e la presenza di spartina nel limonieto (Sm). **b** Transetto nella stessa barena. Si nota un artrocnemeto glauco su un piccolo dosso (*a sinistra*) che però si irradia anche al margine col limonieto, che a sua volta forma una fascia ecotonale con uno spartineto. **c** Il sintetico transetto aggiunto è tratto da Pignatti 1952, e mostra una barena a fianco della nostra. Si notano però distinzioni più nette fra i tipi di associazioni presenti

l'isola del Lazzaretto Nuovo. Si osserva la presenza di un Artemisieto (Ac) sulla destra e di Spartina nel Limonieto (Sm), forse dovuta a subsidenza. Nel secondo transetto si nota un Artrocnemeto glauco su un piccolo dosso, che però si irradia anche al margine col Limonieto, che a sua volta forma una fascia ecotonale con uno Spartineto. Il sintetico transetto aggiunto è tratto da Pignatti (1953) e mostra una barena a fianco della nostra. Si notano però, 50 anni addietro, distinzioni più nette fra i tipi di associazioni presenti.

9.1.2.3 Diagrammi di controllo

La valutazione delle qualità ecologiche della vegetazione fra le principali formazioni forestali in esame in un territorio può riguardare un nutrito numero di tipologie,

per esempio pecceta montana, pecceta mista, lariceto misto, pineta a *P. silvestre*, pineta a *P. nero*, faggeta, faggeta mista, ostriro-faggeta, buglossioide-ostriro, orno-ostriro, castagneto, alloctone con pini (per esempio, comune di Mori). Per ogni parametro ecologico di una certa importanza può essere utile un controllo di insieme del livello di qualità ecologica delle tipologie boschive in oggetto. Per questo si deve formare un grafico "radar", ponendo però in evidenza un limite al valore di normalità, in modo da valutare le distanze da tale soglia di ognuno dei tipi forestali (Fig. 9.3).

Nella Figura 9.3 si può notare che i parametri in esame sono: la BTC*, ossia il livello di maturità e le quattro QT, QF, QE, QU, mentre il valore di normalità è stato tenuto al minimo possibile, cioè 50%. Si può,

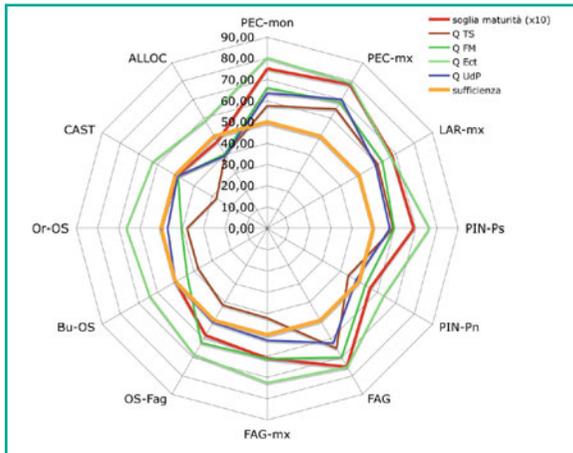


Fig. 9.3 Valutazione sintetica dello stato ecologico delle principali formazioni forestali a Mori (TN). I parametri di controllo sono a) il rapporto con la soglia di maturità; b) la qualità ecologica di tessera (Q_{TS}); c) la qualità ecologica di fitomassa (Q_{FM}); d) la qualità ecologica di ecocenotopo (Q_{Ect}); e) la qualità ecologica di UdP (Q_{Udp}). La soglia di sufficienza è posta a un limite veramente basso, 50%. I tipi forestali sono, in senso orario: pecceta montana (PEC-mon); pecceta mista (PEC-mx); lariceto misto (LAR-mx); pineta silvestre (PIN-Ps); pineta di Pino nero (PIN-Pn); faggeta (FAG); faggeta mista (FAG-mx); ostrio-faggeta (OS-Fag); buglossoide-ostrieto (Bu-OS); ormo-ostrieto (Or-OS); castagno (CAST); form. Alloctone (ALLOC)

quindi, osservare che le qualità dei parametri analizzati non sono ottimali ma comunque in discreto stato nelle fitocenosi di pecceta e pecceta mista, pineta a P. silvestre, faggeta e faggeta mista; nelle altre le qualità in esame sono piuttosto modeste, e talvolta anche insufficienti, come si può vedere dal confronto con la linea gialla del 50%. Ciò però significa che circa tre quarti delle foreste studiate non sono in condizioni ecologicamente ottimali (senza contare inoltre la presenza di disturbi pericolosi, come le processionarie sui pini o le scoltide decorticante dell'abete).

La Figura 9.4 riporta un grafico analogo per una valutazione comparata di tessere di vegetazione para-antropica, come sono i coltivi di mais nella pianura padana. Questo grafico è diverso dal precedente, in quanto sui raggi sono posti i parametri ecologici e le linee registrano le tre UdP di riferimento: Oltrepò, Besate, Adda Sud. Ciò è necessario quando i valori di normalità non sono gli stessi per tutti i parametri rilevati. Si osserva, comunque che anche nel caso di coltivi comuni come il mais, ci possono essere differenze inaspettate fra le varie UdP.

Si propone infine una comparazione fra due UdP agricole (Adda Sud e Besate Ticino) riguardante però i campi

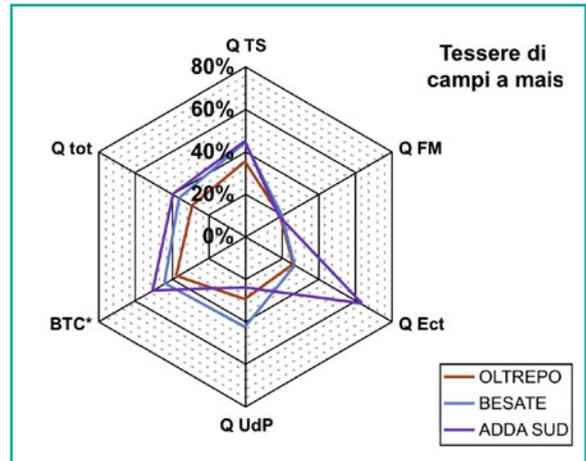


Fig. 9.4 Valutazione dello stato ecologico di campi di mais in tre unità di paesaggio (UdP) in Lombardia: Oltrepò (Pinarolo Po), Besate Ticino, Adda Sud. Sono riportate le principali qualità ecologiche (*sensu* LaBiSV) e il rapporto di maturità (BTC*)

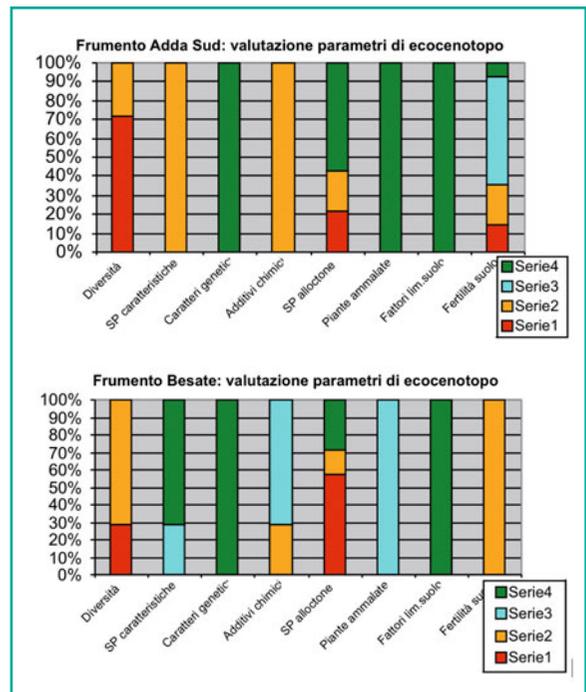


Fig. 9.5 Confronto valutativo fra le tessere a campo di frumento in due UdP: Adda Sud e Besate Ticino. Sono presi in considerazione i parametri di ecocenotopo, tuttavia si possono aggiungere anche tutti gli altri (di tessera, di fitomassa, di UdP). Si notano comunque le differenze fra i due casi di studio. I colori corrispondono alle quattro colonne di valutazione delle schede riassuntive LaBiSV: il verde scuro rappresenta i punteggi migliori, il verde chiaro i punteggi medi, l'arancio gli score insufficienti e il rosso gli score gravemente insufficienti (da: Giglio, 2005)

di frumento. La valutazione viene effettuata prendendo in considerazione i parametri di ecocenotopo (ma si può estendere ovviamente a tutti gli altri secondo il metodo LaBiSV). Come si può vedere dalla Figura 9.5, le differenze fra i parametri ecologici sono piuttosto marcate: per esempio, le SP caratteristiche che accompagnano i seminativi di *Triticum sp.* sono di classe piuttosto elevata nel Parco del Ticino, assai meno nel Parco dell'Adda, mentre le specie alloctone sono minori in quest'ultimo.

9.1.2.4 Parametri di valutazione del verde urbano

Le tipologie di verde urbano sono molteplici, assai più di quanto comunemente si creda. Le principali si possono riassumere in una dozzina di tipi: orti urbani, coltivi periurbani, giardini privati, verde sportivo, viali alberati, piazze verdi, giardini pubblici, piccoli parchi, grandi parchi con macchie seminaturali, boschi urbani, macchie residuali di foresta. Per ognuno di questi tipi di verde, si possono evidenziare dei valori ecologici capaci di caratterizzarli (vedi capitolo 12, Tabella 12.1).

I principali parametri sono i seguenti:

1. superfici costruite o edificate totali [%];
2. fattore di percolazione idrica (BFF);
3. specie vegetali esotiche o alloctone [%];
4. copertura arborea generale [%];
5. biopotenzialità territoriale media (BTC) [Mcal/m²/a].
A tali parametri si possono aggiungere:
6. la stratificazione della vegetazione;
7. la biodiversità ecopaesistica delle tessere.

Si comprenderà di conseguenza che la gamma di valori per il verde urbano risulta veramente notevole. Tali parametri sono necessari sia per la valutazione sia per la progettazione dei parchi e dei giardini, come si può facilmente comprendere. Senza paragoni con stati di normalità ecologica, anche in questo settore sarebbe impossibile compiere valutazioni critiche di qualsiasi genere. Un esempio di applicazione verrà illustrato nel capitolo 12.

9.2 Valutazione dell'habitat umano

9.2.1 Criteri di valutazione dell'HU

Nel capitolo sulle analisi si sono già delineate delle informazioni che potrebbero servire anche per la valutazione dell'HU. Tuttavia, queste componenti di un paesaggio hanno una particolare complessità, perché

seguono le leggi ecologiche in prevalenza attraverso la mediazione culturale: per esempio, le cascine, le ville, i castelli o le chiese e i monasteri, che spesso sono inseriti in vari tipi di paesaggi, anche in aree seminaturali, oltre che per le loro importanti funzioni ecologiche (vedi capitolo 4, paragrafo 4.4) vanno valutati come organismi architettonici, con valenze appunto culturali, tecniche, e soprattutto storiche. È quindi necessario riassumere alcuni criteri di valutazione più generale, da affiancare e soprattutto integrare con i criteri più direttamente ecologici.

9.2.1.1 Valutazione di nuclei architettonici nel paesaggio

Cascine e complessi rurali. Queste costruzioni mantengono un senso ecologico evidente quando sono ancora inserite nei paesaggi agricoli o perlomeno suburbano-rurali. Infatti, esiste una palese complementarità fra le risorse naturali e i centri di controllo e gestione da parte dell'uomo¹. In casi (purtroppo frequenti) di inglobamento negli ecotessuti metropolitani, la valutazione di tali elementi diminuisce anche di molto e cambiano di conseguenza le destinazioni d'uso. La loro tutela può essere comunque di una certa importanza, soprattutto se vi sono espressioni architettoniche di valore storico ed estetico.

Anche in montagna si trovano, con l'abbandono dei coltivi, dei piccoli villaggi rurali che mantengono un valore anche ecologicamente alto (Fig. 9.6) dato che una loro riconversione turistica può evitare distruzioni ed edificazioni fuori scala rispetto gli equilibri locali. In certi casi, però, bisogna riconoscere che sarebbe necessario fare di tutto per sovvenzionare le famiglie di agricoltori perché continuino a risiedere sul posto e a controllare l'ambiente.

Ville (storiche) e castelli. Come già ricordato nel capitolo 6 (vedi paragrafo 6.2.3) le ville hanno un ruolo ecologico evidente, con diverse ricadute attuali, perché:

- rappresentano un controllo da parte delle città sui paesaggi agricoli a esse complementari, e insostituibili;
- possono riconvertirsi in ecotopi ricreativi, quando vengono inglobati nelle città, grazie ai loro grandi giardini;
- mantengono il ruolo di centri di incremento della BTC in paesaggi che hanno bisogno di macchie intense di vegetazione (anche se in parte esotica),

¹ Già gli antichi studiosi riconoscevano tale ruolo, come per esempio si legge nei trattati di Vitruvio e Columella.



Fig. 9.6 Il villaggio alpino di Resy, in Alta val d'Ayas (2070 m) in cui due baite sono state trasformate in rifugio

come nei paesaggi delle riviere lacustri o marine;

- riescono ad abbinare elementi culturali, storici e architettonici di valore, con una accorta collocazione nell'ambiente, solitamente non degradante.

I castelli hanno meno potenzialità delle ville, tuttavia rappresentano spesso importanti elementi strutturanti in paesaggi agricoli da secoli, con azione di gestione simile a quella delle ville, ma meno legata al controllo urbano.

9.2.1.2 Valutazione della compatibilità ecologica di manufatti di carattere industriale (e commerciale)

Valutare un'industria nel suo stato attuale, o per una richiesta di ampliamento, richiede di analizzare una serie di voci e cioè gli effetti sulle componenti flora e vegetazione, fauna, suolo, acqua, rifiuti, energia ecc. Ma per la bionomia del paesaggio questo è del tutto insufficiente. A questo scopo si è elaborato (Ingegnoli e Giglio, 2005) un procedimento che prevede due fasi principali: 1) una di valutazioni di legge, integrate con la valutazione delle macchie residuali e 2) una di valutazione ecologico-paesistica delle industrie allo stato attuale e di loro eventuali trasformazioni. Per ogni singola fase di lavoro sono state approntate delle opportune schede (Tabelle 9.3 e 9.4).

Fase a. Una scheda, di carattere più informativo-descrittivo, legata alle richieste di legge (denominata "Dati per valutazione operativa degli effetti ambientali delle singole azioni di trasformazione delle industrie"; Tabella 9.3), anche se ampliata secondo l'ecologia del paesaggio.

Fase b. Una scheda più complessa, elaborata in due versioni (attuale e futuro), in grado di permettere una valutazione quantitativa e di esprimere la compatibilità

ecologica dell'attività stessa da diversi punti di vista e in maniera quantitativa (a risposta multipla, chiamata "Scheda di valutazione delle trasformazioni dei lotti industriali"; Tabella 9.4). Uno degli aspetti positivi di tale scheda, concepita in maniera analoga a quelle di analisi e valutazione della vegetazione, è che permette una valutazione sia sintetica sia analitica dei risultati, nonché di *quantificare* il miglioramento che potrebbero apportare le modifiche o nel ciclo produttivo o nella localizzazione o in altre voci.

Tutte le schede si applicano a ogni singolo lotto: nel caso l'attività vada a interessare più lotti differenti, distanziati fra loro o divisi da una strada, va compilata una scheda per ogni singolo lotto. La scheda è stata divisa in cinque sezioni che rispettivamente considerano:

- l'attitudine a un uso di tipo industriale (produttivo nel senso comune del termine) della località in cui insiste l'attività (sezione A);
- i rapporti tra il lotto e i lotti confinanti (sezione D);
- i rapporti tra l'attività produttiva in esame, l'ecotopo nel quale risulta inserita e l'unità di paesaggio nella quale entrambe si trovano (sezione E);
- le caratteristiche ecologiche del lotto per quanto concerne gli aspetti che possono influenzare il microclima (permeabilità del suolo a livello locale e verde presente, esaminato come qualità, quantità e ruolo funzionale di protezione nei confronti dei lotti circostanti) (sezione B);
- le caratteristiche richieste dalla legge, e in particolare i parametri riferibili alle componenti aria, acqua, rifiuti, energia, movimento di trasporti pesanti, inquinamento acustico (sezione C).

Per ognuna delle 44 voci sono state considerate quattro possibilità di risposta (a; b; c; d), con punteggio crescente da sinistra verso destra (1; 4; 16; 64) in funzione di una qualità crescente. Il punteggio ottenuto in ogni colonna sommato dà il punteggio finale di quella scheda (Y).

9.2.2 Valutazione del sistema di aree indisturbate di importanza strategica

Molte regioni hanno iniziato a legiferare per le VAS, anche se spesso i regolamenti rimangono confusi, perché si fa riferimento a concetti sul paesaggio fra loro inconciliabili, lasciando così all'ecologia tradizionale l'onere dell'analisi ambientale (vedi Regione Toscana,

Tabella 9.3 Dati per la valutazione operativa degli effetti ambientali delle singole azioni di trasformazione delle industrie

Comune di:		
Settore:		
Caso n.:		
Nome e ragione sociale:		
Indirizzo:		
Situazione attuale:		Tipo di trasformazione/i richiesta/e:
Superficie complessiva dell'azienda:		
Superficie coperta:		
Valutazione ecologica dei terreni interessati da trasformazione	Macchie residuali e fasce di disturbo	Macchia n.:
	Valutazione delle macchie residuali coinvolte	La trasformazione interessa...
		Valutazione ecologica:
Suolo	Dissesto geomorfologico	
Acqua	Quantità utilizzata, usi	
	Alterazione dopo l'uso	
	Eventuali scarichi	
	Pericolosità idraulica	
	Permeabilità del suolo	
Rifiuti	Tipi, quantità e smaltimento	
Energia	Consumo annuale	
Aria	Emissioni	
	Monitoraggio biologico con licheni epifiti	
Condizioni microclimatiche		
Fauna e flora		
Patrimonio culturale		
Note dell'ecologo compilatore		
Nota per la valutazione ecologica dei terreni interessati da trasformazione		

L.R. 16 gennaio 1995, n. 5). Sappiamo, però, che tale ecologia non è in grado di entrare nel vivo dei processi che caratterizzano un sistema complesso di ecosistemi (Naveh e Lieberman, 1990; Forman, 1995; Zonneveld, 1995; Ingegnoli, 1993, 1999, 2002). È quindi la bionomia del paesaggio che deve cercare di proporre metodi adatti ad affrontare il problema della valutazione ambientale di un territorio urbanizzato.

Cruciale è l'osservazione seguente: la strutturazione di paesaggi suburbani, dovuta alla trasformazione di paesaggi agricoli in seguito a continua frammentazione e alterazione da parte dell'uomo, lascia solitamente un mosaico di *remnant patches* o macchie residuali (Forman e Godron, 1986) di diversa grandezza e importanza. Si presti attenzione al fatto che, con il termine *remnant patches* non si intendono dei residui di boschi sparsi qua e là nella campagna. Al contrario, sono *remnant patches* tutte quelle aree del tipo di paesaggio

preesistente all'attuale che si trovano a un'adeguata distanza dalle principali fonti di disturbo (cronico) – anche qualora si tratti di qualche vecchio campo agricolo ora incolto – distanza tale che esse non ne siano intaccate. Inoltre, il termine macchia può indicare anche una fascia con una direzione di sviluppo prevalente. Pertanto, è forse meglio definirle “aree indisturbate”. Il mosaico delle *remnant patches* deve essere attentamente valutato, mediante principi di ecologia del paesaggio, se si vuole impedire uno sviluppo sempre più caotico del paesaggio stesso e se si vuole intervenire per riportare un maggiore ordine, avviandosi verso un risanamento ambientale di buon livello. La completa e corretta valutazione ecologica di tale mosaico potrà trasformare le macchie in “aree indisturbate di importanza strategica” (oppure “aree indisturbate di riabilitazione strategica”).

Lo schema strutturale delle macchie residuali è com-

Tabella 9.4a Valutazione della qualità dei lotti industriali e/o commerciali allo stato attuale

Caso					
Località					
Frazione					
Ecotopo di appartenenza (Ectp)					
UdP di appartenenza					
Punteggio	1	4	16	64	
A. Caratteri stazionali					
A1 - Fertilità dei suoli	Molto fertile	Fertile	Poco fertile	Sterile	
A2 - Permeabilità del suolo	Molto alta	Alta	Media	Bassa	
A3 - Dissesto geomorfologico	Elevato	Medio	Basso	Assente	
A4 - Qualità dell'aria nella zona dove insiste il lotto	Buona IAP > 30	Molto deteriorata Deserto lich. IAP = 0	Da deteriorata a Fortemente deteriorata 1 < IAP < 12,5	Da scarsamente deteriorata a discreta 12,6 < IAP < 29	
A5 - Pericolosità idraulica	Elevata	Media	Bassa	Nulla	
A6 - $HS_{\text{indust Ectp}}/HS_{\text{suss Ectp}}$	> 0,67	0,66-0,50	0,49-0,31	< 0,30	
A7 - $HS_{\text{suss Ectp}}/HS_{\text{suss Ectp max}}$	> 1,1	1,1-0,86	< 0,5	0,5-0,85	
A8 - $HS_{\text{prt Ectp}}$ rispetto al suo range di normalità ottimale	Inferiore al minimo	Superiore al massimo	Nella metà inferiore del range	Nella metà superiore del range	
B. Caratteri ecologici del lotto					
B1 - BFF permeabilità suolo del lotto	< 0,10	0,11-0,30	0,31-0,50	> 0,50	
B2 - N. tipi di elementi presenti	2	3-4	5-6	> 6	
B3 - Verde presente	Assente	Specie alloctone e/o ubiquisite e/o "extrazonali" o solo aiuole	Essenze pregiate (anche alloctone) oppure prato e/o campo	Essenze autoctone o prato arborato e/o campo arborato	
B4 - Valore di BTC del lotto	< 0,05	0,05-0,14	0,15-0,20	> 0,21	
B5 - Caratteristiche dell'apparato protettivo all'interno del lotto	Assente	Siepe bassa o filare di media altezza discontinuo	Filare alberato di media altezza, discontinuo	Filare alberato di altezza elevata, continuo	
B6 - PRT lotto/Sup. tot. lotto (%)	< 5	5-9	10-15	> 15	
C. Caratteristiche ecologico-sanitarie					
C1 - Periodicità annuale delle emissioni nell'aria	Emissioni costanti per più di 200 d/a	Emissioni da 100 a 199 d/a	Emissioni fino a 99 d/a	Emissioni assenti	Derivanti dal normale esercizio dei cicli di lavorazione
C2 - Periodicità giornaliera delle emissioni nell'aria	Emissioni costanti per più di 12 h/d	Emissioni costanti da 6 a 12 h/d	Emissioni occasionali	Emissioni assenti	
C3 - Caratteristiche chimiche emissioni in aria: presenza di almeno una delle seguenti tipologie	Idrocarburi non metanici (NMHC) benzenici e non	Pb, F, O ₃ , no _x , CH ₄ , altri metalli pesanti, pm10	CO, SO ₂ , polveri sospese totali (PTS), platinoidi	Nessuna	Ancorché nei limiti di legge, esclusi usi civili/assimilabili
C4 - Periodicità prelievi di acqua per i cicli di lavorazione	Prelievi costanti per più di 200 d/a	Prelievi costanti da 100 a 200 d/a	Prelievi periodici o occasionali fino a 99 d/a	Nessun prelievo	
C5 - Quantità di acqua prelevata per i cicli di lavorazione (mc/a)	Superiore a 176.000	Da 50.000 a 175.000	Fino a 50.000	Nessun prelievo	Esclusi usi civili/assimilabili
C6 - % quantità acqua restituita su quantità prelevata	< 50	51-70	71-90	> 90	
C7 - Caratteristiche dell'acqua alla fine del ciclo di lavorazione	Chimiche e fisiche alterate	Chimiche alterate, fisiche coerenti	Chimiche coerenti, fisiche alterate	Chimico-fisiche coerenti	Rispetto all'acqua prelevata
C8 - Tipo prevalente di rifiuti prodotti (maggiore del 60% del totale)	Pericolosi (speciali e urbani o assimilabili)	Speciali non pericolosi <u>non</u> recuperabili o riutilizzabili	Speciali non pericolosi recuperabili/riutilizzabili	Solo urbani non pericolosi o assimilabili	

(cont. →)

Tabella 9.4a (continua)

C9 - Quantità rifiuti pericolosi (urbani e/o speciali) prodotti (t/a)	> 2,6	1,1-2,5	0,26-1	0-0,25	
C10 - Quantità totale di rifiuti prodotti (t/a), compresi urbani/assimilabili	> 3750	3750-750	750-150	Fino a 150	
C11 - Tipo di smaltimento dei rifiuti liquidi e assimilabili	Smaltimento in pozzi tal quale	Smaltimento tal quale in discarica o depuratore consortile	Trattamento in loco e successivo invio a depuratore consortile	Trattamento chimico-fisico e biologico in loco	In loco, cioè a piè dell'attività
C12 - Tipo di smaltimento di rifiuti solidi	Discarica o inceneritore	Attraverso ditte autorizzate	Riciclaggio	Riutilizzo	
C13 - Movimento di mezzi di trasporto pesanti (grossi camion/giorno)	15 o più	10-14	5-9	1-4	
C14 - Rumorosità percepita all'esterno della attività industriale o commerciale	dB > 80	dB tra 80 e 70	dB tra 70 e 60	dB < 60	
C15 - Quantità di energia utilizzata kwh/a	1.000.000	1.000.000-100.000	100.000-10.000	< 10.000	
D. Rapporti lotto-intorno					
D1 - Contiguità con elementi dell'apparato paesistico sussidiario	< 25	26-50	51-75	> 76	
D2 - Sensibilità ai confini	Biotopo, centri ricreativi, nodo di rete ecologica, bosco	Zone a elevata sensibilità faunistica, monumenti	Centro residenziale, terreni agricoli	Nessun elemento critico	
D3 - Distanza aree source effettiva (metri in linea d'aria)	< 50	51-125	126-250	> 251	
D4 - Contrasto elevato % perimetro	> 80%	79-50	49-25	< 25%	
D5 - Presenza elementi rete ecologica e/o apparato escretore	Secanti il lotto	Tangenti al lotto	Entro 50 metri dal perimetro	Oltre 50 metri da ciascun lato del perimetro	
D6 - Dimensioni del lotto rispetto alla grana media della matrice dell'ecotopo	Sproporzionate	Maggiori	Inferiori	In armonia	
D7 - Orientamento del lotto e/o degli edifici rispetto ai lotti circostanti	Opposto	Non congruente	Parzialmente ruotato	Congruente	
D8 - Compensazione ecologica del lotto come zona sink rispetto alla grandezza BTC	Non raggiungibile	Raggiungibile	Parzialmente raggiunta	Raggiunta	Nelle due direzioni ortogonali
E. Rapporti con l'unità di paesaggio (UdP)					
E1 - $HS_{suss\ Ectp} / HS_{suss\ UdP}$	< 0,5	> 1,1	1,1-0,9	0,5-0,9	
E2 - $HS_{prt\ Ectp} / HS_{prt\ UdP}$	> 1,1	< 0,5	1,1-0,9	0,9-0,5	
E3 - $HS_{suss\ UdP} / HS_{suss\ UdP\ max}$	> 1,1	1,1-0,9	< 0,5	0,5-0,9	
E4 - $HS_{prt\ UdP}$ rispetto al suo range di normalità ottimale	Inferiore al minimo	Superiore al massimo	Nella metà inferiore del range	Nella metà superiore del range	
E5 - Importanza socio-economica dell'attività in oggetto nell'UdP	Ridotta	Minore	Evidente	Importante	
E6 - Provenienza prevalente addetti	Da altro Comune	Da altra unità di paesaggio nello stesso Comune	Dalla stessa UdP	Dallo stesso ecotopo o da ecotopi confinanti	
E7 - Interferenza con macchie residuali e/o fasce tampone	Interferenza con fasce tampone B1 e/o B2 di macchie di tipo 3B, 3C, 3D o 4B, 4C, 4D	Interferenza con fasce tampone B1 e/o B2 di macchie di tipo 3A, 2C, 2D	Interferenza con fascia tampone B1 per macchie di tipo 2A	Nessuna interferenza	Anche se solo vicine
F. Risultati					
F1 - Punteggio Totale $Y(=a+b+c+d)$	a = ...	b = ...	c = ...	d = ...	y = ...
F2 - Qualità risultante del lotto sul massimo possibile	$Q = Y/Y_{max}^{(12)} = \dots/\dots = \dots$				

Tabella 9.4b Valutazione della qualità dei lotti industriali e/o commerciali dopo le trasformazioni previste

Caso						
Località						
Frazione						Futuro
Ecotopo (Ectp) di appartenenza						
UdP di appartenenza						
Punteggio	1	4	16	64		
A. Caratteri stazionali						
A1 - Fertilità dei suoli	Molto fertile	Fertile	Poco fertile	Sterile		
A2 - Qualità dell'aria nella zona ove insiste il lotto	Buona IAP > 30	Molto deteriorata deserto lich. IAP = 0	Da deteriorata a fortemente deteriorata 1 < IAP < 12,5	Da scarsamente deteriorata a discreta 12,6 < IAP < 29		
A3 - Pericolosità idraulica	Elevata	Media	Bassa	Nulla		
A4 - Permeabilità del suolo	Molto alta	Alta	Media	Bassa		
A5 - Dissesto geomorfologico	Elevato	Medio	Basso	Assente		
A6 - $HS_{indus\ Ectp}/HS_{suss\ Ectp}$	> 0,67	0,66-0,50	0,49-0,31	< 0,30		
A7 - $HS_{suss\ Ectp}/HS_{suss\ Ectp\ max}$	> 1,1	1,1-0,86	< 0,5	0,5-0,85		
A8 - $HS_{prt\ Ectp}$ rispetto al suo range di normalità ottimale	Inferiore al minimo	Superiore al massimo	Nella metà inferiore del range	Nella metà superiore del range		
B. Caratteri ecologici del lotto						
B1 - BFF	< 0,10	0,11-0,30	0,31-0,50	> 0,50		
B2 - N. tipi di elementi previsti	2	3-4	5-6	> 6		
B3 - Verde previsto	Assente	Specie alloctone e/o ubiquisite e/o "extrazonali" o solo aiuole	Essenze pregiate (anche alloctone) oppure prato e/o campo	Essenze autoctone o prato arborato e/o campo arborato		
B4 - Valore di BTC del lotto	< 0,05	0,05-0,14	0,15-0,20	> 0,21		
B5 - Caratteristiche dell'apparato protettivo all'interno del lotto	Assente	Siepe bassa o filare di media alt. discontinuo	Filare alberato di media altezza, discontinuo	Filare alberato di altezza elevata, continuo		
B6 - PRT lotto/Sup. tot. Lotto (%)	< 5	5-9	10-15	> 15		
B7 - Attuale destinazione superfici utili per espansione	Bosco, cespuglieto, prato, terreno agricolo	Incolto, terreno marginale, suolo nudo naturale	Pavimentato o sterrato (artificiale); dismesso ma con uso differente	Già costruito, ancorché dismesso, con medesimo uso del previsto		
C. Caratteristiche ecologico-sanitarie						
C1 - Periodicità annuale emissioni nell'aria	Emissioni costanti per più di 200 d/a	Emissioni da 100 a 199 d/a	Emissioni fino a 99 d/a	Emissioni assenti	Derivanti dal normale esercizio dei cicli di lavorazione	
C2 - Periodicità giornaliera emissioni nell'aria	Emissioni costanti per più di 12 h/d	Emissioni costanti da 6 a 12 h/d	Emissioni occasionali	Emissioni assenti		
C3 - Caratteristiche chimiche emissioni in aria: presenza di almeno una delle seguenti tipologie	Idrocarburi non metanici (nmhc) benzenici e non	Pb, f, o ₃ , no _x , ch ₄ , altri metalli pesanti, pm10	Co, so ₂ , polveri sospese totali (pts), platinoidei	Nessuna	Ancorché nei limiti di legge	
C4 - Periodicità prelievi di acqua per i cicli di lavorazione	Prelievi costanti per più di 200 d/a	Prelievi costanti da 100 a 200 d/a	Prelievi periodici o occasionali fino a 99 d/a	Nessun prelievo	Esclusi usi civili/assimilabili	
C5 - Quantità di acqua prelevata per i cicli di lavorazione (mc/a)	Superiore a 176.000	Da 50.000 a 175.000	Fino a 50.000	Nessun prelievo	Esclusi usi civili/assimilabili	
C6 - % quantità acqua restituita su quantità prelevata	< 50	51-70	71-90	> 90		
C7 - Caratteristiche acqua alla fine del ciclo di lavorazione	Chimiche e fisiche alterate	Chimiche alterate, fisiche coerenti	Chimiche coerenti, fisiche alterate	Chimico-fisiche coerenti	Rispetto all'acqua prelevata	

(cont. →)

Tabella 9.4b (continua)

C8 - Tipo prevalente di rifiuti prodotti (maggiore del 60% del totale)	Pericolosi (speciali e urbani o assimilabili)	Speciali non pericolosi ma non recuperabili o riutilizzabili	Speciali non pericolosi recuperabili o riutilizzabili	Solo urbani non pericolosi o assimilabili	
C9 - Quantità rifiuti pericolosi (urbani e/o speciali) prodotti (t/a)	> 2,6	1,1-2,5	0,26-1	0-0,25	
C10 - Quantità totale di rifiuti prodotti, compresi urbani e assimilabili e riutilizzabili e riciclabili (t/a)	> 3750	3750 - 750	750 - 150	fino a 150	
C11 - Tipo di smaltimento dei rifiuti liquidi e assimilabili	Smaltimento in pozzi tal quale	Smaltimento Tal quale in discarica o depuratore consortile	Trattamento in loco e successivo invio a depuratore consortile	Trattamento chimico-fisico e biologico in loco	In loco, cioè a piè dell'attività
C12 - Tipo di smaltimento di rifiuti solidi	Discarica o inceneritore	Attraverso ditte autorizzate	Riciclaggio	Riutilizzo	
C13 - Movimento di mezzi di trasporto pesanti (grossi camion/giorno)	15 o più	10-14	5-9	1-4	
C14 - Rumorosità percepita all'esterno della attività industriale o commerciale	db > 80	db tra 80 e 70	db tra 70 e 60	db < 60	
C15 - Quantità di energia utilizzata kwh/a	1.000.000	1.000.000-100.000	100.000-10.000	< 10.000	
D. Rapporti lotto-intorno					
D1 - Contiguità con elementi dell'apparato paesistico sussidiario	< 25	26-50	51-75	> 76	
D2 - Sensibilità ai confini	Biotopo, centri ricreativi, nodo di rete ecologica, bosco	Zone a elevata sensibilità faunistica, monumenti	Centro residenziale, terreni agricoli	Nessun elemento critico	
D3 - Distanza aree <i>source</i> potenziale (metri in linea d'aria)	< 50	51-125	126-250	> 251	
D4 - Contrasto elevato % perimetro	> 80%	79-50	49-25	< 25%	
D5 - Presenza elementi rete ecologica e/o app. escretore	Secanti il lotto	Tangenti al lotto	Entro 50 metri dal perimetro	Oltre 50 metri da ciascun lato del perimetro	
D6 - Dimensioni del lotto rispetto alla grana media della matrice dell'ecotopo	Sproporzionate	Maggiori	Inferiori	In armonia	
D7 - Orientamento del lotto e/o degli edifici rispetto ai lotti circostanti	Opposto	Non congruente	Parzialmente ruotato	Congruente	
D8 - Compensazione ecologica del lotto come zona <i>sink</i> rispetto alla grandezza BTC	Non raggiungibile	Raggiungibile	Parzialmente raggiunta	Raggiunta	Nelle due direzioni ortogonali
E. Rapporti con l'unità di paesaggio (UdP)					
E1 - $HS_{suss\ Ecip} / HS_{suss\ UdP}$	< 0,5	> 1,1	1,1-0,9	0,5-0,9	
E2 - $HS_{prt\ Ecip} / HS_{prt\ UdP}$	> 1,1	< 0,5	1,1-0,9	0,9-0,5	
E3 - $HS_{suss\ UdP} / HS_{suss\ max}$	> 1,1	1,1-0,86	< 0,5	0,5-0,85	
E4 - $HS_{prt\ UdP}$ rispetto al suo range di normalità ottimale	Inferiore al minimo	Superiore al massimo	Nella metà inferiore del range	Nella metà superiore del range	
E5 - Importanza socio-economica dell'attività in oggetto nell'UdP	Ridotta	Minore	Evidente	Importante	
E6 - Provenienza prevalente addetti	Da altro comune	Da altra unità di paesaggio nello stesso comune	Dalla stessa UdP	Dallo stesso ecotopo o da ecotopi confinanti	

(cont. →)

Tabella 9.4b (continua)

E7 - Interferenza con macchie residuali e/o fasce tampone	Interferenza con fasce tampone b1 e/o b2 di macchie di tipo	Interferenza con fasce tampone b1 e/o b2 di macchie di tipo	Interferenza con fascia tampone b1 per macchie di tipo 2a	Nessuna interferenza	Intesa anche come vicinanza
	3b, 3c, 3d O 4b, 4c, 4d	3a, 2c, 2d			
F. Risultati					
F1 - Punteggio totale Y (=a+b+c+d)	a = ...	b = ...	c = ...	d = ...	y = ...
F2 - Qualità risultante del lotto sul massimo possibile	$Q = Y/Y_{max}^{(12)} = \dots / \dots = \dots$				

posto da molti tipi di elementi, caratterizzati dalla loro dimensione e forma (Forman, 1995), ruolo nell'ecosistema e capacità biologico-territoriale della vegetazione (Ingegnoli, 1991, 2002; Ingegnoli e Giglio, 2005), capacità di incorporazione dei disturbi ecc. Di conseguenza le macchie residuali non possono essere considerate come indifferenti nei confronti delle attività umane, ma al contrario deve essere valutata la loro eventuale compatibilità d'uso, quindi la loro vocazionalità alla pianificazione e *Biotop- und Artenschutz* (Ermer, Hoff e Mohrmann, 1996).

9.2.2.1 Il modello di valutazione delle aree indisturbate di importanza strategica

Le aree indisturbate di importanza strategica si evidenziano secondo il metodo delle fasce a) di disturbo primario, b) di primo e di secondo tamponamento (Tabella 9.5) e devono, in seguito, essere valutate secondo parametri ecologico-paesistici. Le macchie residuali si possono presentare in varie combinazioni, secondo la forma, la dimensione e il tipo di disturbi; per esempio,

macchie con gradiente semplice (a due o tre fasce) o con gradiente completo (a tre o quattro fasce e presenza di *potential core areas*).

Come nel riassunto nella Tabella 9.6, la valutazione dipenderà dalla grandezza della parte più interna (per esempio, se > 20 % o no), dalla BTC della macchia in confronto alla BTC dell'unità di paesaggio, e dal ruolo funzionale "strategico" nella configurazione esaminata, stabilito in relazione alla posizione della macchia all'interno dell'ecosistema di base e delle interrelazioni stabilite con la parte circostante dell'ecosistema. Così, un alto valore di qualità ecologica di una macchia residuale sarà dato da: presenza di un'area seminaturale potenziale (*potential core area*), possibilità di legami strategici con altre macchie residuali importanti e buon livello di BTC delle sue tessere vegetate.

È particolarmente importante che il ruolo strategico di macchie residuali sia chiaramente espresso in rapporto all'unità di paesaggio in esame. per esempio dovremo prendere in considerazione:

- funzione di *stepping stone* per la connessione;

Tabella 9.5 Esempio di fasce tampone per l'individuazione di macchie residuali. Si noti la dipendenza con il valore di BTC degli elementi paesistici interessati dalle fasce (da: Ingegnoli e Giglio, 2005)

Tipi di disturbo	Valore di BTC degli elementi paesistici interessati	Tipo di fascia	Distanza dal disturbo (m)
Edifici residenziali, piccole ferrovie, piccole strade, industrie non inquinanti, ecc.	Bassa BTC	Db	20
	Alta BTC	Db	10
Strade statali, impianti industriali, cave, ecc.	Bassa BTC	Db	40
	Alta BTC	Db	25
Aeroporti, autostrade, industrie inquinanti, ecc.	Bassa BTC	Db	100
	Alta BTC	Db	60
Perimetrazioni tampone	Bassa BTC	B1 e B2	100
	Alta BTC	B1	60
		B2	80

B1 e B2, fasce tampone; Db, fasce di disturbo diretto.

Tabella 9.6 Livelli di valore attuale di un mosaico di macchie residuali, caratterizzato da un gradiente di naturalità potenziale articolato in cinque fasce (da: Ingegnoli e Giglio, 2005)

Numero di fasce	$i < 20\%$	$i > 20\%$	$BTC_p > BTC_m$	SR
2 (Db + B1)	A	A	C	D
3 (Db + B1 + B2)	A	B	C	D
4 (Db + B1 + B2 + PCa)	B	C	D	D
5 (Db + B1 + B2 + PCa + PCi)	C	C	D	D

A, B, C, D, livelli di valutazione dal peggiore al migliore; BTC_m , valore medio della BTC dell'unità di paesaggio; BTC_p , valore di BTC della macchia residuale; i , area semi-naturale potenziale; SR, ruolo strategico della macchia nell'unità di paesaggio.

Tabella 9.7 Codici identificativi dei diversi processi di trasformazione riportati in tabella 9.6

N	trasformazioni che aumentano la naturalità della macchia (per esempio riforestazione)
M	trasformazioni capaci di riportare le macchie allo stato originale della matrice di paesaggio (per esempio da campi abbandonati a coltivo biologico)
RG	formazione di aree a verde protettivo (per esempio giardini pubblici)
HS1	costruzione di strutture antropiche "leggere" (per esempio strade rurali o canali di irrigazione)
HS2	costruzione di strutture antropiche "pesanti" (per esempio strade industriali o impianti tecnologici)
TU	urbanizzazione dell'intera macchia

Tabella 9.8 Diversificazione delle capacità e vocazionalità di pianificazione delle macchie residuali

Valore delle macchie	N	M	RG	HS1	HS2	TU
A	+	+	+	+	+	+
B	+	+	+	+	(+)	[+/-]
C	+	+	(+)	(+)	[+/-]	-
D	+	(+)	(+)	[+]	-	-

Note: +, libertà di trasformazione; (+), possibilità di trasformazione solo marginale e con mitigazione; [+/-], possibilità di trasformazione solo marginale con mitigazione e compensazione; *riquadri ombreggiati*, nessuna possibilità di trasformazione.

- mitigazione meso-climatica di un'area intensamente urbanizzata;
- isola per rifugio faunistico;
- protezione per rischi idrogeologici (per esempio, casse di espansione idrica);
- necessità di mantenere una buona porosità della matrice di paesaggio;
- rimodellamento di configurazione paesistica e/o verde urbano.

Di conseguenza, in relazione al loro livello di valutazione, le macchie residuali presentano vincoli diversi che portano a diverse capacità (e vocazionalità) di pianificazione. Per misurare queste capacità dobbiamo evidenziare i principali processi di trasformazione, come riportato in Tabella 9.7.

Si è ora in grado di porre in relazione questi processi

di trasformazione con le valutazioni ricevute dalle macchie residuali in Tabella 9.6. Si noterà che (Tabella 9.8) si delineano varie possibilità, dalla libertà di trasformazione alla possibilità di trasformazione solo marginale con mitigazione e compensazione, fino ad arrivare anche alla esclusione da ogni trasformazione di tipo HS2 e TU.

Un esempio di applicazione nel comune di Capanori (LU) può mostrare l'individuazione delle macchie, delle fasce tampone e delle *potential core areas* (Fig. 9.7). Si osserva nella figura come le differenze di presenza ed estensione delle fasce B1, B2 e delle *core areas* siano molto evidenti. Tuttavia, macchie residuali anche senza *core area* possono assumere un'importanza elevata, per ragioni di connessione (Fig. 9.8).

In conclusione, va sottolineato che la conservazione



Fig. 9.7 Esempio di applicazione del metodo di valutazione del sistema di macchie indisturbate strategiche. Parte sud-est dell'unità di paesaggio di pianura del comune di Capannori (Lucca). Si notano i gradienti di disturbo che interessano le macchie residuali: rigato = fascia B1; quadrettato chiaro = fascia B2; quadrettato scuro = *potential core areas*. Nella *core area* più a sud-est sarebbe possibile disegnare anche una *inner core area* (da: Ingegnoli, 2002)

della natura non può più fare a meno di tutelare le parti più importanti del sistema di macchie residuali del paesaggio agricolo, per fermare la frammentazione e arrivare a un riassetto ambientale del territorio. La metodologia qui presentata non è da sola sufficiente per arrivare a tale scopo, ma certamente può essere di notevole utilità, unitamente ai principi di ecologia del paesaggio già noti nella letteratura. Si ricorda che il sistema di macchie residuali va preso in considerazione unitamente al sistema del reticolo fluviale, al quale si danno solitamente dei valori opportuni per le fasce di protezione. Nello studio di una rete ecologica (vedi capitolo 10, paragrafo 10.2.2) per un territorio comunale o provinciale rimane comunque indispensabile effettuare una valutazione del sistema di macchie residuali.

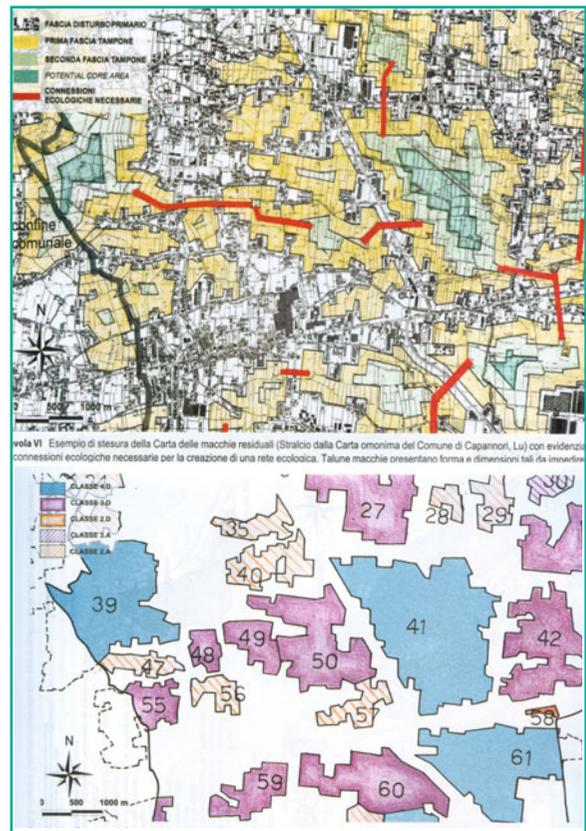


Fig. 9.8 Esempio di applicazione del metodo delle macchie indisturbate strategiche nel comune di Capannori. Nella parte alta della figura, in verde scuro le *potential core areas*; nella parte bassa della figura, le macchie sono colorate in base alla valutazione: quelle con valore strategico maggiore sono le azzurre, seguite dalle viola e da quelle color arancio pieno (da: Ingegnoli e Gliolo, 2005)

9.3 Valutazione dello stato ecologico di una regione

9.3.1 Obiettivi e criteri di valutazione

Ricordando quanto affermato sull'importanza, in uno studio di bionomia del paesaggio, di tenere presente la teoria dei sistemi gerarchici, che ci spinge a considerare un livello di interesse adatto allo scopo delle nostre ricerche e almeno i due livelli di scala a esso direttamente correlati – cioè uno inferiore per analizzare le componenti e spiegare lo stato del livello di interesse e uno superiore per analizzare i vincoli e capire il significato del livello che ci interessa – allo scopo di analizzare lo

stato ecologico di una unità paesistica è indispensabile confrontare tale stato con le scale superiori.

Per questo scopo è necessario avere un'idea dello stato e dell'andamento degli apparati paesistici, della BTC e di altri indicatori ecologici, quali l'HU, l'HS/HS* ecc. a livello regionale. Da ciò dipenderà successivamente la fase di elaborazione degli indirizzi terapeutici e il controllo sul dimensionamento delle tessere da rimboscare, sui corridoi, sulle aree di eventuale espansione urbana ecc.

È doveroso chiarire che in realtà una regione ecologica o *ecoregione* e una regione amministrativa non sono quasi mai coincidenti. Nel caso della regione Lombardia, per esempio, essa comprende parte dell'*ecoregione* "Divisione oceanica" (240 di Bailey, 1996) e parte della divisione "Montagne a regime oceanico" (M240), entrambe del Dominio umido temperato (200). È innegabile, tuttavia, che l'insieme di paesaggi lombardi appartengono alle citate *ecoregioni* e che la regione Lombardia si configura come ambito all'interno delle *ecoregioni*. La scala stessa di riferimento spazio-temporale (approssimabile a 24.000 km² e diverse migliaia di anni) rientra pienamente nelle scale ecologiche meso-macro delle regioni ecologiche e/o loro componenti significative. D'altra parte, è anche innegabile che i dati statistici sono riferiti alle regioni amministrative.

Ne consegue che è scientificamente significativo fare riferimento alle regioni amministrative, a patto che siano considerabili come "unità *ecoregionali* d'ambito" e che siano studiate con metodi ecologici appropriati. Tutte le regioni amministrative italiane sono bene riferibili alle *ecoregioni* citate nel capitolo 3 (paragrafo 3.3), riunendo non più di due tipi dello stesso carattere: per esempio, la Lombardia appartiene per il 59,5% alla *ecoregione* (240) e per il 40,5% alla (M240); solo in un caso (Liguria) le *ecoregioni* hanno caratteri diversi (regime oceanico e mediterraneo), ma essa è geograficamente molto ben delimitata e di antichissima antropizzazione.

La difficoltà di reperimento di dati ISTAT adeguati e completi per una sufficiente escursione temporale e, ancor di più, la difficoltà di un aggiornamento di questi dati (essendo cambiate le voci all'interno degli Annuari ISTAT che vanno integrati con i dati reperibili tramite *Corine Land Cover*), per molte tra le regioni più grandi della nostra penisola, non permettono di offrire un quadro di riferimento completo per tutte le venti regioni italiane. Ci si limita, perciò, a considerarne 12, scelte però in modo da rappresentare Nord, Centro e Sud Ita-

lia. A partire dal Nord, si considerano Trentino Alto Adige, Val d'Aosta, Lombardia, Veneto, Piemonte, Emilia-Romagna, Toscana, Abruzzo, Lazio, Campania, Calabria, Sicilia.

Esse forniscono una sintesi dello stato ecologico generale del loro territorio attraverso i principali indici e parametri di bionomia del paesaggio già presentati nei capitoli precedenti. Tali valori non rappresentano né delle ottimalità né delle normalità per i parametri stessi, bensì vanno letti come il contesto di inquadramento, il vincolo esercitato sul paesaggio in esame. In sede di valutazione, quindi, tali valori servono per confrontare, per esempio, i valori di BTC non più solo con i valori caratteristici normali (per esempio, quali quelli riportati nelle Tabelle 9.12 e 9.13), ma con la realtà del contesto regionale in cui quell'*ecotessuto* si trova effettivamente inserito. Così, dovendo esaminare una UdP di Parco Naturale, essa dovrà essere al di sopra del valore della BTCm regionale, possibilmente inquadabile nella parte superiore del range tipico della BTC dell'*Habitat Naturale* di quella stessa regione. Discorsi analoghi si possono fare per i valori di HS piuttosto che di HU o HN.

9.3.2 Casi di studio in Italia

I parametri ambientali presi in esame per lo studio delle 12 regioni menzionate sono 22 e sono riferibili al 2007 (reperiti dal 2005 al 2009, e comunque riportati al 2007). Di questi alcuni sono deducibili dagli Annuari ISTAT (struttura geografica, seminativi, colture permanenti, prati e pascoli, altre superfici agrarie), altri dal censimento Forestale del CRA di Trento² (tutti i tipi di foreste), altri ancora da studi più settoriali derivati da *Corine Land Cover* (superfici urbanizzate, industriali e stradali), mentre gli incolti improduttivi (acque, ghiacciai, ghiaie e rocce) rimangono come differenza (dopo controlli con i dati *Corine*). Per la stima delle popolazioni si è tenuto conto dell'apporto aggiuntivo del turismo, che in molte regioni italiane è veramente ingente calcolando le presenze totali per il rapporto di perma-

² Il Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura (CRA) è un Ente nazionale di ricerca e sperimentazione con competenza scientifica generale nel settore agricolo, agroindustriale, ittico e forestale. Il CRA ha personalità giuridica di diritto pubblico, posto sotto la vigilanza del Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali e ha autonomia scientifica, statutaria, organizzativa, amministrativa e finanziaria.

nenza annua, quindi si può parlare di “abitanti equivalenti”, cioè il numero di residenti + la media di presenze turistiche continue durante l’anno.

La stima dell’habitat umano (HU) è stata effettuata sulla base dei seguenti valori di riferimento, dedotti da studi già fatti in precedenza e ora aggiornati:

- seminativi, HU = 95%;
- coltivi permanenti, HU = 90%;
- prati stabili e pascoli, HU = 45-55%;
- altra superficie agraria (e arbustiva), HU = 20-45%;
- foreste (vari tipi), HU = 4-15%;
- urbanizzazione e sussidiario, HU = 97-98%;

g. improduttivo e sterile, HU = 8-10%.

La superficie agraria (PRD) è stimata in modo mirato, per ragioni di efficacia dei successivi indici di HS_{prd} , in base alle quote di HU nei quattro settori produttivi (seminativo, colture permanenti, prati-pascoli, altre colture agrarie). Il calcolo di HS/HS^* è stato fatto in base ai seguenti valori di HS^* : 1600 m²/ab per la Val d’Aosta, 1500 per Trentino-Sudtirolo e Abruzzo, 1475 per tutte le altre, 1400 per la Sicilia. L’habitat standard (HS , m²/ab) è calcolato sulla base delle stime di HU e popolazione equivalente; $HS_{rsd+sbs}$ m²/ab comprende tutte le superfici artificiali.

Tabella 9.9 Sintesi dello stato ecologico-paesistico di alcune regioni dell’Italia settentrionale

Parametri ambientali	Trentino Alto Adige		Val d’Aosta		Lombardia		Veneto	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Montagna	12.926,65	95	3.165,3	97	9.665,325	40,5	5.354,109	29,1
Collina	272,1	2	32,6	1	2.959,26	12,4	2.667,855	14,5
Pianura	408,2	3	65,3	2	11.240,415	47,1	10.377,036	56,4
Seminativi	86,1	0,61	2,6	0,08	8.570,9	35,91	5.617	30,53
Coltivazioni permanenti	453,5	3,33	9,1	0,28	746	3,13	1.069,2	5,81
Prati e pascoli	3.451,7	25,37	667	20,44	2.567	10,76	1.515,8	8,24
Altra sup. agr. + arbusteti	518,4	3,81	640,1	19,61	850	3,56	1.305,9	7,1
Foreste boreali + temp. fredde	6.171,1	45,35	777,9	23,84	2.362	9,9	2.245	12,2
Foreste temperate	878,4	6,46	205,4	6,3	3.472	14,55	1.708,9	9,29
Foreste mediterranee	0	0	0	0	0	0	290,0	0,16
RSD + SBS	355	2,61	63,6	1,95	3.350	14,08	1.715	9,32
Incolti, acq. roc.	1.693	12,45	897,5	27,5	1.940	8,13	3.193,2	17,36
Superficie totale ha	13.607	100	3.263,2	100	23.865	100	18.399	100
Ab eq. Tot. (× 1.000)	1.550		160		9.950		5.600	
PRD	2.518,6	18,51	537,44904	16,47	10.281,042	43,08	7.644,7845	41,55
HU (% terr.)	24,5		22,4		59,3		53,4	
HS m ² /ab	2.150,8		4.568,5		1.422,3		1.754,5	
$HS_{rsd+sbs}$ m ² /ab	229,0		397,5		336,7		306,3	
HS_{prd} m ² /ab	1.624,9		3.359,1		1.033,3		1.365,1	
HS/HS*	1,44		3,75		0,96		1,19	
Densità ecologica ab/km ²	465		219		703		570	
BTC (Mcal/m ² /anno)	3,71		2,45		2,00		2,06	

Per la stima della biopotenzialità territoriale delle componenti vegetali (BTC) si è fatto ricorso alle statistiche elaborate sulle tessere dell'Italia settentrionale (vedi Tabelle 9.12 e 9.13) e alle valutazioni sul campo per la ricerca Con.Eco.For. (2004-2006), dopo aver quantificato le principali tipologie forestali estraendole per regione dal censimento CRA. La precisione di queste stime è molto migliore di quanto tentato nel passato (Ingegnoli, 2002; Ingegnoli e Giglio, 2005), in quanto sono ora disponibili sia le statistiche sulle foreste (e sulle loro tipologie) sia la quantità dei dati di stima della BTC su centinaia di tessere di bosco di ogni tipologia.

Per lo studio menzionato sulle 12 regioni italiane, si riportano le Tabelle 9.9, 9.10 e 9.11, che riassumono lo stato ambientale delle stesse. Il quadro di riferimento ambientale a scala regionale che esce dalle tabelle è indubbiamente piuttosto vario, confermando le caratteristiche di eterogeneità paesaggistica dell'Italia. Le aree produttive (PRD, cioè agricole) variano dal 16,5% della Val d'Aosta al 43,8% della Lombardia. Maggiori variazioni mostrano le aree forestali, dal 9,9% della Sicilia fino al 51,8% del Trentino-Sudtirolo; esse sono divise in modo assai marcato fra formazioni di tipo boreale e temperato-freddo, temperato, e mediterraneo.

Tabella 9.10 Sintesi dello stato ecologico-paesistico di alcune regioni dell'Italia centro-settentrionale

Parametri ambientali	Piemonte		Emilia Romagna		Toscana		Abruzzo	
	km ²	%						
Montagna	10.998,2	43,3	5.633,946	25,1	5.770,49	25,1	6.995,95	65
Collina	7.696,2	30,3	6.082,866	27,1	15.288,35	66,5	3.551,79	33
Pianura	6.705,6	26,4	10.729,188	47,8	1.931,16	8,4	215,26	2
Seminativi	4.996,7	19,67	8.127	36,21	5.084	22,11	1.766,6	16,41
Coltivazioni permanenti	924,7	3,64	1.323	5,89	1.705	7,42	776,2	7,21
Prati e pascoli	4.480,5	17,64	1.076	4,79	1.275	5,55	1.797,3	16,7
Altra sup. agr. + arbusteti	745,3	2,93	1.269,4	5,66	1.142	4,97	510	4,74
Foreste boreali + temp. fredde	2.545,9	10,02	1.284,5	5,72	780,4	3,39	1.437,3	13,35
Foreste temperate	5.851,4	23,04	3.202,8	14,27	4.902	21,32	2.019,6	18,76
Foreste mediterranee	0	0	1.033,4	4,6	4.394	19,11	434,7	4,04
RSD + SBS	1.486	5,85	2.238	9,97	1.178	5,12	345	3,21
Incolti, acq. roc.	4.369,4	17,2	2.891,9	12,88	2.529,7	11	1.676	15,57
Superficie totale ha	25.400	100	22.446	100	22.990	100	10.763	100
Ab. eq. Tot. (× 1.000)	4.500		4.800		4.800		1.430	
PRD	7.983,22	31,43	9.665,2476	43,06	7.230,355	31,45	3.492,5935	32,45
HU (% terr.)	41,4		55,4		40,3		39	
HS m ² /ab	2.336,8		2.590,6		1.930,2		2.935,4	
HS _{rds+sbs} m ² /ab	330,2		466,3		245,4		241,3	
HS _{prd} m ² /ab	1.774,0		2.013,6		1.506,3		2.442,4	
HS/HS*	1,63		1,76		1,31		1,97	
Densità ecologica ab/km ²	428		386		518		341	
BTC (Mcal/m ² /anno)	2,35		2,15		3,26		2,77	

Tabella 9.11 Sintesi dello stato ecologico-paesistico di alcune regioni dell'Italia centro-meridionale

Parametri ambientali	Lazio		Campania		Calabria		Sicilia	
	km ²	%						
Montagna	4.498,596	26,1	4.702,14	34,6	6.303,858	41,8	6.273,484	24,4
Collina	9.290,204	53,9	6.903,72	50,8	7.419,852	49,2	15.786,554	61,4
Pianura	3.447,2	20	1.984,14	14,6	1.357,29	9	3.650,962	14,2
Seminativi	3.232,7	18,76	2.981,3	21,94	1.830,7	12,14	6.189,1	24,07
Coltivazioni permanenti	1.365,8	7,92	1.524,4	11,22	2.105,3	13,96	4.075	15,85
Prati e pascoli	2.141,7	12,43	1.123	8,26	1.204	7,98	2.254,4	8,77
Altra sup. agr. + arbusteti	568,5	3,3	466	3,43	476	3,16	839	3,26
Foreste boreali + temp. fredde	720,8	4,18	614,7	4,52	1.567,1	10,39	223,3	0,87
Foreste temperate	2.783	16,15	2.038	15	1.661,1	11,01	963,3	3,75
Foreste mediterranee	1.845	10,7	1.147,3	8,44	1.351	8,96	1.350,5	5,25
RSD + SBS	1.390	8,1	1.295	9,53	755	5,01	1.775	6,9
Incolti, acq. roc.	3.180	18,4	2.400	17,66	15.081	100	8.041	31,2
Superficie totale ha	17.236	100	13.590	100	15.081	100	25.711	100
Ab. eq. Tot. (× 1.000)	5.900		6.000		2.100		5.200	
PRD	5.581,016	32,38	4.938,60	36,34	2.102,72228	29,28	10.996,594	42,77
HU (% terr.)	43,8		49,2		38,9		53,3	
HS m ² /ab	1.279,6		1.114,4		2.793,6		2.635,4	
HS _{rds+sbs} m ² /ab	235,6		215,8		359,5		341,3	
HS _{prd} m ² /ab	945,9		823,1		1.001,3		2.114,7	
HS/HS*	0,87		0,75		1,9		1,78	
Densità ecologica ab/km ²	782		897		358		380	
BTC (Mcal/m ² /anno)	2,46		2,29		2,40		1,88	

L'HU è piuttosto diversificato, dal 22,4% della Val d'Aosta al 59,3% della Lombardia: ciò porta a rivedere le densità di popolazione per regione, che sono assai differenti e più omogenee di quelle geografiche. Tali densità (ab/km²) variano da un minimo di 210 in Val d'Aosta a un massimo di 897 in Campania, contro valori di 39 e 429 ab/km² delle densità geografiche.

Le stime di HS_{prd} sono fra le più significative, perché mostrano la capacità di mantenimento potenziale della popolazione; si nota che due regioni (Campania e Lazio) risultano eterotrofe per la loro popolazione, cioè ne-

cessitano degli apporti edafici di altri sistemi paesistici a loro esterni, mentre altre due (Calabria e Lombardia) sono al limite, presentando un HS_{prd} di poco superiore a 1000 m²/ab. Ciò rende più pericoloso l'aumento, accelerato negli ultimi 20 anni, del HS_{rds+sbs}, cioè del costruito pro-capite, che vede 7 regioni su 12 con valori > 300 m²/ab, fino ai 466 m²/ab dell'Emilia-Romagna.

Come noto, Lombardia, Piemonte, Lazio e Campania presentano città capoluogo di notevole peso e vastità, in proporzione al loro territorio. L'area metropolitana di Milano si può stimare a due livelli: in quello più limitato,

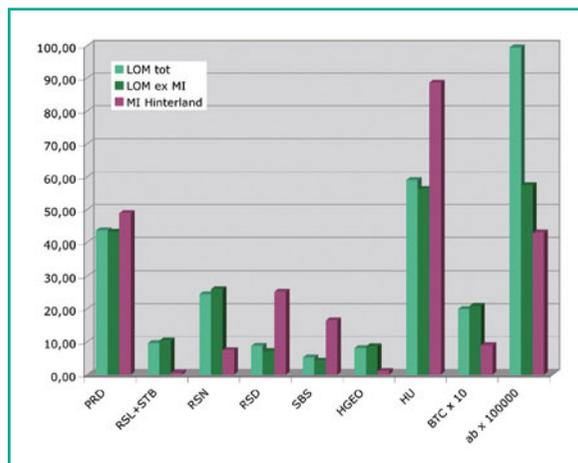


Fig. 9.9 Il grafico confronta i dati ambientali principali a livello di intera regione (LOM tot, *verde chiaro*), di regione senza Milano (LOM ex MI, *verde scuro*) e dell'area metropolitana maggiore di Milano (MI Hinterland, *porpora*). Si osserva subito che le differenze fra LOM tot e LOM ex MI sono assai limitate, mentre forte è la differenza con l'area metropolitana

l'area metropolitana propriamente detta (vedi capitolo 11, paragrafo 11.1), risulta che sul 4,6% del territorio regionale abita il 36,2% della popolazione, ma allargandosi all'hinterland, sull'8,5% della regione si arriva a contare il 43% dei Lombardi (4.300.000 ab). L'area metropolitana di Torino è analoga: sul 4,4% del territorio regionale vive il 35% dei Piemontesi: 1.600.000 ab. L'area metropolitana di Napoli è la più concentrata, poiché sul 6,8% del territorio campano vive il 51,6% della popolazione (3.100.000 ab). Roma merita un discorso a parte, in quanto la città è pressoché isolata nella campagna e rimane la maggiore città europea (per esempio, l'area metropolitana di Parigi è tre volte più grande, ma la città conta solo 2,2 milioni di abitanti); comunque sul 7,4% del territorio laziale vivono circa 3 milioni di persone, pari al 50,8% della popolazione regionale.

Per studiare l'effetto delle grandi metropoli sull'assetto ecologico di una regione prendiamo l'esempio maggiore e meglio documentato, quello di Milano, e ci riferiamo alla Figura 9.9. Il grafico confronta i dati ambientali principali a livello di intera regione (LOM tot, verde chiaro), di regione senza Milano (LOM ex MI, verde scuro) e dell'area metropolitana maggiore di Milano (MI hinterland, porpora). Si osserva subito che le differenze fra LOM tot e LOM exMI sono assai limitate, mentre forte è la differenza con l'hinterland metropolitano, che presenta maggiore PRD, assenza di arbusteti e pascoli, pochi boschi (2/3 in meno!) e molto maggiore

area costruita (3 volte quella regionale, pari al 42%); l'HU di conseguenza manifesta un vero livello urbano, superiore a quello dell'area metropolitana di Berlino (vedi capitolo 11, Tabella. 11.1); analogo discorso vale per la BTC e soprattutto per HS/HS*:

- HU = 87,8% vs 56,3% della restante parte di regione;
- BTC = 0,90 Mcal/m²/anno vs 2,09 della restante parte della regione;
- HS/HS* = 0,28 vs 1,45, che equivale al rapporto fra paesaggio urbano e paesaggio agricolo protettivo.

9.3.3 Esempi di dinamica di trasformazione regionale

Dai primi studi sulle trasformazioni ambientali delle regioni (Ingegnoli, 2002; Ingegnoli e Giglio, 2005), in realtà solo di valore indicativo, si nota che in tutte le regioni italiane i cambiamenti nell'ultimo secolo sono stati notevoli. per esempio, in Trentino Alto Adige dal 1928 al 1998 i seminativi sono diminuiti dal 6,1% allo 0,7%, mentre le foreste sono aumentate, passando dal 43,8% al 46,4% nei 70 anni considerati (vedi Tabella 9.9 per le condizioni più recenti). La popolazione è cresciuta ma non in modo esagerato (da 642 a 911 mila abitanti, un incremento del 141,9%), ma enorme è stata la crescita dei turisti; in Sudtirolo nel periodo 1960-2001 le variazioni del numero e della portata oraria degli impianti di risalita sono stati: da 173 a 383 impianti e da 35.000 a 443.497 p/h, vale a dire un incremento del 1265% (Bartaletti, 2004). Ne consegue che in quella regione l'apporto degli abitanti equivalenti è oggi assai alto: 1 abitante su 3 è un turista (media annua).

Nel Lazio i seminativi sono diminuiti fortemente nel periodo 1911-1993, passando dal 46,8% al 25,4%, mentre i boschi sono aumentati dal 16,7% al 22,25% negli 82 anni esaminati. Nel contempo gli abitanti sono passati da 1,3 a 5,2 milioni. In Toscana, dal 1911 al 1998 il decremento dei seminativi è stato minore che nel Lazio (da 35,8% a 25,5%) e molto bassa è stata la crescita dei boschi (da 38,3% a 38,8%): in effetti, anche l'aumento della popolazione è stato più contenuto, da 2,7 a 3,6 milioni.

La regione Sicilia nel periodo 1911-1993 vede il dimezzarsi dei seminativi, da 64,9% a 29,7% e un aumento dei boschi, che erano però pressoché inesistenti all'inizio del XX secolo (3,7% nel 1911, 8,5% nel 1998). La popolazione è cresciuta da 2,7 a 5,1 milioni.

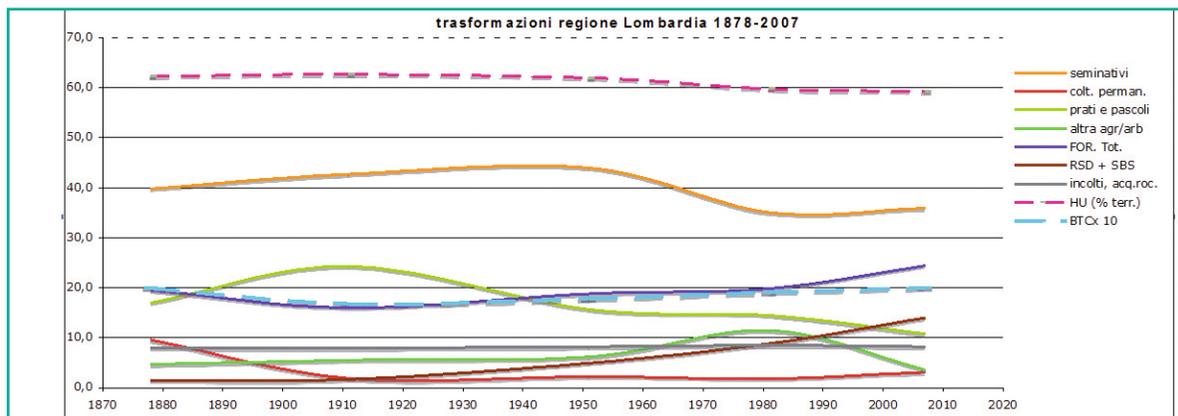


Fig. 9.10 Trasformazioni ambientali della regione Lombardia negli ultimi 130 anni. Si osserva il modesto calo di habitat umano (HU), le contenute variazioni della BTC media (che ora torna ai valori del 1870) e la sentita crescita dell'urbanizzato e delle infrastrutture, che registrano il maggiore incremento negli ultimi 25 anni, mentre la popolazione talenta il suo forte sviluppo

Le trasformazioni più complete e credibili sono quelle inerenti la Lombardia, di cui si possono reperire dati a partire dal XIX secolo. Riportiamo un grafico aggiornato di tali trasformazioni (Fig. 9.10). Nella figura sono segnate le variazioni dal 1878 al 2007 dei seguenti parametri ambientali:

- le foreste (RNT) che in una prima fase scendono dal 19,53% al 16,03% dal 1878 al 1911 (a causa del forte aumento dell'industrializzazione e dello sviluppo ferroviario) ma, dalla fine della Grande Guerra (1918), ricrescono ininterrottamente fino a oggi (24,45% al 2007);
- l'agricoltura (PRD) scende lentamente dal 1878 al 1951 (passa dal 58,9% al 55,3% in 73 anni), per poi decrescere al recente 43,1% in soli 56 anni;
- le aree costruite (RSD+SBS), quasi statiche fino al 1911 (da 1,48% a 1,67% in 33 anni), triplicano nei 40 anni successivi, fino ad arrivare a 5,08% nel 1951 e crescono di 2,8 volte nei successivi 56 anni, fino al 14,08% del 2007;
- l'habitat umano (HU) è quasi costante fino al 1951 (62,7-62,1%) e poi scende lentamente, fino al recente 59,3% (-2,8% in 56 anni), segno che le strutture principali dei paesaggi regionali non sono state ancora troppo alterate;
- l'aumento della popolazione è assai forte fin dalla metà dell'Ottocento, passando da 3,5 milioni nel 1878 a 4,9 milioni nel 1911 (quindi si nota uno sfasamento con la crescita dell'urbanizzazione e delle infrastrutture di circa 35 anni) e prosegue con lo stesso ritmo fino al 1981, per poi diminuire di poco;
- la capacità portante (HS/HS*) diminuisce di conse-

guenza al crescere della popolazione, scendendo da 2,8 nel 1878 ai recenti valori, inferiori addirittura all'unità: oggi siamo a un livello limite, oltre il quale i paesaggi regionali sarebbero dominati da sistemi eterotrofi di antropizzazione spinta;

- infine, si deve notare che la biopotenzialità territoriale media della regione (BTC) segue in buona parte l'andamento delle foreste e, malgrado i forti cambiamenti dell'area metropolitana di Milano, riesce ancora a risalire ai livelli del 1878, pari circa a 2,00 Mcal/m²/anno.

Nello studio delle trasformazioni, può essere interessante il confronto con la regione formata dai Cantoni Svizzeri Vaud e Ginevra, un territorio di 5410,5 km² nella zona Nord e Ovest del lago di Ginevra, vasto quasi un quarto della Lombardia, abitato oggi da 1,2 milioni di persone.

Si sono considerati i periodi 1981-2005 per la regione svizzera e 1981-2007 per la Lombardia e si sono confrontati alcuni parametri ambientali, come si vede dalla Figura 9.11.

L'incremento di popolazione è stato più elevato nella regione d'oltralpe, 18,28% contro 10,8% in Lombardia; a fronte di quelle variazioni, le aree costruite sono aumentate in modo simile, circa +25-26%, ma bisogna ricordare che la pressione demografica del 10,8% equivale in Lombardia a 970.000 abitanti contro i 170.000 del Vaud-Ginevra. Le foreste sono aumentate del 2,4% nella regione Svizzera, contro il 23,4% in quella italiana, mentre il produttivo agricolo è diminuito rispettivamente del 4,4% e del 10,6%. Ne consegue un aumento di BTC assai maggiore in Lombardia e un decremento

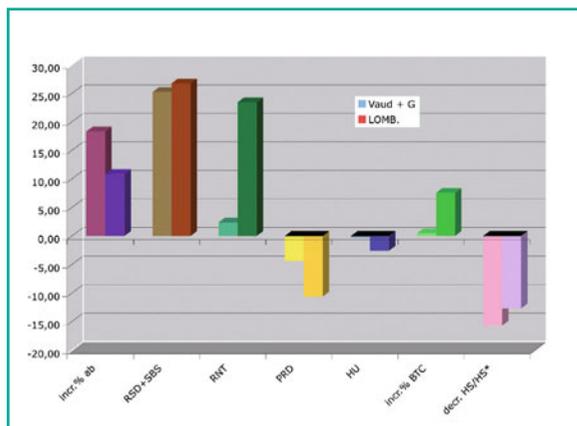


Fig. 9.11 Confronto fra le trasformazioni 1981-2005 tra le regioni Vaud-Ginevra e la Lombardia (vedi testo per dettagli)

minore della capacità portante, essendo già prossima al limite naturale.

9.4 Valutazione clinico-diagnostica di una unità di paesaggio

9.4.1 Valutazione diagnostica e normalità

Dobbiamo ricordare e di nuovo sottolineare che è il rapporto tra “patologia” e “fisiologia” dei sistemi che permette una *diagnosi* in senso clinico del paesaggio in esame. Bisogna capire di *quanto il sistema si sposta dallo stato di normalità* a causa degli stimoli patogeni e, con una proiezione delle informazioni, valutare dove potrebbe arrivare il danno alla struttura e alle funzioni, in un tempo congruente. Ricordiamo, inoltre, che il rilevamento dei sintomi necessita di una buona anamnesi, vista l'importanza della storia anche nei processi naturali.

Non è possibile risolvere problemi diagnostici focalizzando l'interesse solo su componenti singole di un sistema in esame, ma è invece necessario saltare da una parte all'altra, tenendo presente l'insieme. Si ricorda, infatti, che una logica rigida e lineare è incompatibile con i sistemi complessi. Per questo si ribadisce l'importanza del “Metodo dei Pittori” (Lorenz, 1978): “*a correct methodology must proceed from the system as a unit towards its parts*”.

Questi metodi si definiscono “gestaltici”, cioè basati sulla percezione gestaltica “*which means form and form-ness, pattern and pattern-ness*”. Inoltre, nei sistemi complessi, l'osservazione anche di uno o due sintomi

(non ripetuti nel tempo) può acquistare un significato diagnostico, escludendo in quei casi ogni approccio statistico. Si tratta quindi di metodi iterativi e gestaltici, basati sulla sequenza:

- osservazione del caso in esame;
- individuazione delle componenti principali;
- costruzione di un modello del nostro sistema;
- comparazione con un comportamento normale;
- ritorno all'osservazione con rinnovati criteri.

Per una diagnosi dello stato ecologico di una unità di paesaggio (UdP) ci si basa sul confronto degli intervalli di normalità per ogni analisi parametrica effettuata secondo il classico metodo clinico-diagnostico utilizzato anche in medicina. Si stabilisce, prima di tutto, quale sia il tipo di paesaggio che si ritrova nella UdP in esame, per poter individuare di conseguenza gli intervalli di normalità per i parametri analizzati.

9.4.1.1 Caratteri di normalità

Data la necessità di ricercare le condizioni di normalità per i parametri ecologici più significativi, sono stati fatti degli studi su diverse correlazioni fra i dati dei rilievi effettuati sulle tessere di vegetazione nell'Italia del Nord secondo i principi della bionomia del paesaggio (LaBiSV). Da tale studio risulta che per le foreste la qualità ecologica Q è strettamente correlata con la BTC ($R^2 = 0,955$) con una linea di tendenza pari a

$$Y = 0,113 x - 0,466$$

L'altezza media della canopy e la BTC presentano una dispersione assai maggiore ($R^2 = 0,518$). La correlazione fra volume di fitomassa epigea e altezza media della canopy delle suddette foreste è mediocre ($R^2 = 0,752$), e la sua equazione di tendenza, logaritmica, è quindi utilizzabile solo per una valutazione preliminare di massima:

$$y = 9,114 \ln(x) - 32,28$$

La correlazione qualità Q /BTC per i prati-pascoli è buona ($R^2 = 0,877$), mentre per i prati agricoli è alquanto minore.

Le medie risultanti dai dati rilevati sui tipi di vegetazione naturale (184 tessere) e para-antropica (152 tessere) nell'Italia settentrionale (vedi capitolo 3, Fig. 3.19) sono state tabulate nei parametri seguenti: altezza della canopy (H), volume di fitomassa (vFM), qualità ecologica cumulativa (Q), capacità biologico-territoriale

della vegetazione (BTC) e sua deviazione standard (dv.st). Si riportano qui le tabelle (Tabelle 9.12 e 9.13). Dai valori espressi si osserva come essi non siano particolarmente elevati. per esempio, le peccete presentano

la BTC più elevata, che corrisponde però in media a una soglia di maturità del 76%; i querceti a farnia arrivano a valori medi di maturità ancora minori, intorno al 65%. I corridoi alberati agricoli, peraltro decimati

Tabella 9.12 Valutazioni statistiche orientative sui caratteri bionomici più significativi della vegetazione naturale del nord Italia. Campione di 184 tessere (di circa 1,5-3 ha ognuna), anni 2002-2008

Tipi di vegetazione	H m	vFM m ³ /ha	Q %	BTC Mcal/m ² /anno	BTC dv.st
Peccete	26,8	621,1	68,7	7,19	0,94
Lariceti	18	327,8	58,2	5,65	0,92
Pinete alpine	18	369	57,7	5,81	0,89
Faggete	21,7	460,3	62,9	6,86	0,65
Querceti a farnia	24,09	404,05	60,65	6,64	0,98
Querceti a farnia + alloctone	20	321,4	47	5,02	0,97
Orno-ostrieti	12,2	157,4	51,9	5,13	0,68
Foreste igrofile	21,36	380,4	53,22	5,78	1,41
Foreste mediterranee	15,8	284	57,1	6,22	0,98
Arbusteti	2	20	45,4	1,57	0,41
Prati-pascoli	0,6	45	46,8	0,63	0,13
Sterpeti alofili	0,5	40	52,9	0,40	0,12

dv.st., deviazione standard.

Tabella 9.13 Valutazioni statistiche orientative sui caratteri bionomici più significativi della vegetazione para-antropica del nord Italia. Campione di 152 tessere (di circa 1-2,5 ha ognuna), anni 2002-2008

Tipi di vegetazione	H m	vFM m ³ /ha	Q %	BTC Mcal/m ² /anno	BTC dv.st
Castagneti	15,6	388,0	45,5	5,15	1,15
Robinieti	17	189,3	41,8	4,33	1,26
Corridoi alberati	17,9	259,7	42,4	3,41	0,89
Pioppeti	20,6	213,1	31	3,12	1,06
Uliveti	5,5	38,6	54	2,40	0,34
Vigneti	2,2	12,1	39,8	1,75	0,33
Seminativi	1,2	150,0	40,7	0,78	0,13
Prati	0,7	60,0	41	0,59	0,13
Parchi e giardini	19,7	318,2	39,6	3,08	0,56
Viali alberati	22,8	205,1	22,7	1,68	0,37
Prati urbani	0,3	40,0	30	0,45	0,1

dv.st., deviazione standard.

negli ultimi 50 anni, hanno una BTC media pari a 3,41 Mcal/m²/anno, quindi presentano uno stato alquanto precario, con un livello di maturità di circa 36%, e numerose specie alloctone.

Per avere un'idea degli intervalli di normalità dei più utilizzati parametri ecologici per tipo di paesaggio si presentano altre due tabelle. La prima (Tabella 9.14) riguarda i cinque tipi di paesaggio prevalentemente antropico: URB = urbano; SUB.T = suburbano tecnologico; SUB.R = suburbano rurale; AGR = agricolo; AGR.PRT = agricolo protettivo. La seconda (Tabella 9.15) riguarda altri cinque tipi di paesaggio, prevalentemente seminaturale: Agr-Sil-Tur = agro-silvo-turistico; AGR.FOR = agricolo forestale; For-Tur = forestale turistico; FOR.SN = forestale seminaturale; FOR.NAT = forestale naturale.

I parametri ecologici presi in considerazione sono elencati come segue:

1. RNT, area forestale, misurata in percentuale sull'UdP in esame, ivi compresi i reliquati nelle zone agricole;
2. BTC foreste (Mcal/m²/anno), espressa come media delle tessere di foresta rilevate;

3. form. forestali alloctone, in percentuale sul punto (1);
4. pCA, *strategic potential core area*, misurate in percentuale sull'UdP;
5. CON, connessione (alfa + gamma), derivata dall'applicazione degli indici di connettività e circuitazione rispetto alla rete ecologica di UdP;
6. efficienza rete, (CON × DCV) – INTF, dove: DCV = corridoi vegetati, INTF = interferenza (vedi capitolo 10, paragrafo 10.2.2);
7. PRD, aree agricole (%), misurate in rapporto all'UdP in esame;
8. RSD, aree urbanizzate (%), misurate in rapporto all'UdP in esame;
9. SBS, mobilità e industria (%), aree misurate in rapporto all'UdP in esame;
10. HU, habitat umano (%), aree misurate in rapporto all'UdP in esame;
11. HS/HS* capacità portante (vedi capitolo 3, paragrafo 3.2.7);
12. BTC, biopotenzialità della vegetazione dell'UdP (Mcal/m²/anno), intesa come media ponderata di tutti gli elementi di vegetazione della UdP;

Tabella 9.14 Intervalli di normalità dei principali parametri ecologici nei paesaggi di tipo prevalentemente antropico

Parametri ecologici	URB	SUB. T	SUB. R	AGR	AGR. PRT
RNT, aree forestali (%)	4,0-8,0	5,0-12,0	8,0-25	30	20-55
BTC foreste (Mcal/m ² /anno)	5,50-6,00	5,50-6,00	6,00-6,50	6,00-6,50	6,50-7,00
Formazioni forestali alloctone (%)	2-5,0	1-4,0	1-2,0	1-2,0	0-1,5
PCA, <i>potential core area</i> (%)	5-10,0	10,0-20	20-35	35-50	50-65
CON, connessione ($\alpha+\gamma$)	0,50-0,65	0,55-0,70	0,60-0,75	0,65-0,85	0,70-0,90
Efficienza rete	0,6-0,8	0,6-0,8	0,7-0,9	0,8-1,2	1,0-1,8
PRD, aree agricole (%)	5,0-15	10,0-35	30-55	45-70	35-60
RSD, aree urbanizzate (%)	25-50	10,0-25	8,0-15	4-9,0	2-6,0
SBS, mobilità e industria (%)	10,0-20	15-50	7,0-12	4-7,0	2-4,0
HU, habitat umano (%)	85-95	80-92	70-86	60-82	42-68
HS/HS*, capacità portante	0,1-0,5	0,4-1,0	0,8-3,0	2,5-9,0	3,0-12,0
BTC dell'UdP (Mcal/m ² /anno)	0,40-0,90	0,60-1,20	0,80-1,60	1,00-2,00	1,70-3,50
LM, <i>landscape metastability</i>	2,0-5,0	3,5-7,5	5,0-11,5	7,0-15,0	12,0-25
HuCE (HS/HS* × BTC/HU)	0,1-0,6	0,4-2,3	1,5-9,0	4,2-25	9,0-55
IFF, funzionalità fluviale	120-180	120-180	180-200	180-200	200-250
Area tranquilla (< 60 dB) (%)	40-50	35--45	45-55	50-60	55-70

Principali tipi di paesaggio: URB, urbano; SUB. T, suburbano-tecnologico; SUB. R, suburbano-rurale; AGR, agricolo (produttivo); AGR. PRT, agricolo-protettivo.

Tabella 9.15 Intervalli di normalità dei principali parametri ecologici nei paesaggi di tipo prevalentemente semi-naturale

Parametri ecologici	Agr-Sil-Tour	AGR-FOR	For-Tour	FOR-SN	FOR-NAT
RNT, aree forestale (%)	25-65	40-75	45-80	60-85	65-95
BTC Foreste (Mcal/m ² /anno)	6,5-7,5	7,00-7,50	7,0-8,0	7,50-8,00	8,00-9,00
Formazioni forestali alloctone (%)	0-1	0-1	< 0,5	0	0
PCA, potential core area (%)	45-70	60-75	65-80	75-85	> 85
CON, connessione ($\alpha+\gamma$)	0,65-0,95	0,75-1,00	0,7-1,0	0,8-1,1	0,8-1,1
Efficienza rete	1,1-2,0	1,5-2,0	1,2-2,1	1,6-2,2	> 1,8
PRD, aree agricole (%)	15-40	20-50	10,0-25,0	5,0-20	3,0-6,0
RSD, aree urbanizzate (%)	2-7,0	1-3,0	0,5-2,0	< 1,5	< 1
SBS, mobilità e industria (%)	1,5-3,0	1-2,0	< 1	< 1	< 0,5
HU, habitat umano (%)	20-40	22-48	10,0-25	5,0-20	0-12
HS/HS*, capacità portante	1,2-12,0	3,5-15	1,5-15	4,0-18	4,5-21
BTC, UdP (Mcal/m ² /anno)	1,8-4,5	3,00-5,00	3,5-6,0	4,50-7,00	6,0-8,5
LM, landscape metastability	15-30	20,0-32,0	25,0-35,0	33,8-36,7	35,6-36,6
HuCE (HS/HS* × BTC/HU)	15,0-90,0	22-160	50-450	62,0-500	250-1750
IFF, funzionalità fluviale	200-270	250-270	250-300	261-300	261-300
Area tranquilla (< 60 dB) (%)	70-80	65-75	75-85	80-90	> 90

Principali tipi di paesaggio: *Agr-Sil-Tour*, agro-silvo-turistico; *AGR-FOR*, agricolo-forestale; *For-Tour*, forestale-turistico; *FOR-SN*, forestale semi-naturale; *FOR-NAT*, forestale naturale; *PRD*, apparato produttivo; *RNT*, apparato resistente; *RSD*, apparato residenziale; *SBS*, apparato sussidiario.

13. LM, *landscape metastability* (vedi capitolo 7, paragrafo 7.2.4);
14. HuCE (HS/HS* × BTC/HU), capacità ecologica complessiva dell'HU (vedi capitolo 7, paragrafo 7.2.5);
15. IFF, funzionalità fluviale (vedi capitolo 7, paragrafo 7.1.7);
16. Area tranquilla (< 60 dB), (%), con rumorosità diurna sopportabile.

A tali parametri si aggiunge spesso il valore delle aree sotto tutela naturalistica (per esempio, SIC, ZPS) in percentuale rispetto all'UdP e l'artificialità dei corridoi fluviali, in percentuale del loro sviluppo. Si possono, inoltre, valutare gli scarti della BTC media di UdP rispetto il modello HU/BTC e gli scarti di LM rispetto il modello HU/LM.

Si deve ricordare che i valori che definiscono gli intervalli di normalità non sono da considerare rigidi, nel senso che essi, pur derivando da casi sperimentali e controlli teorici incrociati, possono necessitare di piccoli aggiustamenti locali, dato che ogni caso ha i suoi propri caratteri. Tali grandezze comunque riescono a dare un'idea

abbastanza precisa delle differenze fra i tipi di paesaggi più frequentemente presenti nelle nostre fasce temperate.

9.4.2 Indici diagnostici

Dopo aver stabilito accuratamente il tipo di paesaggio in esame, e dopo aver elaborato tutti i rilievi e i dati riguardanti l'insieme di parametri ecologici necessari per una valutazione diagnostica dello stato di salute dell'UdP in oggetto, si deve in seguito quantificare la distanza di ogni parametro ecologico rilevato dalla norma, dando un opportuno punteggio (*score*) a seconda dei valori di scarto (in percentuale) dalla soglia di normalità. Ciò significa utilizzare un indice diagnostico (ID).

La verifica di un ID esige un metodo basato sul "peso" degli scarti percentuali dagli intervalli di normalità per ogni parametro rilevato nei diversi casi in esame, scarti che si considerano in valore assoluto. Tali pesi si possono misurare sia per intervalli opportuni sia in modo continuo, come vedremo.

La Tabella 9.16 riporta un caso di valutazione dia-

gnostica per le trasformazioni avvenute nella UdP 1 del comune di Mori (TN), in cui si utilizzano 20 parametri posti a confronto con gli intervalli di normalità per un paesaggio suburbano-rurale.

Gli intervalli di riferimento per l'espressione degli scores sono:

evaluation scores:

$$0-10 = 2; 10-30 = 1; 30-60 = 0,5; > 60 = 0$$

L'ID è dato dal punteggio totale diviso per il numero dei *parametri* stimati moltiplicato per il punteggio massimo, pari a 2. Nell'esempio della UdP 1 di Mori, noteremo che lo stato ecologico del paesaggio era fuori dalla normalità già nel 1860, anche se di poco ($81,58 < 85$). Oggi l' ID_{2007} è addirittura sceso al valore di 66,25, perdendo quasi il 19% dell' ID_{1860} .

Volendo invece utilizzare un metodo di valutazione di tipo *continuo*, sempre tenendo per gli scarti inesistenti ($\Delta = 0$) il valore 2, si calcolano i valori definiti dalle equazioni lineari seguenti:

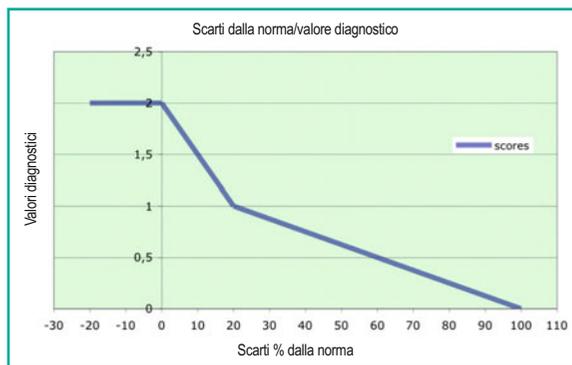


Fig. 9.12 Valori associati agli scarti percentuali dalla normalità, secondo quanto espresso dalle due equazioni citate nel testo

- $y = -0,0667 \Delta + 2$ se gli scarti sono compresi entro l'intervallo 0-20%;
- $y = -0,0083 \Delta + 0,83$ se gli scarti sono compresi nell'intervallo 20-100%;
- rimane un valore 0,00 se gli scarti sono superiori al 100% (Fig. 9.12).

Tabella 9.16 Diagnosi della UdP1 di Mori dal 1860 al 2007

Parametri ecologici	Sub-rur	1860	score	1954	score	2007	score
RNT, aree forestate	8-25%	27,6	2	27,7	2	33,6	2
BTC For. (Mcal/m ² /anno)	6,00-6,50	4,75	1	4,5	1	4,91	1
Formazioni forestali alloctone	2-5%	4,5	2	5,4	2	6,75	0,5
PCA, <i>potential core area</i>	20-35%	> 30	2	> 25	2	20	2
CON ($\alpha+\gamma$)	0,5-0,75	0,46	2	0,4	1	0,254	0,5
Efficienza rete	1,2-1,8	0,9 ca	1	0,7 ca	1	0,435	0,5
HU PRT, protettivo HU	2-6%	0,74	0	0,65	0	1,45	1
PRD, aree agricole	30-55%	53,07	2	49,98	2	41,19	2
RSD, aree urbanizzate	8-15%	2,92	2	7,1	2	10,47	2
SBS, mobilità e industria	7-12%	2,5	2	3,66	2	6,95	2
HU, habitat umano*	65-80	58,64	2	60,47	2	58	2
HS/HS*, capacità portante	0,7-2,8	1,17	2	0,75	2	0,6	1
BTC UdP (Mcal/m ² /anno)	1,19-1,94	2,27	2	2,05	2	2,3	2
Scarto BTC mod	< 5%	3,7	2	8,1	0,5	3	2
LM, <i>landscape metastability</i>	8,5-13	11,1	2	10,26	2	11,8	2
Scarto LM mod	< 10	29,5	1	32,1	0,5	27,2	1
HuCE (HS/HS* × BTC/HU)	1,5-5,3	4,52	2	2,53	2	2,41	2
Artificialità corridoi fluviali	0-50%	65	1	75	0,5	85	0
Aree tutela ecologica	15-25%					12,4	1
IFF, funzionalità fluviale	180-200	150?	1	150?	1	48	0
Tipo di paesaggio		Sub-rur	31	Sub-rur	27,5	Sub-rur	26,5
Indice diagnostico	85-100		81,58		72,37		66,25
Stato ecologico	normale	scompenso		scompenso		forte scompenso	

Evaluation scores: 0-10 = 2; 10-30 = 1; 30-60 = 0,5; > 60 = 0.

Tabella 9.17 Stati patologici e livelli di intervento nella valutazione diagnostica di una UdP

Classi	Indice diagnostico	Stato di salute del sistema	Note fisiopatologiche	Livelli terapeutici necessari
I	0,85-1,00	Entro la norma	Plateau omeostatico, disturbi incorporabili	Può bastare la prevenzione
II	0,65-0,85	Scompenso più o meno palese	Necessità di compensazione	Salute instabile, necessità di qualche terapia
III	0,40-0,65	Alterazione più o meno grave	Danni strutturali e funzionali	Sindrome palese, terapia e intervento
IV	0,10-0,40	Trasformazioni degenerative	Degrado non recuperabile	Gravi disfunzioni, difficoltà di intervento
V	< 0,10	Fase di estinzione	Degrado totale e morte del sistema	Intervento inutile

Tabella 9.18 Cartella clinica riguardante lo studio sullo stato ecologico del paesaggio della laguna di Venezia (2003-2004)

Dati territoriali di base	Paesaggio della laguna di Venezia e suoi diretti margini, appartenenti al sistema paesistico padano-lagunare. Superficie: ha 107.974,6 (45,7% dell'odierno Bacino Scolante); abitanti: 580.574 (2/3 residenti); fascia litorale marina: 16,5%; laguna, canali, fiumi: 36,3%; elementi paesistici terrestri: 47,2%.
Studio preliminare sullo stato ecologico del paesaggio della laguna di Venezia	
Sindromi riscontrate	Degradazione strutturale e funzionale complessa con UdP disomogenee, a ψ costante, ma con τ ridotta, chiaro segno di alterazione. Discesa del rapporto barene/area tidale da 0,285 a 0,097 in un solo secolo e conseguente iperestensione delle superfici d'acqua, con aumento dell'erosione di fondali e barene. Perdita dello 0,1%/anno di tessere vegetate, BTC in diminuzione, ma già alterata nel 1900 (-23,5%). Apparato resistente (RNT) stabile. Apparato ecotonale (ETN) in diminuzione e a livello gravemente insufficiente (< 5%). Apparato connettivo ormai ridotto a tratti. Apparati residenziale (RSD) e sussidiario (SBS) passati dal 3,1 all'11,6% nell'ultimo secolo. Apparato produttivo (PRD) troppo semplificato, disturbi antropici sovente non incorporabili (per esempio traffico natanti e inquinamenti). Sistema delle macchie indisturbate strategiche mal distribuito e inferiore al 47% (di cui le p.c.a < 24%). Tutto ciò ha portato il paesaggio a cambiare da rurale a suburbano (l'HU è passato dal 45 al 70%, con HS/HS* = 0,5). Le sindromi sono gravi.
Prognosi	Le tendenze in atto porterebbero nei prossimi 20 anni a un HU = 78-79%, BTC = 0,23-0,24 Mcal/m ² /anno, HS/HS* = 0,41-0,42, con la conseguenza di avvicinarsi a un paesaggio di tipo pienamente urbano, senza avere le caratteristiche strutturali adatte. Inoltre il rapporto barene/area tidale scenderebbe intorno a 0,1, con aumento ulteriore dell'erosione, anche nel caso di controllo dell'acqua alta, per il vento e il traffico di natanti. Il degrado complessivo del sistema eco-paesistico diventerebbe incontrollabile. Nota: le prescrizioni terapeutiche sono riassunte in una successiva tabella (Tabella 10.1).

Un indice diagnostico preliminare (ID) dello stato ecologico delle UdP esaminate risulta immediatamente da tale valutazione e può venire giudicato in almeno cinque stadi patologici: ID pari all'intervallo 0,85-1 = normalità; 0,65-0,85 = scompenso; 0,40-0,65 alterazione; 0,10-0,40 = grave disfunzione; < 0,10 estinzione. Nella Tabella 9.17 sono indicati i principali stadi di alterazione possibili per una UdP in esame, e la sintesi degli interventi che è indispensabile attuare.

9.4.3 La cartella clinica

Si indicano, infine, le ragioni dei parametri alterati in

una vera e propria *cartella clinica*. Diventa, quindi, cruciale anche qui la taratura degli intervalli di normalità, derivati dallo studio sia dei modelli che delle osservazioni sul campo. Si ricorda che ogni UdP ha caratteri propri che vanno rispettati. Riporteremo (Tabella 9.18) uno stralcio della cartella clinica dello stato ecologico del paesaggio della Laguna di Venezia, elaborata dopo le ricerche richieste dal Consorzio Venezia Nuova per il Magistrato alle Acque di Venezia nel 2003-2004.

In realtà, una cartella clinica completa capace di riassumere le patologie del paesaggio, le analisi effettuate, la prognosi e le prime indicazioni terapeutiche, dovrebbe essere articolata nei seguenti paragrafi:

1. *“medici” ecologi responsabili*: lo Studio professionale o l’Ufficio Tecnico Ecologico Provinciale che hanno esaminato il paesaggio (o l’UdP) “ammalati”;
2. *dati territoriali*: l’inquadramento del tipo di paesaggio e i dati geografici;
3. *committenza e motivazioni*: i responsabili gestori del territorio in oggetto, che hanno affidato l’incarico per il consulto;
4. *dati forniti*: informazioni generali e cartografia fornite dalle autorità competenti;
5. *sintomatologia*: le alterazioni individuate (o individuabili) dalle autorità competenti e il loro staff tecnico-ecologico;
6. *analisi effettuate*: l’elenco di tutte le analisi cliniche effettuate dai medici ecologi dopo l’incarico per il consulto;
7. *anamnesi storica*: ricostruzione degli stati passati e studio delle dinamiche storiche;
8. *valutazioni diagnostiche*: controllo delle trasformazioni, valutazione dei principali parametri ecologici, riscontro delle anomalie in atto;
9. *sindromi riscontrate*: descrizione delle disfunzioni rilevate e inquadramento clinico-patologico;
10. *prognosi*: tendenze in atto e pericoli e danni per le strutture e le funzioni del paesaggio in esame, tempi di risanamento prevedibili.

A conclusione degli studi di valutazione diagnostica del paesaggio lagunare è stato possibile dare delle “indicazioni terapeutiche” dopo l’individuazione del movimento del sistema ecopaesistico della Laguna di Venezia. Si noti (vedi capitolo 2, Fig. 2.6) che passando dal 1900 ($B/T = 28,5$) al 2000 ($B/T = 11$) si esce dal campo di normalità. Si osservi inoltre la proiezione del movimento nelle due ipotesi di intervento (a = rosso) e (b = blu): si notino le diverse distanze dal campo di normalità. Si ricorda che la capacità biologica del territorio (BTC) misura il livello di organizzazione paesistica delle componenti di vegetazione, mentre il rapporto barene/area tidale (B/T) permette di comprendere in estrema sintesi l’alterazione strutturale del paesaggio in esame.

10.1 Terapia e progettazione ecologica

10.1.1 Prescrizioni terapeutiche

Inizieremo a sottolineare che leggi di salvaguardia e di risanamento ambientale devono essere applicate non solo alla luce delle esigenze e degli usi attuali del territorio, ma soprattutto in rapporto alle diverse tendenze che le vicende storiche hanno portato nell'attuale assetto del sistema in esame, alcune delle quali hanno prodotto profondi cambiamenti. Quindi l'arresto del degrado del paesaggio non può passare direttamente per la eliminazione delle cause che hanno provocato un cambiamento dell'equilibrio ecologico, cioè delle cause patologiche, senza scegliere la ricerca di un *equilibrio metastabile nuovo*, capace di una maggiore integrazione fra gli ecotipi e fra i tipi e le funzioni degli elementi componenti il paesaggio, senza mai dimenticare il significato del rapporto uomo-natura. Come già sottolineato nel primo capitolo, l'uomo deve obbedire alle leggi della natura, che reggono tutti i sistemi biologici e le loro componenti (uomo compreso), e parimenti deve presiedere e tutelare l'organizzazione della vita che gli permette appunto di vivere.

Tornando all'esempio sulla Laguna di Venezia noteremo, a questo proposito, che la strada intrapresa dai Veneziani fin dal Medioevo è corretta ed è da continuare. La coevoluzione uomo-laguna ha creato un paesaggio in una continua dinamica mirata alla sostanziale stabilità e ha confermato il ruolo gestionale dell'uomo. Proseguire su questa strada vuole dire recuperare tutte le *capacità progettuali e di tutela* per integrare e rendere compatibili le attività e le strutture antropiche con l'evoluzione della laguna, ma anche utilizzare *criteri e mezzi nuovi per un nuovo assetto ambientale*.

Non si può quindi "museificare" un paesaggio, intervenendo solo con vincoli di tutela, con ricostruzione di strutture solo dove erano 100 anni fa, con divieti a costruire nuove strutture, divieti a utilizzare materiali nuovi, divieti a trattare con materiali inquinanti, limitandosi a qualche manutenzione. Un paesaggio è un sistema vivente! Come l'ecologia del paesaggio ha dimostrato più volte, è necessario un tipo di azione di *conservazione della natura in senso attivo*, capace cioè di *riattivare dinamicismi di equilibrio ecologico* in senso metastabile.

Questo significa poter intervenire sulla struttura e la dinamica del paesaggio per portarlo a superare le sue attuali disfunzioni modificandone l'assetto. Perché il concetto di *metastabilità* implica proprio questa esigenza: un sistema ipercomplesso adattativo si evolve in equilibrio entro date condizioni al contorno, ma quando queste cambiano esso si deve adeguare. Dato che è impossibile tornare a condizioni simili a quelle di un secolo fa (non sarebbe neppure giusto, malgrado gli errori fatti, per ragioni di tipo socio-economico) non si vede altra strada scientificamente ed *eticamente* corretta.

Come si è notato, nel capitolo 9, sulla cartella clinica dell'esempio che abbiamo presentato (Tabella 9.18), le "Prescrizioni terapeutiche" sono rimandate a una seconda Tabella, riassuntiva dei criteri terapeutici da prescrivere (Tabella 10.1). Come si può constatare, questa Tabella è composta in modo che a ogni gruppo di parametri diagnostici facciano riscontro i relativi criteri terapeutici. I gruppi di parametri ecologici da prendere in considerazione variano a seconda delle sindromi riscontrate nel paesaggio o nell'UdP in esame.

Nel caso della Laguna di Venezia sono stati presi in esame i seguenti gruppi di parametri:

a. *generali*: confronto con i caratteri delle scale superiori che contengono il paesaggio in esame; cambiamenti nel tipo di paesaggio nell'ultimo secolo;

Tabella 10.1 Paesaggio della laguna di Venezia. Criteri terapeutici per gruppi di parametri diagnostici e linee di predisposizione esecutiva per fasi successive

	Parametri diagnostici	Criteri terapeutici
A - Generali di contesto	<p>Scala spaziale superiore</p> <ul style="list-style-type: none"> Paes. agr. reg.: HU = 67,5; BTC = 1,10 Bacino scol.: HU = 75; BTC = 0,90 Paes. laguna (oggi): HU = 70; BTC = 0,29 <p>Scala temporale superiore (1 secolo)</p> <ul style="list-style-type: none"> HU da 44,8 a 69; HS = 738 m²/ab $\sigma = HS/HS^*$ da 0,83 a 0,50 BTC da 0,51 a 0,29 Mcal/m²/anno 	<ul style="list-style-type: none"> Paesaggio da rurale a suburbano. Viste le caratteristiche ecologiche, il paesaggio in esame dovrebbe essere riportato al tipo <i>rurale-suburbano</i> L'HU dovrebbe scendere di circa il 2 % (o perlomeno non crescere più) La BTC media deve risalire fino a valori di circa 0,33 Mcal/m²/anno, entro 20 anni, per tendere verso 0,40 con i provvedimenti aggiuntivi di pianificazione
B - Struttura	<ul style="list-style-type: none"> Diversità paesistica: $\psi =$ da 8,55 a 9,25 $\tau =$ da 3,83 a 2,95 Grana e contrasto: diminuzione D frattale aumento del contrasto Valutazione del rapporto B/T: da 28,5 a 11% Diversità UdP: su 7 UdP, 2 sono di valli chiuse, 1 litorale, 3 lagunari e 1 urbana Idrogeomorfologia: subsidenza \approx 2 mm/anno erosione in atto; trasporto limitato 	<ul style="list-style-type: none"> Sono necessari interventi di formazione di fasce ecotonali e/o protettive nelle aree di maggiore contrasto L'UdP centrale (urbana) deve formare corridoi semi-naturali di raccordo con le UdP limitrofe Deve essere invertita la tendenza di rapporto barene/laguna fino a d un valore di circa 18-20 %. Le barene di nuova formazione devono adeguare la forma: necessari esami aggiuntivi La diversità paesistica funzionale (τ) deve passare da 2,9 a circa 3,3 Bisogna aumentare le praterie sommerse nelle <i>core areas</i> Bisogna isolare il canale petroli con fasce di barene e formare isole protettive fra l'area industriale e la città di Venezia
C - Vegetazione	<ul style="list-style-type: none"> Qualità EdP e BTC media: Boschi: 50,2; 5,37 Prati: 37,8; 0,55 Seminativi: 33,5; 0,60 Verde urbano: 27,7; 2,18 Limonieto: 54,2; 0,46 Cespuglieti marginali: 46,2; 1,30 Dinamica 1900-2000 tessere (ha): tessere vegetate scese da 47 a 37,6% di cui i seminativi saliti dal 28 al 61% 	<ul style="list-style-type: none"> La qualità eco-paesistica delle tessere vegetate sub-antropiche deve essere elevata di almeno il 30-40%, quindi la BTC di almeno il 40-50% La vegetazione naturale va tutelata e vanno migliorate le fasce di cespuglieto di margine (<i>rehabilitation ecology</i>) Sono necessarie piantagioni nuove di macchie boscate e di filari, anche su alcune barene di nuova formazione Le tessere vegetate vanno portate almeno al 40%, di cui i seminativi non devono superare il 50% (quindi vanno diminuiti)
D - Apparat HU	<p>Dinamica in 1 secolo</p> <ul style="list-style-type: none"> RSD da 0,5 a 4,3 (+) SBS da 2,6 a 7,4 (++) PRD da 17 a 19,2 (+) PRT da 7,5 a 5,6 (-) 	<ul style="list-style-type: none"> Gli apparati RSD e SBS non devono crescere oltre il 12,4% (oggi sono al 11,6) PRD va ecologicamente riquilibrato PRT deve aumentare fino almeno all'8-10%
E - Apparat HN	<p>Dinamica in 1 secolo</p> <ul style="list-style-type: none"> RNT da 2 a 1,8 (-) STB da 14,1 a 8,6 (- -) ETN da 7,3 a 4,3 (-) RSL da 5,9 a 4,3 (-) CON da 3,5 a 2 (-) EXR da 3,6 a 4,3 (+) GEO da 36 a 39 (+) <p>NB. Si ricorda che le percentuali degli apparati non coincidono con quelle dei tipi di elemento.</p>	<ul style="list-style-type: none"> RNT deve come <i>minimo</i> superare il 4-5% STB (in gran parte barene) deve tornare al 10-12% ETN deve arrivare al 7-8%, ma necessita esami <i>ad hoc</i> CON deve almeno raddoppiare, e necessita esami ulteriori GEO deve diminuire la superficie libera di laguna, in proporzione alla ricrescita di barene nuove e di fasce ad isola per PRT

(cont. →)

Tabella 10.1 (continua)

F - Modelli	Dinamica in 1 secolo <ul style="list-style-type: none"> • HU/BTC scarti da -23,5 a -27,5 • HU/τ scarti da -4,2 a -2 • LM 0,85 invece di 1,31 	<ul style="list-style-type: none"> • Il paesaggio era già alterato il secolo scorso Non è possibile trattarlo come naturale Per BTC e τ cfr. punti A e B Per LM vedi Figura 7.8
G - sistema di macchie residuali	Stato attuale <ul style="list-style-type: none"> • Disturbi: aree interessate 53,4% • Macchie residuali: 46,6% di cui <i>buffers</i> 1/2 • <i>Core areas (inner)</i> 15,7% 	<ul style="list-style-type: none"> • Diminuire le botti di caccia e interrompere la loro distribuzione nelle <i>core areas</i>. Vietare la pesca di frodo • Vietare il traffico in alcuni canali • Necessari esami ulteriori sui disturbi

HU, sempre espresso come %; BTC, sempre espressa in Mcal/m²/anno; 1 secolo è l'intervallo temporale 1900-2000 (± 2 anni); B/T, rapporto estensione superficiale delle barene/superficie della laguna; Qualità EdP, qualità ecologico-paesistica della vegetazione misurata secondo il metodo LaBiSV, espressa in % sull'ottimalità.

- strutturali*: diversità paesistiche, grana e contrasto, valutazione del rapporto B/T (barene/area tidale), diversità delle UdP, idrogeomorfologia;
- vegetazione*: qualità (Q) e BTC media e dinamica nell'ultimo secolo;
- apparati HU*: dinamica degli apparati HU nell'ultimo secolo;
- apparati HN*: dinamica degli apparati HN nell'ultimo secolo;
- modelli diagnostici*: scarti dai modelli HU/BTC, HU/ τ , LM;
- sistema di macchie residuali* (i.e. macchie indisturbate di interesse strategico): disturbi principali, macchie residuali e *core areas*.

A questa Tabella 10.1 di criteri terapeutici deve necessariamente seguire una "Predisposizione esecutiva dei criteri terapeutici proposti". Infatti, si tratta di una fase diversa dalla prescrizione di criteri, perché deve dare degli input alla parte di intervento esecutivo, che richiede quasi sempre una serie di progetti *ad hoc*.

Si sottolinea, quindi, che per la predisposizione esecutiva dei criteri terapeutici esposti nella precedente Tabella sono necessarie le seguenti ulteriori fasi operative:

- la stesura di un piano di massima di impostazione e controllo del risanamento ecologico per il paesaggio lagunare;
- la stesura di un progetto di massima di programmazione delle fasi terapeutiche, distribuzione spaziale degli elementi di nuova formazione e predisposizione di dettagli;
- la stesura di una progettazione esecutiva, per stralci, con controllo ed eventuale adeguamento della distribuzione e delle forme degli elementi paesistici di nuova formazione, in generale e per UdP, previa ricerca sul pattern strutturale localizzato, su grana e

contrasto degli ecotopi, sui caratteri ecotonali necessari ecc.

In ovvio collegamento con i punti precedenti, nell'esempio di Venezia l'elaborazione di linee aggiuntive di *pianificazione territoriale* è da raccomandare alle autorità competenti per una reale efficacia del Piano Morfologico, da studiare con attribuzione di priorità e incentivi (senza escludere eventuali vincoli).

10.1.2 Principi di progettazione

Se cerchiamo di definire un progetto, dovremo constatare che esso è un processo creativo di organizzazione intenzionale delle parti di un sistema complesso, in modo da assolvere a un insieme di funzioni che vanno oltre la capacità delle singole componenti (vedi capitolo 2, paragrafo 2.3.1).

Dalla definizione segue che è possibile riconoscere o dedurre una *progettualità*. Ad esempio, se da un gruppo di lettere sparse a caso su un tavolo (si pensi a uno dei tanti giochi da tavola di tipo linguistico) esce una frase, per esempio "andiamo a pranzo", potete subito dedurre che si tratta di una *progettualità*, cioè di un'azione progettata, visto il comparire di un ordine e uno scopo. Si noti, infatti, che non esiste un percorso graduale che porti a un messaggio, dato che una sola lettera *non* vi dà una parte del messaggio e qualche lettera in più *non* vi dà un po' più di messaggio (vedi "complessità irriducibile").

Studiando il paesaggio si può dimostrare come esso sia un sistema coerente, da cui traspare una palese progettualità. "La Terra non mente" scriveva Aristotele: struttura e processi del paesaggio mostrano, come abbiamo più volte ribadito, un sistema di eccezionale qualità. Anche sistemi costituiti da altre componenti naturali

possono mostrare una progettualità. Sicuramente lo dimostra ogni livello di organizzazione biologica, a partire dalla cellula. Infatti, la base della vita sta in un insieme complesso di funzioni fra cui la più tipica è il controllo decisionale, proprio dell'attività di progetto.

D'altra parte, non si deve pensare che una progettazione (*design*) porti a un risultato sempre ottimale: spesso si osserva che si potrebbe fare di meglio. Quindi la progettazione non elimina il concetto di evoluzione. Elimina però, almeno come principio omnivalente, le interpretazioni del processo evolutivo come mera gradualità guidata dal caso (vedi capitolo 4, paragrafo 4.1). È importante cercare di capire la progettualità che si manifesta nelle UdP e nei loro componenti, perché intervenire con progetti mirati al risanamento ambientale significa dover seguire criteri non contrari a tale progettualità, anzi compatibili con essa.

Si deve, comunque, sottolineare che non esiste un metodo rigido e predefinito di progettazione, cosa che si riscontra in tutti i processi creativi e intenzionali. Similmente a quanto accade per la costruzione dei modelli, è necessario seguire *fasi successive di approssimazione, spesso iterative e con metodo gestaltico*. Qui il "Metodo dei Pittori" ricordato da Lorenz è da intendere quasi alla lettera, dato che il disegno è il cuore della progettazione e si identifica con essa (non a caso in latino disegnare = progettare, in inglese design = progetto). In concreto, la progettazione esige di procedere dal generale al particolare (a salti), organizzando la creazione e la composizione mediante disegni più o meno tecnici via via arricchiti di parti tematiche naturali o antropiche, per arrivare a formare un sistema capace di rispondere alle esigenze funzionali degli obiettivi per cui si deve intervenire.

La *progettazione del territorio* si è sviluppata fin dai primordi della civiltà, soprattutto dopo la nascita dell'agricoltura (10.000 anni b.p), dato che le conoscenze sulla natura e sul territorio sono state indispensabili per la pianificazione degli insediamenti umani, anche se a livello empirico e intuitivo. Col progredire della società, già in epoca Romana gli agronomi avevano un concetto di progettazione degli interventi sul territorio non inferiore a quella degli architetti (vedi Columella, Vitruvio e altri, I-II sec.), come risulta, per esempio, dai piani di centuriazione. Ma solo nel XVIII-XIX secolo si è iniziato un approccio più completo e scientifico. Il più influente maestro per la progettazione del paesaggio è stato forse l'americano Frederik Olmsted (1870), agronomo e ingegnere, progettista del grande Central Park

di New York, che alla fine dell'Ottocento fondò la facoltà di architettura del paesaggio ad Harvard, la stessa dove insegna ancora Richard T.T. Forman, uno dei padri fondatori dell'ecologia del paesaggio.

Oggi la progettazione del territorio è portata avanti in ambito di architettura e ingegneria (piani territoriali e urbanistici) e di scienze agrarie e forestali (piani forestali e agricoli). Solo da poco, dopo la Convenzione Europea sul Paesaggio (2000-2006) anche i *naturalisti* sono entrati nel novero dei progettisti del territorio (reti ecologiche, valutazione ambientale strategica, piani di conservazione e tutela). In una veste di "ecologo di base" (vedi AIN¹) il "Naturalista" deve essere formato anche per leggere i segni significativi dell'ambiente e per collaborare con gli altri specialisti, onde poi progettare correttamente gli interventi necessari.

10.1.3 Proposte metodologiche

I primi metodi di progettazione ecologica, o "*Design with Nature*", sono dovuti essenzialmente agli studi del paesaggista Ian Mc Harg (1969), citato anche da Eugen P. Odum nel suo famoso trattato "Fundamentals of ecology" (1971). Tali metodologie erano articolate in quattro fasi principali, nel modo seguente:

1. analisi ecologica del sito (*site analysis*) con uso di *overlapping maps*;
2. idoneità rispetto agli obiettivi di intervento (*capability*);
3. rispondenza migliore (*suitability*);
4. scelte di fattibilità (*feasibility*).

Mc Harg dimostrò la possibilità di individuare su apposita cartografia le aree più rispondenti per interventi di 1) conservazione della natura, 2) ricreazione e verde urbano, 3) urbanizzazione, evidenziando con tre colori diversi, in gamme di quattro tonalità ciascuno, le seguenti combinazioni di vocazionalità del territorio:

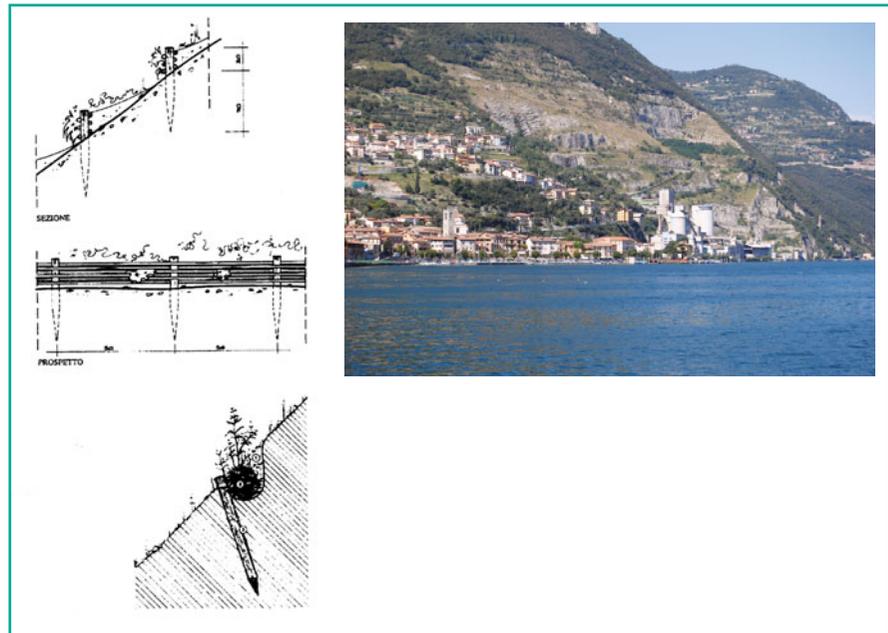
1. *conservation suitability*;
2. *urbanization suitability*;
3. *recreation suitability*;

a cui si aggiungevano le 4 rispondenze intermedie:

- 1-2. *conservation-urbanization*;
- 2-3. *recreation-urbanization*;
- 1-3. *conservation-recreation*;
- 1-2-3. *conservation-recreation-urbanization*.

¹ AIN, Associazione Italiana Naturalisti: Associazione Professionale dei laureati in Scienze Naturali, nata a Torino nel 1974.

Fig. 10.1 Viminate e fascinate utilizzate nel progetto di recupero ambientale dell'area estrattiva di Tavernola Bergamasca, sul Lago di Iseo. Nella foto la vasta area di intervento



Questo metodo, ovviamente, non si limita alle fasi di pianificazione ecologica, ma prosegue fino al normale sviluppo di un progetto di piano territoriale, astenendosi però dall'entrare nelle fasi esecutive.

Per comprendere che anche una progettazione ecologica non può fare a meno di seguire tutte le fasi di progettazione dovremo oggi presentare un metodo più generale. Le fasi principali possono essere:

1. l'elaborazione di un'analisi e una valutazione diagnostica dello stato del sistema sul quale si deve intervenire;
2. la proposta di un indirizzo migliorativo e sostenibile, di tipo terapeutico, da seguire;
3. la precisazione degli obiettivi progettuali da colpire e della sequenza minima necessaria di fasi da attuare: progetto preliminare...;
4. l'acquisizione di una serie di conoscenze aggiuntive che possono agevolare lo sviluppo di un progetto ecologico;
5. l'acquisizione una serie di conoscenze pragmatiche tali da permettere la realizzazione attuativa;
6. la stesura di un piano e di un progetto con le elaborazioni esecutive;
7. il controllo economico-sostenibile delle fasi realizzative;
8. la capacità direzionale delle fasi di attuazione;
9. la valutazione di controllo sull'esito finale del processo attuativo (collaudo).

Si sottolinea che i *primi due punti* comprendono gli studi di bionomia del paesaggio: analisi, valutazione diagnostica, patologie, indirizzi terapeutici (ciò che costituisce la parte preponderante di un volume come questo). Di conseguenza, (1) e (2) sono una grande e basilare parte nelle attività di un "medico-ecologo" (ecoiatra), che però non può fare a meno di intervenire, diventando quindi in un certo senso un "chirurgo-ecologo".

Il *terzo punto* entra più direttamente nelle prime impostazioni di *design* e necessita di uno sforzo creativo non indifferente per la redazione del progetto preliminare o di massima. Far corrispondere gli obiettivi scelti, o concordati con le autorità territoriali, con interventi coerenti con le basi di ricerca e le analisi clinico-diagnostiche, che poi in pratica devono sfociare in disegni formali di applicazione, non è facile. Non c'è però un metodo esplicito per questa fase al di fuori di ciò che abbiamo già detto in precedenza anche ricordando il paragrafo sul disegno nelle scienze naturali (vedi capitolo 7, paragrafo 7.3): il disegno nella progettazione è di fondamentale importanza sia per comprendere meglio l'esistente sia per verificare le proposte di intervento da progettare.

Il *quarto punto* richiama l'esigenza di conoscenze collaterali. I principali campi disciplinari necessari per le applicazioni dello studio ecologico del territorio sono riassumibili in:

1. metodi di rilievo e rappresentazione (topografia, fotografia, disegno ecc.);

2. metodi di stima e controllo di elementi di disturbo (ombre, traffico, rumore, deflusso delle acque, vento ecc.);
3. metodi di bioingegneria naturalistica (Fig. 10.1) (protezione scarpate, arginature verdi, blocco della franosità, rinaturazione di corsi d'acqua ecc.).

Nella Figura 10.1 si mostrano i particolari di una viminata e una fascinata che facevano parte del progetto di risanamento ambientale dell'area estrattiva di Tavernola Bergamasca (Lago di Iseo) e la foto dell'intera area di intervento di progettazione ecologica, sviluppato in seguito agli studi di ecologia del paesaggio negli anni novanta.

Il *quinto punto* richiama la necessità di conoscenze pratiche che riguardano soprattutto i metodi di agronomia-forestazione. per esempio, è necessario conoscere le modalità tecniche di idrosemina, piantagione dei sementali, piantagione degli alberi, sesti di impianto, scelta del *mulch* ecc. Un altro campo è quello della tecnica delle costruzioni, almeno come conoscenza di principio, in modo da poter dialogare con gli ingegneri (muri di scarpa, canali di deflusso, strade di lavoro e di controllo ecc.).

Il *sesto punto* necessita della conoscenza degli sviluppi di progettazione secondo le esigenze tecniche e di approvazione. Tale gerarchia consiste in:

1. *progetti definitivi*: si tratta della fase progettuale seguente a quella di massima, redatta in scala di maggior dettaglio e contenente relazioni e capitoli descrittivi dei materiali e delle specie da impiegare, necessari per le approvazioni da parte delle autorità competenti;
2. *progetti esecutivi*: si tratta degli sviluppi, talvolta per stralci (se il lavoro è particolarmente impegnativo) del progetto definitivo, redatti a scala ancora di maggior dettaglio, con particolari costruttivi (per esempio di bioingegneria naturalistica) e con indicazioni utili per il cantiere.

Il *punto sette* è costituito dal settore economico, che in parte è anticipato nei progetti definitivi, ma solo in sintesi, e che viene successivamente sviluppato *a latere* del progetto esecutivo. La relazione più significativa consiste nel cosiddetto "Elenco dei prezzi unitari" che fa riferimento ai bollettini e normative locali e ai costi di mercato dei materiali, delle piante, e della mano d'opera. La sostenibilità economica del progetto sarà esaminata in un paragrafo successivo. L'appalto delle opere fa parte del settore economico. I principali contenuti del contratto d'appalto sono i seguenti:

1. gli elaborati del progetto esecutivo delle opere da realizzare;

2. il capitolato generale e il capitolato speciale d'appalto;
3. l'elenco dei prezzi unitari;
4. i piani di sicurezza;
5. il cronoprogramma.

Il *punto otto* è di notevole rilevanza, trattandosi della direzione dei lavori (DL). L'esecuzione dei lavori necessita della direzione lavori, quindi dell'istituzione dell'Ufficio di Direzione lavori costituito dal Direttore dei Lavori e da uno o più assistenti con funzioni di Direttori operativi o di ispettori di cantiere. In dettaglio, il Direttore dei Lavori:

1. cura che i lavori cui è preposto siano eseguiti a regola d'arte e in conformità al progetto e al contratto;
2. ha la responsabilità del coordinamento e della supervisione dell'attività dell'ufficio di direzione dei lavori;
3. interloquisce in via esclusiva con l'appaltatore per gli aspetti tecnici ed economici del contratto;
4. ha specifica responsabilità dell'accettazione dei materiali, sulla base anche dei controlli qualitativi degli accertamenti ufficiali delle caratteristiche meccaniche previsti dalle norme (per esempio, Legge 1086/1971);
5. verifica periodicamente il possesso e la regolarità da parte dell'appaltatore della documentazione prevista dalla legislazione in materia di obblighi verso i dipendenti.

Il *nono punto* riguarda il collaudo dei lavori pubblici. L'attività di realizzazione di un'opera (pubblica o privata) culmina nella fase del collaudo che ha un duplice scopo: da un lato verificare e certificare che il lavoro sia stato eseguito secondo le regole dell'arte e in conformità alle prescrizioni tecniche stabilite nel Capitolato Speciale d'Appalto e alle previsioni contrattuali, dall'altro liquidare il credito residuo dell'appaltatore.

10.2 Interventi in paesaggi naturali e urbanizzati

10.2.1 Intervenire in paesaggi naturali o semi-naturali

10.2.1.1 Il concetto di naturalità

Le applicazioni della bionomia del paesaggio in territori naturali esige prima di tutto un chiarimento del concetto di naturalità. Nei dizionari la naturalità (*naturalness*) è definita come qualità o condizione di ciò che è naturale, ma per i conservazionisti di solito è la condizione di assenza dell'uomo e dei suoi artefatti. Quest'ultima con-

siderazione però denota un preconcetto, come se l'uomo non dovesse far parte della natura. È invece necessario un concetto di "naturalità diffusa" proprio per evitare la separazione netta fra aree naturali sotto tutela e aree esclusivamente antropiche. Come abbiamo visto, tale separazione sarebbe in contrasto con il concetto di ecosistema (vedi capitolo 3, paragrafo 3.1.2) che implica la conservazione della natura diffusa fino nell'habitat umano e la conservazione di siti storici e archeologici anche negli habitat naturali.

Inoltre, si ricorda che la natura non è determinata una volta per tutte, essendo aperta a prospettive creative spesso imprevedibili. Si deve quindi abbandonare l'idea cartesiana in cui la natura, intesa senza storia, è meccanicistica e di conseguenza può essere dominata dall'uomo, che diventa l'ingegnere della natura stessa. In questa nuova ottica, un paesaggio antropizzato, per esempio agricolo, potrebbe anche essere considerato naturale. La discriminante non è la presenza o meno dell'uomo e delle sue attività, ma piuttosto il modo di gestione, l'abuso o meno della tecnologia, e i contrasti fra economia ed ecologia.

10.2.1.2 Parchi naturali

Il concetto di naturalità diffusa, seguendo i principi di bionomia del paesaggio, non ammette di basare la conservazione biologica solo sui parchi naturali, tuttavia i parchi ci vogliono. Nel mondo, la crescita della popolazione è aumentata esponenzialmente a partire dal Settecento, con un massimo incremento nel Novecento e un decremento negli ultimi 30 anni. Tale nota curva sigmoide si è verificata in modo del tutto analogo per la crescita delle aree naturali protette, passate da 10^3 a 10^6 km² nel periodo fra il 1778 e il 1940 per crescere 8 volte tanto fino al 1980 e poi incrementare con meno slancio negli ultimi 30 anni.

In Italia, all'inizio del terzo millennio, vi sono 22 parchi nazionali che coprono un milione e mezzo di ettari, pari al 5% circa del territorio nazionale. Il parco nazionale integra e completa la salvaguardia operata dai parchi regionali, e viceversa, occupandosi di territori alquanto vasti (anche diverse decine di Comuni). Oltre alla pianificazione e alla vigilanza dunque, il parco nazionale deve esaltare la sua missione di strumento di collegamento e valorizzazione delle realtà locali. Le associazioni ambientaliste avevano chiesto il 10% del suolo nazionale a parco. Tale richiesta però non ha senso per la scienza: sia perché il parco non deve essere l'unico strumento di conservazione sia perché in certe regioni il 10% è troppo, in

altre troppo poco. Bisogna evitare, inoltre, che i parchi naturali e le zone protette di interesse comunitario (SIC, siti di importanza comunitaria; ZPS, zone di protezione speciale) possano diventare un alibi per i territori circostanti nei confronti della distruzione della natura.

10.2.1.3 Conservazione della natura

Per meglio scegliere fra diverse aree da sottoporre a conservazione della natura, l'ecologia generale raccomandava di utilizzare indicatori di biodiversità. Dovremo notare, come già sottolineato nel capitolo 3, al paragrafo 3.2.10, come si parlasse solo di biodiversità specifica. Finora, infatti, erano considerate solo le diversità specifiche:

$$\begin{aligned}\alpha &= \text{specie/sito;} \\ \gamma &= \text{specie/insieme di siti;} \\ \beta &= \gamma/\alpha; \quad \eta = \text{specie/ecotopo.}\end{aligned}$$

La verifica di biodiversità può, tuttavia, cambiare inaspettatamente se si ricorre anche a parametri di ecologia del paesaggio (Fig. 10.2). Questa figura è stata tratta da Primack (1998), in modo da rifarsi a un esempio divenuto ormai classico, in seguito modificato da Ingegnoli (2002) proprio per dimostrare la necessità di tenere conto della bionomia del paesaggio. Si presentano tre unità di paesaggio (R1, R2, R3) per decidere la priorità

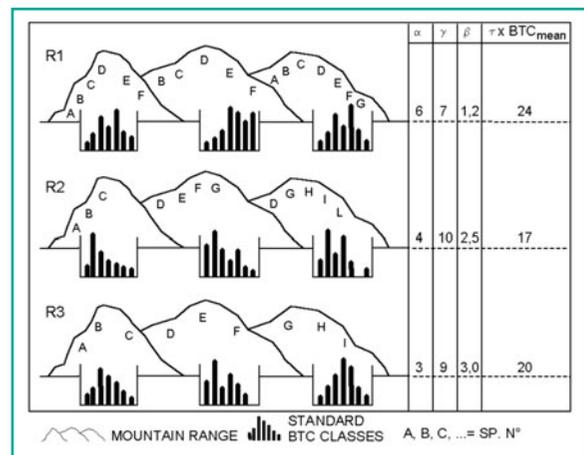


Fig. 10.2 Indici di biodiversità applicati a un modello che confronta 3 UdP, ognuna formata da tre colline. Il caso R1 presenta la maggiore diversità α , mentre R2 ha la maggiore diversità γ e R3 la più alta diversità β . Aggiungendo le distribuzioni delle classi di BTC per ogni ecotopo, è possibile misurare le diversità paesistiche (per esempio, $LM = \tau \times \text{BTC}_{\text{md}}$). Il primo caso (R1) mostra il valore di LM più elevato, quindi dovrebbe essere quello con maggiore priorità di protezione (da: Ingegnoli, 2002)

Fig. 10.3 Caratteri dell'unità di paesaggio in cui è presente la Riserva del Lago di Cornino, in Friuli. Si tratta delle prime colline a ovest del Tagliamento. In rosso (di massima) i confini della riserva naturale, che non coincidono affatto con l'UdP

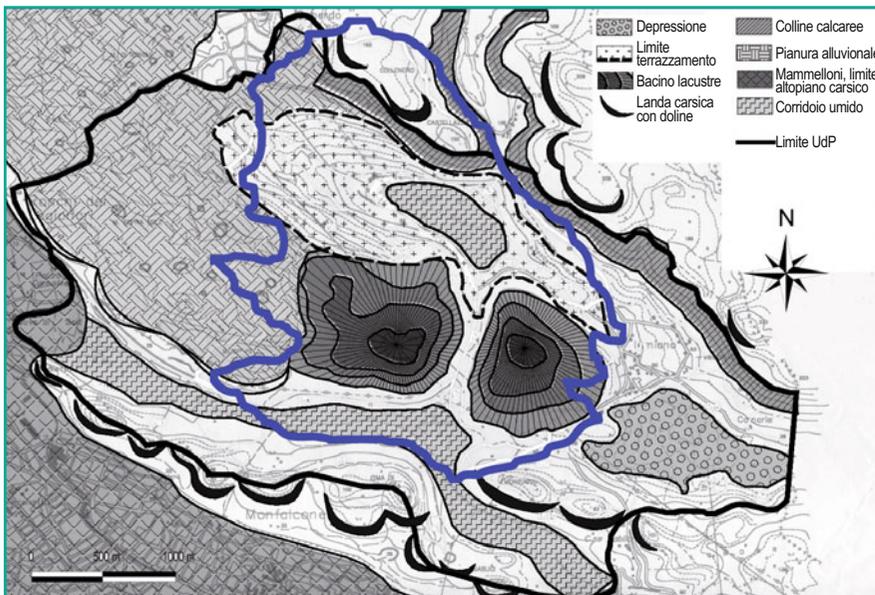
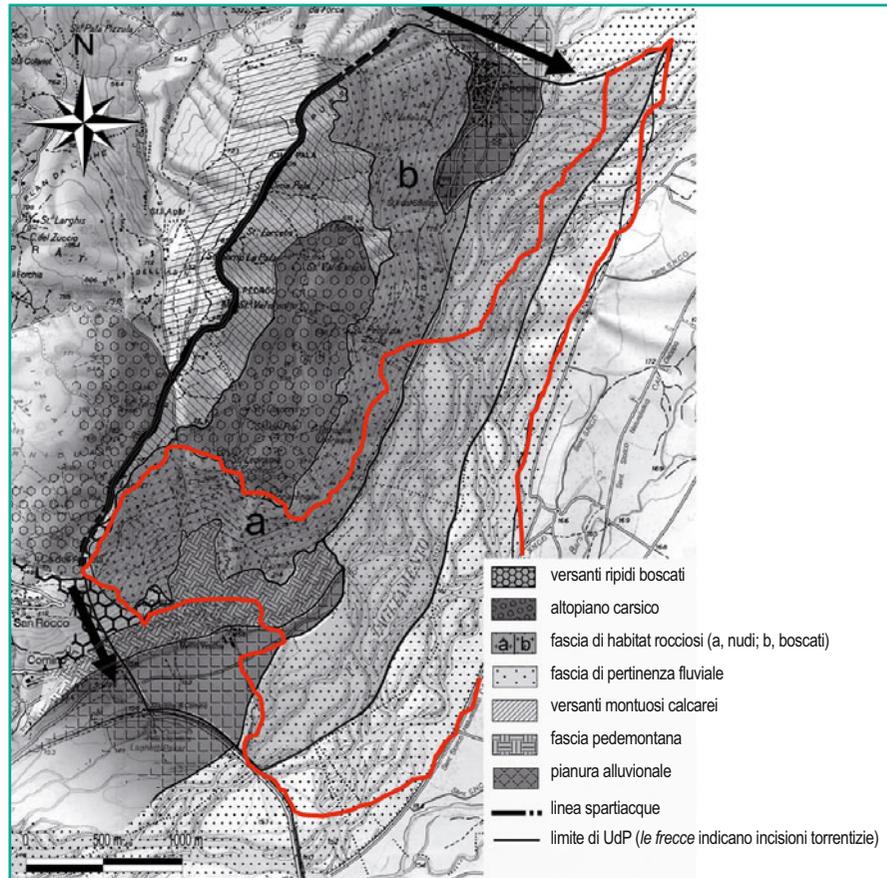


Fig. 10.4 Differenza marcata fra il confine dell'unità di paesaggio del Lago di Doberdò, nel Carso triestino, e quello (blu, di massima) della Riserva Naturale del Lago carsico, che comprende solo parzialmente tale sistema (il lago, le due colline e una parte centrale della fascia umida a Sud)

di tutela. Secondo gli indici tradizionali si sceglierà R1 per conservare il sito migliore o R2 per l'UdP migliore.

Un indice di metastabilità generale (LM) mostra però che la migliore UdP è R1, con LM medio = 24.

10.2.1.4 Confini delle aree protette

Un ulteriore aspetto della conservazione biologica che la bionomia del paesaggio può decisamente migliorare è quello del progetto dei confini delle aree protette. Troppo spesso si notano discrepanze assurde fra le unità di paesaggio e i confini di queste aree, siano esse delle riserve naturali regionali, dei parchi naturali nazionali o regionali o delle aree SIC o ZPS. Data l'importanza della questione, produrremo un paio di esempi a proposito, tratti da uno studio per la Regione Friuli-Venezia Giulia.

Il primo caso è la Riserva di Cornino (Fig. 10.3), margine delle Prealpi Carniche, area di tutela dell'avvoltoio (*Gyps fulvus*), circa 500 ha. La figura mostra la forte differenza fra la riserva (linea rossa) e l'unità di paesaggio. Malgrado qualche allargamento verso il Tagliamento, rimane fuori dall'area protetta l'altipiano retrostante, che è un sito di basilare importanza per l'avifauna. Il secondo caso è la Riserva dei laghi di Doberdò e Pietrarossa, nei primi rilievi del Carso (Fig. 10.4) a Nord di Monfalcone, circa 720 ha. Le differenze fra i confini protetti e l'UdP sono notevoli, anche perché le aree umide sono comprese solo parzialmente: nel caso del corridoio verso sud è subito evidente, mentre relativamente al lago di Doberdò non si è tenuto conto dell'importanza di una larga fascia di margine.

Un diverso, ma non meno grave, caso di carenza nella individuazione dei confini di parchi regionali è

quello dell'UdP di Galbiate (Lecco). In questa UdP sono presenti ben tre parchi: il margine sud del Parco del Monte Barro, una propaggine del Parco Brianzolo di S. Genesio e un tratto del Parco Adda nord (lungo il lago di Garlate) come mostrato nella Figura 10.5. Questi parchi non vengono però in contatto fra loro, creando problemi di connessione; inoltre, una macchia di bosco di buon valore ecologico, comunque la migliore di tutta l'UdP, è lasciata addirittura senza tutela alcuna. Per proporre un progetto di connessione dei tre parchi, compresa la salvaguardia della macchia di bosco, si è dovuto costruire una carta delle resistenze.

10.2.1.5 Mappa delle resistenze

Talvolta la mappa delle macchie indisturbate di interesse strategico (vedi capitolo 9, paragrafo 9.2.2) non è sufficiente per impostare un buon progetto di riconnessione fra aree protette. Si può allora ricorrere alla costruzione della carta delle resistenze. Si intende per resistenza paesistica l'insieme delle barriere e dei disturbi che rallentano o impediscono un agevole passaggio di specie o risorse (uomo compreso) fra i confini di una UdP in esame. Per costruire una carta apposita si deve considerare il valore della BTC per elemento, la percentuale di HN e quattro livelli di presenza di barriere e disturbi (BD):

1. BD = 0,50 alta presenza di barriere e disturbi;
2. BD = 0,33 media presenza;
3. BD = 0,25 bassa presenza;
4. BD = 0,00 assenza di barriere e disturbi.

L'indicatore di resistenza (RS) si stima misurando:

$$RS = 10/BTC \text{ HN } (\%) \text{ BD}$$

I valori delle resistenze paesistiche ottenuti si dividono poi in quattro insiemi colorati, dal più chiaro al più scuro (Fig. 10.6):

1. $RS < 1$ per resistenze nulle o non significative;
2. $1 < RS < 5$ per resistenze basse;
3. $5 < RS < 50$ per resistenze medie;
4. $RS > 50$ per resistenze alte.

Dalla Tabella delle resistenze si può passare alla progettazione e verifica di una rete ecologica.

10.2.2 Progettazione di reti ecologiche

Una prima concretizzazione dell'idea di "rete ecologica" fa capo all'UNESCO (1974) che la proponeva,

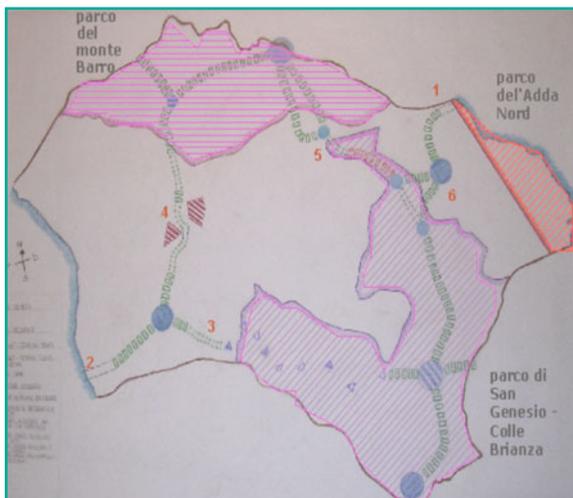


Fig. 10.5 Unità di paesaggio di Galbiate (Lecco) in cui sono segnati: *in alto* (rosa), la zona sud del Parco del Monte Barro, *in basso* (viola), la zona nord del Parco di S. Genesio, *a est* (rosso) un tratto del Parco Adda nord. Attorno al bollo *azzurro* 6 si trova la macchia di bosco con maggiore BTC di tutta l'UdP, non compresa in alcun Parco. Si noti che i tre parchi non sono connessi fra loro



Fig. 10.6 Mappa delle resistenze nell'UDP di Galbiate (Lecco). L'intensità del colore è direttamente proporzionale alla resistenza esercitata. Si veda il testo per maggiori dettagli (da: Ingegnoli e Giglio, 2005, modificato)

nell'ambito del programma MAB (*Man and Biosphere*) elaborato da Giacomini e Di Castri, come una serie di riserve, originariamente definite “della biosfera”, costituite da un nucleo centrale con un regime di protezione stretta e da una zona tampone circostante – con una serie di attività umane compatibili con la conservazione – connesse tra loro da “corridoi” destinati a facilitare il movimento della fauna e della flora. Negli Stati Uniti d'America tale idea fu ripresa dalla Society of Conservation Biology (SCB) fin dalla sua fondazione (1987).

10.2.2.1 Limiti del concetto di rete

Il modello scientifico di riferimento è senza dubbio troppo semplificato. Si ha l'impressione che si tratti di una soluzione semplicistica, studiata per essere applicata in territori densamente abitati, in seguito trasformata in una metodologia scientifica. Come abbiamo ribadito più volte, il paesaggio è un sistema ecologico complesso, gerarchico, dinamico, adattivo, auto-organizzantesi e auto-mantenentesi, con un proprio livello di metastabilità e con una sua storia e non può essere definito semplicemente come “una rete di macchie o habitat connessi da flussi di aria, acqua, energia, nutrienti e organismi”.

Sappiamo, inoltre, che la struttura di tale sistema non può essere rappresentata con un mosaico: è piuttosto un intreccio di unità ecologiche (come affermato da Naveh e Lieberman, 1984 e da Forman e Godron, 1986), quindi un ecotessuto (Ingegnoli, 1993, 2002), in un certo senso analogo a un oggetto di trama e ordito o, meglio, a un tes-

suto istologico. Tale intreccio-tessuto riguarda sia gli aspetti spaziali (ma inquadrati gerarchicamente in almeno tre diverse scale), sia quelli temporali (sia storici sia di proiezione verso il futuro), sia gli aspetti tematici riferiti non solo alle unità ecologiche componenti ma anche al paesaggio nel suo complesso, in quanto maggiore della somma delle sue parti: quindi aspetti tematici semplici o complessi, ivi compresi anche gli aspetti culturali.

Pertanto, i processi di un sistema complesso come il paesaggio non possono essere ridotti a una rete! Si veda per esempio il diffondersi di specie esotiche che non segue un modello di rete ecologica; o si consideri il problema della biodiversità, che non è solo specifica, ma esiste anche come diversità di paesaggi. Analogamente, la distribuzione dell'habitat naturale in un paesaggio non è definibile e differenziabile per componente, perché ogni singolo elemento contiene sia parti di habitat naturale sia parti di habitat umano, anche se in differenti quantità.

Peraltro, si deve porre molta attenzione nel disegno di una rete ecologica. Per esempio: (a) non si possono definire come *nuclei centrali* di una rete soltanto le aree che presentano una elevata qualità ecologica, perché la teoria *source-sink* supera questo concetto; (b) non ci si può basare solo sul pattern di distribuzione della minima resistenza del paesaggio, perché si possono disegnare corridoi anche in zone a elevata resistenza; (c) non si può progettare una rete troppo rigida perché deve essere in grado di seguire le trasformazioni delle diverse unità di paesaggio nel tempo; infine (d) non bisogna dimenticare che, per alcuni gruppi di animali, un corridoio può avere utilità bassa o nulla.

Malgrado il nuovo concetto di bionomia, l'ecologia del paesaggio rischia di essere ancora ritenuta una “transdisciplina” di facile applicabilità, inducendo molti professionisti senza adeguata preparazione naturalistico-ecologica a disegnare e pianificare reti ecologiche senza porsi alcuno scrupolo.

10.2.2.2 Progettazione delle reti

Una volta che si è coscienti dei limiti del concetto di rete e che si conoscono bene i principi e i metodi della bionomia del paesaggio, allora si può pensare di affrontare la progettazione di una rete ecologica. Le analisi più importanti riguardano la valutazione delle macchie indisturbate di interesse strategico (vedi capitolo 9, paragrafo 9.2.2) e, se necessario, la valutazione delle resistenze. Le componenti essenziali delle reti sono riassunte nella Figura 10.7.

È necessario però un approfondimento. Le reti eco-

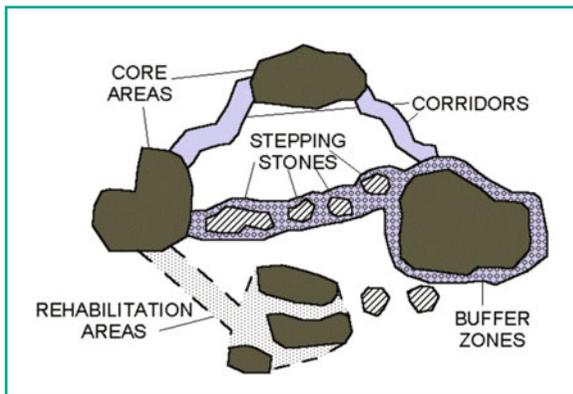


Fig. 10.7 Caratteri principali di una rete ecologica: *core areas* (macchie indisturbate di interesse strategico per la tutela naturalistica), *corridors* (corridoi alberati o comunque vegetati), *stepping stones* (sequenza di macchie ravvicinate), *buffer zones* (zone tampone, di protezione), *rehabilitation areas* (aree di rinaturazione) (da: Ingegnoli, 2002)

logiche (RE) sono formate dai seguenti *elementi costitutivi*, cioè: a) componenti naturali o seminaturali (margini di bosco e filari alberati, oppure reticolo idrografico), b) componenti antropiche (strade, reti tecnologiche, perimetri di centri edificati), e c) area interessata da una rete (area RE/UdP), capace di circoscriverla con margine di circa 80-100 m oltre il perimetro. Si elencano inoltre i seguenti parametri:

- *connessione*: (CON) condizione primaria per una RE, misurata esplicitando un grafo planare di n vertici (V) e m legami (L), misurato con gli indici alfa e gamma (secondo Forman e Godron, 1986);
- *densità*: si distinguono due tipi di densità: 1) di corridoi vegetati (DCV), misurata in km/km^2 come per le reti stradali, 2) di strade (DST), analoga misura;
- *punti di incrocio*: fra corridoi vegetati e stradali (PI) ed eventuali reti tecnologiche, quali elettrodotti di alta tensione e metanodotti provinciali;
- *rapporto densità di rete*: fra DCV e DST;
- *rapporto rete/UdP*: fra area di rete totale e area di UdP (RE/UdP);
- *rapporto incroci/legami* (PI/L);
- *interferenza* (INTF): calcolata come $(\text{PI}/L) \times (\text{DCV}/\text{DST}) \times (\text{RE}/\text{UdP})$.

Ne risulta un'efficienza di rete calcolabile come $(\text{CON} \times \text{DCV}) - \text{INTF}$. Mettendo, inoltre, in evidenza i rapporti core areas/unità di paesaggio (CA/UdP) e sommando tali rapporti con RE/UdP, si raggiungono valori vicini a 1, data la complementarità di tali grandezze; le differenze per arrivare all'unità danno idea della dispersione di margine, in questi casi abbastanza contenuta.

Un esempio di progettazione è riferito ancora una volta al comune di Mori (Fig. 10.8, Tabella 10.2). L'esempio riguarda l'UdP 2 di Loppio, forse quella più disastrata in fatto di connessioni ecologiche.

Fig. 10.8 Schema dell'unità di paesaggio di Loppio, a Mori, in cui sono espressi i componenti della rete ecologica locale e (*in verde*) le integrazioni di progetto (*ex post*)

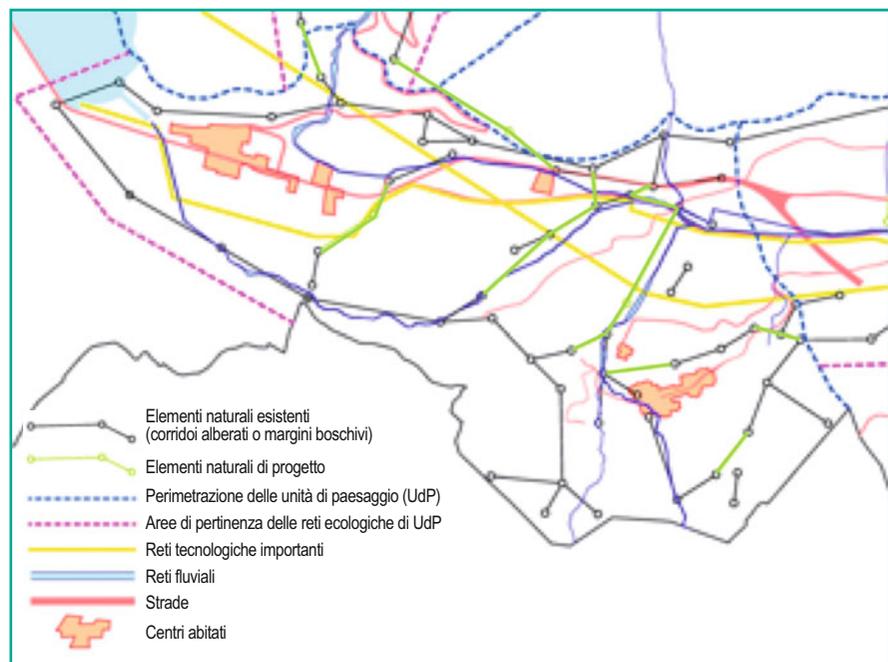


Tabella 10.2 UdP 2 Loppio (6,015 km²)

Attributi rete ecologica	Ex ante	Ex post
Vertici V	58	60
Legami L	47	62
Circuitazione (alfa index)	-0,090	0,026
Connettività (gamma index)	0,280	0,356
Connessione RE ($\alpha + \gamma$) (CON)	0,190	0,382
Area interessata (km ²)	3,6	3,6
Lunghezza corridoi (km)	11,230	14,130
Densità di corridoi (km/km ²) (DCV)	3,119	3,925
Strade (km)	8,720	9,700
Densità di strade (km/km ²) (DST)	2,422	2,694
Punti di incrocio CV-ST, (PI)	6	12
Rapporto densità di rete DCV/DST	1,288	1,457
Area RE/UdP	0,599	0,599
Interferenze ¹	0,098	0,169
Efficienza rete	0,493	1,332

CA, core areas; CV, corridoi vegetati; RE, rete ecologica; ¹(PI/L)*(Re/St)*(Re/UdP).

I criteri di progetto partono dalla constatazione delle carenze dello stato attuale (condizione *ex ante*) che vengono evidenziate in un'apposita tavola. Di conseguenza vengono proposti degli interventi integrativi. Si inizierà quindi a verificare i risultati delle scelte progettuali di piano per le reti ecologiche analizzando ogni UdP. Molti tipi di interventi progettuali di dettaglio diventano importanti nel disegno delle reti ecologiche. Il superamento delle barriere impegna più di ogni altra questione, soprattutto riguardo la presenza di reti stradali. Per poter meglio apprezzare i confronti fra la situazione *ex ante* ed *ex post* e per controllare se le azioni di progetto possono essere giudicate sufficienti ed efficaci, si espone un grafico di controllo (Fig. 10.9), che riguarda tutto il territorio di Mori, quindi le sue quattro UdP: esso dimostra che le proposte progettuali danno il massimo miglioramento di rete proprio nella UdP 2 di Loppio.

10.2.2.3 L'ecologia delle strade

Nel progetto delle reti ecologiche vi sono diverse e inevitabili relazioni con le reti stradali. Forman et al. (2001) hanno dedicato una pubblicazione alla Road Ecology. I dati che più interessano sono senza dubbio quelli di densità stradale (km/km²), che variano molto in rapporto alla distribuzione delle città e delle emergenze geomorfologiche in un territorio. A parità di lunghezza per 1000

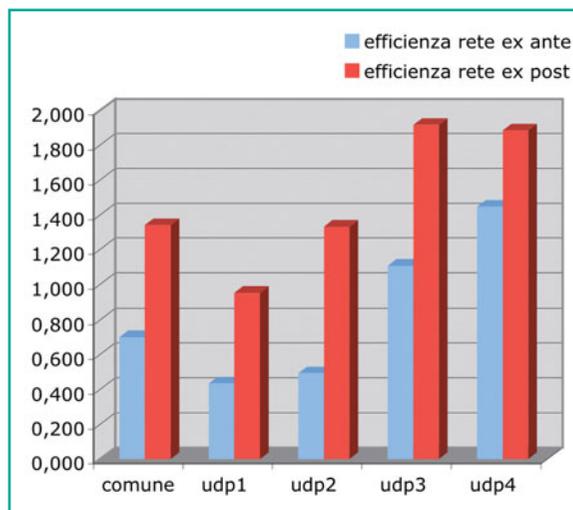


Fig. 10.9 Confronto fra le situazioni *ex ante* ed *ex post* per quanto concerne l'efficienza complessiva delle reti ecologiche di Mori. Il miglioramento maggiore si ritrova nell'UdP 2 (Loppio)

persone, ponendosi nella fascia 6-8 km/10³ ab, si notano grandi differenze di densità (km/km²) fra l'Italia (1,7), il Regno Unito (4,0), la Germania (4,8) e il Giappone (7,9). Ovviamente per la bionomia del paesaggio interessa anche la dinamica della densità nel tempo.

Solitamente, al crescere della densità di strade diminuisce la superficie delle foreste (indotto della frammen-

tazione) e cresce l'area agricola e urbanizzata, anche se oltre un certo livello (per esempio, circa 3 km/km² in Massachusetts) tornano a crescere anche le foreste. Il problema in Italia, però, è di ben altra portata. Considerando la scarsità di aree coltivabili al mondo (circa il 14% delle terre emerse) e la situazione italiana di decremento drastico delle zone agricole negli ultimi 30 anni, l'aumento della superficie stradale non intacca tanto le foreste (oramai per la maggior parte situate in zone di montagna o collina), bensì proprio le aree agricole, che risultano sempre più diradate e frammentate. Infatti ogni nuova strada porta con sé, in brevissimo tempo, la costruzione di nuovi complessi industriali e commerciali, uccidendo gradualmente quello che è il paesaggio con funzione ecotonale e protettiva tra urbanizzato e foresta, nonché produttivo in senso assoluto (vedi Ingegnoli e Giglio, 2005). Di questo passo, fra breve, i paesaggi agricoli rischiano di scomparire, con tutto il loro bagaglio di cultura antropica ma anche naturale.

Le strade sono un corridoio di espansione delle specie alloctone assai potente, tanto che fino a qualche decina di metri dal ciglio le specie non locali superano il numero delle autoctone. La fascia esterna al bordo stradale, inoltre, diventa importante per il transito degli animali e quindi la disposizione di piante lungo di essa va attentamente studiata.

La fascia di influenza (e di disturbo) di una strada dal suo bordo varia molto in rapporto ai parametri misurati. Nel nostro campo le questioni da valutare con più attenzione sono:

1. il cambiamento microclimatico rispetto alle zone circostanti, che può superare i 2 °C in estate, arriva fino a circa 20-25 m dal bordo;
 2. inquinamento da metalli pesanti e PCB, fino a quasi 200 m;
 3. disturbi all'avifauna da strada trafficata, fino a 300-400 m;
 4. idem da un'autostrada molto trafficata, fino a 700-800 m;
 5. disturbi ai grandi mammiferi, strada trafficata, fino a 900-1000 m;
 6. invasione di specie botaniche alloctone, fino a oltre 1000 m;
 7. disturbo da polveri sottili (PM10) da un'autostrada: 40/100 kg/ora, fino a oltre 200-250 m;
 8. disturbo da NO_x e CO da autostrada: 100-300 kg/ora, fino ad oltre 180-240 m;
 9. rumore molesto in campagna (> 60 dB), fino a 200 m.
- Ricordando che 1 decibel (dB) è definito come:

$dB = 10 \log_{10} \frac{P}{P_0}$, essendo P la pressione sonora e P₀ la soglia di udibilità.

Si noterà che l'attenuazione in dB (rispettivamente a 15 e 60 m) da una strada trafficata può essere ottenuta con terrapieno e alberi a bordo strada di circa 10-12 dB, mentre una fascia di soli alberi darebbe una attenuazione diversa e minore, pari a 3-5 dB. Si ricorda comunque che un'attenuazione di circa 3 dB equivale a dimezzare l'intensità sonora.

10.2.2.4 Controllo ecologico per la progettazione di strade

Come noto, la tendenza nella progettazione di nuove strade è quella di unire i nodi di rete (per esempio, città, paesi o zone industriali) possibilmente in linea retta, per evidenti ragioni economiche, cioè di risparmio di tempo e di spesa. Ciò si scontra spesso con le esigenze di protezione della natura. Si presenta, quindi, un metodo di controllo ecologico per valutare la progettazione della strade tenendo conto dei parametri ecologici, che misura e confronta dei percorsi alternativi (per esempio, A e B) sulla base:

- a. del valore della BTC *degli elementi paesistici attraversati*: ΣBTC_E ;
- b. della presenza di *punti critici e barriere* da superare con opere apposite: ΣPB ;
- c. della *frammentazione di core area*: F_{CA} ;
- d. dell'indotto legato al tipo di strada e di traffico e di servizi collegati.

Salvo casi problematici, noteremo che il punto (d) è di tipo qualitativo e può avere un peso nel caso di differenze minime fra i percorsi alternativi da vagliare. Gli altri tre punti, però, si prestano a una valutazione diagnostica, che deve procedere rapportando tutte le misure all'unità di lunghezza della strada (L_s):

- ΣBTC_E [Mcal/m²/anno]/L_s [km] = BTC unitaria media lungo il percorso stradale, che indica il grado di distruzione potenziale della capacità biologico-territoriale della vegetazione operabile dalla strada in esame;
- ΣPB [n.]/L_s [km] = PB unitario medio, che indica il grado di infrastrutturazione tecnica necessario per seguire quel certo percorso;
- $F_{CA} = (mg/in) L_{CA}$ (dove: mg/in = rapporto margine/interno, L_{CA} = lunghezza di attraversamento della *core area* (CA)). Rapportando F_{CA}/km = F unitaria media, si ha la frammentazione media indotta dal percorso stradale;
- Chiamiamo IS = BTC/km + PB/km + F_{CA}/km l'in-

terferenza stradale sull'ambiente/km.

Consideriamo l'esempio di due percorsi alternativi (I) e (II) come risulta dalla Figura 10.10: il percorso (I) misura 18 km, quello (II) 16,6 km.

Percorso (I):

1. somma delle BTC degli elementi ecopaesistici attraversati: $\Sigma BTC_E = 20,82$, quindi $BTC_E/km = 1,1567$ Mcal/m²/anno;
2. somma (n.) barriere e punti critici: $\Sigma BP = 3$, quindi $BP/km = 0,1667$;
3. entità core areas frammentate: $F_{CA} = 1,5$ km, quindi $F_{CA}/km = 0,0833$;
4. interferenza della strada (IS) totali per km: $ISI = 1,1567 + 0,1667 + 0,0833 = 1,4067/km$.

Percorso (II):

1. somma delle BTC degli elementi ecopaesistici attraversati: $BTCE = 44,68$, quindi $BTCE/km = 2,6916$ Mcal/m²/anno;
2. somma (n.) barriere e punti critici: $BP = 2$, quindi $BP/km = 0,1205$;
3. entità core areas frammentate: $FCA = 6,4$ km, quindi $FCA/km = 0,3855$;
4. interferenza della strada (IS) totali per km: $ISA = 2,6916 + 0,1205 + 0,3855 = 3,1976/km$.

Il confronto fra le due alternative si esprime nel rapporto $II/I = 3,1976/1,4067 = 2,27$: di conseguenza il percorso II risulta 2,27 volte peggiore del percorso I, presentando una interferenza stradale sull'ambiente (IS/km) più alta del 156%.

10.2.3 Progettazione di aree degradate

Un altro argomento di notevole interesse nella progettazione ambientale è quello relativo al risanamento delle aree degradate (per esempio, cave, miniere, depositi industriali ecc.). È necessario, quindi, rendersi conto delle differenze fra i metodi tradizionali e quelli che seguono i principi di bionomia del territorio. Sintetizziamo gli aspetti più caratteristici nei due metodi.

1. **A1. Analisi tradizionale** Dati geologici, geotecnici e se necessario idrologici. Dati sulla vegetazione locale, con metodo fisionomico e/o fitosociologico. Dati sull'uso del suolo dell'area estrattiva e di un suo eventuale intorno (non ben definito). Dati sull'antropizzazione dell'area in esame (agricoltura in particolare) nel periodo prima dell'apertura dell'attività. Dati sulla percezione visiva dell'area estrattiva, da vari punti di vista considerati importanti.

- *B1. Valutazioni e diagnosi tradizionali.* Valutazioni generiche o centrate prevalentemente sulla qualità percettiva. Diagnosi di solito inesistenti, in quanto il paesaggio è considerato mero supporto geografico.
- *C1. Terapia tradizionale.* Concetto di "ripristino" ambientale basato (nei casi più avanzati) su: formazione di gradonate parallele, loro rinverdimento secondo vegetazione "potenziale", spesso con impianto di irrigazione fisso, eventuale verniciatura delle pareti, riuso del piazzale di base per scopi produttivi (anche in senso industriale) o ecotecnici

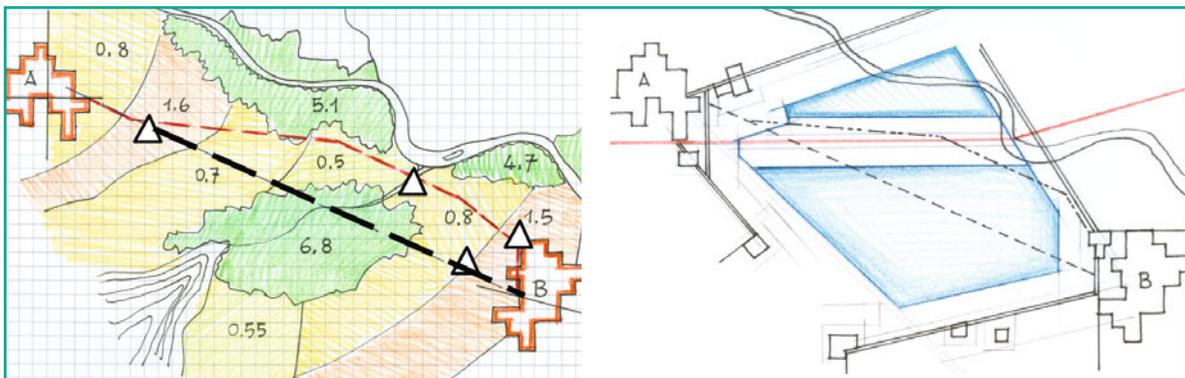


Fig. 10.10 Esempio schematico di valutazione ecologica di due percorsi stradali alternativi. Il percorso (I) è segnato in rosso, misura 18 km e ha 3 punti critici (Δ); il percorso (II) è segnato in nero, misura 16,6 km e ha 2 punti critici (Δ). Il percorso (II) frammenta però in modo più deciso la *potential core area* segnata a fianco. Essendo riportati i valori di BTC per ogni elemento del territorio interessato, si possono applicare gli indici di IS (interferenza stradale sull'ambiente), dai quali il percorso (I) risulta meno dannoso del 43,4%

(per esempio, trattamento rifiuti), con predisposizione di quinte (terrapieni alberati) per mascherare i residui di alterazione visiva.

2. **A2. Analisi ecopaesistica** Dati tradizionali circa come sopra. Definizione dell'unità e del tipo di paesaggio. Pattern strutturale dell'UdP. Apparati paesistici, habitat umano e habitat naturale. Analisi della vegetazione secondo il metodo ecopaesistico. Stima della BTC. Analisi di due periodi storici precedenti e dinamica dei parametri principali.

- *B2. Valutazioni e diagnosi ecopaesistiche.* Valutazione dello stato di alterazione dell'UdP mediante: distribuzione delle classi standard di BTC, deficit di trasformazione, anomalie di HU e HN, smagliatura di connettività ecc. Diagnosi mediante confronto con modello di normalità ottimale.
- *C2. Terapia ecopaesistica.* Concetto di risanamento ecologico basato su: 1) eventuale riapertura della cava per riassetto con la geomorfologia locale e riduzione del piazzale di base; 2) formazione di gradonate molteplici connesse, loro rinverdimento secondo vegetazione di valore ecopaesistico adatto e diversificata per tessere, con eventuale irrigazione temporanea a pioggia; 3) riforestazione del piazzale residuo e/o suo riuso agricolo; 4) eventuale monitoraggio della vegetazione e degli invertebrati.

Si rammenta che i metodi tradizionali possono portare a degli assurdi del tutto ridicoli, come si può notare in una cava di trachite nei colli Euganei, dove il progetto "di ripristino" (dizione peraltro del tutto errata per la bionomia del paesaggio) era formato da gabbioni di ferro appesi alla roccia (prima dipinta di grigio-verde!), con tubi in plastica di 2 cm di diametro per l'irrigazione e una cassetta con terra per portare qualche arbusto...!

Con la Figura 10.11 si vuole mostrare la differenza di progettazione sopra considerata (A1/A2). La figura rappresenta il confronto fra due progetti, uno tradizionale, l'altro ecopaesistico, attraverso il controllo del "deficit di trasformazione" per una cava di calcare presso Brescia. Nella figura, dall'alto sono segnate: l'andamento in assenza di disturbo (*blu*), la trasformazione della cava (*rosso*), la trasformazione dell'UdP che la contiene (*nero*). A partire dal 2002 sono segnate le curve di risanamento secondo il progetto ecopaesistico (*verde*) e tradizionale (*rosso*). Si deve notare che il pesante deficit di trasformazione, pari a $-1,65 \text{ Mcal/m}^2/\text{anno}$ (2002) si riduce a $-0,40$ se si utilizzano i principi della bionomia del

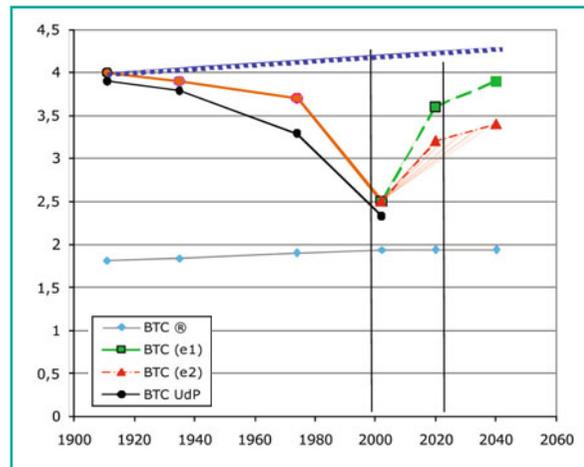


Fig. 10.11 Cava di calcare presso Brescia. Sull'asse delle ordinate il valore della BTC in $\text{Mcal/m}^2/\text{anno}$. Dall'alto sono segnate: l'andamento in assenza di disturbo (*blu*), la trasformazione della cava (*color mattone*), la trasformazione dell'UdP che la contiene (*nero sottile*), il livello della BTC media regionale. A partire dal 2002 sono segnate le curve di risanamento secondo il progetto ecopaesistico (*BTC e1*) e tradizionale (*BTC e2*). Si deve notare che il pesante deficit di trasformazione, pari a $-1,65 \text{ Mcal/m}^2/\text{anno}$ nel 2002) si riduce a $-0,4 \text{ Mcal/m}^2/\text{anno}$ se si utilizzano i principi della bionomia del paesaggio (recupero del 76%), mentre con progetto tradizionale il recupero si riduce al 45%. *BTC*[®], media regionale (da: Ingegnoli e Giglio, 2005, modificato)

paesaggio (recupero del 76%), mentre con progetto tradizionale il recupero si riduce al 45%.

10.2.3.1 Studio delle forme

La Figura 10.12 viene riportata per mostrare che il metodo ecopaesistico porta innovazioni anche dal punto di vista morfologico. Nella sezione trasversale dello stesso esempio della cava di Brescia si evidenzia la necessità di intervenire in modo diverso dal consueto nelle tre parti segnate:

1. la parte alta della cava dimessa viene risagomata con una pendenza in cui sia possibile piantare della vegetazione;
2. la parte centrale non può rimanere coi gradoni paralleli come di solito, ma deve essere riconfigurata secondo la Figura a destra (il dettaglio), per permettere qualche effettiva connessione nella cava;
3. la parte basale va riempita con quanto si toglie da (1) per un raccordo migliore fra il margine inferiore della cava e il vasto piazzale circostante, che va anch'esso ri-vegetato.

Un altro caso in cui la morfologia diventa importante

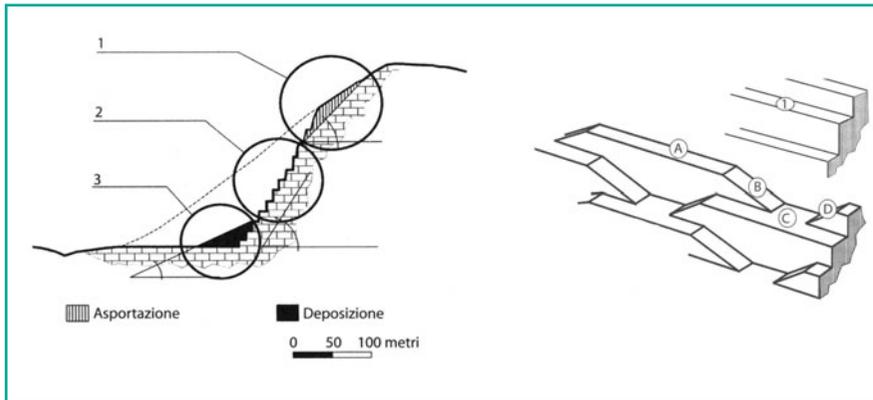


Fig. 10.12 Criteri di progettazione per il risanamento di una cava di marmo presso Brescia, proposti seguendo i principi della bionomia del paesaggio (da: Ingegnoli e Giglio, 2005)

è un esperimento fatto a latere del progetto di risanamento ambientale dello scarico di rifiuti urbani di Gerenzano (Ingegnoli, 1991). In quell'area di sperimentazione (Fig. 10.13) per il recupero di una cava di ghiaia al margine della discarica, si è potuto dimostrare che, esclusivamente cambiando le inclinazioni dei versanti di cava, nell'arco di soli 2-3 anni il bosco si è espanso riprendendo tutta l'area. Si trattava di una fustaia di *Quercus robur*, con mantello dominato da Robinia e Carpini.

10.2.4 Progettazione urbanistica-territoriale

L'integrazione di una UdP in buono stato ecologico con i requisiti antropici di base esige un controllo sistemico della produttività, della biodiversità, del suolo e delle acque in rapporto ai problemi di cibo, acqua, salute, abitazione, energia sussidiaria e cultura (Forman, 1995). Come sappiamo, la sfida necessita (Ingegnoli, 1993, 1999, 2001, 2002) di metodi e misure opportuni, quali la valutazione ecopaesaggistica della vegetazione, la BTC (capacità biologica del territorio), l'HS (habitat standard pro capite), il BFF (*Biotopflächenfaktor*), il τ (diversità di paesaggio), gli indici di funzionalità ecologica delle acque interne, la caratterizzazione geomorfologia ecc. Ricordiamo che tali grandezze e metodi sono già stati ideati come integrazione di più fattori.

Ciò permette di quantificare e valutare le trasformazioni del paesaggio suburbano, dell'ambiente urbanizzato, di prevedere un dimensionamento dei sistemi di verde urbano, di guidare l'espansione dei nuovi quartieri, applicando principi e indicatori di ecologia del paesaggio secondo un *metodo clinico-diagnostico*. Tale metodo produce però dei notevoli cambiamenti rispetto ai concetti di pianificazione urbanistica tradizionale. Ve-

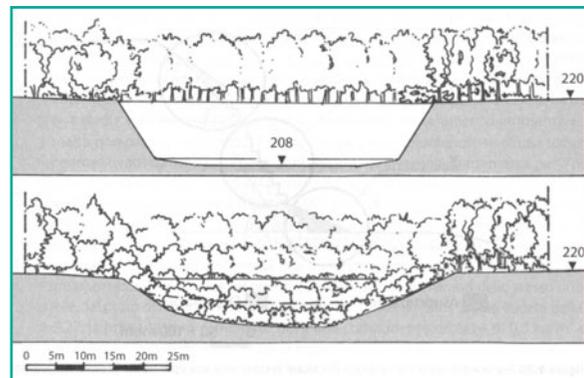


Fig. 10.13 Area di sperimentazione per il recupero di una cava di margine alla discarica Gerenzano. Si è potuto dimostrare sperimentalmente (1991) che cambiando le inclinazioni dei versanti di cava, nell'arco di soli 2-3 anni il bosco si è espanso riprendendo tutta l'area (da: Ingegnoli e Giglio, 2005)

diamo in sintesi i maggiori:

1. *territorio*: un tempo definito come intorno geografico delimitato con intento politico-amministrativo, deve invece essere inteso come sistema biogeografico locale composto da elementi naturali e antropici;
2. *paesaggio*: definito nella pianificazione come sistema di beni territoriali meritevoli di tutela, con netto significato visuale e culturale, come più volte sottolineato, va invece inteso come livello di organizzazione biologica formato da un sistema interagente di ecocenotipi;
3. *criteri di pianificazione*: tradizionalmente tecnico-urbanistici e socio-economici, in prevalenza per zonizzazioni, sono invece da impostare in senso ecologico, per sottosistemi di ecotessuto;
4. *criteri di valutazione*: finora per tematiche separate, seguite da *overlapping*, *scaling up* e *cluster analysis*,

sono da spostare invece verso una valutazione per sistemi integrati, con criteri clinico-diagnostici e controlli ecopaesistici;

5. *trasformazioni di un'area*: non è più sufficiente che siano localmente sostenibili, devono essere capaci di migliorare ecologicamente anche il contesto (*rehabilitation*);
6. *verde urbano*: oggi ecologicamente banale, con design estetizzante e molte specie esotiche, deve essere progettato per sistemi di vegetazione e secondo principi di bionomia del paesaggio;
7. *valutazione ambientale strategica*: il controllo economico-ambientale per settori tematici in cui prevale in concetto di impatto va sostituito con valutazione sistemica per apparati paesistici e diagnosi delle sindromi ecopaesistiche;
8. *parametri*: oggi quasi esclusivamente basati su standard economico-urbanistici, sono da cambiare con indicatori ecologici di bionomia del paesaggio.

Altri principi di bionomia del paesaggio sono utili nella pianificazione del territorio, come per esempio:

- *congruenza strutturale*: le trasformazioni non devono cancellare le relazioni spaziali fra geomorfologia e vegetazione, idrologia e agricoltura, vecchi insediamenti e grana del paesaggio. I criteri di progettazione devono seguire piuttosto i segni dovuti alla storia, sia naturale sia antropica;
- *forma delle macchie*: per arrivare a sostenere le funzioni chiave del paesaggio la forma delle macchie dovrebbe avere una vasta core area, con alcuni lobi curvilinei e orientamento secondo il flusso principale di energia (Forman, 1995);
- *aggregamento di funzioni*: riunire gli usi del territorio mantenendo piccole macchie e corridoi naturali e almeno una grande macchia di foresta (Forman, 1995);
- *compensazione locale*: la compensazione ambientale delle trasformazioni urbanistiche va progettata seguendo i principi e metodi ecopaesistici, ma all'interno della stessa unità di paesaggio, non altrove;
- *pattern di base*: tutela e rinaturazione del reticolo fluviale, delle reti ecologiche e delle macchie forestali vanno perseguite anche nei territori maggiormente antropizzati;
- *complementarietà*: la legge di base dell'ecologia (non troppo, non poco, giusto abbastanza) sottolinea l'esigenza di evitare ogni eccesso o carenza, come per esempio un minimo di HN anche in aree di prevalente HU, complementarietà del resto indicata anche dal modello di ecotessuto.

Per progettare in modo bionomicamente corretto è, inoltre, necessario avere un'idea, sia pure in modo sintetico, di quali siano i riferimenti giuridici vigenti per il settore della pianificazione. La legge urbanistica statale è quella del 17 agosto 1942, n. 1150 come modificata e integrata da: Legge 21 dicembre 1955, n. 1354; Legge 6 agosto 1967, n. 765; Legge 19 novembre 1968, n. 1187; Legge 1° giugno 1971, n. 291; Legge 22 ottobre 1971, n. 865; Legge 28 gennaio 1977, n. 10; D.L. 23 gennaio 1982, n. 9, convertito in Legge 25 marzo 1982, n. 94; Legge 28 febbraio 1985, n. 47; D.L. 23 aprile 1985, n. 146, convertito in Legge 21 giugno 1985, n. 298; Legge 24 marzo 1989, n. 122; Legge 17 febbraio 1992, n. 179 (...).

A un ecologo interessa in particolare conoscere l'art. 5 (Formazione e approvazione dei piani territoriali di coordinamento), che recita:

1. allo scopo di orientare o coordinare l'attività urbanistica da svolgere in determinate parti del territorio nazionale, il Ministero dei lavori pubblici ha facoltà di provvedere, su parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, alla compilazione di piani territoriali di coordinamento fissando il perimetro di ogni singolo piano;
2. nella formazione di detti piani devono stabilirsi le direttive da seguire nel territorio considerato, in rapporto principalmente:
 - a) alle zone da riservare a speciali destinazioni e a quelle soggette a speciali vincoli o limitazioni di legge;
 - b) alle località da scegliere come sedi di nuovi nuclei edilizi o impianti di particolare importanza;
 - c) alla rete delle principali linee di comunicazione stradali, ferroviarie, elettriche, navigabili esistenti e in programma.

Anche i contenuti di un PRG vanno senza dubbio conosciuti e tenuti presente come recita l'art. 7 (Contenuto del piano generale): il piano regolatore generale (PRG) deve considerare la totalità del territorio comunale. Esso deve indicare essenzialmente:

- a) la rete delle principali vie di comunicazione stradali, ferroviarie e navigabili e dei relativi impianti;
- b) la divisione in zone del territorio comunale con la precisazione delle zone destinate all'espansione dell'aggregato urbano e la determinazione dei vincoli e dei caratteri da osservare in ciascuna zona;
- c) le aree destinate a formare spazi di uso pubblico o sottoposte a speciali servitù;
- d) le aree da riservare a edifici pubblici o di uso pub-

blico nonché a opere e impianti di interesse collettivo o sociale;

- e) i vincoli da osservare nelle zone a carattere storico, ambientale, paesistico;
- f) le norme per l'attuazione del piano.

Gli obiettivi di un nuovo Piano Regolatore devono venire elaborati in connessione con le analisi socio-economiche e urbanistiche che possono essere così schematizzate (Siligardi, 2008):

- salvaguardia dell'identità dei nuclei storici recuperando ove necessario le fasce di verde a corona dei nuclei;
- valorizzazione del quadro ambientale con particolare riferimento alle scelte storico-culturali e naturalistiche;
- contenimento dell'espansione edilizia nel Centro e nelle frazioni ponendo nuovi margini edificatori;
- razionalizzazione del sistema dei servizi;
- razionalizzazione del sistema produttivo;
- razionalizzazione della circolazione;
- riqualificazione degli assi di attraversamento e contestuale riqualificazione delle fronti degli edifici che si affacciano su queste arterie.

Le linee strategiche, asse portante del futuro PRG, sono riconducibili ad alcuni macrotemi, ovvero i sistemi con gli obiettivi e le azioni strategiche che saranno delineate nell'Atto di indirizzo per la variante generale. In sintesi:

- i sistemi quali telai strutturali su cui costruire le principali scelte di piano individuando i nodi (strutturali) e le invarianti;
- i sistemi intesi quale descrizione della realtà e veicolo delle nuove scelte;
- i sistemi insediativo, ambientale, della mobilità e della produzione quali prevalenti elementi di funzionamento del territorio;
- i sistemi quali struttura di piano ma anche momento di verifica del piano stesso.

A un ecologo deve, inoltre, interessare ciò che riguarda gli *interventi perequativi*, che soli possono permettere in molti casi di ottenere vantaggi per la progettazione ecologica con interventi che altrimenti rimarrebbero sulla carta. Considerato che l'esproprio per la realizzazione del verde pubblico o per attrezzare aree per servizi o per riqualificare e potenziare la viabilità o ancora per recuperare e valorizzare volumi dismessi è assolutamente improponibile, visto il costo delle aree al libero mercato (senza dimenticare le intrinseche responsabilità proprie del procedimento), è stata introdotta la

perequazione urbanistica per superare l'ostacolo che condiziona l'operatività della pianificazione urbana e la dotazione di standard. Come scrive ancora Enzo Siligardi (2008): "Le aree soggette a trasformazione perequativa saranno normate con una scheda che guida la progettazione e gli scambi perequativi delle funzioni pubbliche. Le schede definiscono le modalità operative e sono articolate in tre parti:

1. una riassume le caratteristiche urbanistiche e ambientali e i criteri di intervento (parte vincolante);
2. una definisce le cubature (vincolante) e lo schema di suddivisione del suolo;
3. una propone uno schema indicativo di intervento."

10.2.5 Criteri di valutazione ambientale strategica

10.2.5.1 La procedura della VAS

La valutazione ambientale strategica (VAS) è uno strumento di governo ambientale introdotto dalla Direttiva 2001/42/CE. Essa costituisce "un importante strumento per l'integrazione delle considerazioni di carattere ambientale nell'elaborazione e nell'adozione di taluni piani e programmi che possono avere effetti significativi sull'ambiente degli stati membri". Le modalità di svolgimento (art. 11) sono le seguenti:

1. verifica di assoggettabilità;
2. elaborazione del rapporto ambientale;
3. svolgimento di consultazioni;
4. valutazione del rapporto ambientale ed esiti delle consultazioni;
5. decisione;
6. informazione sulla decisione;
7. eventuale monitoraggio.

Come noto, la VAS è stata recepita dal nostro ordinamento con fatica: con due anni di ritardo è stato emanato il D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale" (detto anche Codice Ambientale), la cui parte II avrebbe dovuto recepire la VAS. Tale parte è stata però differita più volte, fino alle disposizioni correttive di novembre (D.Lgs.152/2006). Al suo interno, i contenuti del Rapporto Ambientale (All. VI), recitano:

- a) illustrazione obiettivi del Piano e rapporto con piani pertinenti;
- b) stato attuale dell'ambiente e sua evoluzione senza Piano;

- c) caratteri ambientali, culturali, paesaggistici delle aree interessate;
- d) problemi ambientali e zone di protezione speciale (ZPS), aree SIC ecc;
- e) eventuali obiettivi di protezione internazionali;
- f) possibili impatti ambientali significativi, compresi aspetti quali: biodiversità, popolazione, salute, flora e fauna, suolo, acqua, aria, clima, beni materiali e patrimonio culturale, patrimonio architettonico e archeologico, paesaggio e interrelazione tra i suddetti fattori;
- g) misure di compensazione e mitigazione;
- h) sintesi delle ragioni di scelta delle alternative individuate;
- i) descrizione delle eventuali misure di monitoraggio;
- j) sintesi non tecnica.

10.2.5.2 Discussione sui criteri di VAS

Tale discussione parte da un confronto con quanto proposto dalla Provincia Autonoma di Trento, che in materia di pianificazione territoriale è forse la più avanzata d'Italia. Lo scopo di questo confronto è di cercare di comprendere le differenze fra i criteri di VAS e quelli che derivano dai principi e metodi della bionomia del paesaggio. In risposta alla sollecitazione dell'Europa, la Provincia Autonoma di Trento ha pubblicato: "Indirizzi per le Strategie della Pianificazione Territoriale e per la Valutazione Strategica dei Piani (P.U.P., All.2)". La *vision* che sta alla base del documento trentino sulla VAS, mostra *quattro strategie* principali: identità, sostenibilità, integrazione, competitività: le prime due riguardano anche l'ambiente, le altre sono socio-economiche. Esaminiamole nel dettaglio:

- *identità*: rafforzare la riconoscibilità dell'offerta territoriale del Trentino, valorizzandone la diversità paesistica, la qualità ambientale e la specificità culturale;
- *sostenibilità*: orientare l'utilizzazione del territorio verso lo sviluppo sostenibile, contenendo i processi di consumo del suolo e delle risorse primarie e favorendo la riqualificazione urbana e territoriale;
- *integrazione*: consolidare l'integrazione del Trentino nel contesto europeo, inserendolo efficacemente nelle grandi reti infrastrutturali, ambientali, economiche e socioculturali;
- *competitività*: rafforzare le capacità locali di autoorganizzazione e di competitività e le opportunità di sviluppo duraturo del sistema provinciale complessivo.

Le informazioni per una conoscenza delle condizioni

attuali dell'ambiente, derivate attraverso misurazioni simili a quelle mostrate in Tabella 10.3, sono da confrontarsi anche con le schede urbanistiche riassuntive dei 16 territori in cui è suddivisa la provincia (con palesi criteri di geografia economica e urbanistica di tipo tradizionale). Tali schede contengono:

1. il gruppo di comuni interessati;
2. i dati generali su popolazione e occupazioni economiche, turismo e abitazioni;
3. punti di forza del territorio e opportunità;
4. punti di debolezza e rischi;
5. strategie vocazionali, in chiave economico-gestionale e con attenzione all'ambiente.

Infine, il PUP richiede per la VAS il confronto fra i dati *ex ante* ed *ex post* e per alcune valutazioni anche una fase *in itinere*; non richiede però alcuna valutazione intesa in senso pienamente *storico-evolutivo e clinico-diagnostico*. Al contrario, richiede sempre la comparazione con il PTC, cioè con una pianificazione prefissata di scala più ampia, che però necessariamente non può vedere eventuali problemi critici di tipo ecologico-paesistico, esistenti o potenziali, a scala locale che potrebbero in buona parte inficiarla.

Inoltre, in coerenza agli indirizzi della *vision*, si può notare che la descrizione dei tipi di valutazione dei piani è basata su concetti di gestionalità e amministrazione e sul concetto di risorsa ambientale; comunque su concetti pianificatori, *non ecologici*. Il piano non viene visto come mezzo per *interventi terapeutici che riguardano un biosistema complesso*, ma solo come strumento urbanistico. Si impone quindi una revisione critica dei contenuti della procedura VAS/PUP, alla luce dei più avanzati sviluppi scientifici in materia ambientale. Sia chiaro che tale critica non vuole essere polemica, dato che non è una opinione politico-amministrativa, ma una dimostrazione scientifica.

10.2.5.3 Limiti scientifici dell'approccio economicistico

Le linee strategiche sopra riassunte sono sicuramente coerenti con una *vision* che menziona *anche* un contesto ambientale "da considerare come eccellente", ma in palese *dipendenza* da una impostazione prevalentemente socio-economica. Quindi anche identità e sostenibilità sarebbero da considerare soprattutto entro questa impostazione, come si evince dai criteri generali, in cui l'attore principale è di fatto l'economia.

Come ha dimostrato il noto economista americano Herman Daly (1999) e dopo di lui diversi altri studiosi

Tabella 10.3 Esempio di misure richieste dal PUP trentino per una VAS

Indirizzi per le strategie	Fenomeno da misurare	Indicatore	Unità di misura
I. Promuovere l'identità territoriale e la gestione innovativa e responsabile del paesaggio	Aree a pascolo e prato ripristinate	<i>Agricoltura montana</i>	% di sup. rispetto al totale
	Aree ecologicamente controllate (superfici per la protezione fluviale, lacuale ecc.)	<i>Gestione ecologica</i>	% di sup. rispetto al totale
	Territorio destinato a colture protette e controllate	<i>Agricoltura protetta</i>	% di sup. rispetto al totale
	Espansione territoriale dell'insediamento	<i>Consumo di suolo</i>	Mq/ab/anno di ulteriore utilizzo
	Riduzione delle aree agricole ad elevata produttività	<i>Consumo di suolo agricolo</i>	% di sup. rispetto al totale dell'area agricola
II. Favorire uno sviluppo turistico basato sul principio di sostenibilità che valorizzi le risorse culturali, ambientali e paesaggistiche	Progetti intercomunali per servizi di interesse sportivo e turistico e per integrare gli impianti produttivi e i relativi servizi	<i>Condivisione dei servizi</i>	Numero assoluto
	Strutture di supporto o relative al turismo ecologico	<i>Turismo ecologico</i>	Numero assoluto
	Territorio destinato a colture protette e controllate	<i>Agricoltura protetta</i>	% di sup. rispetto al totale
III. Garantire la sicurezza del territorio e degli insediamenti	Messa in sicurezza dell'area insediata a rischio recuperabile	<i>Rischio idrogeologico</i>	% di sup. rispetto al totale
	Inquinamento delle aree insediate	<i>Qualità di acqua, aria e suolo</i>	Indicatori APPA
IV. Perseguire lo sviluppo equilibrato, prudente e durevole degli insediamenti	Riduzione delle aree agricole ad elevata produttività	<i>Consumo di suolo agricolo</i>	% di sup. rispetto al totale dell'area agricola
V. Perseguire l'uso sostenibile delle risorse forestali, montane e ambientali	Aree ecologicamente controllate (superfici a parco fluviale, lacustre ecc.)	<i>Gestione ecologica</i>	% di sup. rispetto al totale
	Territorio destinato a colture protette e controllate	<i>Agricoltura protetta</i>	% di sup. rispetto al totale
	Espansione territoriale dell'insediamento	<i>Consumo di suolo</i>	Mq/ab/anno di ulteriore utilizzo
	Strutture di supporto o relative al turismo ecologico	<i>Turismo ecologico</i>	Numero assoluto
VI. Perseguire la permanenza e lo sviluppo delle aree agricole di pregio e promuovere l'agricoltura di montagna	Aree a pascolo e prato ripristinate	<i>Agricoltura montana</i>	% di sup. rispetto al totale
	Territorio destinato a colture protette e controllate	<i>Agricoltura protetta</i>	% di sup. rispetto al totale
	Espansione territoriale dell'insediamento	<i>Consumo di suolo</i>	Mq/ab/anno di ulteriore utilizzo
	Riduzione delle aree agricole ed elevata produttività	<i>Consumo di suolo agricolo</i>	% di sup. rispetto al totale dell'area agricola
VII. Perseguire l'uso responsabile delle risorse energetiche ambientali non rinnovabili, promuovendo il risparmio delle risorse e le fonti rinnovabili	Spreco di energia nell'insediamento abitato ed edifici a risparmio energetico	<i>Risparmio energetico</i>	% di energia risparmiata rispetto al totale
	Quantità di energia prodotta da fonti energetiche alternative	<i>Energia alternativa</i>	Quantità in % rispetto al totale
	Produzione di rifiuti solidi urbani da smaltire	<i>Rifiuti non riciclati (RU)</i>	Kg/ab.eq./anno

(in Italia: Tavernar, 1999; Pignatti e Trezza, 2000) non è più ammissibile che l'ecologia dipenda dall'economia o dall'urbanistica: se mai è il contrario. L'economia si deve adeguare ai problemi di conservazione e sviluppo bioecologico della vita, il cui concetto non si può limi-

tare, come continuamente ribadito dalla bionomia del paesaggio, ai soli organismi, ma deve estendersi a tutti i livelli di organizzazione biologica, compreso appunto il paesaggio – definibile come biosistema complesso di scala maggiore a una comunità.

Come indicato nei primi capitoli di questo testo, il territorio non può più essere considerato come un supporto geografico alle attività degli organismi, *in primis* l'uomo; deve invece essere riconosciuto come formato da sistemi complessi adattativi, quindi da entità viventi. Se sottoponiamo i criteri basati sulle linee strategiche VAS con la *vision* del PUP Trentino alla luce della più avanzata teoria della bionomia del paesaggio, vedremo emergere dei limiti inequivocabili, perché tale approccio:

- considera di fatto *l'economia* come capace di *gestire anche l'ecologia*; quindi:
- *non* si parla di ambiente in senso *bio-geo-sistemico*;
- *non* viene richiesto nulla sulla *dinamica storica di sistema*;
- *non* viene richiesto un *metodo clinico-diagnostico* per l'individuazione dello stato ecologico;
- *non* si parla di *piano* come mezzo per *interventi terapeutici* che riguardano un bio-geo-sistema complesso.

Di conseguenza, non si comprende come si possano colpire, se non in modo *rozzamente parziale*, gli obiettivi posti alla base delle linee strategiche che si richiamano a identità e sostenibilità, e come siano del tutto *assenti altri obiettivi* di primaria importanza per l'ambiente, per esempio *storia* (trasformazioni), *salute* (stato bioecologico dei sistemi in esame e sua implicazione con la salute umana) ecc.

10.2.5.4 Qualità e quantità di informazioni

Data l'estrema importanza e le comprensibili conseguenze applicative di quanto qui asserito, è indispensabile cercare di chiarire meglio la portata delle critiche espresse. Per fare ciò è necessario rifarsi al documento del PUP Trentino sulla VAS, prendere in considerazione il primo indirizzo strategico (l'identità) e compiere le misure suggerite riferendosi allo Studio Pilota per la VAS di Mori (Tabella 10.4), studio che verrà esposto in modo adeguato nel capitolo 14.

Tabella 10.4 Espressione dell'indirizzo strategico "identità" nel caso dello studio della VAS di Mori, secondo la Bionomia del Paesaggio: su *fondo bianco* i requisiti di legge; su *fondo giallo* le aggiunte secondo la Bionomia

N.	Fenomeni	Indicatori	Unità di misura	Mori 3460 ha	UdP 1 1175 ha	UdP 2 602 ha	UdP 3 847 ha	UdP 4 836 ha
	Quota media	Transetti opportuni	m (s.l.m.)	602	364	385	795	901
1	Aree a pascolo e prato-pascolo	Agricoltura montana	% sup./sup. tot.	1,7	0,82	0,22	1,74	3,95
2	Aree ecologicamente controllate	Gestione ecologica (SIC)	% sup./sup. tot.	12,4	18,4	18,6	0	11,9
3	Culture protette	Agricoltura protetta (vigneti-frutteti)	% sup./sup. tot.	22,4	30,9	13,3	13,3	10,0
4	Espansione insediamento	Consumo di suolo (rispetto agli abitanti 2006)	m ² /ab/anno	2,2	2,0	4,8	1,8	7,1
5	Riduzione aree agricole produttive	Consumo di suolo agricolo	% sup./sup. agr.	24,7	30,2	10,0	16,8	43,9
6	Habitat umano	HU	% UdP	40,7	57,9	45,5	30,5	23,3
7	Capacità portante	HS/HS*	N.	3,35	0,60	5,3	3,04	6,1
8	Capacità biologico-territoriale della vegetazione	BTC	Mcal/m ² /anno	3,34	2,33	3,04	3,84	4,47
9	Apparati RSD+SBS	Somma > apparati di HU	% sup./sup. tot.	7,5	17,4	3,5	2,44	1,7
10	Trasformazione storica (1860-2007)	Crescita urbanizzato rispetto agricolo	Tasso annuo urb./agr.	0,123	0,240	0,045	0,041	0,021
11	Tipo di paesaggio (classificazione)	HuCE	HS/HS* x BTC/HU	27,49 AGR- PD	2,41 SUR- RU	34,15 AGR- PT	42,0 AGR- PT	117,8 AGR- FR

AGR-FR, agricolo-forestale; AGR-PD, agricolo-produttivo; AGR-PT, agricolo-protettivo; HS/HS*, habitat standard rilevato/HS teorico (m²/ab); SUR-RU, suburbano-rurale; UdP, unità di paesaggio. 1 = Mori, 2 = Loppio, 3 = Bassa Val Gresta, 4 = Versante Sud Biana.

La Tabella 10.4 mostra una prima parte non colorata contenente 5 parametri ecologici stimati per l'intero territorio comunale (richieste minime PUP), mentre la rimanente parte aggiunge altri 6 parametri e li estende anche alle quattro UdP individuabili nel comune di Mori (richieste minime bionomia). Incominceremo a dare uno sguardo ai parametri considerati:

1. *aree a pascolo e prato-pascolo*: si sono misurate quelle esistenti. Il PUP aggiunge "ripristinate", ma la loro misura rimarrebbe intrinsecamente incerta e, inoltre, ciò non avrebbe senso ecologico in quanto il concetto di ripristino è errato alla luce dei principi di "ordine attraverso fluttuazioni";
2. *aree ecologicamente controllate*: tale misura è solo formale, dato che spesso una parte di tali aree controllate non hanno vera importanza ecologico-paesaggistica e, talvolta, non sono estese a sufficienza per preservare i fenomeni che potrebbero interessare davvero;
3. *colture protette*: il rapporto con la superficie totale può essere indicativo solo se si definiscono le unità di paesaggio di competenza;
4. *espansione dell'insediamento*: il consumo di suolo non è significativo se misurato come m²/ab/anno. Andrebbe analizzato e valutato in prospettiva di evoluzione storica;
5. *riduzione aree agricole produttive*: questa misura va bene, ma anch'essa dovrebbe essere rapportata alle unità di paesaggio;
6. *habitat umano*: questo concetto è fondamentale per l'identità di una UdP, in quanto dà la misura dei processi generali di regolazione naturale o antropica. La variazione da poco più del 20 fin quasi al 60% di UdP dà l'idea della profonda differenza di suddivisione ecologica del territorio di Mori, semplicemente impossibile da ignorare;
7. *capacità portante*: rappresenta il rapporto fra habitat standard (HS) pro capite rilevato e HS teorico, quindi fornisce il grado di autotrofia/eterotrofia di una UdP;
8. *capacità bioterritoriale della vegetazione*: la BTC è una misura del livello di organizzazione di un sistema complesso adattativo come il paesaggio ed è capace di esprimere valori comparabili e integrabili fra componenti vegetazionali naturali, seminaturali e para-antropici. Correlata con i livelli di HU si arriva a formare un modello di normalità che contribuisce efficacemente alle valutazioni sullo stato ecologico di una UdP;
9. *apparati RSD + SBS*: si tratta di sottosistemi che mettono in evidenza i ruoli funzionali ecologico-paesistici di contesto. Sono necessariamente diversi dai concetti urbanistici anche se in questo caso trattano sistemi residenziali e sussidiari (Ingegnoli e Giglio, 2005);
10. *trasformazione storica*: in questo esempio viene mostrato solo uno dei diversi tipi di funzioni di trasformazione del sistema ecologico, come tasso annuo di crescita dell'urbanizzato rispetto l'agricolo nel periodo 1860-2007. Questo settore fa parte dello studio dell'evoluzione storica di una UdP;
11. *tipo di paesaggio*: i paesaggi sono classificati seguendo un indicatore capace di legare la capacità portante con il modello BTC/HU. Come si noterà, il territorio comunale di Mori risulta nel suo insieme di tipo agricolo-produttivo, ma ci sono in esso: una UdP suburbana, una UdP forestale e due UdP agricolo-protettive (ma una di fondovalle e una di monte). Seguendo le indicazioni riguardanti l'intero territorio si arriverebbe a compiere errori imperdonabili.

Possiamo ora compiere la comparazione scientifica che ci interessa, andando a misurare nei due casi – criterio bionomico-paesistico (LB) rispetto al criterio urbanistico-economico (UEC) – l'informazione ottenuta. Si noti che la misura dell'informazione non può tenere conto solo della quantità, deve considerare anche la qualità. Quantitativamente la proporzione è immediata: invece di 5 parametri ne ricaviamo 55 (11 volte le indicazioni provinciali). Per la parte qualitativa si deve invece tener conto delle differenze fra misure dirette ottenibili con una sola operazione (%) e misure sistemico-funzionali ottenibili attraverso più operazioni. Siccome con il criterio LB le misure complesse sono 5/11, mentre con il criterio UEC sono 1/5, dando un rapporto di elaborazione anche soltanto di 3 a 1, si ottiene: $105/7 = 15$. Ciò significa, quindi, che il criterio LB fornisce almeno 15 volte più informazioni ad hoc. Ma tale sproporzione è sicuramente maggiore se si applicano per intero entrambi i criteri.

10.2.5.5 Nuova metodologia VAS

La bionomia del paesaggio è in grado di proporre una nuova metodologia per lo studio della VAS, le cui fasi principali si possono riassumere nel seguente modo (vedi anche Ingegnoli e Giglio, 2005):

1. inquadramento e delimitazione delle unità di paesaggio;
2. rilevamento delle componenti territoriali attuali;

3. anamnesi e stima delle componenti nel passato;
4. operazioni di analisi dei parametri ecologici principali;
5. studio della vegetazione ed elaborazione dei risultati;
6. elaborazione dei parametri valutativi necessari;
7. diagnosi dello stato ecologico attuale;
8. indicazioni terapeutiche di intervento;
9. verifica e controllo della pianificazione proposta;
10. valutazione *ex post* ed eventuali correzioni;
11. diagnosi di progetto e controllo strategico.

Per poter comprendere lo sviluppo di questa metodologia, si deve rimandare ai principi teorici fin qui esposti nel volume e all'applicazione nel caso dello Studio Pilota per il Comune di Mori (vedi capitolo 14).

10.3 Applicazioni e sostenibilità

10.3.1 Le applicazioni dell'ecologia del paesaggio

Negli anni ottanta hanno inizio i primi tentativi di applicazione dell'ecologia del paesaggio nella progettazione, tutela e valutazione del territorio. Mentre, però, in Olanda e in Germania la *Landschaftökologie* viene insegnata dal 1975 (Wageningen, Hannover), in Italia il primo corso, quello della Scuola di Perfezionamento in Architettura del Paesaggio dell'Università di Genova, risale al 1985, istituito dopo reiterate proposte di chi scrive, e rimasto tuttavia l'unico per circa un decennio (anzi il CUN ha ammesso ufficialmente questa nostra disciplina solo nell'Anno Accademico 2001-2002). Inoltre, nei pochissimi atenei in cui oggi si insegna l'ecologia del paesaggio, come l'Università degli Studi di Milano, la disciplina è limitata alla Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche, Naturali, Corso di Laurea in Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e la Natura, nell'indirizzo di Scienze della Natura (laurea magistrale). Di conseguenza, la formazione dei tecnici del settore rimane da noi arretrata e i lavori in cui potrebbe venire richiesto l'intervento di un ecologo paesaggista sono svolti da professionisti di altra estrazione, con competenze ambientali insufficienti (a dir poco).

Come si può facilmente immaginare, i settori di applicazione (potenziale) della bionomia del paesaggio ci sono anche in Italia come in tutte le società dell'Occidente, e sono parecchi e di notevole importanza. Si possono, per esempio, ricordare i seguenti:

- progetto e conservazione di parchi e riserve naturali;

- controllo dello stato ecologico delle foreste;
- progettazione e controllo di reti ecologiche;
- pianificazione di riassetto dei paesaggi agrari;
- progetti di ripristino ambientale;
- progetti di sistemi di verde urbano;
- criteri di ecologia urbana nella pianificazione;
- valutazione ambientale strategica (VAS);
- valutazione di impatto ambientale (VIA);
- studio di interferenza ambientale (SIA);
- verifiche di sostenibilità ambientale;
- piani territoriali e paesistici;
- controllo ambiente-salute umana.

Da pochi anni, sembrerebbe, si sta profilando qualche nuova possibilità. La Convenzione Europea sul Paesaggio (Firenze, 20 ottobre 2000) (vedi Legge del 9 gennaio 2006, n. 14 "Ratifica della Convenzione Europea sul Paesaggio"), di per sé non molto innovativa, ha però ricordato l'importanza di studiare e intervenire sul paesaggio in modo opportuno a tutti i Paesi membri della UE, facendo capire che i lavori di pianificazione e tutela del territorio non possono più ignorare l'argomento. Purtroppo, una pesante remora alle applicazioni avanzate di ecologia in Italia è costituita ancora da tre pessime condizioni:

1. la prima è che se un tecnico è bene introdotto nelle Amministrazioni locali riesce spesso a farsi assegnare lavori di cui ha una competenza solo superficiale, anche a scapito di esperti del settore;
2. la seconda è forse ancora peggiore, perché riesce a inficiare anche i concorsi pubblici condotti con tutti i crismi. Si tratta del fatto che i professionisti che propongono i metodi di lavoro più rozzi, sbrigativi e persino scorretti hanno sempre la possibilità di vincere, perché tali soggetti possono offrire tempi e costi molto inferiori di professionisti seri, capaci di proporre metodi aggiornati e scientificamente corretti, che richiedono però più tempo e maggiori parcelle. Non dimentichiamo che i metodi scorretti danno un maggior grado di libertà ai politici più spregiudicati nell'operare secondo interessi propri o di parte, mentre i metodi più avanzati forniscono più garanzie e scelte più sicure, ma eliminano quasi del tutto gli abusi di libertà gestionale;
3. la terza remora è legata alla burocrazia, cioè ai tecnici degli enti pubblici, soprattutto quelli municipali. Essi non sono aggiornati a sufficienza e tendono a imporre una burocrazia che quasi sempre è miope, non elastica, non aperta alle innovazioni scientifiche, forse perché pensano che altrimenti perderebbero ca-

pacità di controllo e di potere.

La speranza che la situazione migliori, almeno per quanto riguarda l'Italia, non sembra al momento molto elevata². Si ritiene, quindi, necessario riportare qualche esempio di applicazione che dimostri la reale portata *innovativa* della bionomia del paesaggio, che in molti casi è in grado di arrivare a dare risposte incomparabilmente più corrette ed efficaci delle altre discipline del settore ambientale.

10.3.2 L'evolversi del concetto di sviluppo sostenibile

La prima definizione ufficiale del concetto di sostenibilità sembra sia stata quella scritta nel rapporto Brundtland (la norvegese Gro Harlem Brundtland) del 1987, poi ripresa dalla WCED (*U.N. World Commission on Environment and Development*): “Lo sviluppo sostenibile è uno sviluppo che soddisfa i bisogni del presente senza compromettere la possibilità delle generazioni future di soddisfare i propri bisogni”. Ciò si può verificare se le tre dimensioni principali dell'ambiente si considerano in modo equilibrato. È la cosiddetta “*teoria delle tre E*”: ecologia, equità sociale, economia. Tale definizione parte da una visione socio-economica, perché al centro della questione non è tanto l'ecologia, e quindi la sopravvivenza e il benessere di tutte le specie viventi, quanto piuttosto il benessere delle generazioni umane. Poco tempo dopo, lo svedese K.H. Robèrt coordinò un ampio processo di creazione di consenso nella comunità scientifica per dare una definizione sistemica-globale e operativa di sostenibilità, le Condizioni di Sistema, comprendente sia aspetti ecologici che sociali. Una successiva definizione di sviluppo sostenibile, in cui è inclusa una visione globale, è stata fornita, nel 1991, dalla *World Conservation Union, U.N. Environment Programme and World Wide Fund for Nature*, che la identifica come: “un miglioramento della qualità della vita, senza eccedere la capacità di carico degli ecosistemi di supporto, dai quali essa dipende”. Contemporaneamente Herman Daly ricondusse lo svi-

luppo sostenibile a tre condizioni generali concernenti l'uso delle risorse naturali da parte dell'uomo: il tasso di utilizzazione delle risorse rinnovabili non deve essere superiore al loro tasso di rigenerazione; l'immissione di sostanze inquinanti e di scorie nell'ambiente non deve superare la capacità di carico dell'ambiente stesso; lo stock di risorse non rinnovabili deve restare costante nel tempo. In tale definizione, viene introdotto anche un concetto di “equilibrio” auspicabile tra uomo ed ecosistema.

Nel 1994, l'International Council for Local Environmental Initiatives definì lo sviluppo sostenibile come “lo sviluppo che fornisce elementi ecologici, sociali e opportunità economiche a tutti gli abitanti di una comunità, senza creare una minaccia alla vitalità del sistema naturale, urbano e sociale che da queste opportunità dipendono”. Nel 2001, l'UNESCO ha ampliato il concetto di sviluppo sostenibile indicando che “la diversità culturale è necessaria per l'umanità quanto la biodiversità per la natura (...) la diversità culturale è una delle radici dello sviluppo inteso non solo come crescita economica, ma anche come un mezzo per condurre un'esistenza più soddisfacente sul piano intellettuale, emozionale, morale e spirituale” (artt. 1 e 3, Dichiarazione Universale sulla Diversità Culturale, UNESCO, 2001). In questa visione, la Diversità Culturale diventa la *quarta dimensione* dello sviluppo sostenibile, accanto al tradizionale equilibrio delle tre E.

Tuttavia, alla luce della teoria ecologica esposta in questo sintetico scritto, e soprattutto della definizione allargata di vita, risulta evidente che in molte circostanze le dimensioni dell'ambiente – 3, 4 o 5 che siano – devono sottostare alla necessità primaria di sopravvivenza del sistema ecologico nel suo complesso, pena l'alterazione della salute e della qualità di vita di tutti gli esseri viventi integrati nel sistema stesso. La bionomia del paesaggio si fa perciò carico di sottolineare diversi aspetti che finora non sono stati considerati a sufficienza.

10.3.3 Errori in economia e in ecologia

Il tentativo di applicare un concetto di sostenibilità ambientale è senza dubbio encomiabile, ma forse varrebbe la pena di ricordare gli errori insiti nelle attuali economie dominanti come pure nell'ecologia generale tradizionale, perché se non si cerca di eliminare tali errori nessun concetto di sostenibilità può essere portato avanti con vero successo.

² A Milano, per esempio, non avendo alcun potere accademico, Ingegnoli non ha la possibilità di istruire dottorandi nella sua materia capaci di sostituirlo e, raggiunti i limiti di età, i suoi corsi saranno eliminati o in parte sostituiti da colleghi con formazione e preparazione che non garantiscono alcuna continuità, ammesso che conoscano veramente l'ecologia del paesaggio biologico-integrata.

Le economie oggi dominanti contengono errori anche gravi per un ecologo avanzato. Ne elenchiamo alcuni:

- pretendono che il valore di scambio debba essere la misura finanziaria di ogni cosa, *indipendentemente dalle funzioni naturali*, **invece** notiamo che il valore di ogni cosa è *legato anche al suo ruolo in natura*, ruolo non monetizzabile;
- la cultura attuale nega la valutazione etica dei mezzi e dei fini, così che il fine giustifica i mezzi, **invece mezzi e fini sono legati, come il seme alla pianta**, quindi essi non devono essere separati e noi dobbiamo scegliere fra diversi scopi;
- oggi la scarsità assoluta non è vista come limitazione, perché la bassa entropia è abbondante per le *nostre* necessità, **invece** queste necessità devono contenere anche l'adeguata funzionalità di tutti i *sistemi ecologici* della bio-geo-sfera.

Anche l'ecologia generale che ancora si insegna oggi nelle accademie incorre sovente in errori gravi, come abbiamo visto nel secondo capitolo, del tipo:

- l'uomo si crede staccato dai processi ecologici e in contrasto con la natura (vedi VIA), **invece** gli ecosistemi umani sono *legati e co-evoluti* con quelli naturali;
- il concetto di ecosistema domina su ogni livello di organizzazione biologica, anche se è di per sé ambiguo, **invece** l'ecologia generale dovrebbe considerare *tutto lo spettro biologico*;
- gli inquinamenti dominano tutte le questioni ambientali, **invece** l'alterazione dei sistemi ecologici (e della salute) dipende prima di tutto dalle *disfunzioni strutturali e dinamiche dei sistemi di ecocenotopi*.

Ricordiamo che oggi vi sono due paradigmi principali in economia: ecologico-economico e neoclassico (Fig. 10.14). Nel primo caso *i sistemi economici sono parte del paradigma ecologico*; nel secondo, *i sistemi ecologici sono parte del paradigma economico*. L'unico limite alla crescita è la tecnologia, che si suppone non abbia limiti.

Come dice H. Daly, la crescita implica non solo benefici ma anche costi. Osserviamo la Figura 10.15: se, essendo Q lo stock di capitale nel consumo di beni e servizi, consideriamo l'andamento delle *utilità marginali* (MU) in rapporto ai *sacrifici marginali* (MDS), si nota l'aumento dei costi quando *troppo capitale naturale* venga trasformato in capitale umano.

Nel tentativo di cercare delle interfacce fra economia ed ecologia, oltre al concetto di sostenibilità è stato proposto quello di "impronta ecologica", introdotto nel

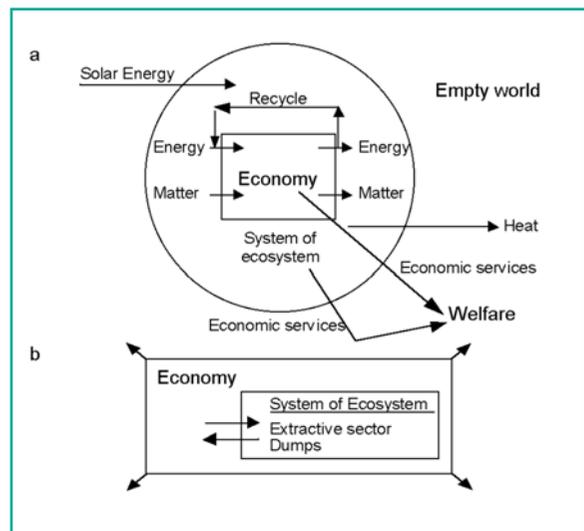


Fig. 10.14 Schema dei due principali tipi di relazioni fra economia ed ecologia (da Daly, 1999, ridisegnato). (a) Economia ecologica (*Ecological-Economics*), (b) economia neoclassica (*Neoclassical Economy*) (da: Ingegnoli, 2002)

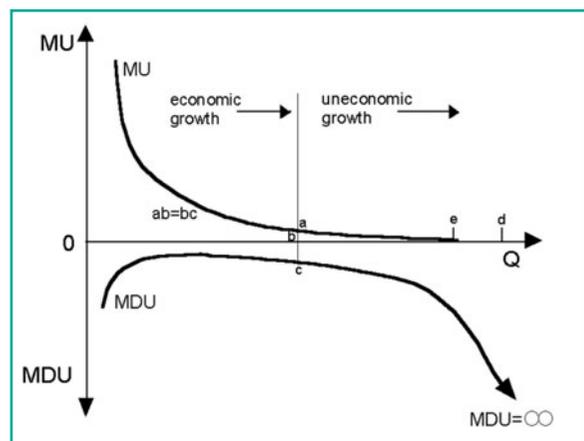


Fig. 10.15 Utilità marginale (MU) e dis-utilità marginale (MDU) in rapporto alla quantità (Q) di beni e servizi prodotti, da Daly, 1999, ridisegnato (da: Ingegnoli, 2002)

1996 da Mathis Wackernagel e William Rees. A partire dal 1999 il WWF aggiorna periodicamente il calcolo dell'impronta ecologica nel suo *Living Planet Report*.

L'impronta ecologica è un indice utilizzato per misurare la richiesta umana nei confronti della natura. Mette in relazione il consumo umano di risorse naturali con la capacità della Terra di rigenerarle: in parole povere, essa misura l'area biologicamente produttiva di mare e di terra necessaria per rigenerare le risorse consumate da una popolazione umana e per assorbire i ri-

fiuti corrispondenti. Utilizzando l'impronta ecologica, è possibile stimare quanti *pianeta Terra* servirebbero per sostenere l'umanità, qualora tutti vivessero secondo un determinato stile di vita. Confrontando l'impronta di un individuo (o regione, o Stato) con la quantità di terra disponibile pro-capite (cioè il rapporto tra superficie totale e popolazione mondiale) si può capire se il livello di consumi del campione è sostenibile o meno. Per calcolare l'impronta relativa a un insieme di consumi si mette in relazione la quantità di ogni bene consumato (per esempio, grano, riso, mais, cereali, carni, frutta, verdura, radici e tuberi, legumi ecc.) con una costante di rendimento espressa in kg/ha. Il risultato è una superficie.

Per calcolare l'impatto dei consumi di energia, questa viene convertita in tonnellate equivalenti di anidride carbonica, e il calcolo viene effettuato considerando la quantità di terra forestata necessaria per assorbire le sudette tonnellate di CO₂.

Questa impronta ecologica non è tuttavia significativa a sufficienza in quanto non considera l'integrazione dei sistemi complessi, né il concetto di paesaggio come organizzazione biologica, producendo dati troppo lontani dalla realtà.

10.3.4 Cambiamento negli studi di sostenibilità

Dal punto di vista dell'ecologia del paesaggio, risultano davvero notevoli cambiamenti nello studio della sostenibilità, primo fra tutti il suo superamento con il concetto di "strategia riabilitativa" (*rehabilitation strategy*), legato alla ridefinizione di paesaggio come sistema vivente complesso adattivo che si struttura grazie alla cooperazione e all'integrazione delle componenti in giuoco

seguito processi irreversibili e in cui uomo e natura si sono coevoluti e coevolvono per reciproca selezione dei processi di adattamento.

Non si tratta, quindi, di gestire delle risorse in modo da posticipare il più possibile il loro esaurimento, bensì di comprendere la relazione tra stato di salute e patologie del territorio in esame, verificandone la compatibilità con le necessità e la salute umane, e di elaborare criteri terapeutici di risanamento con funzione riabilitativa. Di fronte a ciò, la responsabilità etica dell'uomo è quella di governare la natura in senso responsabile e di servizio, quindi promuovendo uno studio sempre più avanzato delle sue leggi che permetta di affinare la metodologia clinico-diagnostica e preparare gli operatori e avendo il coraggio di seguire le indicazioni terapeutiche fornite dal "medico-ecologo" (ecoiatra) anche quando "politicamente non corrette".

Si deve infatti notare che, fino a pochi anni fa, si distingueva fra *weak sustainability* (dove le componenti naturali ed economiche si considerano intercambiabili) e *strong sustainability* (dove le componenti naturali critiche sono prioritarie). Ma anche nel secondo caso, la sostenibilità nei confronti dei sistemi ecologici è spesso scorretta, cioè insufficiente o esagerata, in quanto non si considerano i sistemi ambientali come entità viventi, né si opera al di fuori di un ambito limitato a un certo sito. per esempio, la trasformazione di un'area da agricola a urbana o da industriale a residenziale si attua stando attenti a progettare qualcosa di ecologicamente sostenibile, nel senso di equilibrato entro l'elemento territoriale in oggetto. Si ribadisce che ciò è insufficiente, perché, come insegna la bionomia del paesaggio, ciò che conta sono il metodo clinico-diagnostico e il contesto, il sistema interagente di ecosistemi in cui il sito è inserito e lo studio delle sue eventuali patologie: appunto, più che di sostenibilità si tratta di *rehabilitation strategy*.

Parte III

Criteria applicativi

Il paesaggio urbano milanese e il rapporto forma-funzione nella progettazione ecologica di un nuovo quartiere

11.1 Sintesi dello stato ecologico di una metropoli

11.1.1 La situazione ambientale di Milano

Osservando le grandi aree metropolitane (*sensu* Forman, 2008) può capitare che le fasce di campagna che entrano in contatto con le zone centrali o semicentrali non sussistano più, o siano rimaste assai rare. Tali larghi corridoi, invece, sono necessari a creare una rete ecologica veramente funzionante come tale, il cui ruolo, in una metropoli, assume molteplici valenze, non solo ecologiche, ma anche sanitarie ecc. (vedi capitolo 4, paragrafo 4.4). Potenzialmente, un tipico caso del genere si trova anche a Milano: l'*unico* corridoio relativamente libero dal *continuum* di urbanizzazione dell'hinterland

di Milano (Fig. 11.1) è la fascia in direzione ovest, Baggio-Robecco sul Naviglio-Fiume Ticino: pertanto diventa strategico cercare di creare una rete ecologica di parchi urbani e macchie boscate fra il cuore di Milano (parco Sempione) e il parco del Ticino (che dista solo 25 chilometri).

Da un transetto nella direzione suddetta (Fig. 11.2) si può osservare, oltre alla presenza di un'evidente "isola di calore", che gli attuali parchi urbani milanesi presentano una capacità biologico-territoriale della vegetazione (BTC) non adeguata a formare una rete ecologica e che, comunque, tale rete oggi non si può attivare se non si inserisce uno *stepping stone* in posizione adeguata e con caratteristiche ecologiche *ad hoc*. Infatti, per tale attivazione, i *parametri ecologici* sono cruciali, come si vede anche dal transetto riportato. Così il progetto di un parco del nuovo quartiere ex Fiera (parco

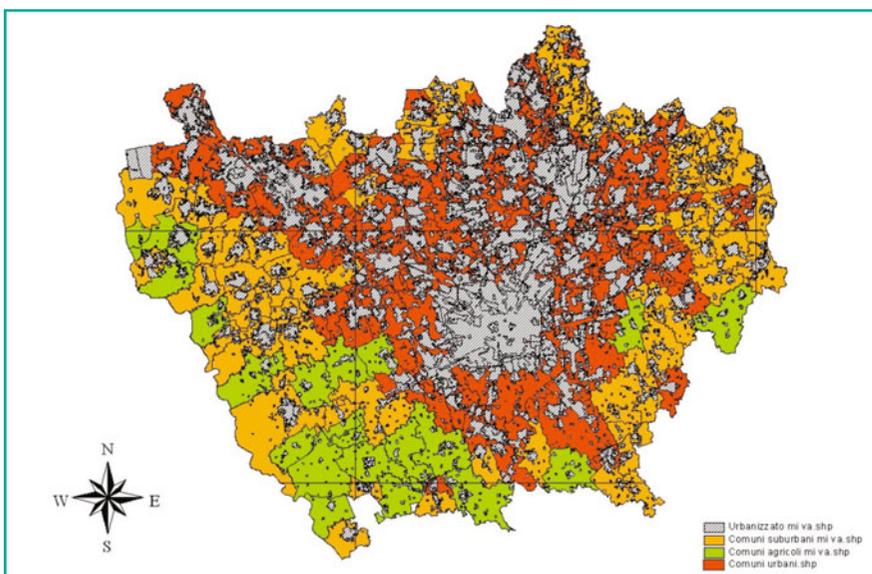
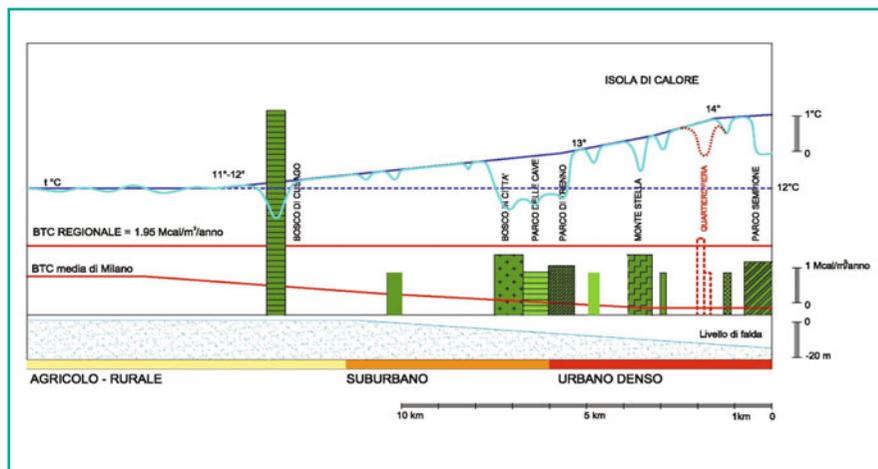


Fig. 11.1 La zona rossa individua il paesaggio metropolitano di Milano (110.000 ha, 3,4 milioni di abitanti) sulla base della mappa dell'Hinterland (216.000 ha, 4 milioni di abitanti). In giallo senape le aree suburbane, in verde quelle agricole. Si noti la fascia verde a ovest, fra Cusago e il parco del Ticino

Fig. 11.2 Transetto sulla possibile rete ecologica centro-ovest di Milano. In verde i parchi esistenti, la cui BTC (biopotenzialità della vegetazione) è inferiore alla media regionale. In rosso le ipotesi di progetto del parco Citylife con $BTC > 2,2$ Mcal/m²/anno, necessarie (come minimo) per l'attivazione della rete mediante il parco Citylife (un parco non può definirsi tale se non supera nettamente la BTC regionale, perché le sue funzioni riequilibranti sarebbero insufficienti)



Citylife), che ha una dimensione modesta (circa 12 ettari, per quanto riguarda i parametri ecologici), pur se in posizione consona, potrà attivare tale rete solo dando un carattere decisamente *naturalistico* alla maggior parte del parco stesso: altrimenti non servirebbe allo scopo.

Gli studi che verranno presentati sono stati condotti negli ultimi anni per poter effettuare un controllo sull'impostazione progettuale di un tale quartiere a Milano, nella zona ex Fiera, il "quartiere Citylife" di circa 35 ettari, che si trova oggi nella parte centrale della città. La comprensione delle condizioni ambientali del contesto urbano, in cui si interviene per costruire un nuovo quartiere e il suo parco, è un passo obbligato e la bionomia del paesaggio si presta bene a tale compito.

11.1.2 Il confronto con Berlino

Cerchiamo di conoscere meglio lo stato dell'ambiente a Milano. Uno studio in tal senso è stato eseguito dall'Autore su invito dell'Accademia Nazionale dei Lincei in occasione del simposio "Ecosistema del territorio metropolitano di Milano" (ottobre 2005). Tale studio permette anche un confronto con l'area metropolitana di Berlino, città comparabile con Milano, in quanto dello stesso ordine di grandezza e appartenente anch'essa alla regione biogeografia dell'Europa Centrale. Si osservi la Tabella 11.1. I dati risalgono al 2003. Per gruppi di parametri si nota:

a) Parametri di uso del suolo

A scala metropolitana, l'uso del suolo presenta a Milano una grave carenza di verde urbano e di macchie boscate residuali, in totale pari a 8,3%, contro il 25%

di Berlino e un eccesso di aree agricole (35,5%), circa il doppio di quanto serve per un paesaggio eterotrofo¹ (il 7,5% di Berlino è però insufficiente).

A scala comunale, il verde urbano (calcolato secondo la bionomia del paesaggio) non supera il 6,5% e anche se oggi è un poco aumentato rimane del tutto insufficiente, anche per la sua scarsa qualità ecologica (Fig. 11.2). Si noti inoltre che la parte costruita rasenta il 70%, mentre anche qui la componente agricola è alta, anche se più adeguata che a livello metropolitano.

b) Indici ecologici

Mentre a Berlino l'habitat umano (HU) è decisamente basso (80,5%), a Milano risulta troppo alto anche per un paesaggio urbanizzato (HU = 96,3% nel comune), soprattutto se rapportato con l'habitat naturale (HN): $HU/HN > 26$ a Milano città e > 14 nella metropoli.

L'habitat standard (HS) è ancora di buon livello per l'area metropolitana (HS = 303 m²/ab), ma è decisamente scarso a Milano comune (HS = 136,9 m²/ab), il che comporta un indice di capacità portante $HS/HS^* = 0,093$, quindi molto basso, che a sua volta porta l'auto-sufficienza agricola a solo il 3,2% malgrado un uso del suolo agricolo del 23,6! Si noti che la regione urbana (*urban region, sensu* Forman, 2008) dovrebbe raggiungere (per Milano metropoli) un'area pari a oltre tre volte l'intera area urbanizzata e cioè 3500 km² (vedi capitolo 6, Fig. 6.9).

¹ Si ricorda che i paesaggi urbanizzati sono eterotrofi, cioè dipendenti da zone limitrofe (paesaggi agricoli) per il sostentamento alimentare, in quanto strutturate per funzioni residenziali, protettive e lavorative (comprese quelle culturali, amministrative, sanitarie, industriali e commerciali).

Tabella 11.1 Stato ecologico-paesistico del comune e dell'area metropolitana di Milano, sintesi preliminare e confronto con la città di Berlino

Parametri ecologici principali	Hinterland milanese	Milano comune	Milano metropoli	Area Berlino
(A) Area territorio (ha)	206.000	18.200	110.300	88.900
(B) Abitanti (N.)	4.000.000	1.280.000	3.400.000	3.400.000
<i>Uso del suolo</i>				
(C) Urbanizzato (%)	37	68,3	54,50	54,50
(D) Verde urbano (%)	4	5	4,20	12,00
(E) Boschi (%)	6,8	1,5	4,10	17,50
(F) Agricolo (%)	49,7	23,6	35,50	7,50
(G) Acque e incolti (%)	1,6	1,7	1,70	8,50
<i>Indici ecologici</i>				
(H) Habitat umano HU (%)	90	96,3	93,40	80,50
(I) Rapporto habitat umano/habitat naturale HU/HN	9	26,027	14,15	4,13
(J) Habitat standard pro capite HS (m ² /ab)	463	136,	303,0	211,0
(K) Capacità portante dell' HU, HS/HS*	0,31	0,093	0,21	0,14
(L) Autosufficienza agricola (%)	17,4	3,20	11,00	1,90
(M) Stima <i>urban region</i>	595.872	121.285	355.918	362.969
(N) Protettivo HS-prt (m ² /ab)	28,5	8	17,3	36,2
(O) Stima percolazione (BFF)	0,6	0,27	0,43	0,45
(P) Stima stato dei boschi (B*)	0,5	0,45	0,46	0,60
(Q) Capacità biologica media della vegetazione BTC (Mcal/m ² /anno)	0,90	0,43	0,70	1,25
(R) BTC mod-norm	0,85	0,70	0,78	1,17
(S) Valutazione BTC scarti (1- Q/R)	0,05	- 0,386	- 0,11	0,07

HS-prt (habitat protettivo) = verde urbano 100% + boschi 10% + agricolo 2%; stima *urban region* = [(A × F/100) × 80/L] + A - (A × F/100); Percolazione (BFF) = *Biotopflächenfaktor* (Ermer et al., 1996); B* = BTC/BTC_s (vedi capitolo 9, paragrafo 9.1.1).

L'HS protettivo² è per il comune di Milano del tutto insufficiente (8 m²/ab di verde *ad hoc*), uno dei più bassi di Europa, malgrado la stima approssimata per eccesso. Lo stesso si può dire per l'indice BFF³ = 0,27 e per lo stato dei boschi, inferiore al 50% di qualità ecologica (*sensu* Ingegnoli e Pignatti, 2007).

La capacità biologica della vegetazione (BTC) stimata come valore medio per il territorio comunale è anch'essa insufficiente in maniera grave (BTC = 0,43 Mcal/m²/anno), visto il confronto con il modello di normalità ottimale HU/BTC (riga *r* in Tabella 11.1) che per unità di paesaggio con HU = 96% prevede una BTC = 0,70 Mcal/m²/anno, che vuol dire moltiplicare il valore

attuale del 163%, o, se si preferisce, presentare uno scarto negativo di quasi il 40% (riga *s* in Tabella 11.1)!

La stima, sia pure di massima, dello stato ecologico del territorio di Milano (comune e metropoli) *conferma* la necessità di indirizzare la progettazione di un nuovo parco in zona centrale secondo criteri ecologici (vedi capitolo 12) e fornisce i principali parametri di riferimento anche per il nuovo quartiere.

11.2 La verifica di diverse configurazioni di piano del quartiere ex Fiera

11.2.1 Impostazione della ricerca

Si riporta, in sintesi, una ricerca commissionata al Dipartimento di Biologia dell'università di Milano, condotta con il coordinamento scientifico di Ingegnoli⁴. In ogni progetto di pianificazione territoriale è di fondamentale importanza comprendere che il ruolo della *forma* rimane primario. Sembra un'affermazione scontata per molte

² Le funzioni protettive di HU in ecologia comprendono i filari alberati agricoli, i viali alberati urbani, i giardini, i margini dei parchi ecc.

³ BFF = *Biotopflächenfaktor*, indice ecologico di percolazione delle acque nei lotti urbanizzati (vedi capitolo 6, paragrafo 6.2.4).

⁴ Il titolo della ricerca è: "Studio e confronto di modelli relativi al sistema di verde urbano nell'ex quartiere storico della fiera di Milano: valutazione delle principali configurazioni possibili di verde urbano nel sedime in oggetto secondo criteri ecologici".

categorie professionali quali, per esempio, gli architetti e gli ingegneri; ma ciò che non è affatto scontato sono i *criteri di verifica formale*, senza i quali il ruolo della forma può facilmente essere travisato e diventare ambiguo o controproducente. Tali criteri non possono certo ridursi alla percezione visiva, o – peggio – a un'estetica fine a sé stessa: essi potranno essere anche necessari, ma certamente non sono criteri sufficienti. È indispensabile allargarsi alle condizioni funzionali e sistemiche, soprattutto quando si ha a che fare con sistemi complessi adattivi, come un paesaggio, un paesaggio urbano in questo caso.

Questa affermazione sui criteri di verifica formale può essere assai difficile da comprendere, perché poco o per nulla intuitiva. Come ha dimostrato Konrad Lorenz (1978), seguendo la filosofia della Gestalt, un “tutto organico” è sempre maggiore della somma delle sue parti, anche quando siano le stesse parti a venire assemblate in modi diversi: si tratta infatti del *principio delle proprietà emergenti* (vedi capitolo 2). Esso recita: “Un sistema di parti di diverso tipo, pur mantenendo identiche le estensioni superficiali delle parti stesse (salvo minime tolleranze), se assemblato in diverse configurazioni può presentare funzionalità di valore contrastanti e spesso imprevedibili”.

È il caso di studio che si presenta in questa ricerca. Data una stessa area territoriale, stesse componenti urbanistiche (residenze, una torre, servizi, piazze, piazze alberate, parco) che mantengono inalterati tipi ed estensione, si possono formare almeno 15 modelli diversi di configurazione. Tali modelli, che si possono considerare la sintesi di altrettanti progetti di piano-direttore, presentano differenze anche considerevoli di fronte a una loro valutazione diagnostica capace di considerare opportuni criteri ecologici.

Obiettivo della ricerca è la verifica dei modelli migliori, cioè di quelli che presentano una configurazione di “parco e quartiere” ottimale, tale da poter essere considerata come base per la progettazione di un *master plan* adatto al nuovo quartiere Citylife di Milano. I criteri di valutazione diagnostica sono derivati dalla disciplina dell'ecologia del paesaggio biologico-integrata, ossia dalla bionomia del paesaggio.

11.2.2 Il metodo

Il metodo per la formazione dei modelli in oggetto si è basato sui presupposti urbanistici che sono riassunti di seguito:

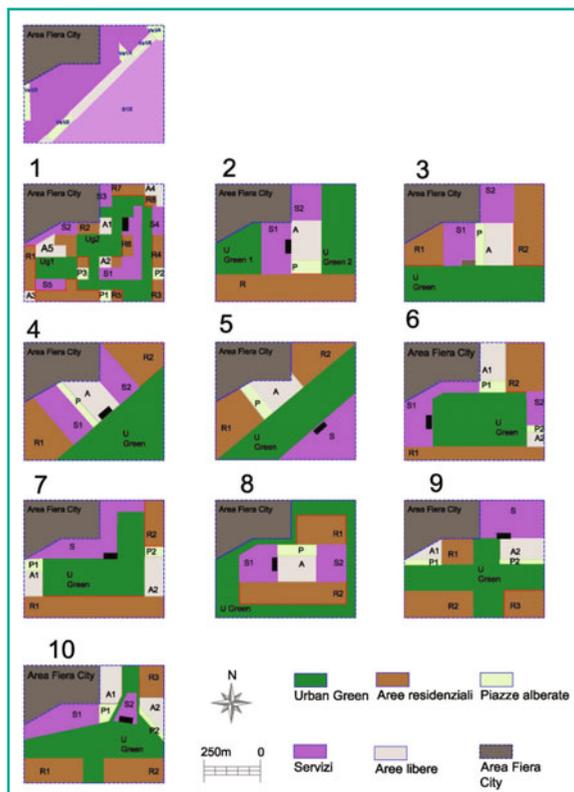


Fig. 11.3 Schema planimetrico sintetico dello stato attuale e dei primi 10 modelli considerati nella ricerca sulla congruenza ecologica della forma del *master plan* del nuovo quartiere a partire dal sedime della ex Fiera Campionaria di Milano. In alto a sinistra la situazione attuale al 2004

- il sedime primario è pari a 25,95 ha, che corrispondono all'area predisposta dall'Ente Fiera a suo tempo (2003) per la formazione del nuovo quartiere, in seguito ceduta alla società Citylife;
- su tale area, si considera un insediamento di 7,50 ha di aree residenziali (compreso 30% di verde abitativo); 5,20 ha di servizi terziari o assimilabili (compreso almeno un edificio a torre), 3,25 ha di aree libere (di cui 0,80 ha di piazze alberate), 10,00 ha di parco.

Si tratta di un insediamento compatibile con il PRG di Milano, che prescrive per questa zona *50% edificato e 50% a spazi aperti e verde*. Nel caso dei modelli (Fig. 11.3) risulta: 48,9% edificato, e 51,1% di spazi aperti e verde (di cui 41,6% strettamente a verde); contando il verde residenziale le percentuali diventano: 40,3% edificato e 59,7% a spazi aperti e verde. Le tolleranze considerate sono dell'ordine di 1-1,5%, per ragioni ovvie di disegno delle diverse configurazioni. Si è considerato anche lo stato *ex ante* o stato attuale (SA)

Tabella 11.2 Tipologie di vegetazione urbana valide in ogni modello

N.	Tipo di verde	Composizione di riferimento	%	BTC
1,1	Fasce di margine [BTC = 1,30]	Prati e/o formazioni erbacee, in parte con specie atte al calpestio, in parte con specie della fitocenosi dell' <i>Arrhenatherion</i> (almeno il 50%)	45	0,50
		Macchie alberate, in parte con alberi esotici da giardino, in parte con alberi autoctoni (almeno il 50%) di fitocenosi del <i>Quercion robori-petreae</i>	25	4,00
		Viali, attrezzature, aree di gioco e/o percorsi vita	30	0,05
1,2	Core areas [BTC = 2,00]	Prati e/o formazioni erbacee, in parte con specie atte al calpestio, in parte con specie della fitocenosi dell' <i>Arrhenatherion</i> (almeno il 60%)	45	0,55
		Macchie alberate, in parte con alberi esotici da giardino, in parte con alberi autoctoni (almeno il 75%) di fitocenosi del <i>Quercion robori-petreae</i>	20	4,20
		Biotopi forestali, in parte di area umida (per esempio, formazioni del <i>Populion albae</i> e/o <i>Alnion glutinosae</i>) in parte mesofila (per esempio <i>Carpinion</i> e/o <i>Quercion robori-petreae</i>)	15	6,00
		Viali, attrezzature, aree di gioco e/o percorsi vita	20	0,05
2	Verde piazze [BTC = 1,30]	Macchie alberate, anche in maggioranza esotiche da giardino (mai però 100%)	35	3,50
		Prati da calpestio	40	0,50
		Viali, attrezzature, aree di sosta	25	0,05
3	Verde residenze [BTC = 1,40]*	Macchie alberate, in parte con alberi esotici da giardino, in parte con alberi autoctoni (almeno il 50%) di fitocenosi del <i>Quercion robori-petreae</i>	30	4,0
		Prati da calpestio	35	0,50
		Viali, attrezzature, aree di sosta	35	0,05

*Un lotto residenziale con verde = 30% avrà una BTC media valutabile intorno a 0,40 Mcal/m²/anno.

che riassume un'opportuna sintesi delle condizioni recenti dell'area in esame.

I modelli progettati sono stati dapprima 10, a cui se ne sono poi aggiunti altri 5. Essi comprendono le principali configurazioni possibili per l'area di nuovo quartiere, secondo i criteri disegnati in Figura 11.3. Contando il verde residenziale, la percentuale di verde risulta pari a 50,2 dell'area totale, quindi l'area fotosintetizzante raggiunge circa i 13,3 ha. In tutti i modelli si intende che il verde debba essere articolato nel modo riassunto nella Tabella 11.2.

Sono stati considerati i seguenti tipi di verde urbano:

- fasce di margine, composte da prati e macchie alberate (con presenza di viali), per i quali si può stimare una BTC media pari a 1,30 Mcal/m²/anno;
- core area, formate da prati più naturali, macchie alberate con copertura elevata e una parte a biotopo forestale, in cui le attrezzature sono più contenute, per le quali si può stimare una BTC pari a 2,00;
- le parti verdi delle piazze, che sono simili ai valori del gruppo (a), anche se ammettono qualche specie esotica;
- il verde delle residenze, con maggiori parti attrezzate, e BTC = 1,40.

11.2.3 Parametri utilizzati nel presente studio e loro valutazione

Elenchiamo ora i parametri utilizzati per la valutazione diagnostica dei modelli, che sono ovviamente divisi nei due gruppi relativi (A) al sedime di quartiere (Qu), (B) al sedime di unità di paesaggio urbano (UdP), delimitata sulla base dei principi di bionomia del paesaggio. L'area della ex Fiera, che già corrispondeva storicamente all'area di esercitazione militare di fine Ottocento, è considerata con tutti gli isolati a essa circostanti, fino alla griglia geometrica dell'urbanizzazione successiva. Saranno anche precisati gli intervalli di normalità per ogni parametro. I risultati saranno presentati in schede successive.

A - Quartiere

A1 - Dimensione frattale del sistema di verde urbano (D): la misura di questo parametro geometrico (Mandelbrot, 1975) è stata fatta secondo il metodo riportato (vedi capitolo 7, paragrafo 7.1.6). Tale dimensione frazionaria permette di verificare la modalità di copertura del piano, che per una vegetazione ben distribuita deve avere di norma dimensione $D > 1,5-1,8$; infatti il verde

deve avvicinarsi a $D = 2$, ma non troppo (dato che il sedime deve ospitare anche altre componenti).

A2 - Rapporto area/perimetro verde (A/P%): per perimetro verde si intende quello risultante dall'insieme parco + piazze alberate. Come noto, tale rapporto permette di valutare la forma: infatti, forme semplici e concentrate hanno rapporto A/P maggiori di forme lobate o articolate. Relativamente ai casi in esame la norma è compresa fra 30 e 60% (articolazione, ma non eccessiva).

A3 - Core area parchi (%V): nella sintesi permessa da modelli in scala 1/10.000, le fasce di disturbo sono considerate di 25 m (da edifici, piazze interne ecc.) e di 50 m (da strade esterne o edifici a torre). La percentuale minima adeguata di *core area* nei parchi dipende dal livello di funzionalità ecologica che si vuole raggiungere. Nel nostro caso per garantire la possibilità di arrivare a una funzionalità ecologica del verde vicina alla media regionale, dobbiamo considerare un intervallo di normalità fra 45 e 75%.

A4 - Connessione delle parti a verde ($\alpha + \gamma$): è noto come la connessione delle parti a verde sia della massima importanza nell'ecologia del paesaggio (Ingegnoli, 1993; Forman, 1995). Considerando le fasce di margine come corridoi verdi, le *core area* come macchie alberate e verificando la possibilità ipotetica di un legame con l'esterno per ogni lato del quartiere, sono stati calcolati i grafi planari per ogni modello secondo il metodo proposto (vedi capitolo 7, paragrafo 7.1.5). I parametri di circuitazione e connettività $\alpha + \gamma$ sono stati sommati. Tale somma dovrebbe tendere in senso ottimale all'unità, ma in casi come questi si deve tenere una tolleranza del 15-20% (dati sperimentali), per cui la norma potrà variare da 0,75 a 1,15.

A5 - Contatti del parco con l'esterno (% pV): misura della percentuale di perimetro di parco (e/o di piazze alberate) in contatto con l'esterno del sedime di quartiere. Ogni parco di quartiere dovrebbe evitare di essere del tutto chiuso all'interno o del tutto aperto all'esterno. Si ricorda che per una valida connessione con l'esterno è sufficiente un'apertura anche inferiore a 1/3-1/4 del perimetro e che un'apertura superiore ai 2/3 è eccessiva, in quanto abbatte troppo i benefici ecologici alle altre componenti del sedime, trasferendoli prevalentemente fuori di esso. Per i nostri modelli sembra ragionevole porre i limiti di normalità fra 20 e 60% (ma si è constatato che anche a porli 25-65% non cambia quasi il risultato della valutazione).

A6 - Area costruita/perimetro verde (m²/m): questa misura è complementare alla precedente e mostra il rapporto fra il verde di quartiere e le costruzioni. Secondo

dati sperimentali, validi in paesaggi urbani, tale rapporto può essere considerato normale con valori intorno all'intervallo 45-90 m²/m.

A7 - Diversità paesistica strutturale (ψ): misura l'eterogeneità delle componenti di una UdP o di una sua parte. Il metodo utilizzato per tale misura è quello riportato nel testo Ingegnoli e Giglio (2005). La diversità paesistica strutturale (vedi capitolo 3, paragrafo 3.2.10) si può esprimere con la formula $\psi = H(3+D)$; si ricorda che H è l'eterogeneità di Shannon e D la dominanza, sempre riferita al numero di componenti di una UdP o di una sua parte. L'intervallo di normalità tiene anche conto del numero di componenti per modello e si può considerare da 3,6 a 9,1.

A8 - Bilancio climatico (ΔT °C): nell'ipotesi di giornate estive senza vento (situazione peggiore per l'*urban heat island*) dati sperimentali mostrano una diminuzione di temperatura per area verde secondo la formula: $\Delta T = x^{0,31} - 1$ (Sukopp e Hejny, 1990), con x in ha. Il surriscaldamento delle aree costruite dipende invece da un'altra formula sperimentale, dedotta da studi dell'Istituto di Storia della Climatologia di Milano (Brera), riadattata per scale inferiori al km, secondo la formula: $\Delta T = 0,39 \ln R + 0,00087 R$, essendo R il raggio dell'area costruita in metri. Per un nuovo insediamento si dovrebbe tendere a un bilancio assai prossimo allo 0,00 °C, con una tolleranza non superiore a 0,75 °C nelle condizioni peggiori.

A9 - Biopotenzialità territoriale media di quartiere (Mcal/m²/anno): questa grandezza, denominata BTC [Mcal/m²/anno], è una funzione delle componenti vegetate di una UdP o una sua parte, ed è proporzionale alla metastabilità ecologica del sistema considerato (vedi capitolo 3, paragrafo 3.2.9). I valori considerati per tipo di elemento sono dedotti dalla letteratura (Ingegnoli e Giglio, 2005). Nel nostro caso, si sono valutati i seguenti elementi: (a) BTC = 0,00 (aree costruite), (b) BTC = 0,40 (aree residenziali con verde), (c) BTC = 1,30 (fasce marginali dei parchi e/o corridoi alberati), (d) BTC = 2,00 (*core area* dei parchi). L'intervallo di normalità dipende dal modello HU/BTC (Ingegnoli e Giglio, 2005) e per città dense vale 0,75-0,90 [Mcal/m²/anno].

A10 - Biopotenzialità del parco (Mcal/m²/anno): utilizzando gli stessi valori sopra riportati (punto A9) e tenendo presente i risultati sulle *core area* (punto A3), è stato necessario stimare la BTC dei parchi, che devono essere intesi non ancora del tutto a maturità (sarebbe una previsione troppo lontana, circa 70 anni) ma a metà strada (circa 30 anni). Per tali condizioni si intende come normale un intervallo di 1,60-1,90 Mcal/m²/anno,

che significa poter arrivare a valori simili alla media regionale a maturità.

B - Unità di paesaggio

B1 - Dimensione frattale del sistema di verde urbano di UdP (D): si rimanda a quanto già scritto sopra (punto A1). Va precisato però che l'intervallo di normalità deve avere tolleranze maggiori, date le condizioni di basso livello ecologico dell'UdP *ex ante*; quindi si è considerato l'intervallo seguente: $D = 1,45-1,75$.

B2 - Connessione verde di UdP ($\alpha + \gamma$): come detto al punto A4, anche qui l'intervallo di normalità deve essere rivisto e portato a $(\alpha + \gamma) = 0,5-0,9$, sempre per ragioni di basso livello ecologico dell'UdP *ex ante*.

B3 - Biopotenzialità UdP (Mcal/m²/anno): analogo discorso dei punti A9 e B1 che porta ad abbassare l'intervallo di normalità attorno al valore BTC = 0,70, quindi 0,60-0,80 (Mcal/m²/anno).

B4 - Raggio minimo di influenza ecologica (RIE, m): questo parametro (vedi capitolo 7, paragrafo 7.2.6) è stato misurato con metodo secondo Ingegnoli (2002) sulla base di 4 transetti ortogonali sull'UdP e rappresenta la distanza oltre il sedime di quartiere entro la quale la BTC del sistema di verde urbano di quartiere arriva a bilanciare le carenze esterne. Il valore di bilanciamento, di 0,70 Mcal/m²/anno, deriva dal modello HU-BTC (Ingegnoli e Giglio, 2005). La normalità deve essere non inferiore ai 110-120 m (fino a circa ½ km).

B5 - Source/sink (%): ogni sistema biologico, essendo un sistema aperto, presenta input e output di risorse (organismi, materia, energia, informazione ecc.). Essi provengono da sorgenti (*source*) e riforniscono il sistema in oggetto che può presentare anche delle resistenze all'input; poi il sistema espelle parte dei flussi verso uno o più scarichi (*sink*). Si ricorda che tali flussi seguono una delle principali leggi dell'ecologia: "non troppo, non poco, ma giusto quanto basta" (van Leeuwen, 1982), vedi capitolo 3, paragrafo 3.2.8.

La misura è effettuata sui transetti menzionati nel punto B4, considerando come aree *source* le *core area* dei parchi e come aree *sink* quelle a BTC = 0,00. Normalità (da dati sperimentali) 25-75%.

B6 - Grana giardini/grana generale: la misura media delle aree dei componenti di una UdP è detta grana (Forman e Godron, 1986). Questo rapporto deve verificare che le aree adibite a parco siano decisamente maggiori della grana media di UdP. Come normalità è bene avere aree di parco almeno 4 volte maggiori della grana di UdP, quindi l'intervallo considerato è stato 4-6.

C - Indice di valutazione diagnostica e classificazione dei risultati

Il metodo è basato sugli scarti percentuali dalla normalità per ogni parametro rilevato nei diversi modelli, come esposto nel capitolo 9, paragrafo 9.4.2.

Per ottenere un rapporto che si può lecitamente chiamare *indice di valutazione diagnostica* (ID) si devono sommare i valori di *score* (Y) e dividere il risultato per il valore teorico massimo dato dal numero dei parametri ecologici moltiplicato per 2. Nel nostro caso si hanno due ID di quartiere (ID_Q) e di UdP (ID_U), più uno generale (ID_{gen}) misurato su tutti e 16 i parametri ecologici. Quindi: $ID_Q = Y/20$; $ID_U = Y/12$; $ID_{gen} = Y/32$.

11.3 Risultati e valutazione

11.3.1 La valutazione dei modelli

Passiamo ora in rassegna i principali casi di studio, mostrando le mappe dei modelli e della relativa UdP e le tabelle con i rilievi dei parametri e delle valutazioni. Inizieremo con lo stato di fatto (anno 2004) prima dell'apertura del cantiere (Fig. 11.4).

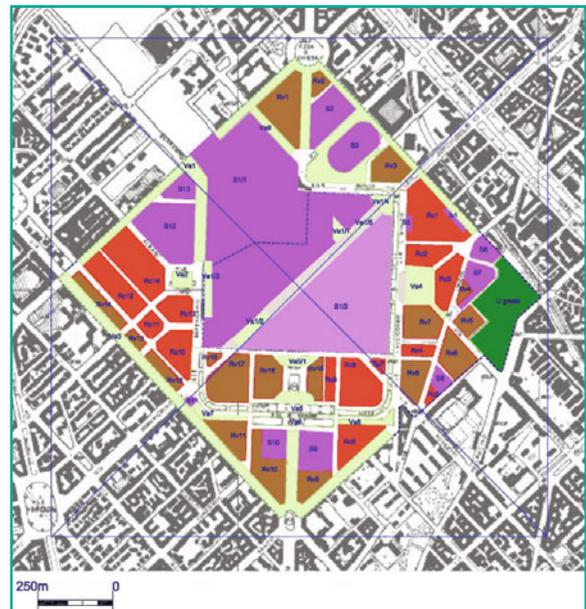


Fig. 11.4 Unità di paesaggio (UdP) dell'ex quartiere Fiera di Milano, allo stato *ex ante* (SA). La valutazione del modello SA risulta ovviamente assai bassa: pari a 0,162 per i parametri di quartiere e 0,166 per quelli di UdP. La BTC dell'UdP risulta di circa 0,35 Mcal/m²/anno

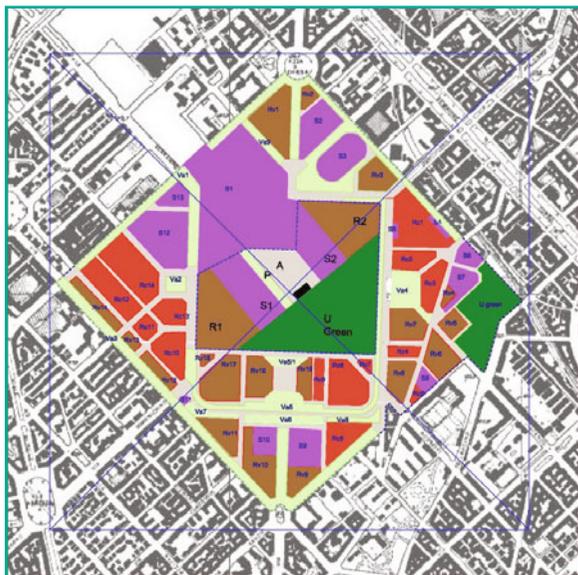


Fig. 11.5 Modello M4, inserito nella unità minima di paesaggio urbano circostante. Il parco di quartiere è triangolare. La valutazione risulta pari a 0,71 per i parametri di quartiere e 0,50 per quelli di UdP, con valore medio di 0,634

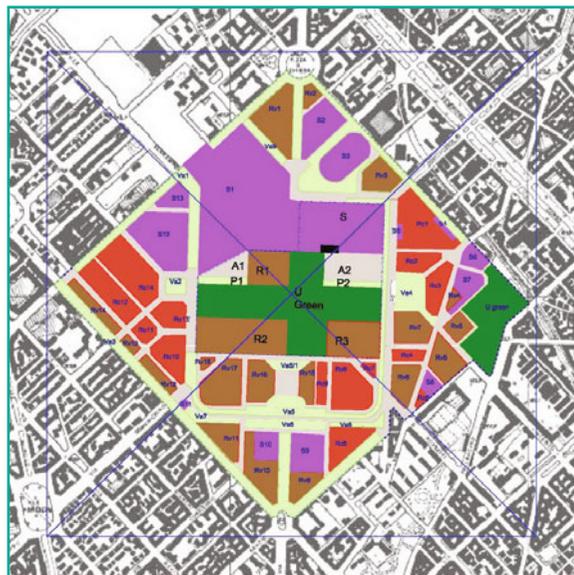


Fig. 11.6 Modello M9, inserito nell'unità minima di paesaggio urbano circostante. Il parco di quartiere ha forma a croce. La valutazione risulta pari a 0,89 per i parametri di quartiere e 0,68 per quelli di UdP, con valore medio di 0,812

Tabella 11.3 Valutazione diagnostica del modello M4

Parametri ecologici	Norma	M4	$\Delta 4$	Score
Dimensione frattale verde (D)	1,5-1,8	1,22	18,80	0,75
Connessione verde ($\alpha + \gamma$)	0,75-1,15	0,71	5,30	1,65
Core area verde (% V)	45-75	43,39	3,60	1,76
Rapporto A/P verde	30-60	65,76	9,60	1,36
Contatti del V con esterno (% pV)	20-60	53,69	0,00	2,00
Area costruita/perimetro V (m^2/m)	45-90	131,78	46,40	0,45
Diversità strutturale (ψ)	3,6-9,1	6,13	0,00	2,00
Bilancio climatico (ΔT °C)	0-0,75	1,22	62,70	0,31
Biopotenzialità quartiere ($Mcal/m^2/anno$)	0,75-0,9	0,79	0,00	2,00
Biopotenzialità parco (30 anni)	1,6-1,9	1,59	0,60	1,96
<i>Somma scores</i>			147,00	14,23
Indice diagnostico di quartiere	0,85-1,0			0,711
Parametri ecologici	Norma	M4	$\Delta 4$	Score
Dimensione frattale verde (D) UdP	1,45-1,75	1,17	22	0,647
Connessione verde ($\alpha + \gamma$) UdP	0,5-0,9	0,31	38	0,514
Biopotenzialità UdP	0,6-0,8	0,494	17,6	0,826
Raggio di influenza ecologica (min)	110-450	103,46	5,95	1,600
Source/sink (% transetti)	25-75	13,85	44,6	0,459
Grana giardini/grana generale	4,0-6,0	4,11	0	2,00
<i>Somma scores</i>				6,046
Indice diagnostico di UdP	0,75-0,90			0,503

Come si può vedere l'UdP urbana è dominata dai capannoni dell'ex Fiera Campionaria e la valutazione

del modello SA risulta ovviamente assai bassa: l'indice diagnostico è pari a $ID = 0,162$ per i parametri di quar-

Tabella 11.4 Valutazione diagnostica del modello M9

Parametri ecologici	Norma	M9	$\Delta 9$	Score
Dimensione frattale verde (D)	1,5-1,8	1,41	5,90	1,61
Connessione verde ($\alpha + \gamma$)	0,75-1,15	0,875	0,00	2,00
Core area verde (% V)	45-75	48,13	0,00	2,00
Rapporto A/P verde	30-60	52,19	0,00	2,00
Contatti del V con esterno (% pV)	20-60	24,08	0,00	2,00
Area costruita/perimetro V (m^2/m)	45-90	92,46	2,70	1,82
Diversità strutturale (ψ)	3,6-9,1	4,96	0,00	2,00
Bilancio climatico (ΔT °C)	0-0,75	1,10	46,70	0,44
Biopotenzialità quartiere ($Mcal/m^2/anno$)	0,75-0,9	0,79	0,00	2,00
Biopotenzialità parco (30 anni)	1,6-1,9	1,63	0,00	2,00
<i>Somma scores</i>			55,30	17,87
<i>Indice diagnostico di quartiere</i>	0,85-1,0			0,893
Parametri ecologici	Norma	M9	$\Delta 9$	Score
Dimensione frattale verde (D) UdP	1,45-1,75	1,209	19,4	0,706
Connessione verde ($\alpha + \gamma$) UdP	0,5-0,9	0,35	30	0,581
Biopotenzialità UdP	0,6-0,8	0,494	17,6	0,826
Raggio di influenza ecologica (min)	110-450	295,3	0	2,00
Source/sink (% transetti)	25-75	45,6	0	2,00
Grana giardini/grana generale	4,0-6,0	4,24	0	2,00
<i>Somma scores</i>				8,113
<i>Indice diagnostico di UdP</i>	0,75-0,90			0,676

tiere e 0,166 per quelli di UdP. La BTC dell'UdP risulta di circa 0,35 $Mcal/m^2/anno$, inferiore a quella media di Milano città. Mostreremo ora il modello M4 (Fig. 11.5), caratterizzato da un parco triangolare. Si ricorda che questo modello era stato assai ben recepito dai giornali, tuttavia, la sua valutazione ecologica (Tabella 11.3) risulta con indice diagnostico pari a 0,711 per il nuovo quartiere, ma pari a solo 0,50 per l'UdP, con media di 0,634, valore non certo di buon livello.

Il modello M9 presenta invece (Fig. 11.6) un parco a forma di croce. La valutazione ecologica risulta (Tabella 11.4) pari a 0,89 per i parametri di quartiere e 0,68 per quelli di UdP, con valore medio di 0,812. Questa valutazione è di livello piuttosto elevato ed è stata una sorpresa, in quanto scartata da molti progettisti (ma solo su base estetico-percettiva).

Si noti che l'ultimo modello che si presenta in questo capitolo, M15, con parco oblungo (Fig. 11.7) e varie diramazioni, considera un parametro in più (orientamento parco), perché è stata aggiunta l'area "di cerniera" (circa 6 ha) a NW del vecchio sedime. La verifica dell'orientamento è stata effettuata rispetto all'asse della rete ecologica che dal parco Sempione va verso il parco delle Cave e il Ticino. La valutazione ecologica (Tabella 11.5) risulta pari a 0,80 per i parametri di quar-

tiere e 0,77 per quelli di UdP, con valore medio di 0,786. Questo è un valore decente, anche se non ottimale.

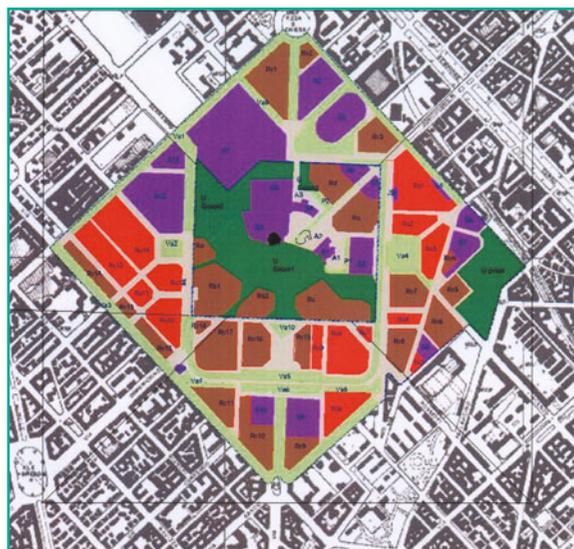


Fig. 11.7 Modello M15. È il modello più simile a quello approvato nel PII (programma integrato di intervento). La valutazione risulta pari a 0,80 per i parametri di quartiere e 0,77 per quelli di UdP, con valore medio di 0,786

Tabella 11.5 Valutazione diagnostica del modello M15

Parametri ecologici di quartiere	Norma	M 15	Δ15	Score
Dimensione frattale verde (D)	1,5-1,8	1,69	0	2
Connessione verde ($\alpha + \gamma$)	0,75-1,15	0,91	0	2
Core area verde (% V)	45-75	35,2	21,8	0,65
Rapporto A/P verde	30-60	26,9	10,3	1,31
Contatti del V con esterno (% pV)	20-60	31	0	2
Area costruita/perimetro V (m ² /m)	45-90	34,1	24,2	0,63
Diversità strutturale (ψ)	3,6-9,1	9,5	4,3	1,72
Bilancio climatico (ΔT °C)	0-0,75	0,67	0	2
Biopotenzialità quartiere (Mcal/m ² /anno)	0,75-0,9	0,75	0	2
Biopotenzialità parco (30 anni)	1,6-1,9	1,53	4,4	1,75
<i>Somma scores</i>				16,06
<i>Indice diagnostico di quartiere</i>	0,85-1,0			0,803
Parametri ecologici di UdP	Norma	M15	Δ15	Score
Dimensione frattale verde (D) UdP	1,45-1,75	1,57	0	2
Connessione verde ($\alpha + \gamma$) UdP	0,5-0,9	0,46	8	1,47
Biopotenzialità UdP	0,6-0,8	0,49	18,3	0,78
Raggio di influenza ecologica (min)	310-500	194	37,4	0,52
Source/sink (% transetti)	25-75	29	0	2
Grana giardini/grana generale	4,0-6,0	5,6	0	2
Orientamento parco (% core area)	45-60	55	0	2
<i>Somma scores</i>				10,77
<i>Indice diagnostico di UdP</i>	0,75-0,90			0,769
Indice diagnostico generale	0,80-1,0			0,786

Tabella 11.6 Classifica delle valutazioni dei modelli, con indici diagnostici (ID)

Modelli	ID quartiere	ID UdP	ID generale
SA	0,162	0,166	0,164
M8	0,537	0,457	0,513
M1	0,643	0,439	0,567
M2	0,812	0,292	0,617
M4	0,711	0,503	0,634
M3	0,699	0,580	0,650
M6	0,645	0,669	0,654
M7	0,822	0,671	0,765
M5	0,830	0,658	0,766
M10	0,844	0,646	0,770
M15	0,803	0,769	0,786
M9	0,893	0,676	0,812

Nella Tabella 11.6 si riporta, infine, la classifica delle valutazioni ecologiche dei modelli di progetto, con indici diagnostici di quartiere, di unità di paesaggio e della media dell'insieme. La scelta effettuata dai tecnici di

Citylife è stata per il modello M15, uno dei migliori, anche se nessuno dei modelli studiati raggiunge l'ottimalità, che avrebbe dovuto superare il valore di 0,85. Infatti, valori pari a 48,9% edificato e 51,1% di spazi

aperti e verde (di cui 41,6% strettamente a verde), evidentemente non bastano a raggiungere l'ottimalità, ma solo la sufficienza. Segno che vi sono state delle carenze evidenti nelle modalità di pianificazione da parte del Comune di Milano, che ha previsto troppo costruito!

Si aggiunga un'altra considerazione che deriva proprio dall'impostazione della bionomia del paesaggio: i valori di ID di quartiere sono sempre molto più alti di quelli corrispondenti di ID di unità di paesaggio urbano. Questo mette in luce come considerare solo la dimensione spaziale di intervento (anche se in maniera ecologica) senza confrontarla con la scala di contesto, cioè valutare il progetto senza valutare dove e come andrà a inserirsi, potrebbe indurre a scelte sbagliate, addirittura dannose (vedi modelli M1 e M2). Il più equilibrato, da questo punto di vista, quindi il meglio inseribile (ma non adeguato agli scopi prefissi) è il modello M6.

11.3.2 Conclusioni

Dobbiamo sottolineare che una ricerca come questa dimostra che oggi non è più possibile limitarsi a seguire i criteri di progettazione degli studi di urbanistica e architettura, anche quando siano di importanza internazionale⁵, soprattutto quando sia coinvolta una questione di fondamentale importanza come quella della configurazione (e dei tipi) di verde urbano. Nelle UdP, come nei loro ecotopi, le funzionalità legate alla forma dipendono soprattutto dai principi di ecologia e sono spesso imprevedibili. Per esempio, dopo la gara internazionale per il quartiere ex Fiera del 2004, la forma triangolare del parco di M4 (proposta da un gruppo di progettisti arrivati fra i tre vincenti) è stata individuata come la migliore da parte di molti tecnici, non solo dai

giornali: eppure abbiamo mostrato come tale configurazione sia invece scadente (ID = 0,634) superata da 7 modelli e ben lontana dal migliore (ID = 0,812).

Dobbiamo, inoltre, rilevare che le carenze nella conoscenza dell'ambiente urbano di Milano dal punto di vista ecologico e la mancata conoscenza dei principi di bionomia del paesaggio sono state tali da impedire negli ultimi decenni ai tecnici dell'amministrazione municipale di prendere decisioni ottimali per un netto miglioramento dell'ambiente stesso. Per esempio, un impedimento dipende dai limiti di un PRG, che fissa 50% di verde e spazi aperti e 50% di costruito in un quartiere inserito in una UdP urbana che allo stato *quo ante* aveva BTC non superiore a 0,35 Mcal/m²/anno, cioè più bassa della BTC media della città (Tabella 11.1). In tali condizioni è semplicemente vano cercare di riequilibrare l'ambiente con dette semplicistiche prescrizioni (50 + 50...); risulta impossibile entrare nella fascia di normalità ottimale, come dimostrato dalle configurazioni di modelli progettuali che, come abbiamo visto, avevano comunque cercato di superare tali limiti: 48,9% edificato e 51,1% di spazi aperti e verde!

Si osservi, inoltre, che la pianificazione attuale non riesce neppure a riconoscere l'importanza e la necessità di attivare la rete ecologica centro-ovest, né a capire che per la stessa depurazione dell'aria gli interventi tipo "ecopass" o simili sarebbero assai più efficaci se affiancati da parchi di forma opportuna collocati nei punti adatti della città e con una vegetazione non banale, cioè parchi progettati in modo ecologico. Non c'è che augurarsi che l'offerta di aggiornamento tecnico-scientifico per una progettazione ecologica del territorio proposta dallo scrivente⁶ venga presto accolta dall'Amministrazione Comunale di Milano (come da altre grandi città).

⁵ Si ricorda che il master plan del quartiere ex Fiera di Milano è stato coordinato dallo studio dell'architetto Daniel Libeskind, di New York.

⁶ Il Prof. Ingegnoli ha cercato più volte, in questi ultimi anni, di prendere contatti in tal senso con l'Amministrazione del Comune di Milano, con esito per ora nullo.

12.1 Progettazione di un parco

12.1.1 Cenni metodologici

Come noto, vi sono tante definizioni di progettazione. Quelle tradizionali però si basano più sull'umanesimo e l'erudizione che su principi scientifici di più vasta portata. Vale la pena quindi presentare una definizione più attuale. Si è affermato (vedi capitolo 10, paragrafo 10.1.2) che un progetto è un processo creativo di organizzazione intenzionale delle parti di un sistema complesso, in modo da assolvere a un insieme di funzioni che vanno oltre la capacità delle singole componenti¹. Ne segue che la progettazione non può prescindere, proprio in funzione del suo senso e contenuto etimologico, da una corretta e inequivocabile definizione di:

1. principi di integrazione per ricomporre in un corretto rapporto forma e contenuto;
2. scopi per cui si progetta e funzioni da assolvere;
3. condizioni ambientali del contesto da trasformare;
4. criteri scientifici che indirizzano la composizione e il disegno degli elementi in un insieme (strutturazione del progetto), in stretta interrelazione con i
5. dati tecnici necessari al dimensionamento del progetto.

La metodologia di progetto comprende anche altri aspetti, più di tipo esecutivo, quali: disegno dei parti-

colari e scelta definitiva dei materiali, capitolati descrittivi e criteri gestionali ed economici, appalto e direzione dei lavori ed eventuali varianti in corso d'opera, controlli di collaudo ed eventuali adeguamenti. Tali aspetti sono stati accennati nel paragrafo 10.1.3. Si prenderanno quindi in considerazione, sia pure in breve, l'insieme dei punti elencati (1.-5.) per esporre quanto necessario per la progettazione di un parco urbano.

L'ideologia odierna dominante (individualismo, progressismo e soprattutto *relativismo*) tende a stravolgere i criteri di scelta tra "forma" e "contenuto" di un progetto. Staccando la forma dai contenuti, quello che si ottiene è solo un vuoto formalismo. La principale causa di ciò è la rinuncia alla ricerca della verità, che porta a un *uso formalistico delle parole e dei concetti* (vedi capitolo 1). Ciò si nota nella maggior parte dell'arte contemporanea, in cui l'unico criterio di innovazione è l'esecuzione tecnico-formale, indipendentemente dai contenuti. Come già sottolineato, il relativismo minaccia anche la scienza, riducendola a scientismo. Tale distorsione si può superare, a patto di non ignorare la vera essenza dei fenomeni. Nel nostro caso, progettare un parco urbano non può più prescindere, oggi, dalla dimostrazione scientifica che il paesaggio è un'entità vivente, cioè rappresenta uno specifico livello di organizzazione della vita sulla Terra. È pertanto indispensabile comprenderne le leggi bioecologiche e seguire un metodo clinico-diagnostico per intervenire su di esso. I criteri di progettazione di un parco devono necessariamente seguire tale teorema.

Dato che anche un parco in una città è una porzione di un'entità vivente (paesaggio urbano o sua subunità) e che, proprio per questo, ha anche una ricaduta diretta sulla salute e sullo stato di benessere umani (vedi capitolo 4, paragrafo 4.4) rimanere ancorati a principi e criteri di puro formalismo e di ricerca della massima

¹ Si ricordi il *principio delle proprietà emergenti* per cui un "tutto organico" è maggiore delle somme delle sue componenti (epistemologia gestaltica). Ciò significa che, in un sistema, la *disposizione* delle componenti è di cruciale importanza, in quanto – a parità di entità di tali componenti e/o di loro caratteristiche – cambiando solo la disposizione delle stesse il sistema può non funzionare.

originalità significa “dimenticare la cruciale importanza della qualità della vita umana stessa degli abitanti della città” (*fitting ambientale*). Il paesaggista si trova, quindi, a operare in analogia con il medico: paragone non esagerato, dovendo trattare di patologia delle unità di paesaggio e di rapporti con la salute umana, ben oltre i problemi di inquinamento. Si ribadisce che nella progettazione rimane cruciale il ruolo della forma, ma cambiano i criteri di verifica formale, non più riducibili soltanto alla percezione visiva e ai capricci del creativo², bensì legati a condizioni biosistemiche ed ecologiche.

È necessario sottolineare che oggi i capricci di un progettista possono raggiungere formalismi allucinanti: l'uomo crea da sé, in totale libertà (intesa come assenza di vincoli) i criteri per la sua vita, quindi anche per il suo paesaggio, aiutato dalla tecnologia. Per esempio: muri verticali “verdi”, prati su forme geometriche pure (coni, prismi ecc.), alberi di habitat opposti tenuti insieme da espedienti tecnici, panchine di fronde di bosso (ma in plastica), luci colorate, arte astratta e piazze in cemento con getti d'acqua al posto di macchie alberate (ma la superficie si conta sempre come parco...) e così via! Tutto ciò va sottolineato anche perché, per capire a fondo un criterio innovativo, non basta sapere cosa fare, si deve sapere anche cosa *non* fare.

È importante notare, a questo punto, che alla luce delle considerazioni biosistemiche sopra invocate, molti concetti e definizioni che stanno alla base delle applicazioni nei confronti dell'ambiente e della natura vengono a modificarsi profondamente, con conseguenti implicazioni nella definizione della sostenibilità ambientale e, forse ancor più, nella progettazione ambientale. Nelle discipline ambientali più avanzate, come la bionomia del paesaggio o la progettazione ecologica, risulta ormai semplicemente impossibile non fare riferimento a tali definizioni innovative (vedi capitolo 2, paragrafo 2.2.3), veri e propri principi di integrazione per ricomporre in un corretto rapporto forma e contenuto.

² I criteri di progettazione di un parco urbano in senso “moderno e progressista” sono noti: le funzioni urbanistica, ricreativa, sociologica, di mobilità e di utenza sono massimizzate in modo parossistico e guidate da una “eccellenza progettuale” basata soprattutto sull'originalità estetica “firmata”. L'imposizione compositiva e figurativa dell'uomo deve improntare tutto, compresa la componente naturale (piante, acqua, morfologia del terreno ecc.), a conferma che solo l'uomo deve essere la misura di tutte le cose. Il paesaggio, inteso meramente in senso visivo e culturale, è un bene architettonico e l'uomo deve disporne nel senso suddetto.

Per comprendere quale sia la reale portata dei principi menzionati è necessario sottolineare un cambiamento culturale che ha sconvolgenti risvolti nella pratica. Per esempio, non è più pensabile una progettazione di un parco che massimizzi la “calpestatibilità” o gli “attraversamenti” e comunque si concentri solo sulle utenze locali. Infatti, se il parco deve svolgere funzioni anche a scala urbana, (per esempio UHI, rete ecologica) parte di esso non potrà (né dovrà) essere disegnato in ogni sua componente per le utenze locali o addirittura per le utenze in quanto tali, altrimenti la salvaguardia della salute dei cittadini sarà impossibile da conseguire, così come altre funzioni ecologiche importanti. Si ricorda, inoltre, che gli stress ambientali vengono rilevati dal nostro organismo indipendentemente dall'apparenza estetica, per evidenti ragioni di carattere evolutivo e di sopravvivenza, quindi un disegno “formalistico” di un parco, anche appariscente, non è in grado di ingannare un *pattern matching* evoluto in migliaia di anni, in riferimento alle armonie dei biosistemi naturali, se queste vengono a mancare.

12.1.2 Scopi, funzioni e criteri ecologici di base

Premessa indispensabile è comprendere il ruolo fondamentale delle comunità vegetali nei sistemi complessi di ecosistemi, anche quando si tratta di paesaggi urbanizzati. In sintesi, si può affermare che la natura ha dato alla vegetazione i seguenti compiti:

- regolazione dei flussi di energia libera;
- organizzazione della materia;
- regolazione del clima;
- depurazione e ossigenazione dell'aria;
- formazione e protezione del suolo;
- strutturazione degli spazi;
- funzione ricreativa (per l'uomo).

Come è noto, la vegetazione ha subito le maggiori distruzioni degli ultimi decenni: la stessa distruzione della fauna ne è una conseguenza. Soprattutto impressionante è la distruzione all'interno dell'habitat umano: le campagne sono impoverite di boschi, filari alberati e siepi; le città mancano di verde urbano e di biotopi alberati.

Lo scopo primario di un parco urbano deriva dagli indirizzi di pianificazione del territorio. Tuttavia, come si vedrà più avanti, ciò *non basta* per dare un indirizzo valido e innovativo alla progettazione. Sappiamo, infatti, che i parchi urbani moderni nacquero nel 1700 come

“luoghi con funzionalità ricreativa e ornamentale”. Tuttavia, dall’inizio del 1900, a causa della *progressiva distruzione dell’ambiente nelle grandi metropoli*, il parco urbano ha assunto in preminenza una funzione ecologica³, in primo luogo come:

- luogo di riequilibrio degli *stress ambientali* (responsabili dell’alterazione dei sistemi ormonale e immunitario) e luogo di *reset* del nostro livello di *fitness*;
- luogo di positiva influenza sul mesoclima urbano (vedi UHI = *urban heat isle*) e sull’inquinamento atmosferico;
- sottosistema regolatore della metastabilità⁴ del sistema ecologico locale;
- ecotopo che può contribuire alla formazione di rete ecologica, oggi indispensabile per un riequilibrio ambientale a scala di paesaggio urbano;
- zona di rifugio per flora e fauna selvatiche.

Di conseguenza, alle già note funzioni del verde urbano, se ne aggiungono di nuove, non più trascurabili, e nuovi significati si aggiungono anche al concetto di sostenibilità.

Stiamo entrando in un’epoca in cui la maggioranza delle popolazioni umane vive in paesaggi urbanizzati, non più in campagna o in ambienti seminaturali: quindi gli studi di ecologia urbana dovrebbero acquistare una sempre maggiore importanza. In effetti, da quando una *Green Paper on the Urban Environment* è stata pubblicata dalla CEE nel 1990, c’è stato un crescendo di attività per il rinverdimento delle città, sull’esempio del piano pilota per la Ruhr e del sistema del verde urbano di Berlino, che sono iniziati già negli anni ottanta. Si deve però notare come, nella maggioranza dei casi, si tratta di interventi che *non seguono i principi e i metodi dell’ecologia* nel senso proprio della disciplina scientifica (cioè in senso biologico).

Parlando della nostra città, si noterà che, come a Berlino, anche a Milano l’isola di calore urbano (UHI) diventa un problema importante. La UHI comporta, fra l’altro, inquinamento atmosferico nel centro urbano, dovuto ai flussi convettivi di aria (Fig. 12.1). Per rompere tale stato è necessario avere parchi in aree vicine al centro. Ma la diminuzione della temperatura, dovuta

³ Il fondatore del primo corso di laurea in Landscape Architecture (Olmsted, 1899) presso l’Università di Harvard (USA) aveva già predetto che le nuove funzioni dei parchi urbani avrebbero dovuto diventare soprattutto ecologiche.

⁴ Si ricorda che il termine metastabilità indica il livello di equilibrio di un sistema complesso, che per definizione è un equilibrio dinamico.

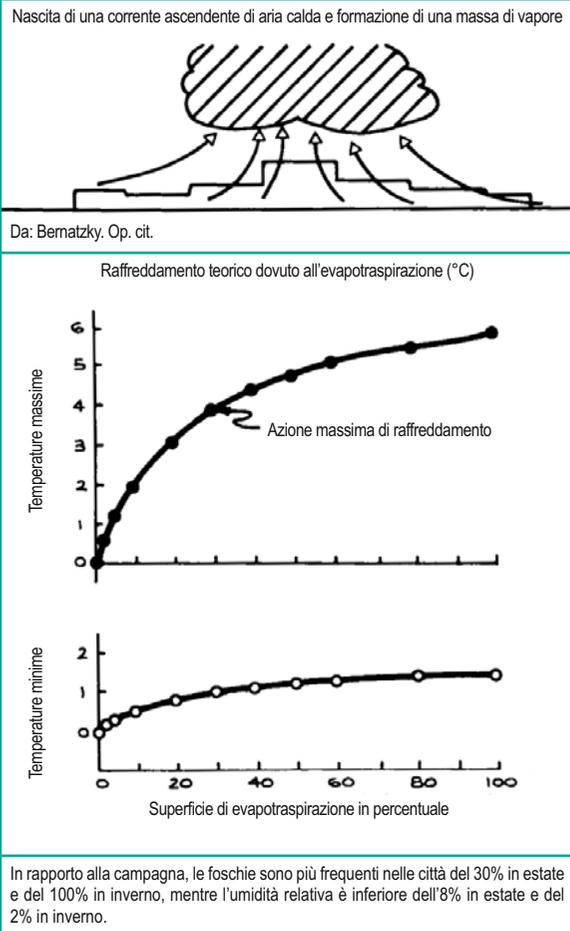


Fig. 12.1 L’inquinamento dell’aria è principalmente dovuto ai flussi ascensionali verso il centro. Per avere un abbassamento termico significativo è necessario avere un sistema fotosintetizzante vasto, complesso e pluristrato. È indispensabile introdurre vasti parchi verso le parti centrali delle città e creare delle reti ecologiche vere. Le cinture verdi periferiche peggiorano l’ambiente. (da: Oke, 1972)

all’evapotraspirazione, si ottiene con adeguata potenzialità solo se la vegetazione è complessa, cioè pluristratificata e naturale. Ciò diventa un obiettivo importante e innovativo per la progettazione, in quanto per un parco di tipo tradizionale non si parla neppure di vegetazione, bensì solo di flora.

Non si può fare a meno di notare che se una città, come appunto Milano, ha poche aree verdi in centro, non dovrebbe predisporre piani con “cinture verdi” in periferia, peraltro legati solo formalmente alle zone verdi interne da corridoi (raggi verdi) che sono quasi esclusivamente ridotti a piste ciclabili, dato che un inevitabile aumento del salto termico fra centro e pe-

Tabella 12.1 Parametri ecologici di definizione dei tipi di verde urbano (VU). I valori presentati sono intesi come più caratteristici. Si noti come l'ecologia del paesaggio sia in grado di differenziare in modo netto ogni tipo di VU

Tipi di verde urbano (VU)		Indici ecologici principali					
		Costruito (%)	Piante alloctone (%)	Suolo su soletta (%)	Copertura arborea (%)	Permeabilità BFF	BTC Mcal/m ² /anno
1	Verde sportivo (<i>sport green</i>)	65	35	50	10-20	0,30	0,8-1,5
2	Verde stradale (<i>road green</i>)	30	30	50	5-20	0,50	0,4-1,5
3	Piazza verde (<i>square green</i>)	75	40	60	10-20	0,40	0,4-2
4	Orto urbano (<i>vegetable garden</i>)	15	20	20	0-10	0,85	0,9-1,3
5	Campo residuo (<i>remnant field</i>)	5	15	-	0-10	0,95	0,8-1,1
6	Giardino privato (<i>private garden</i>)	20	35	40	20-45	0,80	1,1-3,0
7	Giardino pubblico (<i>public garden</i>)	30	30	50	25-35	0,70	1,3-2,0
8	Parco urbano (<i>urban park</i>)	10	20	15	30-40	0,85	2,0-3,0
9	Parco urbano con elementi naturali (<i>park and core green</i>)	2	5	-	50-70	0,95	3,5-4,5
10	Biotopo forestale (<i>forest biotope</i>)	0,5	-	-	> 60	1	> 6,00

BFF misura la permeabilità dei suoli (Ermer, Hoff, Mohman, 1996); BTC (Ingegnoli 1991,1999, 2002).

riferia, dovuto all'aumento del verde di cintura, produrrebbe un aumento dell'inquinamento atmosferico, a causa dei fenomeni sopra ricordati. Sarebbe ora di smettere di affrontare il problema del verde solo in modo formale (un cerchio con dei raggi) quando invece la complessità del paesaggio urbano di Milano necessita dello studio sul tipo e la dislocazione delle aree verdi sulla base della realtà spaziale dell'ecotessuto in oggetto.

Purtroppo, il verde urbano (VU) è di solito considerato in modo non chiaramente definito, da tecnici che non conoscono i principi dell'ecologia, almeno in senso avanzato. Il "verde" viene considerato in modo indifferenziato o quasi. La confusione di termini e di concetti porta a scelte progettuali dettate prevalentemente da basi estetizzanti e pratiche, o legate a standard urbanistici non rispondenti a ragioni ecologiche e comunque poco significativi. Si pensi che ancora oggi molti tecnici (urbanisti e persino agronomi) valutano la presenza di verde urbano come superficie pro capite (m²/ab), che è un nonsenso ecologico palese, che non regge di fronte ai principi di bionomia del paesaggio! Infatti, a parità

di superficie verde posso avere gradi di organizzazione ecologica assai diversi (Tabella 12.1).

Per esempio, la diminuzione della temperatura è principalmente dovuta alla superficie fotosintetizzante e traspirante, che cresce con la stratificazione verticale e la complessità delle componenti della vegetazione stessa. Il contrario esatto del banale verde in uso nei cosiddetti parchi urbani "architetonici". Si noti che in città come Berlino o Vienna, anche parchi di media dimensione (10-15 ha) annoverano parti di vegetazione complessa naturale (talvolta naturaliforme) come si può notare per esempio dalla Figura 12.2 che mostra una veduta del Türkenschanz Park di Vienna.

Attenzione: se un piano regolatore generale (PRG) prescrive per un'area cittadina "verde urbano e spazi pubblici ≥ 50%" ciò può significare 40% di verde + 10% di spazi non alberati o viceversa (!), quindi non è chiaro: (a) quanto dovrebbe essere la corretta proporzione, né (b) quali tipi di VU sarebbero necessari, né (c) a quale livello di naturalità, né (d) con quali connessioni con il contesto circostante.

Dall'esempio del PRG, si nota infatti che, anche am-

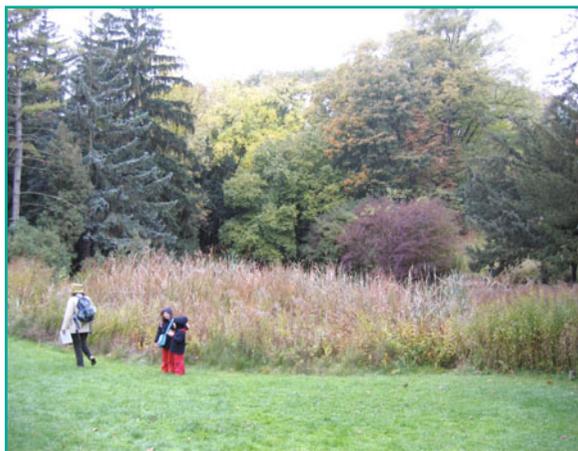


Fig. 12.2 Veduta di un'area umida seminaturale nel Türkenschanz Park di Vienna, un parco in centro città di circa 15 ha di superficie, vicino all'università di scienze agrarie

messo di progettare un quartiere con 45% di verde + 15% di piazze alberate, oltrepassando quindi in modo netto le prescrizioni, ciò potrebbe risultare insufficiente per le esigenze ecologiche (per esempio se il verde è inteso in senso floristico, non vegetazionale). Se invece si definiscono bene i tipi di VU e si applicano criteri e indici ecologici opportuni, si possono ipotizzare previsioni credibili ed efficaci, in certi casi potendo dimostrare di rimanere persino di qualche punto percentuale sotto le prescrizioni.

Si osservi la definizione dei principali tipi di verde urbano secondo alcuni indici ecologici come risulta dalla Tabella 12.1; già può aiutare a chiarire le scelte progettuali. Vedremo che un giardino urbano ha diversi parametri che non coincidono con quelli di un parco urbano, tanto che la grandezza più ecologicamente significativa, la BTC, risulta per il giardino pari a $BTC = 1,3-2,0$ mentre per il parco la BTC è pari a $2,0-3,0$ Mcal/m²/anno (Tabella 12.1).

Per quanto riguarda le specie alloctone nei parchi urbani, si deve rilevare che esse sono in forte aumento mano a mano che ci si avvicina a un'area metropolitana. Prendendo in considerazione un valore di fondo per la campagna dell'Europa centrale (fino all'Appennino Settentrionale) pari a circa 4% di specie alloctone per rilievo (Poldini, comunicazione personale), si possono trovare valori fino a punte di quasi 50% in alcuni parchi di Berlino e quasi 70% per Milano, anche se le medie sono più basse (valori intorno alla metà), ma comunque pari a circa 8-10 volte il valore di fondo. Si veda anche la Figura 12.3, che mostra un confronto

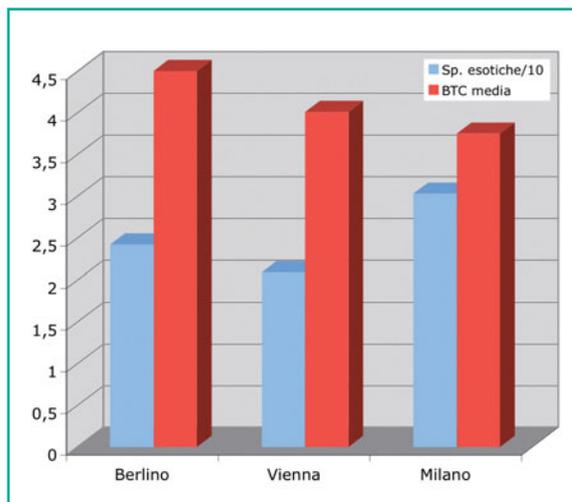


Fig. 12.3 Confronto fra i più significativi parchi urbani di Berlino, Vienna e Milano relativamente alle sole componenti "specie alloctone" e "capacità biologica del territorio". Milano risulta nettamente inferiore come parametri ecologici dei suoi parchi, avendo la BTC media minore e la maggiore presenza di specie alloctone

fra i più significativi parchi urbani di Berlino, Vienna e Milano, in cui si nota la minore qualità ecologica dei parchi di Milano.

Questo aspetto ha risvolti spesso banali, basati sulla moda e sullo sfoggio di originalità che, però, portano a una scontata uniformità di composizioni botaniche "da giardino". Alcuni studiosi darwiniani, anche assai noti (per esempio come è stato J. Gould, 1994) sostengono che piantare alberi esotici non rappresenta un problema, dal punto di vista evolutivo. Tuttavia, tali posizioni non tengono conto che non è corretto parlare di evoluzione solo a livello di specie. Si può dimostrare, infatti, che a livello di ecotopo la presenza di specie esotiche può rappresentare un'alterazione anche notevole della struttura e delle funzioni ecologiche, come nel caso delle tessere di Quercia rossa americana (*Quercus rubra*) evidenziata in Tabella 12.2 e Figura 12.4, esaminate in uno studio sul parco di Monza.

Questo studio (Ingegnoli, 2006b) è stato condotto sulla base del metodo LaBISV di analisi e valutazione della vegetazione (vedi capitolo 5). Si può notare che la tessera 1 presenta un'altezza media elevata e grande fitomassa, ma una BTC di soli 5,33 Mcal/m²/anno, contro una tessera di querceto a *Quercus robur* (farnia) circa della stessa età, con altezza media di soli 24 m, e volume di fitomassa minore di 1/3, ma con BTC di 7,42 Mcal/m²/anno: la differenza in qualità ecologica

Tabella 12.2 Parco di Monza. Tessere (Ts) forestali rilevate nel 2005, e comparazione con esempi di Ts di simile tipologia vegetazionale in migliore stato ecologico

Tessere forestali (Ts) nel Parco di Monza	QT	QF	QE	QU	BTC	H	vFM	Qtot
	%	%	%	%	Mcal/m ² /anno	m	m ³ /ha	%
Ts1, <i>Quercus rubra</i> dominante	53	84,9	31,4	32,8	5,33	29,2	649	42,27
Ts2, Querceto con robinie	43,9	59,1	32,7	49	4,57	24,4	300	43,12
Ts3, Querceto-carpinetto, giovane	53,8	59,1	39,1	52	5,08	22	280	48,49
Ts4, Querceto misto, vecchio	62,1	54,6	46,8	57,6	6,23	27,2	556	54,33
Ts5, Querceto alloctono	40,9	43,9	35	39,9	3,93	24	207	38,75
Ts6, Querceto con aceri	53,8	53	37,7	36,4	4,53	20,5	290	42,33
Tessere di comparazione								
Fasolo P. Ticino, <i>Quercus-Carpinetum</i>	72	69,7	75	64,7	7,42	24	428	70,41
P. Bialowieza, Ts3, <i>Quercus-Tilietum</i>	100	84,9	81,8	94,6	10,34	29,4	768	90,05



Fig. 12.4 Tessera 1 al Parco di Monza, formata da un bosco di *Quercus rubra* di origine canadese, con altezza media della canopy di circa 29 m, ma con BTC non superiore a 5,3

generale passa da 42,3% per il querceto esotico al 70,4 per quello autoctono. La limitazione delle specie alloctone non è quindi un capriccio di un naturalista sentimentale, ma l'esigenza di un ecologo aggiornato!

12.2 Esempio di impostazione di un progetto

12.2.1 Il primo progetto sul parco del quartiere ex Fiera

Tenendo conto delle premesse ecologiche e del contesto urbano, il parco era stato progettato secondo un sistema complesso di ecotopi vegetati con modalità differente e correlata. Tali ecotopi dovevano considerare come valore medio di BTC un livello superiore a 2,2 Mcal/m²/anno (a circa 40 anni dalla formazione). Un impegno particolare era stato posto sul controllo della connessione (indici di connettività e circuitazione) fra le parti a verde. Per gli altri controlli ecologici si rimanda a Ingegnoli (2004) e Ingegnoli e Giglio (2005).

Come si può notare dalla mappa allegata (Fig. 12.5), di tutta l'area di quartiere (circa 30 ha compresi i margini esterni del sedime) il 5,2% era stato progettato come *core green* a biotopo forestato suddiviso in due macchie di area diversa collegate con corridoi alberati, con specie autoctone; il 24,6% era previsto come *buffer area*, di cui circa metà a prato e il resto alberato e con presenza di un corso d'acqua e relativo bosco di ripa, con specie autoctone e naturalizzate; 5,4% erano giardini pubblici tematici, con specie in parte anche esotiche; 20,4% era verde residenziale, senza barriere rispetto al resto del parco; 14,9% le piazze alberate (minimo 15% di verde); il 29,5% era infine costruito, con in più un altro 15% di fasce di intorno (strade alberate).

La distribuzione dei componenti del parco era stata impostata da Ingegnoli nella stesura del *master plan*,

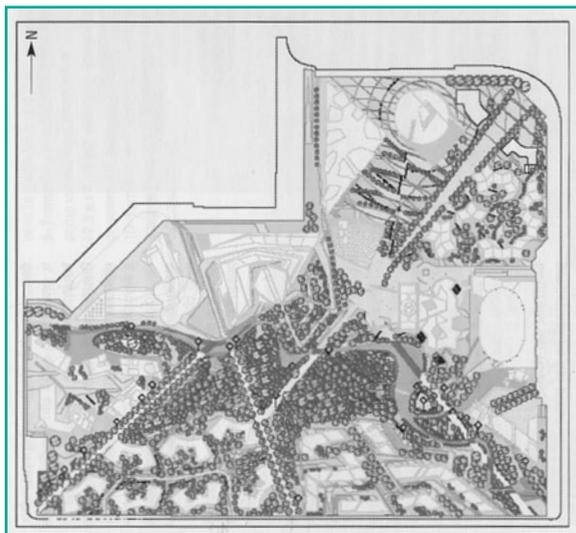


Fig. 12.5 Il quartiere Citylife a Milano, nell'ex area Fiera, e il suo parco nella versione che ha vinto la gara internazionale nel 2004. *Master plan* con gli edifici di Libeskind, Isozaki, Hadid e Maggiora. Parco coordinato dal Prof. Ingegnoli

giungendo a un discreto accordo con Daniel Libeskind. Si noti che il verde entrava ampiamente nella piazza delle tre torri e che le due zone boscate erano in parte non calpestabili e protette con il corso d'acqua. Le parti più aperte del sistema parco erano quelle nel settore nord, attorno al museo. La densità del costruito era bilanciata dalla densità di vegetazione, che dal nucleo centrale si disponeva con digitazioni verso le principali direzioni. Le strade di attraversamento erano ben segnate, ma rimanevano in numero limitato. Salvo che negli angoli di giardino tematico, le scelte estetiche erano in prevalenza di tipo naturaliforme.

12.2.2 Ulteriori studi sul parco

Come noto, il *master plan* che aveva vinto la gara internazionale nel 2004 è stato nel frattempo modificato quasi del tutto con la redazione di un PII (programma integrato di intervento) e successiva variante, anche per l'inserimento della nuova linea di ferrovia metropolitana e l'allargamento del sedime verso ovest. Allo scopo di illustrare al Comune i criteri e le possibilità di progettazione del parco, nel nuovo assetto del quartiere, il prof. Ingegnoli ha studiato uno schizzo (*layout*) preliminare, riportato nella Figura 12.6.

Dati i limiti dovuti alla distribuzione delle costruzioni



Fig. 12.6 Schizzo preliminare di indirizzo progettuale del parco Citylife: 1 = grande parterre centrale; 2 = sistema dei boschi urbani; 3 = radure di collegamento; 4 = giardini tematici; 5 = macchie arborate (e *stepping stone*); 6 = macchie arborate di tamponamento; 7 = prospettiva Buonarroti-G. Cesare

nel nuovo *master plan* di PII, l'integrazione fra a) seguire l'asse di raccordo con i componenti della citata rete ecologica di parchi, b) distribuire in modo ecologicamente più efficace i diversi tipi di elementi verdi (alta e bassa BTC), c) dimensionare i valori minimali dei tipi di elementi, d) rapportarsi in modo ricreativo e percettivo alla piazza delle torri (con spazi anche dimensionalmente corretti), e) cercare una connessione ecologica delle varie parti, anche in rapporto f) a un'opportuna gerarchia di percorsi, non è un'impresa facile. Si può, in sintesi, notare che il parco dovrebbe articolarsi, per lo meno, nei seguenti tipi di elementi:

1. il sistema di boschi urbani, che si snoda in due macchie⁵ (la maggiore delle quali è nell'area di ampliamento ovest), raccordate connettività e circuitazione) da un corridoio ad alberi stratificati;
2. alcune opportune fasce arborate di tamponamento, verso le zone residenziali, e macchie arborate verso il raccordo con la piazza centrale sopraelevata;
3. radure di connessione formate da prati e macchie di alberi, che si uniscono con una serie di
4. giardini tematici: (a) della galleria, (b) dell'arte, (c) dello sport, (d) del MUBA;

⁵ Da un principio di ecologia del paesaggio (Forman, 1995) che suggerisce di dividere in almeno due parti le macchie boscate da inserire in un ecotopo, di cui una decisamente più grande.

5. alcune macchie arborate a *stepping stone*, con funzioni analoghe, ma di minore entità e anche di tamponamento;
6. il grande parterre centrale, prevalentemente a prato calpestabile e rade quinte arboree, con eventuale, ma limitato, attraversamento di filari e di corpi idrici, a cui fanno da margine; infine, in aggiunta,
7. una prospettiva Buonarroti-Giulio Cesare, per dare maggiore profondità e legare il complesso della ormai storica fontana, ma nello stesso tempo segnare l'inizio dell'asse urbano che arriva fino a piazza Piemonte.

A tali elementi si aggiungono: 8) alcuni corridoi alberati di margine (storici e di protezione), 9) alcuni viali alberati, che denunciano però gerarchie diverse a seconda dell'importanza delle connessioni urbane (locali o vaste) e 10) un sistema di piccoli *stepping-stone* verdi di connessione e orientamento della piazza delle torri e 11) una *core area* verde, su due livelli, a fianco del ricordo con la piazzetta ipogea, di particolare importanza sia percettiva sia microclimatica. Un'ultima tipologia 12) è data dalle piazze verdi esterne a quella centrale, che sono da trattare con approfondimenti tematici.

12.3 Densità degli alberi e dimensionamento preliminare

12.3.1 Il numero di alberi in un parco

Sovente i tecnici delle pubbliche amministrazioni amano fare riferimento al numero degli alberi. Per esempio: Milano ha 180.000 alberi, il parco Sempione 2900 e così via. I giornali di solito li assecondano con entusiasmo. Per quanto, per un esperto, il numero degli alberi non sia un indicatore ecologico importante, sem-

bra invece che quel numero sia del massimo interesse per le amministrazioni e per i media. Non è facile, però, arrivare a un accordo sul numero degli alberi nel progetto di un nuovo parco, come insegna il caso del parco Citylife.

Gli estensori del PII del nuovo quartiere avevano stimato 2200 alberi su un parco di 16,5 ha (piazze comprese); il settore parchi del Comune di Milano 2062,5; la Regione Lombardia, nelle osservazioni di valutazione di impatto ambientale (VIA), 4400; il prof. Ingegneri, consultato a suo tempo da Citylife, aveva dato un minimo e un massimo, non sapendo come sarebbe stato riprogettato il parco stesso dopo le varianti al PII: da un minimo di 1980 a un massimo di 2970 alberi.

Ovviamente, in casi come questo è necessario un chiarimento che tenga conto sia delle componenti scientifiche sia di quelle progettuali. Si tratta di verificare a) quale sia la densità arborea normale per una foresta naturale onde avere un riferimento di *top level* per una tessera di parco e constatare quali altri indici ecologici siano più importanti dell'indice alberi/ha, e b) quali sono le densità arboree dei parchi esistenti per tipo di sottosistema (una valutazione sul totale non ha senso né in ecologia né nella progettazione), e trovare un criterio per dimensionare in modo inequivocabile il numero di alberi in rapporto agli obiettivi di progetto.

a) La *densità normale di una foresta naturale* (Piussi, 1994) è pari a circa 600-800 alberi/ettaro: per esempio, nel caso di peccete montane. Va precisato, però, che tale alta densità considera anche i giovani con diametro pari a 5-7 cm. Tale dato può essere ancora aumentato (fino a circa 1500-2000) nel caso di piantagione attraverso semenzali di 2-3 anni (alti circa 30-40 cm) e successivo diradamento, secondo un metodo utilizzato un tempo nei rimboschimenti, oggi però meno usato pro-

Tabella 12.3 Rapporti fra diametri medi, n. degli alberi/ha, altezze medie e volume di fitomassa nel *plot* ConEcoFor LOM.1, Val Masino (formazione di Pecceta montana)

SP alberi	d	N.a	% N.a	h-c	vFM	% vFM
<i>Picea abies</i>	45,1	146,4	30,9	23	234,1	53,2
<i>Abies alba</i>	48,0	80,2	16,9	24,9	118,0	26,9
<i>Larix decidua</i>	31,7	105,7	22,3	21	47,6	10,8
<i>Fagus sylvatica</i>	27,2	35,8	7,5	19,1	23,4	5,3
<i>Betula pendula</i>	29,0	22,9	4,8	19,3	12,0	2,7
<i>Acer. pseudoplatanus</i>	14,0	83,3	17,6	12,7	4,5	1,0
Totale LOM 1	35,0	474,4	100,0	22,8	439,5	100,0

d, diametri medi; N.a, numero di alberi per ettaro (n./ha); h-c, altezza media della *canopy* (m); vFM, volume di fitomassa del soprassuolo (m³/ha).



Fig. 12.7 Veduta della tessera forestale “plot LOM 1” studiata nel programma Con.Eco.For., situata in Val Masino (SO)

BTC pari a 6,60 Mcal/m²/anno e qualità ecologica generale discretamente buona (Tabella 12.3, Fig. 12.7).

Si aggiunge la Tabella 12.3, nella quale vengono dettagliati altri parametri ecologici, fra cui il n./ha di alberi e la loro composizione in percentuale. Con una distribuzione disetanea di diametri che vanno da 38 a 54 cm per il *Picea abies*, da 39 a 57 cm per l'*Abies alba* e da 19 a 41 per il *Larix decidua*, tale numero non è particolarmente elevato ma molto frequente in foreste di quel genere. Peraltro va sottolineato che il valore evidenziato di circa 475 alberi/ha è in perfetto accordo con il dato di Piussi, perché se si aggiungessero gli alberi giovani con diametri < 7 cm, si raggiungerebbe una cifra di circa 600-650 alberi/ha anche per LOM 1.

Possiamo ora meglio constatare che, fra i parametri ecologici più significativi, quello del n./ha di alberi è di minore importanza. Per esempio, nel metodo LABISV, fra i 28 parametri analizzati per la stima della BTC quello in oggetto non compare. Nella Tabella 12.3 si noterà che il rilievo delle “specie dominanti” nella comunità forestale non è data dalla distribuzione percentuale del numero di alberi, bensì dalla distribuzione del volume di fitomassa (vFM%).

b) La misura dei parametri e indicatori ecologici non può essere riferita all'intera superficie del parco, ma va diversificata, almeno come da Tabella 12.4. Come

Tabella 12.4 Stima del numero di alberi per ettaro nei parchi più significativi di Milano e confronto con le previsioni per il parco Citylife

Parco	N. alberi	Ha tot.	N./ha tot.	Ha verdi	N./ha verdi	Ha Ts. alb.	N./ha Ts. alb.
Sempione	2.900	38,6	75,1	25,09	115,6	12,55	231,17
Giardini Montanelli	1.700	17,2	98,8	12,04	141,2	6,02	282,39
Monte Stella	3.500	31,12	112,5	26,45	132,3	13,23	264,63
Pallavicino	1.100	8,78	125,3	7,46	147,4	3,73	294,79
CityLife	2.200	16,5	133,4	13,2	166,7	6,60	333,4

Ha Ts. alb., area delle tessere alberate (anche in parte); *Ha verdi*, area parco senza zone costruite o pavimentate o con attrezzature fisse (stima); *N./ha*, numero di alberi (d > 10 cm) per ettaro.

prio per difetti ecologici, quali la mancanza di disetaneità e di eterogeneità distributiva.

Per esempio, consideriamo una delle ricerche condotte per il Corpo Forestale dello Stato nell'ambito del programma Con.Eco.For., con finanziamenti UE (coordinata dal prof. Ingegnoli per la parte convenzionata con il Dipartimento di Biologia di Milano). Quanto si riporta è relativo al Plot LOM 1 in Val Masino (SO). Il plot è formato da una foresta naturale di pecceta montana non ancora matura (BTC/BTCs = 0,698⁶), con valore di

evidenziato, vi sono notevoli *differenze* nella misura della densità di alberi passando da una densità generale riferita alla *superficie totale del parco* (sfondo grigio) a una *densità rispetto alle aree verdi* (prati + tessere

⁶ BTC_s = 0,85 BTCF dove: BTC_s = biopotenzialità territoriale alla soglia di maturità, BTC_F = flesso della curva di sviluppo della biopotenzialità, dove inizia la soglia di maturità (si ricava dall'equazione del modello). Risulta quindi: BTC_s = 9,46 (Boreali), vedi capitolo 9, paragrafo 9.1.1.

alberate, sfondo verde chiaro) o rispetto alle *sole tessere alberate* (in tutto o in parte, sfondo verde scuro). In tutti i casi, comunque, si noterà subito che le previsioni per il parco in oggetto danno i migliori risultati, anche con 2200 alberi.

12.3.2 Dimensionamento preliminare del parco ex Fiera

Resta ovviamente da verificare se quel valore di 2200 alberi sia compatibile con i criteri ecologici già indicati dal prof. Ingegnoli fin dalla gara 2004, primo fra tutti arrivare a una BTC media di 2,20 Mcal/m²/anno entro 40 anni. Tenendo conto dei criteri strategici menzionati, si può arrivare a un dimensionamento credibile delle necessità ecologiche del parco in oggetto solo a patto di studiare un'adatta distribuzione dei sottosistemi necessari e delle loro composizioni in elementi paesaggistici.

A tale articolazione devono essere calibrati gli indicatori ecologici indispensabili a garantire un livello minimo di successo nel colpire gli obiettivi. La Tabella 12.5 riporta in sintesi questo sforzo, sulla base di indicazioni riportate in Figura 12.6. Il dimensionamento progettuale parte dai dati più generali, già previsti dal PII (per esempio Pt, area totale del parco = 16,5 ha; 40% di aree alberate = 6,6 ha) e riporta le decisioni minimali conseguenti agli obiettivi di progetto: ulteriore

suddivisione del 40% in aree a prato, aree a macchie alberate e aree a bosco.

Successivi dettagli portano a evidenziare gli elementi componenti, ai quali si possono associare dei valori medi di BTC appropriati: risulta, allora, possibile il calcolo di previsione della BTC media del parco, che deve tassativamente superare il valore di 2 Mcal/m²/anno entro 30 anni dalla costruzione del parco stesso in modo da assicurare una BTC superiore alla media dei paesaggi della regione Lombardia, pari oggi a 1,95-1,98 Mcal/m²/anno per portarsi a 2,2-2,3 a parco maturo.

A questo punto siamo in grado – fra l'altro – di stimare con buona precisione il numero di alberi del parco, ponendo le densità unitarie per elemento considerato e poi sommando le moltiplicazioni parziali. Risultano così, arrotondando, 2510 alberi, che significa circa 150 alberi/ha riferiti alla superficie totale (ma fino a 500 alberi/ha per le tessere forestate).

Si sottolinea, infine, che la cifra derivata dalla Tabella 12.5 risulta in perfetto accordo con i suggerimenti dati a suo tempo dal prof. Ingegnoli (Tabella 12.4) dato che, facendo la media fra le previsioni di minima e di massima risulta: $(1980 + 2970)/2 = 2475$ alberi, numero molto vicino ai 2510 di Tabella 12.5. Questo valore, che è maggiore del 15% circa rispetto alle previsioni del PII, si può ritenere come esaustivo. In conclusione, si ritiene di poter affermare che la richiesta regionale di 4400 alberi risulta del tutto fuori scala.

Tabella 12.5 Dimensionamento di massima degli elementi paesaggistici costituenti il parco Citylife e calcolo di previsione del minimo necessario come livello di BTC e come numero di alberi

Sottosistemi Parco (SP)	Pt ha	Pt %	Elementi paesaggistici	SP %	Pt %	BTCp	BTCp*Pt	Alb./ha	N. alb.
Aree costruite e pavimentate	3,3	20	Pavimentazioni e attrezzature	80	16	0,15	0,024	15	39,6
			Presenza alberature	20	4	2,60	0,104	180	118,8
Aree a prato con sentieri e filari	6,6	40	Aree attrezzate	15	6	0,20	0,012	75	74,3
			Filari alberati e macchie di arbusti	20	8	3,00	0,240	220	290,4
			Prati calpestabili e prati semi-naturali	65	26	0,65	0,169	25	107,3
Aree miste con macchie alberate	4,4	26,7	Prati e cespugli	35	9,4	1,05	0,105	80	128,8
			Macchie alberate	65	17,3	4,10	0,734	280	837,2
Aree semi-naturali o a bosco	2,2	13,3	Radure a prato e arbusti	15	2	1,20	0,017	50	15,0
			Biotopi forestati	85	11,3	6,00	0,642	500	850,0
Dimensionamento di progetto	16,5	100			100	2,058	2,058	149,2	2505,8

Alb./ha, numero di alberi per Ha; BTC, Mcal/m²/anno; BTCp, valori di BTC di progetto dopo circa 40-50 anni dalla costruzione del parco; Pt, parco totale; SP, sottosistemi parco.

12.3.3 Indirizzi ecologici e gara internazionale per il parco Citylife

Le linee di indirizzo e i criteri di progettazione sintetizzati in questo scritto sono stati esposti in un incontro con i progettisti arrivati alla fase finale della gara internazionale promossa dal Comune di Milano e da Citylife. Purtroppo, pochi studi hanno tenuto conto dei criteri di progettazione ecologica suggeriti. Tuttavia, si è constatato che fra i progetti vincitori sia il primo sia il secondo hanno cercato di seguire, almeno in parte, gli indirizzi ecologici qui esposti. È didatticamente interessante prendere visione, sia pure in estrema sintesi, di questi due progetti.

Il progetto vincitore⁷ è rappresentato in Figura 12.8. Questo progetto si è basato su un riferimento ambientale potenzialmente intelligente, riassumibile nel suo motto “un parco fra le montagne e la pianura”. Le aree a parco sono state infatti suddivise in modo radiale, ispirandosi ad ambienti tipici della pianura milanese nei suoi aspetti più caratterizzanti (verso sud, sud-ovest) e ad ambienti pedemontani-prealpini nelle parti nord. Nella zona più aperta a fronte della piazza delle tre Torri, sono previsti alcuni fontanili stilizzati. La presenza e la disposizione delle principali macchie boscate seguono da vicino il layout già visto in Figura 12.6.

Il progetto è basato sul principio che il parco non è un’“isola verde” inserita nel tessuto urbano, ma gioca un ruolo importante nella funzione ecologica della città. La composizione di habitat naturali cerca di dare diversità strutturale e salvaguardare le specie locali. Le aree di maggior valore sono quelle protette dalle attività umane quali i boschi-biotopi proposti e i filari di alberi e aree di connessione. Habitat intermedi, quali erbe incolte, alberi dispersi e arbusti, sono previste per fungere da filtro verso le aree pubbliche di uso più intenso.

Nonostante il lodevole sforzo per adeguarsi ad alcuni criteri progettuali di bionomia del paesaggio, traspaiono alcuni errori che un esperto non può nascondere. I principali difetti sono i seguenti: 1) le due aree di bosco-biotopo sono circa della stessa dimensione, e ciò è contrario a quanto sostenuto giustamente da Richard Forman, e cioè una delle due deve essere decisamente maggiore, per ragioni sistemiche; 2) le fasce-filtro (habitat intermedi) sono troppo aperte e semplicistiche; 3) la zona centrale delle “risorgive” è troppo costruita e senza gli aspetti più caratteristici di questi ambienti, che sono le macchie di bosco igrofilo attorno alla testa del fontanile; 4) la radicalità è rimasta in prevalenza un’im-



Fig. 12.8 Il progetto arrivato primo nella gara internazionale per il parco Citylife, indetta dal Comune di Milano (2010). Si notano alcune affinità con il layout di indirizzo ecologico-progettuale di Figura 12.6, soprattutto nella disposizione delle due macchie di bosco

postazione teorica, che però mal si legge nella composizione; 5) il disegno del complesso tende ad assottigliare uno spazio di parco che già di per sé è una fascia semicircolare stretta; 6) la previsione di una “foresta di faggi” a Sud è contraria a quanto dichiarato (come noto a ogni naturalista, i faggi in Lombardia sono prealpini, mentre a Sud i boschi sono igrofilo nelle aree umide, oppure di farnie (*Quercus robur*) e carpini (*Carpinus betulus*).

Il progetto valutato al secondo posto⁸ è rappresentato in Figura 12.9 e si è basato su una struttura radiale increspata, quindi su una morfologia a rilevati ben caratterizzante, capace di staccare il parco dalle architetture (che peraltro sono fra loro assai dissimili), con conseguente ottimo controllo dei percorsi. Esso evidenzia, inoltre, i concetti di “distanza” e “rivelazione”, ciò che trasforma lo spazio in un luogo ben definito. Certamente questo è il progetto che meglio degli altri ha seguito i principi di bionomia del paesaggio, presentando anche una tabella di dimensionamento dei sottosistemi del parco assai vicina a quanto espresso nella Tabella 12.5.

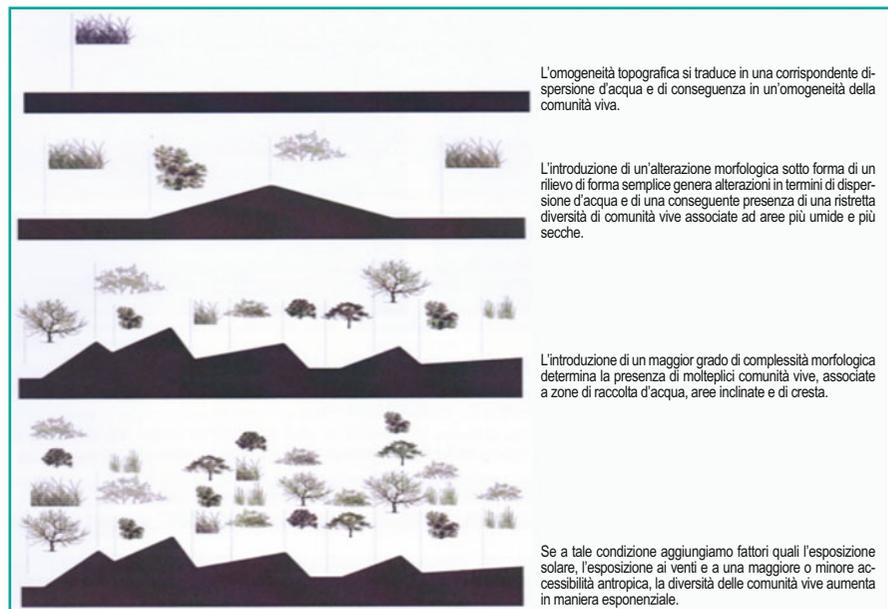
⁷ Studio Gustavson Porter, London, UK.

⁸ Studio PROAP, Lisbona, Portogallo.



Fig. 12.9 Il progetto arrivato secondo nella gara internazionale per il parco Citylife, indetta dal Comune di Milano (2010). In ossequio alla difficoltà di valutazione del rapporto forma/funzione (vedi capitolo 11), è meno evidente la corrispondenza formale con lo schema di Figura 12.6, ma da controlli di bionomia del paesaggio questo progetto risulta più vicino agli indirizzi proposti in questo scritto

Fig. 12.10 Fra le ragioni ecologiche che sostengono il progetto in esame (PROAP, Lisbona) si espone la necessità di aumentare la biodiversità specifica creando nuove nicchie ecologiche *ad hoc*



La rispondenza al layout 12.6 è meno evidente che nel progetto precedente, ma assai più stretta, a conferma che i rapporti forma/funzione sono da valutare non soltanto in modo percettivo, ma soprattutto in modo ecologico, con appositi indicatori. Nella sequenza della vegetazione sui rilevati come nel distacco morfologico delle fasce di maggiore naturalità dalla pressione antropica si nota una maggiore possibilità di tutela degli habitat naturali. Nella Figura 12.10 si illustra il contributo della forma alla crescita della biodiversità ecologica. Le specie vegetali, inoltre, sono tutte appropriate, con specie esotiche in numero e disposizione limitata e con scelte legate al concetto di *fittest vegetation*. La composizione riesce a contrastare le ristrettezze degli spazi a disposizione in modo assai efficace. Le critiche, sollevate anche dal Comune di Milano, riguardanti le spese di manutenzione del verde sono, a nostro avviso, del tutto infondate, dato che – al contrario – la vegetazione predisposta in modo opportuno nelle nicchie ecologiche di progetto ad alta complessità morfologica può arrivare a un automantenimento pressoché totale.

Ovviamente, anche in questo secondo progetto vi sarebbero alcune migliorie possibili, prima fra tutte un aumento della macchia di bosco a ovest contro una diminuzione della macchia boscata a nord. Certamente, però, va detto che non sono le problematiche di tipo manutentivo (che tanto stanno a cuore ai tecnici del Comune) a indebolire questo progetto che a parere dello scrivente rimane il migliore.

Criteri avanzati di valutazione di impatto ambientale di un grosso svincolo autostradale

13.1 Analisi effettuate

13.1.1 Inquadramento del lavoro

Il Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde ha proposto (2008-09) il progetto definitivo del collegamento autostradale Dalmine-Como-Varese-Svizzera (Valico del Giaggiolo). L'ultima tratta (DD) è quella in provincia

di Bergamo e prevede un grande e complesso svincolo (Fig. 13.1) a Osio Sotto, in un'area a sud dell'autostrada Torino-Venezia sul lato sinistro del fiume Brembo. Anche da uno sguardo affrettato, colpisce il fatto che detta area faccia parte del parco locale di interesse sovracomunale del Brembo (Fig. 13.2) e possa venire degradata dall'imponente progetto oggi prossimo a essere attuato, con conseguenze di grave alterazione dell'area su cui andrà a insistere e del nucleo di case residenziali della ex ca-

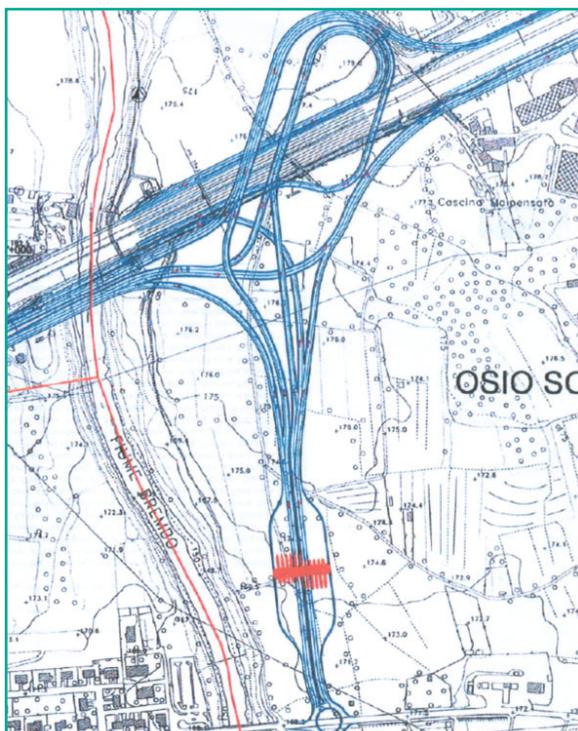


Fig. 13.1 Schema della notevole entità di sviluppo territoriale del progetto di svincolo autostradale per la nuova "Pedemontana" che unisce Bergamo a Como, Varese e il Canton Ticino

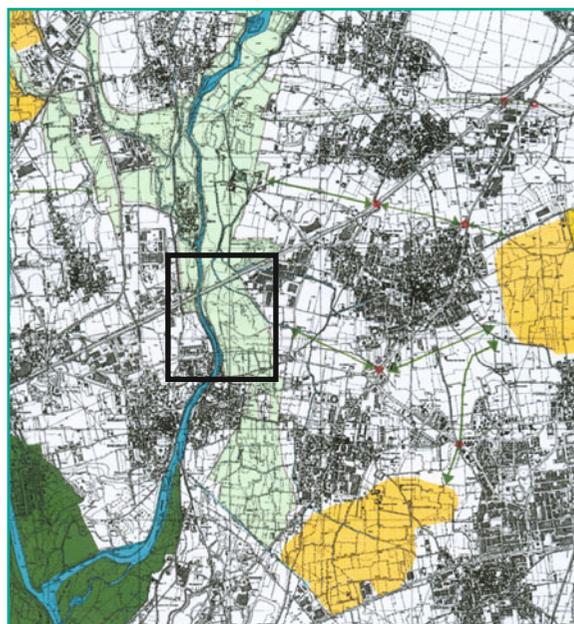


Fig. 13.2 Il PLIS del Basso Brembo, dove nel riquadro nero è contenuta la mappa della figura precedente. Si ricorda, peraltro, che la porzione verso sud di tale parco locale di interesse sovracomunale acquista grande importanza per la presenza (verde scuro) del parco regionale dell'Adda (stralcio della "Carta di inquadramento territoriale" del PLIS Basso Brembo, elaborata dal Centro Studi sul territorio dell'Università degli Studi di Bergamo)

scina Malpensata, tuttora abitate. Lo scopo del presente studio di impatto ambientale consiste, quindi, in una valutazione in termini scientifici del prevedibile degrado dell'area menzionata, in modo da porre in evidenza sia il cambiamento di stato ecologico del sistema locale sia le ripercussioni sul nucleo residenziale.

13.1.2 Risultati dello studio

L'unità di paesaggio (UdP) e l'habitat umano (HU)

Come si può notare dalla Figura 13.3, i limiti di questa piccola UdP (58,40 ha) sono dati dal fiume Brembo a ovest, dall'autostrada Torino-Venezia a nord, dalla strada provinciale per Bergamo a sud, dalla zona industriale di Osio Sotto a nord-est e da una zona agricolo-produttiva non boscata a sud-est. Si osserva anche che questo territorio è caratterizzato dalla presenza di boschi e filari alberati e che gli insediamenti urbanizzati sono assai limitati: il nucleo residenziale della cascina Malpensata a nord-est e l'area di servizio con ristorante a sud.

La misura, espressa in ettari (ha), degli elementi che, allo stato attuale, compongono l'unità di paesaggio è stata rilevata con un planimetro e i risultati sono riportati in Tabella 13.1. Nella stessa tabella sono riportate le stime della percentuale di HU, valutate secondo il metodo previsto dalla bionomia del paesaggio (vedi capitolo 6, paragrafo 6.2.4). Nella Tabella 13.1 sono riportate, inoltre, le misure degli elementi paesistici componenti l'UdP in esame.



Fig. 13.3 In rosso la perimetrazione della piccola UdP in esame, che misura quasi 60 ha ed è compresa nel PLIS del Basso Brembo (linea gialla = provinciale per Bergamo) per circa il 90% (vedi Fig. 13.2) (la foto da satellite è presa da Google map)

Stima dell'habitat standard (HS)

La stima degli abitanti è stata effettuata considerando: 1) 6 nuclei abitati, a fianco dell'area industriale, con media di 4 ab/nucleo; 2) gli abitanti dovuti alla presenza media equivalente di utenti del parco e del ristorante. Si è così ottenuto un totale di 42 ab/anno. Ne è risultata la seguente stima dell'HS = UdP (ha) × HU (%)/ab (n.) = $58,38 \times 0,6865/42 = 9542 \text{ m}^2/\text{ab}$, quindi un $HS/HS^* (\sigma) = 6,47$.

Tabella 13.1 Elementi componenti l'UdP in esame e stima dell'habitat umano (HU) al 2009

Elementi	ha	% UdP	HU %	HU ha
Boschi a media BTC	3,10	5,31	5	0,155
Boschi a bassa BTC	4,76	8,20	10	0,479
Filari alberati ad alta BTC	1,28	2,19	40	0,359
Filari alberati a bassa BTC	3,20	5,48	60	1,92
Piantagioni di alberi o arbusti	1,37	2,35	60	0,820
Prati e prati foraggeri	38,12	65,30	78	29,734
Coltivi a mais	4,20	7,19	90	3,78
Aree residenziali o edificate	0,71	1,22	100	1,22
Strade e sterrati	1,61	2,76	100	1,61
Totale	58,38	100,00	68,65	40,08

Apparati paesistici

Nel caso in esame è necessario misurare i seguenti apparati paesistici: resistente (RNT), produttivo (PRD), protettivo (PRT), residenziale (RSD), sussidiario (SBS). Si ricorda che i contenuti non coincidono con eventuali analoghi termini urbanistici o economici. L'apparato resistente RNT (15,7%), formato dalle macchie di bosco, non è sviluppato quanto ci si dovrebbe aspettare da un paesaggio agricolo-protettivo, ma rimane comunque il secondo come superficie. È invece di ottimo livello l'apparato protettivo, formato qui nella totalità da filari alberati, che appunto distingue questo tipo di paesaggio. Questi campi sono chiusi in una rete di filari spesso doppi o tripli, con canale compreso o a latere, cosa ormai rara anche all'interno dei parchi regionali.

Valutazione della vegetazione dell'UdP

Si ricorda nuovamente che il metodo LaBISV si distacca dal tradizionale metodo fitosociologico (Braun-Blanquet, 1928), dato che la vegetazione che forma un'UdP non può essere valutata solo sulla base del tipo di specie naturali presenti e posta in rapporto con un concetto di vegetazione potenziale che è ormai superato. In altre parole, la valutazione dello stato reale della vegetazione si effettua non tramite il confronto con una potenzialità astratta di esistenza di un'altra fitocenosi, generalmente arborea, su scala temporale indeterminata e del suo sviluppo con modalità lineari, bensì tramite il confronto con una potenzialità reale di funzionamento ecologico della stessa fitocenosi in esame per periodi di tempo circoscritti e con modalità di sviluppo non lineari (flessi e biforcazioni): si tratta del nuovo concetto di *fittest vegetation* (vedi capitolo 5, paragrafo 5.1).

Pertanto, seguendo il nuovo metodo di parametrizzazione della vegetazione, presentato in precedenza (vedi capitolo 5, paragrafo 5.1) e utilizzando una scheda standard specifica per il tipo di vegetazione in esame, è stato possibile valutarne il grado di organizzazione e conseguentemente il livello di qualità. Nel caso in esame, è stata perlustrata l'intera UdP e sono stati fatti una dozzina di rilievi sul campo, metà riguardanti tessere boschive, metà tessere di filare alberato.

Nelle Tabelle 13.2 e 13.3 si mostrano due esempi di rilievi effettuati nell'UdP in esame: essi rappresentano i casi migliori di tessere vegetate riscontrati in luogo. Come si potrà notare, i valori di BTC in gioco non sono molto alti (rispettivamente 6,02 e 3,66 Mcal/m²/anno),

quindi rimangono ancora lontani da una condizione ottimale. Le qualità dello stato ecologico delle tessere migliori risultano di poco superiori al 50% delle potenzialità parametriche, un livello appena di sufficienza.

Tuttavia i risultati verificati sul campo non sono molto diversi da quanto si riscontra nel parco di Monza (vedi capitolo 12, Tabella 12.1, tessera di querceto misto vecchio) e le specie vegetali infestanti alloctone sono ancora contenute. Con qualche intervento adeguato si potrebbero in un decennio raggiungere buoni risultati da queste tessere di vegetazione, che in prevalenza sembrano rientrare, data la presenza rilevante di *Ulmus minor*, nel *Quercus-Ulmetum minoris* Issler 1924, associazione fitosociologica definita da Pignatti come

uno stadio intermedio tra boscaglie a Salix alba e il Quercus-Carpinetum boreoitalicum (Pignatti, 1953), che ne costituisce la fase finale. [...] I pochi ambienti di questo tipo che hanno potuto conservarsi, spesso casualmente, sono dunque da considerare di elevata qualità ambientale e da gestire con criteri di salvaguardia che ne permettano la sopravvivenza (Pignatti, 1998).

Stima della biopotenzialità territoriale della vegetazione (BTC)

La Tabella 13.4 mostra una sintesi dei rilievi sulla vegetazione forestale e sulla vegetazione dei filari. Le tessere sono divise in base alla biopotenzialità territoriale e la quantificazione in ettari è stata raggiunta per analogia rispetto ai casi rilevati. Il valore medio di BTC per i boschi è modesto (4,65 Mcal/m²/anno), ma ben maggiore di quello dei filari (2,53 Mcal/m²/anno).

Dopo aver calcolato le medie parziali per i boschi a media e bassa BTC e per i filari ad alta e bassa BTC, basandosi sulle tabelle precedenti, e dopo aver utilizzato i valori derivati dalla letteratura per le restanti componenti, si riprendono gli elementi paesistici della Tabella 13.1 e si calcola per media ponderale il valore della biopotenzialità territoriale dell'UdP, che risulta pari a 1,35 Mcal/m²/anno (Tabella 13.5).

Si tratta di un valore sicuramente più elevato della media delle campagne della pianura lombarda, che si aggira invece da 0,95 a 1,15 Mcal/m²/anno. Ciò giustifica l'inclusione della UdP nel parco del Basso Brembo. Tuttavia, facendo un confronto con il modello HU/BTC si riscontra un'insufficienza palese, in quanto per un HU con valore pari al 68,85%, si dovrebbe raggiungere una BTC pari ad almeno 1,72 Mcal/m²/anno.

Tabella 13.2 Esempio di rilievo di tessera forestale di querceto con olmi ad Osio-Sotto, Ts M4

Foreste temperate	1	5	12	22	Punteggio
T. Caratteristiche della tessera (Ts)					
T1 - Altezza media della vegetazione (m)	< 9	9,1-18	18,1-29	> 29,1	Chioma degli alberi degli strati dominanti H = 22,9 m
T2 - Copertura della canopy (%)	< 30	> 90	31-60	61-90	Rispetto alla superficie
T3 - Differenziazione strutturale	Bassa	Media	Buona	Alta	Disetaneiformità, disposizione spaziale
T4 - Interno/margine (%)	Assente	< 30	31-89	> 90	(% Ts)
T5 - Tipo di gestione	Ceduo semplice	Ceduo composto	Bosco	Foresta naturale	O assimilabili
T6 - Permanenza (anni)	< 80	81-160	161-240	> 240	Età degli alberi vecchi
F. Caratteristiche della fitomassa epigea nella tessera					
F1 - Quantità di fitomassa morta	Quasi 0	> 10	1-5	5-10	Calcolata come % sulla Fm viva
F2 - Profondità della lettiera	Quasi 0	< 1,5	1,6-3,5	> 3,5	Cm
F3 - Fm in volume (m ³ /ha)	< 150	150-350	350-600	> 600	Fm in m³/ha = 120
E. Caratteristiche ecocenotiche della tessera					
E1 - Specie dominanti (n.)	> 3	3	2	1	Come volume di Fm
E2 - Ricchezza di specie	< 15	16-30	31-40	> 40	N. sp./tessera
E3 - Presenza di specie caratteristiche (%)	< 5	6-40	41-80	> 80	Associazione fitosociologica o fitocenosi di riferimento
E4 - Specie alloctone (%)	> 10	10-4	< 4	0	Di altra ecoregione
E5 - Piante infestanti (% area)	Quasi completa	> 25	< 25	Assenza	Sulla superficie totale ts
E6 - Individui ammalati	Danni evidenti o diffusi	Sospetto o poche piante	Rischio o solo qualche individuo	Nessuno	Considerare tutte le possibili malattie
E7 - Forme biologiche (n.)	< 3	4-5	6-7	> 7	Secondo Box 1987, modificato
E8 - Stratificazione verticale	2	3	4	> 4	
E9 - Capacità di rinnovo	Nessuna	Intensa	Sporadica	Normale	Specie dominante/i
E10 - Stato dinamico	Degradazione	Ricreazione	Rigenerazione o crescita n.	Fluttuazione	
U. Caratteristiche della tessera in rapporto all'unità di paesaggio (UdP)					
U1 - Contiguità vegetazione analoga	0	< 25	26-75	> 76	% del perimetro
U2 - Caratteristiche di <i>source</i> o di <i>sink</i>	<i>Sink</i> (risucchio)	Neutrale	Sorgente parziale	Sorgente effettiva	In Sp e risorse
U3 - Ruolo funzionale nell'UdP	Ridotto	Minore	Evidente	Importante	Contesto e tipologia
U4 - Incorporazione dei disturbi	Insufficiente	Scarsa	Normale	Alta	Disturbi locali
U5 - Instabilità geofisiche	Evidenti	Parziali	Rischio	Nessuna	Legate ai fisiotopi
U6 - Interesse da parte della fauna permeante	Basso	Medio	Buono	Attrazione	Specie chiave
U7 - Motivi di trasformazione della Ts come elemento di paesaggio	Forti disturbi	Cambiamenti graduali	Instabilità temporanee	Fluttuazione	A oggi + tendenza
U8 - Interferenza con patologie proprie del paesaggio circostante	Assai serie	Quasi croniche	Facilmente incorporabili	Nessuna	Provenienti dall'UdP propria o da altre circostanti
U9 - Permanenza vegetazionale	< 100	100-300	300-1200	> 1200	Presenza storica, anni
Risultati del rilevamento					
Punteggio Y (= h+j+k+w)	h = 1	j = 6	k = 15	w = 6	Y = 343
Qualità ecologica Ts (%)	Qt = Y/616				Q = 55,7
BTC [Mcal/m ² /anno]	BTC (t) = 0,01667 (y - 28) + 0,13 (Fm/65)				BTC = 6,02

Tabella 13.3 Esempio di rilievo di vegetazione di corridoio arborato, UdP di Osio-Sotto, Ts F6

Corridoio arborato	1	7	17	33	Punteggio
Cd. Caratteristiche del corridoio (Cd)					
Cd1 - Ampiezza in metri (La)	< 2,5	2,6-10	10,1-20	> 20	Metri; H = 16,2
Cd2 - Altezza canopy (h = m)	< 3	3-12	12-24	> 24	Media ponderata
Cd3 - Copertura degli alberi	< 30	30-60	60-90	> 90	(%)
Cd4 - Presenza di acqua	Nessuna	1 canale	2 canali	Ruscello naturale	W < la
Cd5 - Presenza di strade (Rd)	Trafficate	Non trafficate	Rurali	Sentiero	Rd < la
Cd6 - Interruzioni (> h)	> 4	3-4	1-2	0	N. in 10 volte h
Cd7 - Linearità	Rettilineo	Semi-rettilineo	Misto	Irregolare	Sull'intero tratto
Cd8 - Lavori di gestione	Potatura forte	Sagomatura	Marginali	Nessuno	O assimilabili
Cd9 - Permanenza (anni)	< 60	60-120	120-180	> 180	Età piante più vecchie
F. Caratteristiche della fitomassa epigea nella tessera					
F1 - Fitomassa morta	Quasi 0	Eccessiva	Media	Normale	Come % della viva
F2 - Profondità della lettiera	Quasi 0	< 1,5	1,2-3,5	> 3,5	Cm
F3 - Fm in volume	< 100	100-300	300-500	> 500	Fm in m³/ha = 120
E. Caratteristiche ecocenotopiche della tessera					
E1 - Specie dominanti (n.)	1	1-2	2-3	> 3	Tratto considerato
E2 - Ricchezza di specie	> 15	16-29	30-44	> 45	N. sp./tratto studiato
E3 - Presenza di specie caratteristiche (%)	< 5	6-20	21-80	> 80	Associazione fitosociologica o fitocenosi di riferimento
E4 - Specie alloctone (%)	> 10	10-4	< 4	0	Non appartenenti all'ecoregione della Ts
E5 - Piante infestanti (% di copertura)	Quasi completa	A macchie	Sporadica	Assenza	Sulla superficie totale della Ts
E6 - Individui ammalati	Danni evidenti o diffusi	Sospetto o poche piante	Rischio o solo qualche individuo	Nessuno	Considerare tutte le possibili malattie
E7 - Forme biologiche (n.)	< 3	4-5	6-7	> 7	Secondo Box 1987, modificato
E8 - Stratificazione verticale	1	2	3	4	
E9 - Capacità di rinnovo	Nessuna	Sporadica	Normale	Intensa	Della/e specie dominante/i
E10 - Stato dinamico	Degradazione	Ricreazione	Rigenerazione	Fluttuazione	
U. Caratteristiche della tessera in rapporto all'unità di paesaggio (UdP)					
U1 - Presenza di sp. di interno	Nessuna	Sporadiche	Poche	Molte	Sp. di foresta o arbusteto
U2 - Presenza di licheni	0	1-15	16-35	> 35	N. sp. corticicole
U3 - Caratteristiche di source o di sink	Sink (risucchio)	Neutrale	Sorgente parziale	Sorgente effettiva	In sp. e risorse
U4 - Connessioni del Cd	0	1	2	> 2	Nodi sul tratto di Cd
U5 - Partecipazione a una rete ecologica	Impossibile	Potenziale	Parziale	Effettiva	Situazione attuale
U6 - Source vs l'esterno	Sink	Neutrale	Parziale	Effettiva	Vedi teoria source-sink
U7 - Scambi di fauna ormitica	Poveri	Ridotti	Normali	Alti	Rispetto la matrice
U8 - Scambi di fauna vertebrata	Poveri	Ridotti	Normali	Alti	Rispetto la matrice
U9 - Funzioni paesistiche	Non chiare	1	2	> 2	Apparati paesistici
U10 - Permanenza nell'UdP (anni)	< 80	80-160	160-240	> 240	Presenza storica
U11 - Incorporazione dei disturbi	Insufficiente	Scarsa	Normale	Alta	Disturbi locali (vedi altri parametri collegabili)
U12 - Tipo di matrice	Urbana	Suburbana	Agricola	Semi-naturale	UdP attraversata
Risultati del rilevamento					
Y (= h+j+k+w)	h = 5	j = 9	k = 13	w = 7	Y = 520
Qualità della Ts (%)	Q = Y/1023				Q = 50,8
Stima della BTC [Mcal/m ² /anno]	BTC (cd) = 0,0072 (Y - 33) + 0,10 (Fm/75)				BTC = 3,66

Tabella 13.4 Sintesi dei rilievi vegetazione forestale e di filare nella UdP di Osio Sotto

Estensione tessera (ha)	BTC Tessera (Mcal/m ² /anno)	Estensione tessera (%)	BTC'
1,352	6,00	17,20	1,0321
1,148	5,60	14,61	0,8180
0,600	5,00	7,63	0,3817
1,700	4,70	21,63	1,0166
0,690	4,10	8,78	0,3599
1,004	4,00	12,78	0,5110
0,600	3,50	7,63	0,2672
0,135	3,00	1,72	0,0515
0,630	2,70	8,02	0,2164
= 7,86	//	100,00	4,65 (Mcal/m²/anno)
Estensione tessera (ha)	BTC Tessera (Mcal/m ² /anno)	Estensione tessera (%)	BTC'
0,138	3,70	3,08	0,114
0,35	3,60	7,81	0,281
0,36	3,30	8,04	0,265
0,432	3,00	9,64	0,289
0,21	2,80	4,69	0,131
0,460	2,60	10,27	0,267
1,250	2,40	27,90	0,670
1,280	1,80	28,57	0,514
= 4,48	//	100,00	2,53 (Mcal/m²/anno)

BTC' rappresenta il contributo ponderato di ogni tessera alla BTC media totale.

Tabella 13.5 Elementi componenti l'UdP in esame e stima della BTC media dell'UdP al 2009

Elementi	Estensione (ha)	Estensione % sul totale dell'UdP	BTC	BTC' (Mcal/m ² /anno)
Boschi a media BTC (4-6)	3,10	5,31	5,66	0,3005
Boschi a bassa BTC (< 4)	4,76	8,20	4,00	0,3280
Filari alberati alta BTC (> 3)	1,28	2,19	3,32	0,0727
Filari alberati a bassa BTC	3,20	5,48	2,22	0,1217
Piantagioni di alberi o arbusti	1,37	2,35	1,60	0,0376
Prati e prati foraggeri	38,12	65,30	0,65	0,4245
Coltivi a mais	4,20	7,19	0,85	0,0611
Aree residenziali o edificate	0,71	1,22	0,10	0,0012
Strade e sterrati	1,61	2,76	0,05	0,0014
Totale	58,38	100,00	-	1,35

Tipo di paesaggio in esame

Come sappiamo, il metodo clinico-diagnostico necessita di mettere in evidenza gli intervalli di normalità per i principali parametri ecologici, i quali sono ovviamente

diversi per tipo di paesaggio. Da un sopralluogo si può subito dedurre che siamo oggi in presenza di un paesaggio agricolo, ma l'ecologia del paesaggio distingue almeno 3-4 classi di paesaggio agricolo. Utile a questo

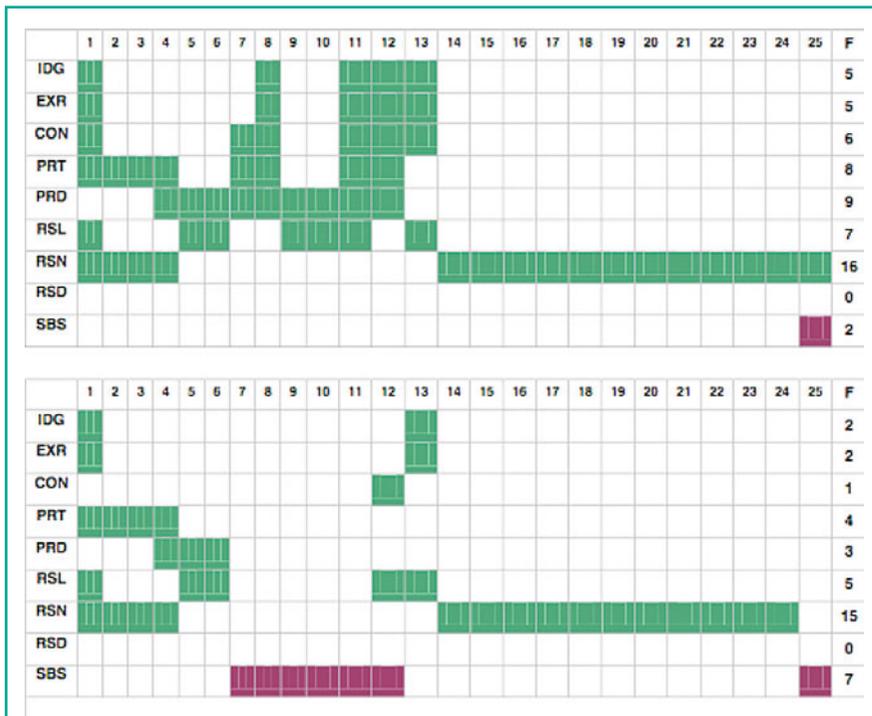


Fig. 13.4 Matrici di rilevamento dello schema strutturale dell'UdP in esame secondo il metodo delle linee segmentate (Forman e Godron, 1986. Con autorizzazione da John Wiley & Sons, Inc.). Si noti la pesante alterazione *ex post*. IDG, appar. idrografico; EXR, app. escretore; CON, connettivo; RES, app. resiliente

proposito può essere l'indicatore denominato "capacità ecologica complessiva dell'HU" (HuCE) che, ricorderemo, è funzione del rapporto BTC/HU e della capacità portante HS/HS* (σ), che nel nostro caso risulta: $HuCE = (HS/HS^* \times BTC/HU) = 12,7$. Tale valore esclude sia il paesaggio suburbano rurale sia l'agricolo forestale; non possiamo ascrivere l'UdP in esame all'agricolo produttivo a causa dell'esigua presenza di coltivi, quindi il paesaggio in esame risulta classificabile come "agricolo protettivo di pianura terrazzata", un tipo di paesaggio di valenza ecologica sicuramente maggiore del "produttivo semplice".

Rilievo della struttura: metodo delle "linee segmentate"

Tracciate alcune linee attraverso i gradienti ambientali più caratteristici dell'UdP in esame perpendicolari al Brembo, divise tali linee in segmenti di uguale lunghezza, si è proceduto al rilievo della presenza di elementi appartenenti agli apparati paesistici locali, formando una matrice, che mostra uno schema strutturale (vedi capitolo 7, paragrafo 7.1.4). Si è poi confrontato lo schema con la situazione *ex post*, come da Figura 13.4. Per conoscere meglio il contenuto di informazione H relativo all'elemento i -esimo legato a ogni livello di lettura si è utilizzata l'equazione: $H = \log_2 S!/F!$ (S -

$F!$ [bit]; con S pari al numero di segmenti totali che compongono la linea in esame e F al numero di segmenti nei quali l'elemento i -esimo è stato ritrovato (cioè la frequenza assoluta dell'elemento i -esimo). È pertanto possibile anche numericamente calcolare quale sia la risoluzione che fornisce il maggior contenuto di informazione globale.

Nella Figura 13.4 si riporta un esempio dell'elaborazione dei dati rilevati nell'UdP in esame nei due stati *ex ante* ed *ex post*. Risulta subito evidente anche a occhio la perdita di struttura. Procedendo nel calcolo si ottiene: nel caso *ex ante* l'informazione totale $H_{\text{exA}} = 40,449$ bit e nel caso *ex post* $H_{\text{exP}} = 30,737$ bit con una perdita di informazione pari al 24%. Estendendo a tutte e 4 le linee segmentate un calcolo simile si ottiene una perdita di circa 20%, passando dai 143,36 bit *ex ante* ai 118,59 bit *ex post*.

Valutazione della connessione

Si è utilizzato il modello dei grafi planari (vedi capitolo 7, paragrafo 7.1.5), avendo come scopo la misura delle connessioni esistenti tra gli elementi a vegetazione arborea e alto arbustiva all'interno di un ecosistema, quindi la verifica dell'esistenza o meno e delle condizioni di una rete ecologica. L'applicazione al caso in esame fa riferimento ai grafi di Figura 13.5.

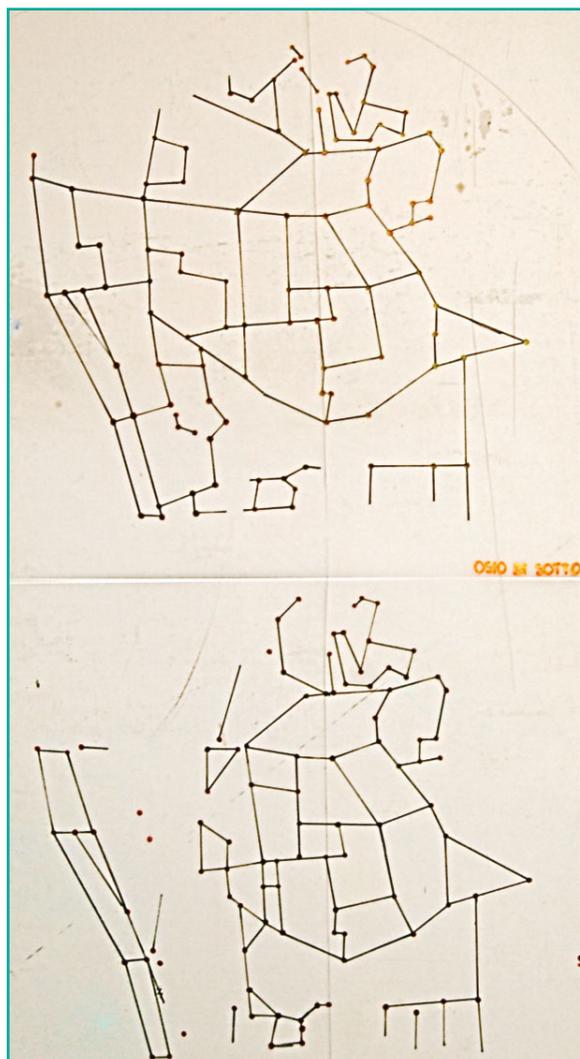


Fig. 13.5 Confronto fra i grafi planari che rappresentano i nodi e i legami di connessione nella UdP di Osio Sotto, nello stato *ex ante* (sopra) ed *ex post* (sotto), poi utilizzati per il calcolo di circuitazione e connettività

Nello stato ambientale *ex ante* risulta un *grafo unico*, con un indice $\alpha = 0,1776$ e $\gamma = 0,455$ ($\alpha + \gamma = 0,633$); mentre nello stato *ex post* si hanno 2 grafi distinti, che sommati danno: $\alpha = 0,116$ e $\gamma = 0,414$ ($\alpha + \gamma = 0,530$) con una perdita di connessione pari a circa il 16%, malgrado gli interventi di mitigazione.

Alterazione delle *potential core area* (PCA)

Come evidenziato nei precedenti capitoli, l'analisi della struttura di un'UdP non può fermarsi alle informazioni rilevate alle linee segmentate e al livello di connessione.



Fig. 13.6 Confronto fra le due PCA dell'UdP in esame. Sopra la situazione attuale, *sotto* la situazione a fine cantiere (tenuto conto delle mitigazioni). In *grigio* il disturbo primario, in *giallo* la prima fascia di *buffer*, in *ocra rossa* la seconda fascia tampone, in verde la PCA. Anche a prima vista emerge subito lo sconvolgimento strutturale dell'UdP. Misurando le rispettive PCA risulta una contrazione di circa 61%

È necessario cercare quale parte della struttura sia indenne da disturbi di vario tipo, quindi andare a individuare le cosiddette PCA (*sensu* Ingegnoli, 2002). Applicando il metodo di valutazione del sistema di aree indisturbate di importanza strategica (vedi capitolo 9, paragrafo 9.2.2), come si vede nella Figura 13.6, risulta che la PCA nel caso dello svincolo previsto subirà una

Tabella 13.6 Valutazione diagnostica dello stato attuale dell'UdP di Osio Sotto

Parametri ecologici	Normalità AGR.PRT	2009	Scarti 09	Score ID-09
HU (habitat umano)	42-68	68,65	0,9	2
HS/HS* (capacità portante)	3,0-12	6,47	ok	2
BTC UdP (Mcal/m ² /anno)	1,90-3,50	1,35	28,9	1
HuCE (HS/HS* × BTC/HU)	9,0-55	12,7	ok	2
BTC forestale (Mcal/m ² /anno)	6,50-7,00	4,66	28,3	1
RNT (superficie aree forestate)	20-55%	15,7	21,5	1
PRD (superficie aree agricole)	35-60%	72,5	ok	2
PRT (superficie filari e piantagioni)	5-8%	7,8	ok	2
RSD (superficie aree urbanizzate)	2-6%	1,22	ok	2
SBS (superficie mobilità e industria)	2-4%	1,61	ok	2
Struttura (bit)	140-180	143,4	ok	2
Estensione PCA (<i>potential core areas</i>)	50-65%	40,1	19,8	1
Connettività ($\alpha + \gamma$)	0,6-0,8	0,63	ok	2
Area tranquilla (< 60-63 db) (%)	> 60%	57,7	3,8	2
Barriere/asse parco (%)	0,5-6	7,1	18,3	1
Indice diagnostico (ID)	85-100	83,34		
Stato ecologico	normale	lieve scopenso		

Distance (%) evaluation scores: 0-10 = 2; 10-30 = 1; 30-60 = 0,5; > 60 = 0.

contrazione di oltre il 60%, con cambio di asse della PCa da E-O a N-S. Un vero sventramento dell'area sotto tutela del PLIS Basso Brembo.

Ulteriori parametri

Trattandosi di uno studio di impatto ambientale avente come principale disturbo quello autostradale, si è dovuto verificare il cambiamento dell'area di tranquillità relativa nell'UdP in esame. Per questo scopo si sono effettuati dei rilievi sul campo, con il fonometro, per verificare la fascia di disturbo attuale > 60 dB (Leq). Si è trovata una misura dell'ordine di grandezza di 170-180 m dalla A4 e di 140-150 m dalla provinciale. Le ipotesi per la stima allo stato *ex post* sono state riferite a una distanza minore dallo svincolo, a causa delle mitigazioni previste dalla grande opera: 120 m. Malgrado questa prudenza, le aree che dovrebbero rimanere più tranquille risultano 57,7% nel caso *ex ante* e 27,7% nel caso *ex post*, con una contrazione di circa 52%. Trattandosi di una zona vincolata a parco ciò sarà un impatto assai rilevante.

Un ulteriore parametro ecologico è il *cambiamento dell'effetto barriera* che l'asse nord-sud dell'area Parco incontra oggi rispetto all'effetto nel caso *ex post*. Oggi la linea che passa dall'asse del parco Basso Brembo incontra le due barriere, dell'autostrada A4 e della Provinciale, per un totale di metri 56/790 = 7,09%; dopo l'intervento l'effetto barriera, aumentato dalla presenza dello svincolo, sarà pari a metri 332/790 = 42,03%. Anche in questo caso un aumento più che notevole.

13.2 Valutazione diagnostica dell'UdP

13.2.1 Lo stato *ex ante*

Come è stato sottolineato (vedi capitolo 4, paragrafo 4.3), ogni sistema biologico – quindi anche un paesaggio – oltre a trasformarsi, può andare incontro ad alterazioni del suo stato e tale *alterazione* può diventare *patologica* in diverse condizioni. Si osservi la Tabella 13.6 relativa allo stato ambientale *ex ante* (stato attuale). In essa sono elencati i 15 parametri ecologici rilevati e già esposti nel paragrafo dei risultati, i loro intervalli di normalità, gli scarti percentuali dalla norma rispetto ai valori riscontrati e gli indici diagnostici per parametro (ID-09). Gli intervalli di normalità sono riferiti al tipo di paesaggio dell'UdP, cioè quello agricolo-protettivo, caratterizzato cioè da campi agricoli con filari e macchie boscate, i cui valori di normalità sono dedotti dal manuale di Ingegnoli e Giglio (2005) e successive elaborazioni (vedi capitolo 9, paragrafo 9.4.1).

Il punteggio di valutazione parametrica è effettuato per classi di scarti dalla norma come da paragrafo 9.4.2. Si noterà che 10 parametri su 15 sono pienamente nella norma, e dei rimanenti 5 nessuno ha scarti superiori al 30%. Ciò significa che, malgrado l'autostrada A4 sia stata allargata, questa UdP del parco Basso Brembo è abbastanza in buono stato ecologico. Per definire meglio il grado di patologia ecopaesistica ci si riferisce alla

Tabella 13.7 Valutazione diagnostica dello stato futuro (2022) dell'UdP di Osio Sotto

Parametri ecologici	Normalità AGR.PRT	A 10 anni	Scarti 22	ID-22
HU (habitat umano)	42-68	71,2	7,9	2
HS/HS* (capacità portante)	3,0-12	6	ok	2
BTC UdP (Mcal/m ² /anno)	1,90-3,50	1,27	34,2	0,5
HuCE (HS/HS* × BTC/HU)	9,0-55	10,7	ok	2
BTC forestale (Mcal/m ² /anno)	6,50-7,00	4,56	29,85	1
RNT (superficie aree forestate)	20-55%	17,1	14,5	1
PRD (superficie aree agricole)	35-60%	52,7	ok	2
PRT (superficie filari e piantagioni)	5-8%	5,45	ok	2
RSD (superficie aree urbanizzate)	2-6%	1,22	ok	2
SBS (superficie mobilità e industria)	2-4%	20,6	515	0
Struttura (bit)	140-180	118,6	15,3	1
PCA (estensione <i>potential core areas</i>)	50-65%	15,6	68,8	0
Connettività ($\alpha + \gamma$)	0,6-0,8	0,53	15,9	1
Area tranquilla (< 60-63 dB) (%)	> 60%	27,7	53,8	0,5
Barriere/asse parco (%)	0,5-6	42	700	0
Indice diagnostico (ID)	85-100	56,67		
Stato ecologico	normale	alterazione		

Distance (%) evaluation scores: 0-10 = 2; 10-30 = 1; 30-60 = 0,5; > 60 = 0.

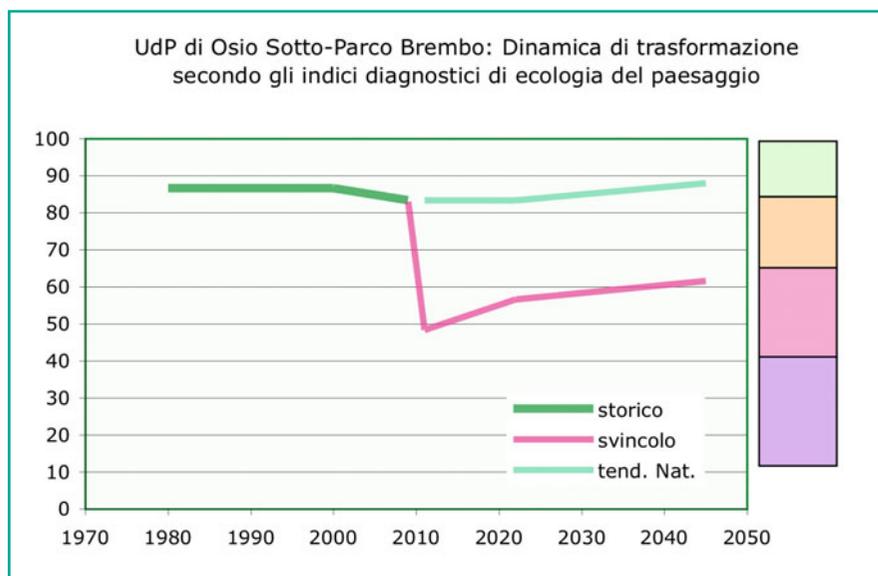


Fig. 13.7 Si noti che lo sviluppo storico dell'UdP in esame ha una tendenza naturale a tornare ai margini della normalità; invece, le prospettive della trasformazione dovuta allo svincolo non riusciranno a uscire dall'ambito dell'alterazione. L'area fra la tendenza naturale e l'alterazione dovuta allo svincolo misura il deficit di trasformazione, insostenibile in una zona a parco. A destra i livelli patologici: verde = classe I (assenza di patologie), arancio = classe II; rosa = classe III; viola = classe IV (morte del sistema)

Tabella 9.17 del capitolo 9. Da tale gradiente si constata come lo stato odierno dell'UdP in esame sia in *classe diagnostica II*, che denota uno stato di lieve scompenso ecologico, per ora non lontano dalla normalità. Da una stima dello stato ecologico di 10 anni fa risulta che l'UdP era ancora pienamente nella norma per un tipo di paesaggio agricolo-protettivo, dato il fatto che l'A4 non era stata ancora allargata.

13.2.2 Ex post: previsioni di controllo

L'applicazione di un indice diagnostico (ID) a un opportuno insieme di parametri ecologici è utile per capire lo stato attuale e la tendenza rispetto al passato, come per valutare scenari di trasformazione nel prossimo futuro. Siamo quindi in grado di stabilire, con un notevole livello di certezza, la diagnosi nella pre-

visione di trasformazione dell'UdP in esame a) durante l'apertura del cantiere e b) dopo la costruzione dello svincolo dell'autostrada Pedemontana con la A4. Questo studio si è svolto nel 2009, di conseguenza come riferimenti temporali si possono ipotizzare ragionevolmente l'anno 2013 e l'anno 2025, dovendo lasciare almeno 2-3 anni per il cantiere e 10-11 anni di tempo per la crescita degli interventi di mitigazione e compensazione a verde previsti dal progetto di svincolo (Tabella 13.7).

Dalla stima dello stato ecologico a cantiere aperto (2011), si può subito comprendere che, anche se considerassimo una tolleranza del 4-5% nelle previsioni a favore di un minor impatto ambientale, e cioè un valore di ID > 48,33 (per esempio $48,3 \times 1,04 = 50,2$), avremmo un cambiamento di stato ecologico in tempo brevissimo (2009-2011) che farebbe precipitare l'indice diagnostico da 83,3 a 50,2 (o addirittura 46,4), con una perdita di oltre il 40-55% del valore ID odierno (Fig. 13.7).

Volendo stimare lo stato ecologico dopo 10 anni dalla chiusura del cantiere (2025), dovremo tenere conto delle opere di mitigazione e compensazione proposte dal progetto di svincolo in esame. Si pensa che la situazione ambientale dell'UdP di Osio Sotto dovrebbe migliorare, ma non abbastanza, dato che se si elaborano i dovuti calcoli di previsione, ID non raggiunge che valori intorno a 56-57%.

Osservando la Figura 13.7 si può valutare l'ordine di grandezza del deficit di trasformazione, che risulterebbe essere l'area compresa fra la linea a ID = 83 → 86% e la spezzata sottostante (ID = 48 → 61,7%) pressoché parallela dopo il 2022, quindi un deficit non solo molto grande ma praticamente *irreversibile*.

A questo punto si deve osservare che il controllo della dinamica in seguito all'applicazione dell'ID può servire, in casi come questo, a ipotizzare un intervento meno distruttivo di quello proposto dal Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde. Anche se esula dagli obiettivi richiesti al presente studio di impatto ambientale, si può garantire che è possibile all'incirca dimezzare i disturbi non incorporabili dalla UdP in esame, per esempio ruotando l'asse dello svincolo verso ovest, con allacciamento alla A4 spostato di circa 1,2-1,5 km ovest.

13.3 Studio di impatto sul nucleo abitato della ex Cascina Malpensata

13.3.1 La ex Cascina Malpensata e il rumore

Come si vede dalle mappe dell'UdP in esame, la zona nell'angolo N-E mostra un nucleo abitato, in area attualmente rurale (vedi Fig. 13.3). Tale nucleo si è formato attorno ad alcuni edifici rurali antichi, e non fa parte della vicina zona industriale. Dall'autostrada A4 si vede poco, essendo distante circa 70 m e coperto da quinte di alberi, e dà l'impressione di essere un piccolo nucleo. In realtà, come si evince dalle fotografie qui riportate (Fig. 13.8), l'estensione non è trascurabile (insediamento complessivo di oltre 0,5 ha, circa 5300 m²).

Attualmente, dopo l'allargamento della A4, il nucleo abitato registra livelli di rumore facilmente misurabili.



Fig. 13.8 Il nucleo abitato dell'ex cascina Malpensata, visto dalla corte interna, abbastanza vasta. Si noti il nuovo edificio residenziale sulla destra. A lato, parte del complesso dall'esterno

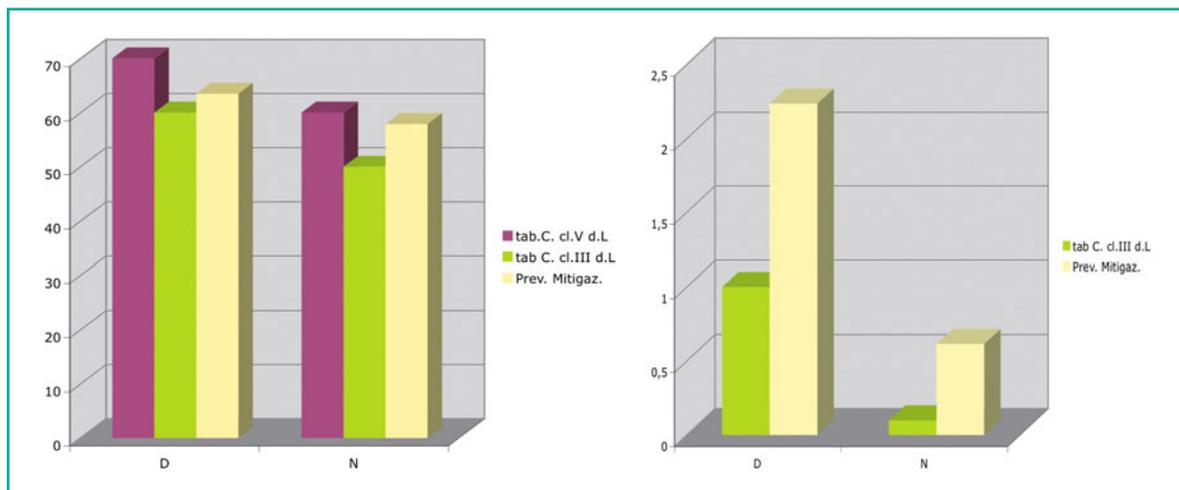


Fig. 13.9 Comparazione fra i limiti di legge pertinenti al nucleo misto in esame ($Leq(G) = 60$ dB, $Leq(N) = 50$ dB (istogramma colore verde), alle aree industriali (colore viola) e i rumori immessi a piano terra secondo le previsioni dopo la mitigazione del CIIL (colore avorio), rispettivamente 63,5 dB e 57,9 dB. Si noti dal grafico l'apparentemente piccola differenza in dB. A destra, gli stessi valori vengono ora comparati sulla base della reale intensità sonora, misurata in W/m^2 . Contro un limite di legge di $1 W/m^2$ (zone miste) il progetto propone – attraverso gli interventi di mitigazione previsti – di abbassare il livello di intensità sonora a $2,24 W/m^2$ (più del doppio del livello consentito), mentre per la notte contro un valore di $0,1 W/m^2$ (zone miste) si propone una mitigazione a $0,62 W/m^2$, cioè 6 volte tanto!

Nelle parti più esposte, per esempio ingresso dell'ex cascina, di giorno a piano terra si può registrare un valore medio (Leq)¹ pari a dB 61,76, peraltro confermato dal quasi identico valore (dB 61,7) dello "Studio Acustico" del Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde (CIIL). Nelle zone meno esposte, cioè in direzione non perpendicolare ma parallela alla A4, e più distanti da essa (circa 85 m), il rumore scende a valori intorno ai 57-58 dB, quindi con un'intensità sonora (W/m^2) dimezzata.

La trasformazione della UdP dopo la costruzione dello svincolo in oggetto porta altre fonti di rumore, peraltro non facili da mitigare, data la complessità del sistema di svincolo e le diverse quote delle strade di accesso, di cui alcune decisamente sopraelevate. Le distanze dal nucleo abitato sono sempre limitate, in buona parte

inferiori a 80-100 m. Lo stesso Studio Acustico CIIL riporta una stima di valori dopo mitigazione: si prevedono valori di 63,5 dB di giorno e 57,9 di notte rispetto a un ricettore nel nucleo residenziale in esame, essendo i limiti $Leq(G)$ e $Leq(N)$ rispettivamente dB 70 e dB 60 (pag. 13 dello Studio Acustico). Tali valori però *non sono accettabili*, per le seguenti evidenti ragioni:

1. il nucleo abitato si compone di 8 edifici, 4 di abitazione e 4 rustici; esso non fa parte delle zone industriali, come abbiamo già ribadito. Si tratta di una zona mista, residenziale e rurale, peraltro con presenza di un edificio di importanza storica;
2. secondo la tab. C allegata al decreto 14 novembre 1997 sulla "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore", richiamata dall'art. 3 (Valori limite assoluti di immissione), i limiti di riferimento per una zona residenziale sono $Leq(G) = 55$ dB, $Leq(N) = 45$ dB, o, in alternativa, rispettivamente 60 e 50 (classe III, aree di tipo misto);
3. calcolando l'intensità sonora (che rappresenta il *livello sonoro percepito*), misurato in W/m^2 , relativa ai limiti di legge dell'art. 3 del citato decreto, le differenze si marcano maggiormente. Infatti, contro un valore limite assoluto di immissione di $1 W/m^2$ (G) e di $0,1 W/m^2$ (N), il progetto – prendendo come riferimento, invece, i limiti propri delle zone industriali

¹ Si definisce *livello sonoro* β di un suono di intensità I , il logaritmo in base 10 del rapporto I/I_0 ; $\beta = \log(I/I_0)$ dove $I_0 = 10^{-12} W/m^2$ è l'intensità di riferimento. Il livello sonoro si misura in *decibel* (dB). Il livello di pressione sonora (L_p), che esprime il valore della pressione acustica di un fenomeno sonoro, è dato dalla relazione seguente: $dB = L_p = 10 \log(P/P_0)^2 = 20 \log(P/P_0)$ dB, mentre il *livello continuo equivalente* di pressione sonora ponderato "A" $Leq(A)$ è il parametro fisico adottato per la misura del rumore, definito dalla relazione analitica seguente: $dB(A) = Leq(A) T = 10 \log[1/T \int_0^T P_a^2(t)/P_0^2 dt]$.

(classe V, aree prevalentemente industriali) pari a 10 W/m^2 – propone, attraverso gli interventi previsti, di mitigare il livello di intensità sonora a $2,24 \text{ W/m}^2$ per il giorno e di $0,62 \text{ W/m}^2$ per la notte. Come si vede (Fig. 13.9), tali impatti sono inaccettabili.

13.3.2 Altri impatti

Come risulta dal recente testo scientifico *Road Ecology: Science and Solutions* coordinato da Richard Forman (2002), molti sono i disturbi causati dalla vicinanza di strade importanti e autostrade. Volendo riassumere in sintesi estrema almeno i principali, si riporta quanto segue:

1. *inquinamento luminoso*: può rivelarsi molto alto nella zona residenziale perché le luci dello svincolo (auto + lampioni ad alta energia) vengono a sommarsi con le luci della A4. Tale luminosità notturna riduce di molto gli effetti del fotoperiodismo biologico, con conseguenze negative sulla salute;
2. *metalli pesanti e PCB*: questi inquinanti, cancerogeni, possono arrivare a livelli pericolosi fino a 200 m dal bordo delle autostrade, quindi il nucleo residenziale in oggetto sarebbe pienamente interessato da un fenomeno di raddoppio (e oltre, perché la sovrapposizione non è lineare) delle quantità già provenienti dalla A4;
3. *polveri sottili*: basti pensare che uno studio del 2006 (Finzi et al.) sulla A4 stimava le PM10, comprensive di risospensione, in 40-100 kg/h rispettivamente per autoveicoli e autocarri pesanti;
4. *NOx e CO*: la stessa fonte sulla A4 (Finzi et al., 2006) stimava da 100 a 200 kg/h l'emissione per autoveicoli (a 60 km/h) che potevano più che raddoppiare per velocità crescenti.

La salute umana non è solo minacciata dagli inquinamenti diretti, ma anche dal rilevamento, spesso inconscio, delle alterazioni strutturali dei sistemi di ecosistemi. Volendo approfondire l'insieme dei principali danni alla salute dovuti a cause ambientali possiamo riferirci alla Tabella 4.4 (capitolo 4). Noteremo che le sindromi sono molte e comprendono le maggiori cause di mortalità nelle nazioni moderne. Si noti che su nove gruppi di patologie, solo tre sono in prevalenza dipen-



Fig. 13.10 La memoria di un paesaggio agricolo protettivo di pianura terrazzata, di valenza ecologica strategica per la biodiversità paesistica della Pianura Padana e per il parco del Brembo

denti dagli inquinamenti. Osserviamo inoltre che in quasi tutti i casi vi è un concorso di cause ambientali diverse e che lo stress ambientale può influire e peggiorare non solo le cardiopatie ischemiche, ma anche le anomalie al sistema immunitario (vedi capitolo 4, paragrafo 4.4).

È evidente che, in caso di assoluta necessità politica e tecnica, la costruzione di una infrastruttura importante come l'autostrada Bergamo-Canton Ticino, potrebbe richiedere qualche concessione anche in area di tutela ambientale come il parco in oggetto. Deve però essere chiaro che, allora, è assolutamente indispensabile cambiare progetto di svincolo ed effettuare un'approfondita e adeguata serie di studi di controllo ambientale, per la valutazione diagnostica del progetto con minor impatto. Con i principi e i metodi dell'ecologia del paesaggio biologico-integrata ciò non solo è possibile, ma auspicabile.

Con costernazione si apprende che nel 2010 il TAR del Lazio, competente per i ricorsi giuridico-amministrativi quando le opere pubbliche sono finanziate dal CIPE, ha respinto le osservazioni (che comprendevano anche questo studio VIA) e quindi si deve presumere che anche questo scempio ambientale sarà perpetrato...

Come conclusione del presente studio di impatto ambientale, si mostra una fotografia (Fig. 13.10) del tipo di paesaggio che verrà snaturato e alterato in modo così miope.

Criteria avanzati nella conduzione di una valutazione ambientale strategica: studio pilota in Trentino

14.1 Il metodo e le analisi preliminari

14.1.1 Un metodo più avanzato per lo studio della VAS

Lo scopo di questo studio è di dimostrare l'importanza delle applicazioni della bionomia del paesaggio negli studi di valutazione ambientale strategica (VAS). Come discusso nel capitolo 10, paragrafo 10.2.5, il territorio non può più essere considerato come un supporto geografico alle attività degli organismi, uomo compreso; deve invece essere riconosciuto come formato da sistemi ipercomplessi adattativi, quindi da entità viventi. Se sottoponiamo i criteri basati sulle linee strategiche VAS con la vision del piano urbanistico provinciale (PUP) Trentino alla luce della *biological integrated landscape ecology*, vedremo emergere dei limiti inequivocabili, perché l'approccio PUP considera di fatto l'economia come capace di *gestire anche l'ecologia*, quindi:

- non si parla di ambiente in senso *bio-geo-sistemico*;
- non viene richiesto nulla sulla *dinamica storica di sistema*;
- non viene richiesto un *metodo clinico-diagnostico* per l'individuazione dello stato ecologico;
- non si parla di *piano* come mezzo per *interventi terapeutici* che riguardano un *bio-geo-sistema* complesso.

Risulta quindi indispensabile indirizzarsi verso nuovi approcci. La bionomia del paesaggio è in grado di proporre una metodologia per lo studio della VAS, le cui fasi principali sono state riassunte (vedi capitolo 10, paragrafo 10.2.5) nel seguente modo:

1. inquadramento e delimitazione delle unità di paesaggio (UdP);
2. rilevamento delle componenti territoriali attuali;

3. anamnesi e stima delle componenti nel passato;
4. operazioni di analisi dei parametri ecologici principali;
5. studio della vegetazione ed elaborazione dei risultati;
6. elaborazione dei parametri valutativi necessari;
7. diagnosi dello stato ecologico attuale;
8. indicazioni terapeutiche di intervento;
9. verifica e controllo della pianificazione proposta;
10. valutazione *ex post* ed eventuali correzioni;
11. diagnosi di progetto e controllo strategico.

14.1.2 Le componenti del paesaggio e le prime analisi

1. Le unità di paesaggio

Come già evidenziato nelle analisi della struttura del paesaggio, la prima operazione che è stato necessario effettuare nell'impostazione dello "Studio pilota" per il Comune di Mori, è stata l'identificazione delle unità ecologiche che compongono il territorio comunale, perché appunto una corretta VAS deve essere in grado di considerare e differenziare le sensibilità ecologiche di ogni singolo sottosistema. Pertanto, dopo un sintetico inquadramento delle unità di paesaggio (Fig. 14.1), cerchiamo di riassumere, sempre in estrema sintesi, i passi successivi del suddetto metodo.

2 e 3. Le componenti attuali e storiche

I punti 2 e 3 hanno richiesto molto lavoro, in quanto i dati storici hanno dovuto essere misurati sulla ricomposizione della cartografia asburgica e quelli attuali forniti dal Comune non erano completi. Ci limiteremo a riportare nella Figura 14.2 i dati riassuntivi, da cui si noterà una diminuzione delle aree agricole contro un

Fig. 14.1 Suddivisione del territorio di Mori (TN) in quattro unità di paesaggio (UdP). In senso orario, dal basso: 1 - Mori (1175,2 ha - violetto); 2 - Loppio (601,5 ha - rosa); 3 - bassa val di Gresta 847,1 ha - verde; 4 - monte Biaena, versante sud (835,9 ha - azzurro). A fianco le forti differenze ambientali delle UdP

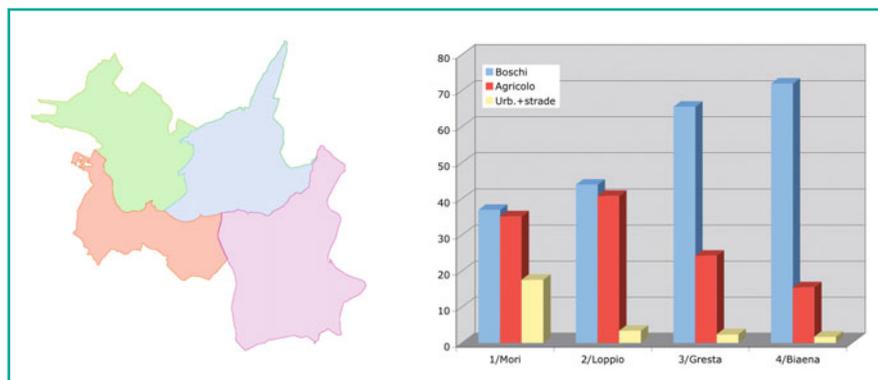
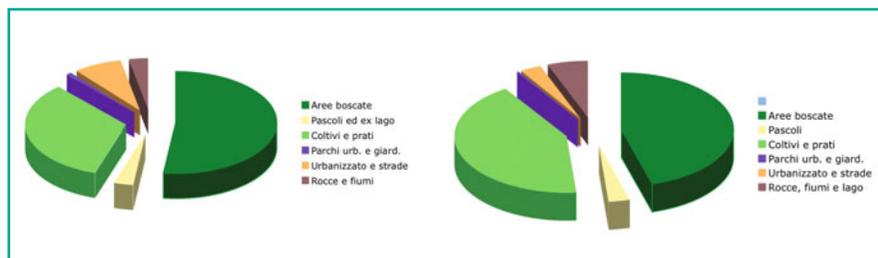


Fig. 14.2 Quantificazione dei principali elementi paesistici nell'intero territorio del comune di Mori al 2007 (a sinistra) e al 1860 (a destra). Si noti la contrazione delle aree agricole e del pascolo e l'espansione delle aree urbanizzate



aumento delle foreste e dell'urbanizzato.

4. Analisi dei parametri ecologici

Si riportano, in primis, l'elaborazione per ogni UdP degli indicatori di habitat umano (HU) e capacità portante (HS/HS*), rispettivamente pari a HU = 40,7% e $\sigma = 3,35$ per l'intero comune, ma assai differenziati per le 4 UdP:

- UdP1, Mori HU = 57,9% e $\sigma = 0,60$;
- UdP2, Loppio: HU = 45,5 $\sigma = 5,3$;
- UdP3, Val Gresta, HU = 30,5 $\sigma = 3,04$;
- UdP4, monte Biaena, HU = 23,3 $\sigma = 6,1$.

Le analisi comprendevano anche i parametri del rio Gresta-Cameras, in gran parte canalizzato, la cui efficienza ecologica è assai bassa, come si può vedere dalla Figura 14.3.

14.2 Studio della vegetazione e le valutazioni ecologiche

14.2.1 La vegetazione di Mori

Lo studio della vegetazione e l'elaborazione dei suoi risultati, ha richiesto addirittura oltre un anno di tempo, dato che i dati a disposizione erano limitati alla descrizione sommaria delle parcelle forestali come produ-

zione legnosa. I rilievi delle tessere forestali e di quelle agricole sono stati condotti secondo il metodo LaBISV (vedi capitolo 5, paragrafo 5.1.2) (*sensu* Ingegnoli, 2002; Ingegnoli e Giglio 2005; Ingegnoli e Pignatti, 2007). Si rimanda, in ogni caso, al capitolo 17 "Proposta di nuovi criteri per la creazione di una carta ecologico-paesistica della vegetazione" che parla eminentemente degli studi per la vegetazione di Mori.

Le formazioni forestali nel territorio di Mori sono parecchie, 23, tutte cartografate in modo opportuno (vedi capitolo 17). I tipi di formazioni dominanti sono i querceti misti (Orno-ostrieti) per quasi il 60% del territorio forestato, da quota 200 fino a circa 700; seguono poi le pinete, soprattutto a pino silvestre, per circa l'11,5%; poi le peccete montane e le peccete miste, da quota 850 fino a 1350, per circa il 9%; infine le faggete e le faggete miste per circa il 5,5%. Le tessere di bosco più rappresentative sono state studiate approfonditamente, sempre con metodi derivati dalla bionomia del paesaggio.

Per le tessere agricole si rimanda alla Tabella 14.1, dove si riportano alcuni rilievi, soprattutto dei coltivi più frequenti, cioè le vigne, che si presentano con BTC variabile fra 1,35 e 2,36 Mcal/m²/anno.

L'elaborazione forse più significativa è stata quella che ha permesso di arrivare a stimare la BTC media per

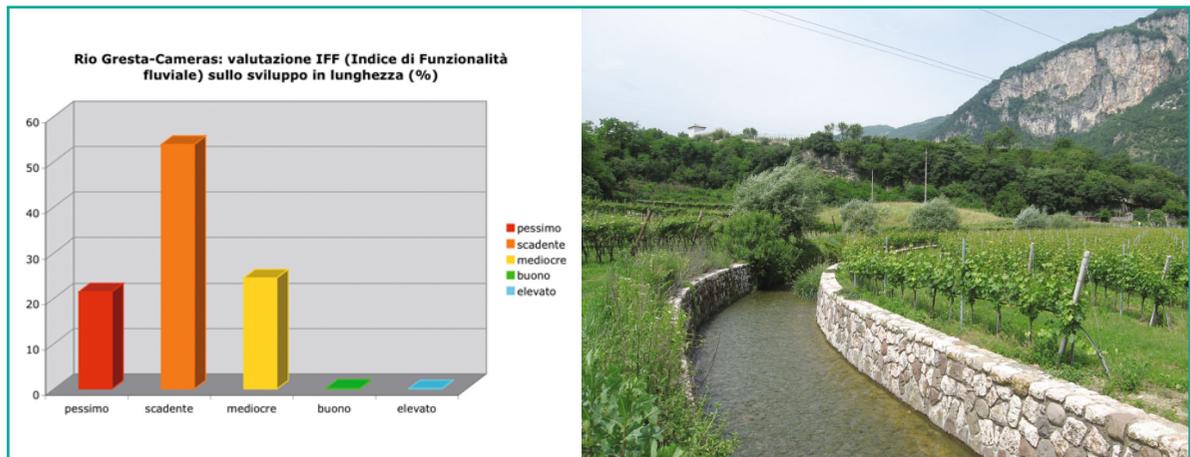


Fig. 14.3 Situazione di alterazione ambientale del sistema idrografico: *a sinistra*, lo stato del rio Gresta/Cameras, valutato con gli indici IFF (funzionalità fluviale); *a destra* un tratto canalizzato di un analogo rio che scende dai colli di Besagno

Tabella 14.1 Rilievo dei campioni di tessere vegetate della componente agricola nel comune di Mori

Tessere vegetate	Località	Ril.	Qt	Qf	Qe	Qu	BTC	Fm	Hv
Vigneto I	Besagno	1	57,7	9,5	49,6	37,3	1,93	13,5	2,5
Vigneto II	Piantino/vgr.	2	28,1	9,5	47,8	31,3	1,47	10,6	2,3
Vigneto III	Stadio/Mori	3	33,8	9,5	42,8	23,8	1,35	12	2,5
Vigneto IV	Terrazzo/Mori	4	45,9	9,5	48,2	33,7	1,71	11	2,4
Vigneto V	Valle S. Felice	11	29,6	12,6	45	36,9	1,63	12,5	2,3
Vigneto VI	Valle S. Felice	12	50,5	36,9	65,7	45,6	2,36	14	2,4
Campo patate	Sud di Nomesino	5	17,4	7,6	65,8	50,2	0,71	0,9	0,7
Campo verze I	Nagia/vgr.	6	34,2	37,6	74,8	53,9	0,97	2,5	arato
Campo verze II	Pannone/vgr.	7	44,5	26,9	62,2	41	0,87	2,5	0,4
Prato II	Nagia/vgr.	10	27,7	21,9	61,9	39,2	0,59	0,7	0,7

BTC, capacità biologico-territoriale della vegetazione [$\text{Mcal/m}^2/\text{anno}$]; *Fm*, fitomassa media per tessera [m^3/ha e/o kg/m^2]; *Hv*, altezza media della vegetazione; *Q*, qualità della vegetazione [%]; *Qe*, qualità dei parametri di ecocenotopo; *Qf*, qualità dei parametri di fitomassa; *Qt*, qualità dei parametri di tessera; *Qu*, qualità dei parametri di paesaggio.

le 4 UdP, come risulta dalla Tabella 14.2. Per ogni UdP sono state calcolate le medie di superficie e BTC, a partire dai rilievi delle tessere forestali, che erano in totale una sessantina per 1800 ha di boschi, quindi una tessera di circa 1 ha ogni 30 ha. Le tipologie di foresta sono state accorpate a partire dalle dominanti, in 6-7 per UdP e la BTC per unità di paesaggio è stata calcolata con media ponderata. I risultati sono piuttosto diversi:

- $BTC_1 = 4,87 \text{ Mcal/m}^2/\text{anno}$, per l'UdP1;
- $BTC_2 = 5,08 \text{ Mcal/m}^2/\text{anno}$, per l'UdP2;
- $BTC_3 = 5,40 \text{ Mcal/m}^2/\text{anno}$, per l'UdP3;
- $BTC_4 = 5,89 \text{ Mcal/m}^2/\text{anno}$, per l'UdP4.

Si può aggiungere che la presenza di boschetti di pino nero austriaco (per esempio sul monte Garda) presentano caratteri peculiari. Anche se risultano in pre-

valenza da impianto, abbiamo trovato qualche rinnovo e diverse specie del *Fraxino orni-Pinetum nigrae* Martin Bosse (1967) descritto per il Carso triestino da Poldini (1989) come caso unico, quali per esempio *Amelanchier ovalis*, *Lembotropis nigricans*, *Erica carnea*, *Goodiera repens*, *Sesleria* sp. ecc. Quindi, pur essendo seminaturali, dovrebbero essere mantenuti, in quanto rappresentano le macchie boschive più occidentali per tale associazione.

Per quanto riguarda lo studio degli spettri corologici delle foreste, elaborati dalle tessere rilevate per ogni UdP, si deve dire che (Tabella 14.3) le specie originarie di ambiente freddo sono proporzionali alle quote medie e agli indici di Ellenberg (Pignatti, 2005) per luce e temperatura dei boschi nelle varie UdP, passando da

Tabella 14.2 Valutazione della biopotenzialità territoriale media della vegetazione forestale per le 4 UdP di Mori

UdP1 Mori	ha	%	BTC'	BTC ponderata
Ostrieti	273,35	63,10	5,05	3,187
Pinete (P.n.)	40,07	9,25	5,27	0,487
Alloctone	46,50	10,73	4,03	0,433
Castagneti	34,36	7,93	4,96	0,393
Robinieti	32,89	7,59	4,20	0,319
Altre formazioni	6,00	1,39	3,90	0,054
Totale	433,17	100,00		4,873
UdP Loppio	ha	%	BTC'	BTC ponderata
Ostrieti	205,43	77,81	5,01	3,898
Faggete miste	21,72	8,23	5,85	0,481
Robinieti	19,84	7,51	4,20	0,316
Peccete miste	9,85	3,73	6,50	0,242
Altre formazioni	5,05	1,91	4,96	0,095
Pinete (P.s.)	2,14	0,81	5,40	0,044
Totale	264,03	100,00		5,076
Saliceti	56,79	21,51	3,70	
UdP V. Gresta	ha	%	BTC'	BTC ponderata
Ostrieti (90%)	296,76	53,51	5,11	2,734
Ostrieti arbustivi (10%)	32,97	5,94	3,00	0,178
Pinete (P.s.+ P.n.)	81,98	14,78	6,00	0,887
Peccete (e Pc. mix)	42,60	7,68	7,40	0,568
Lariceti misti	57,96	10,45	6,00	0,627
Robinieti	19,19	3,46	4,20	0,145
Faggete miste	16,43	2,96	6,18	0,183
Altre formazioni	6,72	1,21	6,00	0,073
Totale	554,61	100,00		5,396
UdP M. Biaena	ha	%	BTC'	BTC ponderata
Ostrieti	299,37	49,78	4,97	2,474
Pinete (P.s.)	88,09	14,65	5,90	0,864
Faggete (e Fg. mix)	62,21	10,34	7,23	0,748
Peccete (e Pc. mix)	109,01	18,13	7,60	1,378
Altre formazioni	39,47	6,56	6,00	0,394
Robinieti	4,50	0,75	4,20	0,031
Totale	602,65	100,21		5,889

7,2% (Mori) a 17,6% (Biaena). Le specie stenomediterranee sono ovunque pressoché assenti, mentre le eurimediterranee sono soprattutto concentrate nell'UdP1 di Mori (più di tre volte che a Loppio, a parità di quota media), nonostante questa UdP rimanga distante dagli indicatori di mediterraneità. Nella Figura 14.4 si possono apprezzare meglio i confronti fra le 4 UdP: le specie alloctone (esotiche) sono abbastanza poche, tranne che a Mori, ma si ricorda che solo nell'UdP4 (Biaena) i boschi dominati dalle specie alloctone sono limitati.

14.2.2 Altre valutazioni ecopaesistiche

Nella fase 6, elaborazione dei parametri valutativi necessari, si sono calcolati la BTC media storica per ogni

UdP, la dinamica delle classi di BTC nei riferimenti storici 1860, 1954 e 2007, gli apparati paesistici, la misura della metastabilità generale (LM), le trasformazioni del territorio, la distribuzione delle *core area* nel sistema di macchie residuali, il grado di connessione degli elementi delle UdP, la sensibilità faunistica nell'area di passaggio fra i gruppi del monte Baldo e dello Stivo. Non è possibile qui riportare tutti questi studi: si presenterà qualche valutazione, a titolo di esempio.

Sono particolarmente interessanti le trasformazioni dell'ambiente. Confrontando le fotografie del 1905 e quelle di oggi si noteranno evidenti cambiamenti. Un aumento dei boschi nelle pendici sassose dei monti, ma anche una eliminazione delle alberature nei fondovalle (Fig. 14.5a). Come si vede dalla Figura 14.5b (grafico a barre), gli incrementi di aree forestali sono

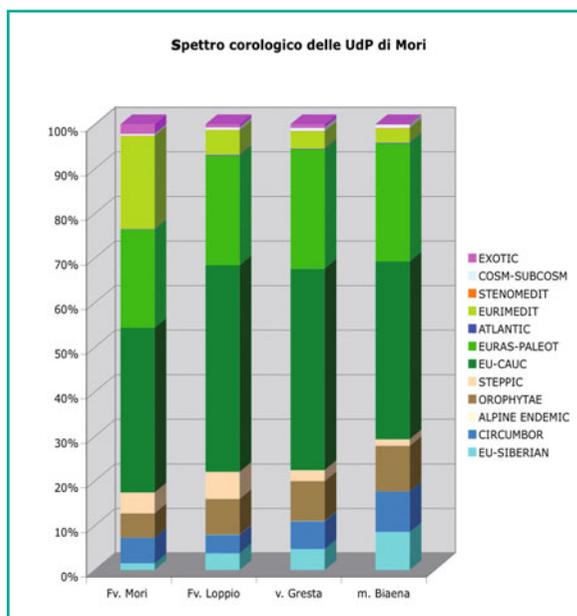


Fig. 14.4 Confronto fra gli spettri corologici della vegetazione forestale rilevata nelle quattro unità di paesaggio del comune di Mori. Si notino gli effetti dovuti alle fasce vegetazionali diverse: due basali (UdP 1 e 2) e due montane e i conseguenti aumenti nelle orofite, eurosiberiane e circumboreali. Si osserva anche una presenza assai rilevante di euromediterranee nell'UdP1, malgrado questa UdP rimanga distante dagli indicatori di mediterraneità

sensibili nelle UdP di fondovalle, che però presentano esagerate componenti di boschi alloctoni o misti a esotiche (per esempio quasi 1/5 dei boschi di Mori!), mentre gli incrementi di BTC media sono maggiori degli incrementi boschivi solo nelle UdP di montagna, sono comunque contenuti e soprattutto le BTC forestali rimangono anche qui nettamente inferiori ai valori di normalità ecologica.

Nella Figura 14.6 si presenta lo stato della dinamica dell'UdP3 (bassa val di Gresta) rispetto alla metastabilità generale (LM). Diminuendo l'habitat umano cresce la LM ma di poco, così che la distanza dalla curva di normalità ottimale rimane troppo grande: anche considerando una tolleranza del 15-16%, lo scarto dalla norma rimane intorno al 32%, di fatto simile a quello dei tempi passati. Segno che tale alterazione va curata in modo opportuno. Non tutte le UdP sono però in stato così alterato.

Denso di significato è risultato l'utilizzo delle classi standard di BTC (vedi capitolo 7, Fig. 7.7), che rappresentano una normalizzazione dell'intorno di valori misurabili nei tipi di ecosistemi di ambiente temperato e boreale: tali classi sono 7 (I-VII), di ampiezza non omogenea, ma corrispondente a un preciso significato ecologico. Basti ricordare che la prima classe (I) corrisponde a paesaggi ecologicamente assimilabili a deserti,

Tabella 14.3 Corologia della specie rilevate nelle 4 UdP del Comune di Mori

Tipi corologici	Fv. Mori	Fv. Loppio	Val Gresta	M. Biaena
Eu-siberiane	1,50	3,75	4,65	8,52
Circumboreali	5,72	4,10	6,26	9,09
Alpine endemiche	0,00	0,03	0,03	0,01
Orofite	5,50	8,07	9,00	10,25
Steppiche	4,66	6,04	2,47	1,41
Eu-caucasiche	36,93	46,40	45,20	39,93
Eurasiatiche-paleotemperate	22,00	24,53	26,73	26,46
Atlantiche	0,14	0,18	0,18	0,15
Eurimediterranee	20,91	5,59	3,88	3,20
Stenomediterranee	0,07	0,03	0,10	0,15
Cosmopolite-subcosmopolite	0,43	0,58	0,68	0,73
Esotiche	2,14	0,70	0,82	0,10
Quote medie	368	363	875	975
Luce*	5,76	5,62	5,47	5,25
Temperatura*	5,95	5,70	5,50	5,20
Umidità*	4,21	4,40	4,49	4,51

*Bioindicatori di Ellenberg.

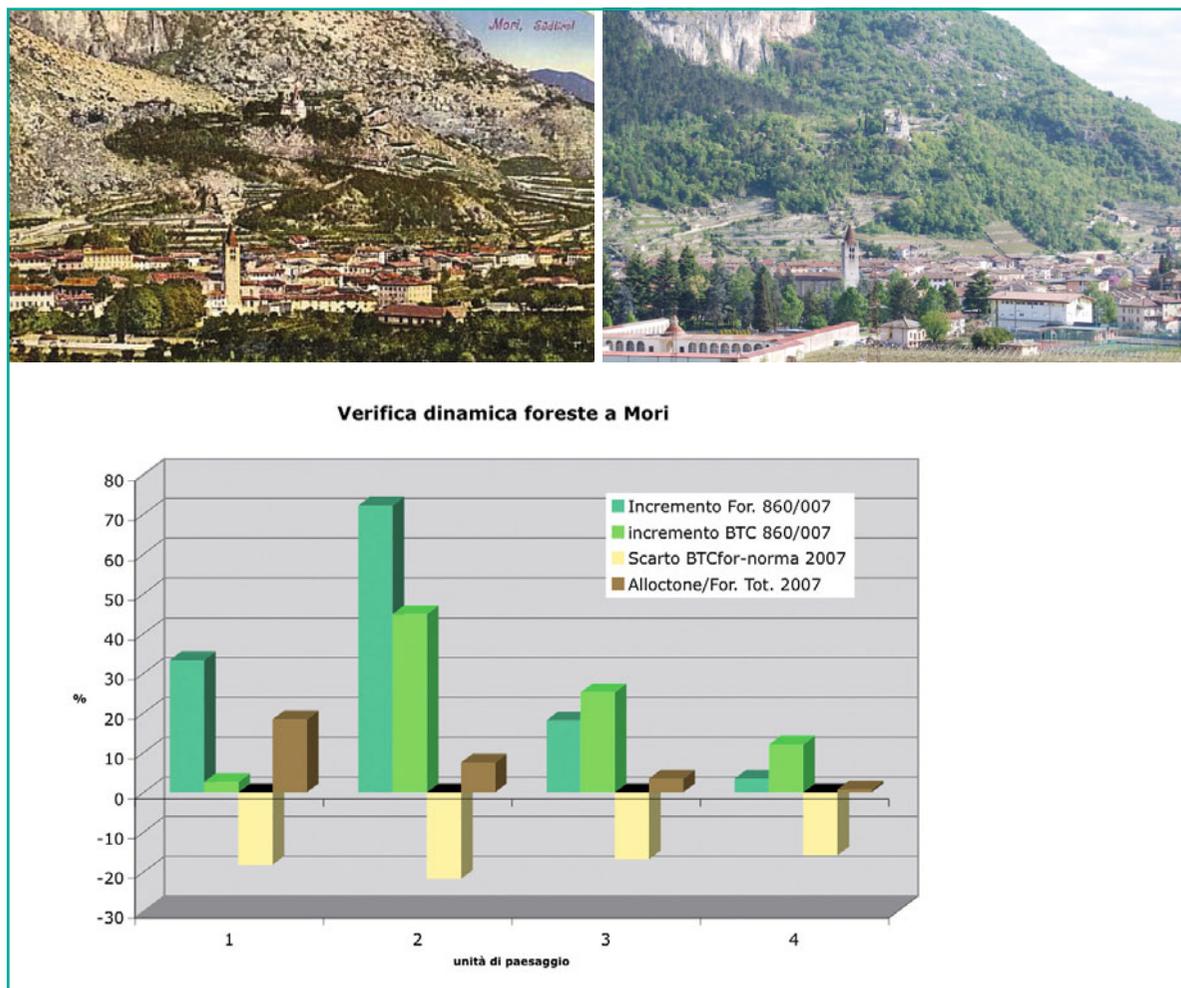


Fig. 14.5 a Trasformazioni ambientali a Mori (TN): veduta del vecchio borgo nel 1905 e nel 2009. Si noti la ricrescita dei boschi sulle pendici montuose e la diminuzione di alberi nel fondovalle agricolo. **b** La dinamica del cambiamento delle foreste è meglio specificata nel grafico, che mostra sensibili scarti dalla norma della BTC, nonostante la ricrescita dei boschi

Fig. 14.6 Controllo della dinamica dell'indicatore di metastabilità generale per l'UdP 3 della bassa Val di Gresta, dal 1860 al 2006. Si osserva un'insufficienza crescente rispetto alla curva di normalità ottimale, malgrado la ricrescita dei boschi di quasi il 15%

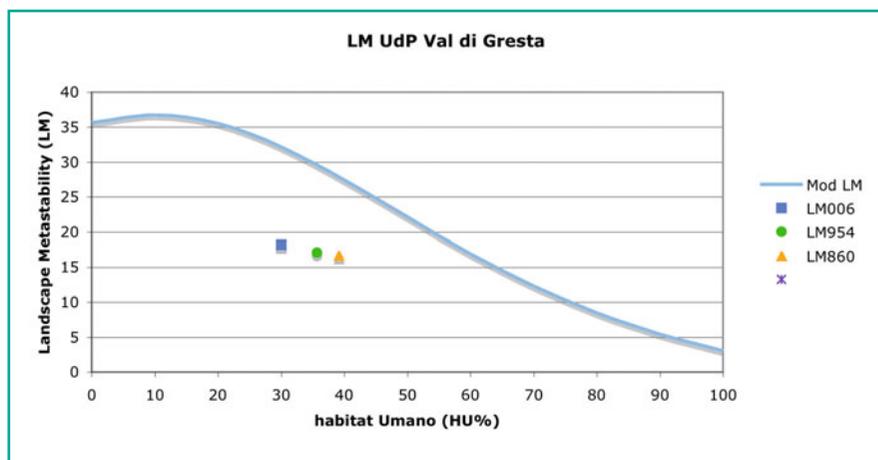


Fig. 14.7 Distribuzione delle classi di metastabilità generale (LM) nell'UdP 1 di Mori, negli anni 2007, 1954, 1860.

Si noti la carenza quasi totale delle classi alte (VI e VII) e l'aumento nel tempo della classe bassa (I). Il maggiore aumento è però della V classe

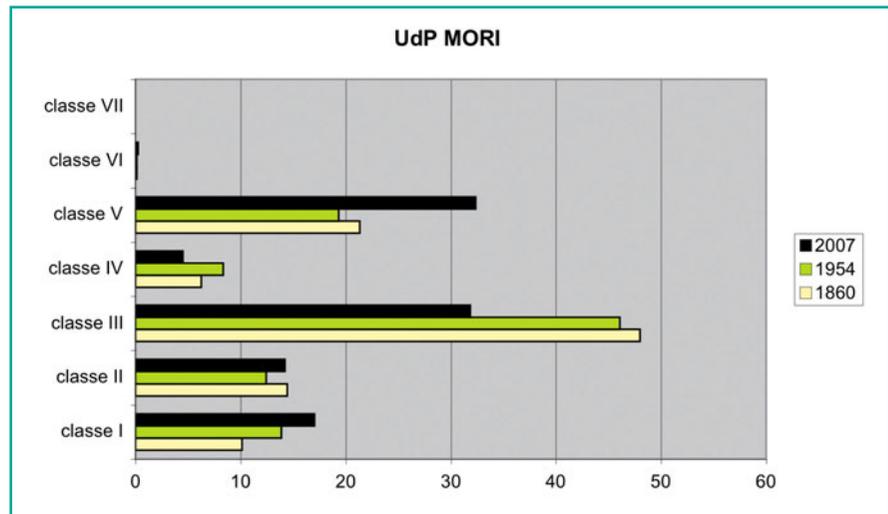


Tabella 14.4 Valutazione di massima della sensibilità faunistica nell'UdP2 di Mori

Habitat	N. specie	% specie	Area (%)	Giudizio
Forestale e arbustivo	17	60,7	43,9	SF elevata
Umido ed ex lago	22	78,6	10,7	SF molto elevata
Agricolo e prativo	11	39,3	41,6	SF media
Urbanizzato	4	14,3	3,8	SF bassa
Totale UdP 2	28	100	100	SF = 51,9

Essendo per SF (sensibilità faunistica): 75-100 = elevata; 50-74 = elevata; 25-49 = media; 0-24 = bassa.

semideserti e sterpeti, quindi anche i paesaggi urbani, con valore di BTC compreso tra 0,0 e 0,4 e la settima (VII) a foreste adulte in buono stato ecologico-paesaggistico e a foreste mature con range compreso tra 9,6 e 13,2 Mcal/m²/anno.

Come abbiamo mostrato nella Figura 14.7, la distribuzione delle classi di BTC nell'UdP 1 di Mori, negli anni 2007, 1954, 1860 è cambiata. Si nota la carenza quasi totale delle classi alte (VI e VII), e l'aumento nel tempo della classe bassa (I), dovute alla forte urbanizzazione. Il maggiore aumento è però della V classe.

La Tabella 14.4 espone il valore della sensibilità faunistica, calcolata per l'UdP 2, che è quella più importante in tal senso. La soglia di attenzione è posta a SF (sensibilità faunistica) = 18 (Tabella 6.3); delle 43 specie indicate dal museo di storia naturale di Rovereto, in prima approssimazione solo 28 superano tale soglia: 17 sp. uccelli, 7 sp. mammiferi, 4 sp. rettili (Tesi P. Gallo, rel. Ingegnoli, 2008).

Su un massimo di 100 l'UdP2 ottiene un valore complessivo di SF = 51,9 (moltiplicando %sp. × area%

e sommando). Ciò conferma che si tratta di un paesaggio agricolo-protettivo, avendo una SF > 50%. Tuttavia, va rilevato che, data la palese carenza di connessioni fra i versanti nord e sud, soprattutto dove più frequente sembra essere il passaggio di animali dal gruppo montuoso del Baldo a quello dello Stivo, l'UdP2 necessita di attenzioni particolari e approfondimenti in proposito, per prevedere opportuni interventi di risanamento ambientale.

14.3 Diagnosi ecologica e indicazioni terapeutiche

14.3.1 Valutazione diagnostica *ex ante*

Le ultime tre fasi del metodo sono le più significative: 7) diagnosi dello stato ecologico attuale; 8) indicazioni terapeutiche di intervento; 9) verifica e controllo della pianificazione proposta. Riportiamo la diagnosi dello stato ecologico attuale dell'UdP 1 di Mori, quella senza dubbio

Tabella 14.5 Diagnosi della UdP1 di Mori

	Sub-rur	1860	Evaluation score	1954	Evaluation score	2007	Evaluation score
RNT (aree forestate)	8-25 %	27,6	2	27,7	2	33,6	2
BTC foreste (Mcal/m ² /anno)	6,00-6,50	4,75	1	4,5	1	4,91	1
Formazioni forestali alloctone	2-5 %	4,5	2	5,4	2	6,75	0,5
pCA (<i>potential core areas</i>)	20-35 %	> 30	2	> 25	2	20	2
CON ($\alpha + \gamma$)	0,5-0,75	0,46	2	0,4	1	0,254	0,5
Efficienza rete	1,2-1,8	0,9 ca.	1	0,7 ca.	1	0,435	0,5
HU PRT (protettivo HU)	2-6 %	0,74	0	0,65	0	1,45	1
PRD (aree agricole)	30-55 %	53,07	2	49,98	2	41,19	2
RSD (aree urbanizzate)	8-15 %	2,92	2	7,1	2	10,47	2
SBS (mobilità e industria)	7-12 %	2,5	2	3,66	2	6,95	2
HU (habitat umano)	65-80	58,64	2	60,47	2	58	2
HS/HS* (capacità portante)	0,7-2,8	1,17	2	0,75	2	0,6	1
BTC UdP (Mcal/m ² /anno) normale	1,19-1,94	2,27	2	2,05	2	2,3	2
Scarto BTC mod	< 5 %	3,7	2	8,1	0,5	3	2
LM (<i>landscape metastability</i>)	8,5-13	11,1	2	10,26	2	11,8	2
Scarto LM mod	<10	29,5	1	32,1	0,5	27,2	1
HuCE (HS/HS* × BTC/HU)	1,5-5,3	4,52	2	2,53	2	2,41	2
Artificialità dei corridoi fluviali	0-50 %	65	1	75	0,5	85	0
Aree tutela ecologica	15-25 %					12,4	1
IFF (funzionalità fluviale)	180-200	150?	1	150?	1	48	0
Tipo di paesaggio		Sub-rur	31	Sub-rur	27,5	Sub-rur	26,5
Indice diagnostico	85-100		81,58		72,37		66,25
Stato ecologico	Normale		Lieve scopenso		Scopenso		Forte scopenso

Evaluation scores: 0-10 = 2; 10-30 = 1; 30-60 = 0,5; > 60 = 0.

Tabella 14.6 Territorio municipale di Mori (34,6 km²): controllo di progettazione delle reti ecologiche del comune in confronto con la situazione attuale

Attributi delle reti ecologiche	Ex ante	Ex post
Vertici (V)	211	220
Legami (L)	193	237
Alfa index	-0,041	0,041
Gamma index	0,308	0,362
Connessione RE ($\alpha + \gamma$)	0,267	0,404
Area interessata (km ²)	17,1	17,1
Lunghezza corridoi (km)	52,500	63,330
Densità di corridoi (km/km ²) (DCV)	3,070	3,704
Strade (km)	51,590	54,070
Densità di strade (km/km ²) (DST)	3,017	3,162
Punti incrocio CV-ST, (PI)	46	63
Rapporto densità di rete DCV/DST	1,018	1,171
Area RE/UdP	0,494	0,494
Interferenze ^o	0,120	0,154
Efficienza rete	0,700	1,341

CA, core area; CV, corridoi vegetati; RE, rete ecologica; ^o(PI/L)*(Re/St)*Re/UdP).

più compromessa dalle spinte di pianificazione e comunque da sempre la più abitata e costruita (Tabella 14.5).

La sintesi diagnostica dell'UdP 1 (Mori) è presentata nella Tabella 14.5. Si tratta di un paesaggio di tipo suburbano-rurale molto densamente abitato, che era tale

già dal 1860, come dimostrato dall'indicatore HuCE. Lo stato ecologico dell'UdP, solo lievemente scopenso nel 1860, è oggi invece decisamente distante dalla soglia di normalità. I parametri ecologici alterati risultano essere i seguenti:

- capacità biologico-territoriale delle foreste (BTC for.) sempre piuttosto bassa, causa la gestione pressoché totale a ceduo;
- presenza di formazioni forestali alloctone >> 2%, soprattutto a partire dal 1954 (e malgrado l'area SIC);
- connessione misurata tramite grafi planari (CON $\alpha + \gamma$) peggiorata dal 1954, ma già poco efficiente nel passato;
- componenti protettive dell'HU (filari agricoli e parchi urbani) sempre fuori norma;
- capacità portante (HS/HS*) oltre il limite, in peggioramento;
- funzionalità fluviale (IFF) gravemente carente.
- LM attuale troppo bassa.

Per quanto riguarda il controllo delle reti ecologiche si rimanda a quanto espresso nel capitolo 10, paragrafo 10.2.2. Come si può notare nella Figura 14.8 e nella Tabella 14.6, quasi la metà del territorio è interessato da reti ecologiche da rinforzare, data l'odierna bassa efficienza. Applicando quanto visto nel paragrafo 10.2, ne risulta una *efficienza di rete* (CON \times DCV) – INTF *ex ante* pari a 0,700 per l'intero comune. Tale valore, non certo elevato, si abbassa decisamente nell'UdP1 di Mori, scendendo fino a 0,435, molto simile a ciò che avviene a Loppio (0,493). I parametri rilevati allo stato attuale non sono quindi di buon livello e nel caso dell'UdP1 di Mori come dell'UdP2 di Loppio si può dire che sono nettamente insufficienti. Si deve però agire anche sulle altre 2 UdP, perché le efficienze di rete sono migliori, ma si tratta di paesaggi di montagna, che hanno ovviamente molte più esigenze di rete.

La situazione *ex ante* è delicata (Fig. 14.8) in quanto le tendenze in atto nell'UdP in esame possono portare facilmente a superare la soglia di disordine ambientale grave (vedi Tabella 9.17), come appunto si evince dalla figura, dove ID (oggi 67%) è stato calcolato sui 20 parametri di ecologia del paesaggio più significativi per ragioni diagnostiche. Si noti che al 1860 ID = 79%, già inferiore alla norma (85%), ma non di molto; nel 1954 ID scendeva sotto al 73%, ma comunque oggi (2007) il valore è prossimo al limite di 65%, soglia di alterazione grave.

Attenzione: con un controllo analogo sull'intero territorio comunale, non si arriva a tale soglia di allarme. È anche per questo motivo che sono indispensabili le indagini per singoli sottosistemi ecologici: l'alterazione grave di una UdP, se non diagnosticata, porta alla degenerazione irreversibile dell'intero paesaggio senza che nessuno ne prenda adeguata coscienza. È quindi

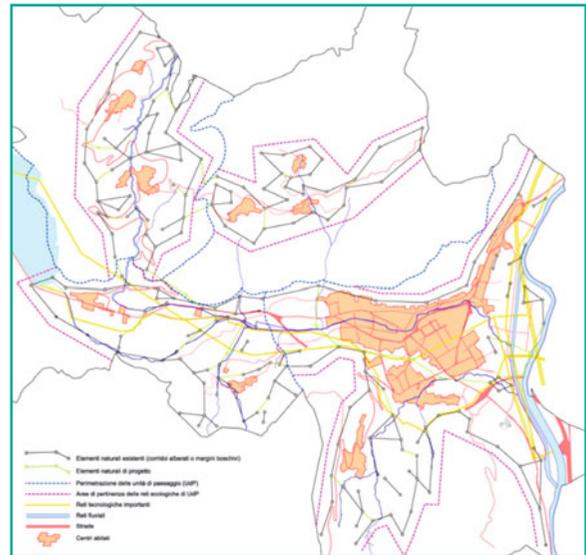


Fig. 14.8 Progetto delle reti ecologiche locali nelle quattro UdP di Mori. *In verde* i collegamenti (legami) di progetto nei grafi planari

indispensabile prevedere delle indicazioni terapeutiche di intervento. Tali indicazioni provengono da almeno tre settori, capaci di integrarne altri: 1) riattivazione delle reti ecologiche locali; 2) progetto delle reti interpaesistiche regionali; 3) allargamento dei siti naturali di interesse comunitario; 4) sviluppo di ecotopi di risanamento naturalistico; 5) tutela degli ecotopi forestali; 6) indicazioni per le aree urbanizzate.

14.3.2 Indicazioni terapeutiche

14.3.2.1 Riattivazione delle reti ecologiche locali

Dato che circa il 50% delle 4 UdP è interessato dallo sviluppo di reti ecologiche, tutte più o meno da integrare, viste le carenze dello stato *ex ante*, si è proposto un disegno di completamento di tali reti (Fig. 14.8).

Si vuole sottolineare che quasi dovunque i corridoi alberati proposti per i collegamenti da riattivare sono fattibili senza grandi problemi, tranne nella UdP1, dove il passaggio della rete obbliga a una particolare attenzione nella parte fra Mori e la frazione di Tierno (parte Sud della conurbazione maggiore). Il piano urbanistico (PRG) dovrà tenere conto di questa difficoltà, che peraltro non ha alternative. Da un controllo *ex post* del progetto di rete nella UdP1, si può pensare di passare

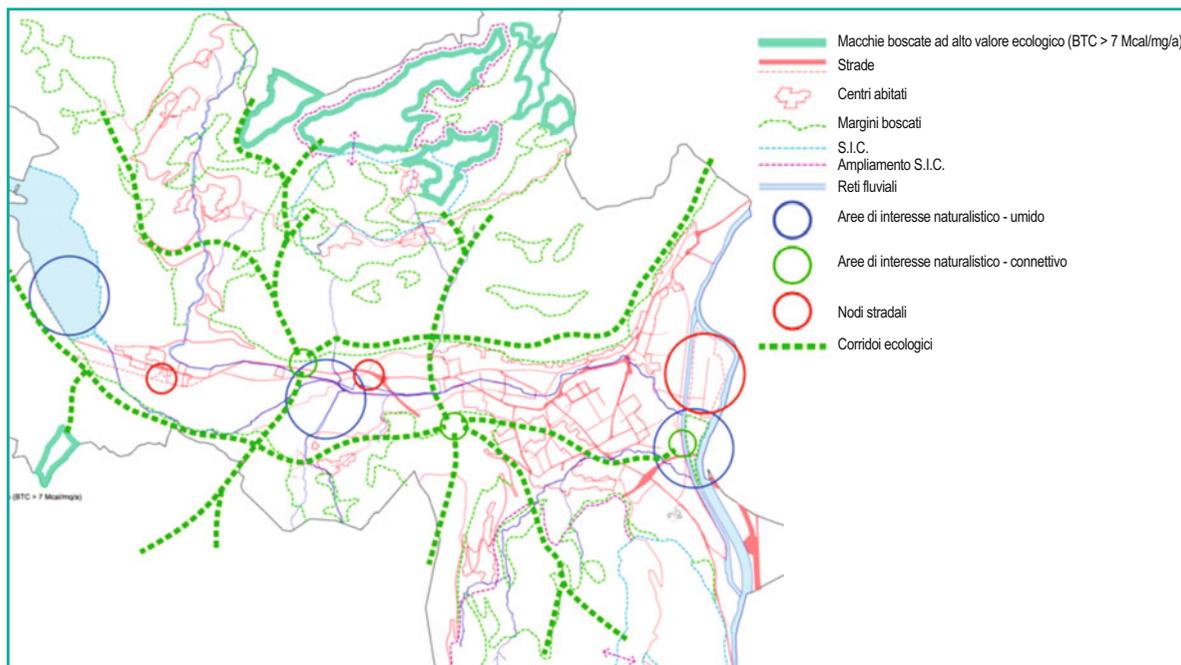


Fig. 14.9 Stralcio del progetto delle reti ecologiche regionali del Trentino Alto Adige e indicazione dei nodi di rinaturalizzazione più importanti

dall'attuale inaccettabile efficienza di 0,435 a un valore di 0,951, quasi il doppio del precedente e prossimo all'unità (soglia di normalità).

Analogamente, a livello comunale il passaggio sarebbe fra 0,700 e 1,341, ancora migliore. Ricordiamo che ciò che conta è il controllo dell'anello più debole, l'UdP1. Peraltro si deve aggiungere che la riattivazione delle reti ecologiche locali necessita di interventi anche sulla viabilità, capaci di diminuire le attuali interferenze con le componenti naturali e agricole delle reti, da concordare con l'amministrazione e l'urbanista.

14.3.2.2 Progetto delle reti regionali

Si deve osservare che le reti ecologiche, secondo i principi dei sistemi gerarchici, non possono essere progettate solo a scala locale (cioè di UdP), devono essere estese a scala di paesaggio o comunque di un insieme opportuno di UdP limitrofe. Nel caso di Mori è subito evidente che si tratta di collegamenti necessari per le connessioni fra i due gruppi di monti prealpini a importante valenza di riserva biologica, entrambi con funzioni di isole terziarie (*nunatak*): il gruppo del monte Baldo a sud e quello dello Stivo a nord. Anche i collegamenti est-ovest sono di una certa importanza, in quanto si tratta dell'unico collegamento fra l'alto Garda e la valle dell'Adige.

Il progetto, come si noterà nella Figura 14.9, prevede una doppia linea di corridoi nord-sud ed est-ovest, necessaria per garantire connettività e circuitazione a scala più vasta. Le direzioni nord-sud sono poi ramificate in rapporto alla configurazione dei livelli di naturalità da collegare. Si formano in tal modo alcuni nodi principali da tutelare in modo attento e da sviluppare secondo le indicazioni del settore 14.3.2.4.

Ovviamente, saranno necessari degli sviluppi di maggiore dettaglio nei progetti di questa rete, che non potrà essere attivata solo mediante corridoi alberati, dato che a grande scala è necessario dotarsi di fasce vegetate o di corridoi multipli e sequenze di macchie di tipo *stepping stone*.

14.3.2.3 Allargamento dei siti naturali di interesse comunitario

Nella tavola sugli indirizzi ambientali (Fig. 14.9) vengono riportati in tratteggio rosso magenta i perimetri di allargamento delle aree SIC; si tratta: (a) dell'area SIC di Talpina-Brentonico e (b) di quella sopra Nomesino: la terza area SIC (ex lago di Loppio) è meno interessante e comunque non necessita allargamenti.

a. La *prima area (SIC Talpina)*, andrebbe ampliata verso ovest, cioè quasi fino alla frazione di Besagno,



Fig. 14.10 Veduta delle foreste miste di faggio, peccio e pino silvestre sopra a Corniano

dal momento che tutta l'area presenta zone agricole di antica tradizione e macchie boscate interessanti, come vecchi castagneti, o querceti misti. Ovviamente, è necessario precisare che sopra i crinali delle colline che scendono verso Mori vanno eliminati i rimboschimenti con specie alloctone (per esempio *Pinus strobus*, *Cedrus deodara* ecc.); azioni che i forestali hanno già iniziato a fare e che possono dare un buon risultato a favore di formazioni di Orno-Ostrieto con eventuale Pino nero. La Tabella 15.2 (vedi capitolo 15) mostra i rilievi delle tessere forestali nell'area del SIC di Talpina, allargato verso Besagno. Si osservi che i boschi sono ancora giovani, spesso ex cedui o riforestazioni a pinete alloctone, ma il rinnovo dei querceti misti è ormai a buon punto e se la fitomassa epigea e la BTC media sono ancora basse, le qualità ecocenotopiche sono buone e le specie talvolta assai numerose. Di conseguenza, la biodiversità, sia floristica sia paesaggistica, è elevata, anche per la frequenza di formazioni carsiche (per esempio *Karren*) che creano nicchie particolari utili anche alla componente faunistica.

- b. La *seconda area* (sopra *Nomesino*) andrebbe ampliata verso nord, fino a comprendere le fasce di foresta soprastante (faggeta mista) e arrivare nella parte alta del canale della Selva (peccete) e del Sorasana (peccete miste). Si osservano dati fra i migliori di tutti i boschi di Mori (per esempio BTC = 7 Mcal/m²/anno; 40 SP/Rilievo; 506 m³/ha di fitomassa epigea). Trattandosi di una UdP che presenta un tipo di paesaggio agricolo-forestale sul fianco sud del monte Biaena, è bene che una zona SIC



Fig. 14.11 Veduta della strada statale per Riva del Garda vicina al punto di attraversamento più frequente della fauna ungulata, dove sarebbe necessario un sottopasso

possa comprendere sia aree a pascolo con stipeti assai ricchi di specie sia macchie di foresta lungo l'intera fascia altitudinale montana, dai 700 ai 1400 m.

La Figura 14.10 mostra una parte della foresta mista di faggi e pecci, con presenza di pino silvestre, sopra Corniano, circa a quota 950-1100 m, che confina con la parte N-E dell'attuale area SIC sopra Nomesino: non ha senso escludere questa formazione, come pure le altre segnate nella tavola in Figura 14.9.

14.3.2.4 Sviluppo di ecotipi di risanamento naturalistico

Come detto al punto 14.3.2.2 nella Figura 14.8 si evidenziano 3-4 aree nodali di incontro particolarmente importanti: quella più a ovest nel punto di maggior attraversamento della fauna di grandi mammiferi, fra Loppio e Mori Vecchio, l'altra di poco a est di Sano. Il primo caso (Fig. 14.11) necessita un intervento di progettazione assolutamente indispensabile per sottopassare la statale.

Un terzo caso di nodo importante si presenta prima dell'isola fra il canale di destra Adige e il fiume stesso: quest'area necessiterebbe di un ponte "verde" sopra il canale, una struttura che potrebbe essere anche leggera, ma indispensabile per legare l'angolo inferiore di detta isola, che è auspicabile venga sviluppata a parco fluviale, a compensazione della destinazione industriale della parte nord, voluta peraltro dal PUP (e che per un ecologo non rappresenta la scelta migliore!).

Si deve notare che a fianco di quest'ultimo nodo e a fianco del primo sono segnati sulla tavola in oggetto (Fig. 14.9) due cerchi azzurri che rappresentano aree di riqualificazione ambientale con aspetti di ristrutturazione

razione di aree umide. Tali aree necessitano di studi e progetti di maggiore dettaglio al momento opportuno, ma la pianificazione deve tenere conto della necessità di rinaturazione di tratti opportuni dei corsi d'acqua che attraversano tali aree azzurre e di piantagione di macchie boscate (ontaneti e saliceti) come pure di macchie di fragmiteti.

La necessità di rinaturazione dei torrenti oggi cementificati è primaria per esempio nel tratto finale del torrente che scende dalle colline di Besagno, visto come si presenta la condizione attuale, del tutto artificializzata, pur rappresentando la parte finale del corridoio già menzionato che arriva all'Adige da ovest (Garda-Adige).

Si nota infine che il terzo cerchio azzurro coincide con il recupero della parte est del lago di Loppio, dove già sono previsti interventi da parte della provincia di Trento.

14.3.2.5 Tutela degli ecotopi forestali

Si deve qui rimandare al capitolo 9, alla Figura 9.3 che mostra le qualità ecologiche della vegetazione forestale di Mori (sensu Ingegnoli, 2005) valutata fra le principali formazioni (pecceta montana, pecceta mista, lariceto misto, pineta a pino silvestre, pineta a pino nero, faggeta, faggeta mista, ostrio-faggeta, buglossoide-ostrieto, orno-ostrieto, castagneto, alloctone con pini). Si sottolinea che le qualità dei parametri analizzati non sono ottimali ma comunque in discreto stato nelle fitocenosi di pecceta e pecceta mista, pineta a pino silvestre, faggeta e faggeta mista; nelle altre le qualità in esame sono piuttosto modeste, e talvolta anche insufficienti, come si può vedere dal confronto con la linea gialla del 50%.

Ciò significa che circa $\frac{3}{4}$ delle foreste studiate non sono in condizioni ecologicamente ottimali. Senza contare, inoltre, la presenza di disturbi pericolosi, come le processionarie sui pini o dello scolitide decorticante dell'abete. Inoltre, diverse tessere fisionomicamente di pecceta non si possono dire tali secondo la scienza della vegetazione. Per esempio, le tessere 8 e 9 rappresentano boschi misti con *Pinus sylvestris*, *Fagus sylvatica*, *Larix decidua* e *Picea abies*, mentre le tessere 10 e 11 sono invece pinete orientali di *Pinus sylvestris* (sensu Pignatti, 1998).

Ne deriva che gli ecotopi forestali devono essere gestiti in modo ecologicamente più attento. L'eliminazione delle piantagioni alloctone (e delle macchie di Robinie e Ailanti) va accelerata. Non tutte quelle di pino nero però, visto quanto detto nel paragrafo 14.2.1. Inoltre, bisogna che qualche tessera per ogni ecotopo

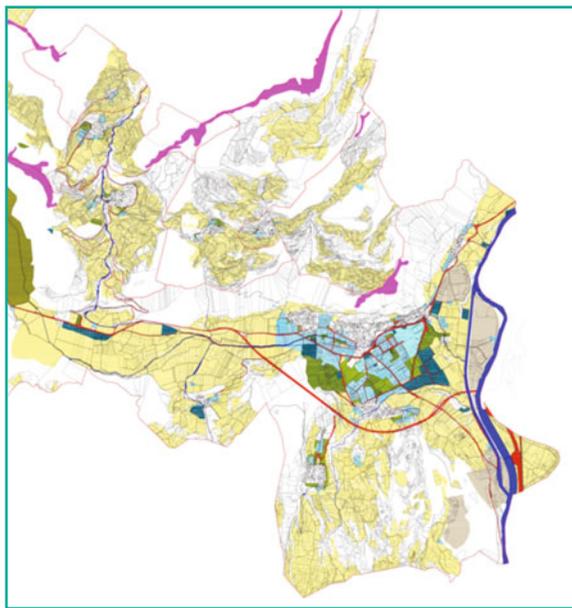


Fig. 14.12 Stralcio del progetto di PRG di Mori misurato utilizzando gli indicatori di ecologia del paesaggio

venga avviata a maturità. La quantità di legnatico per frazione abitata, di diritto consortile antico, va nettamente diminuita.

14.3.2.6 Indicazioni per le aree urbanizzate

La proposta dell'urbanista (Enzo Siligardi) di aumentare le aree di verde urbano va bene, ma si deve cercare di migliorare la connessione di tali aree. Si deve permettere che le zone urbanizzate vengano attraversate dai corridoi alberati che fanno parte delle già menzionate reti ecologiche, sia locali sia regionali. Va nettamente ridimensionata l'area industriale prevista dal PUP Trentino a fianco Adige, nettamente fuori scala per lo stato ecologico dell'UdP1 di Mori. Svincoli e sottopassi stradali in accordo con i nodi di rinaturalizzazione vanno discussi con le autorità e l'urbanista, in conformità alle esigenze già accennate nei punti precedenti.

14.4 Verifiche e controlli ex post

14.4.1 Verifica della pianificazione proposta

Alla luce di quanto finora osservato, studiato e suggerito si deve tradurre la pianificazione proposta dall'urbanista

Tabella 14.7 UdP1 Mori: diagnosi storica e controlli per gli scenari futuri di pianificazione

	Sub-rur	1860	Ev. score 60	1954	Ev. score 54	2007	Ev. score 07	2020 a	Ev. score	2020 b	Ev. score
RNT (aree forestate)	8-25 %	27,6	2	27,7	2	33,6	2	32,9	2	31,7	2
BTC Foreste (Mcal/m ² /anno)	6,00-6,50	4,75	1	4,5	1	4,91	1	5	1	4,8	1
Formazioni forestali alloctone	2-5 %	4,5	2	5,4	2	6,75	0,5	6,19	1	6,3	1
pCA (<i>potential core areas</i>)	20-35 %	> 30	2	> 25	2	20	2	20	2	19	2
CON ($\alpha + \gamma$)	0,5-0,75	0,46	2	0,4	1	0,254	0,5	0,382	1	0,25	0,5
Efficienza rete	1,2-1,8	0,9 ca	1	0,7 ca	1	0,435	0,5	0,951	1	0,43	0
HU PRT (protettivo HU)	2-6 %	0,74	0	0,65	0	1,45	1	3,36	2	3,06	2
PRD (aree agricole)	30-55 %	53,07	2	49,98	2	41,19	2	33,07	2	33	2
RSD (aree urbanizzate)	8-15 %	2,92	2	7,1	2	10,47	2	15,9	2	15,9	2
SBS (mobilità e industria)	7-12 %	2,5	2	3,66	2	6,95	2	8,38	2	9,69	2
HU (habitat umano)	65-80	58,64	2	60,47	2	58	2	59,9	2	61	2
HS/HS* (capacità portante)	0,7-2,8	1,17	2	0,75	2	0,6	1	0,49	0	0,49	0
BTC UdP (Mcal/m ² /anno) normale	1,19-1,94	2,27	2	2,05	2	2,3	2	2,22	2	2,15	2
Scarto BTC mod	< 5 %	3,7	2	8,1	0,5	3	2	2,1	2	2,1	2
LM (<i>landscape metastability</i>)	8,5-13	11,1	2	10,26	2	11,8	2	11	2	10,7	2
Scarto LM mod	<10	29,5	1	32,1	0,5	27,2	1	24	0,5	25,7	0
Huce (HS/HS* × BTC/HU)	1,5-5,3	4,52	2	2,53	2	2,41	2	1,82	2	1,73	2
Artificialità dei corridoi fluviali	0-50 %	65	1	75	0,5	85	0	75	0,5	85	0
Aree tutela ecologica	15-25 %					12,4	1	24,3	2	12,4	1
IFF (funzionalità fluviale)	180-200	150?	1	150?	1	48	0	90	0,5	48	0
Tipo di paesaggio		Sub-rur	31	Sub-rur	27,5	Sub-rur	26,5		29,5		25,5
Indice diagnostico	85-100		81,58		72,37		66,25		73,75		63,75
Stato ecologico	Normale	Scompenso		Scompenso		Forte scompenso		Scompenso		Forte scompenso	

Evaluation score: 0-10 = 2; 10-30 = 1; 30-60 = 0,5; > 60 = 0.

nel campo della biomomia del paesaggio, per potere compiere delle verifiche di maggiore efficacia. Per questo, si applicano i principali indicatori ecologici sul disegno di piano e si elaborano i risultati (Fig. 14.12).

Vengono così misurati sul disegno di piano regolatore gli elementi del paesaggio raggruppati secondo gli apparati ecopaesistici e si confrontano le situazioni *ex ante/ex post*. Il controllo delle trasformazioni *ex post* può essere fatto attraverso il modello di correlazione HU/BTC. L'elaborazione degli indicatori ecologici principali (HU e BTC) a scala dell'intero territorio di Mori dà come risultato *ex post* i seguenti valori:

$$\text{BTC} = 3,17 \text{ Mcal/m}^2/\text{anno}; \text{HU} = 42,73\% \text{ UdP}$$

Tali valori sono di poco peggiorativi (+5,5% per HU, e -5,1% per BTC) rispetto quelli *ex ante* che erano:

$$\text{BTC} = 3,34 \text{ Mcal/m}^2/\text{anno}; \text{HU} = 40,47\% \text{ UdP}$$

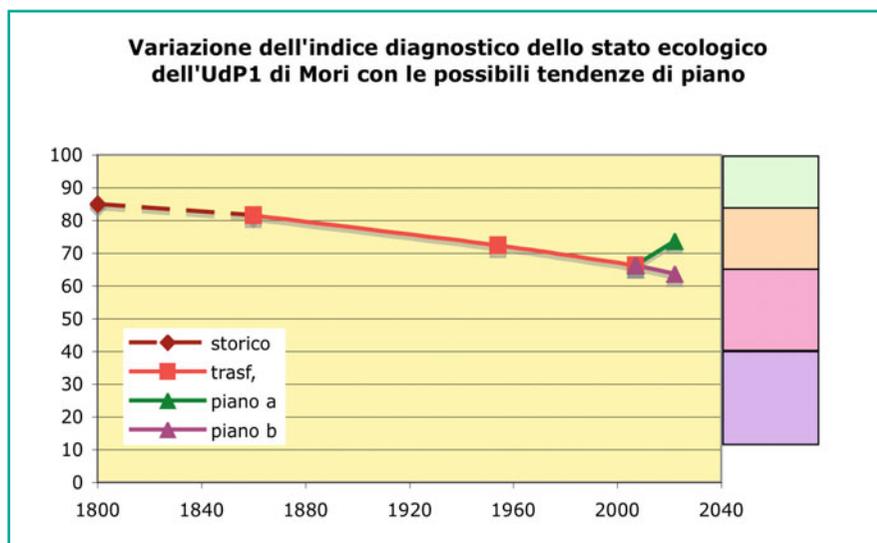
Si fa presente, però, che dovendo per i regolamenti provinciali considerare l'intero territorio comunale, ci si trova al margine inferiore della fascia di tolleranza del modello, ma non si può dire molto di più. Quindi, è indispensabile considerare almeno la UdP più colpita dalle trasformazioni: quella di Mori.

Il controllo sulla UdP1 di Mori dà come risultati:

$$\text{BTC} = 2,15/2,32 (-7,3\%) \text{ e} \\ \text{HU} = 61,03/57,93 (+5,5\%)$$

simili a quelli dell'intero comune. Cambiano però di molto i valori di $\sigma = \text{HS/HS}^*$, che passa da 0,60 a 0,49, cioè a valori di paesaggio suburbano tecnologico, contro cambiamenti di σ da 3,35 a 1,51 per l'intero comune che

Fig. 14.13 Grafico della dinamica di trasformazione per l'UdP 1 di Mori, in funzione degli indici diagnostici (ID), con l'indicazione delle tendenze attuali (*in basso*) e del recupero dovuto alla pianificazione capace di tenere conto delle terapie suggerite dallo studio di VAS



risulterebbe ancora di paesaggio agrario. A ciò si aggiunga l'efficienza della rete ecologica locale, che a livello comunale si ricorda fosse pari a 0,70, contro 0,43 dell'UdP di Mori *ex ante* e che *ex post* arriverebbe pienamente nella norma, mentre l'UdP1 ci si avvicinerebbe soltanto. Analogamente capiterebbe per la BTC forestale, che a Mori UdP1 rimarrebbe nettamente inferiore alla norma.

Presenteremo allora la Tabella 14.7, che mostra un controllo diagnostico su 20 parametri ecologici dell'UdP1, a partire dal 1860 fino al 2007 e con le proiezioni per la nuova pianificazione, vista nei due scenari possibili, e cioè (a) quello che segue le terapie proposte dallo studio di VAS e (b) quella che si limita a seguire le tendenze in atto oggi. Quindi, il progetto di piano 2020a è quello che tiene conto degli indirizzi proposti sia per le reti ecologiche sia per i SIC e i nodi naturalistici e inoltre prevede una parziale rinaturazione dei corsi d'acqua. Lo scenario 2020b invece non prevede tali interventi. Si notino le forti differenze!

Si osserva, infatti, che l'indice diagnostico (ID) nei

due scenari cambierebbe drasticamente, passando da un livello addirittura inferiore alla soglia del 65% nel caso b (63,75%) a un livello decente, anche se non ancora nella norma per a (73,75).

La Figura 14.13 mostra le variazioni dell'indice diagnostico dello stato ecologico dell'UdP 1 di Mori con le possibili tendenze di piano. Sarebbe la prima volta negli ultimi due secoli che si potrebbe invertire una tendenza che sta snaturando il paesaggio in esame.

La dinamica di trasformazione del comune di Mori può dimostrare quindi, con la presente pianificazione, di migliorare decisamente le sue condizioni ecologiche. Tale dimostrazione, evidente nell'ultima figura, è dovuta proprio all'applicazione di principi e metodi di bionomia del paesaggio. La dinamica sottolinea, inoltre, come solo una VAS impostata secondo i criteri bionomici sia in grado di fornire le informazioni necessarie acciocché la valutazione sia realmente condotta secondo una strategia ecologica e solo successivamente da integrare anche con una strategia economica.

15.1 Inquadramento metodologico

15.1.1 Superare l'approccio tradizionale

Al Comune di Mori è pervenuta richiesta di apertura di una cava in località Talpina-Dos del Gal nell'anno 2008, da parte di una ditta del settore estrattivo. Accompagnano tale richiesta gli elaborati necessari: progetto di coltivazione, relazione tecnica, valutazione di impatto ambientale (VIA) e relative integrazioni. L'obiettivo del progetto è lo sfruttamento di un giacimento di calcare pregiato mediante cava a cielo aperto di 31.245 m², compresa all'interno di un perimetro di 156.325 m² autorizzato dal 4° aggiornamento del PPUSM Trentino per via della presenza di una cava sotterranea, già esistente dagli anni cinquanta, all'incirca coincidente con tale perimetro.

Si deve però sottolineare che tale area si trova oggi compresa in una zona vincolata di tipo "Siti di Interesse Comunitario" (SIC) IT3120150 - Talpina-Brentonico: zona di tutela ambientale importante, soprattutto per la presenza di specie rare legate a un'agricoltura tradizionale che sta scomparendo, nonché sito di sosta e riproduzione di uccelli migratori a lungo raggio e habitat di riproduzione per specie termofile in regresso sull'arco alpino; importante, infine, per la biodiversità delle specie vegetali fra cui sono abbondanti quelle termofile e quelle legate agli ambienti carsici.

Per tali ragioni, oltre allo studio di VIA il proponente aggiunge uno studio di incidenza ambientale (SIA). Tali studi non rilevano alcun pesante impedimento a procedere riguardo alle attività proposte, perché viene sottolineato che i disturbi sono compatibili con il territorio in oggetto e che vi sarà un "ripristino" in tre fasi,

da iniziare dopo solo due anni dagli scavi e da completare entro 18 anni.

Esaminiamo in dettaglio quanto presentato. La VIA ha preso in esame le emissioni di polveri, l'inquinamento acustico, gli impatti visivi, gli impatti da traffico veicolare, le analisi idrogeologiche. Il SIA che accompagnava tale progetto ha svolto un'indagine sulla valutazione "appropriata", articolata in quattro fasi, secondo quanto richiesto dalla Commissione Europea. Tali fasi si possono sintetizzare nei seguenti punti: 1) informazioni sintetiche progettuali e ambientali; 2) possibili impatti; 3) minaccia agli obiettivi di conservazione; 4) misure di mitigazione. La *carta degli habitat* di interesse comunitario mostrava che le aree in oggetto non ospitano formazioni di elementi naturali ritenute importanti dall'UE, tuttavia qualche interazione viene ammessa per l'area in esame. Anche le polveri e il traffico possono produrre danni agli ambienti vegetati circostanti, mentre la distruzione di microhabitat carsici danneggia l'erpeto fauna. Dei 10 fattori di potenziale disturbo, 5 sono giudicati significativi per l'incidenza, come è stato riassunto nel SIA secondo la modalità mostrata nella Tabella 15.1.

A parere del SIA presentato, la valutazione degli interventi di mitigazione è da considerare in modo positivo. Tale mitigazione è prevista suddividendo l'escavazione in 3 *tranche* e adottando alcune precauzioni nello scavo per limitare le polveri. Il ripristino deve iniziare dopo 2 anni dai primi scavi, lasciando 30% di roccia nuda, 50% di riporto di terreno (20 cm) seminato a prato (*Festuco-Brometea*) e 20% di aree da piantare a bosco (Ostrieto).

Il Comune, trattandosi di una zona SIC, incarica lo Scrivente di un'ulteriore verifica ambientale, che viene riportata in questo capitolo. Infatti, gli studi ambientali presentati finora risultano necessari, ma non sufficienti per una valutazione ecologica decisiva. Mancano con-

Tabella 15.1 Significatività dell'incidenza sull'ambiente a causa della apertura della cava di Talpina (Mori), secondo il SIA allegato alla presentazione del progetto di escavazione

Componente	Fattore	Interferenza
Atmosfera	Emissioni diffuse	Significativa (1)
	Traffico	Significativa (1)
Ambiente idrico	Inquinamento falda	Non significativa (0)
	Inquinamento acque superficiali	Non significativa (0)
Suolo e sottosuolo	Sicurezza geologica	Non significativa (0)
Vegetazione, flora e fauna	Effetti su invertebrati	Non significativa (0)
	Effetti su avifauna	Significativa (1)
	Effetti su habitat	Significativa (1)
Rumore	Rumore diretto	Significativa (1)
	Riverbero sonoro	Non significativa (0)
Giudizio	<i>Necessita ripristino</i>	<i>Significatività: 5/10 (50%)</i>

siderazioni sistemiche di notevole importanza, i giudizi sulla significatività dell'incidenza sono troppo generici e le conclusioni non sono appropriate per un'area di tutela naturalistica.

15.1.2 Riferimenti disciplinari e metodologici

15.1.2.1 Bionomia del paesaggio

Per valutare il menzionato progetto in senso ambientale si decide di fare riferimento alle acquisizioni scientifiche e metodologiche della Scuola Biologico-Integrata dell'Ecologia, quindi della bionomia del paesaggio (Ingegnoli, 2002; Ingegnoli e Giglio, 2005; Ingegnoli e Pignatti, 2007) basandosi sulle proprietà biosistemiche del paesaggio. Infatti, come più volte ribadito, un paesaggio rappresenta uno specifico livello di organizzazione biologica, quindi è un'entità vivente e si deve affrontare lo studio del suo stato ecologico con un metodo clinico-diagnostico, attraverso l'analisi mediante indicatori ecologici sintetici e il confronto con stati di normalità dei sistemi ecologici in esame. La comprensione del comportamento di un sistema complesso, quale un paesaggio o una sua porzione, richiede l'utilizzo di indici e/o funzioni *ad hoc*, già in grado di integrare, in maniera gerarchica e transdisciplinare, più informazioni e contenuti, semplici o complessi che siano. Un ulteriore studio di SIA, come questo che si presenta, si presta bene a dimostrare quanto possa valere questa disciplina.

15.1.2.2 Rilievo ed elaborazione di ulteriori dati naturalistici

Tenuto conto dei precedenti studi, soprattutto del SIA che accompagnava la proposta di progetto, si è proceduto al rilevamento e all'elaborazione di ulteriori dati naturalistici, del tutto ignorati finora dai proponenti, concernenti:

- importanza della zona SIC anche nelle previsioni di PRG e VAS;
- tipo di substrato calcareo dell'area in esame (eventuale cava);
- biodiversità floristica dell'area in esame;
- individuazione dell'ecotopo contenente l'area in esame;
- ruolo dell'area in esame nel contesto dell'ecotopo di cui fa parte;
- valutazione della biopotenzialità territoriale della vegetazione (BTC) allo stato attuale nell'ecotopo;
- valutazione dell'habitat umano (HU) nell'ecotopo;
- ricostruzione storica dell'ecotopo;
- studio della trasformazione dell'ecotopo con proiezioni nel prossimo futuro, nei 2 casi alternativi di sviluppo naturale e di ripristino in seguito a cava;
- studio della trasformazione dell'area in esame (cava) con proiezioni nel prossimo futuro, nei 2 casi alternativi di sviluppo naturale e di ripristino in seguito a escavazione;
- controllo delle suddette trasformazioni in rapporto al modello HU/BTC;
- valutazione diagnostica dei principali parametri ecologici coinvolti nella possibile trasformazione.

Come si può constatare, si tratta di acquisire una quantità di informazioni ambientali di notevole entità.

15.2 Principali risultati dello studio

15.2.1 Importanza della zona SIC di Talpina a Mori

I precedenti elaborati VIA e SIA non sottolineano la reale importanza della zona SIC di Talpina, forse perché quando sono stati presentati essa non era ancora stata espressa pubblicamente. Tale importanza è oggi aumentata, tanto che (a) il nuovo PRG giudica così importante questo SIC che prevede di estenderlo verso ovest, fin quasi alla frazione di Besagno e (b) al 18° Workshop Internazionale dell'EVS (*European Vegetation Survey*) tenuto in marzo all'orto botanico di Roma, è stato presentato uno studio centrato sul SIC in questione (Ingegnoli e Giglio, 2009).

In particolare, va notato che proprio nell'area della proposta escavazione assume un notevole rilievo la configurazione del substrato carsico, che si presenta con formazioni a *Karren* che sono senza dubbio le più significative del SIC in esame, sia per la loro posizione sul dosso (rilevante struttura dell'ecotessuto locale) sia per le forme profonde e ampiamente colonizzate dalla vegetazione delle rocce (per esempio *Asplenietea rupestris*) come pure da diversi arbusti (Fig. 15.1).

15.2.1.1 La vegetazione dell'area in esame

Lo studio della vegetazione del comune di Mori è stato effettuato a scala 1:10.000 da Ingegnoli e Giglio (2007-08) per quanto attiene alle aree forestali, e parte di questo lavoro è stato riassunto nel capitolo 17, a cui si rimanda. Dal capitolo 14 sappiamo, inoltre, che l'unità di paesaggio 1 (UdP 1) di Mori-Talpina è eminentemente di fondovalle e di collina e di conseguenza è la più costruita: le aree di foresta sono solo la metà rispetto all'intero territorio del comune di Mori (27,7 vs 53,2%).

La zona SIC è ricca di boschi e appartiene all'UdP 1; di conseguenza questa zona diventa particolarmente importante, perché i boschi di orno-ostrieto e di pino nero, spesso misti, sono più ricchi in specie floristiche rispetto agli analoghi boschi dell'intero territorio di Mori: 40,2 vs 31,5 sp. per tessera. Mostriamo di seguito una fotografia di una parte del "rilievo T13" di Tabella 14.2, tessera che si trova nella zona meno ricca di pini neri (che risultano solo sullo sfondo) e che cor-



Fig. 15.1 Esempio di profondi *Karren* carsici nell'area proposta per la cava (Ril. T13)



Fig. 15.2 Veduta prospettica nella parte più rada del bosco rilevato T13 (vedi Tabella 15.2) ripresa il 9 novembre 2009

risponde all'area della prevista cava a cielo aperto (Fig. 15.2). I rilievi delle tessere di bosco nell'area SIC sono riportati invece nella Tabella 15.2.

Questi boschi sono giovani, in prevalenza cedui e spesso con presenza di pino nero austriaco (in media 16,6% di pini). Le fitomasse epigee hanno una media di soli 178 m³/ha, le altezze medie della canopy sono di poco superiori ai 15 m, la BTC è stimabile intorno a 5 Mcal/m²/anno. Si comprende subito che si tratta di foreste che vanno lasciate crescere. Fra questi rilievi, si deve notare che quello effettuato proprio sull'area richiesta per l'escavazione a cielo aperto è il Ril. T13, che presenta una fitomassa minore della media, data la maggior presenza di ceduo e il recentissimo taglio di esemplari di pino (Fig. 15.3).

La qualità ecologica dei parametri di ecocenotopo è invece più alta della media: 69,6 > 62,2. Comunque, nonostante una fitomassa di soli 137 m³/ha, la BTC del Ril. T13 non è molto bassa (4,67 vs 5,09 Mcal/m²/anno), anche

Tabella 15.2 UdP1 Mori, rilievi boschi SIC Talpina

Ril. N.	Sito	Quota	Alberi dominanti	Canopy m	FM m ³ /ha	BTC Mcal/m ² /a	Q (Ts)	Q (FM)	Q (Ect)	Q (UdP)	Con.	SP N.
T3	Talpina, p. 17a	410	<i>Quercus petraea</i> , <i>Carpinus betulus</i>	12,1	126,7	4,52	32,6	37,9	57,3	45,5	0	25
T4	Talpina, p. 17b	440	<i>Fagus sylvatica</i> , <i>Ostrya carpinifolia</i>	17,2	255,1	6,41	51,5	59	65	52,5	0	25
T7	Talpina, fianco Cava, p.18	380	<i>Pinus nigra</i> , <i>Quercus sp.</i> , <i>Carpinus betulus</i>	12,2	173,1	4,99	38,4	43,9	57,8	52,5	17	40
T12	Talpina Vallecola	350	<i>Fraxinus sp.</i> , <i>Ostrya carpinifolia</i>	18,6	200,1	4,84	41,6	43,9	61,2	30,1	23	42
T13	Talpina Doss del Gal	430	<i>Pinus nigra</i> , <i>Quercus sp.</i> , <i>Carpinus betulus</i>	16,3	137	4,67	18,8	38	69,6	47,5	43	69
5	Medie	402		15,28	178,40	5,09	36,5	44,5	62,2	45,6	16,6	40,2

BTC, biopotenzialità territoriale della vegetazione; Con., % conifere; FM, fitomassa epigea; Q, quota slm; Q(Ect), qualità ecologica di ecocenotopo; Q(FM), qualità ecologica di fitomassa; Q(Ts), qualità ecologica di tessera; Q(UdP), qualità ecologica di UdP.



Fig. 15.3 Uno dei tanti ceppi rimasti dopo il recentissimo taglio di pini neri, *Pinus nigra austriaca* (fra cui alcuni *P. strobus*, che era corretto togliere)

per la presenza di un'altissima biodiversità floristica: 69 sp. contro 40,2 sp. Tale biodiversità non solo è la maggiore fra i rilievi di bosco effettuati nel SIC (Tabella 15.2), ma risulta maggiore anche rispetto alle medie teoriche riportate da Pignatti (1998) come si nota in Figura 15.4.

15.2.1.2 L'ecotopo contenente l'area in esame

L'individuazione dell'ecotopo che contiene l'area in esame non risulta difficile, in quanto si tratta di delimitare il dosso che si sviluppa a est della strada per il maso Talpina, come si può notare dalla mappa (Fig. 15.5), fino al brusco cambio di pendenza che si produce a sud e a est, verso la valle dell'Adige. Si tratta di un'area di circa 30 ha, per la maggior parte coperta da boschi, ma anche con presenza di un'area agricola a vigneto e degli edifici del maso e di alcune strade sterrate, in prevalenza di servizio alla vecchia cava sotterranea.

Si potrà notare che l'area in esame, corrispondente

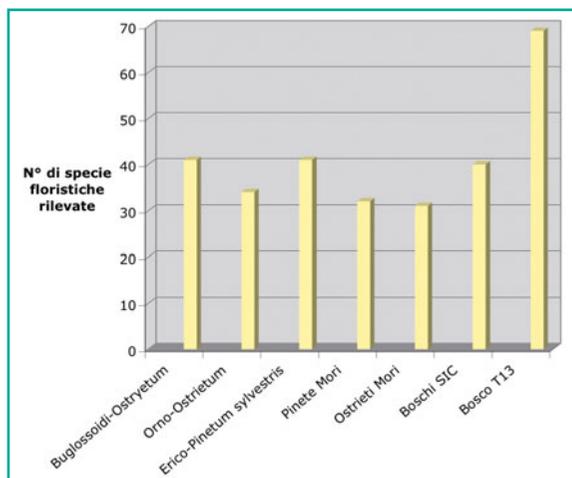


Fig. 15.4 Mentre il numero di specie floristiche rilevate nei vari tipi di bosco è paragonabile alle medie teoriche e applicazioni (da 30 a 42 sp.), nel rilievo T13 il numero è quasi il doppio. Le prime 3 tipologie di foresta sono riportate da Pignatti, 1998

al rilievo T13, risulta importante anche dal punto di vista della struttura ecologico-paesistica dell'ecotopo che la contiene. Tale area, infatti, acquista un ruolo protettivo per l'agricoltura e integra funzioni sia resilienti sia resistenti (dato il tipo di substrato) oltre che una ovvia funzione connettiva dell'ecomosaico. A sua volta l'ecotopo svolge un'evidente funzione nella parte SIC di Mori, essendo la zona cacuminale della collina, con pendenze contenute e assai ricca di biodiversità.

La stima della biopotenzialità territoriale della vegetazione nell'ecotopo (Tabella 15.3), basata su valori misurati sul campo, ed eseguita mediante il metodo La-BISV (Ingegnoli e Giglio, 2005), riporta un valore medio di BTC = 4,26 Mcal/m²/anno. La stima dell'habitat

Tabella 15.3 Stime di BTC e HU dell'ecotopo in esame, secondo il metodo Ingegnoli e Giglio (2005)

Tipo di elemento paesistico	Ha	%	BTC 2009	BTC' ponderato	HU 2009	HU' ponderato
Bosco	21,795	73,38	4,83	3,544	10	7,338
Area "cava"	3,125	10,52	4,67	0,491	10	1,052
Area agricola	3,5	11,78	1,85	0,218	80	9,427
Costruito	1,28	4,30	0,05	0,002	100	4,309
Totale	29,7	100		4,255		22,127

BTC, Mcal/m²/anno; HU, % area ecotopo.



Fig. 15.5 Mappa della zona SIC di Mori con la delimitazione dell'ecotopo (linea nera) e dell'area in esame (linea viola)

umano dell'ecotopo, eseguita rifacendosi a valori medi degli elementi paesistici di quel tipo, esprime il valore di HU = 22,13%. Entrambi i valori di BTC e HU sono congruenti con il tipo di paesaggio locale (la zona SIC), che si può classificare come agricolo-forestale seminaturale. Un confronto con il modello HU/BTC mostra che la BTC è più bassa della norma di circa il 22% in quanto i boschi sono ancora in stadi giovanili.

15.2.2 Ricostruzione storica e trasformazioni alternative dell'ecotopo

La ricostruzione storica dell'ecotopo è possibile, considerando (a) le fotografie aeree del 1954, che mostrano

un'area meno forestata e (b) le piantagioni di pino nero effettuate dai forestali nel dopoguerra. Dall'arbusteto con qualche macchia di alberi degli anni sessanta, che è valutabile, per analogia con casi simili, a BTC = 2,5 ± 3,0 Mcal/m²/anno, si passa al valore odierno, rilevato sul campo, di BTC = 4,26 Mcal/m²/anno. La proiezione di sviluppo naturale dei boschi può essere stimata osservando che tali formazioni sono ancora giovani e che possono evolversi fino a una BTC di circa 5,2 ± 5,4 Mcal/m²/anno entro i prossimi 30 anni.

Tenendo conto delle modalità di recupero dell'area di escavazione (vedi paragrafo 15.1.1) e applicando gli opportuni indici di BTC, è necessario compiere una analoga operazione a scala dell'area T13 (3,2 ha). Come riportato in Figura 15.6, si ottiene un risultato indubbiamente devastante, nonostante le opere di ripristino, di cui si è tenuto conto nella determinazione dei risultati.

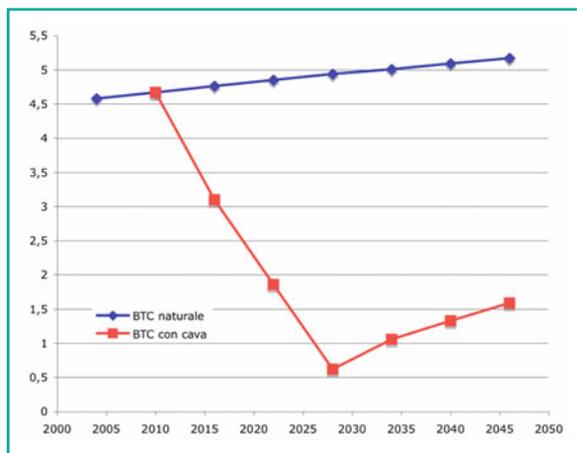
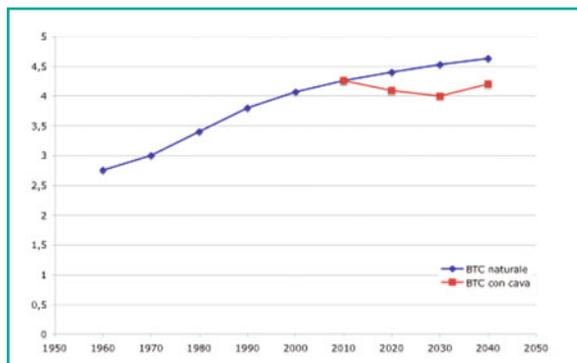
Di conseguenza, con un errore di stima piuttosto contenuto (< 10%), si può comporre la Tabella 15.4, che mostra la serie storica di valori di BTC per l'ecotopo in esame e la proiezione fino al 2040 nei due casi alternativi di continuazione naturale e di apertura/ripristino della cava.

Come si osserva dalla Figura 15.7, l'area compresa fra le due possibili alternative (cioè il trend storico e le previsioni di trasformazione) misura l'eventuale deficit di trasformazione. Tale deficit è palesemente penalizzante per l'ecotopo, dato che bloccherebbe lo sviluppo naturale dello stesso per circa 70-80 anni: ben oltre i 18 anni previsti dall'operazione di "scavi e ripristino". Peraltro, si deve sottolineare che di ripristino non si parla ormai più in ecologia, dopo che è stato dimostrato che è impossibile tornare allo status quo ante, per ragioni di termodinamica di non equilibrio.

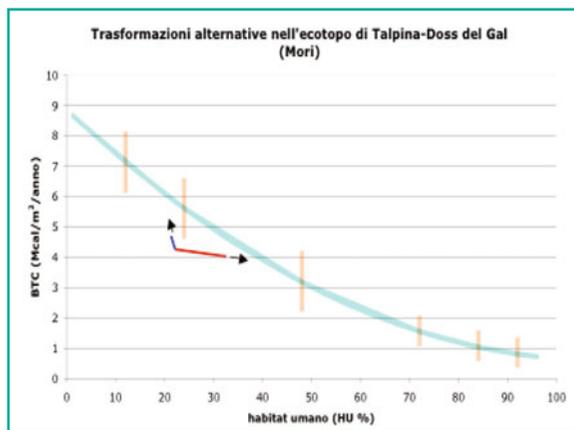
Le stesse trasformazioni alternative si possono valutare rispetto al modello HU/BTC (Fig. 15.8). Tale modello esprime la correlazione (elaborata su base sperimentale) fra i due indicatori ecologici che abbiamo

Tabella 15.4 Previsioni di sviluppo dell'ecotopo nei due casi alternativi: naturale (*verde*) o dopo escavazione (*rosso*)

Tipo di elemento paesistico	ha	%	BTC 1980	BTC 2000	BTC 2009	BTC 2028	BTC 2043	BTC 2028	BTC 2043
Bosco	21,80	73,38	4,00	4,60	4,83	5,10	5,30	5,10	5,30
Area "cava"	3,13	10,52	3,90	4,50	4,67	4,90	5,10	0,60	1,30
Agricolo	3,50	11,78	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85
Costruito	1,28	4,31	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Totale	29,70	100,00	3,57	4,07	4,26	4,48	4,65	4,03	4,25

**Fig. 15.6** Stima dello sviluppo naturale dell'area T13 (3,2 ha) in esame (*linea blu*) e dell'arresto di sviluppo dovuto all'ipotesi di apertura della cava (*linea rossa*), rispetto ai valori di BTC**Fig. 15.7** Stima dello sviluppo naturale dell'ecotopo in esame (*linea blu*) e dell'arresto di sviluppo dovuto all'ipotesi di apertura della cava (*linea rossa*), rispetto ai valori di BTC

già presentato e utilizzato: l'habitat umano e la biopotenzialità territoriale della vegetazione. Con questo confronto, viene messa in risalto la divergenza delle alternative e la posizione (delicata) a cavallo fra due tipi di paesaggio diversi: forestale-semi-naturale e agricolo-

**Fig. 15.8** Stima dello sviluppo naturale dell'ecotopo in esame (*linea blu*) e dell'arresto di sviluppo dovuto all'ipotesi di apertura della cava (*linea rossa*) e confronto con il modello HU/BTC. Viene messa in risalto la divergenza delle alternative e la posizione attuale a cavallo fra due tipi di paesaggio diversi: forestale semi-naturale vs agricolo-forestale

forestale, dalla quale non ci si può allontanare troppo se si vogliono mantenere le caratteristiche che rendono peculiare questo SIC.

15.3 Valutazione diagnostica

15.3.1 Cenni metodologici

Come già rilevato nell'introduzione, la significatività dell'incidenza sull'ambiente (SIA) dei parametri ecologici (Tabella 15.1) era valutata in modo prevalentemente qualitativo e con score generico (0-1) e soprattutto era limitata a suddivisioni riduzioniste di tematiche ambientali separate (aria, acqua, suolo, specie e rumore). Studi necessari, ma del tutto insufficienti alla luce di un'ecologia più avanzata, cioè sistemica e integrativa. Noteremo che gli studi aggiuntivi, effettuati per questa successiva valutazione ecologica, potrebbero

essere di per sé significativi, ma – dopo la critica ai precedenti lavori – non possiamo fermarci ai soli risultati settoriali, anche se alcuni di questi risultati sono stati ottenuti utilizzando indicatori sistemici e multifunzionali. Soprattutto perché lo stato ecologico di un sistema complesso adattivo, che si presenta come entità biologica, necessita, lo ribadiamo, un *criterio di valutazione clinico-diagnostico*.

Di conseguenza, il metodo utilizzato per una diagnosi dello stato ecologico del territorio, suddiviso in UdP e in ecotopi, si basa sul confronto di intervalli di normalità per ogni analisi parametrica effettuata (vedi capitolo 9), secondo il classico metodo clinico-diagnostico utilizzato anche in medicina. Per questo si deve stabilire, prima di tutto, quale sia il tipo di paesaggio in esame, per potere individuare di conseguenza gli intervalli di normalità per i parametri analizzati.

15.3.2 Valutazione diagnostica delle trasformazioni alternative a Talpina

Tenendo presente quanto riportato in breve nel precedente paragrafo, esporremo i parametri ecologici considerati. Essi sono 12, di cui 7 alla scala di ecotopo e 5 a quella di tessere (area cava). In sintesi, la prima colonna della Tabella 15.5 elenca tali parametri.

(I) *Ecotopo*

- HU = habitat umano (%);
- PRD = apparato produttivo, cioè agricoltura (%);

- BTC = biopotenzialità territoriale della vegetazione (Mcal/m²/anno) come media ponderata delle tessere vegetate presenti;
- scarti mod HU/BTC, scarti (%) dai valori del modello HU/BTC;
- RNT = apparato resistente, cioè foreste (%);
- D. Trasf. (anni) = deficit di trasformazione, durata in anni (rispetto il normale sviluppo naturale in assenza di interventi);
- paes. seminaturale = grado di naturalità proprio di un paesaggio forestale seminaturale, in parte agricolo.

(II) *Tessere cava*

- BTC = BTC rilevata sul campo per l'area in esame;
- scarti mod HU/BTC = idem come sopra, ma a scala locale;
- Carsicità = *Karren*, grado di tipizzazione rispetto alle formazioni a *Karren*;
- D. Trasf. (anni) = idem come sopra, ma a scala locale;
- ruolo nell'ecotopo = grado di multifunzionalità.

La Tabella 15.5 mostra, inoltre, la valutazione diagnostica delle situazioni *ex ante* ed *ex post* nel caso di uno sviluppo naturale dell'ecotopo. Gli intervalli di normalità adatti per il tipo di paesaggio dell'*ecotopo* (che ricordiamo essere un *paesaggio forestale seminaturale*) vengono confrontati con i rilievi dello stato *ex ante* (odierno) per ognuno dei 12 parametri e valutati secondo le equazioni del paragrafo precedente.

Lo stesso viene fatto per le previsioni *ex post* a 30 anni da oggi, che l'ecologia permette di stimare attentamente. Viene quindi calcolato l'indice diagnostico

Tabella 15.5 Talpina (Mori), trasformazione naturale

Parametri ecologici	Norma For-SN	A <i>ex ante</i> 2010	Score A	B <i>ex post</i> 2040	Score B
HU	10,0-25,0	22,13	2	22,13	2
PRD	10,0-30,0	11,78	2	11,78	2
BTC	4,5-7,0	4,26	1,72	4,65	2
Scarti mod. HU/BTC	0-20	26,7	0,55	20,2	0,93
RNT	60-85	83,9	2	83,9	2
D. Trasf. (anni)	1,5-25	5	2	2	2
Paesaggio seminaturale	0,9-1,1	0,9	2	1	2
(I) <i>Ecotopo</i>			12,27		12,93
BTC	5,5-7,5	4,67	0,99	5,17	1,6
Scarti mod HU/BTC	0-25	19,9	2	6	2
Carsicità: <i>Karren</i>	0,9-1	0,9	2	0,95	2
D. Trasf. (anni)	1,5-30	10	2	2	2
Ruolo nell'ecotopo	0,8-1	0,8	2	0,9	2
(II) <i>Tessere cava</i>			8,99		9,6
Indice diagnostico	85-100		88,6		93,9
Stato ecologico	Normale		Normale		Normale, quasi ottimo

(ID) e si può constatare che nell'eventualità di sviluppo naturale, i risultati sono assai buoni, anzi tendenti all'optimum (cioè vicini a ID = 1). Si ricorda che non a caso siamo in un'area SIC!

Rifacendo un'analoga operazione nell'alternativa di trasformazione che preveda l'apertura della cava e il seguente "ripristino" (Tabella 15.6) si ottengono dei risultati che alla stessa distanza di 30 anni presentano un indice diagnostico ID = 39,3, invece di 93,9. Tale risultato indica che l'ecotopo entrerebbe in uno stadio patologico di "grave disfunzione".

Una riconferma si può avere dalla Figura 15.9, dove i valori di ID sono talmente evidenti da non lasciare adito a dubbio.

Con queste brevi note si è dimostrato che gli studi SIA presentati a controllo del progetto di apertura della cava a Talpina-Doss del Gal sono stati necessari, ma *del tutto insufficienti* alla luce di un'ecologia più avanzata, cioè sistemica e integrativa. Infatti, con un'indicazione generica di significatività di incidenza del 50% si poteva anche pensare a un'azione di mitigazione con un recupero sostenibile. Viceversa, i risultati ottenuti dal presente studio mostrano una valutazione dia-

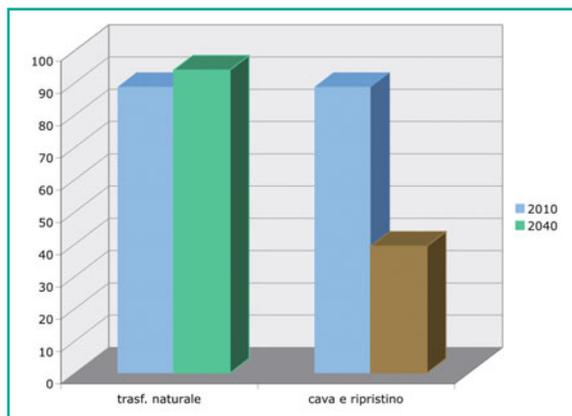


Fig. 15.9 Confronto fra gli indici diagnostici (ID) delle 2 trasformazioni alternative per l'ecotopo di Talpina: quella naturale (a sinistra) vs quella dall'apertura della cava e successivo "ripristino" (a destra)

gnostica di livello decisamente patologico per l'ecotopo futuro, quindi inaccettabile per una zona SIC.

A parere dello scrivente, quindi, si sottolinea l'inadeguatezza dei metodi utilizzati normalmente oggi per gli studi SIA, peraltro previsti dalle leggi vigenti.

Tabella 15.6 Talpina (Mori), controllo diagnostico della trasformazione con "ripristino" dell'area cava

Parametri ecologici	Norma S-nat	A ex ante 2010	Score A	B ex post 2040	Score B
HU	10,0-25,0	22,13	2	21,29	2
PRD	10,0-30,0	11,78	2	11,78	2
BTC	4,5-7,0	4,26	1,72	4,25	1,5
Scarti mod HU/BTC	0-20	26,7	0,55	27,1	0,54
Copertura FOR	60-85	83,9	2	75,48	2
D. Trasf. (anni)	1,5-25	5	2	75	0
Paesaggio seminaturale	0,9-1,1	0,9	2	0,4	0,37
(I) Ecotopo			12,27		8,41
BTC	5,5-7,5	4,67	0,99	2,1	0,32
Scarti mod HU/BTC	0-25	19,9	2	63,9	0
Carsicità: Karren	0,9-1	0,9	2	0,2	0,18
D. Trasf. (anni)	1,5-30	10	2	80	0
Ruolo nell'ecotopo	0,8-1	0,8	2	0,5	0,52
(II) Tessere cava			8,99		1,02
Indice diagnostico	85-100		88,6		39,3
Stato ecologico	Normale		Normale		Grave disfunzione

16.1 Obiettivi e analisi

16.1.1 Inquadramento dell'unità di paesaggio e obiettivi

Questo studio (2004-2005) ha avuto come obiettivo la valutazione diagnostica della vegetazione forestale nell'unità di paesaggio (UdP) dove è sita l'area permanente TRE1 del programma Con.Eco.For. per il Corpo Forestale dello Stato (CFS). Tale UdP si trova al confine fra Trentino e Alto Adige, in un altopiano di circa 200 ha a una quota media di circa 1800 m slm, coperto per tre quarti da foreste di pecceta subalpina (*Homogyno-Piceetum*, Zukrigl, 1973) a dominante di *Picea abies*, con presenza di *Pinus cembra* (Figg. 16.1 e 16.2). Le due figure sono vedute rispettivamente verso est e verso nord, in cui si possono notare le caratteristiche dell'area,

facendo anche riferimento alla mappa di Figura 16.3.

Le dodici aree permanenti indicate dalla direzione CFS sono state valutate con metodo di bionomia del paesaggio (vedi capitolo 5) e hanno dato buoni risultati, ma ovviamente tale valutazione acquista un senso compiuto solo considerando il complesso contesto del sistema di ecosistemi in cui le aree stesse sono integrate. Perciò si è scelta l'UdP in oggetto, che si prestava particolarmente bene a tale scopo, essendo (a) una zona di significativa naturalità al confine di due province molto attive nella tutela dell'ambiente, e (b) una zona da qualche anno oggetto di aumentata pressione turistico-sportiva.

Uno studio di questo genere risulta, inoltre, di notevole importanza per dimostrare l'efficacia della metodologia proposta per la caratterizzazione e la valutazione diagnostica dei paesaggi forestali anche in vista di applicazioni per la pianificazione e la conservazione



Fig. 16.1 Veduta di insieme (verso est) del Passo di Lavazè (1800 m slm) che collega Cavalese e Bolzano, legando quindi la val di Fiemme alla val d'Ega. Sullo sfondo la Pala di Santa (2460 m)



Fig. 16.2 Veduta (verso nord) del Passo di Lavazè, al margine della foresta della val d'Ega, costituita da Pecceta subalpina (*Homogyno-Piceetum*, Zukrigl, 1973) a dominante di *Picea abies*, con presenza di *Pinus cembra*. Sullo sfondo il gruppo del Latemar (2842 m)

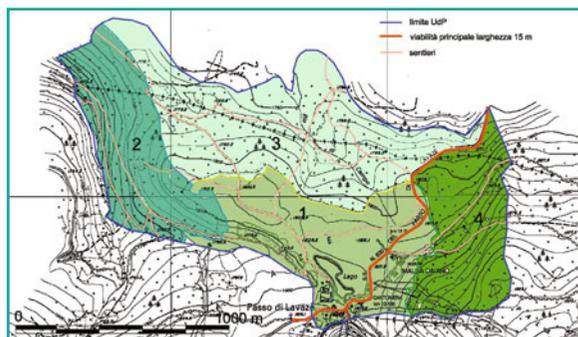


Fig. 16.3 Unità di paesaggio del Passo di Lavazè e suoi ecotipi componenti. La strada interprovinciale Cavalese-Bolzano attraversa il Passo (la sua larghezza comprende le banchine erbose esterne). L'ecotipo 1 è prevalentemente prativo, gli altri sono del tutto forestali

di territori di buona naturalità e per poter arrivare a sostituire il concetto di sostenibilità con il più avanzato concetto di "riequilibrio strategico" (vedi capitolo 10, paragrafo 10.3.4).

16.1.2 Risultati delle analisi

L'unità di paesaggio (UdP) in esame ha una superficie di 172,63 ha e un perimetro di 6,57 km, ed è composta da 4 ecotipi, come mostrato nella Figura 16.3. Il suo margine nord fa parte della provincia di Bolzano (quasi $\frac{1}{4}$ della superficie).

Con l'aiuto della cartografia tecnica regionale in scala 1:10.000, si è potuto procedere alla quantificazione delle componenti territoriali dell'UdP in esame (Tabelle 16.1 e 16.2), perché più facilmente misurabili. Tuttavia, da sopralluoghi effettuati di persona in anni precedenti, si è potuto constatare che tali misure si potevano sicuramente riferire al 1998, salvo errori inferiori all'1%. Da questa base, e sempre tenendo conto delle osservazioni sul campo e di alcune informazioni dedotte dai forestali di Cavalese, si sono stimati i dati territoriali agli anni 1930-40.

Le misure riguardanti lo stato attuale (agosto 2004) sono state le più difficili, in quanto due tipi di cambiamenti macroscopici sono avvenuti proprio negli ultimi 3-4 anni e non sono stati ancora cartografati:

- un aumento considerevole della pressione turistica, soprattutto per lo sci di fondo, con apertura di nuove piste (Fig. 16.4) e allargamento di sentieri a tale scopo e costruzione di impianti fissi (neve artificiale, sovrappasso ecc.);

Tabella 16.1 Quantificazione delle componenti territoriali dell'UdP del Passo di Lavazè nel 1998

Tipo di elemento paesistico	Sup (ha)	% UdP
Foreste e boschi	117,26	67,9
Danni climatici e chiarie	0,5	0,3
Piste	1	0,6
Sentieri	4	2,3
Aree di torbiera	3,66	2,1
Prati in foresta	3,5	2,0
Aree forestali in toto	129,92	75,26
Prati e pascoli	27,56	16,0
Arbusteti	4,5	2,6
Piste	2	1,2
Sentieri	2	1,2
Lago	1,75	0,1
Aree prative in toto	37,81	21,90
Aree costruite	2,9	1,65
Strade e piazzali	2	1,2
Aree costruite in toto	4,9	2,84
Unità di paesaggio (1998)	172,63	100,0

Tabella 16.2 Quantificazione delle componenti territoriali dell'UdP del Passo di Lavazè nell'agosto 2004

Tipo di elemento paesistico	Sup (ha)	% UdP
Foreste e boschi	109,95	63,7
Danni climatici e chiarie	5,94	3,4
Piste	6	3,5
Sentieri	2	1,2
Aree di torbiera	3,66	2,1
Prati in foresta	2,37	1,4
Aree forestali in toto	129,92	75,26
Prati e pascoli	26,08	15,1
Arbusteti	4,5	2,6
Piste	2,9	1,7
Sentieri	2,12	1,2
Lago	1,75	1,0
Aree prative in toto	37,35	21,6
Aree costruite	3,31	1,9
Strade e piazzali	2,05	1,2
Aree costruite in toto	5,36	3,10
Unità di paesaggio (2004)	172,63	100,0

- la presenza di aree di devastazione climatica, da forte temporale con trombe d'aria (Fig. 16.5) che hanno abbattuto diversi ettari di bosco (ecotipo 4 e fra gli ecotipi 2 e 3).

I rilevamenti sono stati fatti in seguito alle osservazioni dirette sul campo. Come si può osservare dalle fotografie, i disturbi recenti che gravano sull'UdP in



Fig. 16.4 Esempio di apertura recente di nuove piste da sci di fondo, anche in mezzo alla foresta, come si vede nella zona nord, a margine della val d'Ega. Vedi anche la Figura 16.8, per valutare gli effetti di quest'alterazione, certamente non lieve



Fig. 16.5 Una delle chiarie (*freccia*) dovute a una tromba d'aria nel forte temporale del settembre 2000, che ha abbattuto una grande quantità di tessere, anche più grandi di quella che si vede nella foto. La presenza di camper è assai frequente d'estate e può richiamare l'attenzione sull'aumentata pressione turistica

esame sono senza dubbio assai seri, per un tipo di paesaggio seminaturale. Le piste da sci di fondo incidono in buona parte anche sulle formazioni forestali; le chiarie dovute alle trombe d'aria sono evidenti anche da lontano, e l'assalto dei turisti è forte anche nei mesi estivi.

Il carico antropico fisso non è, quindi, da trascurare. Una stima, sia pure di massima, della popolazione dell'UdP è stata effettuata considerando la capienza dei parcheggi e i mesi di pressione turistica (popolazione equivalente su base annua) oltre che le presenze fisse in albergo e malga. Risulta circa un totale di abitanti equivalenti pari a $15 + 240 = 255$ ab/anno che, con una tolleranza aggiuntiva del 5%, arrivano a 270. Si tratta di un valore assai elevato, dato che l'UdP non è strutturata per essere un villaggio e che anche il settore agricolo (pascolo e fienagione) è limitato entro il 15% della superficie.

Il più importante studio è stato quello riguardante l'analisi e la valutazione della vegetazione, secondo la metodologia LaBiSV (vedi capitolo 5, paragrafo 5.1.2). Oltre al rilievo dell'area permanente TRE1 (che ricordiamo essere solo un *plot*, ed è stata pertanto rilevata anche come "tessera comprendente il *plot*"), sono state studiate altre 10 tessere forestali, distribuite nel contesto paesistico dell'area stessa e 3 tessere rispettivamente di prato, arbusteto e torbiera, in modo da valutare lo stato ecologico-paesistico dell'UdP, come si vede dalle Tabelle 16.3 e 16.4 e dalla Figura 16.6, che mostra l'ubicazione e le dimensioni delle tessere rilevate.

Dall'analisi delle tessere di foresta si sono potuti

valutare i parametri considerati sia in dettaglio sia in sintesi, cioè per gruppo (Figg. 16.7 e 16.8).

Procedendo dal generale (Tabella 16.2 e Fig. 16.7) al particolare (Fig. 16.8), possiamo notare che:

- nessuna tessera (Ts) si avvicina alla piena qualità di vegetazione, essendo tutte $< 90\%$, tuttavia due di esse raggiungono l'81% e una è proprio quella contenente l'area permanente; d'altra parte,
- nessuna Ts presenta una qualità $Q < 50\%$, quindi la media di $Q = 67,96$ può dirsi discretamente buona;
- le Ts "C" ed "F" hanno un rapporto Q/BTC relativamente basso, a causa di modalità di gestione (struttura a fustaia, vedi Fig. 16.9) che nella Ts Con.Eco.For. risultano invece migliori (struttura seminaturale);
- l'area permanente in quanto tale non è in grado di rispecchiare la BTC caratteristica della Ts di appartenenza, come si è potuto notare dal rilievo; anche in altri casi di studio compare tale divario;
- le fitomasse sono relativamente poco sviluppate, anche nelle Ts migliori, forse a causa del clima. In effetti un confronto con la foresta di Paneveggio, dove si possono raggiungere in talune Ts valori di F_m fino a 1,5 volte i presenti, è significativo;
- il suolo è un podsol tipico, quindi adatto alla pecceta subalpina. D'altra parte, uno studio dell'età rispetto ai diametri dimostra che si raggiungono età avanzate anche con diametri contenuti, per esempio $d = 55,7$ cm, pari ad anni 215 (Ts Z), circa 40-50% in più che a Tarvisio (quota 850), dove a parità di diametri si sono rilevati circa 140 anni;

Tabella 16.3 Tessere forestali (Ts) rilevate nella unità di paesaggio del Passo di Lavazè (TN) nell'agosto 2004. La loro superficie totale è pari a circa un quarto dell'intera unità di paesaggio (UdP)

Tessere rilevate	Sup.	QT	QF	QE	QU	BTC	BTC/ BTC _s	H	vFM
Ts di foresta	ha	%	%	%	%	Mcal/m²/anno	%	m	m³/ha
Z, Ts (con TRE 1)	4,01	70,7	56	95,6	80,4	8,50	90,0	29,5	739
A, est, 1880 m	2,25	50	58,7	64,8	58,7	6,19	65,0	24,8	606
B, est, 1800 m	4,25	50	32	74,4	71,6	6,15	65,0	26,1	320
C, nord-est, 1780 m	4,40	64,7	56	73,6	67,6	7,48	79,1	25,7	872
D, ovest di Z, 1790 m	4,18	56	56	74,4	71,6	7,04	74,4	25,6	629
E, nord, 1770 m	4,41	56	56	70,8	62,7	6,93	73,3	25,8	793
F, ovest, 1800 m	4,31	78	70,7	82,4	85,3	9,09	96,1	32	1086
G, sud, 1790 m	2,83	57,3	56	78,8	57,8	6,94	73,4	26,7	713
H, sud-ovest, 1750 m	3,73	57,3	44	78,8	67,6	6,65	70,3	20,7	443
L, ovest di D, 1800 m	2,74	44	44	66,4	52,9	5,67	59,9	26,6	525
Totale Ts forestate	37,11	59,4	53	76,6	68,9	7,17	75,8	26,5	686

BTC_s , 0,85 BTC_F dove: BTC_s , soglia di maturità, BTC_F , flesso della curva di sviluppo, dove inizia la soglia di maturità (si ricava dall'equazione del modello); FM , fitomassa (rilevata con relascopio); H , altezza media della canopy; QE , qualità parametri di ecocenotopo; QF , qualità parametri di fitomassa; QT , qualità parametri di tessera; QU , qualità parametri di unità di paesaggio.

Tabella 16.4 Altri tipi di tessere rilevati nell'UdP del Passo di Lavazè: ginepreto, nardeto e torbiera

Tessere rilevate	Sup.	QT	QF	QE	QU	BTC	BTC/BTC _s	H	vFM
Ts di altre formazioni	ha	%	%	%	%	Mcal/m²/anno	%	m	kg/m²
Arbusteto a ginepri	1,2	45,5	36,9	78,6	69,8	1,44	65,1	0,7	1,9
Prato a nardo	1,6	21,9	12,5	52,8	51,4	0,58	47,5	0,4	0,8
Torbiera alpina	1,5	62	51	94	72,9	1,22	85,6	0,2-1	1,5
Totale Ts varie	4,30					1,04			

L'arbusteto a ginepri è stato rilevato con la scheda parametrica degli arbusteti; il nardeto e la torbiera sono state rilevate con la scheda per "Prati e pascoli" (vedi Ingegnoli e Giglio, 2005). FM , fitomassa (stima); H , altezza media della canopy.

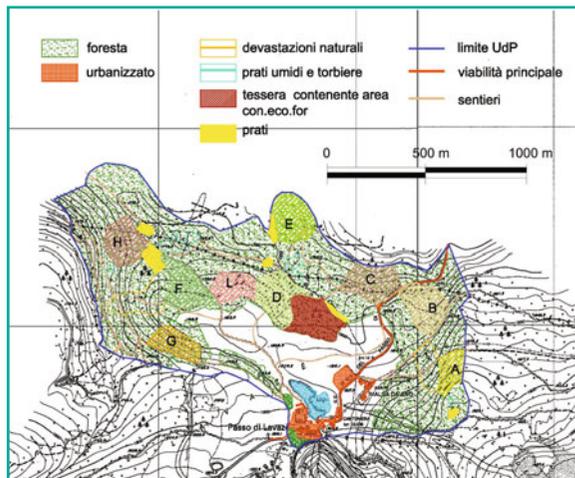


Fig. 16.6 Distribuzione delle tessere (Ts) forestali rilevate (Tabella 16.2) nell'UdP in esame. La scelta delle tessere da rilevare è stata effettuata in base ai gradienti ecologici delle formazioni presenti nell'UdP

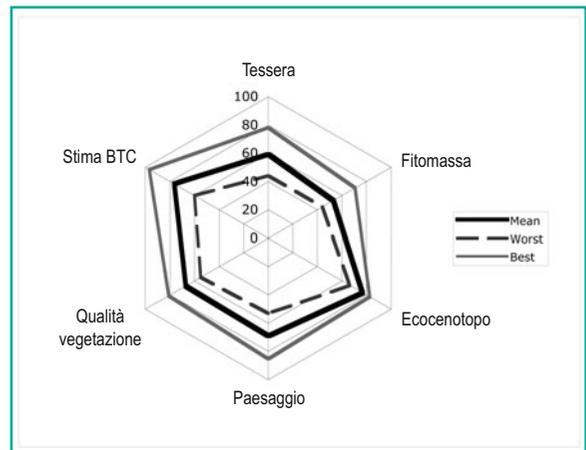


Fig. 16.7 Rappresentazione dei caratteri di sintesi dei tipi di tessere che formano la foresta del Passo di Lavazè (TN), dedotti dallo studio delle schede di rilevamento sul campo. I due casi migliori e i due peggiori sono confrontati con la media. La scala esprime il valore di qualità percentuale

Fig. 16.8 Rappresentazione dei parametri ecologici rilevati nel contesto della foresta del Passo di Lavazè. Sotto al 40% solo le voci U2 (*source*) e E2 (ricchezza di sp.); al 100% E1 (sp. dominanti), E3 (sp. caratteristiche), E4 (sp. alloctone) e U9 (permanenza). Lo stato ecologico delle foreste è forse oggi meno buono di quanto ci si potrebbe aspettare

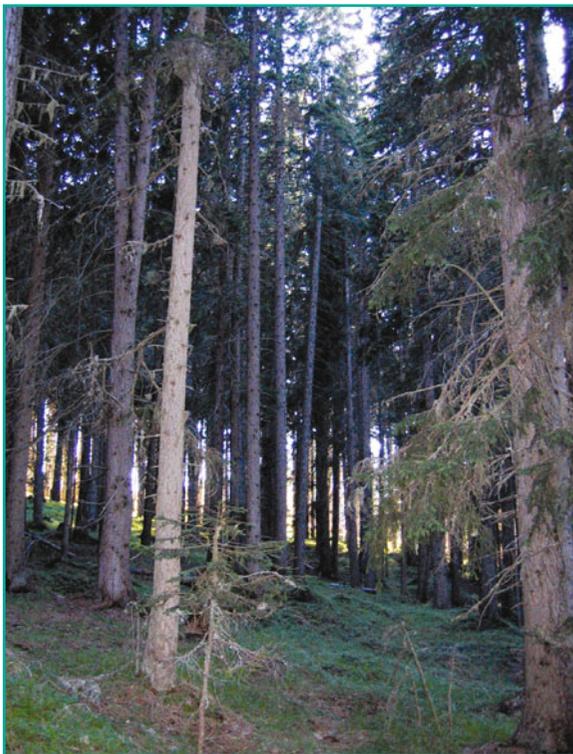
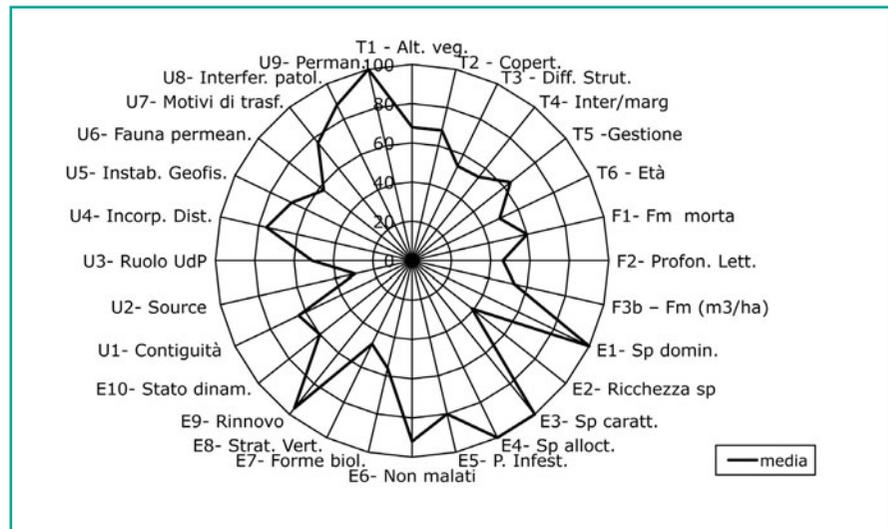


Fig. 16.9 Struttura della tessera “F”, nella zona nord-ovest del Passo di Lavazè, che rappresenta la formazione forestale di maggiore BTC (circa 9,00 Mcal/m²/anno). Tuttavia, il rapporto Q/BTC non è di buon livello, perché la struttura è a fustaia, quindi si risente l’intervento gestionale

- fra le Ts migliori e le peggiori il divario più evidente è nel primo gruppo di parametri (caratteri di tessera);
- più in dettaglio, i valori intorno al 100% (stato eco-

logico ottimale) dei parametri considerati sono pochi ($5/28 = 17,9\%$), che arrivano a 7/28 sopra il 90%. Tali parametri sono inoltre scontati: permanenza, sp. dominanti, sp. caratteristiche, assenza di sp. alloctone, rinnovo, assenza di individui malati, assenza di patologia del paesaggio; d’altra parte,

- sotto al valore 20% non c’è nulla, ma sono significativi sia i parametri sotto il 40%, sia quelli sotto il 60%: per esempio *source*, ricchezza di specie, volume di fitomassa, differenziazione strutturale, età della tessera.

Vale la pena di tornare alla Figura 16.9, che rappresenta la Ts “F”, quella a BTC più alta (circa 9,00 Mcal/m²/anno): gran parte del suo valore è dato dalla elevatissima fitomassa (>1000 m³/ha) e da una forte disetaneità (diametri da 35 a 90 cm). Perciò era stata oggetto di critica al punto 3.

Si tenga presente che, comunque, queste valutazioni assumono un senso più compiuto in contrappunto agli studi sulla dinamica ecopaesistica e alla situazione dell’UdP rispetto agli altri indicatori ambientali di trasformazione (per esempio il confronto con il modello HU-BTC ecc.), come vedremo ora.

Iniziamo a mostrare i risultati delle analisi della BTC e dell’HU dell’UdP (Tabella 16.5). In modo analogo a quanto qui riportato nella Tabella 16.4 è stato elaborato anche per le soglie storiche 1998 e 1935. La BTC (considerata in prima approssimazione come costante per le foreste, dato il tipo di gestione) era al 1935 pari a 5,21 Mcal/m²/anno, al 1998 pari a 5,11. L’HU era stimabile al 1935 pari al 20,6%, al 1998 pari al 21,4%. Come si noterà, negli ultimi anni vi è stato il maggior cambiamento, in senso peggiorativo.

Tabella 16.5 Analisi di BTC media e di HU dell'UdP del Passo di Lavazè allo stato attuale (2004)

Tipo di elemento paesistico	Sup (ha)	UdP %	BTC (Mcal/m ² /anno)	BTC	HU	HU
Foreste e boschi	109,95	63,69	7,17	4,57	8,2	5,22
Danni climatici e chiarie	5,94	3,44	0,32	0,01	15	0,52
Piste	6	3,48	0,15	0,01	85	2,95
Sentieri	2	1,16	0,05	0	90	1,04
Aree di torbiera	3,66	2,12	1,22	0,03	12	0,25
Prati in foresta	2,37	1,37	0,6	0,01	50	0,69
Aree forestali in toto	129,92	75,26				0,00
Prati e pascoli	26,08	15,11	0,6	0,09	65	9,82
Arbusteti	4,5	2,61	1,44	0,04	10	0,26
Piste	2,9	1,68	0,2	0	80	1,34
Sentieri	2,12	1,23	0,1	0	85	1,04
Lago	1,75	1,01	0,05	0	40	0,41
Aree prative in toto	37,35	21,64		0		0,00
Aree costruite	3,31	1,92	0,15	0	100	1,92
Strade e piazzali	2,05	1,19	0,05	0	100	1,19
Aree costruite in toto	5,36	3,10		0		0,00
Sub-unità di paesaggio	172,63	100,00		4,76		26,67

Si nota che la valutazione dell'habitat umano (HU) è stata eseguita con il metodo proposto da Ingegnoli e Giglio (2005); i valori di BTC derivano dai rilievi esposti nelle tabelle 16.3 e 16.4 e da dati di studi precedenti di Ingegnoli (ma solo per le aree costruite).

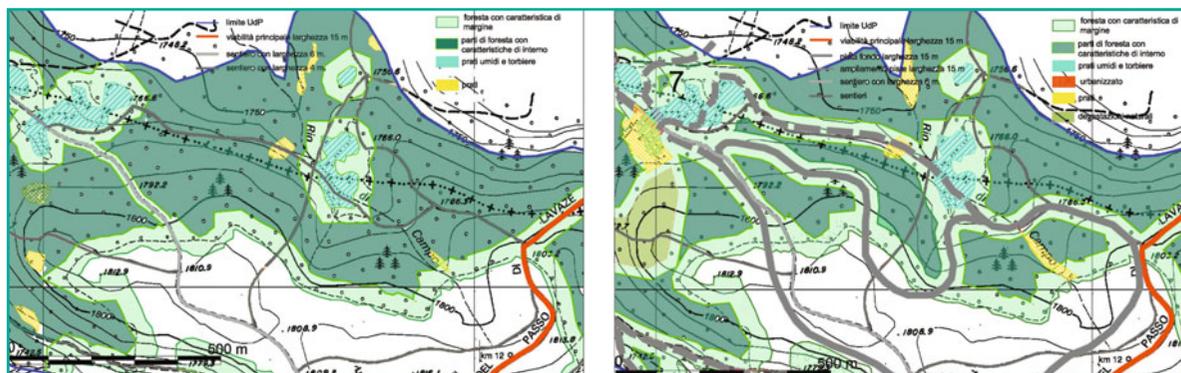


Fig. 16.10 Analisi della frammentazione al 1998 e al 2004. Il rapporto “core-area/Sup.For.tot” delle macchie forestali è risultato essere pari a 77,39%, di conseguenza quello “interno/margine” era 3,42. Lo stesso rapporto nel 2004 è risultato essere pari a 64,55%, di conseguenza quello “interno/margine” era sceso a 1,82. Si noti che l’apertura e/o allargamento delle piste di fondo ha sottratto solo il 4,3% dell’area forestata, ma ha prodotto un aumento del 9,2% delle fasce di margine nell’UdP

Si sono inoltre elaborate (stesse soglie temporali: 1935, 1998, 2004) le seguenti analisi di ecologia del paesaggio:

- misura della diversità paesistica strutturale ψ (Giglio, 2003), cioè della diversità derivata dall’insieme degli elementi paesistici che formano l’UdP;
- misura della metastabilità generale di paesaggio LM (Ingegnoli, 2002), basata sulla diversità funzionale τ (classi standard di BTC) e sulla BTC media;
- misura della frammentazione come rapporto “core-area/sup.For.tot.” (superficie forestale totale) e “in-

terno/margine” delle macchie forestate, basata sul rilevamento delle fasce di margine formate in seguito ai disturbi naturali e antropici.

Si presenta ora la Figura 16.10 che mostra l’effetto della recente frammentazione. Tale frammentazione è dovuta principalmente all’apertura di nuove piste da sci di fondo (vedi anche Fig. 16.4), di per sé non molto larghe (circa 15-20 m), ma sicuramente dannose a causa dell’effetto di feedback positivo dovuto ai margini. Inoltre, anche i disturbi naturali dovuti a trombe d’aria e forti temporali hanno peggiorato la situazione.

Tabella 16.6 Quadro riassuntivo dei risultati delle principali analisi di ecologia del paesaggio effettuate nella UdP del Passo di Lavazè

Parametri analizzati	1935	1998	2004
BTC (Mcal/m ² /anno)	5,18	5,05	4,76
HU (%)	20,6	21,4	26,7
HU/HN	0,259	0,272	0,364
$\psi = H(3+D)$	4,63	4,99	5,29
D _F (dominanza funzionale)	0,669	0,627	0,598
LM = τ *BTC	24,27	24,16	23,09
Interno/margine	4,14	3,42	1,82
Core-area/sup. for. totale (C/F %)	80,54	77,39	64,55

Come si legge dalla Tabella 16.6, che riassume le trasformazioni dei parametri ecologici considerati nei tre periodi temporali, tutti i cambiamenti rilevanti sono avvenuti negli ultimi anni. Per potere comprendere meglio lo stato ecologico dell'UdP in esame è ora necessario arrivare a una fase di valutazione diagnostica.

16.1.3 Valutazione diagnostica

La diagnosi ambientale dipende dal confronto fra le condizioni del sistema ecologico in esame e quelle dello stato considerato come "normale". In altre parole, come oramai sappiamo, è il rapporto tra "patologia" ed "ecologia" dei sistemi che permette una diagnosi in senso clinico del paesaggio da studiare, pianificare, o preservare. È indispensabile, quindi, stabilire i valori di normalità per i principali parametri di analisi, secondo la teoria e la pratica dell'ecologia del paesaggio. In questo studio prenderemo in considerazione i seguenti parametri: BTC, HU, ψ , LM, C/F.

Per quanto riguarda la BTC, il modello di normalità ottimale HU/BTC (Ingegnoli, 2005) prevede, per i paesaggi forestali di tipo seminaturale, valori minimali intorno a 5,98-5,74 Mcal/m²/anno. Sempre dal citato modello (ovviamente ben sperimentato su casi reali) risulta un HU di circa 20-22%.

Per i valori di normalità di ψ si può ricorrere a un altro modello (Giglio e Ingegnoli, 2005) che per insiemi strutturali di 11 elementi paesistici è pari a 5,52-5,75. Un intervallo di normalità per LM si trova seguendo un modello che lo pone in rapporto sempre con HU (Ingegnoli, 2002). Tale modello dipende anche dai valori di $\sigma = HS/HS^*$, che allo stato attuale risulta essere $\sigma = 0,92$, per cui LM vale 30-32.

Per il rapporto C/F si deve procedere notando che l'assenza di frammentazione può essere un fatto negativo, soprattutto per le comunità animali (per esempio ungulati, gallo cedrone). Dalla pratica e dalla letteratura si evince che un limite di 12-18% di margine è bene che sia presente, quindi un C/F di 84-86% è da considerarsi normale in casi come questo.

Come si noterà nella Tabella 16.7, un quadro riassuntivo delle valutazioni diagnostiche delle principali analisi di ecologia del paesaggio viene dato evidenziando gli scarti dalla normalità ottimale. La normalità è riferita al suo assetto storico e soprattutto alle sue potenzialità di paesaggio forestale seminaturale. La valutazione degli scarti dagli intervalli di normalità è eseguita come da capitolo 9, paragrafo 9.3.2.

L'indice diagnostico sintetico passa, nel caso in esame, da un valore ancora al margine della normalità (0,85) nel 1935 a un valore più basso (0,75) nel 1998, ma scende a un valore al principio della disfunzione (0,60) nel 2004. Si vede come da una situazione pressoché normale, salvo qualche stress, presente nel periodo 1935-1998, si passi a una sindrome di evidente disfunzione ecopaesistica, nel periodo recente. I valori diagnostici sono scritti in colore per evidenziare meglio il quadro clinico dell'UdP: dal blu (nella norma) al rosso (grave alterazione).

Ricordando la mappa dello stato attuale e la Tabella 16.6, si comprende l'effetto di due macchie di devastazione da tromba d'aria (5,44 ha in più rispetto 1998) e maggiore frammentazione da apertura e allargamento di piste da fondo (circa 3,2 km in più in foresta rispetto il 1998).

L'alterazione rispetto alla BTC è simile in entrambe le perturbazioni (-0,67 Mcal/m²/anno, rispetto alla foresta), maggiore però quella rispetto alla frammenta-

Tabella 16.7 Quadro riassuntivo delle valutazioni diagnostiche delle principali analisi di ecologia del paesaggio effettuate nella UdP del Passo di Lavazè. Normalità riferita al suo assetto storico e alle sua potenzialità di paesaggio forestale semi-naturale

Parametri analizzati	Stato di normalità*	1935	Scarti %	1998	Scarti %	2004	Scarti %
BTC (Mcal/m ² /anno)	5,57-6,15	5,18	-7	5,05	-9,3	4,76	-14,5
HU (%)	20-22	20,6	ok	21,4	ok	26,7	21,4
$\psi = H(3+D)$	5,5-5,7	4,63	-15,8	4,99	-9,3	5,29	-3,8
$LM = \tau * BTC$	29-31	24,27	-16,3	24,16	-16,7	23,09	-17,6
C/F (%)	80-90	80,54	ok	77,39	-3,3	64,55	-19,3
Piante alloctone (%)	0-1	0	ok	0	ok	0,1	ok
Area forestale (%)	65-80	68,9	ok	67,9	ok	63,7	- 2,0
Area agricola (%)	10-20	18,7	ok	16	ok	15,1	ok
$\sigma = HS/HS^*$	3-8	2,9	-3,3	1	-66,7	0,92	-69,3
$HuCE = (BTC/HU) * \sigma$	65-650	72,9	ok	23,6	-66,3	16,4	-76,6
Indice diagnostico	0,85-1	0,85	ok	0,75	-11,8	0,60	-40
Stato ecologico	Normale	Normale		Alterato		Disordine	

Valutazione degli scarti (%): 0-10 = 2; 10-30 = 1; 30-60 = 0,5; > 60 = 0; indice diagnostico 0,85-1 = normale; 0,65-0,85 = alterazione; 0,40-0,65 = disordine; 0,15-0,40 = grave disordine; < 0,15 estinzione. (*) Valori di normalità per un paesaggio di tipo forestale seminaturale.

zione. Inoltre le piste hanno attrezzature fisse per l'innevamento artificiale e aumentano la pressione turistica invernale, tanto che, come già detto, la popolazione equivalente si può ragionevolmente stimare di 270 ab. Con un $\sigma = 0,92$ e un aumento dell'HU di quasi il 25% in pochi anni, a fronte di una diminuzione accentuata di BTC (circa -6% in 5 anni), viene il sospetto che il tipo di paesaggio dell'UdP possa addirittura essere cambiato, malgrado le potenzialità ancora presenti.

16.2 Discussione e conclusioni: necessità di tutela

16.2.1 Alterazione della UdP

Per accertare tale sospetto di alterazione, potenzialmente grave in una UdP subalpina che non è strutturata come centro abitato, si deve approfondire l'utilizzo del citato modello di normalità BTC/HU. Per essere sicuri della sua validità, si sono ipotizzati scenari di trasformazione dell'UdP in esame a diversi livelli di HU e si è tracciata la curva polinomiale che rappresenta il modello in oggetto. Come si può osservare dalla Figura 16.11, si sono poi segnate le posizioni dello stato ecologico della UdP alle tre soglie temporali considerate. La curva polinomiale del modello BTC/HU appare ben concordante

con tali ipotesi. In colore sono segnati i valori al 1935, 1998, 2004 dell'UdP secondo le analisi effettuate. Le fasce verticali dividono l'insieme (paesaggi forestati) nei seguenti cinque campi: paesaggio naturale, seminaturale, agricolo-forestale, agricolo, rurale-suburbano.

Si nota che la trasformazione avvenuta dal 1998 al 2004 ha portato l'UdP a cambiare tipo di paesaggio, avendo nettamente superata la soglia di paesaggio seminaturale. Si avverte che tali soglie hanno tolleranze piuttosto ridotte (circa $\pm 5\%$); esse non sono arbitrarie, in quanto il rapporto BTC/HU ha molteplici implicazioni funzionali, come si è visto anche nello stabilire i valori di normalità.

16.2.2 Necessità di tutela

Per quanto nel presente studio non si sia affrontato questo aspetto, va ricordato che dalla diagnosi emergono spontaneamente alcuni criteri cautelativi che possono migliorare lo stato ecologico dell'UdP. Si è infatti ancora in tempo a evitare ulteriori deterioramenti dello stato ecologico dell'UdP e, addirittura, se si vuole, a eliminare alcuni disturbi che possono diventare non incorporabili dal sistema ecologico in esame. Si fa presente che:

- l'UdP è assai prossima (circa 2-3 km) a un'importantissima zona di tutela, sito UNESCO, Patrimonio

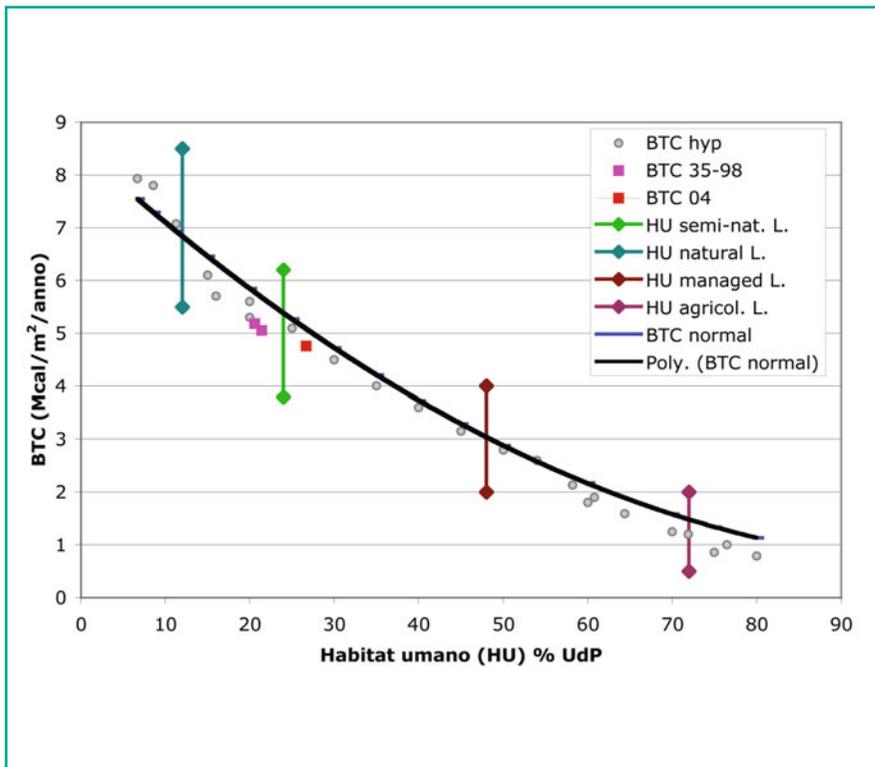


Fig. 16.11 Valori di BTC e HU ipotizzabili secondo i caratteri dell'UdP in esame sono segnati con cerchietti. La curva polinomiale del modello BTC/HU è ben concordante con tali ipotesi. In colore magenta e rosso sono segnati i valori al 1935, 1998, 2004 dell'UdP secondo le analisi effettuate. Le fasce verticali delimitate da linee di tonalità diverse dividono l'insieme (paesaggi forestati) nei seguenti campi: (da sinistra a destra) paesaggio naturale, seminaturale, gestito, agricolo, rurale-suburbano. Passando dal paesaggio forestale seminaturale (campo a sinistra della linea verde) a paesaggio forestale gestito (campo a sinistra della linea marrone), si nota che la trasformazione avvenuta dal 1998 al 2004 ha portato l'UdP a cambiare tipo di paesaggio



Fig. 16.12 Veduta della forra del Bletterbach, a occidente dal Weisshorn, che segna il confine con il Passo del Lavazè, il quale si trova invece a est dello stesso Corno Bianco. Il Bletterbach rappresenta una riserva naturale di importanza globale, dato che si possono leggere gli strati dal Permiano fino a oggi. Sarebbe necessario che anche tutto il limitrofo Passo del Lavazè fosse tutelato in modo da formare un'area di parco naturale unica

dell'Umanità (valle del Bletterbach-Weisshorn, Figura 16.12) ed è la parte sommitale della selva di Val d'Ega, particolarmente panoramica e di alto valore ricreativo. Quindi il suo sviluppo turistico andrebbe tenuto a freno, visto che poco più a est già si è provveduto a sviluppare enormemente la zona Ober-Eggen e Pampeago;

- la scelta di porre un'area permanente in una tessera di notevole valore ecologico-forestale (vedi Tabella 16.6) dovrebbe presupporre una tutela ambientale consona, che va estesa perlomeno all'ecotopo di cui fa parte, se non (meglio) a tutta l'UdP;
- di tutta la foresta che fa parte dell'UdP, vi sono troppo poche tessere di buon livello ecologico. Ne segue la necessità di predisporre l'evoluzione verso fasi di maggiore naturalità e anzianità per almeno altre due o tre tessere.

Nella Figura 16.12, prima menzionata, si vede la forra del Bletterbach, a occidente dal Weisshorn, che segna il confine con il Passo del Lavazè, il quale si trova invece a est dello stesso Corno Bianco. Il Bletterbach rappresenta una riserva naturale di importanza globale, dato che vi si possono leggere gli strati dal Permiano fino a oggi. Sarebbe necessario che anche tutto il limi-

trofo Passo del Lavazè fosse tutelato in modo da formare un'area di parco naturale unica.

La valutazione diagnostica dello stato ecologico di una UdP era stata finora effettuata con metodi prevalentemente empirici e generici. Per UdP di tipo forestale le analisi risultavano più precise e copiose, ma solo in apparenza, in quanto i parametri erano rivolti quasi esclusivamente a livelli di organizzazione diversi da quello paesistico (per esempio di specie, di comunità). Dei limiti riguardanti la fitosociologia nello studio del paesaggio si è fatto cenno nel capitolo 5, paragrafo 5.1.1. Si ricorda inoltre che parlare di biodiversità a livello ecopaesistico era pressoché impossibile.

La proposta di utilizzare, quindi, un metodo di biologia del paesaggio nel senso inteso da Ingegnoli si ritiene possa portare a risultati di rilievo. D'altra parte, a rafforzare tale proposta, sta il fatto che la valutazione di aree permanenti svincolate dal loro contesto ecopaesistico risulta senza dubbio limitata. Basti osservare che certi problemi non compaiono neppure come tali,

in quanto semplicemente fuori scala. Le trasformazioni in atto in una UdP forestale sono messe in evidenza con efficacia: si noti che in presenza di eventuali errori di stima anche dell'ordine del 10% nel riferimento temporale più vecchio (per esempio 1935 per il caso in esame), ben poco cambierebbe nella dinamica evidenziata, che rimarrebbe quella di una brusca alterazione nell'ultimo periodo (dove gli errori di analisi sono assai limitati). Valori di normalità e soglie di trasformazione del tipo (quindi del comportamento) del paesaggio permettono di compiere operazioni diagnostiche effettive e di conseguenza di prendere decisioni gestionali e conservative più concrete.

Nel nostro caso, abbiamo visto come in pochi anni (1998-2004) si possa attraversare una soglia significativa, da paesaggio forestale seminaturale a forestale gestito.

Sarebbe auspicabile che altri studi simili a questo venissero effettuati su UdP contenenti altri *plot* Con.Eco.For. e non solo sulle Alpi, ma anche nella Pianura Padana, nell'Italia Centrale e nelle aree del Mediterraneo.

17.1 Linee teoriche e metodologiche

17.1.1 Studi per il rilevamento delle foreste a Mori (TN)

Come si evince dai criteri di impostazione dello studio della VAS, lo studio approfondito della vegetazione è indispensabile per la valutazione ecologico-paesistica di un territorio. Si deve ricordare, tuttavia, che studi basati essenzialmente sull'analisi delle specie sono insufficienti per l'ecologia del paesaggio (Naveh, 1984; Pignatti, 1994; Ingegnoli, 1987, 2002, 2005). Infatti:

- il livello di organizzazione a cui ci si riferisce è diverso: la comunità/ecosistema in un caso, l'unità di paesaggio nell'altro;
- il concetto di successione ecologica non è valido nella sua definizione tradizionale a livello di paesaggio ed esistono limiti alla capacità rappresentativa delle specie;
- inoltre, basti ricordare che il metodo di stima della "distanza ecologica" tra vegetazione potenziale e reale presupporrebbe il paesaggio ottimale come omogeneo, implicando l'insieme di tutte le componenti di una serie di vegetazione arrivate allo stadio climacico, il che è contrario a tutti i principi di ecologia.

Si è seguito, quindi, il metodo LaBISV, *landscape botanical-integrated survey of vegetation* (Ingegnoli, 2005; Ingegnoli e Giglio, 2005; Ingegnoli e Pignatti, 2007). Tale metodo, riportato in sintesi nel capitolo 5, paragrafo 5.1.2, è basato sui seguenti principi:

- la vegetazione è il biosistema più importante nella formazione di un paesaggio;
- le strutture del paesaggio sono da intendere come formate da un sistema di ecocenotipi in un ecotesuto (Ingegnoli, 2002);

- la principale funzione ecopaesistica a cui riferire la valutazione della vegetazione è la biopotenzialità territoriale o BTC (Mcal/m²/anno) (Ingegnoli, 1991; Ingegnoli 2002);
- i caratteri della vegetazione naturale e di quella antropica devono potere essere comparati attraverso un metodo adeguato ai principi di bionomia del paesaggio.

Anche per il Comune di Mori, si è reso necessario provvedere alla redazione di una carta *fisionomico-ecologica* della vegetazione boschiva e si è voluto procedere utilizzando quanto qui premesso. La base cartografica fornita dal Comune non era del tutto aggiornata alla data del lavoro (2007-2008); era una CTR (carta tecnica regionale) antecedente la Bretella di raccordo fra l'autostrada del Brennero e la Statale del Garda. Inoltre, anche l'ortofotocarta fornita a supporto è risultata non essere aggiornata. Eventuali incongruenze con la distribuzione delle formazioni boschive è, pertanto, dovuta a tali fattori. Inoltre, va detto che la forte limitazione dei fondi di ricerca concordati con l'Amministrazione Comunale non ha permesso in ogni caso e per tutte le formazioni segnate sulla Carta un sufficiente approfondimento.

L'orografia con forte componente carsica, assai varia a scala di dettaglio, unita a perturbazioni devastanti (guerra 1915-18) e all'abbandono dell'agricoltura in montagna (ultimo dopoguerra 1950-1965) su un territorio comunale assai vasto (circa 35 km²), non ha permesso un approfondimento come sarebbe stato auspicabile. Da ciò deriva che le indicazioni fornite dalla Carta in oggetto sono comunque da intendere come prevalentemente indicative.

Alla luce di quanto sinteticamente espresso, va però sottolineato che il risultato comunque raggiunto è *da considerare in senso positivo*, anche per il fatto che si

Tabella 17.1 Rilievi sullo stato dei boschi nella UdP1 Mori

Ril. N.	Sito	Quota	Alberi dominanti	Alt. C. m	FM m ³ /ha	BTC	Q (Ts)	Q (Fm)	Q (Ect)	Q (UdP)	B	BTC*
1	Zovo, p.10	440	<i>Quercus petr.</i> <i>Fraxinus or.</i>	7,7	61,2	4,37	45,5	21,2	65	49	6	42,8
2	Besagno, S	440	<i>Castanea sat.</i>	13,9	114,5	4,55	25	37,9	56,8	46,5	0	44,6
3	Talpina, p.17a	410	<i>Quercus petr.</i> <i>Carpinus bet.</i>	12,1	126,7	4,52	32,6	37,9	57,3	45,5	0	44,3
4	Talpina, p.17b	440	<i>Fagus syl.</i>	17,2	255,1	6,41	51,5	59	65	52,5	0	62,8
5	Corno, N	230	<i>Pinus nigra</i>	16,4	205,6	6,1	51,7	59	74,6	52,3	67	63,3
6	Le Coste	360	<i>P. strobus</i>	16,2	279,5	3,77	35,3	43,9	46	30,3	86	40,3
7	Talpina, Cava, p.18	380	<i>Pinus nigra</i> <i>Quercus petr.</i> <i>Carpinus bet.</i>	12,2	173,1	4,99	38,4	43,9	57,8	52,5	17	48,9
8	Coste di Tierno, p.15	490	<i>Pinus nigra</i> <i>P. strobus</i>	12,7	156,9	4,28	35,4	38,5	50,5	49,9	80	45,8
9	Santuario	320	<i>Pinus nigra</i>	16,6	238,1	5,48	39,3	44	70	62,6	97	58,6
10	Mori Vecchio, W	280	<i>P. nigra</i> <i>Ostrya c.</i>	11,3	143,3	4,57	34,3	53,3	60,4	43,3	72	47,4
11	Piede la Lasta	270	<i>Celtis a.</i> <i>Q. pub.</i>	8,7	117,4	5	40,2	37,9	54,1	59,1	0	49
12	Talpina Vallecola	350	<i>Fraxinus ex.</i> <i>Fraxinus or.</i>	18,6	200,1	4,84	41,6	43,9	61,2	30,1	23	48,8
	Totale	4410		163,6	2071,5	58,88	470,8	520,4	718,7	573,6	448	596,6
	Media	367,5		13,6	172,63	4,91	39,23	43,37	59,89	47,80	37,33	49,72

Alt. C., altezza media canopy; B, componenti di conifere (%); BTC, biopotenzialità territoriale della vegetazione (Mcal/m²/anno); BTC*, soglia di maturità delle tessere esaminate (85% del valore del flesso della curva BTC/tempo) (Ingegnoli e Giglio, 2005); Fm, fitomassa epigea; q, quota m s.l.m.; Q, qualità ecologiche per i parametri riferiti a Ts (tessera), Fm (fitomassa), Ect (ecocenotopo), UdP (unità di paesaggio).

sono affrontate e superate difficoltà notevolissime (e imprevedibili) che solitamente non si presentano con la frequenza e l'entità del caso in oggetto. Di solito si ha a che fare con formazioni che hanno un riscontro sintassonomico e una distribuzione spaziale riconoscibili, che seguono dei gradienti e solo in poche zone si trovano fasce ecotonali, presenza di specie alloctone ecc. In questo territorio, invece, le condizioni strutturali e funzionali della vegetazione forestale sono in gran parte non precisabili con i metodi tradizionali (per esempio fitosociologia). Il metodo LaBISV è stato particolarmente utile in queste condizioni, quindi si è riusciti almeno a produrre una base di riferimento credibile. Si auspica di potere prossimamente compiere ulteriori approfondimenti.

17.1.2 I rilevamenti e gli studi effettuati

Si riportano di seguito alcune tabelle riassuntive, divise per unità di paesaggio (UdP), che sintetizzano i rilievi

sulle tessere forestali effettuati nel 2007 e nel 2008. Si tratta di 65 tessere forestali studiate, di dimensione media di circa 1,5-2,5 ha. La relativa carta fisionomico-ecologica della vegetazione forestale è stata redatta tenendo conto soprattutto di tali rilievi.

Nelle Tabelle 17.1 e 17.2, corrispondenti alle UdP1 e UdP3 (rispettivamente: fondovalle Mori e bassa val di Gresta) sono esposte le misurazioni ecologiche principali, alcune tradizionali (per esempio quota, alberi dominanti, altezza media delle chiome o canopy, volume di fitomassa), altre proposte dalla bionomia del paesaggio (BTC, qualità di tessera, qualità di fitomassa, qualità di ecocenotopo, qualità di unità di paesaggio) e il rapporto BTC/BTC* che rappresenta il grado di maturità della tessera forestale esaminata (rapporto all'85% della BTC alla soglia di maturità). Nell'ultima riga in basso, ogni tabella mostra anche i valori medi dei parametri misurati per ogni UdP.

Sempre per ogni UdP sono stati esplicitati nelle tabelle suddette la biopotenzialità territoriale (BTC) media e l'altezza media della canopy per tipologia fore-

Tabella 17.2 Rilievo dello stato dei boschi della UdP3 Bassa Val di Gresta

Ril. N.	Sito	Quota s.l.m.	Alberi dominanti	Canopy m	FM	BTC	Q (Ts)	Q (Fm)	Q (Ect)	Q (UdP)	BTC/BTC*
1	Nomeson, B	750	<i>Larix decidua</i> <i>Picea abies</i>	13,4	206,2	4,16	36,6	58,6	48	41,3	44,49
2	Nomeson, A	840	<i>Larix dec.</i> , <i>Picea ab.</i> , <i>Pinus sylv.</i>	26,2	373,2	6,50	64,6	73,3	70	61,7	69,52
3	Castelletto, S	1050	<i>Larix decidua</i>	27,6	720	6,30	51,3	56	66,4	53,7	67,38
4	Monte Garda, S	860	<i>Larix decidua</i>	18,7	355,6	5,40	50	73,3	62	44,9	57,75
5	Monte Garda, N	860	<i>Pinus nigra</i>	14,8	310,7	4,86	44	44	62	44,9	51,98
6	Vulture, p.28a	930	<i>Pinus sylvestris</i> <i>Picea abies</i>	22,9	490,6	6,11	57,3	58,6	65,6	56,9	65,35
7	Varano, p.68b	850	<i>Pinus nigra</i> <i>Larix decidua</i>	19,7	331,5	4,79	44	58,6	50,8	47,1	51,23
8	Varano, p.68a	880	<i>Pinus nigra</i>	20,5	549	5,82	44	70,6	61,2	53,3	62,25
9	Piantino	385	<i>Quercus pub.</i>	6,8	85,8	4,92	34,8	37,9	78,6	34,8	48,24
10	Carpaneda, S	440	<i>Robinia psdaca.</i>	19,4	159,9	5,54	48,5	37,9	78,6	37,9	54,31
11	Grom, W	690	<i>Quercus pubesc.</i> <i>Carpinus betulus</i> <i>Ostrya carpinif.</i>	10,9	93,3	4,94	59,1	37,9	66,4	52	48,43
12	Creino, Coste, p.65b	1040	<i>Quercus pubesc.</i> <i>Fraxinus ornus</i>	5,9	69,5	4,44	29,5	27,3	55,5	54	43,53
13	Sotto Ciresole	820	<i>Fagus sylvatica</i> <i>Quercus pubesc.</i>	13,7	174	6,10	43,2	59,1	66,4	66,2	59,80
14	Castelletto	1080	<i>Pinus sylvestris</i>	16,6	221	6,12	29,9	59	87,7	59	62,61
15	M. Garda, N-NE	830	<i>Pinus sylvestris</i> , <i>Ostrya carpinif.</i>	13	229,6	4,59	40,5	44	61	45	46,96
16	Crena, W (4 parc)	1050	<i>Fagus sylvatica</i>	18	355,8	6,44	51,5	59	74,2	52,6	65,88
17	S. Rocco, S	830	<i>Pinus sylvestris</i> <i>Fagus sylvatica</i>	17,8	208,4	5,89	42,9	58,9	69,8	60,8	60,26
18	Vulture, p.30	950	<i>Picea abies</i>	23,6	497,1	7,17	64,6	70,5	82,3	60,6	73,35
19	Fratte, p.63	830	<i>Fagus sylvatica</i>	13	313	5,84	37,6	59	65,1	45,3	59,74
20	Fratte, p.63	880	<i>Pinus sylvestris</i> <i>Ostrya carpinif.</i>	12	183,3	5,94	43	53,2	66,4	45,3	60,77
21	Creino, Gole, p.64	1080	<i>Pinus sylvestris</i> <i>Fagus sylvatica</i>	17	303,3	6,61	51,3	58,8	69,7	65,2	67,62
22	Creino, Coste, p.65a	1070	<i>Fagus sylvatica</i> <i>Pinus sylvestris</i> <i>Quercus petraea</i>	13,7	256,2	5,44	43	59	57,4	54	55,65
23	Vulture, p.28b	870	<i>Picea abies</i>	27,1	573,6	7,00	70,5	70,5	72,7	56,7	71,61
24	Monte Brugnolo	1130	<i>Larix decidua</i>	19,4	289,2	6,22	64,6	58,8	65,5	61,6	63,63
	Valori medi	875		17,15	306,2	5,71	47,76	55,99	66,80	52,28	58,85

Fm, sempre misurata in M³/ha; *BTC*, sempre misurata in Mcal/m²/anno.

stale, il numero e la percentuale di specie per ogni strato vegetale rilevato nelle tessere di foresta. Le specie sono state classificate tassonomicamente, utilizzando il noto testo della Flora Italiana di Pignatti (1982), salvo nei casi in cui mancavano gli elementi necessari per la

determinazione (ci si è quindi limitati al Genere) che sono stati però mediamente contenuti intorno a valori del 12%, su un totale di circa 280 sp. (Tabella 17.3).

A tali studi si sono affiancate valutazioni sulla distribuzione dei dati corologici, come esposto nella

Tabella 17.3 Distribuzione del numero e del tipo di specie vegetali nelle tessere di foresta rilevate nel comune di Mori (2007)

Udp	Alberi	Arbusti	Erbe	Liane	SP totale Udp
(1) Mori	23	33	76	4	136
(2) Loppio	23	32	59	4	118
(3) Val di Gresta	25	40	114	7	186
(4) Monte Biaena	23	43	122	4	192
Mori Comune	38	74	160	8	280

Tabella 14.3 e sugli indicatori biologici di Ellenberg come si può vedere nelle Figure 5.10 (val Gresta) e 17.1 (Mori fondovalle).

Nello spirito della bionomia del paesaggio, non è stata fatta distinzione particolare fra i boschi di impianto artificiale e quelli naturali. Infatti, ciò che conta di più è lo stato ecologico delle foreste, non la loro origine, anche perché ci si rende conto che questo territorio è stato in passato molto martoriato dalla prima guerra mondiale e ha subito disturbi veramente eccezionali e gravi.

17.2 Stato dei boschi nelle quattro UdP

17.2.1 Boschi di fondovalle: UdP 1 e UdP 2

17.2.1.1 UdP 1 di Mori

Nell'UdP 1 di Mori fondovalle le tessere forestali rilevate presentano caratteri prevalentemente di boschi cedui di querceto misto (orno-ostrieti con *Quercus petraea* e/o *Q. pubescens*) o miste (per piantagione artificiale di conifere, spesso alloctone) con fitomassa epigea limitata (la media non arriva a 175 m³/ha) e basso sviluppo (meno di 14 m di altezza). Di conseguenza (Tabella 17.1) la BTC media è di soli 4,9 Mcal/m²/anno. L'indice di maturità, ovviamente, non raggiunge il 50%. Il numero di specie per rilievo è modesto (30,5 Sp/Ts), salvo nella zona SIC di Talpina, dove può arrivare fino al doppio (vedi capitolo 15, Fig. 15.4).

Non si ha l'impressione che l'influenza del lago di Garda sia sensibile, al contrario. Come si osserva nella Figura 17.1, il confronto fra i bioindicatori di Ellenberg (*sensu* Pignatti, 2005) dell'UdP 1 di Mori e una situazione analoga nord-Mediterranea (UdP di Zoagli, GE) mostra una differenza sostanziale soprattutto per luce, temperatura e umidità. In coerenza con ciò i valori degli indicatori sono decisamente più vicini alla vegetazione della Germania che a quella dell'Italia, salvo

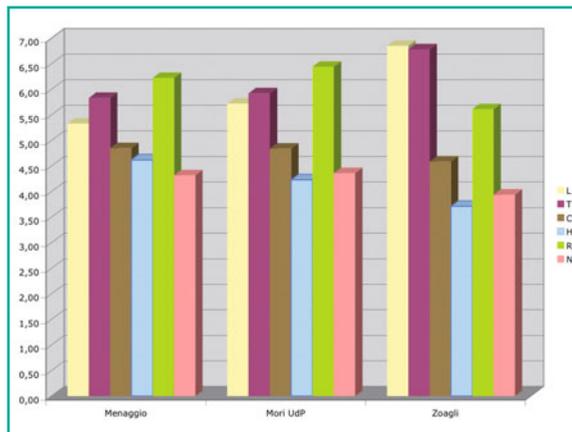


Fig. 17.1 Confronto fra i bioindicatori di Ellenberg misurati nei boschi di Mori e nei boschi di Loveno (Como) e Zoagli (Genova). Si nota la buona corrispondenza con i boschi prealpini di Loveno (simili quote e latitudini) e la netta distanza con la fascia gallo-mediterranea di Zoagli. C, continentalità; H, umidità; L, luce; N, nutrienti del suolo; R, reazione del suolo; T, temperatura

per l'umidità. Le specie eurimediterranee sono decisamente più numerose che nelle altre UdP, ma quelle steno-mediterranee sono pressoché assenti.

17.2.1.2 UdP 2 di Loppio

Questi boschi sono simili a quelli di Mori, con fitomassa e altezze medie ancora più limitate: rispettivamente 163 m³/ha e 13 m. La BTC è però quasi uguale (5,04 Mcal/m²/anno), come pure l'indice di maturità. Il numero di specie per rilievo (31,6) è la stessa del caso precedente. La mediterraneità dovuta alla presenza del Garda sembrerebbe leggermente più marcata per la presenza di arbusti di *Quercus ilex* sulle pareti rocciose esposte a sud e sud-sudovest. In realtà, il confronto fra i bioindicatori di Ellenberg misurati nei boschi di Fondovalle (Loppio) e nei boschi di Loveno (Como) e Zoagli (Genova) mostra ancora la buona corrispondenza con i boschi prealpini di Loveno (simili quote e latitu-

dini) e la sempre netta distanza con la fascia gallo-mediterranea di Zoagli. Analogamente a Mori, si osserva una maggiore vicinanza dei bioindicatori alla vegetazione della Germania, sempre salvo l'umidità. Anche per la corologia si può sottolineare la minore presenza di specie eurimediterranee in rapporto a Mori (vedi Tabella 14.3).

17.2.2 I boschi dei monti prealpini: UdP 3 e UdP 4

17.2.2.1 UdP 3 della bassa val Gresta

I boschi della val di Gresta sono in parte diversi dai precedenti, anche per la presenza di fasce altitudinali maggiori, pur avendo una vicinanza più diretta con il Garda nel settore occidentale. Sopra gli 800-900 m compaiono anche boschi di faggio, misti spesso con il peccio e con il *Pinus sylvestris* che, come nelle vallate



Fig. 17.2 Bosco di pino nero austriaco sul monte Garga (o Garda?). Anche se risultasse da impianto, abbiamo trovato qualche rinnovo e diverse specie del *Fraxino ornii-Pinetum nigrae* Martin Bosse (1967) descritto per il Carso triestino da Poldini (1989) come caso unico, quali per esempio *Amelanchier ovalis*, *Lembotropis nigricans*, *Erica carnea*, *Goodiera repens*, *Sesleria* sp. ecc.

est-ovest delle Alpi, su suoli poco formati tende sovente a diventare dominante. Interessanti anche le formazioni di *Pinus nigra austriaca*, sui cucuzzoli calcarei preminenti (per esempio monte Garga, Fig. 17.2) perché, anche se per lo più di origine antropica, hanno formato associazioni che si avvicinano a quelle carsiche classiche descritte da Poldini (1968) riferibili al Carso Triestino. Queste formazioni sarebbero da tutelare, in quanto estremi frammenti occidentali di tale associazione vegetale.

Come si nota dalla Tabella 17.2, la fitomassa epigea e l'altezza media della canopy sono qui maggiori che nei precedenti casi, raggiungendo rispettivamente i 300 m³/ha e i 17 m. La BTC media è di 5,7 Mcal/m²/anno, ancora piuttosto bassa, come pure le specie per tessera (circa 31,6). Nel confronto fra i bioindicatori di Ellenberg misurati nei boschi della bassa val di Gresta e ancora nei boschi di Loveno (Como) e Zoagli (Genova) si nota sempre la buona corrispondenza con i boschi prealpini di Loveno (simili quote e latitudini) e la netta distanza con la fascia gallo-mediterranea di Zoagli. Con ciò si può sfatare l'asserzione che i dintorni dei grandi laghi prealpini siano di ambiente submediterraneo. Lo studio mostra condizioni più alpine: la bassa umidità conferma l'influenza dei calcari con carsicità elevata. Per quanto riguarda la corologia, si osservano meno specie steppeiche rispetto alle due precedenti UdP e più specie orofite.

17.2.2.2 UdP 4 del monte Biaena

Questa UdP ha qualche somiglianza con la precedente val di Gresta, tuttavia è assai più ricca di boschi di pecceta montana e faggeta (Fig. 17.3 e Tabella 9.1) e misti di



Fig. 17.3 Il canalone detto della Selva, che segue il crinale del monte Biaena (di cui si vede anche la cima a 1670 m di quota), arriva fino a quota 1280 m, poco prima di allargarsi nelle pendici centrali, sotto la cima dette Sorasana (1350 m), che presentano boschi prevalentemente dominati da conifere, ma con qualche faggio, la BTC media varia da 7,00 a 8,00 circa

peccio e faggio, con qualche tessera (poche) di discreto livello ecologico. Le tessere migliori (le migliori di tutto il comune di Mori!) sono 4-5, fra cui per esempio:

- la Ts n. 12, a dominante di peccio, in località Selva, quota 1090 m s.l.m., con altezza media di 27,9 m, volume di fitomassa di 737 m³/ha, BTC = 7,91 Mcal/m²/anno;
- la Ts n. 15, a dominante di faggio, in località Somator, quota 1300 m s.l.m., con altezza media di 25,0 m, volume di fitomassa di 503 m³/ha, BTC = 7,78 Mcal/m²/anno;
- la Ts n. 17, a dominante di peccio, pino silvestre e faggio, in località Carzel, quota 1000 m, altezza media di 29,2 m, volume di fitomassa di 606 m³/ha, BTC = 8,35 Mcal/m²/anno.

Le quote medie di questa UdP sono maggiori delle altre, sia pur di poco: 990 m s.l.m. contro 875 o 340, con fitomasse e altezze di maggior valore, rispettivamente nell'insieme 404 m³/ha e 21 m. La BTC media è decisamente superiore alle precedenti UdP, raggiungendo 6,6 Mcal/m²/anno, anche se ci si potrebbe aspettare di più, visto che qualche tessera rasenta BTC = 8,4 Mcal/m²/anno. Anche il rapporto sp./Ts è discreto e pari a 39,5.

Il confronto fra i bioindicatori di Ellenberg misurati nei boschi del monte Biaena e ancora nei boschi di Loveno (Como) e Zoagli (Genova) mostrano la mancata corrispondenza con i boschi dei colli prealpini di Loveno (perché ci si trova oramai in condizioni decisamente più alpine) e l'ulteriore, ovvio, aumento della distanza con la fascia gallo-mediterranea di Zoagli.

17.3 Entità e caratteri delle foreste di Mori

17.3.1 Le formazioni principali

Nel complesso la carta fisionomico-ecologica della vegetazione boschiva del Comune di Mori (Fig. 17.6) ha individuato 12 formazioni dal punto di vista fisionomico, che diventano però 22 quando si esplicitano le caratteristiche sistemiche, cioè quelle proprie della scienza della vegetazione. In altre parole, la pluridecennale gestione forestale ha modificato l'aspetto di diverse formazioni boschive le cui caratteristiche sistemiche proprie possono ricomparire se indagate con adeguata metodologia, come evidenziato nel paragrafo 17.3.2.



Fig. 17.4 Ceduo di ostrieto prealpino a *Quercus petraea*, sopra la frazione di Besagno, quota circa 320-340 m, nell'UdP1 di Mori. Gli ostrieti (orno-ostrieto e buglossoido-ostrieto) sono le formazioni più frequenti nell'intero comune di Mori

Le formazioni forestali più vaste (Tabella 17.4) sono rappresentate dai querceti misti (*sensu* Pignatti, 1998), che coprono circa il 60% della superficie boschiva del Comune di Mori (fasce di vegetazione basale fra 250 e 750 m circa). Tali formazioni sono composte da ostrieti (Fig. 17.4), di cui si sono riportati (Fig. 17.8) i due transesti più tipici sulla Carta in oggetto: (a) l'ostrieto prealpino a *Quercus Petraea* (n. 11 della legenda della carta, riportata nel par. 17.3.2)) e (b) i boschi misti a *Ostya carpinifolia*, *Fraxinus ornus* e *Quercus pubescens* (n.

Tabella 17.4 Sintesi delle formazioni boschive principali nel Comune di Mori

Formazioni principali	ha	%
Querceti misti (ostrieti vari)	1107,88	59,74
Pinete (<i>P. sylvestris</i> e <i>P. nigra</i>)	212,28	11,45
Peccete (e peccete miste)	161,46	8,71
Faggete (e faggete miste)	100,36	5,41
Robinieti (anche con ailanto)	76,42	4,12
Lariceti (e lariceti misti)	57,96	3,13
Castagneti	39,41	2,13
Altre formazioni	52,19	2,81
Alloctone con pineta	46,50	2,51
Totale	1854,46	100,00

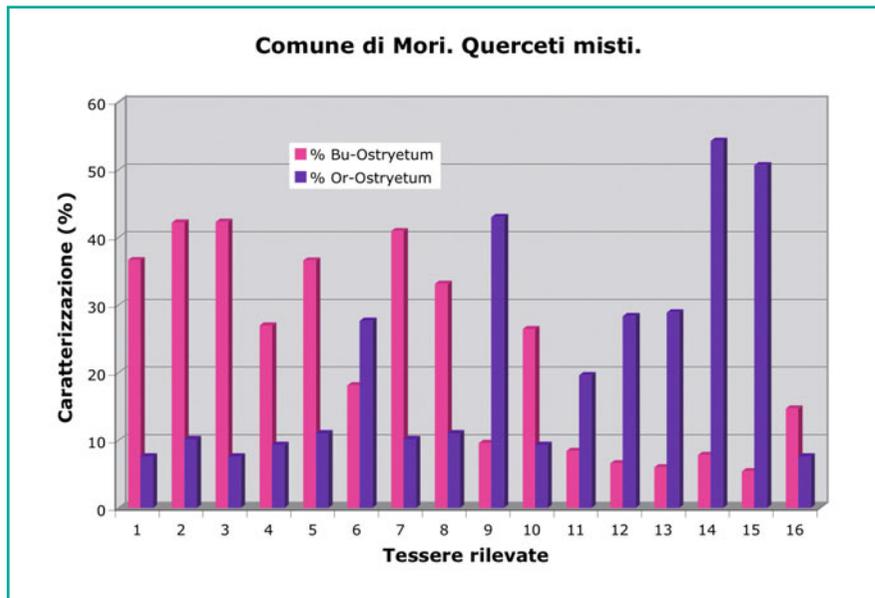


Fig. 17.5 Criteri di caratterizzazione dei maggiori tipi di ostrieto, a partire dai rilievi effettuati. Il metodo seguito è analogo a quanto accennato per le peccete (vedi capitolo 9, Fig. 9.1)

12 della legenda). Si deve aggiungere la tipologia (n. 13): ostrieto misto a *Quercus Petraea* e *Quercus pubescens*. Si presti attenzione al fatto che le colorazioni sulla Carta dei tre menzionati tipi di ostrieto indicano solo le zone di prevalenza di ognuna di tali formazioni, non di divisioni in senso assoluto. A questo proposito si riporta la Figura 17.5, che mostra le modalità di caratterizzazione dei due ostrieti sopra menzionati, dove si vede che compaiono prevalenze anche nette di un tipo o dell'altro, ma mai esclusive.

La collocazione sulla Carta di piccole macchie di lecci arbustivi (cerchietti scuri) sulle pareti rocciose esposte a sud vuole essere solamente indicativa, essendo impossibile localizzare tali semipuntuali presenze. Similmente, anche le scritte TZ (presenza di ex terrazzamenti) sono da intendere non come localizzazioni precise, ma solo come presenza saltuaria entro le aree che indicano tali formazioni.

Si aggiunge, di seguito, l'elenco dei tipi fisionomici e sistemici di formazioni riportate in legenda, in modo da poter avere un riscontro fra le entità segnate sulla Carta e i caratteri di ogni formazione (vedi capitolo 9, paragrafo 9.1.2). Come si noterà, i dati della legenda sono stati posti in relazione con le quattro unità di paesaggio definite nella relazione presente. È quindi possibile rendersi conto della reale distribuzione dei tipi di foresta per ogni UdP, fatto essenziale per l'elaborazione degli studi ecologico-paesistici, onde raggiungere risultati di valutazione diagnostica dell'ambiente.

17.3.2 I caratteri delle formazioni presenti

1. Fisionomia: pecceta montana

Caratteristiche sistemiche

- carattere ecologico proprio: **pecceta montana**;
- attribuzione fitosociologica: cl. *Vaccinio-Piceetea*, ord. *Piceetalia abietis*, all. *Piceion abietis*;
- strutturazione spaziale md: conifere autoctone 83,5%, altezza media 27,2 m;
- biopotenzialità territoriale md: BTC = 7,40 Mcal/m²/anno;
- superfici (1): ha 94,16 (10,16 ha; UdP3; 84 ha UdP4).

2. Fisionomia: pecceta montana

Caratteristiche sistemiche

- carattere ecologico proprio: **Bosco misto** di *Picea abies*, *Pinus sylvestris*, *Larix decidua*, *Fagus sylvatica*;
- attribuzione fitosociologica: non definibile;
- strutturazione spaziale md: conifere autoctone 80,3%, altezza media 25,6 m;
- biopotenzialità territoriale md: BTC = 7,67 Mcal/m²/anno;
- superfici (2): ha 34,86 (9,85 UdP2; 25,01 UdP4).

3. Fisionomia: pecceta montana

Caratteristiche sistemiche

- carattere ecologico proprio: **Pineta orientale** di *Pinus sylvestris*;

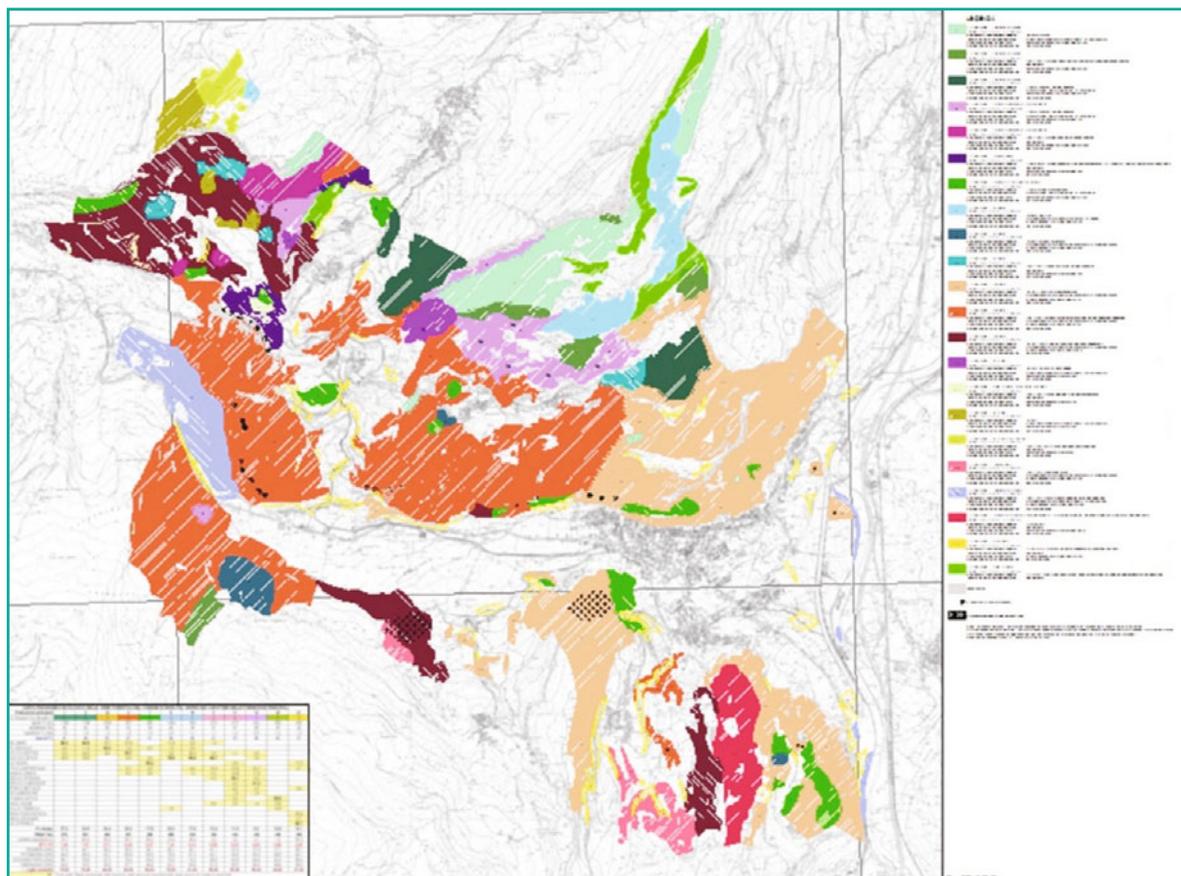


Fig. 17.6 Sintesi di richiamo della carta fisionomico-ecologica sulla vegetazione boschiva del comune di Mori, redatta in scala 1:10.000. Tale complesso elaborato è allegato alla presente relazione ambientale. Si notino a colori le 22 formazioni forestali rinvenute e studiate, raggruppate nella Tabella in basso a sinistra (Tabella 17.5). Si ricorda che il 53,6% del territorio (18,54 km²) è coperto da boschi

- attribuzione fitosociologica: cl. *Erico-Pinetea*, ord. *Erico-Pinetalia*, all. *Erico-Pinion*;
 - strutturazione spaziale md: conifere autoctone 87,5%, altezza media 25,3 m;
 - biopotenzialità territoriale md: BTC = 7,09 Mcal/m²/anno;
 - superfici (3): ha 60,02 (32,44 Udp3; 27,58 Udp4).
- 4. Fisionomia: pineta orientale di pino silvestre**
Caratteristiche sistemiche
- carattere ecologico proprio: **Pineta orientale di *Pinus sylvestris***;
 - attribuzione fitosociologica: cl. *Erico-Pinetea*, ord. *Erico-Pinetalia*, all. *Erico-Pinion*;
 - strutturazione spaziale md: conifere autoctone 55%, altezza media 17 m;
 - biopotenzialità territoriale md: BTC = 5,40
- Mcal/m²/anno;
- superfici (4): ha 75,97 (2,14 UDP2; 13,32 UDP3; 60,51 UDP4).
- 5. Fisionomia: pineta orientale di pino silvestre**
Caratteristiche sistemiche
- carattere ecologico proprio: **Bosco misto di *Pinus sylvestris* e *Fagus sylvatica***;
 - attribuzione fitosociologica: non definibile;
 - strutturazione spaziale md: conifere autoctone 48,5%, altezza media 16,30 m;
 - biopotenzialità territoriale md. BTC = 6,02 Mcal/m²/anno;
 - superfici (5): ha 26,38 (Udp3).
- 6. Fisionomia: pineta mista**
Caratteristiche sistemiche

- carattere ecologico proprio: **Pineta mista di *Pinus sylvestris* e *Pinus nigra austriaca* con presenza di *Ostrya carpinifolia* e *Picea abies*;**
- attribuzione fitosociologica: non definibile;
- strutturazione spaziale md: conifere autoctone 74%, altezza 13 m;
- biopotenzialità territoriale md: BTC = 4,6 Mcal/m²/anno;
- superfici (6): ha 19,49 (UdP4).

7. Fisionomia: pineta di pino nero austriaco

Caratteristiche sistemiche

- carattere ecologico proprio: **Pineta di *Pinus nigra austriaca*;**
- attribuzione fitosociologica: cl. *Erico-Pinetea*, ord. *Erico-Pinetalia*, all. *Erico-Pinion*;
- strutturazione spaziale md: conifere autoctone 86,3%, altezza media 17,8 m
- biopotenzialità territoriale md: BTC = 5,27 Mcal/m²/anno;
- superfici (7): ha 64,65 (40,07 UdP1; 22,98 UdP3; 1,6 UdP4).

8. Fisionomia: faggeta

Caratteristiche sistemiche

- carattere ecologico proprio: **Faggeta prealpina;**
- attribuzione fitosociologica: cl. *Quercus-Fagetea*, ord. *Fagetalia sylvaticae*, all. *Fagion*;
- strutturazione spaziale md: latifoglie decidue 77%, altezza media 23,3 m;
- biopotenzialità territoriale md: BTC = 7,41 Mcal/m²/anno;
- superfici (8): ha 55,94 (1,85 UdP3; 54,09 UdP4).

9. Fisionomia: faggeta

Caratteristiche sistemiche

- carattere ecologico proprio: **Faggeta a *Ostrya carpinifolia*;**
- attribuzione fitosociologica: cl. *Quercus-Fagetea*, ord. *Quercetalia pubescentis*, all. *Orno-Ostrenyon*;
- strutturazione spaziale md: latifoglie decidue 97%, altezza 13,4 m;
- biopotenzialità territoriale md: BTC = 5,85 Mcal/m²/anno;
- superfici (9): ha 24,53 (1,15 UdP1; 21,72 UdP2; 1,66 UdP4).

10. Fisionomia: faggeta

Caratteristiche sistemiche

- carattere ecologico proprio: **Bosco misto di *Fagus sylvatica* e *Pinus sylvestris*;**
- attribuzione fitosociologica: non definibile;
- strutturazione spaziale md: conifere autoctone 28%, altezza 18 m;
- biopotenzialità territoriale md: BTC = 6,12 Mcal/m²/anno;
- superfici (10): ha 20,93 (14,56 UdP3; 6,37 UdP4).

11. Fisionomia: ostrieto

Caratteristiche sistemiche

- carattere ecologico proprio: **Ostrieto prealpino a *Quercus petraea*;**
- attribuzione fitosociologica: cl. *Quercus-Fagetea*, ord. *Quercetalia pubescentis*, all. *Orno-Ostrenyon*;
- strutturazione spaziale md: latifoglie decidue 95%, altezza media 12 m;
- biopotenzialità territoriale md: BTC = 5,03 Mcal/m²/anno;
- superfici (11): ha 387,5 (237,7 UdP1; 17,77 UdP2; 132 UdP4).

12. Fisionomia: ostrieto

Caratteristiche sistemiche

- carattere ecologico proprio: **Bosco misto a *Ostrya carpinifolia*, *Fraxinus ornus* e *Quercus pubescens*;**
- attribuzione fitosociologica: cl. *Quercus-Fagetea*, ord. *Quercetalia pubescentis*, all. *Orno-Ostrenyon*;
- strutturazione spaziale md: latifoglie decidue 97%, altezza media 9,2 m;
- biopotenzialità territoriale md: BTC = 4,93 Mcal/m²/anno;
- superfici (12): ha 531,93 (11,2 UdP1; 155,6 UdP2; 197,7 UdP3; 167,4 UdP4).

13. Fisionomia: ostrieto

Caratteristiche sistemiche

- carattere ecologico proprio: **Ostrieto misto a *Quercus petraea* e *Quercus pubescens*;**
- attribuzione fitosociologica: cl. *Quercus-Fagetea*, ord. *Quercetalia pubescentis*, all. *Orno-Ostrenyon*;
- strutturazione spaziale md: latifoglie decidue 99%, altezza media 10,6 m;
- biopotenzialità territoriale md: BTC = 5,4 Mcal/m²/anno;
- superfici (13): ha 188,45 (24,42 UdP1; 32,04 UdP2; 132 UdP3).

14. Fisionomia: lariceto*Caratteristiche sistemiche*

- carattere ecologico proprio: **Pecceta montana a Larix decidua**;
- attribuzione fitosociologica: cl. *Vaccinio-Piceetea*, ord. *Piceetalia abietis*, all. *Piceion abietis*;
- strutturazione spaziale md: conifere autoctone 96%, altezza 22,4 m;
- biopotenzialità territoriale md: BTC = 5,71 Mcal/m²/anno;
- superfici (14): ha 15,36 (UdP3).

15. Fisionomia: bosco misto di larice e pino nero*Caratteristiche sistemiche*

- carattere ecologico proprio: **Bosco misto di Larix decidua e Pinus nigra austriaca**;
- attribuzione fitosociologica: non definibile;
- strutturazione spaziale md: conifere autoctone 95%, altezza 18,7 m;
- biopotenzialità territoriale md: BTC = 5,40 Mcal/m²/anno;
- superfici (15): ha 1,93 (UdP3).

16. Fisionomia: lariceto*Caratteristiche sistemiche*

- carattere ecologico proprio: **Lariceto**;
- attribuzione fitosociologica: cl. *Vaccinio-Piceetea*, ord. *Piceetalia abietis*, all. *Piceion abietis*;
- strutturazione spaziale md: conifere autoctone 75%, altezza 19,4 m;
- biopotenzialità territoriale md: BTC = 6,22 Mcal/m²/anno;
- superfici (16): ha 24,31 (UdP3).

17. Fisionomia: lariceto con betulla*Caratteristiche sistemiche*

- carattere ecologico proprio: **Bosco misto rado a Larix decidua e Betula pendula**;
- attribuzione fitosociologica: non definibile;
- strutturazione spaziale md: conifere autoctone 65%, altezza 20 m;
- biopotenzialità territoriale md: BTC = 6,01 Mcal/m²/anno;
- superfici (17): ha 16,36 (UdP3).

18. Fisionomia: castagneto*Caratteristiche sistemiche*

- carattere ecologico proprio: **Bosco rado di Castanea sativa**;

- attribuzione fitosociologica: cl. *Quercio-Fagetea*, ord. *Quercetalia pubescentis*, all. *Orno-Ostrenyon*;
- strutturazione spaziale md: latifoglie decidue 97%, altezza 12,9 m;
- biopotenzialità territoriale md: BTC = 4,96 Mcal/m²/anno;
- superfici (18): ha 39,41 (UdP1).

19. Fisionomia: saliceto-populeto*Caratteristiche sistemiche*

- carattere ecologico proprio: **Bosco rado di Salix alba e/o Populus nigra e Populus alba**;
- attribuzione fitosociologica: cl. *Quercio-Fagetea*, ord. *Populetalia albae*, all. *Populion albae*;
- strutturazione spaziale md: latifoglie decidue 100%, altezza 15,4 m;
- biopotenzialità territoriale md: BTC = 3,70 Mcal/m²/anno;
- superfici (19): ha 61,64 (4,85 UdP1; 56,79 UdP2).

20. Fisionomia: pineta di impianto di Pinus nigra a. con Pinus strobus, Cedrus deodara e Robinia pseudacacia*Caratteristiche sistemiche*

- carattere ecologico proprio: **Orno-ostrieto**;
- attribuzione fitosociologica: non definibile;
- strutturazione spaziale md: conifere autoctone 65%, altezza media 14,5 m;
- biopotenzialità territoriale md: BTC = 4,03 Mcal/m²/anno;
- superfici (20): ha 46,5 (UdP1).

21. Fisionomia: robinieto*Caratteristiche sistemiche*

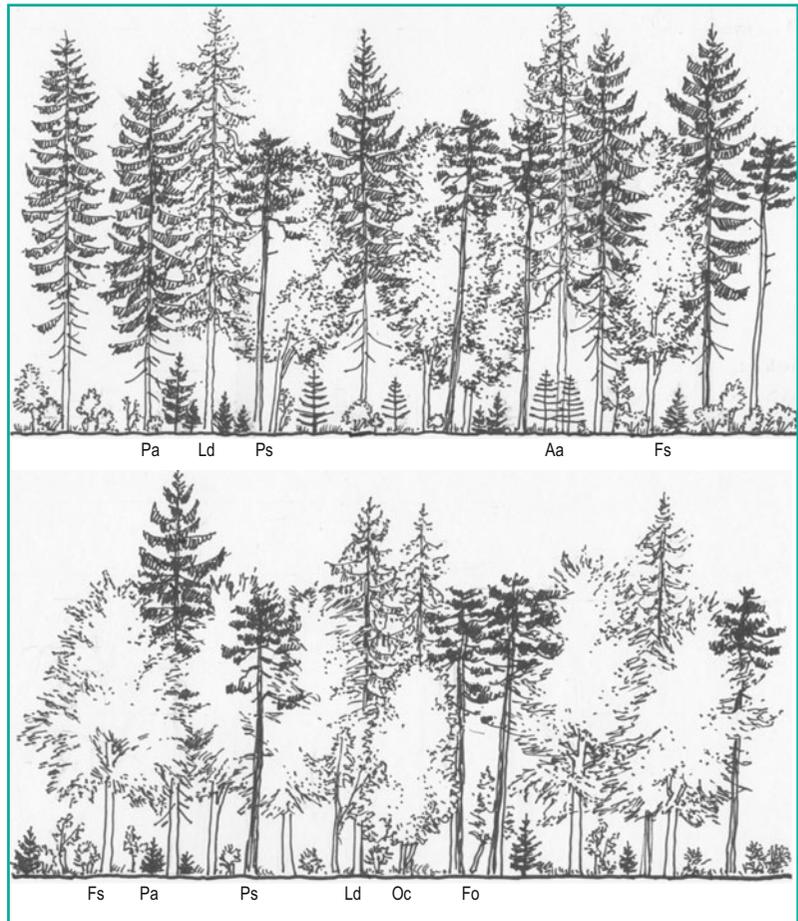
- carattere ecologico proprio: **Formazioni dominate da Robinia pseudacacia e Ailanthus altissima**;
- attribuzione fitosociologica: non definibile;
- strutturazione spaziale md: latifoglie decidue 95%, altezza 18,5 m;
- biopotenzialità territoriale md: BTC = 4,2 Mcal/m²/anno;
- superfici (21): ha 75,14 (32,89 UdP1; 19,84 UdP2; 19,19 UdP3; 3,22 UdP4).

22. Fisionomia: bosco misto*Caratteristiche sistemiche*

- carattere ecologico proprio: **Formazioni miste di Fagus sylvatica, Picea abies, Pinus sylvestris, Populus tremula e Prunus avium**;

Fig. 17.7 a Composizione dei boschi misti con *Pinus sylvestris*, *Fagus sylvatica*, *Larix decidua* e *Picea abies* con fisionomia di pecceta (disegno originale). Altezza media della canopy m 24,9; sp./Ts 46. Si noti nel disegno: Aa, *Abies alba* (di rado superiore ai 3,5 m); Fs, *Fagus sylvatica*; Ld, *Larix decidua*; Pa, *Picea abies*; Ps, *Pinus sylvestris*. I rinnovi più frequenti sono però di *Fagus sylvatica* e *Picea abies*. Gli arbusti più frequenti sono, nell'ordine: *Cornus sanguinea*, *Sorbus aria*, *Fraxinus ornus*, *Acer pseudoplatanus*, *Acer campestre*, *Cotoneaster nebrodensis*, *Fagus sylvatica*, *Abies alba*, *Picea abies*.

b Composizione dei boschi misti di *Fagus sylvatica* e *Pinus sylvestris* con fisionomia di faggeta. Altezza media della canopy m 17,6; sp./Ts 30. Si noti nel disegno: Fo, *Fraxinus ornus*; Fs, *Fagus sylvatica*; Ld, *Larix decidua*; Oc, *Ostrya carpinifolia*; Pa, *Picea abies*; Ps, *Pinus sylvestris*. I rinnovi più frequenti sono però di *Picea abies* e *Fagus sylvatica*. Gli arbusti più frequenti sono, nell'ordine: *Crataegus monogyna*, *Picea abies*, *Fagus sylvatica*, *Fraxinus ornus*, *Daphne mezereum*, *Acer campestre*



- attribuzione fitosociologica: non definibile;
- biopotenzialità territoriale md: BTC = 5,8-6,2 Mcal/m²/anno;
- superfici (22): ha 44,51 (6,55 UdP3; 37,96 UdP4).

17.4 Specificazioni aggiuntive sulla carta

17.4.1 Transetti di caratterizzazione

Sulla Carta in oggetto, oltre alla legenda sopra riportata, sono state aggiunte due serie di dati: quattro transetti dei tipi di foreste più caratteristici della zona e una tabella riassuntiva delle 12 formazioni principali. Si riportano nelle Figure 17.7a-b e 17.8a-b questi quattro transetti che rappresentano:

- (Fig. 17.7a), una formazione di pecceta mista come si presenta nel territorio di Mori, con altezza della canopy pari a 24,9 m e 46 sp./Ts; questa fitocenosi,

pur coprendo solo 1,9% della superficie forestale, è assai significativa;

- (Fig. 17.7b) una composizione dei boschi misti di *Fagus sylvatica* e *Pinus sylvestris* con fisionomia di faggeta. Altezza media della canopy m 17,6; sp./Ts 30;
- (Fig. 17.8a) la formazione tipica dell'ostrieto prealpino a *Quercus petraea*. Altezza media della canopy m 11,9; sp./Ts 33; fitocenosi che arriva a coprire circa il 21% della superficie forestale;
- (Fig. 17.8b) una composizione caratteristica dei boschi misti a *Ostrya carpinifolia* *Fraxinus ornus* e *Quercus pubescens*. Altezza media della canopy m 9,2; sp./Ts 28.

17.4.2 Tabella riassuntiva delle formazioni forestali principali

La Tabella 17.5 è piuttosto complessa ed è stata aggiunta

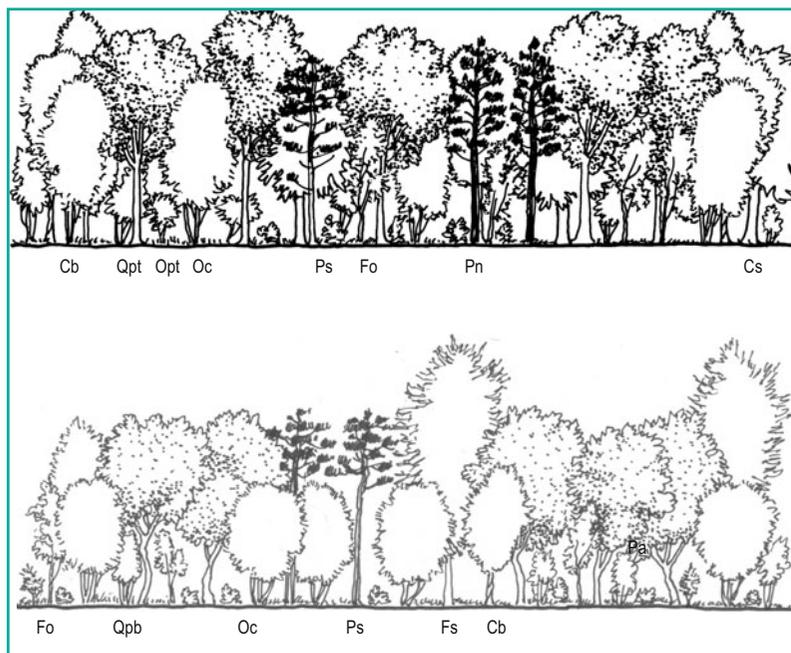


Fig. 17.8 a Composizione dell'ostrieto prealpino a *Quercus petraea* (disegno originale). Altezza media della canopy m 11,9; sp./Ts 33. Si notino nel disegno: *Cb*, *Carpinus betulus*; *Cs*, *Castanea sativa*; *Fo*, *Fraxinus ornus*; *Oc*, *Ostrya carpinifolia*; *Qpt*, *Quercus petraea*; *Pn*, *Pinus nigra*; *Ps*, *Pinus sylvestris*. Gli arbusti più frequenti, nell'ordine, sono: *Viburnum lantana*, *Sorbus aria*, *Crataegus monogyna*, *Quercus petraea*, *Fraxinus ornus*, *Ligustrum vulgare*, *Corylus avellana*, *Cotinus coggyria*, *Prunus mahaleb*, *Prunus avium*. **b** Composizione dei boschi misti a *Ostrya carpinifolia* *Fraxinus ornus* e *Quercus pubescens*. Altezza media della canopy m 9,2; sp./Ts 28. Si notino nel disegno: *Cb*, *Carpinus betulus*; *Fo*, *Fraxinus ornus*; *Fs*, *Fagus sylvatica*; *Oc*, *Ostrya carpinifolia*; *Ps*, *Pinus sylvestris*; *Qpb*, *Quercus pubescens*. Gli arbusti più frequenti sono, nell'ordine: *Crataegus monogyna*, *Fraxinus ornus*, *Berberis vulgaris*, *Cornus sanguinea*, *Cotinus coggyria*, *Corylus avellana*, *Ligustrum vulgare*, *Ostrya carpinifolia*, *Acer campestre*, *Quercus pubescens*

alla carta per potere avere alcuni dati di maggiore significato rispetto alla legenda per le formazioni più importanti. Tali formazioni, come già notato, sono 12: pecceta montana, pecceta mista, lariceto misto, pineta di pino silvestre, pineta di pino nero, faggeta, faggeta mista, ostrieto-faggeta, buglossoide-ostrieto, orno-ostrieto, castagneto, formazioni alloctone. La loro sequenza in tabella è proporzionale al valore dello stato ecologico rilevato.

Come si può vedere, sono registrati 32 parametri, divisi in tre fasce. Nella prima fascia si leggono: il numero di tessere rilevate, la quota e la pendenza media, l'area delle tessere e il numero di specie. Si nota che le faggete sono a quota più elevata delle peccete (1260 vs 1168) e che il numero di specie/tessera più elevato (47) è nelle peccete e nelle pinete di pino silvestre, ed è oltre il doppio che nei lariceti. Nella seconda fascia sono elencate le specie arboree più frequenti, di cui le dominanti per tipo di foresta sono in neretto, entro una banda gialla che raggruppa l'insieme di specie caratteristico per ogni formazione. Le specie dominanti hanno percentuale più elevata nelle pinete di pino nero (80%), seguite dalle faggete (75%) e dalle peccete (68%), mentre nei querceti misti quelli a dominante di *Quercus petraea* sono al 38,1% e quelli di *Quercus pubescens* al 41,2%; infatti, i querceti pre-

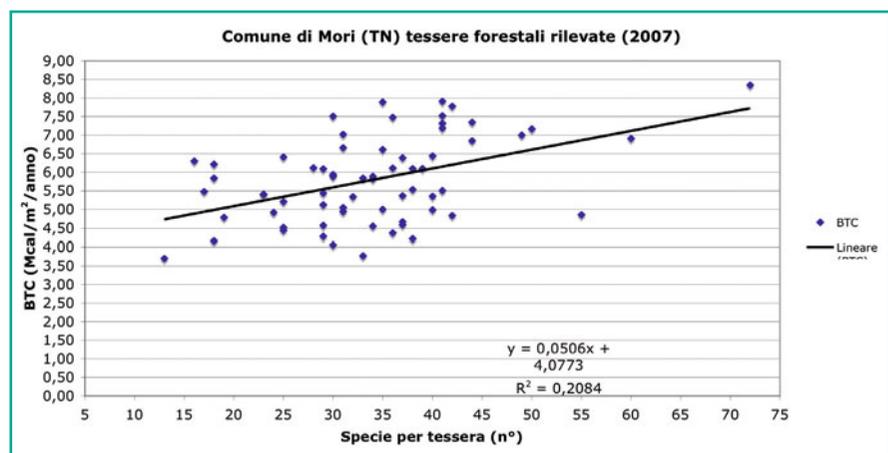
sentano in media 9-10 specie arboree per tessera, contro 3-6 specie di pinete, peccete e faggete.

Nella terza fascia di parametri sono riassunti i dati rilevati dalle schede LaBISV (vedi capitolo 5, paragrafo 5.1.2), e cioè: l'altezza della canopy, la fitomassa, la percentuale di conifere autoctone, la BTC media per tessera, i 4 parametri di qualità ecologica (QT, QF, QE, QU) e infine la vicinanza alla soglia di maturità (%). Si nota che solo le peccete miste si avvicinano alla soglia di maturità (78%), seguite da peccete e faggete (75%): tutte le altre formazioni sono in stadi semigiovanili. In proporzione più o meno accentuata a detta situazione risulta la BTC, con valore massimo di 7,41 Mcal/m²/anno raggiunto dalle faggete, mentre i querceti misti sono tutti intorno a valori bassi (da 5,03 a 5,85). Le altezze più elevate sono raggiunte dalle peccete (27,2 m), che sono però nella media di tali formazioni nel nord Italia. Molto bassi i querceti misti (9-11,9 m) perché in grande maggioranza ancora tenuti a ceduo. Le qualità ecologiche migliori di tessera (QT) spettano alle faggete (65%) e alle peccete miste, mentre la più bassa spetta al castagneto (27,7%). Lo stesso si può dire per le fitomasse epigee, che però non sono particolarmente elevate, non superando il valore di 570 m³/ha (66%) nelle peccete e 489 (70%) nelle faggete.

Tabella 17.5 Riassunto delle caratteristiche ecologiche delle principali formazioni

	PEC-mx	FAG	PEC-mon	PIN-Ps	LAR-mx	FAG-mx	OS-Fag	PIN-Pn	Bu-OS	Or-OS	CAST	ALLOC
Tessere (Ts) rilevate n.	4 Ts	4 Ts	6 Ts	3 Ts	3 Ts	5 Ts	3 Ts	6 Ts	8 Ts	6 Ts	2Ts	3 Ts
Quota Ts (m)	1108	1260	1168	907	1003	928	570	582	479	582	395	430
Pendenza (%)	42	44	43	42	36	39	57	34	47	58	38	28
Superficie Ts (ha)	1,8	2,0	1,6	1,5	1,3	1,1	1,1	1,0	1,0	0,9	1,4	1,3
Specie Ts	46	36	47	47	22	30	31	31	33	28	36	31
<i>Picea excelsa</i>	46,5	17,5	68,3	37,0	19,7	0,9	1,3					
<i>Larix decidua</i>	11,0	1,5	8,0	2,0	60,0	5,6		6,0				
<i>Pinus sylvestris</i>	24,5	2,6	5,0	39,7	8,0	30,4	3,2	0,1	1,1	2,5		
<i>Fagus sylvatica</i>	18,0	75,0	18,0	5,0		54,0	46,7	0,5		2,0		
<i>Pinus nigra</i>				0,0		0,0		80,2	2,8			17,3
<i>Ostrya carpinifolia</i>				5,7		4,4	19,3	2,8	22,8	22,7		4,7
<i>Fraxinus ornus</i>				6,3		1,2	5,3	3,0	14,8	17,8		
<i>Quercus petraea</i>							6,3		38,1	0,5		
<i>Quercus pubescens</i>									0,5	41,2		
<i>Carpinus betulus</i>									6,6	3,3		5,3
<i>Acer campestre</i>									1,8	1,5		
<i>Castanea sativa</i>									2,6		58,5	
<i>Prunus avium</i>							8,0		4,3	1,3	13,0	
<i>Populus tremula</i>		1,5									14,5	
<i>Robinia pseudoacacia</i>												20,0
<i>Cedrus deodara</i>												4,7
<i>Pinus strobus</i>												26,7
Altri alberi (%)	0,0	1,9	0,7	4,2	12,3	3,5	9,8	7,4	4,8	7,2	14,0	21,3
H canopy	24,9	23,3	27,2	20,3	24,4	17,6	13,4	17,8	11,9	9,2	12,9	16,1
FM (m²/ha)	501	489	570	397	494	318	184	296	142	126	145	199
Conifere autoctone (%)	80,5	22,8	79,7	55,7	90,0	39,4	3,0	86,3	2,6	2,7	1,5	55,3
BTC/ts	7,28	7,41	7,15	6,51	6,39	6,08	5,85	5,27	5,03	4,94	4,96	4,53
Parametri di tessera (q%)	64,7	65,1	57,6	59,3	60,2	42,1	41,7	44,1	37,5	37,8	27,7	39,7
Parametri di fitomassa (q%)	68,4	70,0	66,0	59,8	62,7	61,2	62,1	53,4	43,6	40,4	48,5	40,1
Parametri di ecocenotopo (q%)	78,8	75,2	80,1	76,4	67,3	72,4	68,5	63,3	63,8	66,3	62,3	58,4
Parametri di paesaggio (q%)	70,0	62,2	63,6	57,7	59,0	52,6	51,0	48,4	50,0	46,9	48,8	39,4
Soglia maturità (%)	78	75	75	69	68	61	58	56	50	50	49	47

Fig. 17.9 Correlazione specie/BTC relativa ai rilievi di tessere forestali effettuati nel 2007 a Mori. Si noti che la proporzionalità fra biodiversità specifica e BTC è modesta, quindi l'organizzazione strutturale e funzionale delle tessere gioca un ruolo di grande importanza



17.4.3 Correlazione fra specie e BTC per tessere rilevate nelle 4 UdP

Si può affermare che la stima del livello di metastabilità, quindi dello stato ecologico complessivo, delle

tessere forestali, sintetizzabile dalla grandezza della capacità biologico-territoriale della vegetazione o BTC, esprime prima di tutto il grado di complessità e di organizzazione del sistema ecologico in esame. La biodiversità specifica non può essere, quindi, il criterio

principale di valutazione dello stato ecologico, anche se una tendenza in tal senso compare, ma con un coefficiente di correlazione basso ($R^2 = 0,208$), come risulta dalla Figura 17.9.

Per questo si era sottolineato che lo studio ecologico-paesistico delle tessere forestali assume una non trascurabile importanza. Nella figura vediamo che i dati rilevati ed elaborati sono molto dispersi e possiamo avere per un fissato numero di sp./Ts una forte variabilità di BTC. Per esempio, per sp./Ts = 30, valore assai frequente nelle UdP 1, 2, 3 possiamo riscontrare $BTC = 4,0 \pm 7,5$, mentre per sp./Ts = 40 (UdP 4, M. Biaena) $BTC = 5,0 \pm 8,0$. Ma anche per

valori alti (più rari nel caso in esame) di sp./Ts si possono avere livelli di BTC diversi: per esempio sp./Ts = 55, $BTC = 4,8$, oppure sp./Ts = 60, $BTC = 7,0$.

Si deve aggiungere che, nel caso dell'UdP1, si nota che la correlazione della BTC con la biodiversità specifica non compare, anzi la retta di regressione è in leggero calo con l'aumentare del numero di specie per tessera: in effetti, il coefficiente di correlazione è quasi nullo: $R^2 = 0,028$. Le ragioni di questa peculiarità sono dovute probabilmente a un eccessivo sfruttamento dei boschi (la quasi totalità sono cedui) e alla presenza di formazioni di scarsa naturalità (per esempio con specie alloctone).

Glossario

(a cura di Elena Giglio Ingegnoli)

Alleanza In fitosociologia rappresenta il livello tassonomico superiore a quello di associazione. Prende il nome da quello latino di una/due specie significative che la caratterizzano, strutturalmente o ecologicamente, con il suffisso *-ion*.

Allometria Relazione quantitativa tra la dimensione di una parte e quella del tutto in una serie di organismi di uno stesso tipo (per es. alberi) che differiscono fra loro nella dimensione.

Ambiente Etimologicamente *indica lo spazio circondante un organismo* (da *ire* = andare; *iente* = colui che va + *am* = nel senso di intorno). Con tale termine è da intendersi il sistema complesso di fattori abiotici + esseri viventi + condizioni (naturali + chimico-fisiche + biologiche) + relazioni e scambi (di materia, di energia, ma anche di informazione e conoscenza), che si presentano all'interno di uno spazio in cui gli organismi compiono il loro ciclo vitale (nascono, crescono, si sviluppano, muoiono) e che risultano essere indispensabili e insostituibili per permettere la vita degli esseri viventi stessi (cioè sono la condizione necessaria e sufficiente affinché si possa parlare di vita per un qualsiasi essere). Da ciò deriva l'affermazione: "la vita non può esistere senza un relativo ambiente". Il concetto di ambiente si definisce, quindi, come "intorno reciprocamente adattato", cioè come componente necessaria di ogni sistema vivente, quindi come ambito di integrazione delle componenti (aria, acqua, suolo, sistemi biotici ecc.). Nella realtà concreta lo spazio circondante si declina in una serie gerarchica di livelli, proprio in relazione ai livelli di organizzazione della Vita sulla Terra (spettro biologico): in altre parole, dato che l'ambiente è una delle due facce della medaglia "Vita", ciò è valido sia a livello generale sia per ogni singolo livello

(gradino) in cui questa stessa Vita si è organizzata sulla faccia della Terra, anche se non per tutti i livelli si è ancora trovato un nome.

Antropocene Nuova denominazione con il medesimo significato di antropozoico.

Antropozoico Era nella quale l'influenza dell'attività del pensiero e della cultura umana emerge come dominante rispetto alle questioni ambientali. Tale concetto venne proposto da Antonio Stoppani già nel 1870 (naturalista).

Apparato paesistico In analogia con un apparato di un organismo, sistema funzionale di tessere o ecotopi, disposti in una configurazione specifica nell'ecotessuto di un paesaggio (o di una sua unità), caratterizzato dallo svolgere una specifica funzione paesistica. Non si tratta di un sub-paesaggio ma di una complessa configurazione di elementi che svolgono una certa funzione, pur essendo non sempre connessi.

Approccio transdisciplinare Nasce dall'osservazione che le discipline interessate allo studio dell'ambiente sono tante, ma non ricoprono tutte la stessa importanza. Il principio organizzativo dei vari livelli in cui si manifestano le forme di vita resta essenzialmente biologico, quindi esso deve fungere da integratore primario. Questa affermazione non vuole essere prevaricante nei confronti di coloro che pensano che sia la cultura a dirigere le trasformazioni del paesaggio. Ricordiamo, infatti, che Popper sottolineava che la natura stessa ha creato, attraverso il linguaggio dell'uomo e attraverso la possibilità di formulare le nostre teorie (e i nostri progetti) in forma linguistica, una nuova dimensione che riconcilia natura e cultura: esse sono quindi integrabili, non contrapposte, anche se in ultima analisi si afferma che la cultura è figlia della natura.

Archeofita Pianta naturalizzata nel territorio in studio prima del 1500 d.C.

Area cuore potenziale Porzione interna di una macchia residuale, che si può rilevare oltre le prime tre fasce di disturbo e che è adatta a ospitare le specie originali di quel paesaggio tipico.

Associazione vegetale Livello unitario base fondamentale nella gerarchia tassonomica della fitosociologia. Esso identifica una comunità vegetale che presenta una composizione floristica definita (detta *composizione specifica caratteristica*), non sempre identica ma fluttuante intorno a un valore medio, in rapporto a ben definite condizioni ecologiche di un determinato sito. L'associazione occupa, pertanto, un proprio spazio ecologico oltre a un proprio spazio geografico. Deriva il suo nome tassonomico da quello latino di una/due specie significative (non necessariamente le dominanti) che la caratterizzano, con il suffisso *-etum*.

Attrattore Matematicamente, oggetto geometrico verso il quale convergono nel tempo le linee curve che rappresentano il movimento di un sistema dinamico all'interno dello spazio delle fasi. Nella termodinamica di non-equilibrio, un attrattore è, in genere, costituito da una condizione di minima dissipazione per il sistema, cioè uno stato stazionario, o punto fisso, in quanto funzione in grado di non modificarsi anche se sollecitata da un operatore.

Biocenosi Prima definizione di comunità ecologica.

Biodiversità Termine oramai di uso comune, anche in forme improprie, intende *l'insieme di tutte le forme viventi geneticamente dissimili e degli ecosistemi a esse correlati*. Una definizione scientificamente più corretta può essere: "la varietà e variabilità dei sistemi viventi", comprendendovi una biodiversità dei livelli di organizzazione biologica superiori a quello di organismo-individuo, come la biodiversità paesistica. Quest'ultima si articola in: a) diversità dei componenti di un sistema ecologico; b) diversità delle loro relazioni nell'organizzazione di tali sistemi; c) diversità di funzionalità ecologica; d) diversità complessa. La termodinamica di non-equilibrio evidenzia come la biodiversità diminuisca nella dinamica di un sistema e/o nei livelli di organizzazione biologica quando il sistema e/o l'entità raggiungono un migliore stato di auto-organizzazione. A livello di paesaggio si misura con opportuni indici.

Bioma Insieme delle comunità vegetali, animali, umane

(e funghi) che si rilevano a scala di biogeografica o di ecoregione, in risposta a certe condizioni macroclimatiche e del substrato. Si tratta del livello gerarchico più alto di organizzazione di comunità di organismi viventi. Corrisponde al termine *formazione vegetale* usato dagli studiosi di vegetazione se a questa si aggiungono tutte le altre comunità di organismi viventi che nella formazione coabitano e interagiscono. Dato un certo bioma, la forma biologica/tipologia della "fittest vegetation for", cioè della vegetazione di maggior successo ecologico-paesistico, è tipica (es. prateria, savana, taiga, tundra...), anche se le specie che definiscono le comunità vegetali dominanti possono variare.

Bionomia È lo studio delle leggi biologico-ambientali della Natura, di fatto sinonimo di "ecologia biologico-integrata", in quanto, trattandosi di entità viventi, l'integrazione deve essere effettuata su base biologica. Infatti, in tali leggi è compreso anche l'uomo, essendo la parte più importante delle componenti della vita, in una integrazione di complessità.

Biopotenzialità territoriale o Capacità biologica del territorio Grandezza che rappresenta il flusso di energia che un sistema deve dissipare (per metro quadro in un anno) per mantenere il suo livello di organizzazione, ordine e metastabilità. Esprime la capacità latente di un paesaggio di ritornare al suo stato di equilibrio metastabile. Viene stimata con un'apposita metodologia sulla componente vegetale di un paesaggio o di una sua parte.

BTC Indice che misura la biopotenzialità territoriale di un paesaggio, o di una sua parte, in Mcal/m²/anno.

Caratteri esportabili Caratteristiche o proprietà di uno o più livelli dello spettro biologico, validi anche per altri livelli dello spettro stesso. Sono specialmente i caratteri corologici.

Caratteri propri Caratteristiche e proprietà tipiche unicamente di un certo livello dello spettro biologico, che permettono di distinguerlo dagli altri livelli.

Classificazione dei tipi di paesaggi Ne esistono numerose, a seconda degli aspetti che si vogliono porre in evidenza; volendo privilegiare l'organizzazione funzionale (ma in maniera integrata) si arriva alla definizione di sedici classi di tipi di paesaggi (deserto, semi-deserto, prateria, prateria arbustata, arbusteto, foresta aperta, foresta chiusa, paesaggio (p.) semi-naturale a biomassa maggiore, p. semi-naturale a biomassa minore, p. coltivato protettivo, p. colti-

vato produttivo, p. rurale, p. sub-urbano rurale, p. sub-urbano industriale, p. urbano aperto, p. urbano chiuso). Non tutti questi tipi esistono in tutti i continenti e uno stesso tipo (per es. il p. coltivato protettivo) si è realizzato in forme diverse anche all'interno di una stessa nazione, in stretto legame con la cultura e le tradizioni, nonché con le caratteristiche ambientali del territorio. Tutti, comunque, sono sistemi complessi e il loro comportamento segue le leggi della teoria della complessità.

Comportamento di un sistema vivente Se inteso come *compatibile* con le leggi della natura, il comportamento non è più determinabile secondo le teorie meccanicistiche della termodinamica classica (che identifica il conoscibile con il controllabile), secondo le quali basta registrare alcune coordinate da uno stato istantaneo per conoscere uno stato futuro; è necessaria, invece, una nuova oggettività, perché ogni struttura che segue le leggi della termodinamica di non equilibrio è prodotta da una successione di fluttuazioni amplificate e non può essere compresa che in riferimento al suo passato. Tale passato, prodotto da eventi imprevedibili, deve essere considerato unico e non riproducibile.

Configurazione Disposizione di elementi paesistici giustapposti o intersecanti e maniera nella quale essi sono interconnessi. Esiste sia come configurazione spaziale sia come configurazione funzionale.

Configurazione funzionale Modello di disposizione di un gruppo di elementi paesistici, anche non connessi, in grado di svolgere una certa determinata funzione.

Configurazione spaziale Modello di disposizione spaziale dei componenti di un paesaggio o di due parti.

Conservazione biologica Disciplina di incontro culturale (e applicativo) tra il punto di vista economico di chi utilizza la natura, quello estetico di chi ne ammira lo splendore, quello scientifico di chi la studia, senza dimenticare quello etico di chi considera la conservazione come atto sacrale nei confronti del Creato.

Cora (greco $\chi\omega\rho\alpha = chora$): città e territorio agricolo a essa collegato. Nella Magna Grecia la *cora*, come viene sancito nella Tavole di Eraclea¹, era distribuita in lotti uguali e in misura bastevole all'autosuffi-

cienza delle famiglie dei coloni, secondo una maglia ortogonale regolare. La divisione razionale di un territorio vergine era riprodotta anche negli impianti urbani, specie nei quartieri commerciali e residenziali, assai prima quindi delle invenzioni ippodamee e, ovviamente, delle applicazioni moderne.

Corridoio Concetto che, in maniera indipendente dalla scala, identifica una porzione lineare di un territorio, il cui aspetto differisce da quello delle porzioni circostanti su entrambi i lati. Può essere lineare, a fascia ecc.

Densità ecologica o specifica, indica il rapporto tra il numero di individui e la superficie del loro habitat specifico all'interno dell'area in esame. Differisce, quindi, in maniera netta dai concetti di densità utilizzati in geografia o in pianificazione.

Determinismo Principio secondo cui è lo stato dinamico specifico di un sistema in un dato momento, unito al valore delle variabili dinamiche e alle interazioni del sistema stesso con l'ambiente nello stesso momento, a determinare completamente lo stato dinamico del medesimo sistema (nonché il valore delle variabili dinamiche e la loro distribuzione probabilistica) in un momento successivo a quello dato.

Dimensioni Aspetti, caratteristiche, proprietà di un'entità vivente passibili di valutazioni qualitative e/o quantitative.

Disturbo Una normale perturbazione (cioè uno/un insieme di forze o processi o eventi), da parte dell'uomo o della natura, condizionanti o vincolanti il sistema in oggetto. Un disturbo è un fattore strutturante di cui nessun sistema vivente può fare a meno per la sua dinamica evolutiva: generalmente è incorporabile entro la scala superiore. Il disturbo diventa dannoso quando si verificano almeno una delle seguenti situazioni: a) il livello di metastabilità della scala superiore del sistema non è più in grado di incorporare il disturbo; b) buona parte dei processi evolutivi del sistema è bloccata o danneggiata in modo grave; c) la potenzialità biologica delle componenti di scala inferiore è danneggiata seriamente; d) alterazioni permanenti sono causate alle principali strutture e funzioni del sistema ecologico.

Diversità In ecologia, concetto strettamente legato alla teoria della informazione, come espresso dall'equazione di Shannon. Attualmente esistono 8 tipi di diversità. Whittaker ne descrive tre: α (numero di elementi/specie, in un determinato sito); γ (n. di elementi/specie in un gruppo di siti); β (rapporto

¹ Databili probabilmente alla fine del IV secolo a.C., relative alla delimitazione e localizzazione di terreni dei santuari di *Dioniso* e *Athena Polias* (Frappiccini e Giustozzi, 2004).

γ/α). Brandmayr introduce la quarta: η (n. specie per ecotopo). Ingegnoli ne aggiunge quattro: ψ (n. di elementi paesistici presenti nell'unità di paesaggio, o nel paesaggio intero, in relazione alla loro dominanza relativa nell'unità di paesaggio o nel paesaggio stesso); τ (n. di classi standard di biopotenzialità territoriale alle quali vengono ascritti gli elementi del paesaggio, in relazione alla loro dominanza relativa nell'UdP o nel paesaggio stesso); ω (estensione relativa di ciascun tipo di apparato, in relazione alla sua dominanza relativa nell'UdP o nel paesaggio stesso); CLD (*complex landscape diversity* o diversità paesistica complessa) che tiene conto contemporaneamente delle diversità di elemento, di apparato e di distribuzione della biopotenzialità vegetazionale.

Eco-bio-noo-geosfera Il pianeta Terra, nella sua componente superficiale, cioè un *sistema complesso adattativo auto-organizzantesi, auto-strutturantesi, auto-regolantesi, dissipativo, dinamico e gerarchico*. Tale sistema è il risultato della coevoluzione della litosfera, dell'atmosfera, dell'idrosfera, della pedosfera e della biosfera (protisti, monere, funghi, piante e animali), compresa – nelle ultime migliaia di anni – la noosfera (uomo e i prodotti della sua mente, cioè pensiero, arti, scienza e tecnologia). Nessuna di tali componenti, usualmente suddivise in (1) componenti biotiche (biosfera, pedosfera in parte, antroposfera in parte) e (2) componenti ambientali (litosfera, atmosfera, idrosfera, pedosfera in parte, antroposfera in parte), è mai indipendente dall'altra, anzi tutte coevolvono, influenzandosi reciprocamente: tutte concorrono a costituire la Vita sulla Terra senza poter fare a meno l'una dell'altra. La componente superficiale del nostro pianeta è, pertanto, un sistema vivente e corrisponde al massimo livello di organizzazione biologica esistente.

Ecobiota Termine generico che indica un gruppo di elementi biotici in senso ecologico; è sinonimo di sistema ecologico ed è valido a tutte le scale.

Ecocenotopi antropici (o, in vario grado, antropizzati) Caratterizzati da una presenza umana permanente, o che l'uomo ha modificato in maniera più o meno sostanziale, limitando la loro capacità di autoregolazione. Necessitano di energia sussidiaria (attualmente quella proveniente da fonti fossili). Nel caso degli ecocenotopi di tipo (b) e (c) (vedi Ecocenotopo) essi sono il risultato del reciproco adattamento, cioè della coevoluzione (= *scambio biuni-*

voco con condizionamento reciproco), realizzatosi in un preciso contesto spaziale tra l'antroposfera (uomo + la sua cultura + le sue esigenze socioeconomiche locali) e l'ambiente locale (il territorio e le altre comunità di organismi viventi = *habitat naturale*).

Ecocenotopi naturali (e semi-naturali) Caratterizzati da una presenza umana (quando c'è) solo saltuaria o momentanea², o quelli nei quali l'uomo non vive o non lavora in permanenza. Essi sono in grado di mantenersi (e compiere il proprio ciclo vitale) solo sulla base dell'energia solare e delle loro capacità intrinseche.

Ecocenotopi urbano-tecnologici Rappresentano il massimo livello di antropizzazione. Nella pratica sono quelli che l'uomo ha modificato in maniera sostanziale, arrivando ad annullare la loro capacità di autoregolazione e il loro legame con l'ambiente circostante e rendendoli completamente eterotrofi e dipendenti da energia sussidiaria.

Ecocenotopo L'entità unitaria realmente esistente a scala locale, quindi tra la scala territoriale (paesaggio) e la scala stazionale cioè l'unità *multifunzionale* (riconoscibile *solo* se si adotta un punto di vista integrato – per esempio se si “guarda” l'ambiente con un'ottica integrata). La differenza sostanziale rispetto all'ecosistema è che ecosistema è un termine astratto (sistema di relazioni) mentre ecocenotopo si riferisce a una *realtà concreta*, identificabile concretamente sul territorio con un luogo specifico (= *topos*) e descrivibile come integrazione di un insieme specifico di comunità di organismi (animali e/o vegetali e/o umane e/o di microrganismi) (= *coenosis*) in un ambiente (= *eco*, da *oikos* = casa). È l'elemento minimo dell'ecomosaico, la più piccola unità omogenea visibile alla scala di paesaggio.

In funzione del grado di antropizzazione crescente e della dominanza crescente di manufatti antropici, gli ecocenotopi sono raggruppabili in quattro classi:

- ecocenotopi naturali e seminaturali (per es. forestali, prativi, di pascolo, rimboschimenti...);
- ecocenotopi agricoli (per es. campi, piantagioni, orti, frutteti, piccole cascine...);
- ecocenotopi tecnico-rurali (per es. grosse fattorie,

² Allo stato attuale, affermare che sulla superficie terrestre esistono ancora ecocenotopi naturali è un po' azzardato, in quanto gli effetti diretti o indiretti dell'antropizzazione sono percepibili su tutta la superficie del globo.

piantagioni industriali, pioppicoltura, villaggi);
 d) ecocenotopi urbano-tecnologici (per es. piccoli paesi, quartieri industriali, centri commerciali...).

Ecomosaico Mappa ecologico/bionomica del territorio in esame. Nella pratica l'ecomosaico è costituito dalla giustapposizione di macchie e corridoi in una matrice (naturale o antropica) di ecotopi e tessere. Rappresenta la reinterpretazione ecologica/bionomica della carta di uso del suolo.

Ecoregione Entità vivente corrispondente al livello di scala regionale, generata dalle interazioni tra specifiche condizioni macroclimatiche + definite condizioni geografiche, territoriali e del substrato + il conseguente sistema di sistemi paesistici connessi + le tipologie di attività umane ammissibili (dai vincoli generati dagli elementi precedenti). Rappresenta l'integrazione di un bioma con il suo ambiente e con le relative attività antropiche.

Ecosistema Denominazione ambigua, utilizzata in maniera impropria rispetto alla definizione originaria datane da Tansley (1935). In bionomia il termine rimane valido solo come unità funzionale dell'ambiente a scala locale, cioè come descrizione funzionale dell'interazione tra ciascuna comunità e il suo ambiente. L'entità vivente unitaria reale che corrisponde a questa terminologia è ecocenotopo.

Ecotessuto Concetto introdotto per superare la difficoltà di rappresentazione grafica della complessità del livello biologico che esprime l'entità denominata "paesaggio", in quanto è un'entità pluridimensionale (cioè che integra in sé diverse dimensioni): possiamo aiutarci pensando alla struttura di un tessuto, come un tessuto istologico in cui: 1) il fattore tempo (o, meglio, la dimensione temporale), 2) la dimensione spaziale con i suoi vincoli e le sue proprietà, 3) la dimensione del contenuto di informazione e 4) tutte le altre diverse dimensioni (per es. proprietà, comportamenti, componenti, configurazioni strutturali e funzionali ecc.) si intrecciano e si integrano seguendo le leggi proprie e peculiari di quel livello e in maniera gerarchica (cioè in relazione alla loro importanza). Tale modello viene chiamato modello di ecotessuto ed è graficamente rappresentabile, in maniera semplificata, in una carta operativa di integrazione.

Ecotopo Il più piccolo elemento unitario pluridimensionale dell'ecotessuto, in grado di presentare tutti i caratteri funzionali e strutturali del paesaggio cui appartiene. È il sistema minimo di ecocenotopi/tes-

sere (non meno di due tipi diversi) interagenti e interdipendenti, caratterizzati da una comune origine geomorfologica e una riconoscibilità topografica: è un sistema definito da una determinata configurazione funzionale e un preciso ruolo nel paesaggio. Esso presenta caratteristiche intrinseche (forma, superficie, configurazione...) e caratteristiche estrinseche (per es. il rapporto tra la superficie di margine e la superficie interna oppure l'origine) legate al paesaggio in cui si trova e che possono influenzare la dinamica delle specie al suo interno.

Elemento paesistico Termine generico utilizzato per indicare, in senso generale, una tessera, un ecotopo, una unità semplice di paesaggio o una unità complessa di paesaggio. Presuppone che l'elemento in oggetto sia ancora una unità olistica (in quanto elemento paesistico), al suo proprio livello di scala.

Entità vivente Sinonimo di sistema vivente. Sistema in grado di ricevere, processare e trasferire informazioni, utilizzarle per modificarsi rendendosi più "in sintonia" con la situazione in cui si trova, raggiungere un target, riprodursi, avere una storia, partecipare nel processo dell'evoluzione.

Entropia Funzione di un sistema utilizzata sia in termodinamica sia in meccanica statistica che in teoria dell'informazione. Esprime il livello di disordine, disorganizzazione e indifferenziazione presente, o prodotto, in un sistema: dato che, nelle trasformazioni irreversibili, il sistema tende spontaneamente a un suo aumento, in termodinamica può considerarsi come un indicatore temporale, poiché assegna un verso alla successione degli stati di un sistema (freccia del tempo). In bionomia misura l'assenza/scarsozza di informazioni riguardo a una situazione o l'incertezza associata alla natura di una situazione.

Epistemologia Indagine critica intorno alla struttura e ai metodi delle scienze, ai problemi del loro sviluppo e delle loro interazioni (divenendo sinonimo di filosofia della scienza).

Equilibrio dinamico In fisica, condizione nella quale diversi processi agiscono simultaneamente per mantenere il sistema in uno stato che globalmente non cambia nel tempo.

Equilibrio metastabile Stato di pseudo-equilibrio con un più elevato valore di energia libera rispetto al vero stato di equilibrio (in cui l'energia libera tende a zero). In fisica, esprime la condizione nella quale il sistema è in grado di ritornare allo stato precedente dopo piccole perturbazioni; può essere rappresentato

da una palla che rimanga in una piccola depressione sulla cima di un picco.

Equitabilità Misura il grado di abbondanza per tutti gli elementi considerati in un sistema. È massima quando tutti gli elementi risultano presenti con la medesima abbondanza. Tecnicamente esprime l'equipartizione dell'abbondanza di una certa componente (specie, tessera, ecotopo, fitomassa...) in un sito.

Eterogeneità Esprime la varietà dei modelli/disposizioni di un certo definito set di elementi paesistici. In un ecotessuto, l'eterogeneità può essere strutturale, funzionale o ecosistemica.

Etimologia del termine paesaggio Il termine, in uso nelle lingue neo-latine, deriva probabilmente dalla primitiva radice sanscrita "pac" indicata nel senso di conficcare. Questo termine, passato poi al verbo greco $\pi\eta\gamma\upsilon\mu\iota$ con il significato di fissare, piantare, avrebbe originato la parola latina *pagus*. Nel vecchio latino la parola *pagus* indicava anche la campagna di una città, distinguendola dalla *city*, e da lì discese l'aggettivo *pagensis* con molteplici sfumature di significato, ma sempre inerenti gli abitanti di una campagna o di un territorio di una chiesa. Il passaggio da *pagensis* a paese avvenne, sembrerebbe, intorno al 1250-1350 d.C. con il significato di "grande estensione territoriale coltivata e abitata" (Cortellazzo e Zolli, 1985) o di "parte di territorio abitata che può essere distinta dalle altre per le sue condizioni climatiche, linguistiche, culturali ecc." (Bolza, 1852). Quando nacque il termine *paesaggio* nel 16° secolo circa, esso venne utilizzato per identificare l'oggetto di un dipinto come una campagna, ma con tutti i suoi attributi, caratteristiche e proprietà. Quindi è errato utilizzare questo termine con il solo significato di visuale, scorcio, panorama, mentre ne è evidente il legame con l'uomo, secondo il concetto di governo e gestione del territorio, intesi però in senso ecologico.

Evennes Il rapporto tra il valore misurato di abbondanza o diversità di un tipo di elemento e l'equitabilità dell'elemento stesso.

Evento zero Disturbo o perturbazione fuori scala così intenso da distruggere completamente un sistema ecologico, o una parte di esso, e da dare l'avvio allo sviluppo di un nuovo sistema ecologico. Anche l'improvvisa interruzione di un range di disturbi cronici può costituire un evento zero.

Evoluzione (biosistema-ambiente) Reciproca selezione

dei processi di adattamento, con la conservazione dell'autonomia del biosistema.

Fitomassa Peso secco o volume (sopra il suolo) degli individui di una popolazione di una specie vegetale in una data area.

Fitosociologia Sinonimo di fitocenologia, identifica lo studio delle comunità vegetali, secondo un approccio quali-quantitativo. Nella descrizione delle comunità vegetali a livello di scala spaziale più ampia diventa sinfitosociologia e, integrandovi gli aspetti inerenti il luogo, passa alla geo-sinfitosociologia.

(The) Fittest vegetation for... Termine di difficile resa in lingua italiana. Traducibile come "la vegetazione più appropriata a.../più idonea per.../più consona a.../ di maggior successo ecologico-paesistico per le condizioni spaziali e temporali e di contenuto informativo di un luogo". Rappresenta la reinterpretazione del concetto di "vegetazione naturale potenziale". Più precisamente questo nuovo concetto indica la vegetazione più adattata e adatta per: a) le specifiche condizioni climatiche e geomorfologiche di un certo limitato periodo di tempo in un certo, determinato, luogo; b) il principale *range* di disturbi incorporabili (compresi quelli di origine antropica); c) le condizioni naturali e/o innaturali. Inoltre, la sua presenza deve essere intesa come a macchie, e non come omogenea su estese superfici.

Fluttuazione Variazione nello stato di un sistema all'interno del suo proprio campo di esistenza (cioè del suo campo di metastabilità) in risposta ai normali range di disturbi. Quando i disturbi superano i limiti del range, il sistema si riorganizza in funzione delle nuove condizioni.

Frammentazione Il processo di rottura/parcellizzazione di un elemento paesistico o di un'aggregazione di elementi paesistici in più parti e/o di dimensioni inferiori. È uno dei processi di trasformazione del paesaggio.

Freccia del tempo Rappresentazione semplificata del concetto di irreversibilità del tempo, anche a scala cosmica, con una chiara direzione dal passato verso il futuro.

Gnoseologia (da $\gamma\nu\omega\sigma\iota\sigma$ = conoscenza) Termine usato per indicare la teoria della conoscenza umana – così come si è consolidata grazie alla speculazione filosofica di Kant – con riferimento soprattutto alla ricerca dei suoi fondamenti, alle sue strutture e modalità, nonché alla validità della conoscenza umana, intesa essenzialmente come relazione tra soggetto

conoscente e oggetto conosciuto.

Habitat umano (HU) Concetto definibile come l'insieme delle aree a) dove la popolazione umana vive, b) che gestisce in modo permanente totale o parziale e c) nelle quali apporta energia sussidiaria limitando la capacità di autoregolazione dei sistemi naturali. Esso si distingue dall'analogo concetto usato in urbanistica, in quanto considera la dimensione funzionale delle tessere: così anche una foresta naturale può contenere una percentuale di HU. Viene utilizzato come indice, stimato in maniera opportuna, e la sua importanza risiede nel fatto che costituisce la variabile indipendente nei modelli di studio dei paesaggi, anche nel caso di bassi livelli di antropizzazione. Seguendo il concetto di ecotessuto, l'HU considera la dimensione multifunzionale delle tessere e può anche essere definito come l'insieme degli apparati funzionali paesistici più significativi e, oggi, anche quantitativamente preponderanti nella maggior parte della biosfera.

Habitat standard pro capite (teorico minimo) Grandezza che misura, in maniera integrata, la quantità di spazio ecologico necessaria a un organismo animale o individuo per vivere in maniera consona.

Incorporazione dei disturbi In un'entità vivente di un determinato livello di organizzazione biologica, capacità di resistere a disturbi di scala inferiore o di adeguarsi alle conseguenze di quel/quel disturbo/i, usandolo/i per migliorare la propria struttura od organizzazione.

Integrazione Combinazione di dati, elementi complessi, modelli e informazioni concernenti un sistema vivente. Tale combinazione, che nel caso della bionomia avviene in maniera gerarchica (cioè secondo il grado di importanza di ciascun elemento in quel contesto) su base biologica (si tratta di entità viventi) necessita della conoscenza, per ogni sistema in esame, della *storia*, della *scala* e del *contesto*.

Intersezione Gruppo di caratteristiche o proprietà in comune a due o più elementi paesistici.

LaBiSHH Metodo di valutazione ecopaesistica dell'habitat umano attraverso a) lo studio dei caratteri storici e culturali dell'ambiente antropizzato, b) l'applicazione di appositi indicatori ecologici, c) lo studio dei processi e d) il significato bionomico del rapporto uomo-natura.

LaBiSV Metodo di valutazione ecopaesistica della vegetazione attraverso a) studio dei caratteri geografici e storici dell'unità di paesaggio; b) identificazione

degli elementi del paesaggio e dei tipi di vegetazione; c) rilievo dei parametri di tessera, fitomassa, ecotopo e contesto ecopaesistico; d) ordinazione e valutazione dei parametri e stima della qualità ecologica della BTC; e) esame dei problemi emersi e scelta dei valori di normalità.

Livello di organizzazione biologica Sinonimo di *livello di organizzazione della Vita sulla Terra*, corrisponde a una tipologia di sistema vivente. I livelli sono correttamente identificabili solo attraverso un *punto di vista integrato*, proprio dell'ecologia avanzata (*unified ecology* e bionomia del paesaggio) e rappresentano i tipi di entità viventi realmente esistenti sulla superficie terrestre. Pur essendo le denominazioni adottate per la loro identificazione passibili di miglioramento, ciò non inficia l'esistenza di dette entità.

Logica fuzzy Logica di ragionamento per approssimazioni, utilizzata quando si considerano sistemi o processi troppo complessi per potere essere spiegati e modellizzati dalla matematica tradizionale, anche perché spesso senza limiti ben definiti e/o con dati sfumati.

Macchia Concetto indipendente dalla scala, che indica una porzione omogenea (o con micro-eterogeneità ripetentesi in maniera simile in tutta la sua estensione) non lineare di territorio che differisce, per aspetto o per contenuto, dalla matrice circostante. Può essere composta da una singola tessera, da più tessere analoghe, da un singolo ecotopo o da un insieme di ecotopi analoghi.

Macchia residuale All'interno di una unità di paesaggio, frammento del tipo di paesaggio originario di dimensioni sufficienti a essere rilevabile oltre la fascia di disturbo cronico.

Materialismo Insieme di teorie filosofiche che, negando l'esistenza del soprannaturale, spiegano la realtà (realtà che esiste indipendentemente dal soggetto conoscente) e gli eventi del mondo basandosi unicamente sulla materia. Il materialismo filosofico marxista parte dal principio che il mondo e le sue leggi sono perfettamente conoscibili e conosciute, che la conoscenza delle leggi della natura, verificata dall'esperienza, dalla pratica, è una conoscenza valida e che ha il valore di una verità oggettiva.

Materialismo dialettico Teoria dialettica della natura e della storia (fondata sul metodo dialettico di Hegel, utilizzato però in chiave materialista ed elaborata da Engels e poi ripresa da Lenin). Essa può definirsi

come dottrina della materia in movimento e motiva la capacità creativa ed innovativa della Natura nell'Universo, sulla base di una dialettica intrinseca alla realtà naturale stessa. Il termine "dialettico" (che consiste nell'interazione di due tesi o principi contrapposti come strumento di indagine della verità) spiega la dinamica interconnessione tra i processi e l'universalità del mutamento affermando che qualsiasi ente è soggetto ad un processo di autotrasformazione, dovuto al fatto che il suo contenuto è costituito da forze in opposizione (logica della contraddizione per Hegel); ciascuna cosa si muta insomma costantemente in qualcosa di diverso da sé, in maniera rivoluzionaria, con svolte brusche e violente.

Matrice Il tipo di elemento paesistico presente per la maggiore estensione superficiale o con la più alta connessione, in un paesaggio; esso gioca il ruolo dominante nel funzionamento del paesaggio e ne caratterizza il tipo.

Medico dei sistemi vitali complessi Nuova figura di ecologo integrato, formato allo studio della bionomia e delle altre discipline ecologiche avanzate, il quale deve essere in prima istanza un medico, conscio però del fatto che la fase di anamnesi (metodo storico) può risultare in questo campo più vasta e impegnativa che non a scala di organismo o di popolazione. L'identificazione delle cause che producono una patologia riscontrata necessita, inoltre, di una buona conoscenza: a) della "anatomia" e della fisiologia del paesaggio, b) dell'insieme dei disturbi patologici e c) di una analisi semeiotica, in cui anche gli studi percettivi possono dare un contributo positivo.

Metastabilità Stato di un sistema oscillante intorno a una posizione centrale, ma suscettibile di essere reindirizzato verso un'altra condizione di equilibrio metastabile.

Metodo a scheggia Metodo di analisi del comportamento di un sistema complesso, nella sua totalità, attraverso la creazione di differenti modelli separati, ciascuno in grado di rilevare la combinazione di due o più aspetti, e la loro successiva integrazione.

Metodo clinico-diagnostico Metodo di studio dei sistemi viventi complessi che, in analogia con la medicina, ricerca lo stato di salute di uno specifico sistema vivente mediante il confronto con lo stato conosciuto come normale (circolo vizioso *fisiologia-patologia*³) – ma considerando il sistema stesso come un *unicum* – e, successivamente, elabora una

diagnosi e suggerisce delle proposte terapeutiche di miglioramento, scegliendo su quali e quanti parametri intervenire, in che modo e per quanto tempo.

Metodo iterativo Metodo che permette il raggiungimento dei risultati desiderati attraverso successive approssimazioni o la ripetizione di cicli di operazioni, che arrivano via via più vicine al risultato finale.

Microcora Una distribuzione spaziale di elementi ecologici in un determinato sito.

Modelli disciplinari Rappresentazioni logiche attraverso opportuni parametri esplicativi – che permettono confronti precisi – delle differenti branche di una disciplina.

Modello Sistema matematico, geometrico o fisico il cui comportamento, che obbedisce a certe determinate regole, viene utilizzato per comprendere un altro sistema fisico o biologico a cui esso è analogo in qualche modo.

Movimento di un sistema Il passaggio di un sistema da una condizione di stato (a) a una (b).

Multidimensionalità Concetto che esprime la numerosità delle "dimensioni" che sono coinvolte in un paesaggio, tra le quali ricordiamo la dimensione temporale, la dimensione spaziale, la dimensione configurazionale, la dimensione informativa, quella tematica, quella di integrazione ecc.

Multifunzionalità Capacità di un qualunque elemento paesistico di svolgere più funzioni contemporaneamente.

Naturalità Buono stato ecologico di sistemi in cui può essere presente anche l'uomo.

Neg-entropia Detta anche apporto di informazione, è la misura numerica dell'informazione generata nella selezione di uno specifico simbolo o messaggio. Essa è uguale al negativo del logaritmo della probabilità del simbolo o del messaggio selezionato.

Neofita Pianta arrivata nella località di studio dopo il 1500 d.C.

Olismo Approccio secondo cui la totalità di un sistema complesso è funzionalmente maggiore della somma delle sue parti.

Omeoresi Il mantenimento di un flusso dinamico ricorrente in un sistema biologico.

³ In base al quale la conoscenza del funzionamento completo di un sistema vivente necessita il prodursi di un'alterazione, ma per guarire un'alterazione è necessario conoscere il funzionamento del sistema.

Omeostasi Capacità di autoregolazione. Rappresenta i processi in grado di mantenere uno stato stazionario in un sistema ecologico.

Operatore Insieme di regole di azione (operative) per una certa funzione o processo, in grado di realizzare una trasformazione.

Paesaggio Entità vivente che si rinviene al livello di organizzazione biologica che corrisponde alla scala spaziale territoriale. Si può scientificamente definire come: sistema di ecocenotopi in una configurazione riconoscibile. Rappresenta il primo livello in cui il rapporto uomo-natura si esprime nella sua pienezza e complessità, e il più importante in cui si realizza una completa integrazione tra ecocenotopi antropici e naturali a una scala compatibile con le scelte e le necessità amministrative. Rappresenta anche la realtà concreta con la quale si devono confrontare sia l'incidenza dei disequilibri ambientali sia il problema dello sviluppo sostenibile, che non è infatti costituita dai singoli ecocenotopi, bensì dal loro livello organizzativo gerarchicamente superiore, cioè il paesaggio⁴. Così il territorio/paesaggio non può più essere visto solamente come mero supporto per le azioni umane che lo plasmano: deve essere visto come entità vivente, capace di influenzare persino la cultura umana, attraverso i suoi propri comportamenti, le sue proprie esigenze. Tutti gli altri aspetti, geografico-economici, estetici, letterari, politici, devono tenere conto di quanto sopraesposto.

Pattern strutturale Schema, modello strutturale che caratterizza un certo paesaggio o una sua unità, in funzione della geologia e/o geomorfologia e/o idrografia del luogo. È in stretta relazione con l'apparato scheletrico del paesaggio e con i processi strutturali.

Perturbazione Vedi disturbo.

Positivismo Termine che deriva etimologicamente dal latino *positum* (participio passato neutro del verbo *ponere*) tradotto come *ciò che è posto*, fondato, che ha le sue basi nella realtà dei fatti concreti. Il termine entra nella terminologia filosofica europea con Au-

guste Comte e in pratica sostiene che: a) la scienza è l'unica conoscenza possibile; il metodo scientifico è l'unico valido; il ricorso a cause/principi inaccessibili al metodo scientifico non dà origine a conoscenza; b) il metodo scientifico va esteso a tutti i campi che riguardano l'uomo e la società; c) il progresso scientifico è determinante in prima e ultima istanza per il superamento delle crisi capitalistiche; d) la funzione peculiare della filosofia consiste quindi nel riunire e nel coordinare i risultati delle singole scienze, in modo da realizzare una conoscenza unificata e generale.

Progressismo relativista Essendo il progresso la verità dipendente dal cambiamento, quindi verità relativa, dal momento in cui l'uomo pensa di essere l'autentico creatore di sé, il progressismo diviene lo scopo primario dell'umanità al fine di migliorare sempre più le condizioni e le libertà dell'uomo. In nome del progresso si possono così compiere atti di distruzione della natura.

Razionalismo Atteggiamento o movimento filosofico che considera che la realtà sia retta da un principio razionale (l'idea, la necessità, la verità...) e quindi tutta pienamente intellegibile.

Regione Porzione di territorio, più o meno estesa, con caratteristiche o proprietà che permettono di distinguere dall'intorno. Pur avendo una sua scala spazio-temporale di riferimento, il termine può essere usato per estensioni sia di poco minori sia maggiori.

Relativismo gnoseologico Concezione filosofica secondo la quale la conoscenza si basa non su criteri oggettivi, riconosciuti da tutti come certi, ma unicamente soggettivi, essendo priva di punti sicuri di riferimento: così un gran numero di fenomeni, enti, grandezze e la stessa conoscenza della realtà non hanno un valore assoluto, bensì solo relativo. In particolare, la conoscenza rimane limitata alle relazioni dei fenomeni tra loro e non può essere estesa alla realtà assoluta ed unitaria che è alla base di quel complesso di relazioni.

Riduzionismo ontologico Il riduzionismo rispetto a qualsiasi scienza sostiene che gli enti, le metodologie o i concetti di tale scienza debbano essere ridotti al minimo sufficiente a spiegare i fatti, cioè non bisogna aumentare senza necessità le entità coinvolte nella spiegazione di un fenomeno; l'ontologia (una delle branche fondamentali della filosofia) è lo studio della natura dell'essere in quanto tale, nonché dell'esistenza e della realtà in generale, così come delle

⁴ Ricordiamo che scientificamente il termine paesaggio *non ha nulla a che vedere* con panorama, visuale, scorcio. È piuttosto un termine che – derivando etimologicamente da “regione abitata” – rappresenta *l'insieme dei caratteri e delle dimensioni di un territorio* (fisionomia, struttura, interazioni, processi, storia, eterogeneità, percezione, comunità viventi, riferimenti culturali, aspetti fisici del territorio...) in una localizzazione geograficamente definita.

categorie fondamentali dell'essere e delle loro relazioni. Così il riduzionismo ontologico rappresenta una delle tre forme esistenti di riduzionismo e sottolinea la sostanziale unità dell'essere (Essere-Uno-Tutto). Con ciò postula l'esistenza di un unico principio ontologico, essenza, sostanza o energia divina in questo universo e in altre dimensioni metafisiche, proponendo il concetto di non-dualismo (in realtà inteso in maniera differente dalla filosofia occidentale rispetto a quella orientale) in opposizione all'idea di pluralismo, poi dualismo. Inoltre, in stretta relazione con il riduzionismo causale, afferma che "il tutto è la somma delle parti": in altre parole, sostiene che "le cause agenti sul tutto producano semplicemente la somma degli effetti delle singole cause agenti sulle parti".

Scientismo In filosofia, concezione epistemologica estremamente rigorosa secondo la quale la conoscenza scientifica deve essere il fondamento di tutta la conoscenza in qualunque dominio, anche in etica e in politica. Quest'accezione del termine, originata dal positivismo, ritiene che l'universo sia essenzialmente conoscibile, ma che nessuna conoscenza sia accettabile se non stabilita dal metodo scientifico. Pertanto è respinta ogni forma di metafisica tradizionale. Attualmente "scientismo" è usato spesso in senso dispregiativo, per criticare un dogmatico eccesso di fiducia nel metodo scientifico e negli scienziati.

Sistema adattativo Sistema in grado di modificare se stesso in risposta a cambiamenti e richieste nuove da parte del suo ambiente. Un sistema biologico adattativo è in grado di definire il suo dominio/ambito di perturbazioni ambientali pertinenti, specificando l'ammissibilità dei vincoli ambientali.

Sistema auto-organizzantesi Un sistema in grado di strutturarsi, autoregolarsi in maniera autonoma, utilizzando informazioni derivanti da processi biologici o tecnologici e ricevute sotto forma di materia o energia.

Sistema caotico Sistema, semplice o complesso, il cui comportamento dipende in maniera così stretta e sensibile dalle condizioni iniziali (dallo stato iniziale) che il comportamento stesso e le condizioni finali non sono prevedibili – e non possono essere distinte da un comportamento random – pur essendo strettamente determinate da un punto di vista matematico. Ciò dipende dal fatto che questi sistemi amplificano le pur minime differenze iniziali in maniera esponenziale, agendo come uno zoom.

Sistema cognitivo Sistema in grado di acquisire, processare, immagazzinare e richiamare al presente le informazioni ricevute attraverso i sensi e che è conscio di questa sua capacità.

Sistema ecologico Termine generico con il quale si può indicare, in bionomia, ciascuna delle entità dei livelli di organizzazione biologica. *Non* è sinonimo di ecosistema.

Sistema paesistico Sistema formato da un insieme di paesaggi con caratteristiche geomorfologiche e vegetazionali specifiche, a una scala compresa tra quella territoriale e quella regionale.

Sistema vivente Esiste come un tutto organico, cioè una entità unica, complessa, adattativa, auto-organizzantesi, autopoietica, autotrascendente, dinamica, gerarchica, dissipativa, superiore alla somma delle parti componenti; essa agisce in funzione sia delle proprietà delle sue parti componenti sia della *disposizione* delle stesse *nello spazio* (configurazione) sia della dimensione spazio-temporale delle sue parti componenti e di se stessa in rapporto a ciò che la circonda. Per esempio, le stesse componenti (un bosco, un fiume, due colline, un gruppo di individui umani, tre ettari di campi, una strada e una ferrovia) creeranno sistemi diversi con comportamenti diversi a seconda del modo in cui si disporranno sul territorio.

Specie caratteristiche In botanica, specie la cui distribuzione corrisponde a uno spazio ecologico ristretto. In fitosociologia, specie che crescono soltanto in quella associazione.

Specie chiave Set di specie che serve a definire univocamente una fitocenosi, un'associazione fitosociologia o uno specifico habitat. Ecologicamente si tratta di specie che occupano una posizione critica nella comunità, essendo insostituibili. Spesso, ma non sempre, sono anche le specie che danno il nome alla cenosi, pur essendo in numero ridotto o rare.

Specie focali Specifico gruppo di specie differenti in grado di rappresentare un insieme di domande/necessità spaziali e funzionali che realmente racchiude ed esprime la totalità delle necessità di tutte le altre specie presenti nel territorio in studio.

Specie generaliste Specie animali che presentano caratteristiche di nicchie multifunzionali e comportamenti non specializzati.

Specie ingegnere Organismi che controllano, direttamente o indirettamente, la disponibilità di risorse per altri organismi, inducendo cambiamenti nello

stato fisico di materiali sia biotici sia abiotici, ma anche creando, modificando negli aspetti fisici o mantenendo un habitat.

Specie ombrello Le specie animali più esigenti, quindi, le prime a rarefarsi o sparire a seguito della distruzione dei loro habitat.

Specie permeanti Specie animali altamente mobili tra diversi sottosistemi e/o tessere, di diverse età e gradi di organizzazione, presenti in un paesaggio e/o tra strati verticali diversi di una tessera, per esempio vegetata. In genere sono abili nello sfruttare le condizioni migliori di ciascun sito o sistema attraversato.

Specie specialiste Specie del regno animale che evidenziano comportamenti peculiari e nicchie specialistiche.

Spettro biologico In linea teorica insieme di tutti (spettro, gamma, ...) i livelli di organizzazione della Vita sulla Terra; nella pratica spesso formulato in maniera confusa, mescolando differenti approcci o punti di vista. Così l'approccio più *geografico* si concentra sulla disposizione spaziale delle componenti sulla superficie terrestre (configurazione spaziale); quello *biotico* è focalizzato più sulle componenti; quello *ambientale* (della ecologia classica) sottolinea l'aspetto funzionale, in un insanabile contrasto con l'approccio precedente; quello *antropico*, infine, sottolinea quanto vi sia di legato all'attività umana concreta e di pensiero. La bionomia rilegge e integra i precedenti punti di vista, identificando i tipi di entità viventi che caratterizzano ogni singolo livello (completando anche i livelli mancanti tra scala locale e scala globale) e dando loro un nome.

Strategia riabilitativa ambientale (*environmental rehabilitation strategy*) Sostiene la necessità, per qualsiasi intervento (puntuale o di scala più ampia), di sostituire "la sostenibilità di uno *status quo*" o "la restaurazione di uno *status quo ante*" (di entrambi i quali non si verifica "la salute ecologica"), con l'elaborazione di un obiettivo strategico di risanamento con funzione riabilitativa; tale obiettivo viene definito dalla integrazione (gerarchica) e dalla compatibilità tra le necessità umane (socio-politico-economiche) e le necessità terapeutiche di salute ecologica del paesaggio in esame (anche nella sua componente umana). Tale strategia ha validità anche alle scale superiori con modalità di studio proprie.

Teoria del caos Teoria che studia come i sistemi – siano essi semplici o più o meno complessi – sono

in grado di acquisire, nel corso dei loro movimenti, gradi di libertà che non avevano precedentemente e indirizzarsi verso un comportamento caotico, pur rimanendo descrivibili a partire da equazioni deterministiche.

Teoria della informazione Branca della teoria della probabilità che studia modalità, caratteristiche e proprietà della trasmissione di messaggi.

Termodinamica di non-equilibrio Detta anche termodinamica dei processi irreversibili, studia il dominio della molteplicità delle soluzioni di equazioni non-lineari. In pratica esprime la ricchezza di comportamenti all'interno di un universo coerente.

Territorio Porzione di superficie terrestre normata o gestita, o, per gli animali, difesa. L'etimologia non è chiara, probabilmente derivando da περιχωριον (*pericorion*), che indica le parti intorno alla χορηα (*chora*).

Tessera: la più piccola unità omogenea rinvenibile sul territorio alla scala spaziale di paesaggio. In bionomia corrisponde all'ecocenotopo.

Unità di paesaggio (UdP) Parte di un paesaggio, o eco-bio-geo-distretto, distinguibile dal resto per caratteristiche e proprietà tipiche, funzionali e/o strutturali (per es. dal punto di vista geomorfologico o della copertura vegetale o dell'antropizzazione), con confini ben identificabili anche se talvolta rappresentati da un gradiente. Non si tratta di una semplice organizzazione spaziale di ecotopi, anche se fossero riuniti a formare una macchia, bensì di un insieme integrato di ecotopi organizzati. La sua struttura non è sempre immediatamente riconoscibile e così, per delimitarla, è necessario spesso indagare in maniera approfondita sulla sua struttura e sulle sue trasformazioni.

Unità di paesaggio complessa Disposizione interagentente di unità di paesaggio semplici, ricorrenti e strutturanti, la cui origine è ascrivibile al medesimo gruppo di processi geomorfologici. Può rappresentare un'ampia parte di un paesaggio.

Unità di paesaggio operativa Rappresenta il distretto chirurgico di intervento, cioè la porzione di paesaggio nella quale si trova inserita la zona di studio, ma i cui limiti (a causa di vincoli amministrativi o dipendenti dal lavoro richiesto), pur essendo identificati il più possibile secondo i criteri della Bionomia del Paesaggio, devono purtroppo in parte discostarsi da questi, o rimanendone all'interno o sforandone.

Unità di paesaggio semplice Disposizione interagentente

di ecotopi ricorrenti e strutturanti (in senso geomorfologico) distinguibili dal resto del paesaggio strutturalmente o funzionalmente.

Valutazione ecologica biologico-integrata Metodo di valutazione che – acquisito scientificamente che i sistemi viventi si strutturano per cooperazione e integrazione tra le componenti e che, nel paesaggio antropizzato, le componenti principali sono vegetazione e uomo – è applicabile a entrambe le componenti, umana e vegetale, declinato opportunamente, cioè come *LaBiSV* (per la componente vegetale: *landscape biological survey of vegetation*) e come *LaBiSHH* (per quella umana: *landscape biological human habitat evaluation*).

Vegetazione naturale potenziale Nell'accezione classica, il tipo di vegetazione – già conosciuto in maniera deterministica, a priori – che ha la possibilità di esistere in un certo determinato luogo, in assenza dell'uomo e su vaste superfici, interpretato come la migliore vegetazione per quel luogo, indipendentemente da tutti gli altri fattori, umani o naturali e dal tempo.

Vincolo Interazione complessa di più fattori che influiscono sul comportamento di un sistema (non sempre in maniera lineare), o agendo sul comportamento dei suoi elementi componenti oppure attraverso dei limiti imposti dai livelli superiori di organizzazione.

Bibliografia

- AA VV (1986-89) Vocabolario della lingua italiana. A cura di A. Duro. Istituto della Enciclopedia Italiana fondata da G. Treccani, Roma
- Abarbanel HDI (1996) *Analysis of Observed Chaotic Data*. Springer, Berlin Heidelberg New York
- Abarbanel HDI, Huerta R, Rabinovich MI et al (1996) Synchronized action of synaptically coupled chaotic model neurons. *Neural Comput* 8:1567-1602
- Agostino Di Ippona (386) *Contra Academicos* (tr. it. di G. Catapano, *Contro gli accademici*, testo latino a fronte. Bompiani, Milano 2005)
- Aicardi M (2004) *Teoria dei sistemi*. Dispense del corso. Dpt. di Ingegneria Elettronica, Università di Genova
- Allavena S, Isopi R, Petriccione B et al (2000) *Con. Eco. For. Programma Nazionale Integrato per il Controllo degli Ecosistemi Forestali*. Corpo Forestale dello Stato, Roma
- Allen TFH, Hoekstra TW (1992) *Towards a unified ecology*. Columbia University Press, New York
- Anati E (1985) *I Camuni*. Jaca Book, Milano
- Anderson PW (1972) More is different. *Science* 177:393-396
- Andropov A, Pontryagin L (1937) *Theory of structural stability*. Annunziato M (1998) *The Nagual Experiment*. Int. Conf. on Generative Art, Milano
- Annunziato M, Pizzuti S, Bertini I (1998) Cooperation between fluidynamic and neural-fuzzy models for monitoring multiphase flows. *Third Int. Conference on Multiphase Flow*, Lyon, France
- ANPA (2000) *IFF, indice di funzionalità fluviale*. Siligardi M, Manuale ANPA, Roma
- Arecchi FT (2004) *Caos e complessità nel vivente*. IUSS Press, Pavia, pp 11-12
- Arendt H (1964) *Eichmann in Jerusalem* (tr. it. di P. Bernardini, *La banalità del male: Eichmann a Gerusalemme*. Feltrinelli, Milano)
- Ashby WR (1956) *An introduction to cybernetics*. Chapman & Hall, 1981
- Ashby WR (1962) *Principles of the self-organizing system*. In: Von Foerster H, Zopf GW (eds) *Principles of self-organization*. Pergamon Press
- Ashby WR (1981) In: Conant RC (ed) *Mechanisms of Intelligence: Ross Ashby's Writings on Cybernetics*. Intersystems Publishers
- Atlan H (1979) *Entre le cristal et la fume*. Seuil, Paris
- Bacci P, Maugeri M (1992) *The urban heat island of Milan*. *Il nuovo Cimento* 4:417-424
- Bagatti Valsecchi PF, Langé S (1982), *La Villa*. In: *Storia dell'Arte Italiana*, 11, Torino
- Baharier H (2006) *La Genesi spiegata da mia figlia*. Garzanti, Milano
- Bailey RG (1996) *Ecosystem geography*. Springer, New York
- Bailey RG, Cushwa CT (1981) *Ecoregions of North America*. Washington DC, FWS/OBS-81/29
- Barbieri M (1985) *La teoria semantica dell'evoluzione*. Boringhieri, Torino
- Barbieri M (2002) *I codici organici. La nascita della biologia semantica*. Pe Quod, Ancona
- Barbieri M (ed) (2006) *Introduction to biosemiotics*. Springer, Berlin Heidelberg New York
- Baroldi G (2003) *Patologia cardiovascolare: ruolo nell'iter diagnostico-terapeutico*. Primula, Pisa
- Bartaletti F (2004) *Geografia e cultura delle Alpi*. Franco Angeli, Milano
- Behe M (2006) *Darwin's Black Box. The biochemical challenge to evolution*. Tr. it. *La scatola nera di Darwin, la sfida biochimica all'evoluzione*. Alfa & Omega, Caltanissetta, 2007
- Bengtsson J, Angelstam P, Elmqvist T et al (2003) Reserves, resilience and dynamic landscapes. *Ambio* 6:389-396
- Bennet MD, Smith JB (1976) Nuclear DNA amounts in angiosperms. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 274:227-274
- Berne RM, Levy MN (1990) *Principles of Physiology*. The CV Mosby Company, USA
- Bertolucci S, Meda G (2000) *Una cronaca ottocentesca*. Villa Vigoni, Centro Italo-Tedesco
- Bertrand G (1968) *Paysage et géographie globale*. *Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest* 39:249-272
- Bertrand G (1970) *Ecologie de l'espace géographique*. *Recherches pour une science du paysage*. Société de biogéographie, *Compte rendus* (19 décembre 1969) pp 95-205
- Bettini V, Nebbia G (eds) (2009) *Il nucleare impossibile*. UTET Libreria, Torino
- Biondi E (1996) *Il ruolo della fitosociologia nell'ecologia del paesaggio*. In: Ingegnoli V, Pignatti S (eds) *L'ecologia del paesaggio in Italia*. CittàStudi, Milano, pp 51-64
- Biondi E, Baldoni M (1994) *The climate and vegetation of peninsular Italy*. *Colloques Phytosociologiques XXIII*, Baillieu, pp.675-721
- Bischi GI (2004) *Caos Deterministico*. Università di Urbino
- Blasi C (1998) *Clima e fitoclima*. In: Pignatti S (ed) *I boschi d'Italia: sinecologia e biodiversità*. UTET Libreria, Torino, pp 33-72

- Bloch (1954-1959) *Il principio speranza*. (tr. it. Garzanti, Milano, 1994)
- Blondel J (1986) *Biogéographie évolutive*. Masson, Paris
- Bocchi G, Ceruti M (eds) *La sfida della complessità*, Bruno Mondadori 2007 (1 edn. Feltrinelli 1985)
- Bolza GB (1852) *Vocabolario genetico etimologico della lingua italiana*. Vienna
- Box EO (1987) *Plant life form and mediterranean environments*. *Annali di Botanica* XLV:7-42
- Brandmayr P (1990) *Le relazioni fra zoologia ed ecologia del paesaggio terrestre*. *Atti Congr. Naz. UZI* 53:6-7
- Brandt J, Tress B, Tress G (2000) *Multifunctional landscapes: interdisciplinary approaches to landscape research and management*. Centre for Landscape Research, Roskilde
- Braun Blanquet J (1926) *Etudes phytosociologiques en Auvergne*. G. Mont-Louis, Clermont Ferrand
- Braun Blanquet J (1928) *Pflanzensoziologie: Grundzüge der Vegetationskunde*. Springer, Berlin Heidelberg New York
- Bridgman P (1927) *The logic of modern physics*. The MacMillan Company, New York
- Broad CD (1923) *Scientific thought*. Harcourt, Brace and Co., New York
- Broad CD (1925) *The mind and its place in nature*. Kegan Paul, London
- Bronowski J (1969) *Nature and knowledge: the philosophy of contemporary science*. Condon lectures, London
- Brundtland GH (1987) *Our common future*. WCED (World Commission on Environment and Development)
- Buchwald K, Engelhart W (eds) (1968) *Handbuch für Landschaftspflege und Naturschutz*. Bd. 1 Grundlagen. BLV Verlagsgesellschaft, München
- Burel F, Baudry J (1994) *Reaction of ground beetles to vegetation changes following grassland derelictions*. *Acta Oecologica* 15:401-415
- Burel F, Baudry J (1999) *Écologie du paysage: concepts, méthodes et applications*. Technique & Documentation, Paris
- C.V.N., Ingegnoli V (2003) *Studio preliminare sullo stato ecologico del paesaggio della laguna di Venezia*. Relazione per MAV (Magistrato alla Acque di Venezia), Venezia
- Calcagno Maniglio A (1983) *Architettura del Paesaggio*. Calderini, Bologna
- Canullo R, Spada F (1996) *La memoria di un paesaggio scomparso nel comportamento di arbusti invasivi*. In: Ingegnoli V, Pignatti S (eds) *L'ecologia del paesaggio in Italia*. CittàStudi, Milano, pp 131-143
- Capra F (1996) *The web of life, doubleday-anchor book*, New York (tr. it. *La rete della vita*, Rizzoli)
- Caravello G, Ingegnoli V (1991) *Analisi ecologiche e comparazione di due aree padane: i comuni di Veggiano e Torriole*. *Atti SITE* no. 12:493-496
- Carson R (1962) *Silent spring*. Houghton Mifflin, USA
- Casdagli M, Sauer T, Yorke JA (1991) *Embedology*. *J Stat Phys* 65:579-616
- Castaneda C (1972) *Tales of Power*. Simon and Schuster, New York
- Cernusca A (1977) *Alpine Grasheide Hohne Tauern*. *Ergebnisse der Ökosystemstudie 1976*. Veröff. Österr. Hochgeb. MAB-Prog. Hohne Tauern Bd. 1 Wagner, Innsbruck
- Ceruti M (ed) *op. cit.*, pp 61-83
- Chen J, Franklin JF (1992) *Vegetation responses to edge environments in old growth douglas-fir forests*. *Ecological applications* 2:387-396
- Chesterton GK (2008) *San Tommaso D'aquino*. Lindau, Torino
- Cicerone MT (I sec.) *De Legibus* (varie riedizioni)
- Cini M (1997) *Il paradiso perduto*. Feltrinelli, Milano
- Cohen A (1999) *Il Talmud*. Laterza, Roma-Bari
- Columella LJ (I sec.) *De re rustica*. Cambridge, Harvard University Press, 1977
- Consiglio dei ministri (1997) *DPCM 14.11.97: Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore*. G.U. serie generale n. 280, 1.12.97
- Consorzio It. Infrastrutture lombarde (2008) *Relazione del progetto per l'autostrada "Pedemontana" (BG-VA-p.sso Gaggiolo)*
- Convenzione europea sul paesaggio (2006) *Legge 9 gennaio 2006, n°14: ratifica ed esecuzione della Convenzione europea sul paesaggio, fatta a Firenze il 20 ottobre 2000*. G.U. n.16 del 20.1.2006, suppl. ord. N.16, Roma
- Coppens Y (2008) *La storia dell'uomo*. Ventidue anni di lezioni al College de France. Jaca Book, Milano
- Corrao G, Farina M, Gilli G et al (1983) *La salute, come misurarla?* Edizioni Minerva Medica, Torino
- Cortellazzo M, Zolli P (1985) *DELI: dizionario etimologico della lingua italiana*. Zanichelli, Bologna
- Cottini P (1991) *Il Parco Mylius-Vigoni*. Lativa, Varese
- Cremaschi M, Rodolfi G (1991) *Il suolo: pedologia nelle scienze della terra e nella valutazione del territorio*. Nuova Italia Scientifica, Roma
- Cresta M (1983) *Ecologia umana*. Casa Editrice Scientifica Internazionale, Roma
- D'Aquino T (XIII sec.) *Summa Theologiae* (varie edizioni)
- Da Vinci L (XV-XVI sec.) *Raccolta Vinciana*. Milano, 1964
- Dale VH, Haeuber RA, Forman RTT (2001) *Applying ecological principles to Land Management*. Springer, Berlin Heidelberg New York
- Daly HE (1999) *Uneconomic Growth and the built Environment: in theory and in fact*. In: Kibert CJ (ed) *Reshaping the built environment*. Island Press, California, pp 73-86
- Daly HE, Farley JC (2004) *Ecological economics: principles and applications*. Island Press, Washington DC, USA
- Darwin C (1859) *On the origin of species by means of natural selection*. John Murray, London
- Davies P (1989) *Il Cosmo intelligente*. Mondadori, Milano
- De Blij HG (1977) *Human Geography*. Wiley, New York
- Den Boer PJ (1985) *Fluctuation of density and survival of carabid populations*. *Ecologia* 67:322-330
- Denton MJ (1998) *Nature's destiny: how the laws of biology reveal purpose in the universe*. The Free Press, New York
- Di Castri F, Hansen AJ (1991) *Landscape boundaries: consequences for biotic diversity and ecological flows*. Springer, Berlin Heidelberg New York
- Dietrich E, Perron T (2006) *The search of a topographic signature of life*. *Nature* 439:411-418
- Dramstad WE, Olson JD, Forman RTT (1996) *Landscape ecology principles in landscape architecture and land-use planning*. Island press, Harward
- Duchaufour PH (1983) *Pédologie et classification* (I) *Constituants et propriétés du sol* (II). Masson, Paris
- Duvigneaud P (1977) *Ecologia*. In: *Enciclopedia del Novecento*, vol. 2. Enciclopedia Italiana Treccani, Roma

- Eigen M, Schuster P (1979) *The hypercycle: a principle of natural self-organization*. Springer, Berlin Heidelberg New York
- Einstein A (1918) *Motiv des Forschens* (tr. it. *La ricerca scientifica*). In: *Come io vedo il mondo*. Newton Compton, Roma, 1975
- Einstein A (1923) Einstein and the philosophies of Kant and Mach. *Nature* pp 112-253
- Einstein A (1930) *Religione e scienza*. New York
- Einstein A (1944) *Einstein Archives*, pp 61-574
- Einstein A (1949) *Autobiografisches* (tr.it. *Autobiografia scientifica*). In: Einstein A (1988) *Opere scelte*. Bollati-Boringhieri, Torino
- Einstein A (1965) *Pensieri degli anni difficili*. Bollati Boringhieri, Torino
- Ellenberg H (1974) *Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas*. *Scripta Geobotanica* 9, Göttingen
- Ellenberg H (1960) *Grundlagen der Pflanzenverbreitung*. Ulmer, Stuttgart
- Ellenberg H (1978) *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpe: in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht*. Ulmer, Stuttgart
- Emmeche (1991) *The garden in the machine: the emerging science of artificial life*. Princeton Univ. Press
- Ermer K, Hoff R, Mohrmann R (1996) *Landschaftsplanung in der Stadt*. Ulmer, Stuttgart
- Falinski JB (1986) *Vegetation succession on abandoned farmland as a dynamic manifestation of ecosystem liberal, of long continuance anthropopression*. *Wiad Bot* 30:21-50 (part 1); 30:115-126 (part 2)
- Falinski JB (1994a) *Concise geobotanical atlas of Białowieża Forest*. *Supplementum Cartographiae Geobotanicae* 6. *Phytocoenosis* vol. 6 (N.S.)
- Falinski JB (1998) *Dioecious woody pioneer species in the secondary succession and regeneration*. *Supplementum Cartographiae Geobotanicae* 8. *Phytocoenosis* vol. 10 (N.S.)
- Falinski JB (ed) (1994b) *Vegetation under the diverse anthropogenic impact as object of basic phytosociological map: result of the international cartographical experiment organized in Białowieża Forest*. *Supplementum Cartographiae Geobotanicae* 4. *Phytocoenosis* vol. 6 (N.S.)
- Farina A (1993) *L'ecologia dei sistemi ambientali*. Cluep, Padova
- Farina A (2006) *Principles and methods in landscape ecology: towards a science of the landscape*. Springer
- Farina A (1998) *Principles and methods in landscape ecology*. Chapman & Hall, London
- Farina A (2000) *Landscape ecology in action*. Kluwer Academic Publishers
- Ferraguti M (2006) *Gli equilibri punteggiati: inerzia delle specie?* In: Spazani A, Boccali A (eds) *Le virtù dell'inerzia*. Boringhieri, Torino
- Finke L (1971) *Die Verwertbarkeit der Bodenschätzungsergebnisse für die Landschaftsökologie*, *Bochumer Geogr. Arb.* 10, 84 S
- Finke L (1986) *Landschaftsökologie*. Verlags-GmbH Höller und Zwick, Braunschweig
- Finzi G, Volta ML (2006) *Studio di dispersione atmosferica di inquinanti emessi da diverse sorgenti sul territorio bresciano*. Comune e Università di Brescia
- Flecha JR (2000) *Il rispetto del Creato*. Jaca Book, Milano
- Forman RTT (1979) *Pine Barrens: Ecosystem and Landscape*. Academic Press, New York, pp 569-585
- Forman RTT (1995) *Land Mosaics: the ecology of landscapes and regions*. Cambridge University Press, Cambridge, UK
- Forman RTT (2008) *Urban regions, ecology and planning beyond the city*. Cambridge University Press, Cambridge, UK
- Forman RTT, Collinge SK (1995) *The 'spatial solution' to conserving biodiversity in landscapes and regions*. In: DeGraaf RM, Miller RI (eds) *Conservation of faunal diversity in forested landscapes*. Chapman&Hall, London
- Forman RTT, Godron M (1981) *Patches and structural components for a landscape ecology*. *Bioscience* 31:733-740
- Forman RTT, Godron M (1986) *Landscape Ecology*. John Wiley & Sons, New York
- Forman RTT, Hersperger AM (1996) *Road ecology and road density in different landscapes, with international planning and mitigation solutions*. In: Evink GL, Garrett P, Zeigler D et al (eds) *Trends in addressing transportation related wildlife mortality*. Florida Department of Transportation, pp 1-22
- Forman RTT, Moore PN (1991) *Theoretical foundations for understanding boundaries in landscape mosaics*. In: Hansen AJ, Di Castri F (eds) *Landscape boundaries: consequence for biotic diversity and ecological flows*. Springer, Berlin Heidelberg New York, pp 236-258
- Forman RTT, Spierling D, Bissonette JA et al (2002) *Road Ecology: Science and Solutions*. Island Press, Washington DC
- Fornasari L (1997) *I rapporti tra i vertebrati e il paesaggio: teoria ed esempi*. In: Ingegnoli V (ed) *Esercizi di ecologia del paesaggio*. CittàStudi-UTET, Milano, pp 131-168
- Frankel OH, Soulè ME (1981) *Conservation and evolution*. Cambridge University Press, Cambridge, UK
- Frapiccini N, Giustozzi N (2004) *La geografia dell'arte*, vol. 1. Hoepli, Milano
- Galilei G (1632) *Dialogo sui massimi sistemi* (varie pubblicazioni)
- Gandhi MK (1924) *An autobiography or the story of my experiments with truth*. Ahmedabad, Navajivan Publishing House
- Gardner RH, Turner MG, Dale VH et al (1992) *A percolation model of ecological flows*. In: Hansen AJ, Di Castri F (eds) *Landscape boundaries: consequence for biotic diversity and ecological flows*. Springer, Berlin Heidelberg New York
- Gehu JM (1979) *Pour une approche nouvelle des paysages végétaux: la symphytosociologie*. *Bull Soc Bot Fr* 126, *Lettres bot*, pp 213-223
- Gehu JM (1988) *L'analyse symphytosociologique et geosymphytosociologique de l'espace*. *Théorie et méthodologie*. *Coll Phytosoc* 17:11-46
- Gell-Mann M (1994) *The quark and the jaguar. Adventures in the simple and the complex*. Freeman & C, New York
- Gell-Mann M (1995) *What Is Complexity? Complexity*, vol. 1 no.1, John Wiley & Sons, New York
- Ghetti PF (1986) *I macroinvertebrati nell'analisi di qualità dei corsi d'acqua*. Trento, Prov. Aut.
- Ghetti PF (1997) *Indice biotico esteso (IBE), i macroinvertebrati nel controllo della qualità degli ambienti di acque correnti*. Trento, Prov. Autonoma
- Giacomini V (1965) *Significato e funzione dei Parchi Nazionali*. In: *I Parchi Nazionali in Italia*. Ist. Tec. e Prop. Agraria, Roma, pp 7-37
- Giacomini V (1982) *Risorse naturali, risorse biologiche*. In: *Enciclopedia del Novecento*, vol. 4, Istituto Enciclopedia Italiana, pp 171-187

- Giacomini V, Fenaroli L (1958) *La Flora*. Touring Club Italiano, Milano
- Giglio E (1996) *Ecologia del paesaggio nella conca aquilana: aspetti ecologici e vegetazionali*. Tesi di Dottorato, Biblioteca Nazionale di Roma e Firenze
- Giglio E (1996) *Indagini preliminari per la pianificazione ecologica di una conca intramontana appenninica tra "Biolandscape" e "Agroindustrial landscape": il caso della "Conca Aquilana"*. In: Biondi E, Colantonio R (eds) *La pianificazione del paesaggio tra ri-naturazione e iper-antropizzazione*. Accademia Marchigiana di Scienze Lettere ed Arti, Ancona 1977, pp 37-84
- Giglio E (2002) *Metodologie di valutazione dello stato ecologico dei paesaggi agricoli*. In: Gibelli G, Padoa Schioppa E (eds) *Aspetti applicativi dell'Ecologia del Paesaggio: conservazione, pianificazione, valutazione ambientale strategica*. Atti Congresso nazionale SIEP-IALE - 4 e 5 luglio 2002, Università degli Studi di Milano Bicocca
- Giglio E (2005) *Proposta di valutazione ecologica di un lotto industriale o commerciale e delle sue eventuali trasformazioni*. Alcuni esempi reali dalla Provincia di Lucca. *Estimo e Territorio*, 4
- Giglio Ingegnoli E (2002) *Glossary*. In: Ingegnoli V (ed) *Landscape ecology: a widening foundation*. Springer, Berlin Heidelberg New York, pp 323-333
- Giglio Ingegnoli E (2005) *Valutazione ecologica di un lotto per eventuali trasformazioni produttive*. *Estimo e Territorio*, 4
- Glandsdorff P, Prigogine I (1971) *Thermodynamic Theory of Structure, Stability and Fluctuations*. Wiley Interscience, New York
- Gingerich O (2006) *God's Universe* (tr. it. Cercando Dio nell'universo). Lindau, Torino, 2007)
- Gleason HA (1922) *On the relation between species and area*. *Ecology* 3:156-162
- Gleick J (1987) *Making a New Science*. Viking, New York (tr. it. Sosio, Caos, Rizzoli, Milano 1989).
- Gödel K (1931) *Über formal unentscheidbare Sätze der Principia Mathematica und verwandter Systeme*. *Mh Math Phys* 38:173-198
- Godron M (1968) *Quelques applications de la notion de fréquence en écologie végétale*. *Oekologia Plantarum* 3:185-212
- Godron M (1972) *Echantillonnage linéaire et cartographie*. *Investigacion Pesquera* 36:171-174
- Godron M (1984) *Ecologie de la végétation terrestre*. Masson, Paris
- Godron M, Bacou AM (1975) *Sur les limites "optimales" séparant deux parties d'une biocénose hétérogène*. *Ann Univ Abidjan, Série E* 8:317-324
- Goldsmith E, Allen R (1972) *La morte ecologica*. Laterza, Bari
- Goldsmith J (1994) *London Times*, March 5
- Golley FB, Lieth H (1972) *Summary*. In: Golley PM, Golley FB (eds) *Tropical ecology with an emphasis on organic production*. Univ. of Georgia
- Golley FB, Vyas AB (1975) *Ecological Principles*. International Sc Publ, Jaipur
- Goodall J, Berman P (1999) *Reason for hope*. Soko Publications Ltd
- Goodall J (2000) *40 Years at Gombe*. Stewart, Tabori and Chang, New York
- Goode D (1998) *Integration of nature in urban development*. In: Breuste J, Feldmann H, Uhlmann O (eds) *Urban Ecology*. Springer, Berlin Heidelberg New York, pp 589-592
- Gould SJ (1994) *The evolution of life on Earth*. *Sc American* CCLXXI:84
- Gould SJ, Eldridge N (1972) *Punctuated Equilibria: an alternative to phyletic gradualism* (tr. it. di E. Niles, *Strutture del tempo*, Hopefulmonster, Torino 1991)
- Gould SJ (2002) *I have landed: the end of a beginning in nature history*. (trad. it. di I.C.Blum, a cura di T. Pievani, ed. Codice, 2009)
- Grassberger P, Procaccia I (1983) *Characterization of Strange Attractors*. *Phys Rev Letters* 50:346-349
- Graves J, Reavey D (1996) *Global environmental change - plants, animals and communities*. Longman, Essex
- Gray Robert M (2008) *Entropy and information theory*. Springer, Berlin Heidelberg New York
- Haber W (1979) *Raumordnungs-Konzepte aus der Sicht der Ökosystemforschung*. *Forschungs- und Sitzungsberichte Akademie für Raumforschung und Landesplanung* 132:12-24
- Haber W (1989) *Using landscape ecology in planning and management*. In: Zonneveld IS, Forman RTT (eds) *Changing landscapes: an ecological perspective*. Springer, Berlin Heidelberg New York, pp 217-232
- Haekel E (1890-92) *Storia della creazione naturale*. UTET, Torino (original ed. Berlin 1869)
- Haker H (1977) *Synergetics*. Springer, Berlin Heidelberg New York
- Hanski I (1983) *Single-species metapopulation dynamics: concepts, models and observations*. *Biol J Linn Soc* 42:17-38
- Hansson L, Fahrig L, Merriam G (1995) *Mosaic, landscapes and ecological processes*. Chapman & Hall, London
- Hartmann N (1964) *Der Aufbau der realen Welt*. De Gruyter, Berlin
- Hellrigl B (1990) *Relaskop scala metrica CP, il relascopio a specchio*. FOB, Salzburg
- Henderson LJ (1913) *The fitness of the environment: an inquiry on the biological significance of the properties of matter*. The Mac Millan Company, New York
- Hilbert D (1922) *Die logischen Grundlagen der Mathematik*. *Mathematische Annalen* 88:151-165
- Holland JH (1975) *Adaption in natural and artificial systems*. University Of Michigan Press
- Hopfield JJ (1982) *Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities*. *Proc Natl Acad Sci* 79:2554-2558
- Hopfield JJ, Feinstein DI, Palmer RG (1983) *Unlearning has a stabilizing effect in collective memories*. *Nature* 304:158-159
- Hoskins WG (1955, 1971) *The Making of the English Landscape*. Penguin Books Ltd, Harmondsworth, UK
- Ingegnoli V (1971) *Ecologia territoriale e progettazione: significati e metodologia*. In: *L'ingegnere di fronte alla sopravvivenza umana*, vol 1. Coll. Ing., Milano, pp 398-400
- Ingegnoli V (1977) *Il territorio di Melegnano e le architetture rurali*. In: Perogalli C (ed.) *L'arte nel territorio di Melegnano*. Nuove Edizioni, Milano, pp 16-56
- Ingegnoli V (1980) *Ecologia e progettazione*. Cusl, Milano
- Ingegnoli V (1981) *Organizzazione agricola e casa rurale*. In: Pirovano C (ed) *Lombardia: il territorio, l'ambiente, il paesaggio*. Electa, Milano, pp 27-64

- Ingegnoli V (1986) Considerazioni sul rapporto fra transizione demografica e crisi ecologica. In: *Ecologia e Longevità*, Atti Conv. Naz. di Ecologia Umana, Firenze, Boll. SIEU:53-63
- Ingegnoli V (1987) Il territorio. I giardini. In: Ingegnoli V, Langè S, Suss F (eds) *Le ville storiche nel territorio di Monza*. Pro Monza, Monza pp 9-49 e 177-213
- Ingegnoli V (1989) Basi ecologiche del rapporto ville-ambiente. In: Brusa C (ed) *Ville e territorio*. Lativa Edizioni, Varese, pp 17-24
- Ingegnoli V (1990) Fondamenti scientifici dell'ecologia del paesaggio: teoria ed applicazioni. *EM Linea Ecologica* 4:10-26
- Ingegnoli V (1991) Human influences in landscape change: thresholds of metastability. In: Ravera O (ed) *Terrestrial and aquatic ecosystems: perturbation and recovery*. Ellis Horwood, Chichester, England, pp 303-309
- Ingegnoli V (1993) *Fondamenti di ecologia del paesaggio*. CittàStudi, Milano
- Ingegnoli V (1999a) Definition and evaluation of the BTC (biological territorial capacity) as an indicator for landscape ecological studies on vegetation. In: Windhorst W, Enckell PH (eds) *Sustainable landuse management: the challenge of ecosystem protection*. *EcoSys: Beiträge zur Ökosystemforschung, Suppl Bd 28*:109-118
- Ingegnoli V (1999b) Ecologia del paesaggio. In: Baltimore D, Dulbecco R, Jacob F, Levi-Montalcini R (eds) *Frontiere della vita*, vol 4. Istituto per l'Enciclopedia Italiana G. Treccani, Roma, pp 469-485
- Ingegnoli V (2001) *Landscape Ecology*. In: Baltimore D, Dulbecco R, Jacob F, Levi-Montalcini R (eds) *Frontiers of Life*, vol 4. Academic Press, New York, pp 489-508
- Ingegnoli V (2002) *Landscape ecology: a widening foundation*. Springer, Berlin Heidelberg New York
- Ingegnoli V (2003) La minorità della sora nostra madre Terra. Implicazioni etiche, ecologiche ed economiche. In: Padovese L (ed) *Minores et subditi omnibus*. Pontificio Ateneo Antonianum. Laurentianum, Roma
- Ingegnoli V (2004) Criteri di progettazione, valutazione e controllo di un sistema di verde urbano: l'esempio del nuovo quartiere della Fiera di Milano. *Valutazione Ambientale* 6:5-10
- Ingegnoli V (2004) Nuovi criteri di conservazione della natura e studio delle biodiversità specifiche e non specifiche. In: *Aree protette e conservazione biologica nella pianura lombarda*. Istituto Lombardo di Scienze e Lettere, Milano, pp 173-185
- Ingegnoli V (2005) An innovative contribution of landscape ecology to vegetation science. *Israel Journal of Plant Sciences* 53:155-166
- Ingegnoli V (2006) Aspects of biological diversity in the CONE-COFOR plots. VI. studies on biological capacity and landscape biodiversity. *Ann Ist Sper Selv* 2:87-92
- Ingegnoli V (2006) Criteri di valutazione diagnostica del Parco Reale di Monza secondo l'ecologia del paesaggio. In: Pelissetti LS (ed) *Il Parco della Villa Reale di Monza al bicentenario della fondazione*. Comune di Monza, pp 29-48
- Ingegnoli V (2006) The study of vegetation for a diagnostical evaluation of agricultural landscape. Some examples from Lombardy. *Annali di Botanica NS* 6:111-120
- Ingegnoli V (2006) Sintesi dell'esame preliminare del paesaggio della laguna di Venezia: cartella clinica e terapie proponibili. *VA Valutazione Ambientale n°9*:10-18
- Ingegnoli V (2007) Ecologia del paesaggio. In: Petruccioli S (ed) *Scienza e Tecnica*, vol 1. *Le Scienze della Vita*. Istituto della Enciclopedia Italiana Treccani, Roma, pp 335-343
- Ingegnoli V (2007) Analysis and diagnostic evaluation of the ecological state of forests in a changing environment, in accordance with landscape ecological criteria. In: J Eichhorn (ed) *Symposium: forests in a changing environment: results of 20 years ICP forests monitoring*. Sauerländer, Frankfurt, pp 241-259
- Ingegnoli V (2008) Ecocenotopo, ecotessuto, memoria ecologica, rete ecologica, source and sink, tessera. In: Petruccioli S (ed) *Scienza e Tecnica*, vol 6. Lessico. Istituto della Enciclopedia Italiana Treccani, Roma, pp 132-133, 276-277, 386, 425, 463
- Ingegnoli V (2008) Ecological transformations in the forest landscape unit at one alpine spruce (*Picea abies* K.) CONE-COFR plot, 1998-2004. Fourth report of the task force on integrated and combined (I&C) evaluation of the CONE-COFR program. *Ann CRA-Centro Ric Selv*, vol 34,1995-2005, 6:49-56
- Ingegnoli V (2009) Contributi dell'ecologia del paesaggio per la definizione dello stato ecologico di paesaggi agrari. II Colloquio Internazionale. *Progettare e gestire l'ambiente: il paesaggio*. Univ. Tuscia e Univ. Roma-Sapienza, Bracciano
- Ingegnoli V (2010) Ecologia del paesaggio: l'ecologia del paesaggio biologico-integrata. In: Gregory T (ed) *XXI Secolo*, vol 4. Istituto della Enciclopedia Italiana Treccani, Roma, pp 23-33
- Ingegnoli V, Aquila C, Padoa-Schioppa E (1995) Rapporto preliminare sullo studio dell'ecomosaico forestale del Garigione. *Atti 5° Workshop "Progetto Strategico Clima Ambiente e Territorio nel Mezzogiorno"* Amalfi 1993, Tomo I, Guerrini editore, CNR, Roma, pp 397-419
- Ingegnoli V, Giglio E (1999) Proposal of a synthetic indicator to control ecological dynamics at an ecological mosaic scale. *Annali di Botanica LVII*:181-190
- Ingegnoli V, Giglio E (2004) Proposal of a new method of ecological evaluation of vegetation: the case study of the vegetation of the Venice lagoon landscape and of its salt marshes. *Annali di Botanica NS*, Roma 4:95-114
- Ingegnoli V, Giglio E (2005) *Ecologia del Paesaggio: manuale per conservare, gestire e pianificare l'ambiente*. Sistemi editoriali SE, Napoli
- Ingegnoli V, Giglio E (2008) Landscape biodiversity changes in forest vegetation and the case study of the Lavazé Pass (Trentino, Italy). *Annali di Botanica NS*, Roma 8:21-29
- Ingegnoli V, Giglio E (2009) The vegetation of Mori (Trento) and its warmest district: the landscape unit of Mori-Talpina. 18° International Workshop of European Vegetation Survey. Roma, p. 80
- Ingegnoli V, Pignatti S (2007) The impact of the widened landscape ecology on vegetation science: towards the new paradigm. *Rendiconti Lincei Scienze Fisiche e Naturali*, s.IX, Springer 18:89-122
- Ingegnoli V, Roncai L (1975) *Ambiente e architettura rurale*. In: Perogalli C, Alpago-Novello A, (eds) *Cascine del territorio di Milano*. Milani Editrice, Milano, pp 23-42
- Israel G (2005) *The Science of Complexity: epistemological Problems and Perspectives*, vol 18. Science in Context
- Israel G (2008) Chi sono i nemici della scienza? Riflessioni su un disastro educativo e culturale e documenti di malascienza. Lindau, Torino

- Israel G (2010) Per una medicina umanistica. Apologia di una medicina che curi i malati come persone. Lindau, Torino Istituto nazionale di fisica nucleare: Scienza Per Tutti, p 1
- Jones CG, Lawton JH, Shachak M (1994) Organisms as ecosystem engineers. *Oikos* 69:373-386
- Jongman RHG (1999) Landscape ecology and land use planning. In: Wiens JA, Moss MR (eds) *Issues in Landscape ecology*. Colorado, Us-Iale
- Jongman RHG, Mander U (eds) (2000) Consequences of land use changes. *Advances in ecological science* 5. Computational Mechanics Public, Southampton, Boston, pp 11-38
- Jongman RHG, Smith D (2000) The European experience: from site protection to ecological networks. In: Sanderson J, Harris LD (eds) *Landscape ecology: a top-down approach*. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida, pp 157-182
- Kauffman SA (1993) *The Origin of Order*. Oxford University Press, New York
- Kauffman SA (1995) *At home in the universe*. Oxford University Press, New York
- Kimmins JP (1987) *Forest ecology*. Macmillan, New York
- King AW (1997) Hierarchy theory: a guide to system structure for wildlife biologists. In: Bissonette JA (ed) *Wildlife and landscape ecology*. Springer, Berlin Heidelberg New York
- Koch N (1975) Ökologische Beziehungen zwischen den Vögeln und den Biotopen des Uetliberges und des Reppischtals bei Zürich. Leeman, Zürich
- Korten D (1996) The mythic victory of market capitalism. In: Mander J, Goldsmith (eds) *The case against the global economy and for a return to the local*. Sierra Books, San Francisco
- Kosko B (1993) *Fuzzy thinking: the new science of fuzzy logic*. Hyperion
- Kosko B (2000) *Il fuzzy-pensiero: teoria ed applicazioni della logica fuzzy*. Baldini & Castoldi, Milano
- Kowarick I (1990) Some responses of flora and vegetation to urbanization in Central Europe. In: Sukopp H, Hejny (ed) *Kowarick I (co-ed) Urban Ecology*. SPB Academic Publishing, The Hague, pp 45-74
- Kuster H (2003) *Geschichte des Waldes. Von der Urzeit bis zur Gegenwart*. C.H. Beck, Muenchen. (trad. it. *Storia dei boschi*, Bollati Boringhieri, 2009)
- Lamarck JB (1809) *Philosophie zoologique, ou Exposition des considérations relatives à l'histoire naturelle des animaux*. Dentu, Paris
- Lambeck RJ (1997) Focal species: a multi-species umbrella for nature conservation. *Conservation Biol* 11:849-856
- Landolt E (1977) *Ökologische Zeigewerte zur Schweizer Flora*. Veröff Geobot Inst Rubel, Zürich
- Langé S (1972) *Ville della provincia di Milano*. Sisar, Milano
- Langé S (1972, 1980) *Ville della provincia di Milano*. Sisar, Milano
- Langé S (1989) *L'eredità romanica. La casa europea in pietra*. Milano
- Langé S (1999) *Soggetti, storia, paesaggio*. Mursia, Milano
- Langé S (2003) *Presentazione del Master Analisi e gestione del patrimonio paesistico*. Politecnico di Milano, Polo Regionale di Lecco
- Langé S, Vitali F (1984) *Ville della provincia di Varese*. Rusconi, Milano
- Langton C (1989) *Artificial Life*. C. Langton, Addison-Wesley, pp 1-47
- Lanza Del Vasto G (1943) *Pèlerinage aux sources*. Denoël, Paris (tr. it. *Pellegrinaggio alle sorgenti, l'incontro con Gandhi e con l'India*. Jaca Book, Milano, 1978)
- Lanza Del Vasto G (1954) *Vinoba où le nouveau pèlerinage* (tr. it. *Vinoba o il nuovo pellegrinaggio*. Jaca Book, Milano, 1980)
- Laudisa F (2009) *Albert Einstein, un atlante filosofico*. Tascabli Bompiani, Milano
- Laurie M (1975) *An introduction to landscape architecture*. Elsevier, New York
- Le Roy Ladurie E (1967) *Histoire du climat depuis l'an mil*. Flammarion, Paris
- Leonardi C (1996) Prime considerazioni sull'entomofauna delle praterie del M. Barro. *Quad Parco M. Barro* 4:115-128
- Leser H (1978) *Landschaftsökologie*. Uni-Taschenbücher, Stuttgart
- Leser H (1997) *Landschaftsökologie*. Ulmer, Stuttgart
- Levin SA (1976) Population dynamic models in heterogeneous environments. *Annual Review of Ecology and Systematics* 7:287-310
- Lewontin R (1992) *The Doctrine of DNA*. Harper Perennial, New York (tr. it. *Biologia come ideologia: la dottrina del DNA*, Bollati Boringhieri, Torino, 1993)
- Liebig J (1840) *Chemistry in its application to agriculture and physiology*. Taylor and Walton, London
- Lieth H, Whittaker RH (eds) (1975) *The primary productivity of the biosphere*. Springer, Berlin Heidelberg New York
- Ljapunov A (1992) *The general problem of the stability of motion*. Taylor & Francis, London
- Lorenz EN (1963) Deterministic Nonperiodic Flow. *J Atmos Sci* 20:130-141
- Lorenz K (1969) *L'aggression*. Flammarion, Paris
- Lorenz K (1973) *Die acht Todsünden der zivilisierten Menschheit*. Piper & Co, München
- Lorenz K (1973) *Die Rückseite des Spiegels. Versuch einer Naturgeschichte menschlichen Erkennens*. Piper & Co, München
- Lorenz K (1978) *Vergleichende Verhaltensforschung: Grundlagen der Ethologie*. Springer, Berlin Heidelberg New York
- Lorenz K (1981) *L'etologia*. Bollati Boringhieri, Torino
- Lorenz K, Popper K (1985) *Il futuro è aperto*. Rusconi, Milano
- Lovelock JE (1979) *Gaia: a new look at life on earth*. Oxford Univ. Press, Oxford
- Ludwig JA, Tongway DJ (1997) A landscape approach to rangeland ecology. In: Ludwig J, Tongway D, Freudenberger D et al (eds) *Landscape ecology, function and management*. CSIRO, Australia, pp 1-12
- Lyapunov A (1892) *General problem of the stability of motion* (in russo). Kharkov Mathematical Soc
- Mac Arthur RH, Wilson EO (1967) *The theory of island biogeography*. Princeton University Press, New York
- Mac Arthur RH, Wilson EO (1972) *Geographical Ecology: patterns in the distribution of species*. Princeton University Press, New York
- Mac Harg I (1969) *Design with nature*. Natural History Press, New York
- Magrassi P (2009) *Difendersi Dalla Complessità*. Franco Angeli, pp 85-86
- Malcevschi S (1985) *Approccio sintetico agli ecosistemi e valutazione di qualità ambientale. Considerazioni introduttive*. In: Fasola M (ed) *Atti III Convegno Italiano di Ornitologia*. Salice Terme (PV) 3-6 ottobre 1985. Pavia, pp 191-194

- Mandelbrot B (1983) *The Fractal Geometry Of Nature*. Freeman, New York
- Mandelbrot BB (1975) *Les objets fractals: forme, hasard et dimension*. Flammarion, Paris
- Mandelbrot BB (1983) *The Fractal Geometry of Nature*. Freeman, New York (tr. it. *La geometria della natura. Sulla teoria dei frattali*, Imago, Milano 1987)
- Manè R, Rand D, Young LS (eds) (1980) *Dynamical systems and turbulence*. Warwick
- Manzelli P (1999) Il cervello, la percezione, il colore. In: *Didattica Delle Scienze*, n. 202, Firenze
- Manzelli P, Costa MG (1994) *I segreti dell'acqua. L'opera scientifica di Giorgio Piccardi*, Roma
- Margulis L, Lovelock JE (1974) Biological modulation of the Earth's atmosphere. *Icarus* 21:471-489
- Martin Bosse H (1967) *Schwarzfahrenwalder in Karnten*. Springer-Verlag
- Massa R (1999) I grandi progetti di conservazione. In: Massa R, Ingegnoli V (eds) *Biodiversità, estinzione e conservazione: fondamenti di conservazione biologica*. Utet Libreria, Torino, pp 332-347
- Massa R, Fornasari L (1998) Birds as tools in Landscape Toxicology. *Bird Numbers*, Cottbus
- Massa R, Ingegnoli V (eds) (1999) *Biodiversità, estinzione e conservazione: fondamenti di conservazione biologica*. Utet Libreria, Torino
- Maturana H, Varela F (1973) *Autopoiesis: the organization of the living* (trad. it. Orellana, macchine ed esseri viventi. *L'autopoiesi e l'organizzazione biologica*. Astrolabio-Ubaldini Editore, Roma, 1992)
- May R (1976) Simple mathematical models with very complicated Dynamics. *Nature*, pp 459-467
- May R (2007) *Theoretical Ecology: Principles and Applications*. Oxford University Press, Oxford
- Mc Culloch WS, Pitts W (1943) A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *Bulletin of Mathematical Biophysics* 4:115-133
- Mc Harg I (1969) *Design with Nature*. American Museum of Natural History, New York
- Meffe GK, Carroll CR (1997) *Principles of conservation biology*. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts
- Mendel GJ (1866) *Saggio sugli ibridi vegetali*. Vienna
- Merriam G (1984) Connectivity: a fundamental ecological characteristic of landscape pattern. In: Brandt J, Agger P (eds) *Methodology in landscape research and planning*. International Seminar of the International Association of Landscape Ecology, pp 5-15
- Miller GT (1981) *Living in the environment*. Wadsworth, California
- Milne BT (1991) Lessons from applying fractal models to landscape patterns. In: Turner MG, Gardner RH (eds) *Quantitative methods in landscape ecology*. Springer, Berlin Heidelberg New York
- Moebius K (1877) *Die Auster und die Austernwirtschaft*. Berlin Monaco S (2000) *Dispense di Teoria dei Sistemi*. Politecnico di Bari
- Monod J (1970) *Le hazard et la nécessité*. Edition du Seuil, Paris
- Morgan LC (1923) *Emergent Evolution*. Henry Holt & Co, New York
- Morin E (1993) *Introduzione al Pensiero Complesso*. Sperling & Kupfer, Milano
- Morini M (1963) *Atlante di storia dell'urbanistica*. U. Hoepli, Milano
- Muir J (1901) *Our national Parks*. Houghton Mifflin, Boston
- Mustoni A, Pedrotti L, Zanon E et al (2002) *Ungulati delle Alpi*. Nitida Immagine Ed., Cles (TN)
- Nagel E (1949) The Meaning of Reduction in the Natural Sciences. In: Stouffer RC (ed) *Science and civilization*. University of Wisconsin Press, Madison, pp 99-135
- Nagel E (1961) *The structure of science: problems in the logic of scientific explanation*. Columbia University, USA
- Nangeroni G (1960) I tipi di dimore rurali tradizionali nella Lombardia e i loro rapporti con l'ambiente fisico e culturale. *Atti Soc. Ital. Scienze Naturali e Museo Civico St. Nat. di Milano*, pp 276-295
- Naveh Z (1987) Biocybernetic and thermodynamic perspectives of landscape functions and land use patterns, vol 1. *Landscape Ecology* 2:75-83
- Naveh Z (2000) Introduction to the theoretical foundations of multifunctional landscapes and their application in transdisciplinary landscape ecology. In: Brandt J, Tress B, Tress G (eds) *Multifunctional landscapes: interdisciplinary approaches to landscape research and management*. Centre for Landscape Research published, Roskilde
- Naveh Z, Lieberman A (1984) *Landscape ecology: theory and application*. Springer, Berlin Heidelberg New York
- Naveh Z, Lieberman A (1994), *Landscape Ecology: theory and application*. Springer, Berlin Heidelberg New York
- Noss RF (1992) *The Wildlands Project: land conservation strategy*. Wild earth (special issue)
- O'Neill RV, De Angelis DL, Waide JB et al (1986) A hierarchical concept of ecosystems. Princeton Univ. press, Princeton, NY
- Odum EP (1953) *Fundamentals of ecology*. WB Saunders, Philadelphia
- Odum EP (1971) *Fundamentals of ecology*, 3 edn. WB Saunders, Philadelphia
- Odum EP (1983) *Basic Ecology*. CBS College Publ. USA
- Odum EP (1989) *Ecology and our endangered life-support systems*. Sinauer ass. Publ. Sunderland, Massachusetts
- Oke TR (1972) Evapotranspiration in urban areas and its implications for urban climate planning. *International Colloquium on Building climatology*, Genève
- Oke TR, Kalanda BD, Stein DG (1972) Parameterization of heat storage in urban areas. In: *Supports An alternative to mass housing*. The Architectural Press, London
- Oldeman RAA (1990) *Forests: elements of sylvology*. Springer, Berlin Heidelberg New York
- Olmsted FL (1865) *The great american Park of Yo-Semite*. In: *Yosemite Nature Notes* (1954, reprinted)
- Olmsted FL (1870) *Public Parks and the enlargement of towns*. Cambridge University Press, Cambridge
- Onions CT (1966) *The Oxford Dictionary of English Etymology*. Clarendon Press, Oxford
- Opdam P, Van Apeldoorn R, Shotman A et al (1992) Population responses to landscape fragmentation. In: Vos CC, Opdam P (eds) *Landscape ecology of a stressed environment*. Chapman & Hall, London, pp 147-171
- Ott J (1995) Do dragonflies have a chance to survive in an industrialised country like Germany? In: Corbet PS, Dunkle SW, Ubukata H (eds) *Proceedings of the International Sympos-*

- sium on the conservation of dragonflies and their habitats. *Jap Soc Preserv of Birds*, Kushiro, pp 28-44
- Ott J (1997) Lo studio degli odonati nella pianificazione del paesaggio. In: Ingegnoli V (ed) *Esercizi di ecologia del paesaggio*. CittàStudi, Milano, pp 105-129
- Ott J (2001) Expansion of mediterranean odonata in Germany and Europe- consequences of climatic changes. In: Walter GR, Burga CA, Edwards PJ (eds) *Fingerprints of climate change, adapted behaviour and shifting species ranges*. Kluwer Academic Publ, London, pp 89-111
- Panizza M (1988) Geomorfologia applicata: metodi di applicazione alla pianificazione territoriale e alla valutazione di impatto ambientale. NIS Nuova Italia Scientifica, Roma
- Partridge E (1958) *Origins: a short etymological dictionary of Modern English*. Routledge & Kegan P, London
- Passarge S (1912) Über die Herausgabe eines physiologisch-morphologischen Atlas. In: *Verh 18 Dt Geogr Tages zu Innsbruck*, Berlin, pp 236-247
- Pauli W (1959) Aufsätze Vorträge über Physik und Erkenntnistheorie (tr. it. *Fisica e conoscenza*. Boringhieri, 1964)
- Pedrotti F (1980) Il Parco nazionale di Bialowieza. *Natura e montagna* 3:177-187
- Pedrotti F, Venanzoni R (1994) Experiences of Italian authors (Map 1). In: Falinski JB (ed) *Vegetation under the diverse anthropogenic impact as object of basic phytosociological map. Results of the international cartographical experiment organized in the Bialowieza Forest*. *Phytocoenosis* 6, Suppl. *Cartogr Geobot* 4:31-37
- Pelfini M, Diolaiuti G, Smiraglia C (2009) Geomorfositi glaciali e turismo: evoluzione, pericolosità e rischi. Il caso del ghiacciaio del Miage (Monte Bianco), Valle d'Aosta. In: Coratza P, Panizza M (eds) *Il patrimonio geomorfologico come risorsa per un turismo sostenibile*. SAP, Mantova, pp 99-118
- Perco F (1987) *Ungulati*. C. Lorenzini Ed, Udine
- Perco F (1998) *Ungulati*. C. Lorenzini, Udine
- Perogalli C (1975) *Cascine del territorio di Milano*. Milani Sas, Milano
- Perogalli C (1981) L'architettura fortificata lombarda. In: Pirovano C (ed) *Lombardia, il territorio, l'ambiente, il paesaggio*. Electa, Milano, pp 65-108
- Petersen RC (1991) The RCE: a riparian, channel and environmental inventory for small streams in agricultural landscape. *Freshwater Biology*, March 1990
- Petretti F (2003) *Gestione della fauna. Il management delle popolazioni animali negli ambienti naturali, agricoli e urbanizzati*. Edagricole, Bologna
- Petriccione B (2002) Survey and assessment of vegetation in the CONECOFOR Permanent Plots. *Journal of Limnology* 61:19-24
- Petriccione B, Stofer S (2004) Contribution to biodiversity monitoring, first results. In: Fischer R (ed) *The condition of forests in Europe*. Executive Report, UNECE, Geneva pp 26-28
- Piattelli-Palmarini M, Fodor J (2010) *Gli errori di Darwin*. Feltrinelli, Milano
- Pietronero L (2007) *Complessità e altre storie*. Di Renzo, Roma
- Pignatti S (1953) Introduzione allo studio fitosociologico della Pianura Veneta Orientale. *Archivio Bot* 28-29
- Pignatti S (1966) La vegetazione alofila della laguna veneta. In: Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti. Vol XXXIII-Fasc. I, Venezia
- Pignatti S (1976) *Geobotanica*. In: Cappelletti C (ed) *Botanica*. Utet, Torino
- Pignatti S (1978) Zur Methodik der Aufnahme von Vegetationskomplexen. *Ber. Int. Symp. Veg., Rinteln 1977*:77-82
- Pignatti S (1979) I piani di vegetazione in Italia. *Giorn. Bot. It.* 113:411-428
- Pignatti S (1980) Reflections on the phytosociological approach and the epistemological basis of vegetation science. *Vegetatio* 42:181-185
- Pignatti S (1980) I complessi vegetazionali del Triestino. *Studia Geobot* 1:131-147
- Pignatti S (1982) *Flora d'Italia*. Edagricole, Bologna
- Pignatti S (1988) *Ecologia del Paesaggio*. In: Honsell E, Giacomini V, Pignatti S (eds) *La vita delle piante*. Utet, pp 472-483
- Pignatti S (1994a) A complex approach to phytosociology. *Ann. Bot.* vol LII:65-80
- Pignatti S (1994b) *Ecologia del Paesaggio*. UTET, Torino
- Pignatti S (1995) *Ecologia vegetale*. UTET, Torino
- Pignatti S (1996a) Conquista della prospettiva e percezione del paesaggio. In: Ingegnoli V, Pignatti S (eds) *L'ecologia del paesaggio in Italia*. CittàStudi Edizioni, Milano, pp15-25
- Pignatti S (1996b) Some Notes on Complexity in Vegetation. *Journ. of Vegetation Sc.* 7:7-12
- Pignatti S (1998) I boschi d'Italia: sinecologia e biodiversità. Utet, Torino
- Pignatti S (2005) Valori di bioindicazione delle piante vascolari della flora italiana. *Braun-Blanquetia* 39:1-97
- Pignatti S, Box Eo, Fujiwara K (2002) A new paradigm for the 21st Century. *Annali di Botanica* 2:31-58
- Pignatti S, Dominici E, Pietrosanti S (1998) La biodiversità per la valutazione della qualità ambientale. *Atti dei Convegni Lincei* 145:63-80
- Pignatti S, Menegoni P, Pietrosanti S (2005) Valori di bioindicazione delle piante vascolari della flora d'Italia. *Braun-Blanquetia*, Camerino
- Pignatti S, Trezza B (2000) *Assalto al pianeta*. Bollati-Boringhieri, Torino
- Pirola A (1970) *Elementi di fitosociologia*. Clueb, Bologna
- Piussi P (1994), *Selvicoltura generale*. Utet, Torino
- Poincare JH (1882-89) *Les méthodes nouvelles de la mécanique celeste*. Tomi I, II, III, Gauthier-Villars, Paris
- Poincare JH (1906) *La science et l'hypothèse*. Flammarion, Paris
- Poincare JH (1908) *Science et méthode*. Flammarion, Paris
- Poldini L (1989) La vegetazione del carso isontino e triestino; studio del paesaggio vegetale fra Trieste, Gorizia e i territori adiacenti. Edizioni LINT, Trieste
- Popper KR (1962) *The Logic of Scientific Discovery*. Harper and Row, New York
- Popper KR (1982) *The open universe : an argument for indeterminism*. WW Bartley III, London.
- Popper KR (1983) *Realism and the aim of science*. WW Bartley III, London
- Popper K (1989) *Intervista alla RAI*. In: *Enciclopedia multimediale delle scienze filosofiche*
- Popper KR (1990) *A World of Propensities*. Thoemmes, Bristol, UK
- Popper KR (1994) *Alles Leben ist Problemlösen. Über Erkenntnis, Geschichte und Politik*. R Piper & Co., München
- Popper KR (1996) *Tutta la vita è risolvere problemi: scritti sulla conoscenza, la storia e la politica*. Milano, Rusconi
- Pregill P, Volkman N (1993, 1998) *Landscapes in history: design*

- and planning in the eastern and western traditions. John Wiley, New York
- Prigogine I (1980) From being to becoming. Freeman, San Francisco (tr. it. Di Bocchi, Cerruti, Dall'essere al divenire. Einaudi, Torino 1986)
- Prigogine I (1988) La nascita del tempo. Edizioni Teoria, Roma
- Prigogine I (1996) La fin des certitudes: temps, chaos et les lois de la nature. Editions Odile Jacob, Paris
- Prigogine I, Nicolis G (1977) Self-organization in non-equilibrium systems: from dissipative structures to order through fluctuations. Wiley, New York
- Prigogine I, Nicolis G, Babloyatz A (1972) Thermodynamics of evolution. *Physics Today* 25:23-28; 25:38-44
- Prigogine I, Stengers I (1981) Order out of chaos. Bantam, New York (tr. it. La Nuova Alleanza. Einaudi, Torino 1984)
- Primack RB (1998), *Essentials of Conservation Biology*. Sinauer Associates Publishers, Sunderland, Massachusetts
- Provincia autonoma di Trento (2006) Piano Urbanistico Provinciale (PUP): 1 allegato 2 – indirizzi per le strategie della pianificazione territoriale e per la valutazione strategica dei piani. Trento
- Provincia Di Milano (2002) Febelli C (ed) Il paesaggio agrario. Franco Angeli, Milano
- Pulliam R (1989) Sources and sink complicate ecology. *Science* pp 477-478
- Rabinovich M (1979) Stochastic self-oscillations and turbulence. *Sov Phys Usp* 21:443-469
- Rambler MB, Margulis L, Fester R (1989) Global ecology, towards a science of the Biosphere. Academic Press, Boston
- Ramon Y Cajal (1909) *Histologie du système nerveux de l'homme e des vertébrées*. Madrid
- Ratzinger J (1968) Einführung in das Christentum. Vorlesungen über das apostolische Glaubensbekenntnis (tr. it. Introduzione al cristianesimo. Queriniana, Brescia)
- Ratzinger J/Benedetto XVI (2006) In principio Dio creò il cielo e la terra. Edizioni Lindau, Torino
- Raunkiaer C (1934) Life forms and terrestrial plant geography. Oxford Clarendon Press, pp 632
- Ravera O (1969) Seasonal variation of the biomass and biocoenotic structure of plankton of the bay of Ispra (Lake Maggiore). *Ver Limnol* 17:237-254
- Reggiori F (1947) Milano 1800-1943: itinerario urbanistico-edilizio. Ed. Milione, Milano
- Reimoser F, Gossow H (1996) Impact of ungulates on forest vegetation and its dependence on the silvicultural system. *Forest Ecology and Management* 88:107-119
- Reisigl H, Keller R (1990) Fiori e ambienti delle Alpi (trad. it. Alpenpflanzen im Lebensraum (1987) Stuttgart, A.G. Saturnia, Trento)
- Reisigl H, Keller R (1995) Guida al bosco di montagna: alberi, arbusti e vegetazione del sottobosco. (trad. it. Lebensraum Bergwald (1989) Stuttgart, Zanichelli, Bologna)
- Renault Miskovsky J (1986) L'environnement au temps de la préhistoire. Masson, Paris
- Repton H (1803) Observations on the theory and practice of landscape gardening. In: Loudon JC (ed) The landscape gardening and landscape architecture of the late. H. Repton Longmans, Green and Co, London (1840)
- Ricklefs RE (1973) *Ecology*. Freeman & Co., New York
- Rinaldi S (1973) *Teoria dei Sistemi*. Clup, Milano
- Rivas-Martinez S (1987) Nociones sobre Fitosociología, biogeografía y bioclimatología. In: La vegetacion de España, Universidad de Alcalá de Henares, Madrid, pp 19-45
- Rivas-Martinez S (1995) Clasificación bioclimática de la Tierra. *Folia Bot Matritensis* 16:1-27
- Rocha L (1997) Evolutionary systems and artificial life. Lecture Notes, Los Alamos National Laboratory
- Romani V (1988) Il paesaggio dell'Alto Garda bresciano: studio per un piano paesistico. Grafo ed., Brescia
- Rosa Salva P (1977) I problemi ambientali di Venezia e della Laguna. *Acqua e Aria* n.2
- Rowlands M (2009) The philosopher and the wolf (tr. it. Il lupo e il filosofo. Lezioni di vita dalla natura selvaggia. Mondadori, Milano)
- Ruelle D (1987) Chaotic evolution and strange attractors. Cambridge University Press, Cambridge
- Ruelle D (1991) *Hasard et chaos*. Éditions Odile Jacob, Paris
- Ruelle D, Takens F (1971) On the nature of turbulence, vol 20. *Comm Math Phys* pp 167-192
- Saarinen A (1962) Eero Saarinen on his work. Yale University Press, New Haven and London
- Saibene C (1955, 1980) La casa rurale nella pianura e nella collina Lombarda. (CNR vol. 15) L. Olschki, Firenze
- Samways M (1996) Landscape ecology and biological conservation. *Biol Conserv*, Oxford
- Sanderson J, Harris LD (eds) (2000) *Landscape Ecology: a top-down approach*. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida
- Scapagnini U, Canonico PL, Ferrara N (1985) *Psiconeuroendocrinologia*. Idelson-Gnocchi, Napoli
- Scarton F, Day JW, Rismondo A et al (2000) Effects of an intertidal sediment fence on sediment elevation and vegetation distribution in a Venice lagoon salt marsh. *Ecological Engineering* 16:223-233
- Schneider A (1992) Il Duca Georg II di Sachsen. Meiningen e la Villa Carlotta. Staatliches Museum, Meiningen
- Schweingruber FH (1996) Tree rings and environment. Paul Haupt, Bern (available at Swiss Federal Institute for forest, snow and landscape research, Birmensdorf)
- Senn L (1973) Rassegna interdisciplinare della letteratura sulle città. *Vita e Pensiero*, 15/2
- Sereni E (1961,1972) *Storia del paesaggio agrario italiano*. Laterza, Bari
- Sermonti G (1984) Mendel. Nascita e rinascita della Genetica. La Scuola, Brescia
- Sermonti G (2005) Why is a fly not a horse? Seattle (tr. it. Dimenticare Darwin: Perché la mosca non è un cavallo? Il Cerchio Iniziative editoriali, Rimini)
- Sermonti G, Fondi R (1980) Dopo Darwin. Critica all'Evoluzionismo. Rusconi, Milano
- Sestini A (1963) *Il paesaggio*. Milano, Touring Club Italiano
- Shannon CE, Weaver W (1949) *The Mathematical Theory of communications*. University of Illinois Press Urbana
- Sica P (1976, 1980) *Storia dell'urbanistica (Il Settecento. L'Ottocento. Il Novecento.)* Laterza, Bari
- Sigman DM, Boyle EA (2000) Glacial/interglacial variations in atmospheric carbon dioxide. *Nature* 407:859-869
- Siligardi M (1997) *Ecologia del paesaggio e sistemi fluviali*. In: Ingegnoli V (ed) (1997) *Esercizi di Ecologia del Paesaggio*. CittàStudi Edizioni, Milano
- Siligardi E (2008) Atto di indirizzo per la variante generale PRG di Mori. Comune di Mori

- Siligardi M, Maiolini B (1993) L'inventario delle caratteristiche ambientali dei corsi d'acqua alpini: guida all'uso della scheda Rce-2. *Biologia Ambientale* 30:18-24
- Sitte C (1889) *Der Städte-Bau nach seinen Künstlerischen Grundsätzen*. Wien (tr. it. Milano, 1981)
- Smiraglia C (1992) Guida ai ghiacciai ed alla glaciologia: forme, fluttuazioni, ambienti. Zanichelli, Bologna
- Smiraglia C, Bernardi R (1999) L'ambiente dell'uomo. Introduzione alla Geografia Fisica. Patron, Bologna
- Solzenicyn A (1963) Una giornata di Ivan Denisovic. Einaudi, Torino, 1999
- Soulé, ME, Wilcox BA (1980) Conservation biology. Its scope and its challenge. In: Soulé ME, Wilcox BA (eds) *Conservation biology. An evolutionary-ecological perspective*. Sunderland, Sinauer Ass. Inc. Pub.
- Spencer H (1897) *The Principles of Sociology*. 2 vols. D. Appleton, New York
- Storch I (1997) The importance of scale in habitat conservation for an endangered species: the capercaillie in central Europe. In: Bissonette JA (ed) *Wildlife and landscape Ecology*. Springer, Berlin Heidelberg New York, pp 310-330
- Storm GL, Andrews RD, Philips RL et al (1976) Morphology, reproduction, dispersal and mortality of mid-western red fox populations. *Wildlife Monogr* 49:5-82
- Sukopp H (1984) Ökologische Charakteristik von Grosstädten. In: *Grundriss der Stadtplanung*. Akademie für Raumforschung und Landesplanung Hannover, pp 51-82
- Sukopp H (1998) Urban ecology: scientific and practical aspects. In: Breuste J, Feldmann H, Uhlmann O (eds) *Urban ecology*. Springer, Berlin Heidelberg New York, pp 3-16
- Sukopp H, Hejny S (ed) (1990) *Urban Ecology*. SPB Academic Pub, The Hague
- Susmel L (1980) *Normalizzazione delle foreste alpine*. Liviana Editrice, Padova
- Tabarelli GM (1981) *Castelli del Trentino*. De Agostini, serie Gorlich, Novara
- Tabarelli De Fatis GM, Conti E (1981) *I castelli del Trentino*. De Agostini, Novara
- Takens F (1980) Detecting strange attractors in turbulence. In: Mané R, Rand D, Young LS (eds) *Dynamical systems and turbulence*. Warwick, Springer, Berlin Heidelberg New York
- Tansley AG (1935) The use and abuse of vegetational concepts and terms. *Ecol* 16:284-307
- Tarski A (1936) Sul concetto di conseguenza logica. Ristampato in A. Tarski *Logica, semantica, metamathematics* secondo E-D. Oxford University Press, 1983
- Tavernar E (1999) Lineamenti di economia della conservazione biologica. In: Massa R, Ingegnoli V (eds) *Biodiversità, estinzione e conservazione*. Utet Libreria, Torino
- Teillard De Chardin P (1955) *Le phénomène humain*. Edition de Seuil, Paris
- Teillard de Chardin P (1956) *La place de l'homme dans la nature*. Le groupe zoologique humain. Edition Albin Michel, Paris (trad. it. Il Saggiatore, Milano, 1970)
- Thom R (1975) Structural stability and morphogenesis. Benjamin, Reading (tr. it. Stabilità e morfogenesi. Einaudi, Torino, 1980)
- Thom R (1980) *Parabole e catastrofi*. Intervista su matematica, scienza e filosofia. Il Saggiatore, Milano
- Thompson D'Arcy W (1917) *Crescita e forma*. Bollati-Borinighieri, Torino, 1992
- Thoreau HD (1964) *Walden*. Rizzoli, Milano (original edition Boston, 1854)
- Thoreau HD (1849) *A week on the Concord and Merrimack rivers*. Boston
- Tjallingi SP, De Veer AA (eds) (1982) *Perspectives in landscape ecology*. Centre for agricultural publishing and documentation. Wageningen, Netherlands
- Tricart J, Cailleux A (1972) *Introduction to climatic geomorphology*. St. Martin's Press, New York
- Tricart J, Kilian J (1979) *L'éco-géographie et l'aménagement du milieu naturel*. Librairie François Maspero, Paris
- Troll C (1939) *Luftbildenplan und ökologische Bodenforschung*. In: *Zeitschrift d. Gesellschaft f. Erdkunde*, Berlin
- Troll C (1950) *Die geographische Landschaft und ihre Erforschung*. *Studium Generale* n.3, Heidelberg, pp 163-181
- Troll C (1963) *Über Landschaft-Sukzession*, Vorwort des Herausgebers. In: Bauer HJ (ed) *Landschaftsökologische Untersuchungen im ausgekohlten rheinischen Braunkohlenrevier auf der Ville*. Arbeiten zur Rheinischen Landeskunde 19
- Turchiano B (2000) *Dispensa di Teoria dei Sistemi*. Università di Roma, Dpt. di Informatica e Sistemistica
- Turner MG (1989) Landscape ecology: the effect of pattern on process. *Annual Review of Ecology and Systematics* 20:171-197
- Turner MG, Gardner RH (eds) (1991) *Quantitative methods in landscape ecology: the analysis and interpretation of landscape heterogeneity*. Springer, Berlin Heidelberg New York
- Turner MG, Wu Y, Pearson SM et al (1992) Landscape-level interactions among ungulates, vegetation and large-scale fires in northern Yellowstone National Park. In: Plumb GE, Harlow HJ (eds) *University of Wyoming national Park Service Research Center, 16th Annual Report*, Laramie, pp 206-211
- Turri E (1974-1981) *Antropologia del paesaggio*. Ed. Comunità, Milano
- Tüxen R (1956) Die heutige potentielle natürliche Vegetation als Gegenstand der Vegetationskartierung. *Angew. Pflanzensoziologie Stolzenau/Weser* 13:5-42
- Tüxen R (1968) *Pflanzensoziologie und Landschaftsökologie*. Intern Symp. Intern Ver. Für Vegetationskunde Stolzenau und Rinteln
- Tüxen R (ed) (1978) *Assoziationkomplexe*. Ber. Intern. Symp. Veg., Rinteln. Cramer Verlag, Vaduz
- Ulanowicz RE (1997) *Ecology, the ascendent perspective*. Columbia University Press, New York
- Ulanowicz RE (2000) Quantifying constraints upon trophic and migratory transfers in landscapes. In: Sanderson J, Harris LD (eds) *Landscape Ecology: a top-down approach*. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida
- Ulgiate S (ed) 1998 *Advances in energy studies: energy flows in ecology and economy*. MUSIS, Roma
- Undp (1999) *Human Development Report 1999*. Publ. Oxford University Press, UK
- Unesco Ed. (1969) *Rapporto su Venezia*. Mondadori, Milano
- Unesco Ed. (1971) *Sauver Venise*. R. Laffont, Paris
- Urbanska KM, Webb NR, Edwards PJ (1997) *Restoration ecology and sustainable development*. Cambridge University Press, Cambridge
- Venanzoni R, Pedrotti F (1995) *Il clima*. In: Pignatti S (ed) *Ecologia vegetale*. Utet, Torino, pp 7-24
- Vernadsky VI (1926) *The biosphere*. Engl. tr., McMenamin, New York 1998

- Vicsek T (1991) *Fractal Growth Phenomena*. World Scientific Press
- Vitruvio Pollione M (I. sec.) *De Architectura* (edizioni varie)
- Volterra V (1931) Variations and fluctuations of the number of individuals in animal species living together. In: *Animal Ecology*. McGraw-Hill
- Von Bertalanffy L (1968) *General system theory, foundations, development and applications*. George Braziller, New York
- Von Foerster H (1987) *Sistemi che osservano*. Astrolabio, Roma
- Von Foerster H, Porksen B (2001) *La verità è un'invenzione di un bugiardo. Colloqui per gli scettici*. Meltemi, Roma
- Von Humboldt A (1845) *Kosmos. Entwurf einer physischen Weltbeschreibung*. Cotta, Stuttgart und Tübingen
- Von Neuman J (1966) *The theory of self-reproducing automata*. Arthur Burks Ed., University Of Illinois Press
- Vos W, Stortelder A (1992) *Vanishing tuscan landscapes: landscape ecology of a submediterranean-montane area (Solano Basin, Tuscany, Italy)*. Pudoc Sci Publ, Wageningen
- Wackernagel M, Rees W (1996) *Our Ecological Footprint*. New Society Press, USA
- Wallace AR (1855) On the law which has regulated the introduction of new species. *Annals and Magazine of Natural History*, 2nd Series 16:184-196
- Wallace AR (1870) *Contributions to the theory of natural selection. A series of essays*. Macmillan & Co., London & New York
- Walter H (1973) *Vegetation of the earth in relation to climate and the eco-physiological conditions*. Springer Berlin Heidelberg New York
- Watt AS (1947) Pattern and process in plant community. *J Ecol* 35:1-22
- Weaver W (1948) Science and Complexity *Am Sci* 36:536-544
- Weaver W (1967) Probability, rarity, interest, and surprise. *Sci Mon* 67:390-392
- Webster G, Goodwin B (1988) *Il problema della forma in biologia*. Armando, Roma
- Weinberg Gm, Weinberg D (1979) *On the design of stable systems*. J. Wiley & Sons, New York
- Weismann AFL (1875) *Studien zur Deszendenztheorie*. Frankfurt
- Weiss PA (1969) The living systems: determinism stratified. In: Koestler A, Smithies JR (eds) *Beyond reductionism: new perspectives in life sciences*. Hutchinson of London, pp 3-55
- Werner P, Sukopp H (1985) *Development of flora and fauna in urban areas*. Im Auftrag des Europarates Berlin
- Westhoff V (1970) *Vegetation study as a branch of biological science*. Landbouwhogeschool, Wageningen, Misc Pap 5:11-30
- White F (1986) *La végétation de l'Afrique; recherches sur les ressources naturelles*. Orstom-Unesco, Paris
- Whittaker RH (1975) *Communities and ecosystems*, 2 edn. Macmillan Pub, New York
- Wiener N (1950) *The Human Use of Human Beings* (tr. it. *Introduzione alla cibernetica*. Bollati Boringhieri 1966)
- Wiens JA (1995) *Landscape mosaics and ecological theory*. In: Hansson L, Fahrig L, Merriam G (eds) *Mosaic landscapes and ecological processes*. Chapman & Hall, London, pp 1-26
- Wiens JA, Moss MR (eds) (1999) *Issues in landscape ecology*. US-IALE, Colorado
- Wiens JA, Stenseth NC, Van Horne B et al (1993) *Ecological mechanisms and landscape ecology*. *Oikos* 66:369-80
- Wilson EO (1992) *The diversity of life*. Harvard University Press, Boston
- Wojtyla K/Giovanni Paolo II (2001) (a) *Tutte le opera letterarie*. (b) *Metafisica della persona*. Bompiani, Milano
- Wood PA, Samways MJ (1991) *Landscape element pattern and continuity of butterfly flight paths in an ecologically landscaped botanic garden*. *Biological Conservation* 58:149-166
- World Bank (1992) *World development report, Development and the environment*. Oxford University Press, New York
- Zadeh LA (1987) *Fuzzy sets and applications*. In: Yager R, Ovchikov S, Tong R et al (eds) *Selected papers*. Wiley, New York
- Zanzi L (1995) *Viatico per una avventura nella storia della Val Grande*. In: Alberti L, Rainaldi G, Rizzi E (eds) *Val Grande, storia di una foresta*. Anzola d'Ossola, Fondazione Arch. Enrico Monti
- Zanzi L (1999) *Storia e cultura della conservazione*. In: Massa R, Ingegnoli V (eds) *Biodiversità, estinzione, conservazione*. Utet Libreria, Torino, pp 19-49
- Zeeman EC (1972) *A catastrophe machine, towards a theoretical biology*. *Edinburgh Univ. Press* 4, pp 275-282
- Zeeman EC (1991) *Darwinian evolution. Catastrophes*, Cambridge Univ. Press
- Zonneveld IS (1963) *Landschaftsökologie*. In: *Symposium über Pflanzensoziologie und Landschaftsökologie*. Stichting voor Bodenkartering, Wageningen
- Zonneveld IS (1989) *Scope and concepts of landscape ecology as an emerging science*. In: Zonneveld IS, Formann RTT (eds) *Changing landscapes: an ecological perspective*. Springer Berlin Heidelberg New York, pp 3-20
- Zonneveld IS (1995) *Land ecology*. Academic Publishing, SPB Amsterdam
- Zonneveld IS, Forman RTT (1989) (eds) *Changing landscapes: an ecological perspective*. Springer Berlin Heidelberg New York

Indice analitico

A

Abbondanza, 122
Abruzzo, 117, 120, 191
Acervo, 116
Acquerello, 152
Adattamento, 21, 74
Adda Sud, 178
Aggregamento di funzioni, 219
Ahimsa, 10
Allarme ambientale, 86, 88
Alleanza, 112, 113, 175
Allergie, 86, 88
Alpago-Novello, 121
Alpine endemiche, 112, 273
Ambienti geodinamici, 56, 57
Anamnesi, 81, 158, 195, 201
Anati, 159
Antinfiammatorio, 86, 87
Antirazionale, 8
Antropocene, 21
Antropozoico, 21
Apparati ecologico-funzionali, 53
Aracnidi, 118
Arbusteti, 54, 97, 146, 166, 167
Arbusteti mediterranei, 97
Arbusti a rosetta, 106
Arbusti arborescenti, 107
Architettura rurale, 124, 126
Archivi storici di Stato, 160
Ardeidi, 118
Area basimetrica, 102, 103, 105
Area di tranquillità, 263
Area metropolitana, 125, 192-194, 232, 233
Areale, 121, 122, 140
Aree indisturbate, 180, 181, 186, 262
Arendt, 6
Arnol'd, 38, 40
Arte, 9, 149-151, 243, 244
Artemisieto, 177
Aspetti pedologici, 57
Assiomi, 8, 11
Ateneo Antonianum, 3
Atlantiche, 112, 273
Attrattore, 29, 30, 37, 39, 41, 42, 58, 77, 111
Attrattori strani, 42

Autodisciplina, 12
Autoecologia, 18, 19
Autofunzione, 29
Autorganizzazione, 21, 40, 42, 43
Avvenimento, 156
Avvoltoi, 117
Ayas, 115, 152, 180

B

Bailey, 69, 189
Baldo, 272, 275, 278
Barbieri, 76
Barene, 28, 54, 56, 82, 118, 204
Baroldi, 86
Beccacce di mare, 118
Behe, 73
Berlino, 193, 232, 233, 245-247
Berne e Levy, 88
Bernini, 118
Bertarelli, 160
Bertrand, 19
Besate Ticino, 178
Bibbia, 71, 72
Biforcazione, 30, 39, 42, 77, 131-133
Big-bang, 72
Biodiversità, 25, 65, 108, 179, 209, 254, 313
Biodiversità complessa, 66, 67, 120, 147
Bioingegneria naturalistica, 208
Bioma, 22
Bionomia, 4, 17, 19, 20-25
Biopotenzialità territoriale *vedi anche* Capacità biologica, 64
Biopotenzialità territoriale media di quartiere, 236
Biosfera, 124, 143, 212
Biotopflächenfaktor, 128
Birapporto, 141
Bitterlich, 103
Black box, 36
Bletterbach, 299
Boltzman, 91
Bosco forte, 162, 163
Box, 91, 95, 98, 99, 106, 107, 258, 259
Bradisismo, 56, 118
Braun-Blanquet, 13, 91, 106, 257
Brembo, 255-257, 261, 263, 267
Brescia, 217, 218

- Bretagna, 118
 Briofite, 106
 Bronowski, 12
 Brundtland, 226
 BTC_S (*biopotenzialità territoriale alla soglia di maturità*), 173, 251
 Burel e Baudry, 51, 58, 118, 132
- C**
 Calcagno Maniglio, 159
 Calpestabilità, 244
 Cambiamento climatico, 14, 118
 Cambiamento di stato ecologico, 256, 265
 Cambriano, 73, 75, 76
 Camefite, 106
 Campania, 189, 192
 Campi avvenimentali, 157
 Campi creazionali, 75
 Canopy, 59, 96
 Canton Ticino, 164, 165, 255, 267
 Caos deterministico, 41
Caos edge, 40
 Capability, 206
 Capacità biologico-territoriale della vegetazione, 23, 79, 93, 173, 174, 231
 Capitolato speciale d'appalto, 208
 Capriolo, 62, 119
 Carabidi, 118
 Carattere degli elementi del paesaggio, 94
 Caratteri esportabili, 22, 48
 Caratteri intrinseci, 48
 Caratteristiche fisionomiche, 151, 153
 Caratteristiche sistemiche, 174, 176, 307-310
 Caravello, 123
 Cardiopatie ischemiche, 88, 267
 Caribù, 119
 Carlo VI d'Asburgo, 160
 Carson, 86
 Carta degli habitat, 283
 Carta delle resistenze, 211
 Carta faunistica, 122
 Carta fisionomico-ecologica della vegetazione, 301, 306
 Cartella clinica, 200, 201, 203
 Cascina Malpensata, 256, 265
 Cascine, 48, 54, 126-128, 159, 179
 CaSp (*caratteristiche specifiche della formazione*), 175, 176
 Castagneto, 109, 164, 165, 177, 178, 280, 310, 312
 Castori, 115, 116
 Catasto, 160, 162, 163
 CAU - Caratteri aggiuntivi dell'HU, 130
 Ceduo composto, 95, 101, 258
 Ceduo semplice, 95, 100, 102, 258
 Cembreta, 116
 Certezze meccanicistiche, 8, 91
 Cervo, 62, 119, 120
 Chiarie, 106, 292, 293, 296
 Cibernetica, 27, 32, 43
 Cicerone, 10
 Cina, 7
 Cinture verdi, 245
 Circuitazione, 63, 81, 119, 140, 197
 Circumboreali, 112, 273
 Città satelliti, 125
 Civitella Alfedena, 120
 CNR, 92, 93, 159
 Coefficienti allometrici, 103, 104
 Coevoluzione, 21, 59, 77, 203
 Coltivi legnosi, 97, 146
 Columella, 17, 179, 206
 Compensazione locale, 219
 Complementarietà, 56, 92, 166, 219
 Complessità, 26, 27, 43, 173, 203
 Componente faunistica, 115
 Comportamento emergente, 39
 Comune di Milano, 233, 241, 250, 253, 254
 Comunità, 19, 123, 244
 Con.Eco.For., 86, 191, 251, 291, 293, 300
 Concezione evolutiva dell'universo, 75
 Condizioni iniziali, 41-43
 Configurazione funzionale, 82
 Configurazione spaziale, 22, 47, 82, 117
 Congruenza strutturale, 219
 Connessione, 58, 140, 197, 211, 213, 236, 237, 261
 Connettività, 63, 119, 140
 Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde, 255, 265, 266
Constraint, 27, 28, 56, 92
 Contagion, 138, 170
 Contenuto di informazione, 29, 122, 139, 261
Context role sub system, 49
 Continentalità, 113, 137, 304
 Contrasto, 138, 148, 149, 166, 170
 Convenzione europea sul paesaggio, 206, 225
 Cora, 22, 47
Corine Land Cover, 189
 Cornacchie, 118
 Corno Bianco, 299
 Corologia, 112
 Correlazione specie/BTC, 313
 Corridoi alberati, 50, 196, 213
 Corridoio ecologico, 50, 51
 Corrispondenza biunivoca, 141
Cortex, 26, 88
 Cortisolo, 86-88
 Cosmopolite e sub cosmopolite, 112
 CRA (consiglio ricerca in agricoltura), 189, 191
 Creazione, 6, 61, 72, 78, 301
 Creazionismo, 14
 Creazionismo –radicale, 71
 Cristo, 10
 Criteri di verifica formale, 234, 244
 Criteri terapeutici, 80, 203-205
 Criterio fitosociologico, 106
 Criticità, 120-122
 Criticità regionale alta, 121
 Cronotopo, 21
 Cusago, 112, 171, 172, 231
 Cuvier, 73

D

Dante Alighieri, 6
 Darwin, 71-76
 Dati geologici e geomorfologici, 135
 Decibel, 215, 266
 Deficit di trasformazione, 64, 65, 217, 289
 Degenerazione, 78, 109, 277
 DEI (*depth of edge influence*), 59
 Delimitazione, 287, 317
 Densità ecologica, 61, 62, 88, 123
 Densità stradale, 214
 Denton, 75
Design, 73, 206, 207
 Devoniano, 75
 Dimensionamento progettuale, 252
 Dimensione frattale, 42, 141, 142, 235, 237
 Dinamica della vegetazione, 92
 Dinamica delle classi di BTC, 146, 272
 Dinamica di trasformazione, 28, 77, 161, 193
 Dinamica storica di sistema, 223, 269
 Dipendenza, 6, 34, 41, 221
 Direzione dei lavori, 208
 Disegno, 149-153, 206, 207
 Diseguaglianza di Clausius-Carnot, 29
 Disetaneiformità, 96
 Dissezione, 119
 Distanza di influenza, 111, 149
 Disturbi, 20, 23, 25, 30, 31, 110
 Disturbo ambientale, 25
 Diversità, 25, 65, 119
 Diversità culturale, 226
 Diversità complessa (*vedi* Biodiversità complessa)
 Diversità paesistica funzionale, 65, 204
 Diversità paesistica strutturale, 65, 236, 296
 DNA, 10, 11
 Doberdò, 52, 53, 210, 211
 Dominanza, 65, 109, 111, 236
 Duvigneaud, 94

E

Ecocenotopo, 49, 50, 93, 94, 105
 Ecoiatra, 5, 14, 15, 207, 228
 Ecologia generale, 4, 14, 18-20, 25, 137, 227
 Ecoregione, 22, 106, 189
 Ecosfera, 22, 116
 Ecotessuto, 48, 49, 111
 Ecotoni, 50, 59, 170
 Effetto isola, 84
 Effetto potatura, 89
 Efficienza di rete, 213, 277
 Einstein, 7, 11, 21, 72, 91, 150
 Eldridge, 73
 Elefanti, 115
 Elenco floristico, 105, 106, 112
 Elenco prezzi unitari, 208
 Ellenberg, 112, 113, 271, 304-306
 Emilia-Romagna, 189, 192
 Energia libera, 29, 244
 Entità vivente, 3, 14, 49, 66, 85, 128, 155, 243

Epifite, 106

Epigenetica, 76
 Epistemologia, 3, 4, 11, 12, 43, 150
 Equazioni differenziali, 33, 34, 36-39, 41
 Equilibri punteggiati, 73
 Equilibrio ecologico, 25, 31, 67, 203
 Erbivori, 116, 117
 Ermer, Hof e Mohrmann, 128, 186
 Esotiche, 83, 112, 117, 126, 212, 219, 247
 Esperienza, 11, 19, 91, 149, 150
 Estensione dell'habitat, 120
 Etica ambientale, 3, 8, 10, 11, 12
 Eurasiatiche e paleo temperate, 112
 Eurimediterranee, 112, 272, 304, 305
 Eurocaucasiche, 112
 Europa, 69, 96, 121, 126, 127
 Europa Centrale, 53, 232, 247
 Eurosiberiane, 112, 273
Evaluation scores, 199, 263, 264, 276
 Evennes, 138
 Evento zero, 23, 60, 108
 Eziopatogenesi, 81, 87

F

Faggeta, 177, 178, 279, 280, 309, 311
 Faggeta prealpina, 309
 Falinski, 61, 78
 Farina, 19, 124, 167
 Fase di degradazione, 108
 Fase di fluttuazione, 109
 Fase di ricreazione, 108
 Fase di rigenerazione, 109
 Fattore di naturalità delle tessere urbanizzate, 129
 Fattore limitante, 28
 Feasibility, 206
 Fenomeni di riorganizzazione, 60, 74
 Ferraguti, 73
 Finke, 19
 Fisionomia, 150, 151, 307-311
 Fitocenosi associazione fitosociologia, 106, 257
 Fitomassa epigea, 102, 105, 173, 174, 279, 305
Fittest vegetation, 23, 92, 109, 165, 257
 Fitting ambientale, 88, 244
 Fluttuazione, 78, 108-111
 Forbs, 107
 Foresta boreale, 94, 119
 Foresta del Gariglione, 92, 93
 Foresta temperata, 94
 Foreste (sclerofille) mediterranee, 97, 146, 174
 Forma delle macchie, 219
 Forman, 19-21, 58, 67, 119, 125, 139, 206, 253
 Forman e Godron, 17, 19, 30, 48-51, 58, 63, 68, 124, 170, 237
 Forme biologiche, 106, 108
 Formiche, 115, 116
 Fornasari, 120, 122
 Fragilità, 122
 Frammentazione, 47, 58, 119, 120, 296, 297
 Francesco di Assisi, 3
 Freccia del tempo, 30, 156

Funzione d'onda, 39
 Funzioni antropiche, 131, 133
Fuzzy system, 35

G

Gabbiani, 118
 Galbiate, 211
 Galilei, 9, 11, 12
 Gamberi, 117
 Gandhi, 7, 10, 12
 Gardner, 19, 20
 Genesi, 12
 Genova, 113, 117, 225, 304-306
 Geofite, 106, 118
 Geometria frattale, 42, 141
 Germania, 18, 118, 225, 304, 305
 Gestalt, 26, 234
 Gheppi, 117
 Giacomini, 123, 212
 Gingerich, 72
 Giurassico, 75
 Gödel, 8, 12, 72
 Goodall, 150
 Gould, 73, 247
 Gradualità, 72, 206
 Grafo planare, 139, 140, 213
 Graminoidi, 106, 146
 Grana, 81, 138, 205, 219, 237-240
 Grandi mammiferi, 116, 117, 119, 215, 279

H

Habitat procapite, 61
 Haeckel, 18
 Hartmann, 149
 Hilbert, 8
 Hinterland, 83, 193, 231, 233
Historia, 155, 156
Home range, 61, 120, 148
Homo sapiens, 123
 Homothetic invariant, 141
 HU equivalente, 131
 HuCE, 148, 198, 261, 276

I

Iconografia, 163
 ID (indice diagnostico), 200, 264, 282, 289, 290, 297
 Idolatria, 11, 12
 IGM (Istituto Geografico Militare), 160
 Immunodeprimente, 86
 Incendio, 20, 60, 111, 117, 118
 Incorporazione dei disturbi, 31, 79, 110
 Indici bioclimatici, 137
 Indirizzo progettuale, 249
 Individui adattati, 74
 Inferenza logica, 11
 Informazione, 11, 21, 59, 146, 159, 162
 Ingegnoli Alessandro, 31
 Ingegnoli Giuseppe, 14
 Inghilterra, 40, 71, 119, 158

Input, 28, 34, 63, 158
 Inquinamento luminoso, 267
 Instabilità di Benard, 43
Insulae, 124
 Intercettazione delle precipitazioni, 128
 Interferenza della strada, 216
 Interventi perequativi, 220
 Invarianti della dinamica, 42
 Isola di calore, 231, 245
 Isozaki, 249
 Israel, 3, 9, 11, 72
 ISTAT, 159, 162, 189

J

Jaws transformation, 78

K

Karren, 279, 285, 289
 Krummholz, 106

L

LaBiSHH (*Landscape Bionomical Survey Of Human Habitat*), 128
 LaBiSV (*Landscape Bionomical Survey of Vegetation*), 93, 96, 173, 174, 178, 257, 302
 Lago di Como, 127, 160
 Lago di Garda, 136, 304
 Laguna di Venezia, 13, 28, 56, 200, 204
 Lamarck, 71
 Langè, 24, 123, 159, 155,
 Lanza del Vasto, 7
 Lariceto, 152, 177, 310
 Laudisa, 11
 Lazio, 189, 192, 193, 267
 Le Notre, 157
 Legame, 27, 28, 42, 66, 140
 Legame fra fisiologia e patologia, 26, 66
 Legge urbanistica, 219
 Leggi della forma, 76
 Leibnitz, 9
 Lenin, 7
 Leonardo da Vinci, 17
 Leoni, 117
 Leser, 19
 Libellule, 118
 Libeskind, 241, 249
Limitatio, 61, 123
 Limiti di degrado, 89
 Limonieto, 177, 204
 Linearizzazione, 35
 Livelli gerarchici, 27, 40
 Livello sonoro, 266
 Lombardia, 79, 133, 159, 160, 189, 194
 Loppio, 166, 213, 277, 278, 280, 304
 Lorenz Edward, 32, 41
 Lorenz Konrad, 9, 10, 21, 73, 149, 234
 Loveno, 113, 160, 304, 305, 306
 Luce, 113, 151, 271, 273, 304
 Ludwig e Tongway, 80

Lupi, 117
Lyapunov, 32, 37, 42

M

Macchia paesistica, 50
Macroevoluzione, 73
Malcevski, 122
Mamma, 13, 14
Mandelbrot, 42, 140-142, 235
Manzelli, 21, 71
Margulis, 72
Maria Teresa, 160
Martin pescatore, 117
Marxismo, 6
Massa, 86, 120
Master plan, 234, 248, 249
Matematica, 8, 9, 11, 33, 38, 40, 41
Materialismo dialettico, 7-9
Matrice paesistica, 51, 58, 127
Maxiclive, 135, 136
Mc Harg, 19, 206
Medicina, 4, 11, 25, 67
Medico ecologo, 14, 85, 207, 228
Megacora, 22
Megalopoli, 125, 126
Memoria ecologica, 60, 76
Mendel, 71
Metalli pesanti, 215, 267
Metapopolazione, 63, 120
Metastabilità, 30, 77, 111, 146
Metastabilità complessa, 66, 147, 148
Metastabilità generale, 120, 146, 147, 272-275
Microcora, 22
Milano, 231-234, 243
Milne, 141
Miotossicità catecolaminica, 87
Misura dell'informazione, 224
Modelli di rilievo della vegetazione, 97
Modelli progettuali, 241
Modello a Frammentazione, 48
Modello HU/BTC, 145, 236
Modello variegato, 48
Monod, 9, 75, 76
Monte Biaena, 305, 306
Monza, 83, 84, 248
Mori, 64, 146, 166, 170, 270, 285, 301-306
Mosaico di conversione, 170-172
Mosè, 12
Moss, 19

N

Napoli, 193
Naturalità, 25, 129, 208
Naturalità diffusa, 209
Naveh, 67, 68
Necromassa, 102
Neo-darwinismo, 25
Neofite, 126
Neurite, 86

Newton, 9, 33, 38
Nicchie territoriali, 74
Nitticora, 117
Nocciolaie, 116
Non-equilibrio, 316, 325
Non-violenza, 10, 12
Noosfera, 22, 74, 318
Nord Africa, 123
Normalità di un paesaggio, 80
NOx, 215, 267
Nucleosoma, 76
Numero di alberi, 250-252
Nunatak, 278
Nutrie, 117
Nutrienti del suolo, 113, 304

O

Ober-Eggen, 299
Occhio clinico, 150
Odum, 19, 23, 64, 94, 206
Oggettivismo riduzionista, 3
Olmsted, 206, 245
Olocene, 60, 74
Oltrepò Pavese, 128, 152
Omologia, 141
Omotetia, 141, 142
Operatore, 29, 36
Ordine attraverso fluttuazioni, 23, 29, 92, 224
Organismo etero topico, 124
Orno-ostrieti, 66, 196, 270, 304
Orofite, 112, 273, 305
Orsi, 117, 119
Osio Sotto, 255, 256, 258-260, 262-265
Output, 28, 33, 34, 158

P

Padovese, 3, 10
Paesaggio storico-culturale, 22
Paesaggisti, 17, 18, 158
Pagus, 17, 320
Pappagalli, 117
Paradigmi scientifici, 20, 23, 25, 91
Parametri di ecocenotopo, 94, 173, 174, 179, 285
Parco Citylife, 232, 243, 249-254
Parco del Monte Barro, 117, 118, 167, 168, 211
Parco del Ticino, 179, 231
Parco della Sila, 92, 93
Parco naturale di Paneveggio, 5
Parco naturaliforme, 60, 157
Parco Nazionale d'Abruzzo, 117
Parco Sempione, 231, 239, 250
Parma, 123
Passo del Lavazé, 299, 300
Patologie oncologiche, 88
Pattern di base, 219
Pattern geomorfologici, 52
Pauli, 150
Pecceta, 106, 109, 174, 280, 311
Pecceta Mista, 178, 280, 311

Pecceta montana, 164, 176, 250, 307, 310
 Pecceta subalpina, 52, 116, 291, 293
 Pecore, 117, 118
 Pedemontana, 210, 255, 265
 Percezione delle forme, 26, 150
 Permanenza, 102, 112
 Permeabilità, 58, 63, 180
 Perogalli, 123, 159
 Petrarca, 17
 Pettiroso, 117
Phyla, 73
Physis, 3
 Piani corporei, 73, 76
 Pianura Padana, 128, 267
 Piattelli-Palmarini, 73
 Piemonte, 189, 191, 192
 Pignatti, 65, 69, 113, 137, 177, 257
 Pineta di impianto, 310
 Pineta mista, 308, 309
 Pineta orientale di *Pinus sylvestris*, 307, 308
 Piste da sci, 54, 293, 296
 Piussi, 100, 103, 250, 251
 Plantule, 106, 109, 164
 Poincaré, 32, 38, 41
 Polarizzazione, 58
 Polveri sottili, 215, 267
 Popper, 8, 9, 11, 21, 73, 315
 Porosità della matrice, 51, 187
 Porter, 253
 Positivismo, 6
Potential core area, 186-188, 197, 262
 Praterie, 50, 58, 97, 108, 128, 145, 146
 Preconcetto, 8, 9, 20, 24, 209
 PRG, 219, 220, 277, 285
 Primack, 209
 Prioni, 76
 Proap, 253, 254
 Processi geomorfologici, 56, 57, 115
 Processi irreversibili, 25, 29, 30, 228, 325
 Processi ricreativi, 78
 Processo evolutivo, 14, 29, 156
 Processo normale, 26, 66
 Progettazione ecologica, 14, 151, 203, 206-208, 231
 Progetti definitivi, 208
 Progetti esecutivi, 208
 Progettualità, 9, 205, 206
 Prognosi, 200, 201
 Progresso, 6, 7, 13, 323
Propagule bank, 60, 61
 Proprietà emergenti, 23, 26, 32, 40, 49, 91, 155, 234
 Prigogine, 11, 23, 25, 27, 29, 30, 43, 75, 76, 156
 PUP Trentino, 222, 223, 269, 280

Q

Qualità della fauna, 121
 Quartiere Citylife, 232, 234, 249
 Querceto con olmi, 258
 Querceto misto, 248, 257, 304
 Querceto-carpinetto, 106, 163, 172, 248

R

Racconigi, 157
 Rapporti fra elementi e loro paesaggio, 94
 Rapporto Ambientale, 220
 Rapporto densità di rete, 213, 214
 Rarietà, 120, 121
 RCE, 142, 143
 Reazioni del suolo, 113
 Regime montuoso marino, 69
 Regione Toscana, 180
 Regno Lombardo-Veneto, 159
 Regolazione generale del paesaggio, 55
 Rehabilitation strategy, 228
 Reimoser e Gossow, 61, 119
 Relascopio, 103, 105, 294
 Renania-Palatinato, 133
 Responsabilità, 6, 7, 10, 15, 29, 208, 220, 228
 Resy, 180
 Rete ecologica, 50, 212, 213, 231, 232
 Reti di informazione, 59, 74
 Retroazione, 34, 35
 Ricostruzione dei fatti, 157
 Ricostruzione del paesaggio, 169, 170
 Riduzionismo, 3, 9, 11, 13
 Rigenerazione, 78, 109, 110
 Rinnovo, 107, 108
 Riserva di Cornino, 211
 Risposta simpatica, 86, 88
 Rivas-Martinez, 91, 137
 Robiniato, 310
 Roma, 117, 123, 193, 285
 Romani, 135, 136
 Ronzo-Chienis, 164
 Rowlands, 6
 Ruelle, 26, 42
 Ruolo strategico delle macchie residuali, 186
 Russia, 7

S

Saibene, 126, 159
 Salinità, 113
 Sapere a priori, 21, 55, 74
 Schizzo, 152, 249
 Schweingruber, 164
 Scientismo, 6-8, 155, 243
 Scienza della vegetazione, 13, 91, 280
 Scoiattolo, 117
 Scolitide, 164, 178, 280
 Selezione di gruppo, 59, 74
 Selezione naturale, 71, 73
 Sensibilità faunistica, 120-123, 275
 Serengeti, 115
 Sermonti, 76
 SIC, 209, 278, 279, 285-288
 Sica, 159
 Sicilia, 51, 128, 191-193
 Siligardi Enzo, 220, 280
 Sindromi, 67, 80, 81, 83-88, 200, 201
 Sindromi ischemiche, 86, 87

- Sinecologia, 19
 Sistema ad anello chiuso, 34
 Sistema immunitario, 86-88
 Sistema ipercomplesso, 38, 85, 146, 151, 203
 Sistemi adattivi (o adattativi), 22, 25, 26, 234
 Sistemi complessi, 25, 26, 31, 38, 39, 43, 156
 Sistemi dinamici, 28, 34, 38
 Sistemi dinamici orientati, 33, 34
 Sistemi economici, 227
 Socrate, 6, 10
 Soglia di maturità, 173, 174, 294, 302, 312
 Soglie regionali di trasformazione, 64
 Sole, 72
 Solzenicyn, 9
 Spagna, 9
 Spartineto, 177
 Spazio ecologico, 61, 91, 316
 Spazio minimo vitale, 22
 Spazio vitale, 55, 61
 Specie alloctone, 106, 247
 Specie floristiche, 285, 286
 Specie focali, 121
 Specie generaliste, 73
 Specie ingegnere, 115
 Specie ombrello, 121
 Spencer, 71
 Spettri coro logici, 112, 113, 271, 273
 Stabilità strutturale, 37, 38, 40
 Stadio climacico, 91, 301
 Stadio climax, 77
 Stambecchi, 117
 Stasi, 73, 75, 156
 Stati passati, 161, 165
 Stati Uniti, 71, 117, 123, 126, 212
 Stato di normalità, 80, 93, 173, 195
 Stenomediterranee, 106, 272
 Steppiche, 112, 273, 305
Stepping stones, 54, 140, 213
 Sternidi, 118
 Stivo, 272, 275, 278
 Stoppani, 21, 315
 Storia del clima, 159
 Storia del paesaggio, 159
 Storia dell'architettura del paesaggio, 159
 Storia dell'urbanistica e del territorio, 159
 Storia delle ville e dei castelli, 159
 Storia naturale, 156
 Storni, 117
 Stratificazione, 107, 110, 176, 246
Stress adrenergico, 86-88
 Struttura urbana, 124
 Strutturazione gerarchica, 77
 Studi storico-archeologici, 159
 Studio acustico, 266
 Studio di incidenza ambientale, 283
 Successione ecologica, 61, 77, 78, 301
 Succhiello di Pressler, 163
 Succulente, 106, 107
 Suffrutici, 106
 Suitability, 206
 Sukopp, 124, 236
Source-sink, 109, 139
 Svizzera, 194, 255

T
 Tabarelli De Fatis, 159
 Tallofite, 106
 Tansley, 19, 319
 TAR, 267
 Tarski, 8
 Tassi, 83, 119
 Tasso di eterozigosità, 59
 Tavola dicotomica, 107
 TCI, 159
 Teillhard de Chardin, 72
 Temperatura, 113, 136, 137, 245, 246, 304
 Terapie di risanamento, 89
 Termiti, 115
 Termodinamica, 23-25, 77, 316, 317, 319
 Thom, 38, 40, 76
 Thompson, 76
Torah, 12
 Tipi di verde urbano, 235, 241, 246, 247
 Tipizzazione dei paesaggi, 68
 Tiziano, 17
 Torino, 193, 255, 256
 Toscana, 128, 133, 180, 189, 191, 193
 Traiettorie di un sistema, 28
 Transetto, 153, 177, 231, 232
 Trasformata di Laplace, 36
 Trasformazione di stato, 28
 Trasformazione di uscita, 28
 Trentino Alto Adige, 52, 152, 189, 190, 193
 Troll, 19
 Türkenschanz Park, 246
 Turner, 17, 19, 20, 117, 137
 Tutela della salute, 25, 89
 Tüxen, 91

U
 Uccelli, 116-119, 121, 139, 275, 283
 UHI (*urban heat islands*), 126, 244, 245
 Umidità, 60, 113, 245, 304, 305
 Unesco, 123, 212, 226, 298
 Ungulati, 61, 62, 117, 119, 297
Urban Ecology, 124
Urban Region, 125, 232, 233
Urbs et territorium, 123

V
 Val d'Aosta, 189-192
 Val d'Ega, 291, 293, 299
 Val di Fiemme, 52, 120, 291
 Val Masino, 250, 251
 Valle dell'Adige, 278, 286
 Valutazione, 155, Cap.9, 220, 235, 237, 288-291, 297
 Valutazione di impatto ambientale, 31, 85, Cap.13, Cap.14
 Valutazione ecologica delle aree industriali, 132

- Valutazione ex post, 225, 269
VAS, 220-224, 269, 282
Vaud-Ginevra, 194, 195
Vegetazione potenziale, 91, 92, 257, 301
Vegetazione primaria, 92
Veneto, 159, 162, 189, 190
Verde urbano, 179, 219, 235, 237, 246
Verità, 6-13, 150
Vertice, 140
Vienna, 246, 247
Villa Carlotta, 127, 160
Villa Vigoni, 112, 127
Ville storiche, 127
Vincoli, 27, 31, 56, 92, 136
Vitruvio, 124, 179, 206
Vocabolario Treccani, 17, 18, 155
Volpi, 117, 119
Volume di fitomassa, 103, 105, 195
Von Bertalanffy, 23, 26, 31
Von Neumann, 8, 9, 32
Vulnerabilità della fauna, 121
- W**
Wallace, 71
WCED, 226
Weismann, 71
Whittaker, 64, 317
- Y**
Yellowstone, 20, 117
Yeuda, 76
- Z**
Zanzi, 23, 156
Zeeman, 38, 40
Zoagli, 112, 113, 304-306
Zonneveld, 19, 63, 124, 181
ZPS, 198, 209, 211, 221