

SISTEMA DI BIOINDICATORI PER LA VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ AMBIENTALE NEGLI AGROECOSISTEMI

Introduzione

Fitosociologia vol. 46 (2): 3-23, 2009

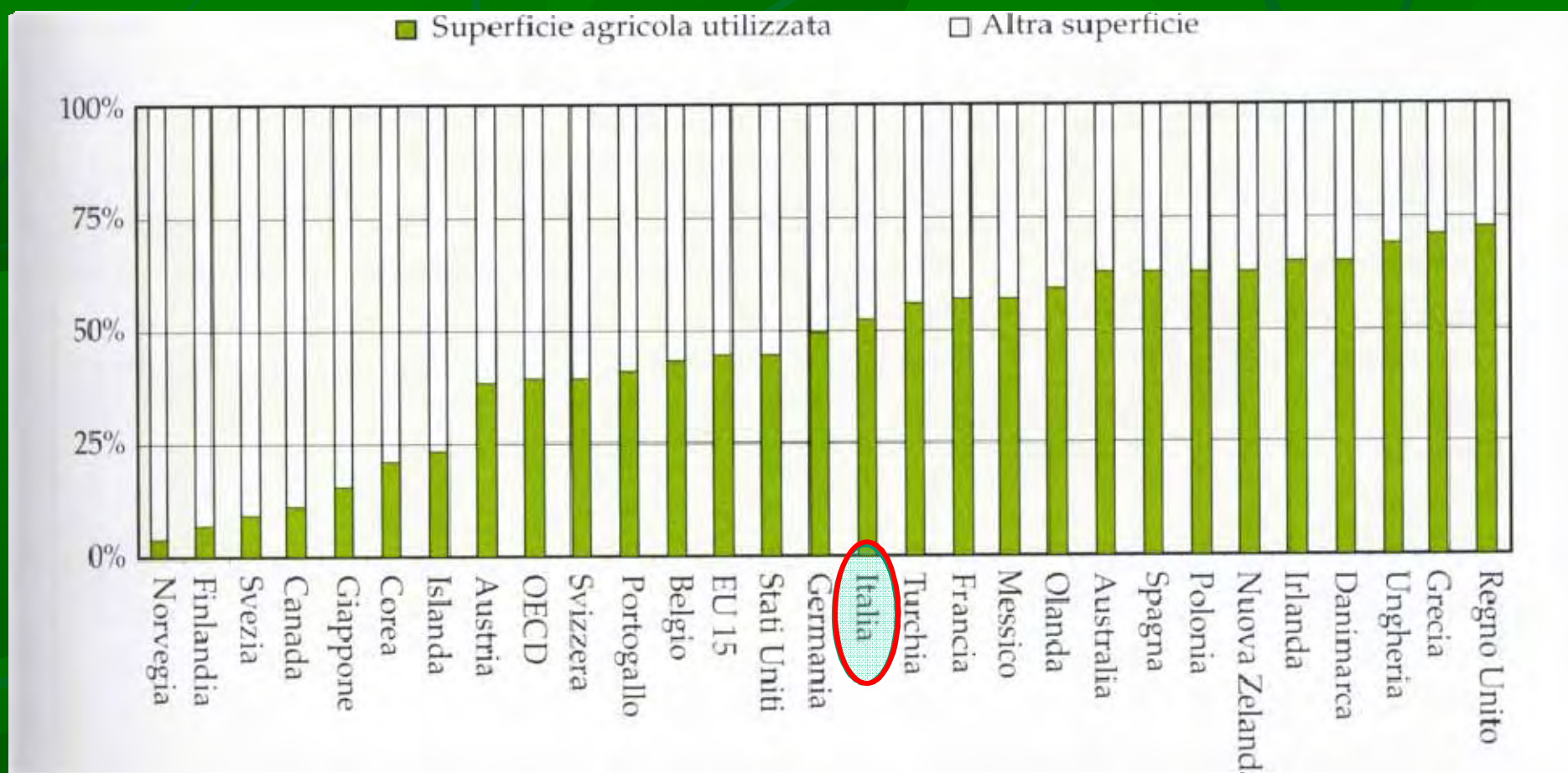
FITOSOCIOLOGIA
© Società Italiana
di Fitosociologia

Bioindicator system for the evaluation of the environmental quality of agro-ecosystems

F. Taffetani, M. Rismondo

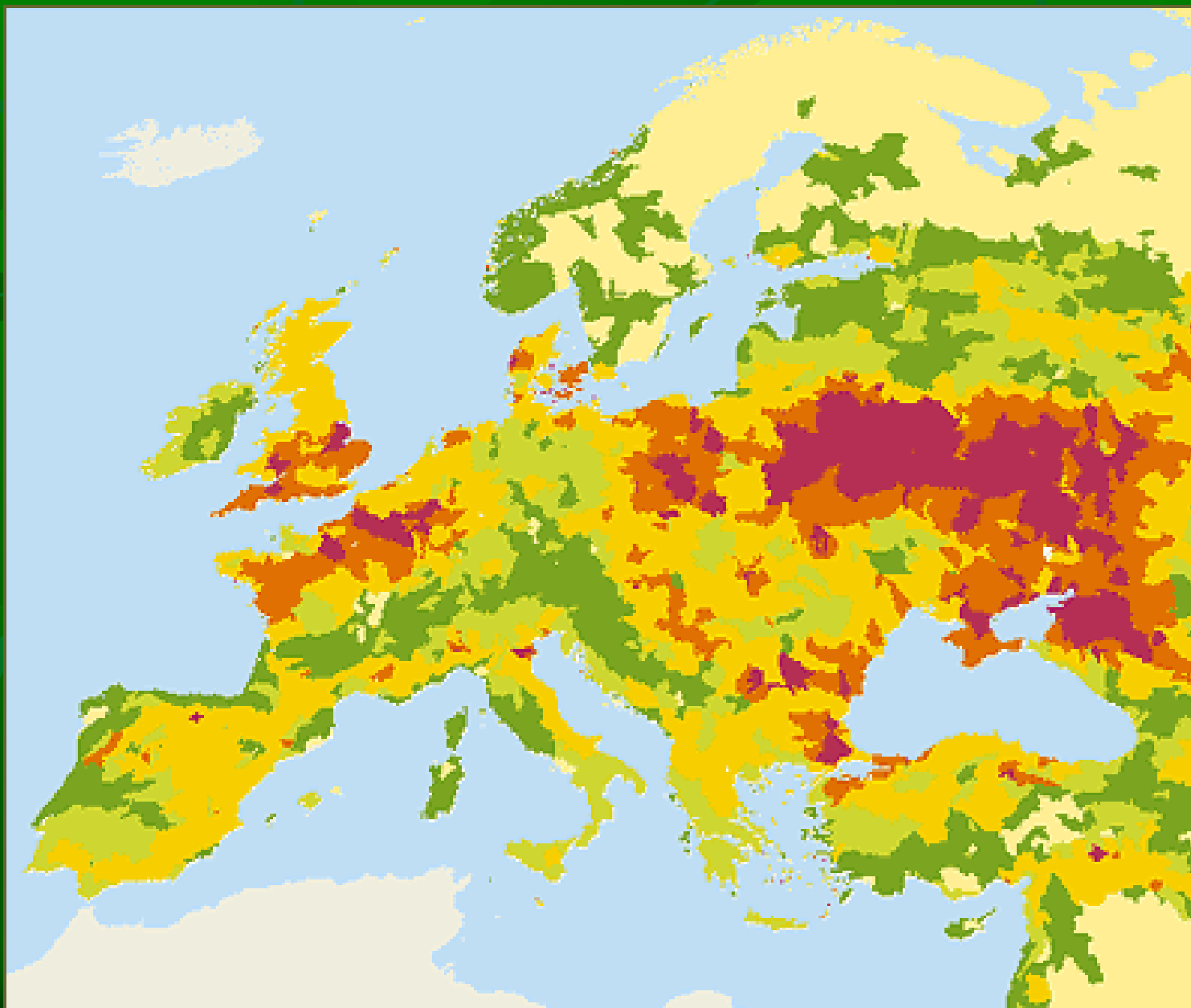
*Department of Environmental Sciences and Vegetal Production, Polytechnic University of Marche, Via Bracce Bianche,
60131 Ancona, Italy; e-mail: f.taffetani@univpm.it*

Superficie agricola utilizzata rispetto alla territorio complessivo in diversi paesi sviluppati

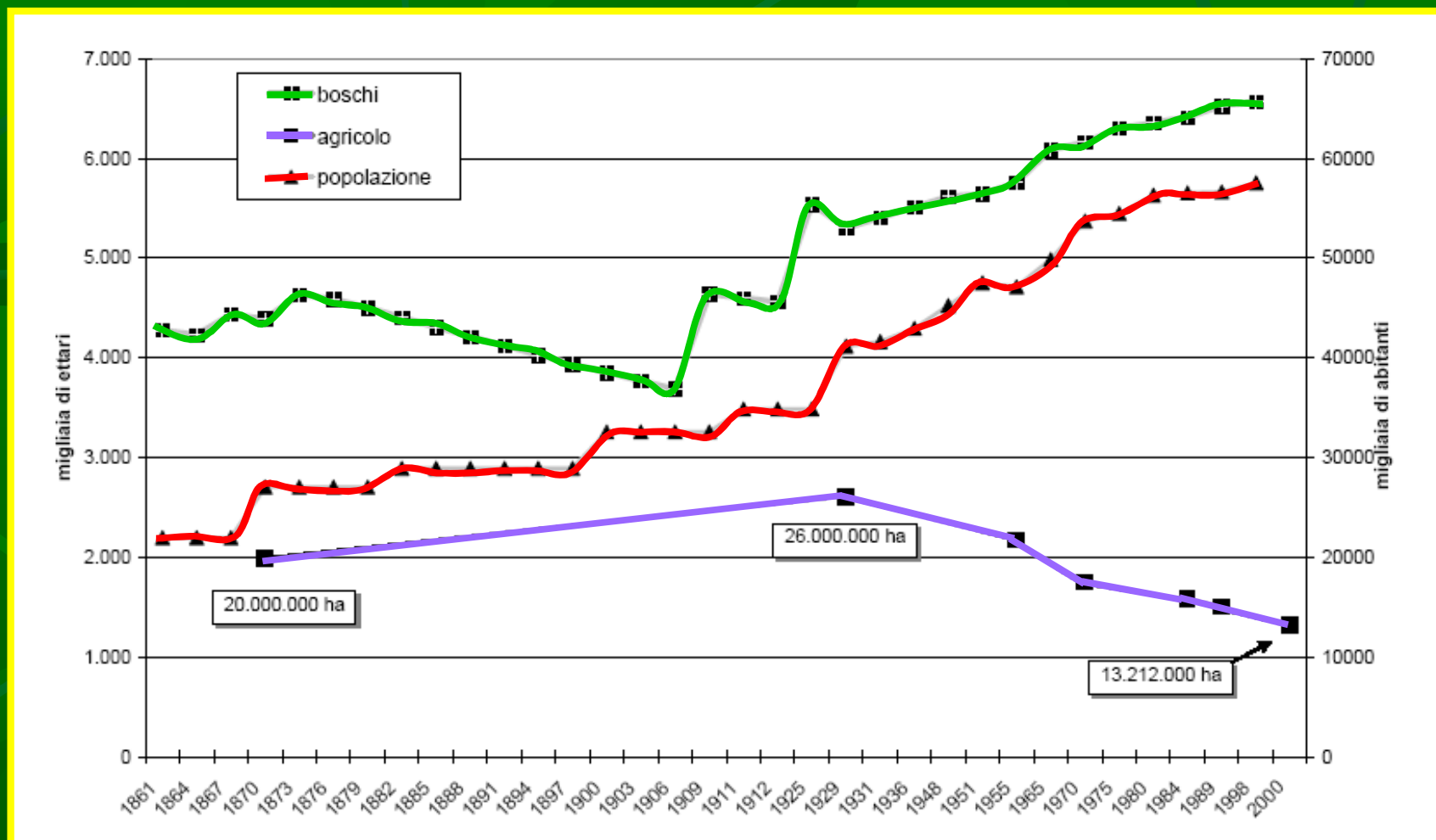


Oltre l'80 % dei contributi dell'UE è destinato all'agricoltura. In termini percentuali l'Italia è tra le nazioni europee con la più elevata percentuale di superficie coltivata, con circa 13.212.652 ettari, pari al 43,8% dell'intero territorio (2001).

Intensive Agricultural Land Use by River Subbasin in Europe and the Middle East



Evoluzione della popolazione e dell'utilizzazione del territorio in Italia



Una superficie però in costante decremento, visto che negli anni '30 dello scorso secolo gli ettari erano 26.251.744, il doppio di quelli attuali, 13.212.000 (2000).

Analisi del paesaggio

- Approcci scientifici: Forman & Godron, 1986; Forman, 1995; Naveh & Liebermann, 1987; Klijin & deHaes, 1994; Zonneveld, 1995, Sims et al., 1996
paesaggio è considerato come la risultante dell'interazione tra componenti abiotiche (fisico-chimiche) e biotiche (flora-fauna-uomo) dell'ecosistema.
- **Il metodo fitosociologico**, basato sulla moderna concezione sinecologica, sincorologica e sindinamica della componente vegetale (Braun-Blanquet, 1964; Gehu e Rivas-Martinez, 1981; Rivas Martinez 2005)

integra l'approccio paesaggistico tramite l'analisi strutturale e funzionale

secondo uno schema metodologico che definisce modelli interpretativi basati sui rapporti dinamici tra unità costituenti (associazioni)

inseriti un sistema gerarchico attraverso il quale è possibile collegare e confrontare complessi di vegetazione sempre più estesi sia in senso geografico che ecologico (Biondi, 1996; Blasi et al., 2001).

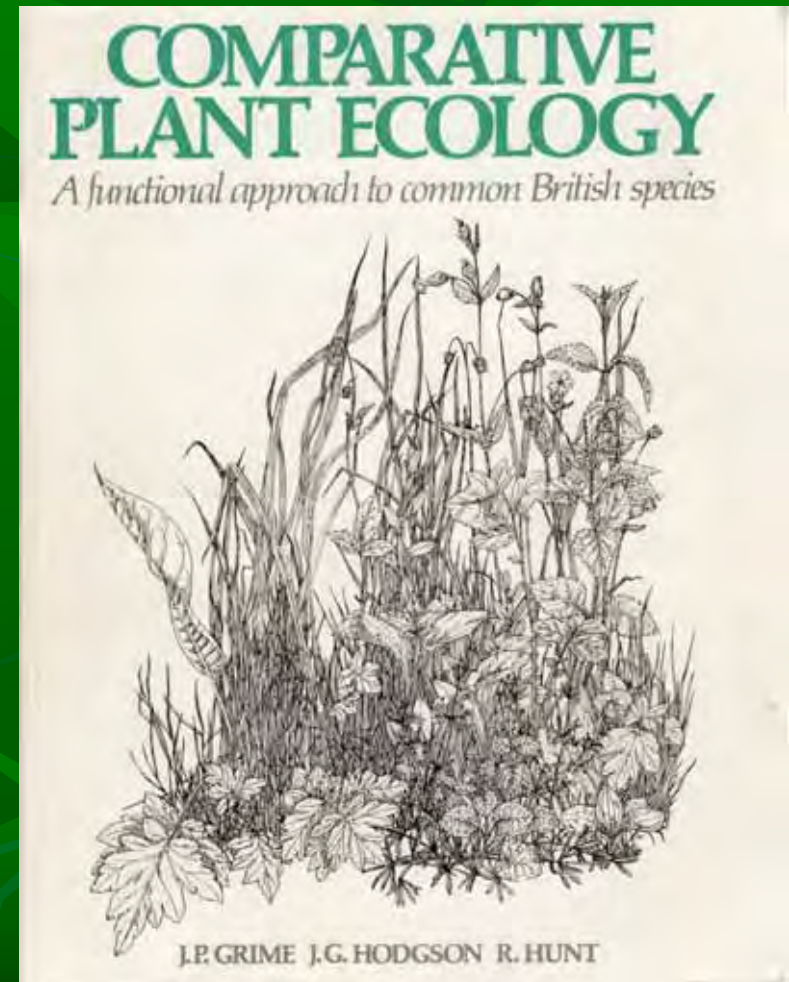
Indicatori ambientali

- **Indici floristici su base biogeografica**

Rarità
Endemicità
Vulnerabilità
Emerobia

- **Indici floristici su base ecologica**

Forme biologiche (Raukiaer, 1934)
Indici di Ellemberg (Ellemberg, 1974)
Indici di Landolt (Landolt, 1977)
Strategie adattative (Grime 1979)



Indice di Emerobia

L'indice di Emerobia per una specie vegetale esprime il suo grado di adattamento al disturbo secondo una scala a dieci termini. Kowarik ha introdotto tale indice calcolando la frequenza percentuale della specie nei diversi tipi di ambiente, da quello più naturale a quello più antropizzato. Per analisi di vegetazione si valuta la media ponderata dei singoli indici di una data fitocenosi e si ottiene il *grado di Emerobia dell'associazione*. (KOWARIK, I. 1988. Zum menschlichen Einfluss auf Flora und Vegetation. Theoretische Konzepte und ein Quantifizierungsansatz am Beispiel Berlin (West). Landschaftsentwicklung und Umweltforschung, Schriftenreihe des Fachbereichs Landschaftsentwicklung der TU Berlin Vol. 56: 241 pp.)

Tra vari approcci possibili, Kowarik ha scelto di individuare i vari stadi di antropizzazione in base al tipo di paesaggio vegetale e quanto questo sia influenzato dalle attività antropiche. Per quanto a bassi gradi di antropizzazione lo schema abbia forse poca risoluzione e vada probabilmente perfezionato, per la vegetazione urbana e più in generale antropizzata la scala di dieci valori fornita da Kowarik si dimostra particolarmente efficace e corrispondente alla realtà che si osserva sul campo. Lo schema è inoltre ispirato alla scala di eutrofizzazione adottata da molti limnologi; viene quindi fornita una corrispondenza tra i valori numerici e una serie di termini, come aemerobico, mesoemerobico, poliemerobico, che corrispondono a quelli dell'eutrofizzazione delle acque interne.

L'indice di emerobia è prezioso nelle applicazioni, in particolare nelle carte di impatto e nei piani di assetto dei parchi, in quanto permette di evidenziare le aree a maggiore naturalità in base alla vegetazione.

| <i>Emerobia</i> | | <i>Vegetazione</i> |
|------------------------------|---|---|
| <i>Aemerobico</i> | 0 | Solo in parte nelle alte montagne |
| <i>Oligoemerobico</i> | 1 | Foreste primarie, torbiere, vegetazione delle pareti rocciose e coste |
| <i>Mesoemerobico</i> | 2 | Luoghi umidi con gestione estensiva, foreste con scarsa asportazione di legna, alcuni prati umidi |
| <i>Mesoemerobico</i> | 3 | Foreste sfruttate, foreste secondarie in ambiente antropico, pascoli aridi, prati umidi sfalciati |
| | 4 | Monocolture forestali, vegetazione di margine |
| <i>β-Euemerobico</i> | 5 | Foreste piantate giovani, vegetazione ruderale ad alte erbe |
| | 6 | Vegetazione dei campi a gestione tradizionale, prati calpestati, prati ruderalizzati |
| <i>α-Euemerobico</i> | 7 | Vegetazione dei giardini e dei campi intensamente sfruttata |
| | 8 | Vegetazione dei campi con erbicidi, vegetazione ruderale pioniera |
| <i>Poliemerobico</i> | 9 | Vegetazione pioniera delle ferrovie, accumuli di macerie, discariche |

Forme biologiche

| <i>Forma biologica</i> | Strategia | Sigla | <i>Sottotipo</i> |
|------------------------|--|----------------|------------------|
| Terofite | <i>Eliminazione delle gemme: piante annuali con superamento della stagione avversa sotto forma di seme</i> | T | |
| | | T caesp | T. cespitose |
| | | T rept | T. reptanti |
| | | T scap | T. scapose |
| | | T ros | T. rosulate |
| | | T par | T. parassite |
| Geofite | <i>Erbe perenni con gemme sotterranee portate da bulbi, tuberi o rizomi</i> | G | |
| | | G rad | G. radicegemmate |
| | | G bulb | G. bulbose |
| | | G rhiz | G. rizomatose |
| | | G par | G. parassite |
| Emicriptofite | <i>Erbe bienni o perenni con gemme a livello del suolo protette da foglie</i> | H | |
| | | H caesp | E. cespitose |
| | | H rept | E. reptanti |
| | | H scap | E. scapose |
| | | H ros | E. rosulate |
| | | H bienn | E. bienni |
| | | H scand | E. scandenti |

| | | | |
|-----------------------|---|-----------------|-----------------|
| Camefite | <i>Piccoli arbusti e suffrutici con gemme a breve distanza dal suolo (< 30 cm)</i> | Ch | |
| | | Ch suffr | C. suffruticose |
| | | Ch scap | C. scapose |
| | | Ch succ | C. succulente |
| | | Ch rept | C. reptanti |
| | | Ch pulv | C. pulvinate |
| | | Ch frut | C. fruticose |
| Fanerofite | <i>Alberi, grandi arbusti, liane con gemme su fusti elevati (> 30 cm) esposte all'aria</i> | P | |
| | | P caesp | F. cespugliose |
| | | P scap | F. arboree |
| | | P lian | F. lianose |
| | | P succ | F. succulente |
| | | P ep | F. epifite |
| | | P rept | F. striscianti |
| Nanofanerofite | <i>Arbusti minori</i> | NP | |
| Idrofite | <i>Piante acquatiche totalmente o in parte immerse con gemme subacquee</i> | I | |
| | | I rad | I. radicanti |
| | | I nat | I. natanti |
| Elofite | <i>Piante radicanti in acqua ma emerse nella parte epigea</i> | He | |

Indici ecologici di Ellenberg

Ellenberg ha presentato questo sistema per circa 2000 specie del centro Europa, basandosi sull'esperienza di 40 anni di ricerche ecologiche di molti specialisti nel campo. Per ciascuna specie sono riportati sei indici, divisi idealmente in due categorie, espressi numericamente in una scala da uno a nove:

FATTORI CLIMATICI

- **L = indice di luminosità (*Lichtzahl*)** : varia da situazioni di piena ombra in sottoboschi chiusi (1) a piena luce in aperta campagna (9)
- **T = indice di temperatura (*Temperaturzahl*)** : descrive un gradiente termico che va dalle specie di clima freddo, delle zone boreali e delle montagne (1) a specie di clima caldo mediterraneo (9)
- **K = indice di continentalità (*Kontinentalitätszahl*)** : è basato sulla corologia delle specie indagate variando da specie oceaniche delle coste atlantiche (1) a specie continentali delle zone interne dell'Eurasia (9)

FATTORI EDAFICI

- **F = indice di umidità (*Feuchtezahl*)** : esprime il gradiente edafico che va da suoli secchi su versanti rocciosi (1) a suoli impregnati d'acqua non ben aerati (9). In questa categoria sono stati aggiunti gli indici supplementari 10-11-12 per indicare suoli inondata periodicamente o perennemente
- **R = indice di pH (*Reaktionszahl*)** : valuta la reazione ionica del suolo e varia da substrati molto acidi (1) a substrati alcalini (9)
- **N = indice di nitrofilia (*N-zahl*)** : si basa sul contenuto di azoto assimilabile (NH_4 , NO_3) e varia da suoli molto poveri in azoto (1) a suoli fertilizzati con eccesso di azoto (9)

Successivamente gli indici ecologici di Ellenberg sono stati elaborati anche per le flore di Polonia e Ungheria. Infine per la flora d'Italia Pignatti ha operato l'integrazione con tutte le specie mediterranee non incluse nel lavoro originale con le relative modifiche tenuto conto delle variazioni dell'optimum ecologico alle nostre latitudini.

I limiti di tale sistema stanno nel fatto che si tratta di una scala empirica, quindi i valori numerici non sono del tutto affidabili e possono portare ad errori di interpretazione se applicati in maniera assoluta. Tuttavia essi trovano un impiego sicuro ed attendibile nella comparazione tra vari tipi di vegetazione, allo scopo di evidenziare gradienti ecologici. In questo ambito si è notata la maggior significatività dei dati ponderati secondo indici di ricoprimento specifico, dando maggior importanza alla reale fisionomia delle formazioni vegetali.

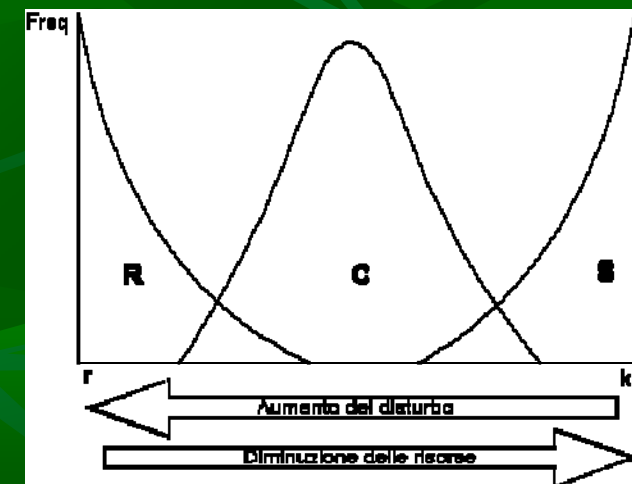
Strategie adattative di Grime

Sintetizzando i diversi fattori ecologici che agiscono sulla vita delle piante, Grime concentra l'attenzione su due componenti fondamentali: il disturbo e lo stress. Si hanno condizioni di **disturbo** quando un fattore esterno alla comunità vegetale risulta dannoso per essa così da determinare distruzione della fitomassa (incendio, taglio, disturbo antropico in generale); si parla invece di **stress** nel caso in cui i fattori ambientali portino ad una riduzione della produttività (stress idrico da aridità, stress termico da freddo, ecc). Ambienti che presentino contemporaneamente elevato stress ed elevato disturbo sono inaccessibili ai vegetali, mentre le tre restanti combinazioni (alto disturbo-basso stress, basso disturbo-alto stress, basso disturbo-basso stress) inducono una serie di adattamenti fisiologici, morfologici e demografici correlati che rappresentano le tre strategie vitali descritte da Grime.

| Disturbo | Stress | Categoria Grime | Esempio |
|-----------------|---------------|--------------------------------|--------------------|
| Basso | Basso | Competitive (C) | Urtica dioica |
| Basso | Alto | Stress tolleranti (S) | Artemisia cretacea |
| Alto | Basso | Ruderali (R) | Papaver rhoeas |

Le specie *competitive*, quindi, richiedono abbondanti risorse e sono in grado di sfruttarle meglio delle altre specie sviluppando una serie di adattamenti specifici (es. rapido sviluppo di ampie volte fogliari, esteso apparato radicale). Le *ruderali* invece sono capaci di rigenerare rapidamente tra un episodio distruttivo e l'altro tramite rizomi, abbondanti banche semi, ecc. Infine le *stress tolleranti* sono in grado di sopravvivere anche in condizioni di scarse risorse ambientali, risultando in questo modo altamente efficienti e capaci di colonizzare ambienti preclusi ad altre specie (es. deserti, calanchi, terreni salati, ecc.). Accanto alle tre categorie fondamentali possono essere individuati tipi intermedi di life strategies dati da combinazioni di livelli moderati di stress e disturbo (CS, CSR, RS, CR).

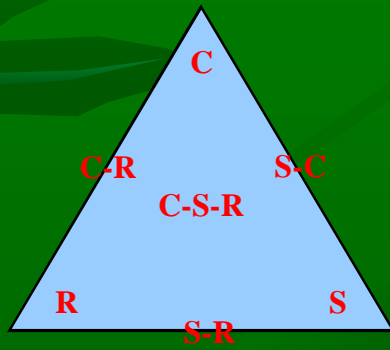
Come evidenziato in figura, mettendo in relazione categorie CSR e strategie rk si nota che le ruderali seguono un gradiente di disturbo crescente occupando la parte sinistra dell'asse r-k, mentre le stress tolleranti si dispongono nella parte destra indicando una graduale diminuzione delle risorse disponibili. Nella parte centrale si ha la gaussiana delle competitive.



Strategie adattative di Grime

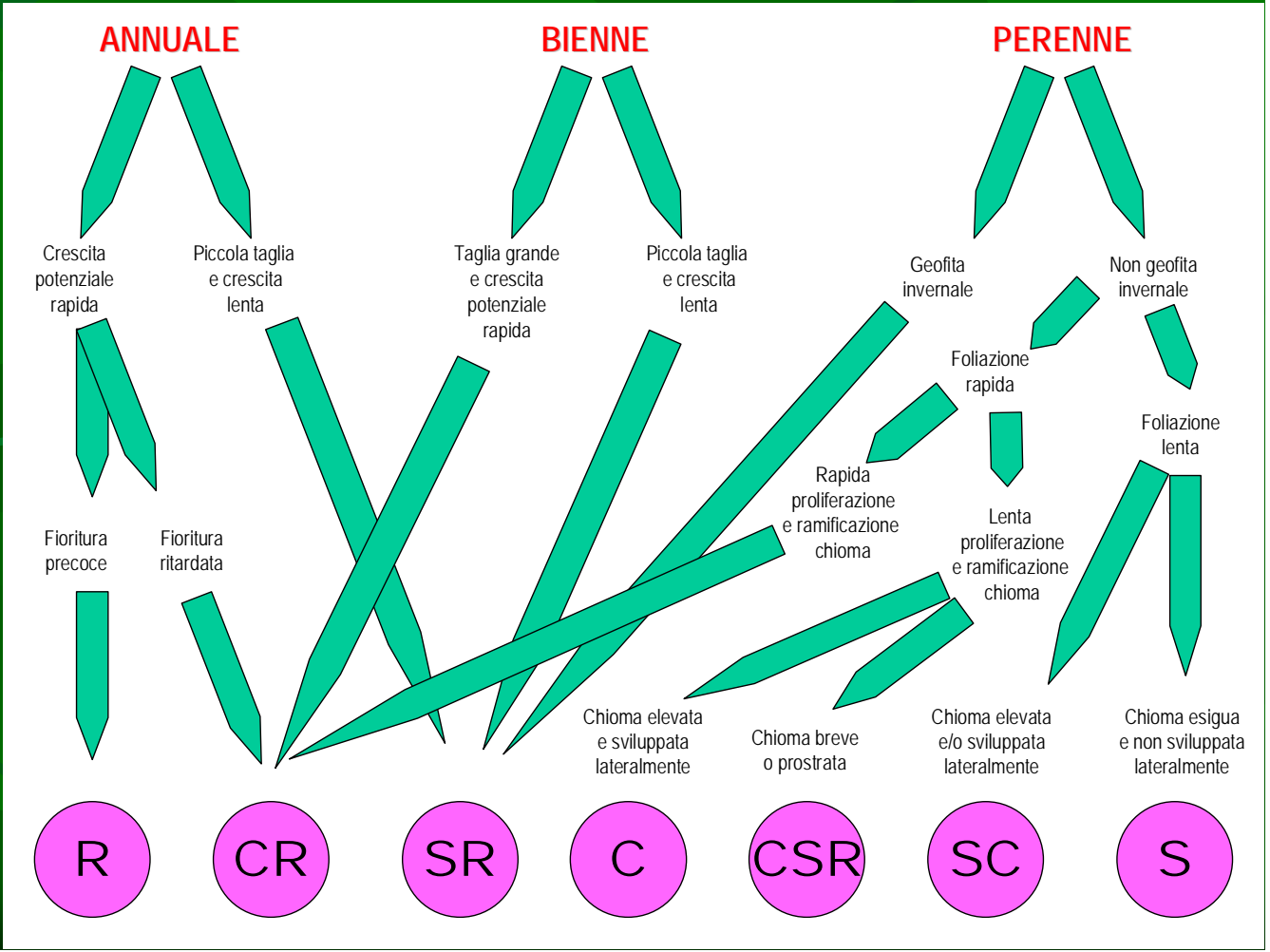
| Intensità di disturbo | Intensità di stress | |
|-----------------------|---------------------|-------------------|
| | Basso | Alto |
| Basso | Competitive | Stress-tolleranti |
| Alto | Ruderali | Non c'è strategia |

Ruderali
Competitive
Stress tolleranti



Chiave dicotomica delle strategie nelle piante erbacee, usata per la classificazione delle specie guida nell'ordinamento triangolare (modificata da Grime et al. 1988):

- C, competitive;
- S, stress-tolleranti;
- R, ruderali;
- C-R, competitive-ruderali;
- S-R, stress-tolleranti-ruderali;
- C-S, stress-tolleranti-competitive;
- C-S-R, piante a strategia C-S-R.



Indicatori per l'agroecosistema

- L'utilizzo di indicatori per la valutazione della qualità ambientale ha come principale pregio la possibilità di fornire informazioni sintetiche e facilmente interpretabili come strumento per la pianificazione in mano al decisore pubblico.
- L'applicazione di tali sistemi ha permesso la conservazione di specie e di habitat naturali e semi-naturali minacciati, ponendo in essere forme attive di tutela nell'ottica della salvaguardia della biodiversità.
- Per contro, però, lo sviluppo di tali tematiche in ambito prevalentemente conservazionistico ha fatto sì che le metodologie di analisi e valutazione utilizzate comportassero limiti di applicabilità soprattutto in ecosistemi fortemente modificati come le aree agricole o urbanizzate. Tali limiti sono espressi principalmente dalla ridotta sensibilità degli indici nei confronti degli effetti, a scala locale, delle modificazioni di natura antropica, ed in particolare della estrema semplificazione floristica e vegetazionale che spesso caratterizza senza soluzione di continuità ampie superfici del territorio rurale.

Agroecosistemi e valutazione della qualità ambientale

- L'importanza degli agroecosistemi per la conservazione del territorio è stata fino a pochi anni fa sottostimata sia dalle politiche agro-ambientali sia dal mondo scientifico.
- La ricerca nel settore agronomico è stata indirizzata principalmente alle dinamiche produttive all'interno dei campi coltivati (qualità e quantità del prodotto, miglioramento delle tecniche colturali) ed in alcuni casi al controllo degli impatti di queste sull'ambiente soprattutto da punto di vista fisico-chimico.
- Nel settore della ricerca ambientale l'attenzione è stata invece concentrata sulla conservazione delle aree naturali di maggior valore naturalistico considerate come principali serbatoi di biodiversità.

L'approccio tradizionale

- Dal punto di vista naturalistico il paesaggio agrario è stato tradizionalmente identificato con le formazioni legnose presenti al margine delle coltivazioni, come siepi, filari alberati, boschetti, arbusteti, etc.
- Si tratta di forme di vegetazione semi-naturale che possiedono un preciso livello informativo ed un valore ambientale a volte anche molto elevato (come nel caso di vegetazione forestale residuale), ma che risultano relativamente poco sensibili alle modificazioni indotte dalle pratiche agricole esercitate al loro margine.
- Molto più sensibili alle condizioni ambientali ed alle influenze antropiche, oltre che assai più ricche di forme e di combinazioni, risultano essere le formazioni erbacee, che per questo motivo rappresentano un valido indicatore utilizzabile per la lettura del paesaggio.
- È dunque grazie a questa “sensibilità”, ed alla possibilità di misura e quantificazione della stessa, che le formazioni vegetali erbacee ed arbustive possono fornire informazioni di fondamentale importanza sia per il monitoraggio della qualità degli habitat, sia per la pianificazione degli interventi e la scelta delle pratiche agricole più idonee al contesto presente in un determinato momento.

Un approccio innovativo

- L'analisi della qualità ambientale negli agroecosistemi è dunque stata incentrata sullo studio delle formazioni di margine (soprattutto erbacee), sia dal punto di vista della vegetazione sia nei confronti della capacità di ospitare fauna utile a livello agronomico e come bio-indicazione.
- La costituzione di un sistema per la valutazione della qualità ambientale negli agroecosistemi nasce dalla necessità di predisporre uno strumento di analisi della componente vegetale che ne utilizzi al massimo il potenziale informativo, sfruttando le prerogative del metodo fitosociologico (metodo floristico, speditivo e statistico) e del suo approccio dinamico più innovativo.
- Il sistema proposto ha lo scopo principale di fornire una valutazione della qualità fitocenotica di un'area in un determinato momento a partire dallo studio della vegetazione, ed in particolare dai dati contenuti all'interno delle tabelle fitosociologiche, utilizzando le informazioni riguardanti le specie presenti, le forme biologiche, i tipi corologici, il grado di copertura del suolo e la caratterizzazione dinamica dei syntaxa.
- Tali informazioni permettono infatti di valutare il grado di biodiversità delle fitocenosi e di comprenderne le relazioni con i diversi stadi di complessità e maturità del mosaico vegetazionale: una formazione boscata matura, ad esempio, può presentare una biodiversità minore rispetto a formazioni erbacee di margine come praterie od orli di vegetazione (soprattutto all'interno dell'agroecosistema), elemento questo che dovrebbe avere enorme influenza sulle scelte gestionali e di conservazione.

STUDI INTEGRATI

Lo studio della vegetazione e del paesaggio vegetale permettono una analisi accurata, ma prevalentemente qualitativa

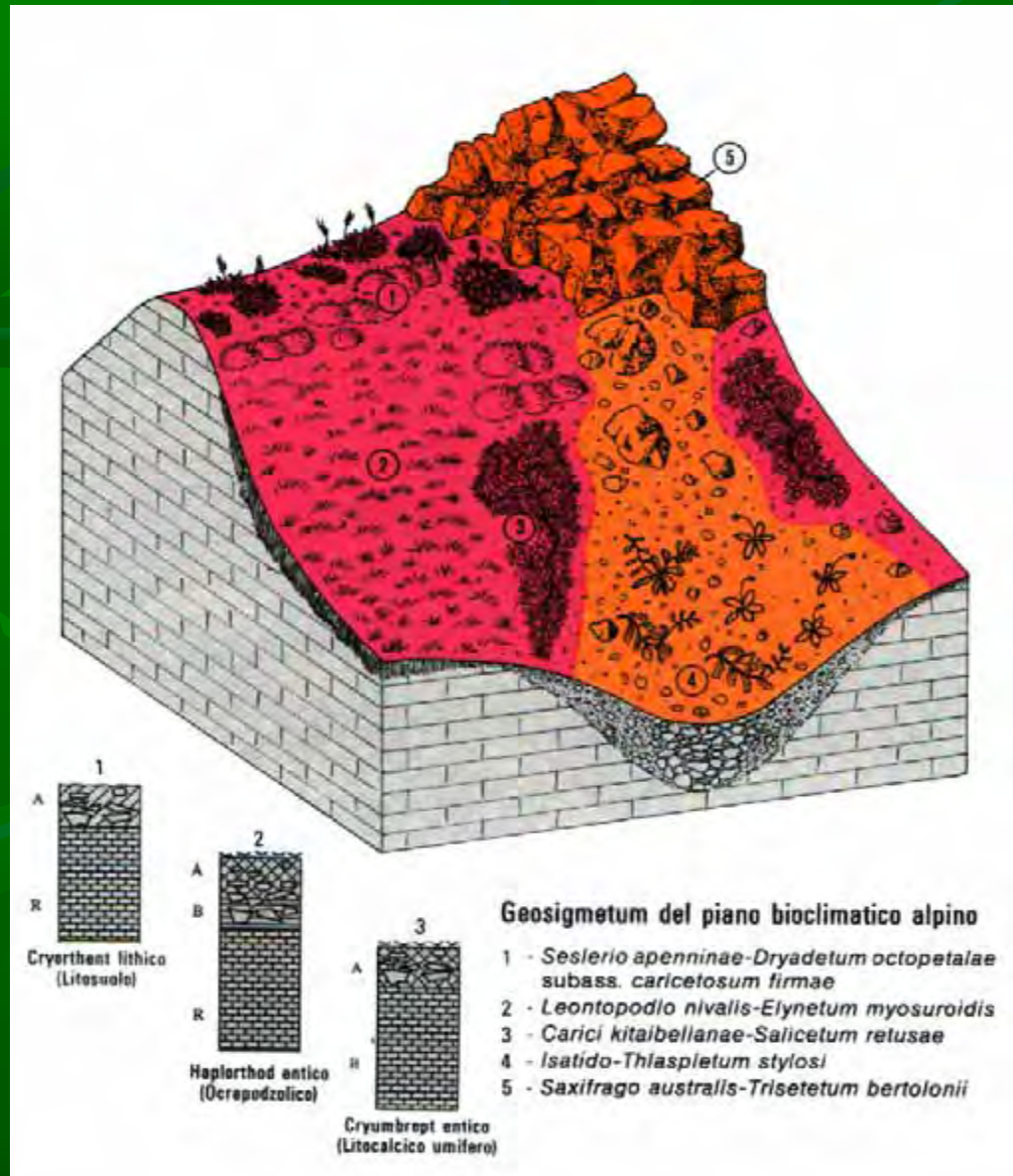
Gli studi della vegetazione integrati permettono di ottenere anche informazioni di tipo quantitativo, spesso indispensabili nel monitoraggio e nella gestione ambientali

PAESAGGIO DI CAMPO IMPERATORE



Panoramica dei settori più elevati di Campo Imperatore con il Corno Grande all'orizzonte, i versanti di M. Aquila ed in primo piano uno dei circhi glaciali di M. Portella

CARTA FITOECOLOGICA DI CAMPOIMPERATORE (GRAN SASSO)

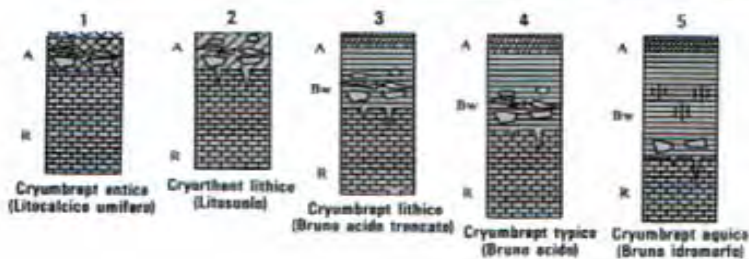
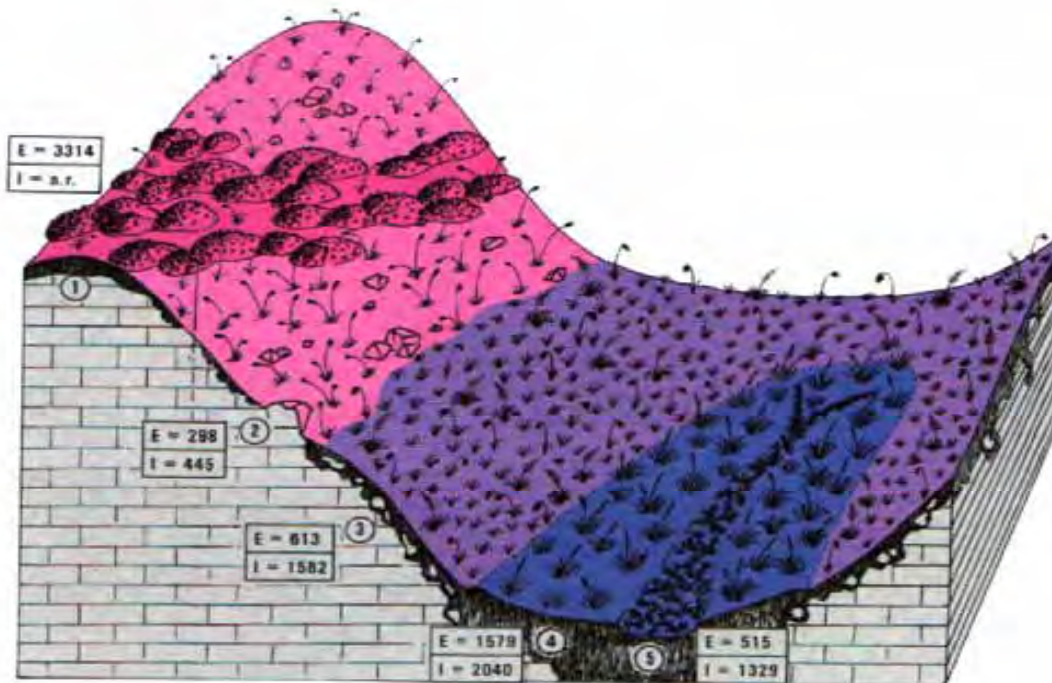


STUDIO DELLA
VEGETAZIONE
INTEGRATO CON QUELLO
DEI SUOLI E DELLA
BIOMASSA VEGETALE

ogni unità cartografata descrive
una tipologia fitosociologica
correlata con un preciso profilo
pedologico e con un diverso
valore di fitomassa epigea ed
ipogea

Piano bioclimatico alpino

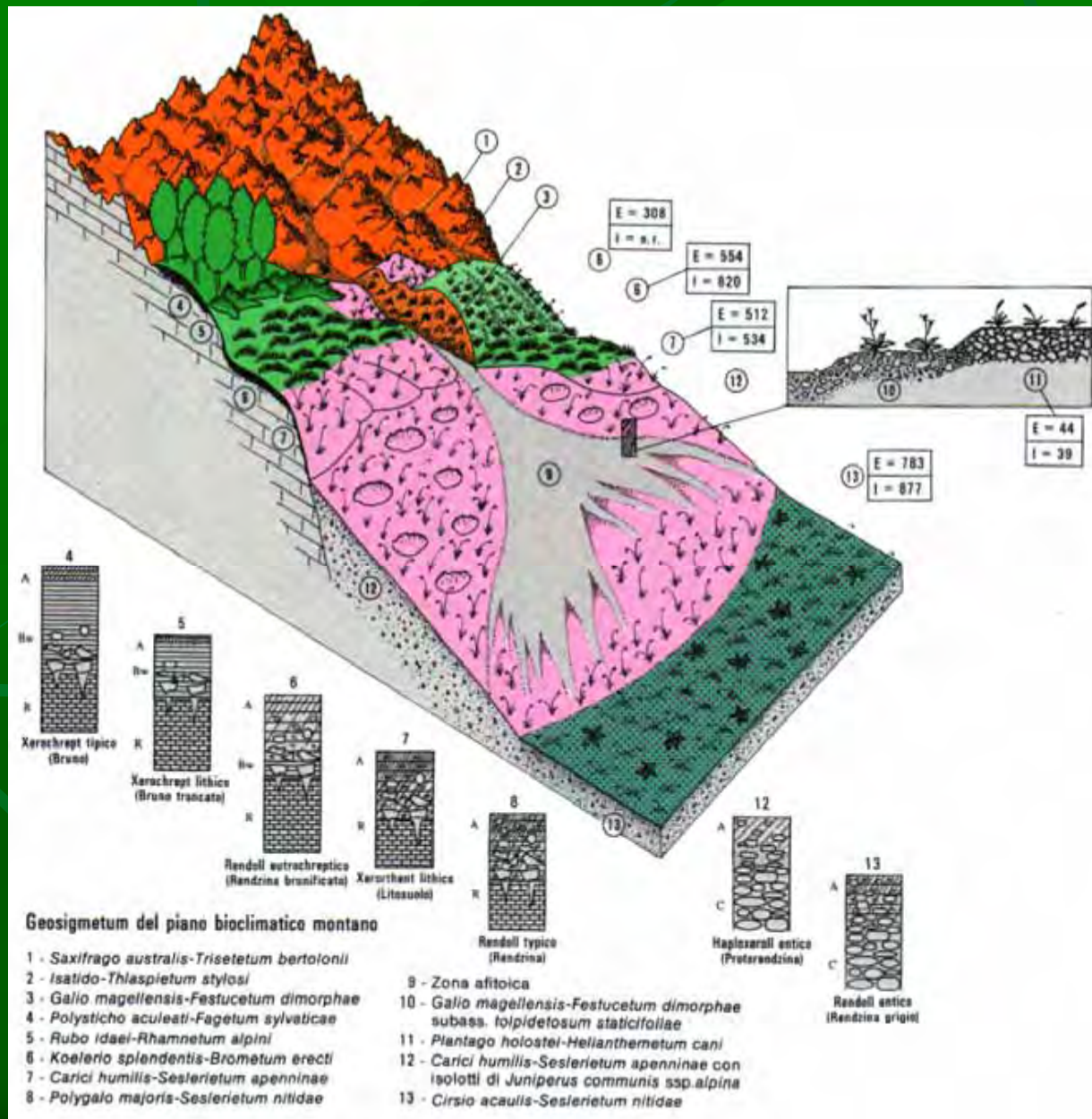
IL PIANO SUBALPINO



Geosigmetum del piano bioclimatico subalpino

- 1 - *Daphno oleoidis-Juniperetum alpinae*
subass. *arctostaphyletosum uvae-ursi*
- 2 - *Seslerietum apenninae*
- 3 - *Luzulo italicae-Festucetum microphyllae*
subass. *caricetosum kitaibelianae*
- 4 - *Luzulo italicae-Festucetum microphyllae*
- 5 - *Taraxaco apennini-Trifolietum thalii*

IL PIANO MONTANO



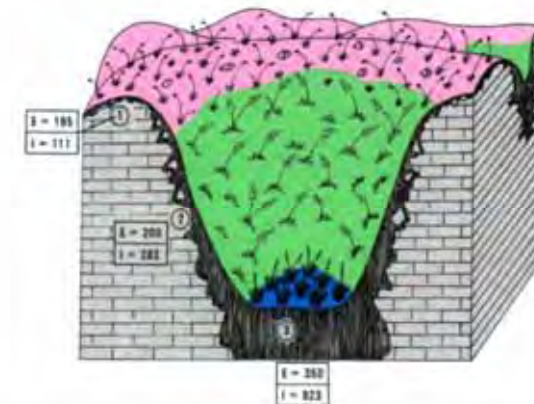
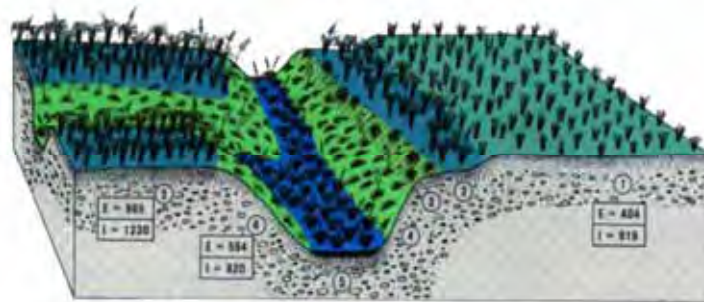
I CAMPI DI DOLINE DI CAMPO IMPERATORE



Uno degli aspetti di maggior complessità vegetazionale è costituito dal sistema di doline di origine morenica che caratterizzano un ampio settore caratterizzato da variazioni vegetazionali a scala ridotta che danno origine a microgeosigmeti

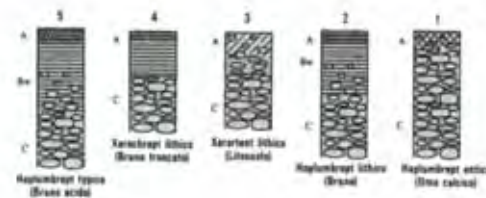
MICROGEOSIGMETI

Legenda profili del suolo



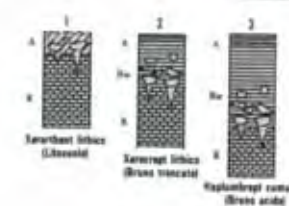
Microgeosigmetum dei depositi alluvio-glaciali e lacustri

- 1 - Poo alpinae-Festucetum circummediterraneae
- 2 - Poo alpinae-Festucetum circummediterraneae subass. poetosum violaceae
- 3 - Koelerio splendidae-Brometum erecti subass. festucetosum robustifoliae
- 4 - Koelerio splendidae-Brometum erecti
- 5 - Poo violaceae-Nardetum strictae subass. festucetosum circummediterraneae



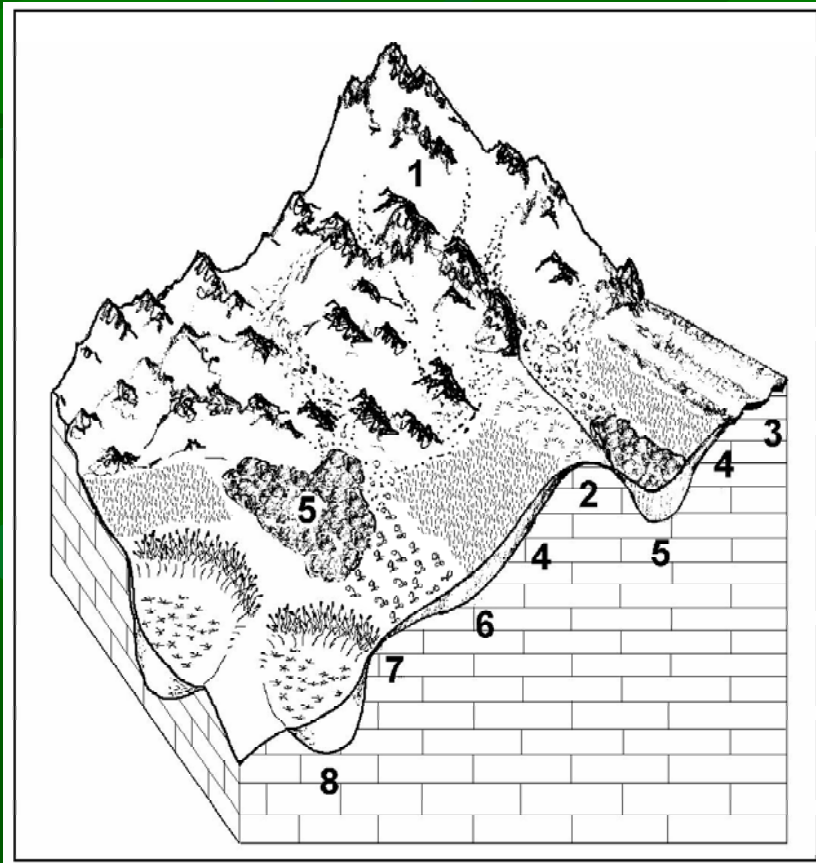
Microgeosigmetum delle doline

- 1 - Carici humilis-Seslerietum apenninae
- 2 - Koelerio splendidae-Brometum erecti
- 3 - Poo violaceae-Nardetum strictae subass. festucetosum circummediterraneae



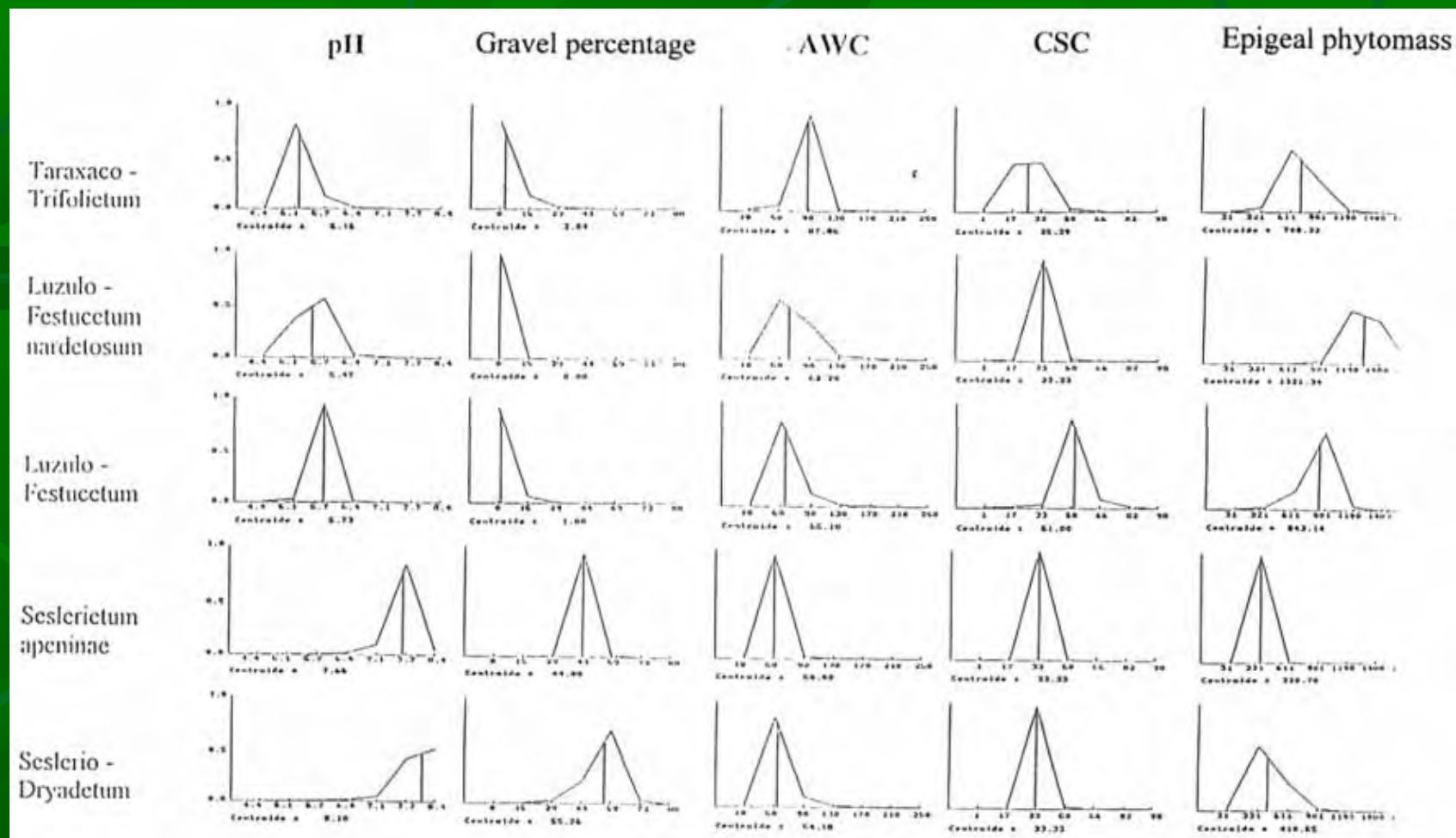
VEGETAZIONE SOMMITALE

Vegetazione dei settori
sommitali del Corno grande



- 1 - *Drabo asperae*-*Cerastietum thomasi* +
Saxifrago australis-*Trisetetum bertolonii*
- 2 - *Seslerio apenninae*-*Dryadetum*
octopetalae
- 3 - *Seslerietum apenninae*
- 4 - *Leontopodio nivalis*-*Elynetum*
myosuroidis
- 5 - *Carici kitaibelianae*-*Salicetum retusae*
- 6 - *Gnaphalio-Plantaginetum atratae* var.
a Soldanella alpina
- 7 - *Gnaphalio-Plantaginetum atratae*
alopeuretosum gerardii
- 8 - *Armerio majellensis*-*Salicetum*
herbaceae + *Gnaphalio-Plantaginetum*
atratae

SPAZIO ECOLOGICO



Curve di risposta di alcune associazioni del piano alpino rispetto ai parametri ecologici e stagionali del pH, scheletro, capacità idrica, capacità di scambio ionico, fitomassa epigea.