

MICHELE LONATI (\*)

## **ANALISI DI GRADIENTI ECOLOGICI IN FORMAZIONI PASCOLIVE MEDIANTE GLI INDICI DI LANDOLT: UN ESEMPIO IN VALLE MAIRA (ALPI COZIE, PIEMONTE) <sup>(1)</sup>**

*Nel seguente lavoro viene descritta una analisi di gradienti ecologici mediante l'impiego degli indici di LANDOLT (1977), al fine di approfondire i range ecologici di alcune tipologie di vegetazione pastorale ritenute significative nelle Alpi occidentali (formazioni a mosaico del piano alpino superiore, formazioni a Festuca paniculata, formazioni a Nardus stricta - Trifolium alpinum - Carex sempervirens). Le formazioni vegetazionali analizzate sono state volutamente selezionate secondo un crescente grado di utilizzazione pastorale, allo scopo di testare l'applicabilità del metodo in condizione di differente intensità di disturbo sulla vegetazione.*

*Per ciascuna tipologia vegetazionale considerata vengono presentati i diagrammi di distribuzione dei rilievi secondo i principali gradienti individuati.*

*La separazione ecologica appare molto netta per le formazioni in cui la vegetazione è determinata principalmente dalla componente ambientale abiotica, mentre gli spazi ecologici tendono progressivamente a sfumare ed a sovrapporsi nei gruppi vegetazionali più disturbati dal pascolamento. Per questi ultimi la ripartizione in differenti nicchie ecologiche, sebbene meno netta, si presenta in ogni caso ordinata lungo i gradienti predefiniti. La metodologia descritta lascia pertanto buone prospettive future per una interpretazione su più larga scala della sinecologia delle formazioni pastorali delle Alpi occidentali.*

*Parole chiave:* Indici di Landolt; pascolo; Piemonte; sinecologia.

*Key words:* Landolt indicator values; pasture; Piedmont; synecology.

### INTRODUZIONE

L'analisi dei gradienti riveste notevole interesse nello studio ecologico delle comunità vegetali, al fine di evidenziarne i legami di contiguità sul territorio e la ripartizione in differenti nicchie ecologiche. Esso viene impostato

---

(\*) Dottorando in Foraggicoltura e Pastoralismo montano. Dipartimento di Agronomia, Selvicoltura e Gestione del Territorio. Università degli Studi di Torino.

<sup>1</sup> Dati raccolti nell'estate 2002 nell'ambito del progetto «I tipi pastorali degli areali alpini piemontesi» (Responsabile della ricerca: prof. A. Cavallero, Dip. Agro. Selvi. Ter. – Università di Torino; in corso di svolgimento).

principalmente secondo due approcci (ORLOCI, 1978). Il primo (analisi diretta dei gradienti) ordina i rilevamenti secondo degli assi che sintetizzano la combinazione lineare e non lineare dei fattori chimico-fisici rilevati (acqua, temperatura, luce, nutrienti, ecc.); l'iperspazio individuato viene detto spazio di risposta (*Response space*). L'altro approccio (analisi indiretta dei gradienti) rappresenta lo spazio ecologico attraverso assi che sono la combinazione lineare e non lineare delle specie che costituiscono la vegetazione; l'iperspazio così individuato viene denominato spazio campione (*Sample space*). Gli assi di ordinamento ottenuti mediante l'analisi dei gradienti indiretti possono essere correlati con i singoli fattori ecologici (FEOLI *et al.*, 1982).

Un terzo approccio di rappresentazione degli spazi ecologici, intermedio tra i due, è basato sull'impiego di indici ecologici (WHITTAKER, 1967). In tale caso l'informazione contenuta dalle singole specie rilevate viene sintetizzata tramite indici empirici, tra cui i più noti sono quelli di ELLEMBERG (1974) e di LANDOLT (1977). Tale metodologia è stata applicata con buoni risultati sia a formazioni forestali (LAGONEGRO e FEOLI, 1984; PIGNATTI, 1998), sia ad alcune formazioni prato-pascolive delle Alpi orientali (FEOLI *et al.*, 1979; FEOLI e BURBA, 1993). Essa comporta alcuni vantaggi rispetto all'analisi indiretta dei gradienti, tra cui una riduzione del numero di variabili (con conseguente riduzione delle dimensioni dell'iperspazio considerato) ed una più immediata interpretazione dei risultati.

Nel presente lavoro vengono presentati alcuni risultati circa l'individuazione, mediante l'impiego di indici di Landolt, dello spazio ecologico occupato da alcune formazioni pascolive significative delle Alpi Occidentali, quale utile supporto per una interpretazione della distribuzione sul territorio considerato. L'obiettivo è di valutare l'applicabilità del metodo a formazioni erbacee a differente grado di utilizzazione pastorale, la cui vegetazione è caratterizzata da un crescente disturbo connesso al pascolamento.

## MATERIALI E METODI

I rilievi vegetazionali sono stati realizzati secondo il metodo di analisi lineare di DAGET e POISSONET (1969, 1971). Per ciascun transetto sono state calcolate le contribuzioni specifiche ( $CS_i$ ) delle specie rilevate. La nomenclatura utilizzata è quella indicata da PIGNATTI (1982).

I dati vegetazionali (riuniti in una matrice di  $n$  specie  $\times$   $m$  rilievi), sono stati sottoposti ad una riduzione della ridondanza secondo il metodo della somma dei quadrati proposto da ORLOCI (1976, 1978). Per la selezione delle specie di rango superiore si è scelta una soglia di contributo alla varianza totale pari all'80% (FEOLI *et al.*, 1982).

Sulla base dei  $CS_i$  delle specie selezionate, i rilievi sono stati classificati tramite *cluster analysis* (metodo di cluster: legame medio; misura dell'intervallo: correlazione di Pearson), al fine di individuare gruppi omogenei di vegetazione. Questi sono stati denominati tramite le specie più abbondanti, raggiungenti una contribuzione specifica media cumulata di 30-50% (DAGET e POISSONET, 1969). Quando possibile vengono affiancate le indicazioni relative alle unità fitosociologiche di appartenenza (OBERDORFER, 1983).

Per ciascun transetto di vegetazione sono stati calcolati i valori medi degli 8 indici ecologici di LANDOLT (1977), ponderati con le contribuzioni specifiche di abbondanza delle specie rilevate. Sulla base degli indici ecologici medi, i rilievi sono stati ordinati secondo una analisi delle componenti principali (PCA) (DAGNELIE, 1975). Si è applicato il sistema di biondicazione di Landolt, in quanto ritenuto più adatto per le regioni settentrionali d'Italia, in particolar modo in ambienti alpini e subalpini (PIGNATTI *et al.*, 2001). I valori riportati dall'Autore sono stati assunti integralmente, non essendo scopo del lavoro una loro revisione.

L'incrocio dei risultati ottenuti dalla *cluster analysis* e dall'*analisi delle componenti principali* ha permesso di mettere in evidenza i gradienti ecologici secondo cui si distribuiscono spazialmente le differenti tipologie di vegetazione considerate.

L'analisi è stata elaborata per tre differenti formazioni pascolive dello stadio montano, subalpino ed alpino:

1. Vegetazione a mosaico dello stadio alpino superiore (elineti, vallette nivali)
2. Formazioni a *Festuca paniculata*
3. Formazioni a *Nardus stricta*, *Carex sempervirens* e *Trifolium alpinum* (nardeti-trifoglieti-sempervireti)

I tre gruppi sono stati appositamente scelti al fine di cogliere il diverso peso sulla vegetazione esercitato dai fattori climatico-ambientali (temperatura, innevamento, esposizione, ecc.) e gestionali (intesi come bilancio tra prelievi e restituzioni degli animali domestici al pascolo). In tale contesto, le formazioni dello stadio alpino superiore sono quelle più fortemente influenzate dai fattori climatico-ambientali, in quanto situate al limite naturale della vegetazione, dove questi si esplicano in modo più selettivo. All'opposto, i nardeti-trifoglieti-sempervireti sono maggiormente influenzati dai fattori gestionali, essendo l'abbondanza di *Nardus stricta* proporzionale agli effetti di un pascolamento squilibrato (prelievi abbinati a basse o nulle restituzioni), senza il quale raramente il nardo riuscirebbe a reggere la competizione con le altre specie e diventare dominante.

Una posizione intermedia è occupata dalle formazioni a *Festuca paniculata*, tipicamente interessate da pascolamento estensivo.

## RISULTATI

1. *Vegetazione a mosaico dello stadio alpino superiore (elineti, vallette nivali)*

I gruppi vegetazionali individuati tramite *cluster analysis* sono rappresentati in figura 1. L'analisi delle componenti principali (figura 2) permette di separare assai bene sotto il profilo ecologico le formazioni di cresta, ascrivibili all'*Elynetum* Br.-Bl. 1913 (ad *Elyna myosuroides* ed a *Festuca quadriflora*), da quelle delle combe nivali, appartenenti al *Salicetum herbaceae* Br.-Bl. 1913 (a *Salix herbacea*, ad *Alchemilla pentaphyllea* ed a *Carex foetida*). In particolare le formazioni di cresta si differenziano per elevati valori di continentalità e luce (fatto che rispecchia le condizioni di scarso innevamento), e per elevati valori di pH del suolo, che riflettono i modesti processi di acidificazione legati alla degradazione ed umificazione della sostanza organica. Si evidenziano inoltre bassi valori di freschezza e assenza di fenomeni di asfissia, come è normale attendersi in situazioni di displuvio dove, al contrario, la scarsa permanenza dell'acqua e l'azione continua del vento determina condizioni di secchezza pronunciata.

In posizione ecologicamente opposte ritroviamo le formazioni nivali, caratterizzate da alti valori di freschezza e di ristagno idrico, con suoli maggiormente dotati in sostanze nutritive azotate. Ricordiamo che la concomi-

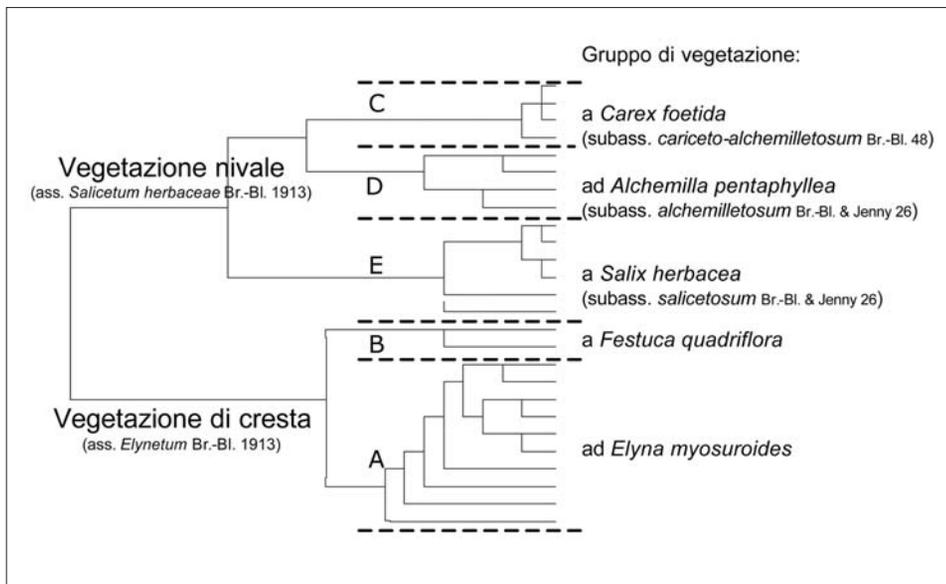


Figura 1 – Gruppi di vegetazione dello stadio alpino superiore, individuati tramite *cluster analysis* (Valle Maira).

– *Cluster analysis in the alpine belt vegetation type* (Valle Maira).

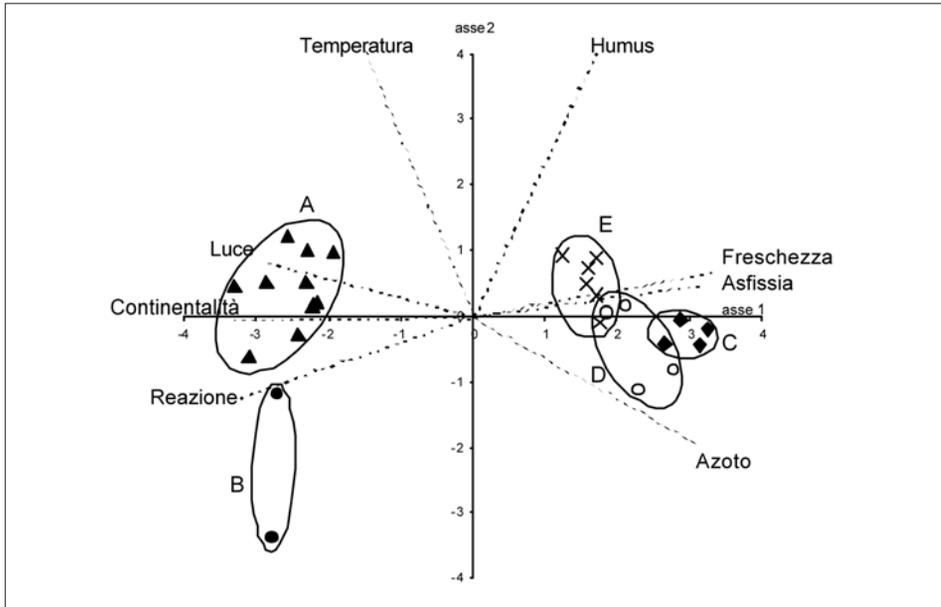


Figura 2 – Ordinamento (PCA), effettuato sui valori medi degli indici di Landolt, dei gruppi di vegetazione dello stadio alpino superiore (Valle Maira):

- ▲ A - ad *Elyna myosuroides*
- B - a *Festuca quadriflora*
- ◆ C - a *Carex foetida*
- D - ad *Alchemilla pentaphyllea*
- × E - a *Salix herbacea*

– Ordination (PCA), using average Landolt indicator values, in the alpine belt vegetational type (Valle Maira).

tanza di bassi valori di continentalità e di temperatura indicano formazioni che esigono un lungo periodo di innevamento (LANDOLT, 1977).

In senso verticale si separano assai bene tra loro le due tipologie di cresta, con le formazioni a *Festuca quadriflora* relativamente più microterme e localizzate su substrati più grezzi e meno ricchi in humus rispetto alle formazioni ad *Elyna myosuroides*.

Buona appare pure la separazione ecologica delle tre tipologie delle combe nivali (formazione a *Salix herbacea*, ad *Alchemilla pentaphyllea* ed a *Carex foetida*), che rappresentano le relative subassociazioni fitosociologiche del *Salicetum herbaceae* Br.-Bl. 1913 (fig. 1). Il gruppo di vegetazione a *Carex foetida* si discosta dagli altri per le condizioni di più marcata freschezza, asfissia e disponibilità di azoto, così da indicare la presenza di suoli fertili, caratterizzati da maggior ristagno di acqua. Le formazioni ad *Alchemilla pentaphyllea* si differenziano da quelle a *Salix herbacea* essenzialmente per i più elevati valori in elementi nutritivi, a conferma del fatto che *Alche-*

*milla pentaphyllea* si riviene più abbondantemente su suoli maggiormente evoluti, così come osservato da GIACOMINI e PIGNATTI (1955) al Passo dello Stelvio.

## 2. Formazioni a *Festuca paniculata*

I festuceti a *Festuca paniculata*, pur apparendo fisionomicamente molto simili tra loro per la presenza di uno strato superiore costituito dalla specie edificatrice da cui prendono nome, si presentano assai diversificati sotto il profilo floristico. La *cluster analysis* (fig. 3) ha permesso di individuare nell'ambito di questa tipologia tre differenti gruppi vegetazionali. L'analisi delle componenti principali (fig. 4) separa nettamente lungo il primo asse i festuceti a *Nardus stricta* e *Trifolium alpinum*, che si differenziano dagli altri per la spiccata oligotrofia e la considerevole acidità del suolo; essi si collocano inoltre in condizioni di temperature relativamente più basse rispetto alle altre formazioni più termofile. Al contrario, i festuceti a *Brachypodium caespitosum* e *F. ovina* s.l. si separano per le condizioni di azoto, temperatura e pH relativamente più elevati.

L'affermarsi delle formazioni più fertili a *Polygonum bistorta* e *F. rubra* s.l. è condizionata da elevati tenori in humus del suolo, per i quali un ruolo

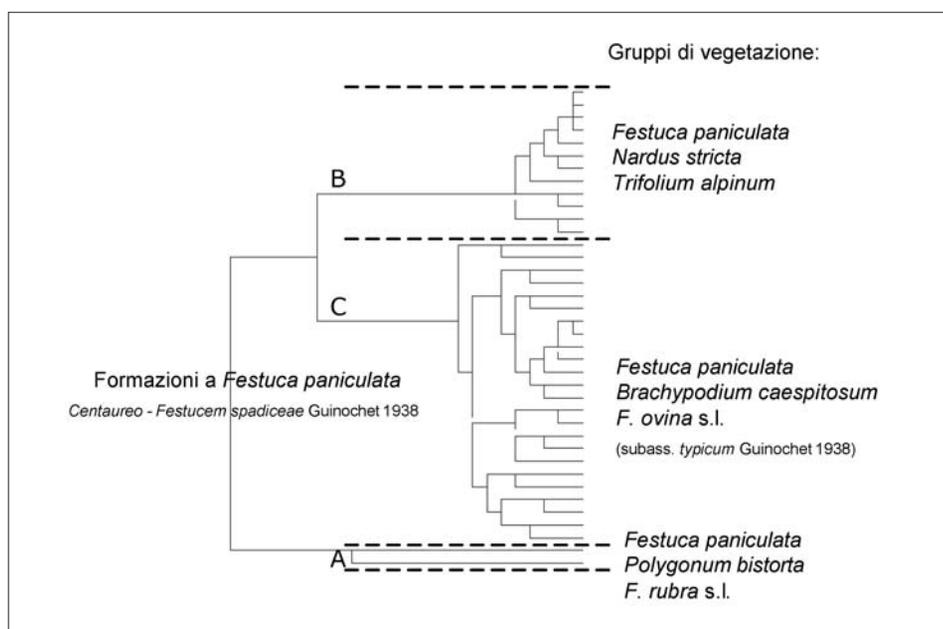


Figura 3 – Gruppi vegetazionali delle formazioni a *Festuca paniculata*, individuati tramite *cluster analysis* (Valle Maira).

– *Cluster analysis in the Festuca paniculata type of vegetation* (Valle Maira).

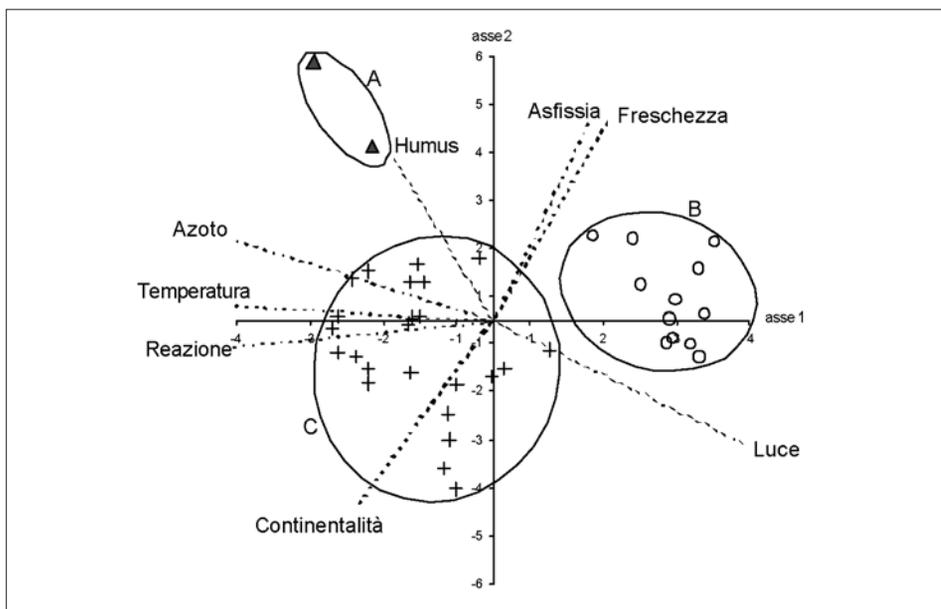


Figura 4 – Ordinamento (PCA), effettuato sui valori medi degli indici di Landolt, dei gruppi di vegetazione individuati nell'ambito delle formazioni a *Festuca paniculata* (Valle Maira):

▲ A - a *Festuca paniculata*, *Polygonum bistorta* e *Festuca rubra* s.l.

○ B - a *Festuca paniculata*, *Nardus stricta* e *Trifolium alpinum*

+ C - a *Festuca paniculata*, *Brachypodium caespitosum* e *Festuca ovina* s.l.

– Ordination (PCA), using average Landolt indicator values, in the *Festuca paniculata* type of vegetation (Valle Maira).

non trascurabile hanno avuto le pregresse concimazioni di queste cotiche un tempo sfalciate.

Se globalmente i festuceti a *Festuca paniculata* possono essere inquadrati sotto il profilo fitosociologico nell'associazione *Centaureo - Festucetum spadiceae* Guinochet 1938 descritto da BARBERO (1970) sulle Alpi Marittime e Liguri, più complessa è una descrizione ed inquadramento delle singole formazioni in subassociazioni fitosociologiche. I festuceti a *Festuca paniculata* con *Brachypodium caespitosum* e *F. ovina* s.l. sono infatti descritti assai bene dalla subassociazione *typicum*; al contrario mancano subassociazioni idonee alla descrizione dei due altri gruppi individuati.

### 3. Formazioni a *Nardus stricta*, *Carex sempervirens* e *Trifolium alpinum* (*nardeti-trifoglieti-sempervireti*)

La *cluster analysis* di questa complessa formazione vegetazionale ha evidenziato l'esistenza di otto differenti gruppi di vegetazione (fig. 5). La loro ripartizione ecologica, seppur con grosse zone di sovrapposizione, con-

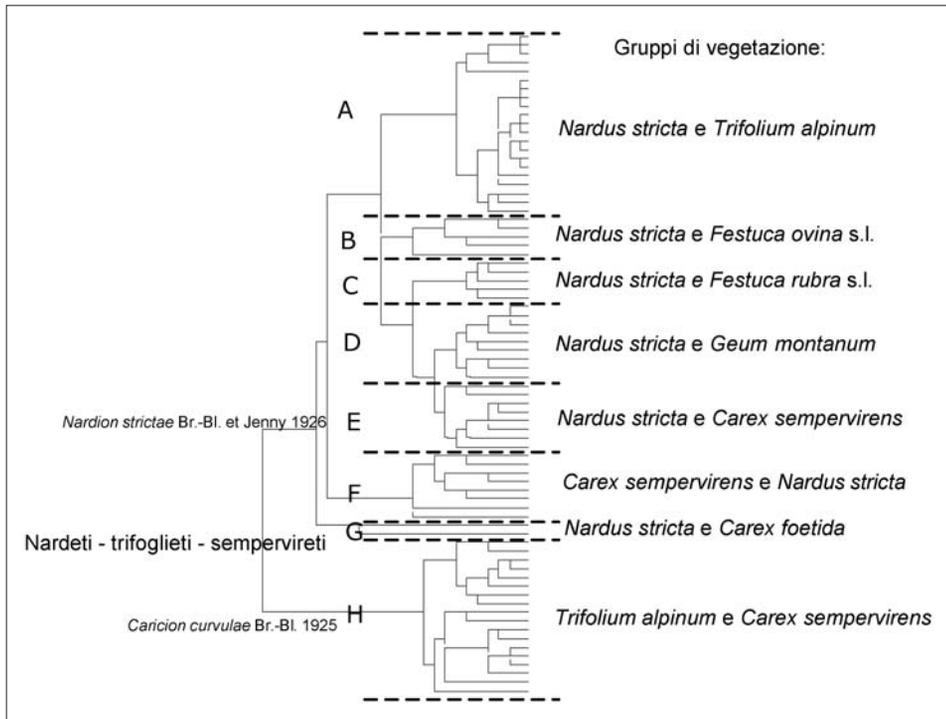


Figura 5 – Gruppi vegetazionali dei nardeti-trifoglieti-sempervireti, individuati tramite *cluster analysis* (Valle Maira).

– *Cluster analysis in the Nardus stricta - Trifolium alpinum - Carex sempervirens type of vegetation* (Valle Maira).

sente di cogliere distinti gradienti di distribuzione (fig. 6). Così, ad esempio, i nardeti a *Nardus stricta* e *Carex foetida* (gruppo G) si separano dagli altri per elevate condizioni di freschezza, di humus e di asfissia del suolo, con analogie ecologiche già riscontrate nelle tipologie propriamente nivali con le quali sono spesso a contatto. Al contrario, i trifoglieti a *Trifolium alpinum* e *Carex sempervirens* (gruppo H) sono caratterizzati da bassi valori di freschezza del suolo, elevata eliofilia e continentalità, indicando scarso innevamento del suolo ed esposizione all'azione del vento, come già visto per gli elineti di cresta. Da notare che, rispetto agli elineti, i trifoglieti sono caratterizzati da accentuata acidità del suolo.

Dai trifoglieti, lungo un gradiente che vede progressivamente aumentare le condizioni di freschezza del suolo, si passa prima verso i trifoglio-nardeti (gruppo A: a *Nardus stricta* e *Trifolium alpinum*), poi verso i nardeti a *Nardus stricta* e *Geum montanum* (gruppo D), nonostante questi ultimi si differenzino parzialmente anche in senso verticale (asse 2), denotando un aumento

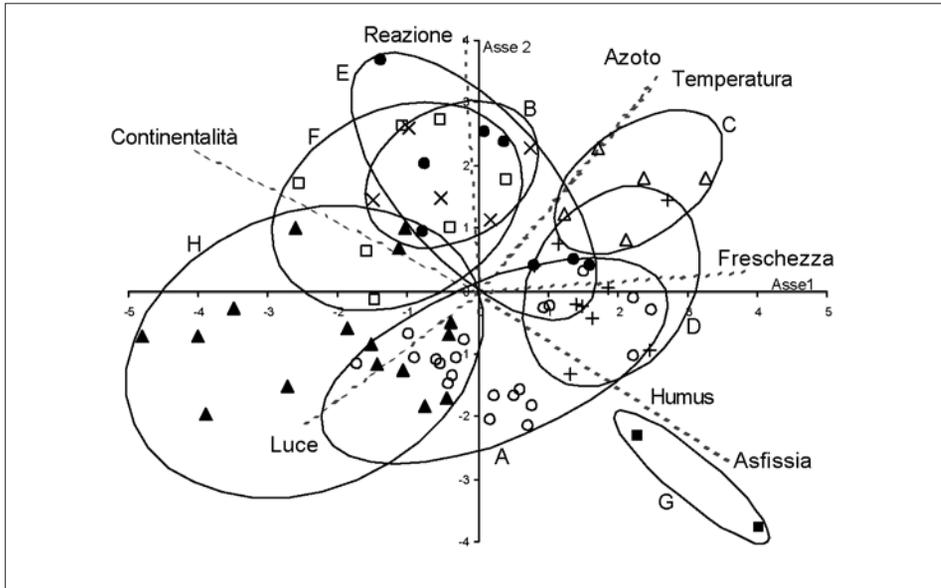


Figura 6 – Ordinamento (PCA), effettuato sui valori medi degli indici di Landolt, dei gruppi di vegetazione delle individuati nell’ambito dei nardeti-trifoglieti-sempervireti (Valle Maira):

- A - *Nardus stricta* e *Trifolium alpinum*
- E - *Nardus stricta* e *Carex sempervirens*
- × B - *Nardus stricta* e *Festuca ovina* s.l.
- F - *Carex sempervirens* e *Nardus stricta*
- △ C - *Nardus stricta* e *Festuca rubra* s.l.
- G - *Nardus stricta* e *Carex foetida*
- + D - *Nardus stricta* e *Geum montanum*
- ▲ H - *Trifolium alpinum* e *Carex sempervirens*

– Ordination (PCA), using average Landolt indicator values, in the *Nardus stricta* - *Trifolium alpinum* - *Carex sempervirens* type of vegetation (Valle Maira).

delle condizioni termiche e di fertilità. Il migliore contenuto di elementi nutritivi azotati nel suolo porta verso i nardeti a *Nardus stricta* e *Festuca rubra* s.l. (gruppo C), che rappresentano la forma di transizione (evolutiva o involutiva, a seconda delle condizioni) verso i festuceti a *Festuca rubra* propriamente detti. Lungo l’asse verticale si differenziano ancora, per valori di acidità di suolo meno accentuati, i nardeti a *Nardus stricta* e *Festuca ovina* s.l. (gruppo B), i nardeti a *Nardus stricta* e *Carex sempervirens* (gruppo E) e i nardo-sempervireti a *Carex sempervirens* e *Nardus stricta* (gruppo F).

## CONCLUSIONI

L’impiego degli indici di Landolt nell’analisi di gradienti ecologici ha dato buoni risultati nella definizione degli iperspazi ecologici di alcune formazioni pastorali significative delle Alpi Occidentali.

L'analisi vegetazionale, abbinata a quella sinecologica, ha permesso di individuare alcune tipologie vegetazionali ben differenziate, meritevoli in futuro di ulteriori approfondimenti anche dal punto di vista fitosociologico: ne sono un esempio le formazioni a *Festuca paniculata*, *Nardus stricta* e *Trifolium alpinum*, per le quali potrebbe essere ipotizzabile l'inserimento in una nuova subassociazione (*nardetosum strictae*) del *Centaureo-Festucetum spadiceae* Guinochet 1938 (MONDINO, 2003).

La separazione ecologica è molto netta quando l'influenza dei fattori climatico-ambientali che agiscono nel determinare il tipo di vegetazione è elevata. Al contrario, in formazioni vegetazionali fortemente condizionate dal pascolamento (es. nardo-trifoglieti-sempervireti) le nicchie ecologiche individuate si sovrappongono maggiormente. Questo farebbe supporre che l'indice di azoto non è sufficiente per sintetizzare in modo esaustivo l'azione dei fattori connessi al pascolamento (calpestamento, brucamento e restituzioni). Non va dimenticato, d'altronde, che la presenza degli animali al pascolo determina un disturbo continuo sulla vegetazione, favorendo processi evolutivi e variazioni più o meno evidenti sulla stessa composizione vegetazionale, tale da indurre un «rumore di fondo» che rende meno chiara l'interpretazione dei risultati. Altri fattori possono ancora contribuire ad aumentare l'incertezza. Tra questi ricordiamo:

- la possibilità di incontrare, nell'ambito della stessa specie, differenti razze geografico-ecologiche. In tal senso gli indici di Landolt andrebbero usati con maggior cautela (o verificati) nei distretti più meridionali delle Alpi Marittime e Liguri
- l'assenza di indicazioni ecologiche per alcune specie ad areale W-Alpico e per numerosi endemismi che caratterizzano il settore indagato (MONTACCHINI, 1976), non presenti in LANDOLT (1977) (ad es. *Oreochloa seslerioides*, *Trifolium pannonicum*, *Knautia mollis*, *Potentilla pusilla*, *Viola rupestris*). Per le suddette specie si auspica in futuro di poter definire indicazioni di riferimento più precise, per confronto con elementi ecologicamente affini e tramite analisi ponderali con le specie con cui si ritrovano più frequentemente associate.

#### RINGRAZIAMENTI

Un sentito grazie al prof. A. Cavallero ed al prof G.P. Mondino del Dipartimento di Agronomia, Selvicoltura e Gestione del Territorio dell'Università di Torino per la revisione critica del testo. Un ringraziamento ai dott. C. Tagliatori, M. Verona, D. Giaccone e L. Cantarella per il prezioso aiuto in fase di realizzazione dei rilievi.

## SUMMARY

**Analysis of gradients using Landolt indicator values in Valle Maira pastures (Piedmont, Italy)**

The paper describes how ecologic gradients can be evaluated using the Landolt indicator values. The goal of this analysis is to reach a better interpretation of the ecologic ranges of significative typologies of pasture in the Western Alps (Valle Maira, Piedmont): mosaic vegetation of the upper alpine belt, *Festuca paniculata* vegetation type, *Nardus stricta* – *Trifolium alpinum* – *Carex sempervirens* vegetation type. Vegetational patterns have been selected using an increasing degree of grazing disturbance, in order to test the reliability of the analysis.

The paper presents diagrams of ecologic distribution accordingly to the gradients for each type of selected vegetation.

Ecological partitioning is intelligibly evident for vegetation patterns in which abiotic factors are predominant. Sample spaces tend to dissolve and overlap when vegetation is perturbed by grazing, though they are still well distributed along gradients. The approach provides good results and could be applied in future to larger zones in the Western Alps.

## BIBLIOGRAFIA

- BARBERO M., 1970 – *Les pelouses orophiles acidophiles des Alpes Maritimes et Ligures, leur classification phytosociologiques: Nardetalia strictae, Festucetalia spadiceae et Caricetalia curvulae*. Ann. Fac. Sc. Marseille. 43 (B): 173-195.
- DAGNELIE P., 1975 – *Analyse statistique à plusieurs variables*. Les Presses Agronomiques de Gembloux. Gembloux. 362 pp.
- DAGET P., POISSONET J., 1969 – *Analyse phytologique des prairies*. Document 48, Centre National de la Recherche Scientifique B.P., 1018 Montpellier. 67 pp.
- DAGET P., POISSONET J., 1971 – *Une méthode d'analyse phytologique des prairies*. Annales agronomiques, 22: 5-41.
- ELLEMBERG H., 1974 – *Zeigerwerte der Gefasspflanzen Mitteleuropas*. Scripta geobotanica, 9 ed. Goltze, Göttingen.
- FEOLI E., BURBA N., 1993 – *I metodi numerici nell'analisi delle risorse foraggere. Una applicazione ARCVeg*. Comunicazioni di ricerca ISAFa. Trento 93/1: 13-20.
- FEOLI E., LAGONEGRO M., ZAMPAR A., 1982 – *Classificazione e ordinamento della vegetazione. Metodi e programmi di calcolo*. AQ/5/35 CNR. 192 pp.
- FEOLI E., PARENTE G., TRINCO T., 1979 – *I prati falciabili delle Valli del Natisone. I. Classificazione ed ordinamento della vegetazione*. Centro Regionale per la Sperimentazione Agraria. Udine. 18 pp.+ tavole.
- GIACOMINI V., PIGNATTI S., 1955 – *Flora e vegetazione dell'alta valle del Braulio*. Estratto dalle Memorie della Società Italiana di Scienze Naturali e del Museo Civico di Storia Naturale di Milano. Vol. XI. Fasc. II-III. 194 pp.
- LANDOLT E., 1977 – *Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora*. Zürich. 211 pp.
- LAGONEGRO M., FEOLI E., 1984 – *Analisi multivariata di dati. Manuale d'uso di programmi BASIC per personal computers*. Libreria Goliardica. Trieste. 182 pp.

- MONDINO G.P., 2003 – *L'evoluzione dell'ultimo quarantennio della vegetazione della Valle Grana (Alpi Cozie)*. Riv. Piem. St. Nat. 24: 67-203.
- MONTACCHINI F., 1976 – *Settori floristici e settori ecologico-vegetazionali del Piemonte*. Allionia 21: 83-95.
- OBERDORFER E., 1983 – *Pflanzensoziologische Excursionflora*. E. Ulmer. Stuttgart. 1051 pp.
- ORLOCI L., 1976 – *Ranking species based on information criterion*. J. Ecol. 64: 417-419.
- ORLOCI L., 1978 – *Multivariate analysis in vegetation research*. 2nd ed. Dr. W. Junk. The Hague. pp. 451.
- PIGNATTI S., 1982 – *Flora d'Italia*. Edagricole. Bologna.
- PIGNATTI S., 1998 – *I boschi d'Italia. Sinecologia e biodiversità*. UTET. Torino. 677 pp.
- PIGNATTI S., BIANCO P.M., TESCAROLLO P., 2001 – *Le piante come indicatori ambientali. Manuale tecnico-scientifico*. ANPA. CTN - CoN 1. 108 pp.
- WHITTAKER R.H., 1967 – *Gradient analysis of vegetation*. Biol. Rev. 42: 207-264.