



Agenda 21 Laghi

**BIOINDICAZIONE
DELLA QUALITA' DELL'ARIA
MEDIANTE L'USO
DI LICHENI EPIFITI**

novembre 2005

Dott.sa Paola Anderi

Dott. Davide Baldi

Dott. Davide Bortolas

INDICE

1	Introduzione: i licheni come bioindicatori della qualità dell'aria.....	2
1.1	Cos'è la bioindicazione.....	2
1.2	I licheni come bioindicatori	3
2	Inquadramento dell'area di studio	6
2.1	Inquadramento geografico	6
2.2	Inquadramento climatico	9
3	Materiali e metodi	11
3.1	La biodiversità lichenica	12
4	Risultati.....	14
4.1	Flora lichenica	14
4.2	Indici Ecologici	23
4.3	Indice di Biodiversità Lichenica	27
4.3.1	Analisi di regressione	28
4.3.2	Elaborazione cartografica	29
4.3.3	Analisi comparata con studi pregressi.....	30
5	Considerazioni conclusive	32
6	Bibliografia.....	35

ALLEGATI

Allegato 1: Elenco delle stazioni di rilevamento

Allegato 2: Schede descrittive delle stazioni di rilevamento

Allegato 3: Carta della Biodiversità Lichenica

1 Introduzione: i licheni come bioindicatori della qualità dell'aria

Il presente studio riguarda la bioindicazione della qualità dell'aria dei comuni coinvolti nel processo di Agenda 21 Locale dei Laghi, mediante il rilevamento dei licheni sulle cortecce degli alberi (licheni epifiti) e l'applicazione dell'Indice di Biodiversità Lichenica (I.B.L.).

Il metodo dell'I.B.L., proposto dall'Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (ANPA, 2001), consente di trarre indicazioni indirette circa la qualità dell'aria e si propone come complementare al metodo di rilevazione chimico-fisica, ordinariamente condotto con centraline di rilevamento automatiche.

I principali vantaggi dell'I.B.L. sono i bassi costi di realizzazione, la possibilità di valutare la qualità dell'aria su vaste aree e la capacità di registrare tutte le diverse forme di inquinamento atmosferico, anche su tempi lunghi. Inoltre è possibile realizzare cartografie di sintesi, in cui i dati ottenuti vengono visualizzati, e resi facilmente leggibili, tramite colori corrispondenti a fasce di qualità differenti.

La bioindicazione con l'I.B.L. appare dunque uno strumento particolarmente adatto alla fase del processo di Agenda 21 che comprende le indagini conoscitive della situazione ambientale del territorio.

1.1 Cos'è la bioindicazione

Il termine bioindicazione indica le tecniche di analisi indiretta dello stato di alcuni parametri ambientali, sulla base degli effetti da essi indotti su organismi sensibili. Vengono cioè sfruttate le variazioni indotte dall'inquinamento sugli organismi utilizzati come bioindicatori.

Le tecniche di bioindicazione prendono in considerazione le modificazioni morfologiche sugli organismi e le variazioni della composizione faunistica e/o floristica di un dato ambiente (Nimis, 1999).

Il monitoraggio ambientale tramite bioindicatori possiede quindi degli evidenti vantaggi rispetto a quello, di tipo diretto, effettuato tramite centraline :

- manifesta gli effetti sinergici che più sostanze possono indurre su un organismo vivente;
- riflette la situazione generale relativa a lunghi periodi di esposizione alle sostanze inquinanti in modo quindi più fedele di quello derivante da poche misure dirette di tipo puntiforme nel tempo;
- consente di riconoscere un fenomeno e di seguirlo in aree molto vaste rispetto ad un singolo sito di rilevamento strumentale e con costi relativamente bassi.

Questo tipo di indagine, di contro, non permette di poter definire con precisione l'agente inquinante, ed è inadeguato per i casi acuti di inquinamento, dati i tempi di risposta relativamente lenti di molti organismi.

1.2 I licheni come bioindicatori

I licheni sono organismi risultanti dalla simbiosi tra un'alga e un fungo che formano talli cosmopoliti sulle superfici rocciose, sulla corteccia degli alberi e sul terreno.

I licheni non costituiscono entità sistematiche nel senso classico, tuttavia mostrano una grande costanza di struttura, sia a livello morfologico che anatomico, ogni volta che risultano dalla convivenza di una determinata alga con un determinato fungo. Per questo motivo, oltre che per una ormai radicata tradizione, essi vengono ancora considerati come un gruppo vegetale a sé stante.

I licheni, quelli epifiti in particolare, sono in grado di fornire ottime indicazioni sulla qualità dell'aria. Essi presentano infatti tutte le caratteristiche che fanno di un organismo vivente un buon bioindicatore (Nimis e Castello 1990; ANPA, 2001):

- accertata sensibilità agli agenti inquinanti;
- assenza di strutture di protezione rispetto all'ambiente esterno. I licheni sono sprovvisti infatti di apparato radicale e per il loro metabolismo dipendono in gran parte dalle deposizioni secche e umide dell'atmosfera. Mancando di strutture di protezione, tale scambio avviene su tutta la

- superficie del tallo, di giorno e di notte e con un assorbimento non selettivo: insieme agli elementi nutritivi, il lichene accumula anche i contaminanti atmosferici persistenti e presenti in basse concentrazioni, che normalmente non riescono ad essere rilevati con metodi strumentali;
- resistenza agli stress ambientali. In condizioni di stress idrico i licheni rallentano progressivamente le loro attività metaboliche, pur rimanendo vitali. Questo induce di conseguenza un aumento della loro resistenza agli inquinanti;
 - differenti gradi di tolleranza rispetto alle sostanze inquinanti da parte delle diverse specie di licheni. Ciò ha permesso l'elaborazione di "scale di tolleranza" delle specie licheniche nei confronti dell'anidride solforosa, scale che permettono di stimare il grado di inquinamento a partire dalla flora lichenica;
 - impossibilità di liberarsi delle parti vecchie o intossicate. I licheni non posseggono meccanismi attivi di escrezione od abscissione, che consentano loro di liberarsi delle sostanze accumulate;
 - lento accrescimento e grande longevità. Questa proprietà permette di seguire l'evoluzione dell'inquinamento anche per tempi lunghi;
 - Incapacità di movimento e ampia distribuzione sul territorio e durante tutto il corso dell'anno. I licheni resistono a temperature molto basse e sono attivi anche nel periodo invernale, quando il grado di inquinamento atmosferico è maggiore;

I licheni reagiscono inoltre con risposte ben precise nei confronti dell'inquinamento atmosferico:

- riduzione dell'attività di fotosintesi e respirazione ed alterazione del flusso di nutrienti tra l'alga ed il fungo;
- riduzione della vitalità, riconoscibile come una diminuzione del grado di copertura del substrato, e alterazione della forma e del colore del tallo, che si manifesta con lo scolorimento, con la comparsa di macchie marroni e zone necrotiche, e col distacco di parti di tallo dal substrato (NIMIS E CASTELLO, 1990);

- riduzione della fertilità in seguito alla riduzione della larghezza degli apoteci e della loro rarefazione.

Altri tipi di alterazioni (ecologiche) identificabili in seguito ad esposizione ad agenti inquinanti sono:

- diminuzione della copertura delle specie originarie ed alterazione della comunità lichenica.
- rarefazione complessiva delle specie nel tempo;
- riduzione del numero totale di specie nello spazio.

La sensibilità dei licheni all'inquinamento è accertata fin dalla metà del 1800, grazie a indagini che mettevano in evidenza la diminuzione di frequenza e infine la scomparsa dei licheni in aree fortemente industrializzate (NYLANDER, 1866).

I primi tentativi di definire una metodologia attendibile per correlare la frequenza lichenica con il tasso di inquinamento risalgono alla metà del '900 (DE SLOOVER, 1964). Da allora sono stati elaborati numerosi metodi differenti, ognuno dei quali sviluppato per casi particolari, spesso con valenza esclusivamente locale.

Alla fine degli anni ottanta un'equipe di ricercatori svizzeri ha effettuato un'indagine per saggiare la validità di 20 diversi indici per il calcolo dell'IAP (Index of Air Purity), sulla base di dati concernenti i licheni, e di dati sulle concentrazioni in atmosfera di zolfo, nitrati, cloro, piombo, rame, zinco, cadmio e polveri (Amman et al., 1988). Il metodo più attendibile, con un grado di predittività superiore al 97%, era anche quello di maggiore semplicità, definito dalla frequenza numerica delle specie licheniche presenti all'interno di un apposito reticolo, senza la necessità di alcuna assunzione riguardo la sensibilità delle singole specie.

Questo metodo si è rapidamente diffuso in tutta Europa. Le centinaia di studi condotti hanno consentito la standardizzazione del metodo, sia in Germania (WIRTH, 1995), sia in Italia (NIMIS, 1999). L'Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente ha pubblicato un manuale (ANPA, 2001) che raccoglie sia le esperienze tedesche sia quelle italiane, sulla base anche del confronto in atto per elaborare uno standard europeo (ASTA ET AL., 2001).

2 Inquadramento dell'area di studio

2.1 Inquadramento geografico

L'area di studio comprende i territori dei 17 comuni ad oggi aderenti ad Agenda 21 Laghi: Angera, Biandronno, Bregano, Cadrezzate, Comabbio, Ispra, Malgesso, Mercallo, Monvalle, Osmate, Ranco, Sesto Calende, Taino, Ternate, Travedona Monate, Varano Borghi e Vergiate.

Il territorio interessato ricade nei seguenti fogli della Carta Tecnica Regionale lombarda (scala 1:10.000): A4A5; A4B4; A4B5; A4C4; A4C5; A5A1; A5B1; A5B2; A5C1; A5C2.

La superficie totale della zona in esame è pari a circa 147 Km² (dei quali circa 15 occupati da laghi e specchi d'acqua) per una popolazione di quasi 52.000 persone (tabella 2.1.1).

COMUNE	ABITANTI(anno 2001)	SUPERFICIE (Km ²)
ANGERA	5.477	17,7
BIANDRONNO	3.102	8,2
BREGANO	726	2,3
CADREZZATE	1.577	4,8
COMABBIO	958	4,9
ISPRA	4.673	13,8
MALGESSO	1.110	2,7
MERCALLO	1.679	5,3
MONVALLE	1.719	3,4
OSMATE	447	3,7
RANCO	1.108	8,0
SESTO CALENDE	9.806	25,0
TAINO	3.185	7,8
TERNATE	2.254	4,8
TRAVEDONA MONATE	3.336	9,3
VARANO BORGHI	2.194	3,3
VERGIATE	8.414	21,6
TOTALE	51.765	146,7

Tabella 2.1.1: Abitanti e superficie dell'area di studio suddivisi per territorio comunale. Fonte: Dati censimenti e rilevazioni annuali ISTAT.

La zona si colloca tra il lago di Varese, a Nord-Est, e il lago Maggiore, ad Ovest. I limiti meridionali sono segnati dai confini comunali di Sesto Calende e Vergiate, quelli settentrionali dal comune di Monvalle.

Dalla figura 2.1.1 appare evidente come il territorio in esame sia spezzato in due aree: un blocco principale a Sud, da cui si separa, più a Nord, il comune di Monvalle.

Il territorio appare comunque sostanzialmente omogeneo, caratterizzato da una diffusa presenza di laghi e corsi d'acqua: di particolare rilievo i laghi Maggiore, di Varese, di Monate, di Comabbio e di Biandronno.

Oltre a due linee Ferroviarie (la Novara- Sesto Calende-Luino e la Milano-Gallarate-Luino-Bellinzona), l'area è interessata da un reticolo di infrastrutture viarie piuttosto fitto e molto frequentato. Due sono le Strade Statali: la S.S. n.33 del Sempione e la S.S. n.629 Sesto Calende-Laveno. Le Strade Provinciali sono 11: la S.P. n.4, la S.P. n.17, la S.P. n.18, la S.P. n.27, la S.P. n.32, la S.P. n.33, la S.P. n.36, la S.P. n.44, la S.P. n.49, la S.P. n.53 e, di particolare rilievo sia per dimensioni che per carico di traffico, la S.P. n.54 (superstrada Vergiate-Besozzo). A sud del territorio in esame è inoltre presente il tratto autostradale di raccordo tra l'A8 Milano-Laghi e l'A26 Genova-Gravellona Toce.

L'intenso traffico veicolare lungo tali arterie stradali, sia quello interno sia quello di transito, da e verso Milano da un lato e la Svizzera dall'altro, appare essere una delle principali cause di inquinamento atmosferico nell'area in esame.

Sotto questo aspetto è senza dubbio rilevante anche la presenza di numerose piccole e medie industrie diffuse su tutto il territorio, oltre ad alcuni insediamenti industriali di maggiori dimensioni. Significativa è inoltre la presenza di due degli elementi citati dal recente Rapporto sullo stato dell'ambiente in Provincia di Varese (ARPA LOMBARDIA, 2003) quali "criticità" del territorio provinciale: il cementificio Holcim di Ternate e l'aeroporto internazionale di Malpensa, quest'ultimo fuori dai confini dell'area di studio ma in posizione tale da poter influire sull'atmosfera in maniera significativa.

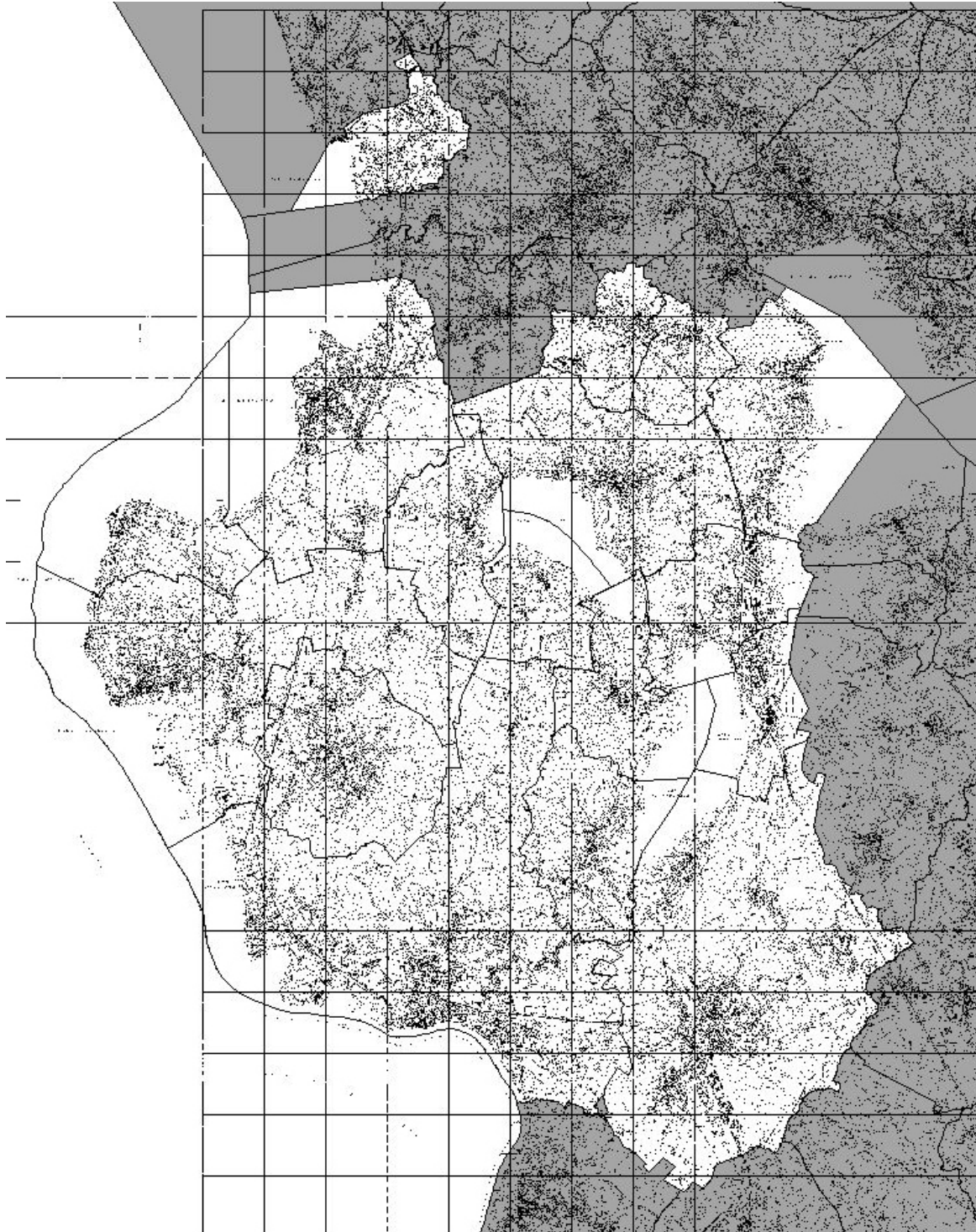


Figura 2.1.1: carta del territorio in esame. In bianco i comuni interessati, in giallo le aree escluse dallo studio.

2.2 Inquadramento climatico

Per l'inquadramento climatico dell'area si è fatto riferimento alle stazioni meteorologiche di Brebbia e Varese. I climogrammi di entrambe le stazioni (fig. 2.2.1) rivelano un clima di tipo "sublitoraneo", caratterizzato da una totale assenza di periodo estivo arido o subarido, e da piovosità relativamente elevata (oltre i 1000 mm annui), con due massimi di precipitazioni equinoziali (primavera e autunno) e due minimi: uno estivo e uno assoluto invernale. (BELLONI, 1975; OTTONE E ROSSETTI, 1980).

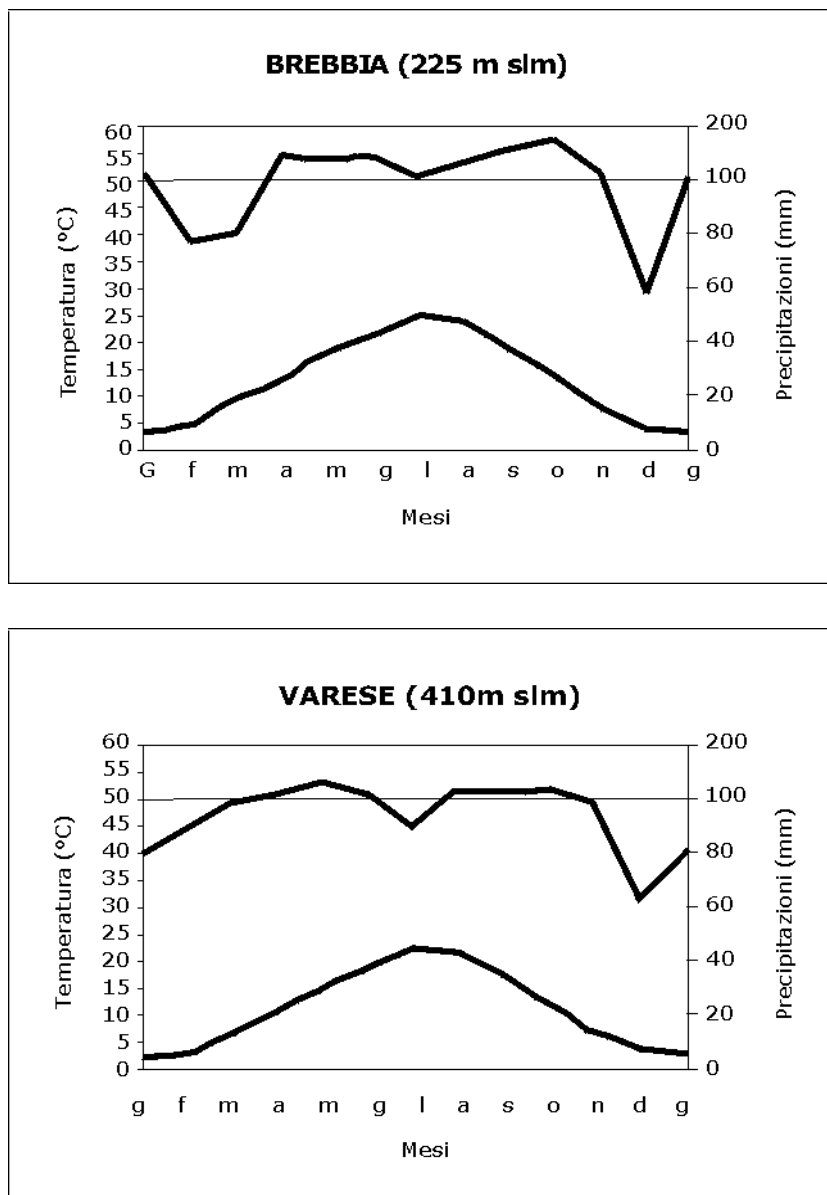


Figura 2.2.1: Climogrammi di Varese e Brebbia (da RAIMONDI ET AL., 1999 - modificati)

Sia pur con lievi discordanze, entrambi i grafici sono rappresentativi del clima insubrico, fortemente influenzato dall'azione mitigatrice dei laghi prealpini, con precipitazioni abbondanti e ben distribuite nell'arco dell'anno, escursione termica annua limitata e inverni miti.

Allo scopo di fornire indicazioni riguardo la distribuzione dei venti si riportano due grafici (fig. 2.2.2) dai quali appare che la direzione prevalente di provenienza dei venti è Nord-Nord Ovest. Nel caso della stazione di Ispra hanno un certo rilievo anche i venti di direzione Nord-Nord Est e Sud-Sud Ovest.

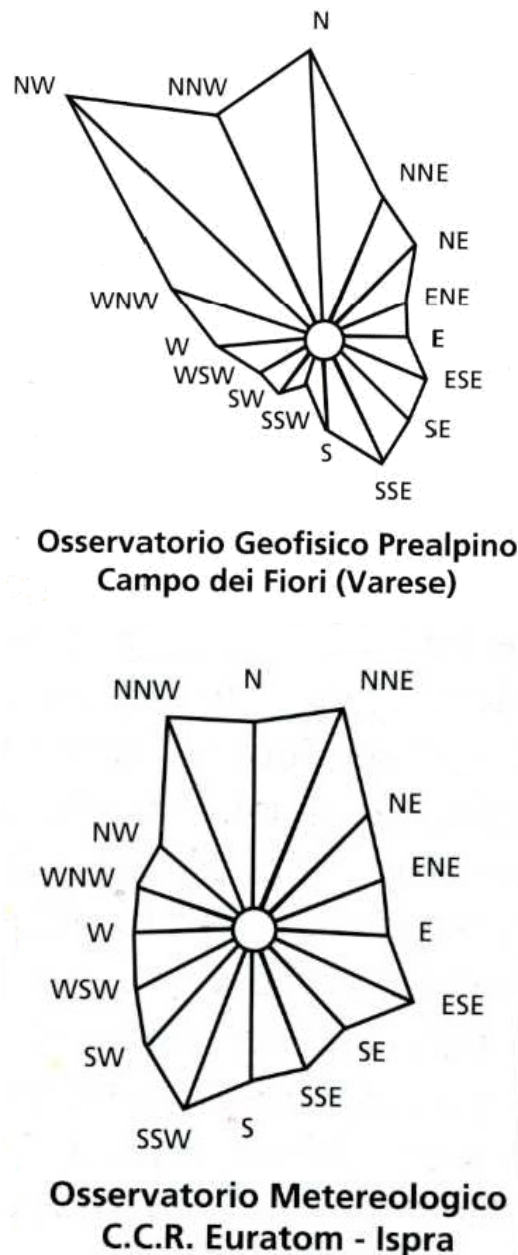


Figura 2.2.1: distribuzione delle direzioni dei venti di Varese e Ispra (da ROELLA ET AL., 1995 - modificati)

3 Materiali e metodi

Per l'indagine è stato utilizzato il metodo proposto dal manuale ANPA (2001) "I.B.L. Indice di Biodiversità Lichenica". Tale metodologia si basa sulle linee guida elaborate in Germania (Wirth, 1995) e in Italia (Nimis, 1999), le quali utilizzano la frequenza delle specie licheniche epifite per calcolare i valori di Biodiversità Lichenica.

Nell'area di indagine si è costruito, utilizzando come base la Cartografia Tecnica Regionale in scala 1:10.000, un reticolo con maglie di lato 1 Km.

I quadrati così delimitati erano indicativi per la scelta del posizionamento delle stazioni di biomonitoraggio a partire dal centro di ogni quadrante.

I campionamenti sono stati condotti su alberi di quercia (*Quercus* spp.) e tiglio (*Tilia* spp.). La scelta di queste specie arboree è dovuta alla loro frequenza nell'area di studio e alle caratteristiche chimico-fisiche della loro scorza.

Le piante sono state individuate in base alle seguenti caratteristiche standard:

- circonferenza minima di 60 cm per evitare situazioni con flora lichenica pioniera;
- inclinazione del tronco non superiore ai 10°, per evitare effetti dovuti all'eccessiva eutrofizzazione di superfici molto inclinate;
- assenza di fenomeni evidenti di disturbo quali, ad esempio, verniciature, puntine o gravi malattie della pianta.

Le stazioni scelte sono state 136 (allegato 1): in ciascuna sono stati rilevati in media 3 alberi per un totale di 411 campionamenti (cfr. pag. 14).

Per ognuno di essi è stato utilizzato un reticolo costituito da quattro subunità, ciascuna formata da una serie lineare di cinque quadrati di 10x10 cm, che devono essere disposte verticalmente sul tronco (figura 3.1). La parte inferiore di ciascuna unità viene disposta ad un metro dalla superficie del suolo.

Il posizionamento della griglia, e il rilievo, si ripete per quattro volte, in corrispondenza dei quattro punti cardinali. Una rotazione di 20° in senso orario è ammessa per evitare parti del tronco non idonee ad essere campionate. Nel posizionare i quattro elementi della griglia sono state evitate, anche se con elevata copertura lichenica:

- parti del tronco danneggiate o decorticate;
- parti con presenza di evidenti nodosità;
- parti corrispondenti alle fasce di scolo con periodico scorrimento di acqua piovana;
- parti con copertura di briofite superiore al 25%.

Si sono, inoltre, evitati l'asporto e il danneggiamento dei licheni entro l'area del reticolo, per permettere un'eventuale ripetizione dello studio. Se necessario per il riconoscimento della specie, è stato prelevato un piccolo campione al di fuori del reticolo.

Per ciascun rilievo sono state riportate:

- data;
- località;
- altitudine sopra il livello del mare;
- esposizione ed esatta localizzazione dell'albero, utilizzando un sistema satellitare (G.P.S.);
- circonferenza dell'albero;
- altezza del reticolo dal suolo;
- specie licheniche rilevate e relativa frequenza, intesa come presenza nei quadrati del reticolo;
- eventuali note.

3.1 La biodiversità lichenica

Il valore di biodiversità lichenica della stazione di campionamento è stimato statisticamente sulla base dei valori rilevati nella stazione stessa.

Inizialmente vengono sommate le frequenze delle specie rilevate su ciascun albero. Poiché è prevedibile una sostanziale differenza di crescita sui diversi lati del tronco, le frequenze vanno tenute separate per ciascun punto cardinale.

Per ciascun albero si ottengono pertanto quattro somme di frequenze (BLjN, BLjE, BLjS, BLjW). In ciascuna stazione vanno effettuate le seguenti operazioni:

- somma, per ciascun rilievo, delle frequenze di tutte le specie (BL del rilievo)
- somma delle BL di tutti i rilievi realizzati nello stesso punto cardinale e divisione per il loro numero (BL del punto cardinale).
- somma delle BL dei 4 punti cardinali (BL della stazione).

Poiché i rilievi sono stati eseguiti su alberi di tiglio e di quercia, è stato necessario sottoporre il numero di specie licheniche e i valori di BLs ad analisi di regressione per verificare la possibilità di confrontare i dati raccolti su specie arboree diverse (cfr. § 4.2.1).

4 Risultati

Il territorio in esame è stato suddiviso secondo una maglia di 1 km² ottenendo 143 quadrati chilometrici.

In 136 di essi sono stati effettuati rilievi della biodiversità lichenica epifita. Sette quadrati sono risultati non rilevabili in quanto non è stato possibile rinvenire alberature adeguate.

In ciascuna delle 136 stazioni campionate sono stati analizzati tre alberi, per un totale di 411⁽¹⁾ rilievi: 352 querce (*Quercus* spp.) e 59 tigli (*Tilia* spp.). Su ogni albero la rilevazione è stata ripetuta 4 volte, una per ciascun punto cardinale. Il totale delle rilevazioni effettuate ammonta a 411 x 4 = 1644.

Per ciascuna stazione è stata realizzata una scheda descrittiva (allegato 2).

4.1 Flora lichenica

In 69 rilievi si è osservata l'assenza di flora lichenica sui forofiti scelti; nei 342 rilievi rimanenti sono stati censiti 29 taxa, di cui 8 solo su alberi di Quercia, 2 solo su alberi di Tiglio e 19 su entrambi.

Di seguito si riporta l'elenco completo delle specie rilevate. A causa della scarsità di materiale lichenico utile all'identificazione, in alcuni casi non è stato possibile raggiungere il livello di specie, pertanto è stato determinato solo il genere.

1. *Arthopyrenia analepta* (Ach.) A.Massal.
2. *Candelaria concolor* (Dicks.) Stein
3. *Candelariella xanthostigma* (Ach.) Lettau
4. *Cladonia fimbriata* (L.) Fr.
5. *Cladonia* s.p.
6. *Flavoparmelia caperata* (L.) Hale
7. *Graphis scripta* (L.) Ach.
8. *Hyperphyscia adglutinata* (Flörke) H. Mayrhofer & Poelt

¹ In un quadrato chilometrico sono state individuate due stazioni (n° 95a e 95b). Per tale quadrato sono pertanto stati rilevati due valori di BL: uno su querce e uno su tigli.

9. *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl.
10. *Lecanora chlarotera* Nyl.
11. *Lecanora hagenii* (Ach.) Ach. v. hagenii
12. *Lecidella elaeochroma* (Ach.) M. Choisy
13. *Melanelia exasperatula* (Nyl.) Essl.
14. *Opegrapha atra* Pers.
15. *Parmelia* s.p.
16. *Parmelia sulcata* Taylor
17. *Parmelina tiliacea* (Hoffm.) Hale
18. *Phaeophyscia chloantha* (Ach.) Moberg
19. *Phaeophyscia orbicularis* (Neck.) Moberg
20. *Phaeophyscia* s.p.
21. *Physcia adscendens* (Fr.) H. Olivier
22. *Physcia biziana* (A. Massal.) Zahlbr. v. biziana
23. *Physcia dubia* (Hoffm.) Lettau
24. *Physcia* s.p.
25. *Physcia tenella* (Scop.) DC.
26. *Physconia grisea* (Lam.) Poelt subsp. grisea
27. *Pleurosticta acetabulum* (Neck.) Elix & Lumbsch
28. *Punctelia subrudecta* (Nyl.) Krog
29. *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr.

Le specie più frequenti sono risultate:

Candelaria concolor (presente in 143 rilievi; 75 stazioni)

Candelariella xanthostigma (201 rilievi; 94 stazioni)

Che costituiscono il 52.07% della florula lichenica totale e, con presenza nei rilievi superiore a 100, sono le più diffuse.

Considerando anche la frequenza degli altri taxa si individuano altri due gruppi:

Arthopyrenia analepta (presente in 90 rilievi; 53 stazioni)

Cladonia s.p. (66 rilievi; 37 stazioni)

Phaeophyscia orbicularis (42 rilievi; 21 stazioni)

Physcia s.p. (70 rilievi; 43 stazioni)

Physcia tenella (59 rilievi; 29 stazioni)

sono specie abbastanza frequenti, poiché rappresentano il 35.12% del totale, con presenza nei rilievi superiore a 30;

Cladonia fimbriata (presente in 1 rilievo; 1 stazione)

Flavoparmelia caperata (14 rilievi; 12 stazioni)

Graphis scripta (3 rilievi; 2 stazioni)

Hyperphyscia adglutinata (23 rilievi; 11 stazioni)

Hypogymnia physodes (5 rilievo; 4 stazione)

Lecanora chlarotera (3 rilievo; 2 stazione)

Lecanora hagenii (1 rilievo; 1 stazione)

Lecidella elaeochroma (3 rilievi; 2 stazioni)

Melanelia exasperatula (5 rilievi; 4 stazioni)

Opegrapha atra (27 rilievi; 18 stazioni)

Parmelia s.p. (3 rilievi; 3 stazioni)

Parmelia sulcata (5 rilievi; 5 stazioni)

Parmelina tiliacea (1 rilievo; 1 stazione)

Phaeophyscia chloantha (7 rilievi; 3 stazioni)

Phaeophyscia s.p. (4 rilievi; 2 stazioni)

Physcia adscendens (7 rilievo; 5 stazione)

Physcia biziana v.biziana (1 rilievo; 1 stazione)

Physcia dubia (4 rilievi; 2 stazioni)

Physconia grisea subsp.grisea (7 rilievi; 5 stazioni)

Pleurosticta acetabulum (3 rilievi; 2 stazioni)

Punctelia subrudecta (6 rilievi; 6 stazioni)

Xanthoria parietina (3 rilievo; 3 stazione)

sono taxa poco diffusi che contribuiscono al totale per il 12.81%, con presenza nei rilievi inferiore a 30.

Si può quindi dedurre che più della metà della florula lichenica totale è costituita da specie assai diffuse, infatti l'insieme delle più frequenti e delle abbastanza frequenti rappresenta il 87.19% del totale.

La frequenza delle singole specie sul totale delle stazioni e sul numero complessivo di rilievi è riportata rispettivamente nei grafici di figura 4.1.1 e di figura 4.1.2.

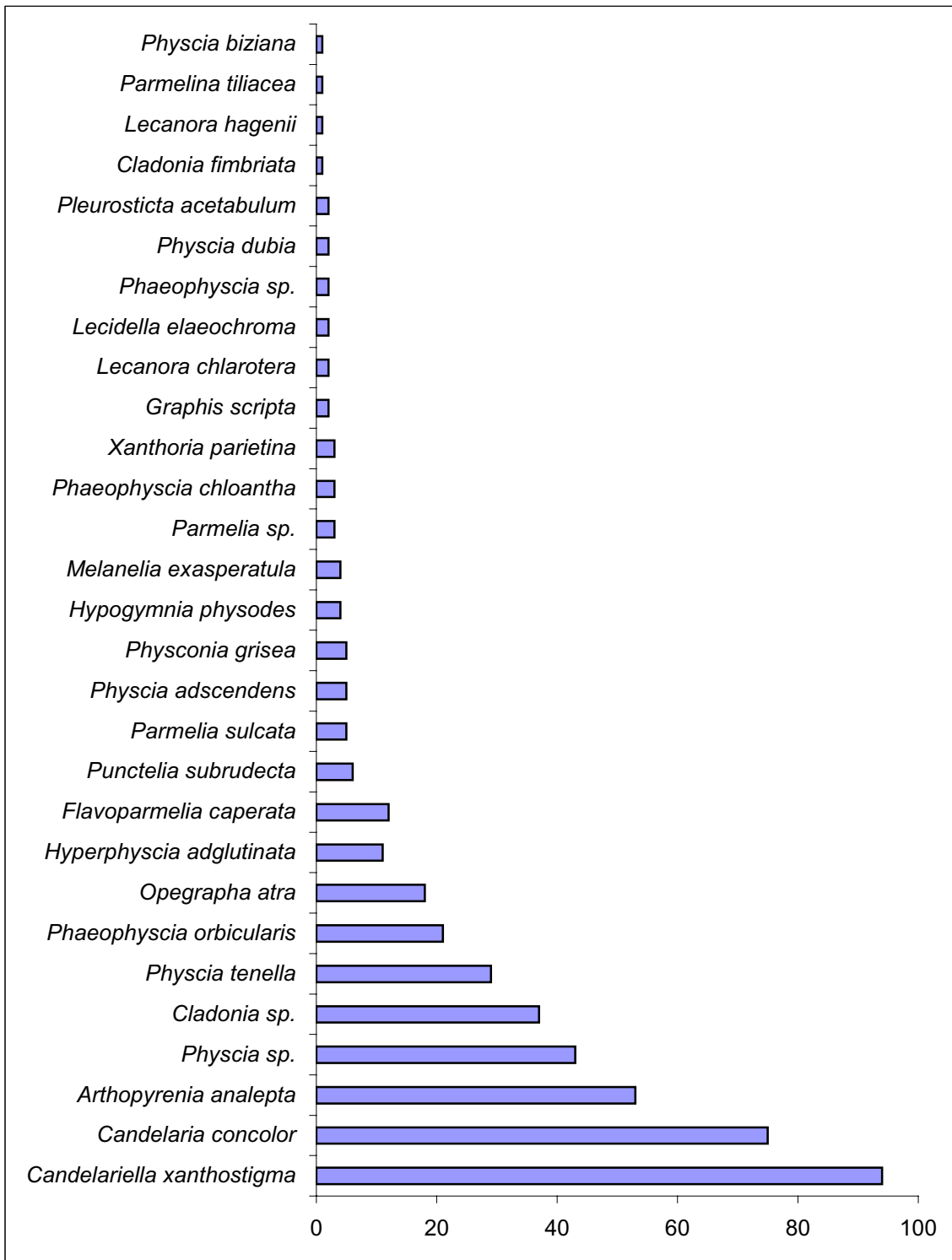


Figura 4.1.1: frequenza delle specie licheniche riferita al numero complessivo di stazioni.

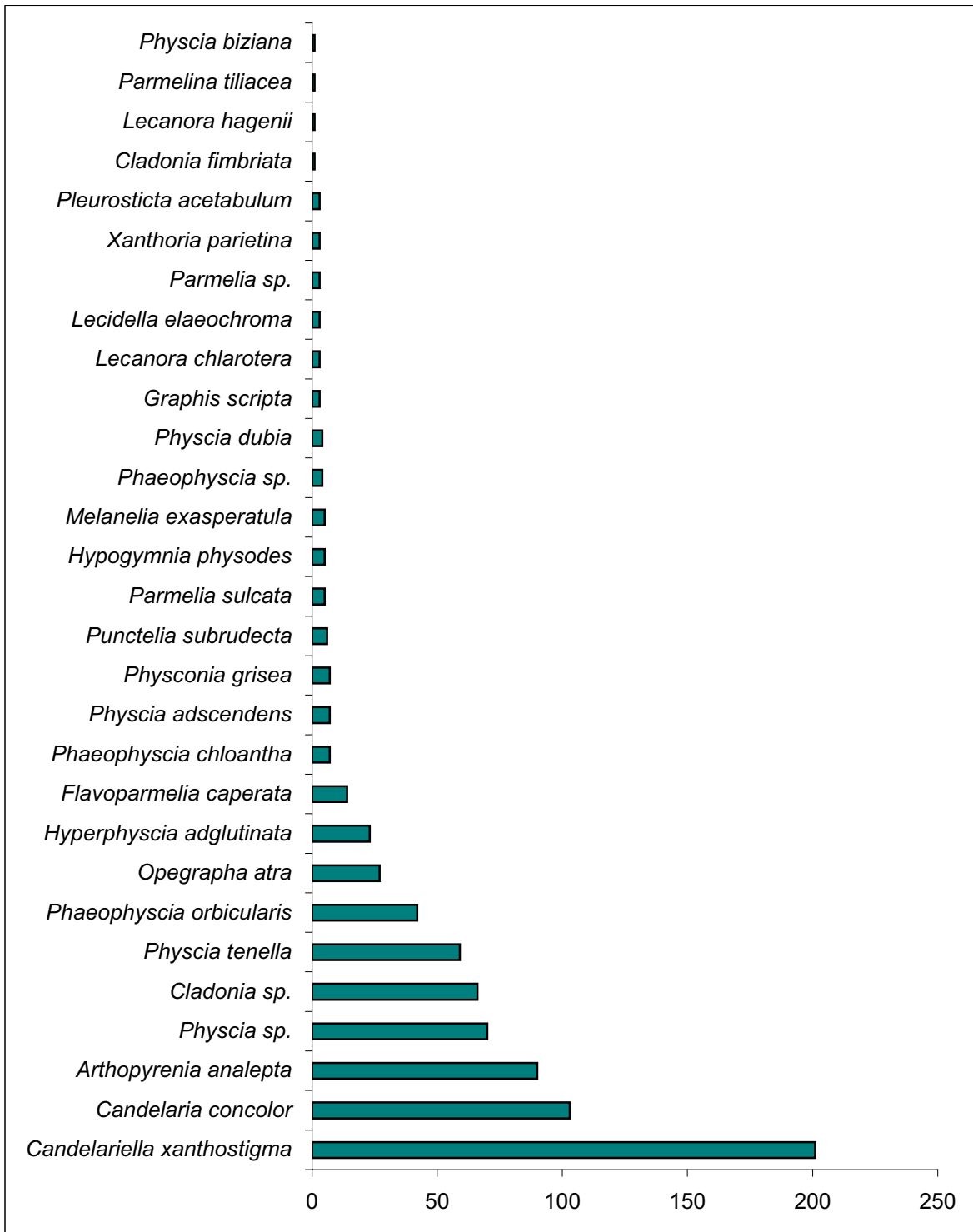


Figura 4.1.2: frequenza delle specie licheniche riferita al numero complessivo di rilievi.

L'istogramma riportato in figura 4.1.3 indica, in valori percentuali, l'incidenza delle diverse forme di crescita, cui appartengono le specie osservate durante i campionamenti, sul totale dei rilievi effettuati.

Si nota la netta prevalenza dei talli foliosi (69%) suddivisi in forme foliose con lobi stretti (41.4%) e forme foliose con lobi larghi (27.6%).

Una buona percentuale è rappresentata dalle forme crostose (24.1%), che presentano minore superficie di scambio con l'atmosfera e quindi risultano favorite in ambienti con cattiva qualità dell'aria.

Le meno rappresentate sono le forme fruticose (6.9%), che prediligono ambienti con una discreta quantità di umidità atmosferica e sono particolarmente esposte all'azione delle sostanze contaminanti trattenute nel vapore acqueo (Nimis, 1988).

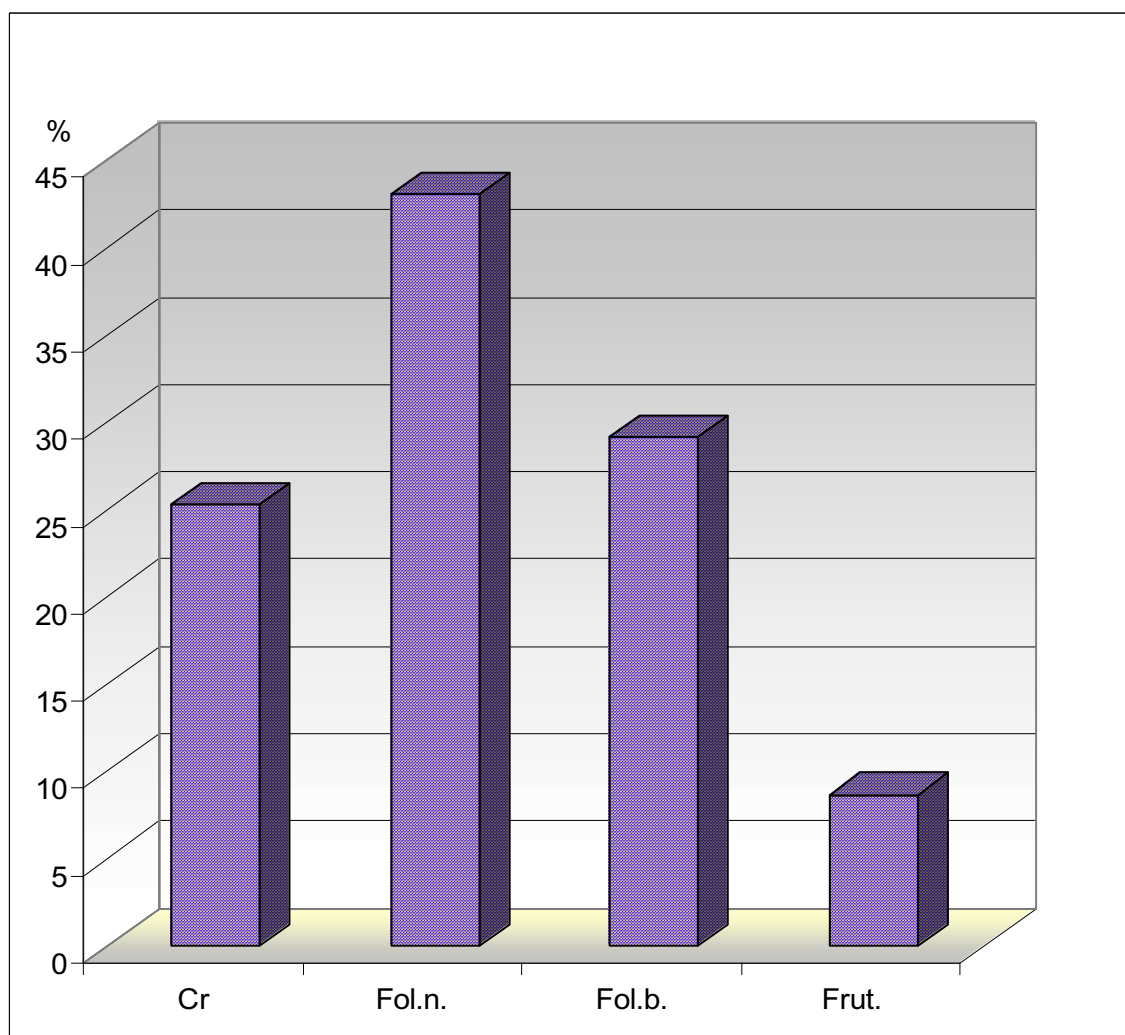


Figura 4.1.3: Incidenza percentuale delle diverse forme di crescita dei licheni.

Il grafico di figura 4.1.4 descrive come le specie, osservate durante l'esecuzione dei rilievi, sono distribuite nelle zone latitudinali d'Europa: appartengono soprattutto all'elemento temperato e presentano una prevalente gravitazione centromeridionale.

La florula lichenica presenta caratteristiche fitogeografiche che concordano con il clima del territorio studiato.

Nell'ambito della distribuzione dei taxa è possibile individuare alcuni gruppi:

Candelariella xanthostigma, *Cladonia fimbriata*, *Hypogymnia physodes*, *Parmelia sulcata*, *Physcia tenella*

il cui areale si estende dalla zona mediterranea fino a quella artica;

Physcia dubia

che si sviluppa dalla zona submediterranea fino a quella artica;

Lecanora chlorotera, *Lecanora hagenii*, *Lecidella elaeochroma*, *Melanelia exasperatula*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens*, *Xanthoria parietina* presenti dall'Europa mediterranea fino a quella boreale;

Candelaria concolor, *Graphis scripta*, *Opegrapha atra*, *Parmelina tiliacea*, *Pleurosticta acetabulum*

reperibili dalla zona mediterranea a quella sud boreale;

Arthopyrenia analepta

che è presente dalla zona submediterranea a quella boreale;

Flavoparmelia caperata, *Hyperphyscia adglutinata*, *Physconia grisea subsp. grisea*, *Punctelia subrudecta*

il cui areale si estende dalla zona mediterranea a quella centro europea;

Phaeophyscia chloantha

che si sviluppa dalla zona mediterranea a quella sud medioeuropea.

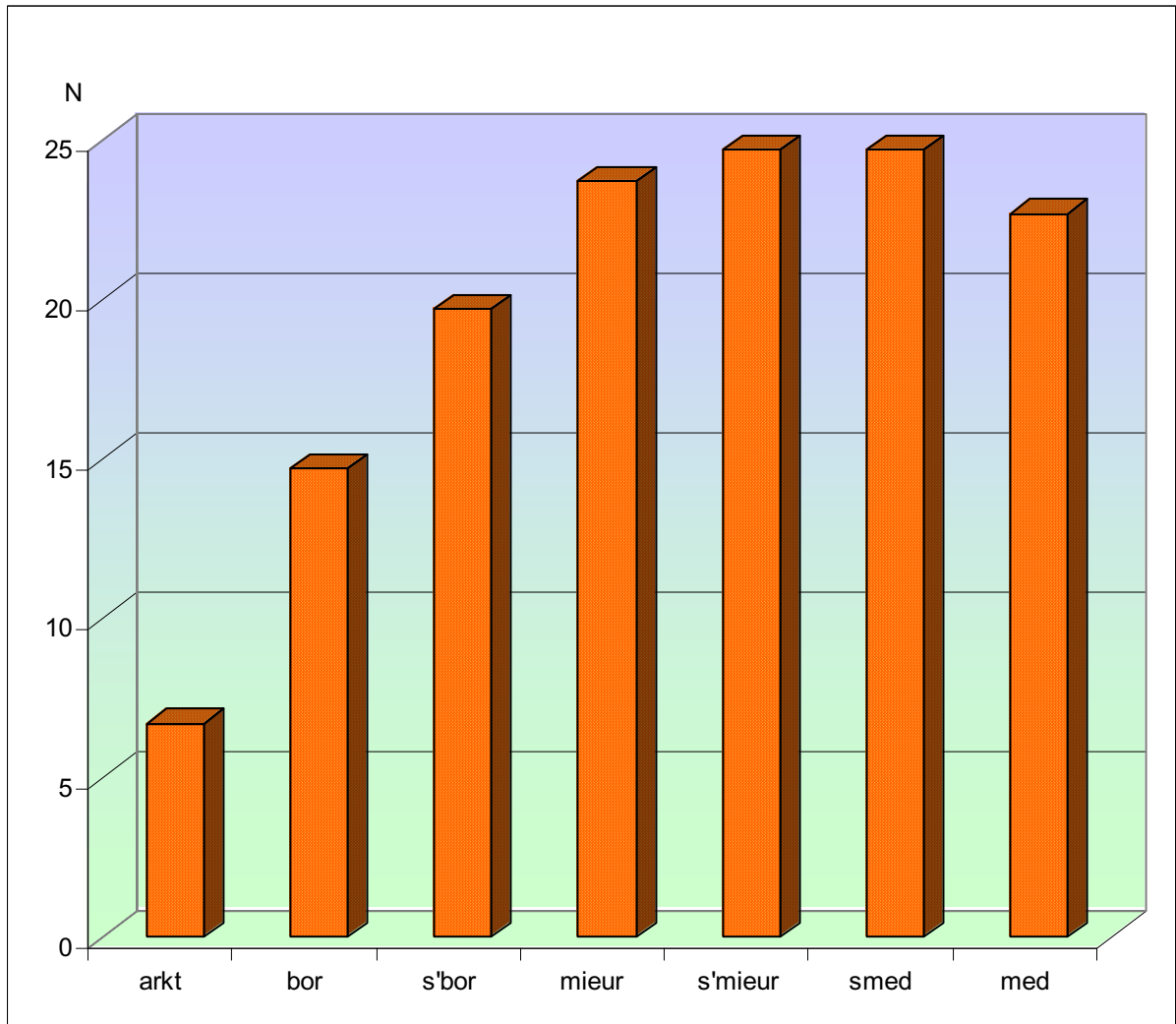


Figura 4.1.4: ampiezza corologica dei taxa.

4.2 Indici Ecologici

I dati ottenuti mediante i rilievi floristici sono stati elaborati utilizzando gli Indici Ecologici di Wirth (1980) che consentono di valutare l'influenza sulla distribuzione delle specie licheniche di alcuni fattori come l'acidità del substrato, la deposizione di sostanze azotate, il grado di umidità e la luminosità.

Le condizioni ecologiche di ogni stazione sono state individuate calcolando i valori degli indici ecologici per ognuna di esse.

pH

In base a questo indice si riconoscono:

32 stazioni con comunità molto acidofitiche (25.8%)

52 stazioni con comunità piuttosto acidofitiche (41.9%)

39 stazioni con comunità subneutrofitiche (31.5%)

1 stazione con comunità piuttosto basifitiche (0.8%)

L

Per quanto concerne il livello di fotofitismo si osservano:

30 stazioni con comunità molto sciofitiche (24.2%)

16 stazioni con comunità moderatamente sciofitiche (12.9%)

28 stazioni con comunità moderatamente fotofitiche (22.6%)

50 stazioni con comunità piuttosto fotofitiche (40.3%)

H

Per quanto riguarda l'igrofitismo si individuano:

31 stazioni con comunità igrofitiche (25%)

33 stazioni con comunità piuttosto igrofitiche (26.6%)

59 stazioni con comunità mesofitiche (47.6%)

1 stazione con comunità xerofitiche (0.8%)

N

In relazione al grado di nitrofitismo si distinguono:

- 46 stazioni con comunità anitrofitiche (37.1%)
- 41 stazioni con comunità moderatamente nitrofitiche (33.1%)
- 29 stazioni con comunità piuttosto nitrofitiche (23.4%)
- 8 stazioni con comunità molto nitrofitiche (6.4%)

In sintesi si può quindi affermare che le condizioni ecologiche prevalenti nelle stazioni considerate sono: pH piuttosto acido, fotofitismo accentuato, igrofitismo moderato e una condizione di nitrofitismo che va dall'anitrofitismo ad una eutrofizzazione molto debole.

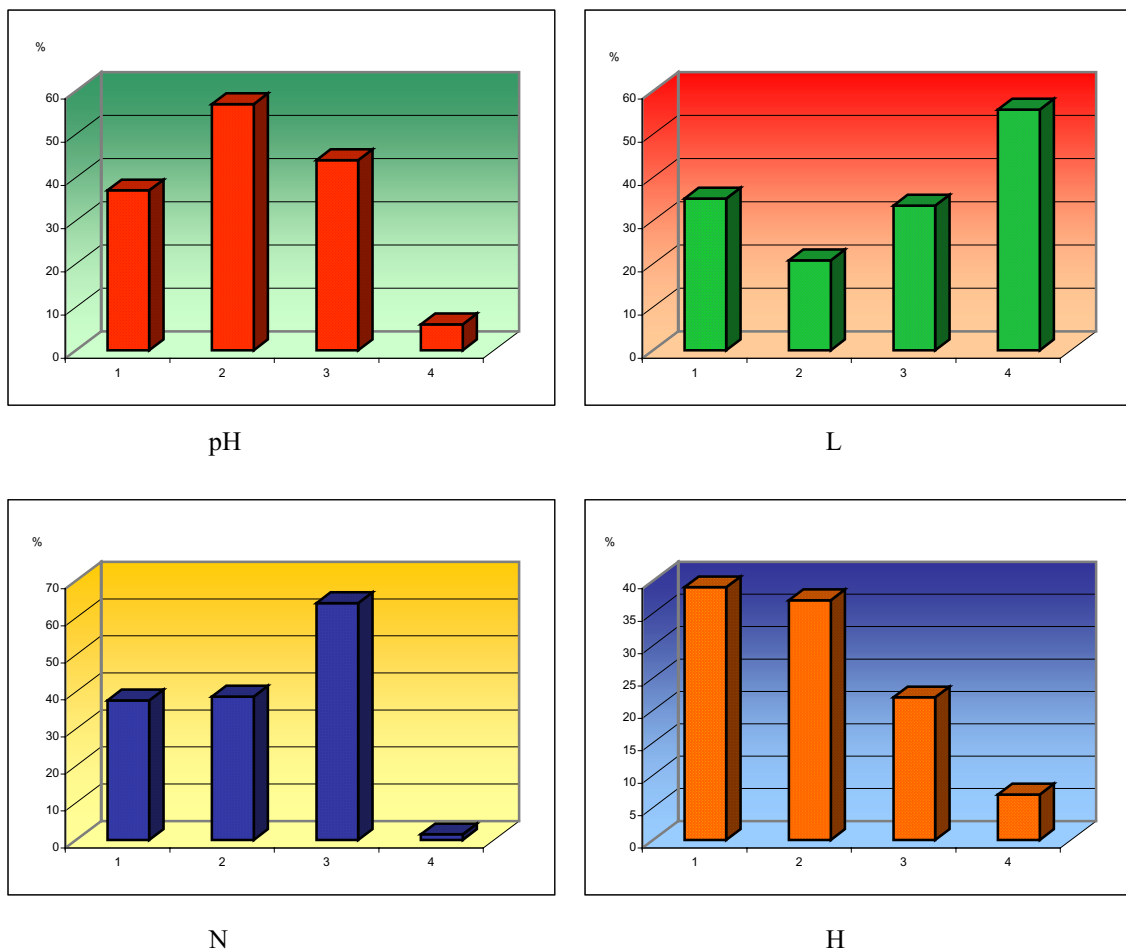


Figura 4.2.1: grafici relativi agli indici ecologici delle stazioni.

Se si prendono in esame gli indici ecologici (Nimis, 2000) relativi a tutta la flora lichenica, si possono fare le seguenti considerazioni per ciascun indice:

pH

In base ai loro indici le specie costituiscono tre gruppi:

- 12 specie su substrato piuttosto acido (48%)
- 8 specie su substrato subneutro (32%)
- 5 specie su substrato piuttosto basico (20%)

Si nota la prevalenza di specie su substrato piuttosto acido, seguite dalle specie subneutrofite; le specie su substrato piuttosto basico sono le meno rappresentate.

L

Per quanto concerne le esigenze nei confronti della luce si possono individuare tre gruppi:

- 1 specie moderatamente sciofitica (4%)
- 8 specie moderatamente fotofitiche (32%)
- 16 specie piuttosto fotofitiche (64%)

Le specie piuttosto fotofitiche prevalgono sulle moderatamente fotofitiche mentre la specie moderatamente sciofitica risulta ridotta.

H

Riguardo all'igrofitismo si individuano tre categorie:

- 5 specie piuttosto igrofitiche (20%)
- 18 specie mesofitiche (72%)
- 2 specie xerofitiche (8%)

Si può notare una netta prevalenza di specie mesofitiche sulle igrofitiche, mentre le xerofitiche sono poco rappresentate. Predominano, quindi, i taxa con esigenze moderate nei confronti del grado di umidità ambientale.

N

In relazione al grado di nitrofitismo si notano quattro suddivisioni:

- 4 specie anitrofitiche (16%)

7 specie moderatamente nitrofitiche (28%)

8 specie piuttosto nitrofitiche (32%)

6 specie molto nitrofitiche (24%)

Si può notare una prevalenza di specie piuttosto nitrofitiche seguite dalle moderatamente e molto nitrofitiche. Le specie anitrofitiche sono le meno rappresentate.

Nel complesso si può affermare che le specie più diffuse nell'area di studio sono piuttosto acidofitiche, piuttosto fotofitiche, mesofitiche e da moderatamente a molto nitrofitiche.

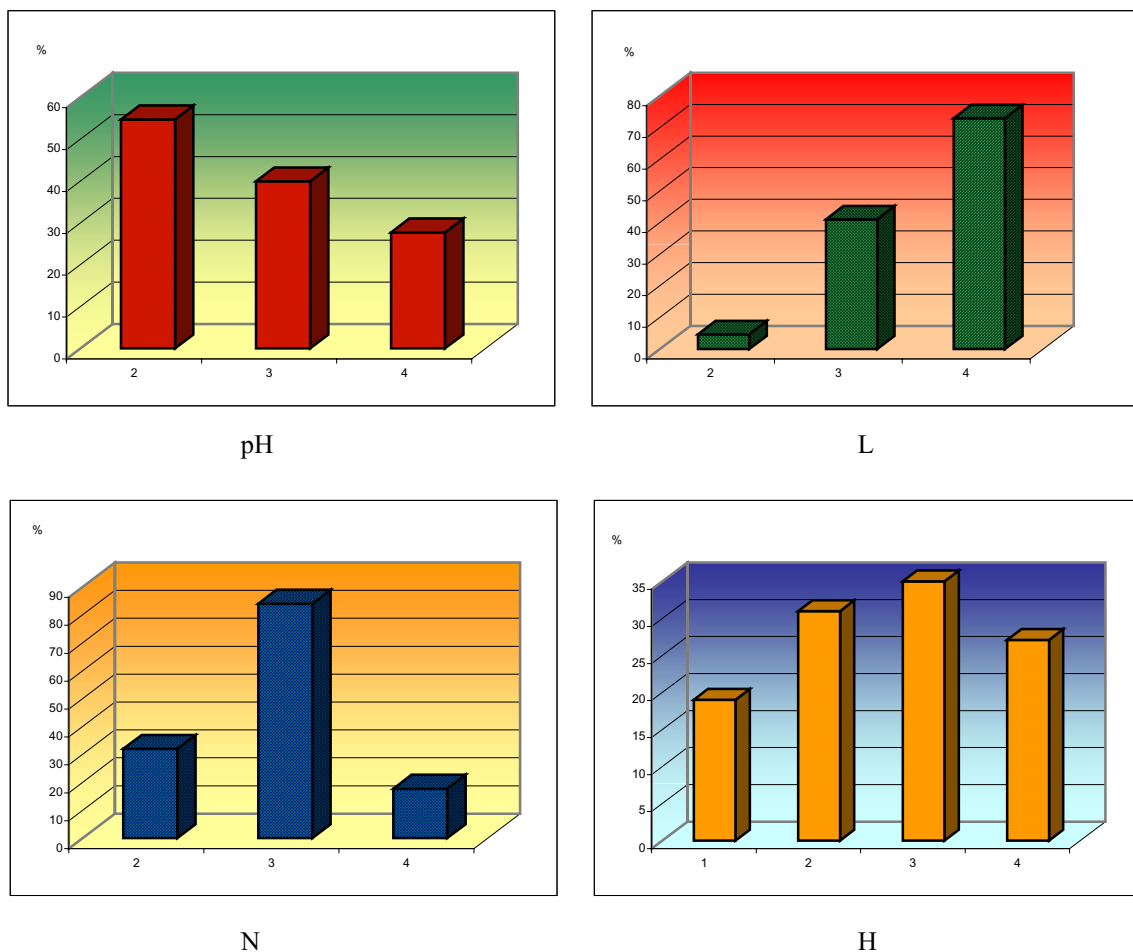


Figura 4.2.2: grafici relativi agli indici ecologici delle specie licheniche rilevate.

4.3 *Indice di Biodiversità Lichenica*

I dati di ciascun rilievo e i rispettivi valori di Biodiversità Lichenica sono riportati nelle schede relative alle singole stazioni di rilevamento (allegato 2).

La media dei valori di BL, calcolata sulle 136 stazioni campionate, è pari a 4,824, corrispondenti a un alto grado di alterazione della comunità lichenica.

Se si distinguono i rilievi in base alla loro esposizione (fig. 4.3.1), risulta che i quadranti Nord, Est mostrano una Biodiversità Lichenica simile, attestata su valori pari a 5 (4,938 per il Nord e 5,030 per l'Est). I rilievi dei quadranti occidentali, invece, raggiungono valori leggermente inferiori (4,793) mentre i più bassi sono i rilievi dei quadranti meridionali (4,535).

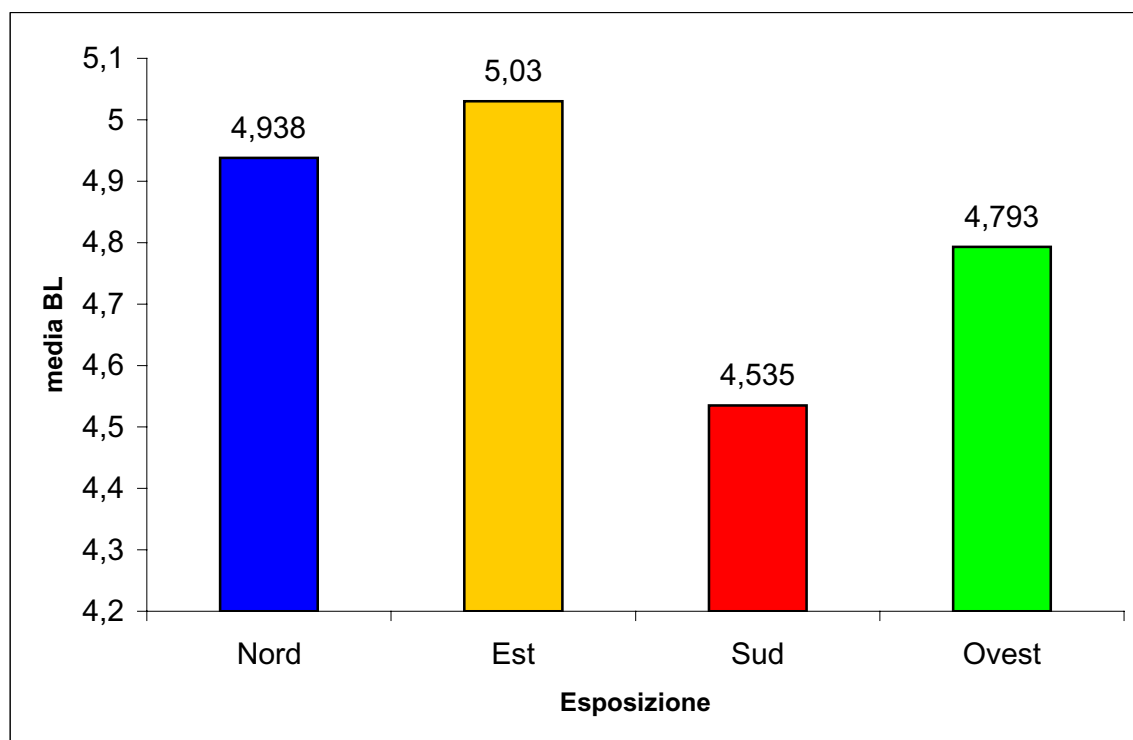


Figura 4.3.1: valori medi di BL calcolati sul totale dei rilievi e distinti per esposizione.

4.3.1 Analisi di regressione

Dal momento che è stato necessario eseguire rilievi su alberi di due generi diversi (*Quercus* e *Tilia*), si è dovuto verificare la confrontabilità dei dati raccolti, tramite analisi di regressione dei valori di BL sul numero di specie licheniche (FOWLER E COHEN, 1993): pur avendo caratteristiche simili infatti i due tipi di piante hanno cortecce con differente grado di acidità (mediamente pH 4,5 per le querce e pH 5,6 per i tigli) e diversa rugosità (maggiore nelle querce).

Il grafico di dispersione di figura 4.3.2 è costruito su un campione significativo di rilievi, in stazioni sia con soli alberi di quercia, sia con soli tigli sia infine con tigli e querce insieme.

Sono state costruite le rette di correlazione lineare tra numero di specie rilevate e valori di BL dei rilievi, sia su querce sia su tigli. Le due rette non sono sovrapponibili; inoltre, dal confronto tra il numero di specie rilevate su quercia e tiglio, risulta che i tigli presentano in media 0,6 specie licheniche in più rispetto alle querce: ne consegue che, a parità di qualità dell'aria, le stazioni con tigli mostrano un valore di BLs superiore rispetto alle altre. E' stata, quindi, apportata una correzione ai valori di BLs ottenuti per i tigli allo scopo di renderli comparabili con quelli ottenuti sulle querce. Nella seguente tabella si riportano le stazioni in cui, data la presenza di tigli, è stato necessario correggere i valori di BLs.

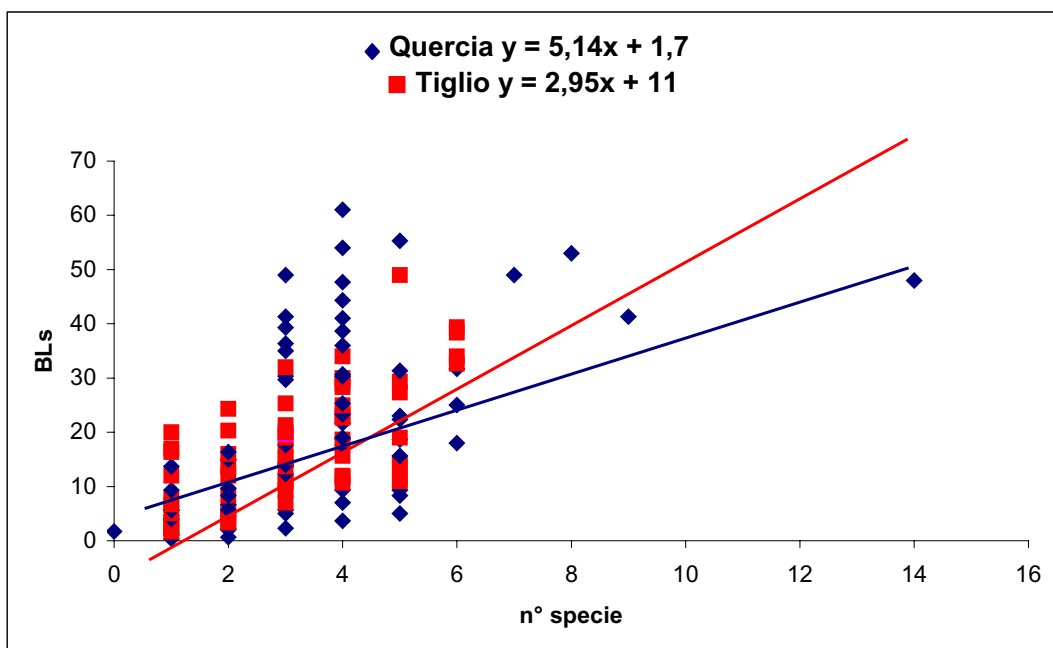


Figura 4.3.2: Grafico di dispersione differenziato tra quercia e tiglio, con rette di correlazione lineare.

N° STAZIONE	N° SPECIE LICHENICHE	BLs	BLs corretto
27	3	25,34	24,74
52	2	16	15,4
53	5	49	48,4
54	3	31,99	31,39
61	1	16,33	15,73
67	1	6,67	6,07
72	4	24,99	24,39
73	4	15,67	15,07
88	6	38,34	37,74
95B	4	34	33,4
96	3	30,34	29,74
99	3	19,66	19,06
105	1	7,68	7,08
109	5	11,33	10,73
115	2	3,34	2,74
116	5	19,01	18,41
119	3	21,33	20,73
123	14	48	47,4
135	5	14,33	13,73

Tabella 4.3.1: Stazioni per le quali è stato necessario correggere i valori di BLs in seguito ad analisi di regressione..

4.3.2 Elaborazione cartografica

La realizzazione di una cartografia tematica ha lo scopo di consentire una più agevole interpretazione dei dati.

A tal fine i valori di B.L. delle singole stazioni sono stati ricondotti a classi di qualità, a ciascuna delle quali corrisponde un colore che è stato poi riportato sulla cartografia (tabella 4.3.2).

La cartografia è stata redatta suddividendo l'area di studio secondo la griglia di riferimento i cui quadranti sono stati colorati secondo i valori di B.L. rilevati.

CLASSI	VALORI BL	COLORI
1. naturalità molto alta	> 50	Blu
2. naturalità alta	41 – 50	Verde scuro
3. naturalità media	31 – 40	Verde chiaro
4. naturalità bassa/alterazione bassa	21 – 30	Giallo pallido
5. alterazione media	11 – 20	Arancione
6. alterazione alta	1 – 10	Rosso
7. alterazione molto alta (deserto lichenico)	0	Cremisi

Tabella 4.3.2: classi di qualità al variare del valore di BL e relativi colori riportati in cartografia.

4.3.3 Analisi comparata con studi pregressi

Il territorio in esame è stato interessato da due lavori di bioindicazione tramite licheni epifiti: uno riguardante le province di Novara e Varese (ROELLA *ET AL.*, 1995), l'altro relativo al territorio del Parco Regionale del Ticino (CASARINI *ET AL.*, 1995). Entrambi gli studi citati sono stati effettuati con un metodo che, essendo antecedente le linee guida ANPA, si discosta leggermente da quello qui utilizzato. Oltre a ciò vanno rilevate differenze di scala di rilevazione. Nel caso dello studio del Parco del Ticino, inoltre, il territorio rilevato si sovrappone solo in minima parte al territorio oggetto del presente lavoro.

Tali considerazioni rendono i dati difficilmente comparabili.

In linea generale è possibile evidenziare alcune differenze: il numero di specie risulta sensibilmente inferiore rispetto agli studi precedenti: 29 specie su 136 Km² nel caso del presente studio, 90 specie su circa 4800 Km² per le province di Varese e Novara, 50 specie su un circa 91 Km² per il Parco del Ticino.

È inoltre possibile comparare i valori medi di I.A.P. (Indice di Purezza Atmosferica) rilevati dai precedenti studi con i valori di BL del presente lavoro. Considerando solo i territori comunali in cui gli studi si sovrappongono risulta che il valore medio di I.A.P. rilevato dallo studio sulla Provincia è pari a 8,67, mentre quello rilevato dallo studio del Parco del Ticino (comuni di Vergiate e Sesto

Calende) è pari a 10,30, a fronte di un valore di BL medio pari a 4,82 rilevato nel presente studio.

Da tali considerazioni di massima, pur tenendo presente le differenze di metodo sopra citate, si dovrebbe evincere un sensibile peggioramento delle condizioni di biodiversità lichenica.

5 Considerazioni conclusive

Dai risultati illustrati si possono trarre le seguenti conclusioni:

- la flora lichenica rilevata appare costituita da un numero piuttosto limitato di specie.
- I valori medi di BL sono inferiori a 5 e indicano elevati livelli di alterazione. La qualità dell'aria appare pertanto mediamente bassa e il confronto con gli studi pregressi indica un sensibile peggioramento della situazione.
- Le condizioni ecologiche prevalenti rivelano una scarsa eutrofizzazione, condizione che indica che l'attività agricola non influenza in maniera significativa la qualità dell'aria. Per contro si rileva un'elevata acidità, probabilmente imputabile all'elevato impatto di traffico veicolare e attività industriali.
- L'area di studio presenta due zone particolarmente critiche: la zona meridionale, in corrispondenza del comune di Vergiate e Sesto Calende, e una fascia a Ovest che va da Osmate al Lago Maggiore e comprende i comuni di Taino e Angera. Nel resto del territorio, nonostante l'aria sia mediamente di qualità molto bassa, si possono individuare zone di limitata estensione con qualità accettabile.

La zona di bassa qualità a Sud appare correlata alla presenza di strade ad elevato traffico veicolare (nello specifico Autostrada e S.S. 33 del Sempione) e alla vicinanza con l'Aeroporto della Malpensa.

Analizzando la situazione di ogni comune si possono trarre le seguenti considerazioni:

- Angera è il comune con maggiore alterazione della naturalità (valore medio 10,5), in particolare spicca una fascia centrale del territorio comunale (stazioni 26, 30, 31, 32 e 35) che risulta particolarmente compromessa;
- Malgesso, nonostante un valore di naturalità basso (valore medio 11,7), presenta un zona con una qualità alta posta a Sud del paese, al confine con il comune di Bregano, in corrispondenza di un'area scarsamente antropizzata;

- Ranco presenta una naturalità bassa (valore medio 12,2) sostanzialmente costante in tutto il territorio;
- Mercallo presenta una naturalità bassa (valore medio 14,4), in particolare i valori vanno dal medio basso al basso;
- Vergiate presenta una naturalità mediamente bassa (valore medio 14,8), si evidenziano dei miglioramenti della qualità dell'aria nei pressi di Corgeno, in particolare lungo il lago di Comabbio e nella zona Nord di Cimbro, verso l'abitato di Villadosia (area tendenzialmente boschiva);
- Osmate: la qualità media dell'aria resta bassa (valore medio 15,3) ad eccezione della zona verso il lago di Monate;
- Cadrezzate: tutto il territorio presenta una qualità bassa (valore medio 17,6), la qualità non migliora neppure nei pressi del lago di Monate.
- Monvalle: la qualità media è bassa (valore medio 17,9), è da evidenziare un quadrato con una qualità alta in corrispondenza della sponda del lago Maggiore.
- Travedona: qualità media bassa (valore medio 18,3), si evidenziano dei quadrati di qualità buona in corrispondenza della zona Faraona e della collina a Sud, la qualità risulta migliore anche nei pressi dell'abitato di Monate, anche se la stazione ha evidenziato la presenza di numerosi licheni morti ed in uno stato di rapida diminuzione.
- Varano Borghi: qualità media bassa (valore medio 18,4), la qualità dell'aria diventa migliore verso il comune di Ternate e nei pressi della Palude Brabbia.
- Taino: qualità media bassa (valore medio 19,7) è da evidenziare una fascia a Nord dell'abitato con una qualità medio – alta in corrispondenza di un'ampia zona boscata.
- Sesto Calende: qualità media – bassa (valore medio 20,2) per la maggior parte del territorio; si evidenziano delle zone migliori nei pressi del cimitero ed una zona di difficile interpretazione verso l'abitato di Vergiate, corrispondente ad una piccola zona verde con scarsa presenza antropica.

- Comabbio: qualità media (valore medio 20,7) costante su tutto il territorio che migliora verso il confine dell'abitato di Lentate;
- Ispra: qualità media (valore medio 23,7) il territorio risulta diviso in due, la parte verso il lago Maggiore con una qualità medio alta, la parte interna con una qualità che degrada rapidamente a basso;
- Biandronno: qualità media (valore medio 24,6) la maggior parte del territorio è di qualità bassa tranne un quadrante al confine di Travedono;
- Bregano: qualità media, (valore medio 25,5) la maggior parte del territorio ha una qualità bassa che migliora nella parte Sud nei pressi della ferrovia, scorsa scarsamente antropizzata;
- Ternate: qualità media (valore medio 26,5) è il comune che presenta la qualità maggiore, in particolare una zona centrale del paese che presenta una naturalità media;

In conclusione possiamo indicare come regola generale che, in corrispondenza delle sponde dei laghi la qualità è migliore, probabilmente a causa della scarsa presenza di fonti di emissione, le zone verdi del territorio risultano essere nella maggior parte dei casi compromesse anche in assenza di fonti nelle immediate vicinanze.

I centri abitati presentano tutti una qualità bassa tranne una parte del Comune di Ternate nei pressi del lago di Comabbio.

6 Bibliografia

- AMMAN K., HERZIG R., LIEBENDORFER L. E URECH M., 1987 – ***Multivariate correlation of deposition data of 8 different air pollutants to lichen data in a small town in Switzerland.*** In: *Advances of Aerobiology*, Birkhäuser, Basel, 401-406.
- ANPA, 2001 - ***I.B.L. Indice di Biodiversità Lichenica. Manuali e Linee Guida 2/2001.*** ANPA, Dipartimento Stato dell'Ambiente, Controlli e Sistemi Informativi, Roma
- ARPA LOMBARDIA, 2003 – ***Rapporto sullo stato dell'ambiente in Provincia di Varese.*** ARPA Lombardia, Milano.
- ASTA J., ERHARDT W., FERRETTI M., FORNASIER F., KIRSCHBAUM U., NIMIS P.L., PURVIS O.W., PIRINSTOS S., SCHEIDEGGER C., VAN HALUWYN C E WIRTH V., 2001 – ***Mapping lichen biodiversity as an indicator of environmental quality.*** In: Nimis P.L., Scheidegger C. e Wolseley P.A. – *Monitoring with lichens – Monitoring Lichens.* Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, 273-279.
- BELLONI S., 1975 - ***Il clima delle province di Como e Varese in relazione allo studio dei dissesti idrogeologici.*** CNR, Fond. Probl. Mont. Arco Alpino, n. 99.
- CASARINI P., FURLANETTO D., GENONI P., GUIDETTI L., ROELLA V., 2000 - ***Monitoraggio della qualità dell'aria mediante licheni nella Valle del Ticino.*** Nodo, Como, 101 pp.
- CASARINI P., FURLANETTO D., GENONI P., ROELLA V., BARBAREWICZ C., BRUSA G., DELUCCHI C., PARCO V., 2000 - ***Monitoraggio della biodiversità lichenica nel Parco del Ticino: confronto con i dati pregressi.*** In: Adamo P. e Aprile G.,

Riassunti del Convegno annuale della Società Lichenologica Italiana La lichenologia in Italia Bilancio di fine secolo (Napoli, 22-24 ottobre 1999).
Notiziario della Società Lichenologica Italiana 13: 35-36.

- CASARINI P., FURLANETTO D., GENONI P., GUIDETTI L., ROELLA V., 2001 - **Monitoraggio della qualità dell'aria mediante licheni nella valle del Ticino. Riassunti del Convegno annuale della Società Lichenologica Italiana (Magenta, 10-12 Novembre 2000)**. Notiziario della Società Lichenologica Italiana, 14: 53-54.
- CASARINI P., GENONI P. E ROELLA V., 1995 – **La qualità dell'aria nel Parco Regionale Lombardo della Valle del Ticino. Monitoraggio mediante licheni**. Parco Ticino. Regione Lombardia.
- CLAUZADE G., ROUX C., 1985. **Likenoj de Okcidenta Europo. Ilustrita Determinlibor**. Boll. Soc. Bot. Centre-Ouest, n.s., num.spec.: 7-1985, 893 pagg.
- FOWLER J., COHEN L., 1993 – **Statistica per ornitologi e naturalisti**. F. Muzzio Editore, Padova.
- GUIDETTI L., STEFANETTI M., 1996. **Biomonitoraggio della deposizione atmosferica di elementi in tracce tramite il lichene *Parmelia caperata* nell'area circostante il lago d'Orta**. *Acqua Aria*,5:489-497
- MASSARA M. E SCARSELLI S., 1997 – **Licheni e inquinamento atmosferico**. Regione Piemonte.
- NASCIMBENE J., CANIGLIA G., 2003. **Licheni del Parco Naturale Paneveggio Pale di San Martino**. 97 pagg.

- NIMIS P.L., 1987 – *I macrolicheni d'Italia. Chiavi analitiche per la determinazione.* Gortania, 8: 101-220.
- NIMIS P.L., 1988 – *I licheni dei boschi di conifere delle Alpi.* Convengo Val Malenco Natura, 2: 43-51.
- NIMIS P.L., 1999 - *Linee-guida per la bioindicazione degli effetti dell'inquinamento tramite la biodiversità dei licheni epifiti.* In: C. Piccini C. e Salvati S. (eds.), Atti del Workshop "Biomonitoraggio della qualità dell'aria sul territorio nazionale" (Roma, 26-27 novembre 1998). ANPA., Roma, serie Atti 2: 267-277.
- NIMIS P.L., 2000. *Checklist of the Lichens of Italy 2.0* University of Trieste, Dept. of Biology, IN2.0/2
- NIMIS P.L. E CASTELLO M., 1990 – *L'uso dei licheni nel biomonitoraggio dell'inquinamento atmosferico.* Biologia ambientale, 2: 5-25.
- NYLANDER, 1866 – *Addenda novam ad Lichenographiam Europaeam.* Flora, 49: 369-374.
- ORLOCI L., 1978. *Multivariate analysis in vegetation research.* 2nd edition, Junk, Den Haag.
- OZENDA P., CLAUZADE G., 1970. *Les Lichens. Etude Biologique et Flore Illustree.* Masson & Cie Editeurs; pag.745-747.
- OTTONE C. E ROSSETTI R., 1980 - *Condizioni termo-pluviometriche della Lombardia.* Atti Ist. Geol. Univ. Pavia, 29: 27-48.
- PIERVITTORI R., 1998 – *Licheni. Conoscerli e utilizzarli.* Minerva, Aosta.

- PICCIN C. E SALVATI S., 1999 – **Atti del workshop “Biomonitoraggio ella qualità dell’aria sul territorio nazionale”** (Roma, 26-27 novembre 1998). ANPA., Roma, serie Atti 2.
- PIERVITTORI R., VALCUVIA-PASSADORE M., NOLA P., 1990/91. **Italian Lichenological Bibliography: 1568-1989**. Allionia, 30: 99-169.
- PIERVITTORI R., VALCUVIA-PASSADORE M., LACCISAGLIA A., 1995. **Italian Lichenological Bibliography: First update (1989-1994) and addenda**. Allionia, 33: 153-179.
- RAIMONDI B., BRUSA G. E CERABOLINI B., 1999 - **Riserva Naturale Orientata “Lago di Biandronno”, studio floristico-vegetazionale**. Rel. tec. non pubb.
- ROELLA V., GUIDETTI L. E BATTIOLI M.T., 1995 – **Bioindicazione della qualità dell’aria nelle provincie di Novara e Varese**. Nicolini Editore, Gavirate (VA).
- VALCUVIA PASSADORE M. G. E MALAVASI C., 2002 - **Relazioni simbiotiche: dai licheni all’Agenda 21 locale**. Regione Lombardia.
- ZOCCHI A., PEDUZZI R., 1999 - **Bioindicazione della qualità dell’aria nel territorio del Canton Ticino (Svizzera) tramite licheni epifiti: confronti transfrontalieri**. - In Guidetti L., *Workshop Licheni e Ambiente* (Orta San Giulio, 24 ottobre 1997). Notiziario della Società Lichenologica Italiana, 12: 45-60.
- ZOCCHI A., ROELLA V. E CALAMARI D., 1996 – **Valutazione della qualità dell’aria nel comune di Varese attraverso l’utilizzo di licheni epifiti**. Ingegneria Ambientale, 25 (3): 78-87.
- WIRTH V., 1980 – **Flechtenflora**. Eugene Ulmer, Stuttgart.

- WIRTH V., 1995 – ***Ermittlung und Beurteilung phytotoxischer Wirkungen von Immissionen mit Flechten. Flechtenkartierung zur Ermittlung des Luftüwertes (LGW).*** VDI-Richtlinien 3799 Blatt