

COMUNE DI BERGAMO  
ASSESSORATO ALLA CULTURA

PROVINCIA DI BERGAMO  
ASSESSORATO ALL'AMBIENTE

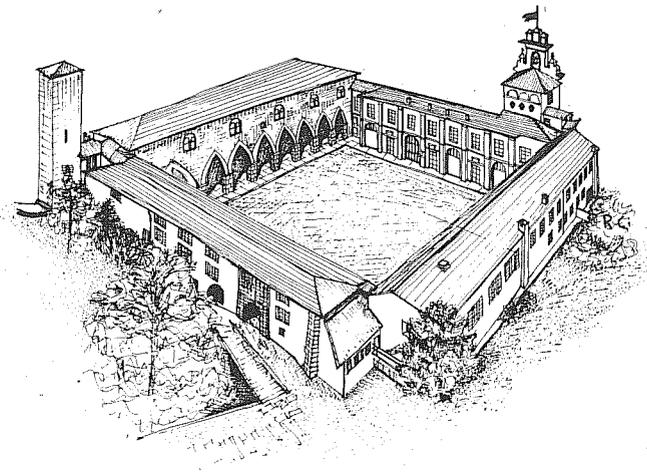
GABRIELLA AROSIO e GABRIELE RINALDI

# PROGETTO LICHENES

INDAGINE CONOSCITIVA  
SUL POPOLAMENTO LICHENICO A BERGAMO  
E NELL'HINTERLAND:  
FLORA, VEGETAZIONE, QUALITA' DELL'ARIA

MUSEO CIVICO DI SCIENZE NATURALI  
BERGAMO

RIVISTA  
del  
MUSEO  
CIVICO  
di  
SCIENZE NATURALI  
"ENRICO CAFFI"



BERGAMO 1994

volume  
**17**





**COMUNE DI BERGAMO**  
**assessorato alla cultura**

RIVISTA  
del  
MUSEO  
CIVICO  
di  
SCIENZE NATURALI  
"ENRICO CAFFI"

**BERGAMO 1994**

volume  
17

COMITATO SCIENTIFICO

Prof. Bona Bianchi Potenza  
Prof. Maria Bianca Cita Sironi  
Prof. Filippo Maria Gerola  
dr. Mario Guerra  
Prof. Flavio Jadoul  
Prof. Giulio Lanzavecchia  
Prof. Vittorio Maconi  
Prof. Pier Luigi Nimis  
dr. Anna Paganoni  
Prof. Giorgio Pasquaré  
dr. Gabriele Rinaldi  
Prof. Silvio Ranzi  
Prof. Giovanni Vailati  
dr. Marco Valle

DIRETTORE RESPONSABILE

dr. Mario Guerra

REDAZIONE

dr. Marco Valle

## PRESENTAZIONE

Nel 1992 il Museo Civico di Scienze Naturali di Bergamo presentò all'Assessorato Territorio Ambiente della Provincia un progetto scientifico denominato "Lichenes", che aveva per oggetto lo studio della composizione, distribuzione, fitosociologia ed ecologia della florula lichenica epifitica nel territorio del Comune di Bergamo ed aree limitrofe.

L'iniziativa, oltre ad integrare le scarse conoscenze lichenologiche relative alla provincia di Bergamo, si proponeva di considerare la presenza dei licheni come bioindicatori della qualità dell'aria, in virtù della loro specifica sensibilità agli agenti inquinanti.

Pertanto, accanto all'interesse scientifico il progetto presentava anche aspetti applicativi quali la possibilità di condurre alla stesura di mappe dell'inquinamento atmosferico, utili, ad esempio, al fine di perfezionare la strategia di campionamento mediante stazioni di rilevamento.

L'Assessorato Territorio Ambiente, valutato il progetto in linea con i propri obiettivi di conoscenza e tutela del territorio, nonché complementare ad attività già in atto (rilevamento della qualità dell'aria tramite centraline), lo ritenne meritevole del sostegno richiesto.

Su proposta degli uffici provinciali, inoltre, il progetto fu ampliato prevedendo l'uso dei licheni come bioaccumulatori di sostanze inquinanti, in aggiunta al loro utilizzo come bioindicatori della qualità dell'aria. In altre parole, accanto all'analisi qualitativo-ecologica dei popolamenti lichenici presenti nel territorio, fu programmata anche l'effettuazione, su campioni di tallo lichenico, di analisi chimiche volte alla determinazione di alcuni specifici microinquinanti suscettibili di assorbimento ed accumulo.

Il presente volume ed i relativi elaboratori cartografici sintetizzano i risultati delle indagini condotte.

Considerato l'ottimo lavoro svolto dal Museo, la Provincia ha ritenuto opportuno consentirne la pubblicazione e la diffusione e si propone di contribuire per il futuro ad un ampliamento della ricerca ad una diversa e più estesa area del territorio bergamasco.

L'Assessore all'Assetto del  
Territorio-Ambiente  
Dott. Franco Belingheri



....A PROPOSITO DI LICHENI !

L'aspetto più simpatico di questa indagine e che essa è stata condotta "insieme" ai licheni ed ha per oggetto aritmie ecologiche che di questi tempi travagliano noi quasi altrettanto che le care tallofite.

E' possibile collaborare con i vegetali?.....ma perché no! I vantaggi sono subito elencati: capo 1°, i licheni non partecipano a tenzoni politiche e, di conseguenza, non sono affetti dalla sindrome della menzogna; capo 2°, quando vogliono avvertirci che le cose si mettono male e che le conseguenze di questo malessere potrebbero essere a noi fatali, lo fanno con un mezzo che è di inequivoca interpretazione e di sicura lettura: ovvero, morendo "prima" loro.

C'è una componente orientale nella tradizione culturale dei licheni: qualcosa che rammenta le religioni orientali ove il dissenso non sfocia nell'aggressività verso il prossimo, ma nel sacrificio - sempre sublime - di se stessi, molto più efficace sul piano della persuasione.

L'augurio quindi non può essere che uno: lunga vita ai licheni e, con loro, a noi tutti.

Ai bravissimi Gabriele Rinaldi e Gabriella Arosio, nonché agli Assessori della Provincia un GRAZIE di cuore.

Il Direttore  
del Museo di Scienze Naturali "E. Caffi"  
(dr Mario Guerra)



GABRIELLA AROSIO\* e GABRIELE RINALDI\*\*

**PROGETTO LICHENES**  
**INDAGINE CONOSCITIVA SUL POPOLAMENTO**  
**LICHENICO A BERGAMO**  
**E NELL'HINTERLAND:**  
**FLORA, VEGETAZIONE, QUALITA' DELL'ARIA**

STUDIO MONOGRAFICO  
ESEGUITO CON IL CONTRIBUTO  
DELL'AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DI BERGAMO  
ASSESSORATO ALL'ASSETTO DEL TERRITORIO

---

\* Naturalista, collaboratrice del Museo di Scienze Naturali di Bergamo

\*\* Conservatore, sez. botanica del Museo di Scienze Naturali e Giardino Botanico "L.Rota" di Bergamo

## INDICE

<b>RIASSUNTO</b>	pag. 1
<b>INTRODUZIONE</b>	pag. 2
<b>L'AREA DI STUDIO</b>	pag. 2
<b>INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E SCELTA DELL'AREA D'INDAGINE</b>	pag. 2
<b>CLIMA</b>	pag. 4
<b>FLORA E VEGETAZIONE</b>	pag. 9
<b>STUDI PRECEDENTI</b>	pag. 9
<b>METODOLOGIA</b>	pag. 9
<b>REPERTORIO FLORISTICO</b>	pag. 12
<b>INQUADRAMENTO FITOSOCIOLOGICO</b>	pag. 22
<b>SCHEMA SINSISTEMATICO</b>	pag. 23
<b>DISTRIBUZIONE DELLE COMUNITA'</b>	pag. 23
<b>LA QUALITA' DELL'ARIA NELL'HINTERLAND BERGAMASCO</b>	pag. 28
<b>INTRODUZIONE</b>	pag. 28
<b>I LICHENI COME BIOINDICATORI</b>	pag. 28
<b>STUDI PRECEDENTI</b>	pag. 29
<b>ALCUNI LIMITI D'UTILIZZO</b>	pag. 31
<b>IL CONTROLLO DELLA QUALITA' DELL'ARIA NELL'HINTERLAND BERGAMASCO</b>	pag. 31
<b>METODOLOGIA</b>	pag. 34
<b>IL SUBSTRATO ARBOREO</b>	pag. 35
<b>LE FASCE DI QUALITA' DELL'ARIA</b>	pag. 37
<b>I LICHENI COME BIOACCUMULATORI</b>	pag. 43
<b>RISULTATI E DISCUSSIONI</b>	pag. 44
<b>CONCLUSIONI</b>	pag. 46
<b>RINGRAZIAMENTI</b>	pag. 49
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	pag. 50
<b>REPERTORIO FOTOGRAFICO</b>	pag. 57

**RIASSUNTO:** E' stata condotta un'indagine sulle popolazioni di licheni epifiti nel territorio di Bergamo e di alcuni comuni dell'hinterland. Sono state analizzate 421 stazioni e sono state individuate 37 specie licheniche. Le comunità sono state inquadrare da un punto di vista fitosociologico. E' stata realizzata una mappa della qualità dell'aria dell'area di indagine utilizzando i licheni come bioindicatori. Per il rilevamento è stato adottato il metodo Amman (Amman et Al., 1989) mentre, per esprimere la qualità dell'aria delle stazioni, è stato utilizzato l'indice di purezza atmosferica I.A.P. 8 (Amman et Al., 1988) =  $\Sigma F$ . L'elaborazione numerica degli indici e la mappa della qualità dell'aria sono stati realizzati con programmi di calcolo e di elaborazione cartografica. In base ai rilevamenti effettuati su 300 stazioni, in prevalenza di *Tilia spp.* e in minor misura di *Acer negundo*, sono state individuate 6 fasce di qualità dell'aria. E' stata esaminata la correlazione tra i rispettivi valori di I.A.P. riscontrati su tiglio e su acero negundo presenti contemporaneamente, sottoponendo i dati a regressione lineare. La distribuzione delle fasce è stata analizzata in relazione alla dislocazione sul territorio di insediamenti abitativi, produttivi, grandi vie di traffico, elementi fisiografici naturali ed agricoli; particolare attenzione è stata posta alla relazione con l'andamento delle brezze.

Alcune indicazioni di carattere quantitativo (concentrazioni di inquinanti) sono state fornite dalle analisi chimiche effettuate sui pochi campioni lichenici presenti in quantità sufficiente alla realizzazione di analisi dei metalli pesanti.

**SUMMARY:** Epiphytic lichen populations in the territory of Bergamo and some neighbouring communes have been studied. 421 stations have been analyzed and 37 lichen species have been found. A pollution map has been realized using lichens as bioindicators. The lichen communities have been organized from a phytosociological point of view. The "Ammann method" (Ammann et Al., 1989) has been utilized for the surveyes whereas the Index of Atmospheric Purity I.A.P. = 8 (Ammann et Al., 1989) has been used to signify the air quality of the stations involved. The elaboration of the data and the redaction of the map have been realized by automatic procedures. Six beltshave have been identified on the basis of the data collected in 300 stations. Most of the stations were *Tilia spp.*; only a few of them were *Acer negundo*. The correlation between the respective I.A.P. values found both on *Tilia spp.* and *Acer negundo*, when the two species were present in the same place, has been analyzed using linear regression. The arrangement of the belts has been analyzed in relation to the distribution of the development building, industrial areas, busy lines, natural and agricultural areas and, in particular in relation to the direction of the winds.

Some quantitative informations (pollutant concentrations) have been supplied by chemical analyses. The analyses have been carried only on the few lichen samples that occurred in the required amount to carry on analyses of heavy metals.

**Parole chiave:** Licheni epifiti; *Physcietum adscendentis*; ambiente urbano; Index of Atmospheric Purity; bioindicatori; bioaccumulatori; inquinamento atmosferico.

**Key words:** epiphytic lichens; *Physcietum adscendentis*; urban environment; Index of Atmospheric Purity; bioindicatori; bioaccumulation; air pollution.

**INTRODUZIONE:** Le conoscenze lichenologiche relative alla provincia di Bergamo sono estremamente frammentarie. Il presente studio è il primo contributo teso a colmare tale vuoto di conoscenza sulla flora e la vegetazione lichenica in un settore importante della provincia: l'hinterland di Bergamo.

La scelta dell'area d'indagine risponde ad un duplice obiettivo operativo:

–mettere a punto una metodologia d'indagine in un'area campione significativa a livello provinciale per una successiva estensione ad una più ampia parte del territorio;

–eseguire un biomonitoraggio ambientale di una zona geografica italiana ad impatto antropico particolarmente intenso (elevata densità di popolazione, presenza di considerevoli insediamenti industriali, grandi vie di traffico ecc.).

Per questo campo d'indagine il Museo Civico di Scienze Naturali "E.Caffi" di Bergamo, promotore del "Progetto Lichenes", ha quindi ritenuto opportuno il coinvolgimento dell'Amministrazione Provinciale (Assessorato all'Assetto del Territorio-Ambiente) in cui specifici organi tecnici che fanno capo all'Ufficio Aria sono preposti istituzionalmente al controllo della qualità dell'aria. Tale collaborazione ha reso possibile finanziariamente il coinvolgimento nello studio di un ricercatore esterno all'organigramma del Museo.

## AREA DI STUDIO

### **Inquadramento geografico e scelta dell'area d'indagine**

Il territorio oggetto del presente studio si estende per 115 km<sup>2</sup> in una zona di transizione pedemontana che si spinge nell'alta pianura lombarda. Da un punto di vista bioclimatico appartiene alla zona medioeuropea. A Sud l'area è di tipo pianiziale ed è situata sul Livello Fondamentale della Pianura; a Nord include i rilievi collinari di Bergamo e lambisce le prime propaggini delle Prealpi Bergamasche.

Le quote variano tra i 177 m a Sud di Osio Sotto e i 550 m della Maresana e Ponteranica, pertanto la fascia altitudinale ricade interamente nel tipo medioeuropeo.

I margini nord-orientali e nord-occidentali sono prossimi agli inizi delle due principali valli orobiche, la Valle Seriana e la Valle Brembana.

L'area è attraversata da corsi d'acqua minori quali il Torrente Quisa, che scorre ai piedi del versante nord-orientale dei Colli e confluisce nel Brembo presso Ponte S. Pietro, ed il Torrente Morla che scorre nel settore settentrionale occidentale e attraversa poi in senso longitudinale l'intero territorio di pianura oggetto di studio. Tra le canalizzazioni ricordiamo la Roggia Morlana, la Roggia Guidana ed il Canale Serio Piccolo che si caratterizzano per la cattiva qualità delle acque.

La delimitazione dell'area ha avuto come primo obiettivo quello di descrivere l'ambito del capoluogo e le sue relazioni con il contesto immediatamente circostante.

L'estensione a Sud ha presupposto l'inclusione di alcune aree dei comuni di Dalmine e Lallio in particolare, in cui vi sono concentrazioni produttive di particolare rilevanza sull'ambiente. Sotto il profilo amministrativo i territori indagati appartengono a 20 comuni: Bergamo, Almè, Villa d'Almè, Sorisole, Ponteranica, Paladina, Valbrembo, Mozzo, Torre Boldone, Orio al Serio, Zanica, Stezzano, Levate, Dalmine, Treviolo, Comun Nuovo, Osio Sotto, Osio Sopra, Azzano S. Paolo, Lallio. I primi 9 comuni sono

parte del Consorzio del Parco dei Colli cui spetta la gestione di una vasta area soggetta a normative regionali di tutela.

Il territorio oggetto dell'indagine appartiene ad una delle aree più urbanizzate della regione più industrializzata d'Italia. Il capoluogo (120.000 abitanti circa nel 1987), con una quindicina di comuni limitrofi, costituisce un'area urbana con più di 300.000 abitanti caratterizzata da forte addensamento insediativo. Fenomeni di conurbazione si verificano lungo le principali direttrici di comunicazione. Sebbene manchi uno specifico studio o censimento cui fare riferimento, di particolare impatto sulla qualità dell'ambiente segnaliamo:

- l'asse autostradale in direzione SW-NE ad occidente della città e in direzione ESE ad oriente. L'Autostrada A4 tra Milano e Brescia costituisce uno dei tratti più trafficati d'Italia;
- l'aeroporto civile e militare ad Orio al Serio;
- l'inceneritore municipale dei rifiuti solidi urbani della città ed il depuratore municipale delle acque urbane dei comuni di Bergamo, Mozzo, Gorle e Torre Boldone;
- linee di percorrenza veicolare importanti legate al traffico commerciale, al pendolarismo, alla forte terziarizzazione dell'hinterland;
- l'insediamento siderurgico a SW di Bergamo della Tubi Dalmine; altre aziende produttive: Sigma Prodotti Chimici, Mozzo; Masenghini, carte da gioco, Colognola (Bg); Nuovo Istituto Arti Grafiche, Bg; Abb-Sace, Componenti Elettromeccanici, Valtesse (Bg) e Dalmine; Società del Gres, Petosino; Reggiani, Industria Tessile, Redona (Bg); Mangimi Emmetre, Campagnola (Bg); Officina Nastri Trasportatori, Lallio; Nuova Magrini Galileo, industria elettromeccanica, Malpensata (Bg); Società Italiana Acetilene e Derivati, Dalmine; inoltre ad occidente e poco distante da Dalmine, Osio Sotto e Osio Sopra sorge il polo chimico industriale di Filago.

Nonostante una notevole riduzione nel corso degli ultimi anni, un'ampia porzione della pianura oggetto di studio ha carattere prevalentemente agricolo con aziende a vocazione cerealicola e zootecnica (vacche da latte). Scarse e marginali sono le aree con vegetazione con buon grado di naturalità. In significativa riduzione negli ultimi decenni sono le alberature, le siepi ed i boschetti, in favore di terreni di coltura di tipo estensivo. Sui colli ed in pianura sono diffuse l'orticoltura e la floricoltura protetta. Aree forestate si incontrano sui colli e sulle propaggini prealpine, dove occupano in generale le aree meno esposte all'insolazione. L'abbandono dell'agricoltura di collina (vigneti e prati stabili in primo luogo) è andato di pari passo all'espansione spontanea del bosco ed all'intensa urbanizzazione. La forma di governo più diffusa è il ceduo, tuttavia lembi significativi di bosco, oltre a possedere un elevato grado di naturalità, sono sottoposti ad un regime di tutela da parte del Consorzio del Parco dei Colli che di fatto ne prefigura la conversione all'alto fusto.

## Clima

I dati meteorologici più rappresentativi per l'area di studio sono desumibili dalle rilevazioni più che trentennali (1958-1989) della stazione dell'Istituto Sperimentale di Cerealicoltura di Stezzano (Bertolini e Elitropi., 1989; Bertolini, Elitropi e Elitropi, 1991; Elitropi e Elitropi 1979) cui le seguenti note fanno riferimento. Tale stazione infatti è collocata alle porte della città nell'alta pianura inclusa nel territorio d'indagine e consente di esprimere con dettaglio le condizioni climatiche del settore meridionale di studio. Le località di pianura di rilevamento lichenico distano da questa stazione fino a 8.5 Km e quelle di collina fino a 10 Km.

Più approssimata è l'attribuzione delle stesse valutazioni alla zona collinare dove mancano stazioni meteorologiche nell'area d'indagine. Tuttavia alcuni dati significativi possono essere estrapolati dalle stazioni meteorologiche di territori vicini (Gualteroni, 1990, Servizio Agrometeorologico Provinciale) ad esempio quella del Colle dei Pasta nel Comune di Torre de' Roveri a 10 Km a ENE da Bergamo e a 14 Km circa dalle stazioni licheniche collinari più distanti.

Il clima di Bergamo è di tipo temperato subcontinentale. Il regime pluviometrico (fig. 1) è di tipo continentale, carattere accentuatosi nell'ultimo trentennio a causa di un sensibile accorciamento del periodo estivo asciutto della Pianura Padana rispetto alla prima metà del secolo. Il valore medio delle precipitazioni ammonta a 1173,2 mm/anno con valore medio minimo di 870 mm e massimo di 1646 mm. Il grafico presenta un picco in maggio (media 119 mm), un massimo in agosto (media 128.8 mm) ed un terzo picco nei mesi di ottobre (media 117,3 mm) e novembre (105,2 mm). La frequenza media delle precipitazioni è di 116 gg/anno (minimo 97 gg, massimo 157 gg).

Il rapporto annuo medio tra evaporazione e precipitazione (periodo 1958-1989) è pari al 48,3% (min 26%, max 68%).

Un dato sintetico in grado di esprimere la disponibilità di acqua nell'arco dell'anno in relazione ai bisogni della vegetazione è rappresentato dal climatogramma (secondo Thornthwaite) in fig. 1 per l'evapotraspirazione reale ed il bilancio idrico medio.

L'umidità relativa media dell'aria è espressa dalla tab. 1

L'insolazione reale, vale a dire il numero di ore al giorno durante le quali il sole è effettivamente visibile, è in media di 5.08 h/giorno corrispondenti a circa il 42 % di quelle possibili, con una media annuale di 1853 h. Le medie mensili delle temperature massima, minima e media sono rappresentate in fig. 2.

ANNO	ORE	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
	8	80	83	80	77	76	76	76	79	84	84	85	85
1978/1987	14	67	68	63	58	58	52	52	54	56	65	70	74
	19	78	77	67	59	59	52	50	54	59	81	86	86
media generale		75	76	70	64	65	60	59	62	66	77	80	82

Tab. 1 - Valori mensili dell'umidità relativa dell'aria alle ore 8, 14, 19 rilevati alla stazione meteorologica dell'Ist. Sper. per la Cerealicoltura di Bergamo (da Bertolini M., Elitropi C., Elitropi M., 1991).

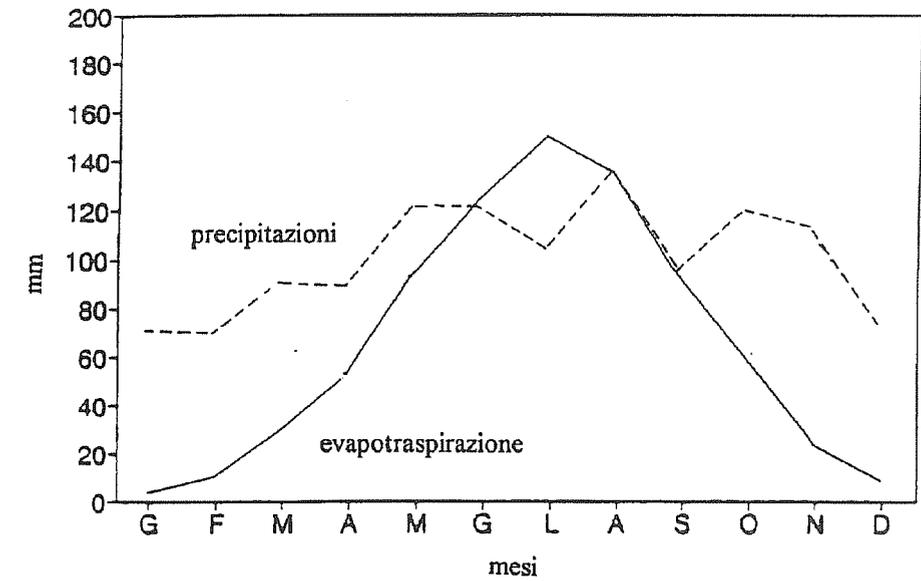


Fig. 1 - Bilancio idrico (1958-1987) rilevato alla stazione metereologica dell'Ist. Sper. per la cerealicoltura di Bergamo (da Bertolini M., Elitropi C., Elitropi M., 1991).

Per quanto attiene la nebbia, i dati 1958-1989 indicano una media annuale di 36 gg (max 65; min 13) concentrati nel periodo novembre-gennaio. Il fenomeno tuttavia risulta variabile in intensità e frequenza nelle diverse parti della pianura. In collina spesso si presentano condizioni soleggiate quando la nebbia infittisce in pianura. L'area è soggetta sia a venti di brezza (breeze di valle e di pianura stagionali e giornaliere) legati a fattori orografici locali, sia a ventosità connessa a fattori meteorologici generali (distribuzioni delle zone cicloniche ed anticicloniche ecc.).

La direzione e l'intensità degli spostamenti determinano il ricambio o il ristagno di masse d'aria al suolo e quindi di inquinanti atmosferici che si possono riflettere in fenomeni di esposizione di tipo cronico od acuto nei diversi luoghi. Nell'arco dell'anno (figg. 3 e 4) la direzione di provenienza prevalente è Nord-Est con un'incidenza stagionale maggiore nei mesi freddi e un'incidenza giornaliera nelle ore del mattino; questa è seguita dalla direzione di provenienza Sud-Ovest, con un'incidenza stagionale maggiore nei mesi primaverili-estivi e un'incidenza giornaliera nelle ore pomeridiane. Il fenomeno è prevalentemente dovuto a brezze.

Per quanto riguarda l'ambiente collinare, i dati meteorologici decennali (1983-1992) della stazione del Colle dei Pasta (Gualteroni, 1994) evidenziano valori di precipitazioni pari a 870 mm/annui, che sono inferiori di 200 mm/annui circa rispetto ai dati riferibili alla pianura (fig. 5).

Le temperature evidenziano una minor escursione termica media annua rispetto alla pianura; in particolare le temperature medie minime nei mesi invernali sono sensibilmente superiori. (fig. 6).

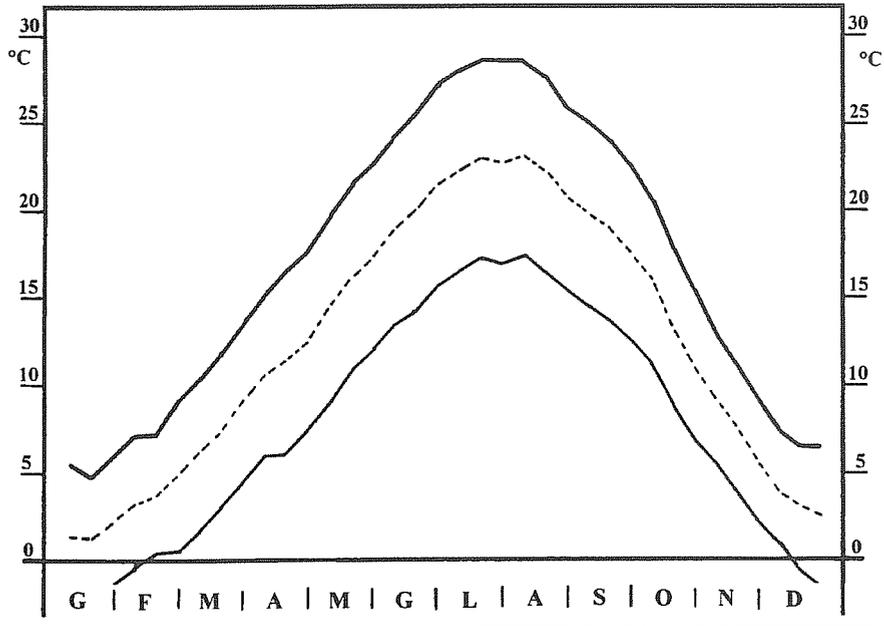


Fig. 2 - Andamento medio delle temperature minime, medie e massime nel periodo 1958-1987, rilevati alla stazione meteorologica dell'Ist. Sper. per la Cerealicoltura di Bergamo (da Bertolini M., Elitropi C., 1989).

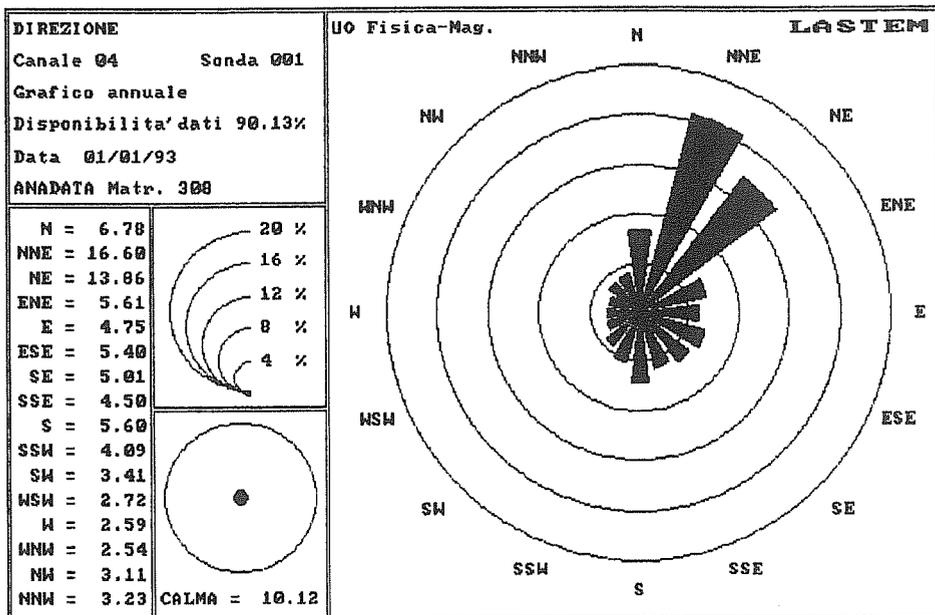


Fig. 3 - Anemogramma relativo alla centralina meteorologica di Bergamo, via Angelo Maj, (1992). Grafico fornito da P.M.I.P. Unità Fisica, U.S.S.L. 29, Bergamo.

DIREZIONE DEL VENTO E SETTORI PREVALENTI					
N	SETTORE	TOT. ORE	N	SETTORE	TOT. ORE
1	0.0-22.5	503	9	180.0-202.5	768
2	22.5-45.0	939	10	202.5-225.0	884
3	45.0-67.5	2876	11	225.0-247.5	814
4	67.5-90.0	1394	12	247.5-270.0	687
5	90.0-112.5	649	13	270.0-292.0	656
6	112.5-135.0	699	14	292.0-315.0	731
7	135.0-157.5	837	15	315.0-337.5	466
8	157.5-180.0	618	16	337.5-360.0	391

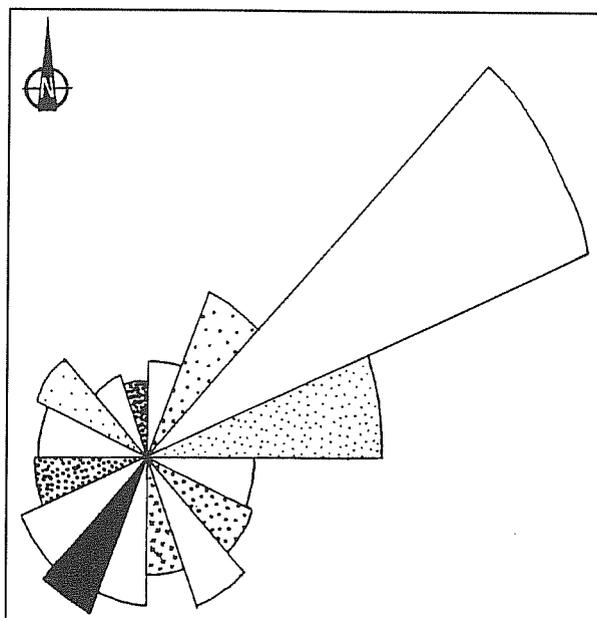


Fig. 4 - Anemogramma e tabella del periodo 1991-92 relativi alla stazione meteorologica dell'Ist. Sper. per la Cerealicoltura di Bergamo (dati forniti dall'Ente Regionale Sviluppo Agricolo della Lombardia).

Nell'arco dell'anno i valori medi di umidità atmosferica relativa sono pressoché costanti in collina. I dati collinari, rispetto ai valori di pianura, sono simili nei mesi freddi, mentre sono significativamente inferiori nei mesi estivi a causa della maggiore escursione termica (fig.7).

Purtroppo non vi sono dati disponibili che esprimano altre differenze microclimatiche significative tra l'ambiente collinare e quello di pianura. In particolare non esistono dati importanti che permettano di valutare il condizionamento della distribuzione degli inquinanti atmosferici. Sottolineiamo ad esempio l'importanza di informazioni quantitative su fenomeni quali l'inversione termica invernale cui consegue il ristagno di masse d'aria, le nebbie, i movimenti atmosferici al suolo.

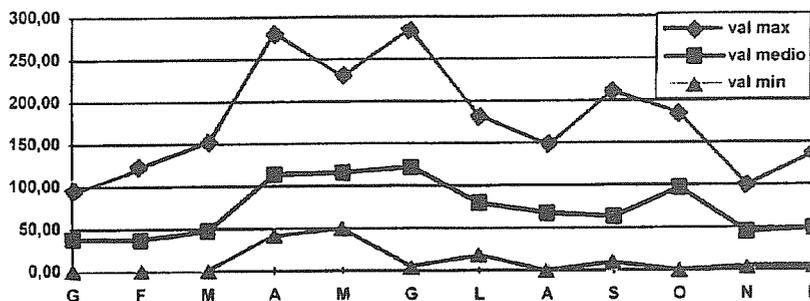


Fig. 5 - Andamento medio mensile delle precipitazioni minime, medie e massime del periodo 1983-1992. Stazione meteorologica del Colle dei Pasta - Torre de' Roveri (Gualteroni, 1994).

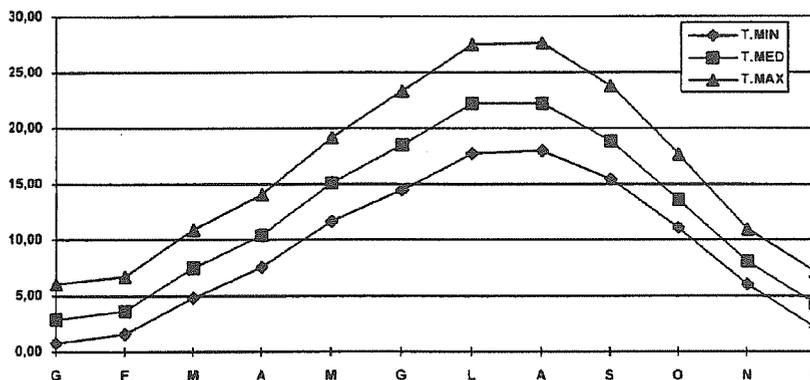


Fig. 6 - Andamento medio mensile delle temperature minime, medie e massime nel periodo 1983-1992. Stazione meteorologica del Colle dei Pasta - Torre de' Roveri (Gualteroni, 1994).

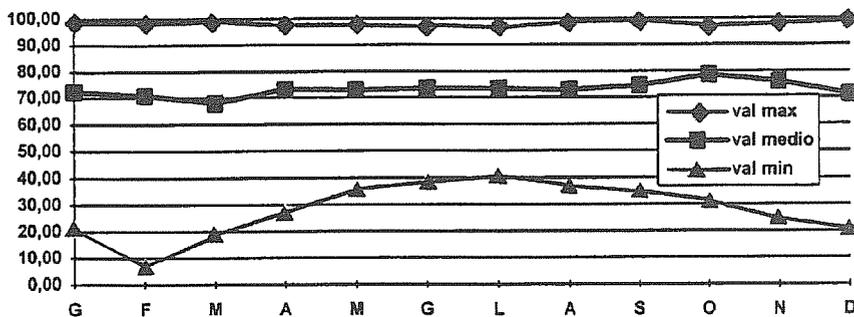


Fig. 7 - Andamento medio mensile dell'umidità atmosferica minima, media e massima del periodo 1983-1992. Stazione meteorologica del Colle dei Pasta - Torre de' Roveri (Gualteroni, 1994).

## FLORA E VEGETAZIONE

### Studi precedenti

Nonostante la Lombardia, dopo il Sud Tirolo, sia la regione italiana meglio conosciuta sotto il profilo della flora lichenica (Nimis, 1993), ciò si deve soprattutto a lichenologi che hanno operato al di fuori della provincia di Bergamo. Citiamo ad es., per la consistenza dei contributi, Martino Anzi (1860 e successivi) per la provincia di Sondrio, Santo Garovaglio (1838, 1843) per il Comasco e la Valtellina, Valerio Giacomini (1936) per la Valle Camonica.

Per la Bergamasca è mancata anche solo un'esplorazione floristica. Gli scarsi studi finora effettuati riguardano per lo più ambienti montano-alpini. Meritevoli di segnalazione sono alcune decine di campioni tuttora custoditi presso l'erbario dell'Università di Pavia, appartenuti ad Emilio Rodegher (1856-1922) (Tretiach e Valcuvia Passadore, 1992) e riferibili a località del Bergamasco.

Pertanto il presente studio si configura come il primo condotto su basi floristiche e vegetazionali espressamente dedicato ai licheni di un territorio della provincia di Bergamo.

### Metodologia

In una fase preliminare sono state osservate le cortecce di pressoché tutte le specie di alberi presenti e sono state quindi individuate le potenziali stazioni licheniche. Queste stazioni sono caratterizzate come segue: localizzazione, identificazione della specie arborea, tipo di distribuzione e numero degli esemplari arborei, eventuale presenza di fattori di disturbo (strade trafficate, sterrate, corsi d'acqua, fogne, aziende agricole, industrie o altro), circonferenza degli alberi, caratteristiche del tronco e percentuale di superficie occupata in totale dai licheni, copertura algale e muscinale.

L'osservazione dei licheni è stata accompagnata dal rilevamento dei seguenti dati: esposizione, altezza dal suolo, dimensioni, stato di salute.

I dati raccolti sono stati messi a confronto con quelli di letteratura relativi all'autoecologia e sinecologia delle specie; inoltre sono stati utilizzati per la compilazione del repertorio floristico, l'inquadramento fitosociologico, la valutazione della relazione tra fitocenosi e fasce di qualità dell'aria. Alcuni dati raccolti sono sintetizzati in tab. 2.

Ogni albero oggetto di rilevamento fitosociologico è stato caratterizzato dai seguenti dati: circonferenza del tronco a 130 cm dal suolo, esposizione, caratteristiche del tronco quali inclinazione, rugosità, anomalie morfologiche, altezza del rilievo, esposizione del rilievo, grado di copertura algale e muscinale, grado di copertura complessiva dei licheni e di ciascuna forma di crescita (licheni fruticosi, foliosi, crostosi), elenco delle specie presenti e grado di copertura di ogni specie.

I dati stazionali sono raccolti anche per gli alberi privi di cenosi licheniche.

Ogni stazione è costituita da 1 a 6 alberi analizzati singolarmente. L'altezza dal suolo del rilievo è di circa 130 cm ma sono stati accettati, in casi eccezionali, anche alcuni rilievi ad altezza variabile fra 100 e 140 cm; la superficie standard per il rilievo è pari a 20 dm<sup>2</sup>.

Per esprimere il grado di copertura è stata utilizzata la scala di Pignatti (1953), in parte modificata:

Indice di copertura	Copertura
r	< 1cm <sup>2</sup>
+	1 cm <sup>2</sup> ÷ 1%
1	1% ÷ 20%
2	21% ÷ 40%
3	41% ÷ 60%
4	61% ÷ 80%
5	81% ÷ 100%

La tabella dei rilievi con almeno 5 specie licheniche (tab. 3) è stata sottoposta ad analisi multivariata. Alcune tipologie di comunità sono state definite grazie all'elaborazione della matrice di correlazione con un programma di classificazione gerarchica per legame medio (fig. 9). L'ordinamento dei rilievi è riportato in fig. 8.

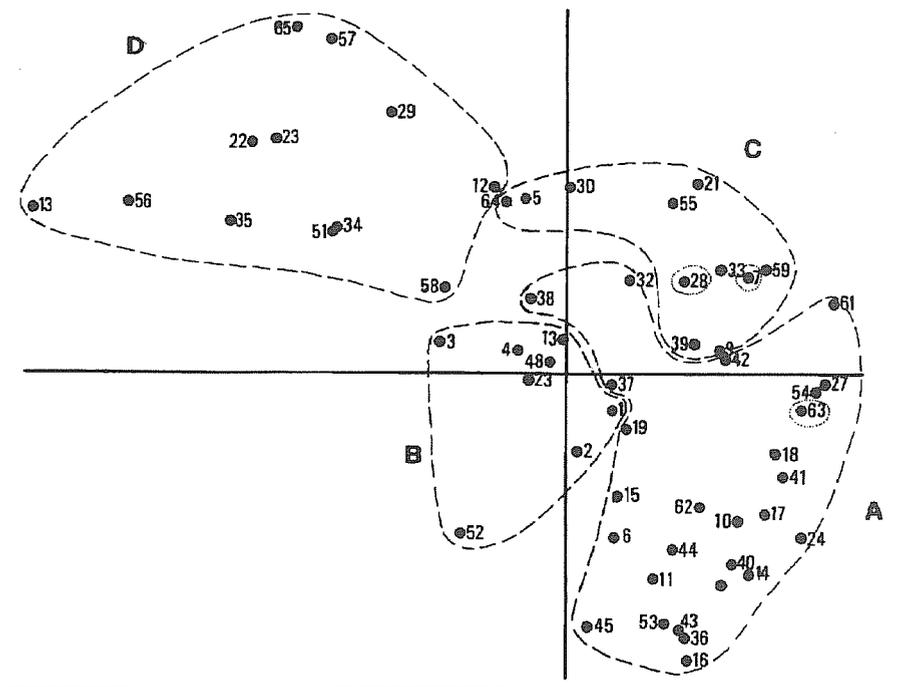


Fig. 8 - Ordine dei rilievi fitosociologici su *Tilia* spp. con almeno cinque specie di licheni. Le linee tratteggiate individuano i gruppi ottenuti mediante classificazione numerica ed a cui le lettere fanno riferimento.

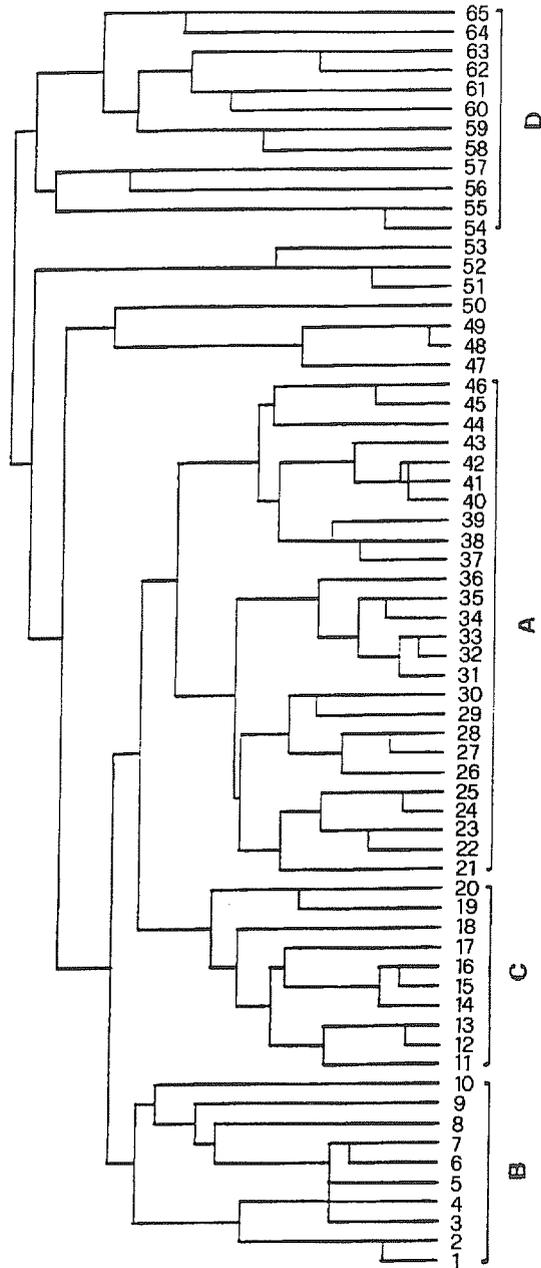


Fig. 9 - Dendrogramma della classificazione gerarchica per legame medio ottenuto dall'elaborazione della matrice relativa ai rilievi fitosociologici su *Tilia spp.* con almeno cinque specie di licheni.

### Repertorio floristico

Questo repertorio raccoglie i dati relativi alle specie osservate nell'hinterland bergamasco. Dalla letteratura sono riportati in una tabella (tab. 2) dati sintetici utili ad inquadrare sotto il profilo biologico, ecologico, sintassonomico i diversi taxa. Le sigle pH, N, H, L si riferiscono agli indici ecologici suggeriti da Wirth (1980) rispettivamente relativi all'acidità del substrato, alla disponibilità di sostanze azotate, all'umidità atmosferica ed alla luminosità.

Nella medesima tabella sono sintetizzate anche le osservazioni effettuate durante i rilievi floristici e vegetazionali. Sono riportati i dati raccolti in 421 stazioni. I dati riguardano la frequenza delle specie, i valori massimi e minimi di I.A.P. delle stazioni e le esposizioni sul tronco in ordine di frequenza decrescente. Le specie per le quali non sono riportati i valori di I.A.P. non sono state rilevate su *Tilia spp.* e su *Acer negundo*.

Ulteriori osservazioni relative all'hinterland bergamasco riguardanti la tossitolleranza, la frequenza di ritrovamento e l'ecologia sono annotate di seguito per ciascuna specie ritrovata. L'elencazione segue l'ordine alfabetico.

*Amandinea punctata* (Hoffm.) Coppins & Scheid.

La specie è molto rara nell'area di studio. Si trova su *Acer negundo* e su *Tilia spp.* prevalentemente esposta a NE, sia in collina che in pianura.

Non si rileva in prossimità del deserto lichenico.

*Caloplaca ferruginea* (Hudson) Th. Fr.

*C. ferruginea* è presente in sole due stazioni (0,47%) di ambiente collinare ad elevato grado di naturalità ed alti indici di purezza atmosferica (fascia F). La specie è stata trovata su *Quercus robur* in bosco e su *Tilia sp.* in un'area prossima a boschi con buon grado di naturalità (Maresana). E' stata riscontrata ad esposizione N ed E.

*Candelaria concolor* (Dickson) B. Stein

*Candelaria concolor* è una specie abbastanza frequente, presente in 103 stazioni (frequenza 24,47%) su *Acer saccharinum*, *A. negundo*, *Aesculus hippocastanum*, *Ailanthus altissima*, *Carpinus betulus*, *Castanea sativa*, *Crataegus monogyna*, *Diospyrus cachi*, *Fraxinus angustifolia*, *F. excelsior*, *Juglans regia*, *Ostrya carpinifolia*, *Platanus hybrida*, *Populus alba*, *P. nigra*, *Prunus domestica*, *P. pissardi*, *Quercus ilex*, *Q. petraea*, *Q. pubescens*, *Q. robur*, *Salix alba*, *Tilia spp.*, *Ulmus spp.*.

E' presente sui quadranti N ed E dei tronchi con frequenza di poco superiore rispetto alle altre esposizioni.

Si trova dalla pianura alla fascia collinare, sia in aree agricole che urbane. Contrariamente alle aspettative, in ambiente agricolo presenta frequenze e coperture del tutto analoghe a quelle di altri contesti. La distribuzione è analoga a quella di *Candelariella reflexa*.

Si comporta come una specie moderatamente poleotollerante, essendo presente in alcune stazioni prossime al deserto lichenico dove non si insedia su *Tilia*; la troviamo in tutte le fasce licheniche ma con la massima frequenza e con le coperture maggiori nelle fasce D ed E (12 < I.A.P. ≤ 36) delle aree situate a Nord della città di Bergamo. E' particolarmente rara nei dintorni di Grumello del Piano e Lallio per motivi che non conosciamo.

*Candelariella reflexa* (Nyl.) Lettau

Specie abbastanza frequente, *C. reflexa* si trova in 85 stazioni (frequenza 20,19%) su diverse specie di alberi: *Acer negundo*, *A. pseudoplatanus*, *Celtis australis*, *Fraxinus angustifolia*, *F. excelsior*, *F. ornus*, *Juglans nigra*, *J. regia*, *Ostrya carpinifolia*, *Platanus hybrida*, *Populus alba*, *P. nigra*, *P. tremula*, *Quercus cerris*, *Q. petraea*, *Q. pubescens*, *Robinia pseudacacia*, *Salix alba*, *Tilia spp.*, *Ulmus spp.*

E' presente nella maggior parte delle stazioni sul lato esposto a N dei tronchi.

La distribuzione di questa specie ricalca essenzialmente quella di *C. concolor*, rispetto alla quale è maggiormente presente nei Comuni a Sud di Bergamo.

E' presente dalla pianura alle colline in tutte le fasce licheniche, sia in ambiente urbano che agricolo. Contrariamente alle aspettative, nelle aree agricole presenta frequenze e coperture del tutto analoghe a quelle di altri contesti. La distribuzione è analoga a quella di *Candelariella reflexa*. E' particolarmente scarsa nei dintorni di Grumello del Piano e Lallio per motivi che non conosciamo. I valori di copertura maggiori si osservano nelle aree collinari dove si riscontrano i valori migliori di qualità dell'aria.

*Evernia prunastri* (L.) Ach.

*Evernia prunastri* è poco comune, presente in 16 stazioni su poche specie arboree: *Acer negundo*, *Aesculus hippocastanum*, *Fraxinus angustifolia*, *Paulownia fortunei*, *Prunus avium*, *Robinia pseudacacia*, *Tilia spp.*. Si trova esposta prevalentemente sui quadranti a N, con frequenza molto minore a W e ad E; solo una volta è stata trovata a S.

E' presente principalmente in ambiente collinare o pedecollinare, mentre in pianura è stata osservata solo in 4 stazioni e comunque solo in stazioni con valori di I.A.P. superiori a 4. Le maggiori dimensioni (circa 3 cm) sono raggiunte ad Astino su *Fraxinus angustifolia*. E' una specie che si dimostra abbastanza poleofoba.

*Hyperphyscia adglutinata* (Flörke) H. Mayrh. & Poelt

*Hyperphyscia adglutinata* è specie rara in tutta l'area d'indagine dove è presente in sole 7 stazioni di pianura e di collina.

E' stata trovata su *Acer negundo*, *Carpinus betulus*, *Fraxinus excelsior*, *Ostrya carpinifolia*, *Quercus petraea*, *Tilia spp.*, prevalentemente con esposizione E o S, mai a N. Cresce in comunità sia paucispecifiche che floristicamente ricche.

Non trovano riscontro le indicazioni riportate in letteratura che la indicano comune in ambiente antropico non urbanizzato (es. aree agricole).

E' confermata la bassa poleotolleranza.

*Hypogymnia physodes* (L.) Nyl.

*Hypogymnia physodes* è presente in 53 stazioni (frequenza 12,59%) distribuite principalmente nella parte collinare dell'area di indagine. E' stata rilevata su *Acer negundo*, *A. pseudoplatanus*, *Aesculus hippocastanum*, *Catalpa bignonioides*, *Celtis australis*, *Cercis siliquastrum*, *Fraxinus angustifolia*, *Platanus hybrida*, *Populus alba*, *Prunus avium*, *P. pissardi*, *Quercus cerris*, *Q. robur*, *Robinia pseudacacia*, *Tilia spp.*

Si trova distribuita prevalentemente in collina, pur non disdegnando la pianura. Cresce prevalentemente sul lato esposto a N degli alberi.

E' stata rilevata in tutte le fasce di presenza lichenica: sebbene sia presente con maggior frequenza nelle aree con valori medi o elevati di I.A.P., in alcune stazioni si avvicina molto al margine del deserto lichenico.

G. Arosio e G. Rinaldi - Progetto Lichenes -  
 Tab. 2. Tabella riassuntiva dei dati stagionali, ecologici, biologici e sintassonomici riferiti alla flora lichenica di Bergamo e hinterland.  
 Ordinamento delle specie secondo la frequenza stagionale.

Specie	n° sta- zioni	Freq. %	IAP min.	IAP max	IAP Especiz. prevalente	Fo. di cresci- ta	pH (*)	N (*)	H (*)	L (*)	Tipo di riproduz.	Substrato	Tossi- toleranza	Sintassonomia
<i>Physcia adscendens</i> (Fr.) H. Oliv.	345	81,9	1	43,7	N>E>W>S	Fo	4-7	2-3	4-5	4-5	Per soreli	Ampla varietà	Elevata	Car. di Physcietalia adscendens e di Physcietum adscendens In Physcietalia adscend. In Hypogymnietalia physodes-tubuscae. In Pseudevermion furfuraceae (Optimum) In Xanthorion. Car. Physcietum adscendens.
<i>Parmelia sulcata</i> Taylor	202	47,5	1	43,7	N>E>W>S	Cr	4-5	2-3	3-5	4	Per soreli	Scorza acida	Elevata	Car. Xanthorion parietinae In Physcietum elaeinae In Xanthorion parietinae
<i>Phaeophyscia orbicularis</i> (Necker) Moberg	138	32,8	2	43,7	N>E>W>S	Fo	4-7	3-5	4-5	4	Per soreli Rar. spore	Scorza e legno. Roccia calc. e sil. Substrati eutrofici	Elevata	Car. di Physcietum adscendens.
<i>Candelaria concolor</i> (Dickson) B. Stein	103	24,5	1,5	43,7	N>E>W>S	Fo	4-5	2-4	4-5	4-5	Per soreli Rar. spore	Scorza eutrofica Rar. roccia o briofite	Discreta	Car. Xanthorion parietinae In Physcietum elaeinae In Xanthorion parietinae
<i>Parmelia exasperatula</i> Nyl.	108	25,6	2	43,7	N>E>W>S	Fo	3-5	3	4-5	4-5	Per isidi	Su scorza acida	Piuttosto elevata	Car. di Physcietum adscendens physciosum bizianae In Xanthorion parietinae
<i>Physcia biziana</i> (Massal.) Zahlbr.	112	26,6	1	34,5	E>N>W>S	Fo	4-5	2-3	5	4-5	Per spore	Scorza. Raramente roccia	Media	Car. di Physcietum adscendens physciosum bizianae In Xanthorion parietinae
<i>Candelariella reflexa</i> (Nyl.) Lettau	85	20,2	2	43,7	N>W>E>S	Cr	3-4	2-3	4	2-3	Per soreli	Scorza eutrofica. Raramente roccia	Elevata	Car. di Physcietum adscendens physciosum bizianae In Xanthorion parietinae
<i>Parmelia subaurifera</i> Nyl.	72	17,1	2	43,7	N>E>W>S	Fo	2-5	1-2	1-3	3-4	Per isidi e soreli	Su scorza acida	n.r.	In Parmelietum revolutae In Pseudevermion furi.
<i>Hypogymnia physodes</i> (L.) Nyl.	53	12,6	1	43,7	N>E>W>S	Fo	2-4	1-2	3-4	3-4	Per soreli	Scorza. Legno. Suolo Roccia sil. Briofite	Discreta	Car. di Pseudevermion furfuraceae
<i>Xanthoria parietina</i> (L.) Th. Fr.	51	12,1	1,5	28	E>N>W>S	Fo	5-7	2-3	5	4-5	Per spore	Scorza eutrofica. Roccia se con accumulo di nitrati	Piuttosto elevata	Car. di Physcietalia adscendens e di Physcietum adscendens
<i>Parmelia tilliacea</i> (Hoffm.) Ach.	47	11,2	3,7	40,2	N>W>E>S	Fo	4-5	2-3	4	4-5	Per isidi	Scorza. Briofite Talvolta roccia acida	Piuttosto bassa	In Parmelietum acetabulae, P. caperatae e P. revolutae
<i>Pseudevernia furfuracea</i> (L.) Zopf	45	10,7	3,7	43,7	N>E>W>S	Fr	2-3	1	2-3	3-5	Per isidi	Scorza e legno. Roccia	Moderata	Car. di Pseudevermion furfuraceae
<i>Physconia grisea</i> (Lam.) Poelt	36	8,5	2	37	E>N>W>S	Fo	5	3	5	4-5	Per soreli Rar. spore	Scorza. Legno. Roccia. Suolo. Substrati acidi	Piuttosto elevata	Car. di Xanthorion parietinae
<i>Physcia tenella</i> (Scop.) DC.	25	5,9	1	37	N>E>W>S	Fo	4-6	2-3	5	4-5	Per soreli	Scorza	Moderata	Car. di Physcietalia adscendens
<i>Parmelia caperata</i> (L.) Ach	22	5,2	6,5	43,7	W>S>N>E	Fo	3-4	1-2	4	4	Per soreli	Scorza piuttosto acida. Rar. roccia	Piuttosto bassa	Car. di Parmelion caperatae. In Parmelion revolutae
<i>Lecanora symmetrica</i> Ach. var. <i>symmictera</i> Nyl	21	5,0	1	17,5	N>E>W>S	Cr	2-5	1-2	3-5	3	Per spore	Scorza e legno acidi	n.r.	In Lecanorion variae e in L. subfuscae
<i>Lecanora chlorotera</i> Nyl.	20	4,7	6	28	E>N>W>S	Cr	4-5	n.r.	3-4	3-5	Per spore	Scorza con accumulo di nutrienti	Discreta	In Xanthorion parietinae

<i>Evermia prunastri</i> (L.) Ach.	16	3,8	1,3	22,3	N>W>E>S	Fr	2-4	1-2	2-4	3-4	Per soredi	Scorza, preferibilmente e acida. Ampio spettro ecologico	Medio- bassa	In Hypogymnietalia physodo-tubulosae e in Xanthorion parietinae
<i>Usnea sp.</i>	13	3,1	9	43,7	N>W>E	Fr	.	.	.	.	.	.	Molto bassa	
<i>Parmelia subrudecta</i> Nyl.	10	2,4	2,2	43,7	N=E=W	Fo	4-5	2	4-5	4	Per soredi	Corteccia poco acida o subneutra	Medio- alta	In Xanthorion parietinae
<i>Hyperphyscia adglutinata</i> Mayrh. & Poelt	7	1,7	7,2	12,5	E>S>W	Fo/Cr	5	3-4	4-5	4	Per soredi	Corteccia. Rar. roccia.	Medio- bassa	Car. di Physcietium elaeinae
<i>Lecidella eleoachroma</i> (Ach.) Haszl.	7	1,7	1	38	N>E>W>S	Cr	3-5	1-3	3-5	3-5	Per spore	Substrati eutrofici Scorza piuttosto liscia non troppo acida	Piuttosto elevata	In Xanthorion parietinae
<i>Rinodina pyrrena</i> (Ach.) Arnold	6	1,4	3,7	37	E>N>W	Cr	5	n.r	4	4	Per spore	Scorza di rametti basici, tronco e legno	n.r.	In Lecanorion subfuscae
<i>Amanidinea punctata</i> Coppins & Scheidl.	6	1,4	3,7	37	N=E>W>S	Cr	3-4	1-3	3-5	3-5	Per spore	Scorza piuttosto acida. Roccia silicea	Piuttosto elevata	In Buellietum punctatae
<i>Normandina pulchella</i> (Borr.) Nyl.	5	1,2	.	.	N>E>W>S	(Sub) Fo	4-5	1-2	2-3	4	Per soredi	Sopratutto briofite epifite, in particolare <i>Frullania dilatata</i>	Molto bassa	In Lobarion pulmonariae. Acrocordium gemmatae, Parmelietum revolutae
<i>Phaeophyscia cloantha</i> (Ach.) Moberg	4	0,9	34,5	34,5	W>N=E=S	Fo	4-5	2	3-5	3-4	Per soredi	Scorza.	n.r.	n.r.
<i>Parmelopsis hyperopta</i> (Ach.) Arnold.	2	0,5	.	.	N=E	Fo	2-4	1	2-3	2-4	Per soredi	Roccia calcarea Scorza, specialmente alla base degli alberi	n.r.	Car. di Parmeliosidelum ambiguae
<i>Catoplaca terruginea</i> (Hudson) Th. Fr.	2	0,5	38	38	N>E	Cr	5	2	4	4	Per spore	Scorza subacida- neutra. Rar. roccia	Molto bassa	Car. di Parmelietum acetabulae
<i>Physcia alpina</i> (Humb.) Harmp	2	0,5	24	24	E>N=S	Fo	4-5	2	4-5	4-5	Per spore	Scorza eutrofica	Bassa	In Xanthorion parietinae e Physcietium adscendens
<i>Rinodina sophodes</i> (Ach.) Massal	2	0,5	19	19	N=S	Cr	5	n.r	4	4	Per spore	Scorza liscia e basica di latifoglie	Bassa	Car. di Lecanorion variae
<i>Parmelia saxatilis</i> (L.) Ach	2	0,5	19	19	W>N=E	Fo	2-3	1-2	n.r	3-4	Per isidi	Scorza acida. Rar. legno. Roccia sil.	Molto bassa	In Parmelion omphalodes in Pseudevermietum turf.
<i>Xanthoria fallax</i> (Hepp) Arnold	2	0,5	7	40,2	N=E=W	Fo	5	3-4	4-5	4	Per soredi	Scorza eutrofica. Roccia basica	Media	In Xanthorion fallacis Physcietium adscendens
<i>Vulpicida pinastri</i> (Scop.) Mattson & Lai	1	0,2	.	.	W	Fo	n.r	n.r	n.r	n.r	Per soredi	Scorza di conifere, Rar. spore base dei tronchi, rametti e cespugli	Molto bassa	Car. di Parmeliosidelum ambiguae
<i>Parmelopsis ambigua</i> (Wulfen) Nyl.	1	0,2	.	.	S	Fo	2-4	1	2-5	2-4	Per soredi	Scorza di conifere, alla base dei tronchi	n.r.	Car. di Parmeliosidelum ambiguae
<i>Parmelia pasillifera</i> (Harm.) Schub. & Klem.	1	0,2	22,3	22,3	N	Fo	4	1-2	3-4	4	Per isidi	Scorza moderatam. eutrofica	Bassa	In Parmelietum revolutae e in P. acetabulae
<i>Lecanora carpinea</i> (L.) Vainio	1	0,2	19	19	S	Cr	4	1-2	3-5	2-5	Per spore	Scorza di latifoglie, raramente di conifere	Piuttosto bassa	In Xanthorion parietinae
<i>Parmelia elegantula</i> (Zahlbr.) Szat.	1	0,2	7,2	7,2	N	Fo	3-4	2-3	n.r	n.r	Per isidi	Scorza acida, anche moderatam. eutrofica	n.r.	n.r.

I dati bibliografici della tabella sono tratti principalmente da Wirth (1980), Barkman (1958), Nimis et Al (1989).

(\*) Indici di Wirth

*Lecanora carpinea* (L.) Vainio

*Lecanora carpinea* è una specie rarissima nell'area di studio, rilevata solo in una stazione, su tigli con circonferenza inferiore ad 80 cm, accompagnata quasi esclusivamente da altri licheni crostosi, con esposizione S e SE.

La stazione è in ambiente collinare con un buon indice di purezza atmosferica, in prossimità di un bosco, presso una strada poco trafficata ma intensamente frequentata da pedoni.

*Lecanora chlarotera* Nyl.

Specie piuttosto rara, *Lecanora chlarotera* è presente in 20 stazioni (frequenza 4,75%) su *Acer negundo*, *Carpinus betulus*, *Fraxinus angustifolia*, *Juglans regia*, *Ostrya carpinifolia*, *Quercus petraea*, *Q. pubescens* *Tilia* spp..

E' stata rilevata principalmente con esposizione orientale, dalla collina alla pianura, sia in ambiente naturale che in ambiente periurbano.

Mostra una moderata poleotolleranza, non raggiungendo mai il deserto lichenico e non trovandosi mai in stazioni con I.A.P. inferiore a 6.

*Lecanora symmicta* (Ach.) Ach. var. *symmictera* Nyl.

*Lecanora symmicta* var. *symmictera* è specie piuttosto rara, presente in 21 stazioni (frequenza 4,99%) su *Acer negundo*, *A. pseudoplatanus*, *Catalpa bignonioides*, *Platanus hybrida*, *Pinus nigra*, *Populus nigra*, *Prunus* sp., *Quercus pubescens*, *Tilia* spp..

Mostra preferenza per i lati degli alberi esposti a N o a E e spesso si trova alla base o nella parte bassa dei tronchi.

Si rileva quasi esclusivamente nelle stazioni periurbane, mentre è quasi assente sui colli e nelle aree interessate da attività agricola. In ambiente urbano si avvicina al margine del deserto lichenico, su *Prunus* sp. e su *Populus nigra*.

*Lecidella elaeochroma* (Ach.) Haszl.

E' specie poco frequente, presente sia in collina che in pianura. Rilevata su *Acer negundo* e su *Tilia* spp, si trova esposta prevalentemente a NE.

Si dimostra abbastanza poleofoba, non essendo stata riscontrata in prossimità delle aree di deserto lichenico.

*Normandina pulchella* (Borr.) Nyl.

*Normandina pulchella* è specie molto rara, presente in 5 stazioni (frequenza 1,19%) solamente su *Ostrya carpinifolia*, *Quercus petraea*, *Q. pubescens*, in aree prossime ai boschi delle colline a Nord della città, ad alto indice di purezza atmosferica, o sulle prime propaggini prealpine.

E' completamente assente sia nel contesto urbano che in quello agricolo e mostra un alto grado di poleofobia. Nelle poche stazioni in cui si presenta non sembra prediligere alcuna esposizione in particolare.

*Parmelia caperata* (L.) Ach.

Specie poco frequente, *Parmelia caperata* è presente in 22 stazioni (frequenza 5,23%) a distribuzione prevalentemente collinare e pedecollinare. Rarissima in pianura, non penetra in ambiente urbano, confermando la poleofobia e l'autoecologia descritte in letteratura.

Nell'hinterland bergamasco cresce con coperture modeste anche in condizioni apparentemente favorevoli mentre dimensioni discrete dei talli si osservano nelle stazioni legate alle prime propaggini prealpine.

E' stata rilevata sulle cortecce di *Acer negundo*, *Castanea sativa*, *Cercis siliquastrum*, *Ostrya carpinifolia*, *Populus alba*, *Prunus avium*, *Quercus ilex*, *Q. petraea*, *Q. pubescens*, *Q. robur*, *Tilia spp.*, con esposizione prevalente ad W.

*Parmelia elegantula* (Zahlbr.) Szat.

*P. elegantula* è rarissima: è presente in una sola stazione (frequenza 0,24%) su *Acer negundo*, esposta a N nell'ambito della fascia B.

*Parmelia exasperatula* Nyl.

*Parmelia exasperatula* è specie comune, (108 stazioni, frequenza 25,65%) su tutta l'area indagata, dalla pianura alla collina e sulle propaggini prealpine. La distribuzione è del tutto simile a quella di *Physcia adscendens*.

Penetra il centro urbano, dimostrando una discreta tolleranza all'inquinamento atmosferico ed una valenza ecologica piuttosto ampia, sebbene cresca con coperture maggiori in condizioni di maggior naturalità. Sono confermate le ampie caratteristiche autoecologiche.

E' stata trovata su diverse specie aboree quali: *Acer negundo*, *A. saccharinum*, *A. platanoides*, *Aesculus hippocastanum*, *Castanea sativa*, *Carpinus betulus*, *Catalpa bignonioides*, *Celtis australis*, *Cercis siliquastrum*, *Crataegus monogyna*, *Fraxinus angustifolia*, *Gleditsia trichanthos*, *Juglans regia*, *Liquidambar styraciflua*, *Magnolia grandiflora*, *Ostrya carpinifolia*, *Populus alba*, *P. nigra*, *P. tremula*, *Platanus hybrida*, *Prunus communis*, *P. pissardi*, *Quercus pubescens*, *Q. robur*, *Q. rubra*, *Tilia spp.*, *Ulmus spp.*. Si rileva una certa prevalenza delle presenze sui lati dei tronchi con esposizione N.

*Parmelia pastillifera* (Harm.) Schub. & Klem.

Presente solo in una stazione (frequenza 0,24%) su *Tilia sp.*, sul lato N del tronco.

*Parmelia saxatilis* (L.) Ach.

E' specie rarissima, presente in due sole stazioni (frequenza 0,47%), una in ambiente urbano, a Dalmine, su *Tilia sp.*, una su *Quercus robur* in collina.

*Parmelia subaurifera* Nyl.

*Parmelia subaurifera* è presente in 72 stazioni (frequenza 17,1%) distribuite sia in pianura che in collina, dove è più frequente e cresce con i maggiori valori di copertura. In pianura si riscontra nell'ambiente periurbano, mentre sembra rifuggire le stazioni a carattere più spiccatamente agricolo. Penetra sporadicamente in città senza mai approssimarsi molto al deserto lichenico; tuttavia si trova nell'ambito di tutte le fasce con presenza di licheni.

E' stata rilevata sulle seguenti specie arboree: *Acer negundo*, *A. pseudoplatanus*, *Aesculus hippocastanum*, *Castanea sativa*, *Catalpa bignonioides*, *Celtis australis*, *Cercis siliquastrum*, *Fraxinus angustifolia*, *F. ornus*, *Juglans nigra*, *Ostrya carpinifolia*, *Paulownia fortunei*, *Populus alba*, *P. nigra*, *Prunus armeniaca*, *P. domestica*, *P. avium*, *P. pissardi*, *Quercus cerris*, *Q. petraea*, *Q. pubescens*, *Q. robur*, *Robinia pseudacacia*, *Tilia spp.*, *Ulmus spp.*.

Compare sulla parte N degli alberi con frequenza decisamente superiore rispetto alle altre esposizioni.

*Parmelia subrudecta* Nyl.

È una specie rara, presente in sole 10 stazioni su *Juglans regia*, *Ostrya carpinifolia*, *Platanus hybrida*, *Quercus petraea*, *Q. pubescens*, *Tilia spp.*, *Ulmus spp.*. Non è mai stata trovata esposta a S.

Mostra una tendenza ad affermarsi nella fascia collinare, in particolare sulle propaggini meridionali prealpine, in genere con coperture modeste (fino all'1%).

*Parmelia sulcata* Taylor

*Parmelia sulcata* è una delle specie riscontrate con maggior frequenza (47,49%), essendo presente in 202 stazioni in tutta l'area d'indagine.

Cresce sulla corteccia di molte specie arboree: *Acer negundo*, *A. platanoides*, *A. pseudoplatanus*, *A. saccharinum*, *Aesculus hippocastanum*, *Alnus glutinosa*, *Castanea sativa*, *Catalpa bignonioides*, *Celtis australis*, *Cercis siliquastrum*, *Fraxinus spp.*, *Gleditsia tricanthos*, *Juglans nigra*, *J. regia*, *Liquidambar styraciflua*, *Magnolia grandiflora*, *Metasequoia glyptostroboides*, *Ostrya carpinifolia*, *Platanus hybrida*, *Populus alba*, *P. nigra*, *P. tremula*, *Prunus armeniaca*, *P. avium*, *P. domestica*, *P. pissardi*, *Quercus cerris*, *Q. petraea*, *Q. pubescens*, *Q. robur*, *Q. rubra*, *Robinia pseudacacia*, *Tilia spp.*, *Ulmus spp.*

Cresce con netta prevalenza sulla parte N dei tronchi a tutte le altezze dal suolo.

Trova le migliori condizioni di crescita in ambiente collinare, mentre sembra piuttosto sfavorita dalle attività di tipo agricolo. Penetra invece nel centro urbano, probabilmente favorita dall'acidificazione secondaria del substrato, fino al margine del deserto lichenico, trovandosi talvolta su scorza di taglio persino ai margini di strade piuttosto trafficate, anche se con talli ridottissimi (2-3 mm) e danneggiati.

Il grado di penetrazione in città è simile a quello di *Physcia adscendens* rispetto a cui rivela condizioni di crescita più precarie.

*Parmelia tiliacea* (Hoffm.) Ach.

Specie presente in 47 stazioni (frequenza 11,16%) distribuite dalla pianura ai colli con frequenza maggiore su questi ultimi.

E' stata trovata su *Acer negundo*, *A. pseudoplatanus*, *Aesculus hippocastanum*, *Carpinus betulus*, *Cercis siliquastrum*, *Fraxinus sp.*, *Ostrya carpinifolia*, *Populus alba*, *Prunus avium*, *Quercus petraea*, *Q. pubescens*, *Q. robur*, *Tilia spp.*, *Ulmus sp.*, esposta prevalentemente a N. Cresce in tutte le fasce licheniche, da quella predesertica alla più naturale.

*Parmeliopsis ambigua* (Wulfen) Nyl.

*Parmeliopsis ambigua* è assente in pianura e in collina; è stata rilevata solo in una stazione sulle propaggini prealpine su *Prunus avium*, esposta a W, insieme ad altre specie del *Parmeliopsisidetum ambiguae* e con altre dello *Pseudevermion furfuraceae*.

*Parmeliopsis hyperopta* (Ach.) Arnold.

E' presente solo sulle propaggini prealpine. Rilevata su *Ulmus minor* e su *Quercus petraea*, con esposizione W, S ed ESE, sempre sulla parte bassa del tronco.

*Phaeophyscia cloantha* (Ach.) Moberg

*Phaeophyscia cloantha* è specie molto rara, presente in 4 stazioni (frequenza 0,95%), su *Quercus ilex*, *Q. petraea*, *Tilia sp.*, *Ulmus sp.*.

Una sola stazione è situata nella città di Bergamo (Città alta), le altre sono sulle colline e sulle propaggini prealpine dove appartengono ad aree con ottima qualità dell'aria.

*Phaeophyscia orbicularis* (Necker) Moberg

È una delle tre specie più frequenti, rilevata in 138 stazioni (frequenza 32,78%) distribuite su tutta l'area di indagine. Si trova con coperture elevate soprattutto in corrispondenza di aree agricole o in prossimità di altre fonti che possano causare eutrofizzazione del substrato, a conferma dell'autoecologia della specie.

*Phaeophyscia orbicularis* penetra il centro urbano, senza tuttavia approssimarsi al deserto lichenico; cresce in tutte le fasce con licheni. La distribuzione è analoga a quella di *Physcia adscendens*.

È presente su *Acer negundo*, *A. platanoides*, *A. pseudoplatanus*, *Castanea sativa*, *Celtis australis*, *Cercis siliquastrum*, *Cornus sanguinea*, *Fraxinus angustifolia*, *Juglans regia*, *Metasequoia glyptostroboides*, *Platanus hybrida*, *Populus alba*, *P. nigra*, *Prunus pissardi*, *Quercus cerris*, *Q. ilex*, *Q. petraea*, *Q. rubra*, *Robinia pseudacacia*, *Salix alba*, *Tilia spp.*, *Ulmus spp.*.

Cresce quasi indifferentemente su qualsiasi lato del tronco, indipendentemente dall'esposizione; quando è l'unica o una delle poche specie presenti in una stazione, mostra tendenza a crescere alla base del tronco, probabilmente a causa della maggior eutrofizzazione della stessa.

*Physcia adscendens* (Fr.) H. Oliv.

*Physcia adscendens* è la specie più comune, presente con una frequenza pari ad 81,95 % (345 stazioni). È distribuita dalle propaggini prealpine alla pianura; dimostra le migliori condizioni di crescita espresse da un'alta frequenza e da talti con le maggiori coperture rispetto a tutte le altre specie.

È la specie più poleotollerante presente nell'area di indagine. Penetra il centro urbano fino al margine del deserto lichenico che contribuisce in modo determinante a delimitare esternamente. Su specie arboree diverse dal tiglio (*Celtis australis*, *Robinia pseudacacia*, *Liquidambar styraciflua*, *Fraxinus sp.*, *Acer negundo*, *Quercus rubra*), è stata osservata in condizioni precarie anche in alcuni punti che l'elaborazione degli I.A.P. ha attribuito alla fascia di peggiore qualità.

Dimostra una elevata tolleranza per l'eutrofizzazione del substrato, come evidenzia l'elevata frequenza nelle aree adibite ad attività agricola.

Nei lembi a maggior grado di naturalità (schiarite, margini di bosco collinari) non dimostra condizioni di crescita migliori. In ambiente collinare si riscontrano coperture superiori rispetto a quelle di pianura solo dove maggiormente risente dell'antropizzazione (es. vicinanza di aree soggette a concimazione).

È stata rilevata prevalentemente sul lato N delle cortecce di molte specie arboree: *Acer saccharinum*, *A. negundo*, *A. platanoides*, *A. pseudoplatanus*, *Aesculus hippocastanum*, *Alnus cordata*, *A. nigra*, *Catalpa bignonioides*, *Celtis australis*, *Cercis siliquastrum*, *Crataegus monogyna*, *Diospirus cachi*, *Ficus carica*, *Gleditsia tricanthos*, *Juglans nigra*, *J. regia*, *Koelreuteria paniculata*, *Platanus hybrida*, *Populus alba*, *P. nigra*, *P. tremula*, *Prunus avium*, *P. armeniaca*, *P. communis*, *P. domestica*, *P. pissardi*, *Quercus*

*cerris*, *Q. ilex*, *Q. petraea*, *Q. pubescens*, *Q. robur*, *Q. rubra*, *Robinia pseudacacia*, *Salix alba*, *Tilia spp.*, *Ulmus spp.*.

*Physcia aipolia* (Humb.) Hampe

*Physcia aipolia* è specie rarissima, presente solo in 2 stazioni (frequenza 0,47 %), una in un centro abitato in ambito collinare su *Tilia sp.*, l'altra sulle propaggini prealpine in ambiente di bosco su *Ulmus minor*.

In entrambe le stazioni siamo in condizioni molto buone di purezza atmosferica.

*Physcia biziana* (Massal.) Zahlbr.

Presente su tutto il territorio indagato seppur con coperture sempre modeste, *Physcia biziana* è stata rilevata in 112 stazioni (frequenza 26,6%) su un buon numero di specie arboree: *Acer saccharinum*, *A. negundo*, *A. platanoides*, *A. pseudoplatanus*, *Alnus cordata*, *Castanea sativa*, *Cercis siliquastrum*, *Cornus sanguinea*, *Crataegus monogyna*, *Fraxinus angustifolia*, *Juglans regia*, *Magnolia grandiflora*, *Populus nigra*, *Prunus avium*, *P. pissardi*, *Quercus petraea*, *Q. pubescens*, *Q. robur*, *Q. rubra*, *Robinia pseudacacia*, *Salix alba*, *Tilia spp*, *Ulmus spp.*.

Si trova su tutti i lati del tronco, con una lieve predilezione per quelli esposti ad E.

Cresce sia in ambiente urbano che nelle aree con attività agricola con coperture sempre modeste (< 1 %), con una distribuzione molto simile a quelle di *Physcia adscendens* e *Phaeophyscia orbicularis*, sebbene con frequenza inferiore. Dimostra una discreta poleotolleranza ed è presente dal margine del deserto lichenico fino alle fasce caratterizzate da buona qualità dell'aria.

Appartiene ad un gruppo sistematico di difficile studio.

*Physcia tenella* (Scop.) DC.

*Physcia tenella* è stata rilevata in 25 stazioni (frequenza 5,94%) distribuite sia in pianura che in collina.

E' presente su *Acer negundo*, *A. pseudoplatanus*, *Aesculus hippocastanum*, *Liquidambar styraciflua*, *Platanus hybrida*, *Prunus communis*, *P. pissardi*, *Quercus cerris*, *Q. petraea*, *Q. pubescens*, *Robinia pseudacacia*, *Tilia spp.*, *Ulmus sp.*, esposta prevalentemente a N e a W.

Cresce in tutte le fasce di presenza lichenica.

*Physconia grisea* (Lam.) Poelt

Specie poco frequente, *Physconia grisea* è presente in 36 stazioni (frequenza 8,55%) distribuite sia in pianura che in collina, in aree ad inquinamento piuttosto basso: è infatti assente nei centri cittadini e nella fascia di predeserto lichenico. E' rara anche nelle stazioni di studio appartenenti alle propaggini prealpine. Valori alti di copertura (25-50%) si verificano in zone che denotano valori di I.A.P. maggiori di 15, per lo più in stazioni pedecollinari.

E' spesso associata con *Xanthoria parietina*.

Si trova con esposizione molto variabile su *Acer negundo*, *Fraxinus angustifolia*, *Juglans regia*, *Populus nigra*, *Q. robur*, *Salix alba*, *Tilia spp*, *Ulmus spp.*.

*Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf

*Pseudevernia furfuracea* è presente in 45 stazioni (frequenza 10,69%) su *Acer negundo*, *A. pseudoplatanus*, *Aesculus hippocastanum*, *Alnus nigra*, *Catalpa bignonioides*, *Celtis australis*, *Crataegus monogyna*, *Fraxinus angustifolia*, *Juglans nigra*, *Liquidambar*

*styraciflua*, *Ostrya carpinifolia*, *Platanus hybrida*, *Populus alba*, *P. nigra*, *Prunus armeniaca*, *P. avium*, *P. pissardi*, *Quercus cerris*, *Q. petraea*, *Q. pubescens*, *Q. robur*, *Q. rubra*, *Tilia spp.*, *Ulmus spp.*...

E' molto rara in pianura mentre è più frequente nelle aree collinari e pedecollinari.

Si può osservare anche in corrispondenza di zone di predeserto lichenico, in particolare dove vi sono influenze locali sull'umidità dell'aria (ad es. in prossimità di rogge). I talli sono ridotti in numero (1-4) e dimensioni (1-2 cm nei casi più favorevoli).

Cresce prevalentemente su lato N delle cortecce e rifugge generalmente l'esposizione S.

*Rinodina pyrina* (Ach.) Arnold

E' specie rara nell'area di studio.

E' stata rilevata su *Acer negundo* e *Tilia spp.*, principalmente esposta a NE.

Le stazioni in cui è stata trovata sono in pianura e ricadono all'interno della fascia C (3 < I.A.P. ≤ 12).

*Rinodina sophodes* (Ach.) Massall

Specie rarissima nell'area di indagine, è stata rilevata in due stazioni, una su *Tilia* in ambiente collinare presso aree boscate, una in pianura su *Acer platanoides*, alla base del tronco, in un parco urbano.

Non è stata riscontrata nella fascia di deserto né in quella di predeserto lichenico.

*Usnea sp.*

Le caratteristiche morfologiche dei pochi esemplari rinvenuti non hanno consentito una determinazione di maggior dettaglio a causa della mancanza di elementi diagnostici dovuti a limitanti condizioni di crescita.

E' una specie rara nell'hinterland bergamasco (presente in 13 stazioni, frequenza 3,1%).

Nella zona di pianura è stata osservata una sola volta (Curnasco, su *Tilia* di diam. 47 cm, esp. NE) in una stazione che costituisce un'eccezione nel panorama generale. Le stazioni in cui compare sono prevalentemente pedecollinari in condizioni di esposizione al sole limitate (quadranti settentrionali) in località con I.A.P. che escludono la fascia di predeserto lichenico. Nelle periferie urbane (es. Longuelo, Monterosso, Valtesse) è presente in stazioni prossime alle pendici boschive dei Colli.

E' stata rilevata su *Acer negundo*, *Acer pseudoplatanus*, *Prunus avium*, *Tilia spp.*, *Ulmus sp.*.

*Vulpicida pinastris* (Scop.) Mattson & Lai

*Vulpicida pinastris* è stata trovata solamente in una stazione delle propaggini prealpine su *Prunus avium*, esposta a W, con specie caratteristiche del *Parmeliopsidetum ambiguae* e altre appartenenti allo *Pseudevermion*. Non risulta presente in ambienti di pianura o urbani.

*Xanthoria fallax* (Hepp) Arnold

Specie rarissima, si trova in 2 sole stazioni (frequenza 0,23%) su *Tilia spp.*

La specie si dimostra piuttosto poleofoba anche se è presente in ambiente urbano. Una delle due stazioni è costituita da un filare di tigli su strada non eccessivamente trafficata (fascia C). L'altra stazione è situata ai piedi delle colline a Nord di Bergamo nell'ambito della fascia F.

In entrambi i casi i talli sono unici e di dimensioni ridotte.

*Xanthoria parietina* (L.)Th.Fr.

*Xanthoria parietina* è stata rilevata in 51 stazioni (frequenza 12,11%) distribuite principalmente nelle aree agricole delle stazioni di collina, dove è presente con le coperture più elevate e con i talli meglio sviluppati e più fertili, generalmente su pioppo nero; in pianura è poco frequente sia in ambiente urbano che agricolo. I valori di copertura sono comunque molto modesti (< 1 %). In generale le aree di maggiore frequenza sono caratterizzate da I.A.P. > 10.

E' stata trovata su scorza di *Acer negundo*, *A. pseudoplatanus*, *Aesculus hippocastanum*, *Fraxinus angustifolia*, *Juglans regia*, *Platanus hybrida*, *Populus nigra*, *Quercus cerris*, *Q. robur*, *Salix alba*, *Tilia spp.*, *Ulmus spp.*.

Si trova prevalentemente esposta a E e a N.

Mostra una poleofobia piuttosto accentuata; su *Tilia* non si approssima al centro cittadino.

E' presente al margine del deserto lichenico nei pressi dell'inceneritore su altre specie arboree quali *Quercus robur* o *Robinia pseudacacia*. Considerata l'autoecologia della specie, tale comportamento potrebbe essere dovuto alla eventuale emissione di sostanze eutrofizzanti da parte dell'inceneritore stesso o alla corteccia maggiormente eutrofica o basica di questi alberi.

In più occasioni è stato osservato che fattori strettamente locali, quali la prossimità ad aree concimate o di accumulo di immondizie (cestini dei rifiuti, discariche, ecc.) possono favorire la crescita dei talli.

### **Inquadramento fitosociologico**

Le comunità licheniche osservate si collocano da un punto di vista fitosociologico nello *Xanthorion parietinae* (*Physcietalia adscendentis*) le cui specie caratteristiche riscontrate sono: *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens*, *Xanthoria parietina*, *Physcia tenella*, *Physconia grisea*, *Xanthoria fallax*, *Candelaria concolor*, *Hyperphyscia adglutinata*.

Lo *Xanthorion parietinae* è un tipo di vegetazione epifitica secondaria favorita dalla attività antropica. L'affermazione si deve all'incremento dell'effetto margine avvenuto con il diradamento delle foreste. E' infatti frequente su alberi isolati. E' favorito da condizioni di substrato da subacido a neutro-basico e forte luminosità; resiste in condizioni di aridità climatica. Anche l'arricchimento in nitrati dovuto ad eutrofizzazione secondaria, ad esempio derivante dalle attività agricole, ha contribuito alla diffusione dello *Xanthorion parietinae*.

La marcata impronta delle comunità indagate da parte di *P.adscendens* e *P.orbicularis* e delle altre *Physcia* s.l. (suball. *Physcion adscendentis* Barkman 58) consente di escludere le associazioni del *Parmelion acetabulae* con le quali è tuttavia condivisa la presenza di specie quali *Parmelia sulcata*, *Parmelia exasperatula*, *Hypogymnia physodes*, *Evernia prunastri*.

L'inquadramento in unità sinsistematiche inferiori è problematico a causa dell'assenza di specie fedeli o dal significato univoco. E' da sottolineare inoltre l'incompleta conoscenza in generale delle fitocenosi licheniche della zona geografica in cui l'area d'indagine si colloca. Ciò consente solo una descrizione sintassonomica in prima approssimazione che potrà essere esaurientemente affrontata sulla base di un numero ed una casistica di dati superiori agli attuali. I modelli centroeuropei o litoranei già descritti in letteratura

possono non essere adeguati per le condizioni bio-climatiche peculiari della Pianura Padana centro-occidentale.

Sottolineiamo di seguito il ruolo di alcune specie significative.

La bassa frequenza nell'hinterland bergamasco di *Lecidella elaeochroma* e la sporadicità di *Hyperphyscia adglutinata*, i cui individui denotano condizioni di crescita molto precari, consente di escludere la presenza del *Physcietum elaeine* che, come subassociazione *candelariosum concoloris* (Nimis, de Faveri, 1981) è diffusa nel Nord Italia, nell'alta pianura veneta (Nimis et Al., 1989) e nella pianura friulana.

Tra le specie caratteristiche del *Physcietum adscendentis* è presente *Physcia aipolia* osservata con una frequenza estremamente ridotta (2 stazioni). Tuttavia particolarmente significativa è la presenza di *Physcia biziana*, tipico elemento di facies meridionali del *Physcietum adscendentis* (Nimis et al. 1989) e specie abbastanza comune nell'area di studio (112 stazioni osservate) con una distribuzione piuttosto omogenea dalla pianura alla collina, sia pur con valori di copertura sempre ridotti. Tale specie è differenziale del *Physcietum adscendentis* Frey & Ochsner *physciosum bizianae* Nimis & De Faveri 81 descritto per la provincia di Trieste. La distribuzione di tale aggruppamento, come pure di *P. biziana*, è incompletamente conosciuto nel Nord.

In conclusione, riteniamo che in prima approssimazione le comunità licheniche epifite dell'hinterland bergamasco possano essere ricondotte ad espressioni più o meno frammentarie del *Physcietum adscendentis*.

---

### Schema sinsistematico

---

Classe	<i>Physcietea adscendentis</i> (Wirth 1980)
Ordine	<i>Physcietalia adscendentis</i> Hadac 44 em. Barkm.58
Alleanza	<i>Xanthorion parietinae</i> Ochsner 28
Suballeanza	<i>Physcion adscendentis</i> Barkman 56
Associazione	<i>Physcietum adscendentis</i> Frey & Ochsner 26

---

### Distribuzione delle comunità

Il popolamento lichenico dell'hinterland bergamasco è costituito da comunità che in prima approssimazione possono essere ricondotte ad espressioni più o meno frammentarie del *Physcietum adscendentis*.

Le analisi numeriche della tabella dei rilievi (tab. 3; ordinamento e classificazione, figg. 8 e 9) consentono tuttavia di discriminare all'interno di tale cenosi delle subunità che, ancor prima di essere inquadrabili sotto il profilo sintassonomico, esprimono caratteri sinecologici che rispecchiano alcune qualità geoambientali. Ciò è stato evidenziato su base cartografica analizzando i risultati dell'elaborazione numerica dei rilievi fitosociologici in relazione ai gradienti ambientali dell'area di studio.

In particolare sono emerse le seguenti comunità:

A) comunità di ambienti urbani o periurbani di pianura, caratterizzate da insediamenti lichenici estremamente frammentari, con esemplari di limitate dimensioni (pochi mm) e con un numero di talli per albero esprimibile sinteticamente da valori bassi di I.A.P. La diversità specifica è simile a quella presente in stazioni microclimaticamente favorevoli. Si tratta di comunità che esprimono condizioni biologiche limitanti, prossime ai limiti di

sopravvivenza. Le dimensioni e lo stato di salute sono rivelatrici di un elevato grado di vulnerabilità.

Si tratta di comunità interessanti e da tenere sotto controllo in quanto le loro fluttuazioni in senso progressivo o regressivo sono potenzialmente in grado di rispecchiare tendenze a breve del miglioramento o del peggioramento della qualità dell'aria. In altri termini possono essere considerate comunità sintomatiche in espansione o contrazione rispetto all'attuale area priva di popolamenti lichenici, in funzione dell'andamento della qualità dell'aria.

B) comunità di ambiente collinare o pedecollinare prospicienti la città o altri insediamenti urbani, collocati in prossimità di boschi a diverso grado di naturalità, caratterizzati da popolamenti lichenici relativamente ricchi, espressi dai più alti valori di copertura riscontrati nel corso dell'indagine. Anche i valori di I.A.P. rispecchiano le favorevoli condizioni di insediamento: mediamente sono il doppio rispetto a quelli del punto precedente.

C) comunità di transizione tra A) e B). Il passaggio dalla tipologia del punto B) a quella del punto A) è graduale ma comporta una drastica diminuzione di *Phaeophyscia orbicularis*, un significativo calo di importanza di *Candelariella reflexa*, e tra le specie a bassa frequenza, di *Parmelia caperata*.

D) comunità di ambiente collinare o pedecollinare separate dalla pianura dai Colli di Bergamo, in aree per lo più ai piedi del Canto Alto oltre la Ramera.

Si differenziano dalle comunità del punto B) per la presenza di specie adatte a scorze con un grado di acidificazione inferiore, eutrofiche od eutrofizzate. Poiché a parità di specie arborea l'acidificazione secondaria della scorza è prevalentemente dovuta a cause atmosferiche, tali comunità rivelano una differente esposizione ad agenti inquinanti quali ad es.  $N_xO_y$ ,  $SO_x$ , tra questa porzione di territorio e la pianura.

Le cause vanno ricercate nella collocazione topografica, relativamente riparata dalla barriera orografica costituita dai Colli di Bergamo e, pertanto, in grado di mitigare gli effetti delle masse d'aria che insistono maggiormente sulla pianura. Inoltre si verificano fenomeni meno intensi di nebbiosità ed inversione termica mentre la circolazione atmosferica al suolo è favorevolmente condizionata da brezze locali causate dai primi rilievi prealpini.

I dati in nostro possesso consentono di affermare che i licheni crostosi epifiti nell'hinterland bergamasco evidenziano un'estrema rarefazione distributiva rispetto ai foliosi e si dimostrano meno in grado di questi di penetrare l'ambiente urbano (figg. 10a, 10b, 10c), in contrasto ad altre situazioni riportate in letteratura (Barkman, 1958).

Anche la delimitazione delle zone immediatamente a ridosso del deserto lichenico è stata possibile solo grazie alle stazioni con licheni foliosi, mentre il contributo dei crostosi a tale scopo è stato trascurabile.

In accordo con numerose altre esperienze (Sauberer, 1951; Barkman, 1958), le comunità algali epifite si dimostrano notevolmente poleotolleranti e penetrano nel centro urbano di Bergamo e negli altri centri minori in misura molto superiore a qualsiasi lichene.



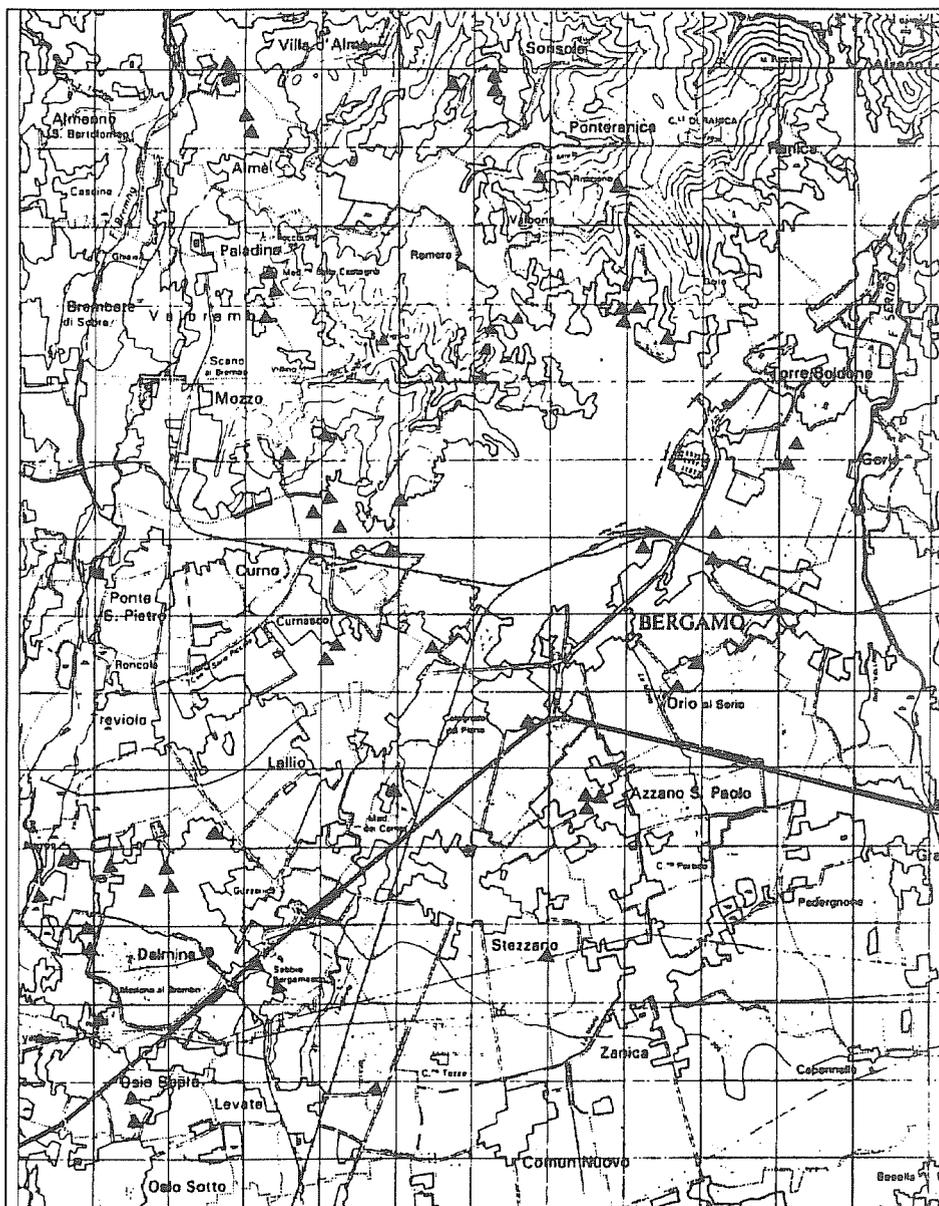


Fig. 10a - Carta delle forme di crescita: stazioni con licheni crostosi su *Tilia* spp. e *Acer negundo*.

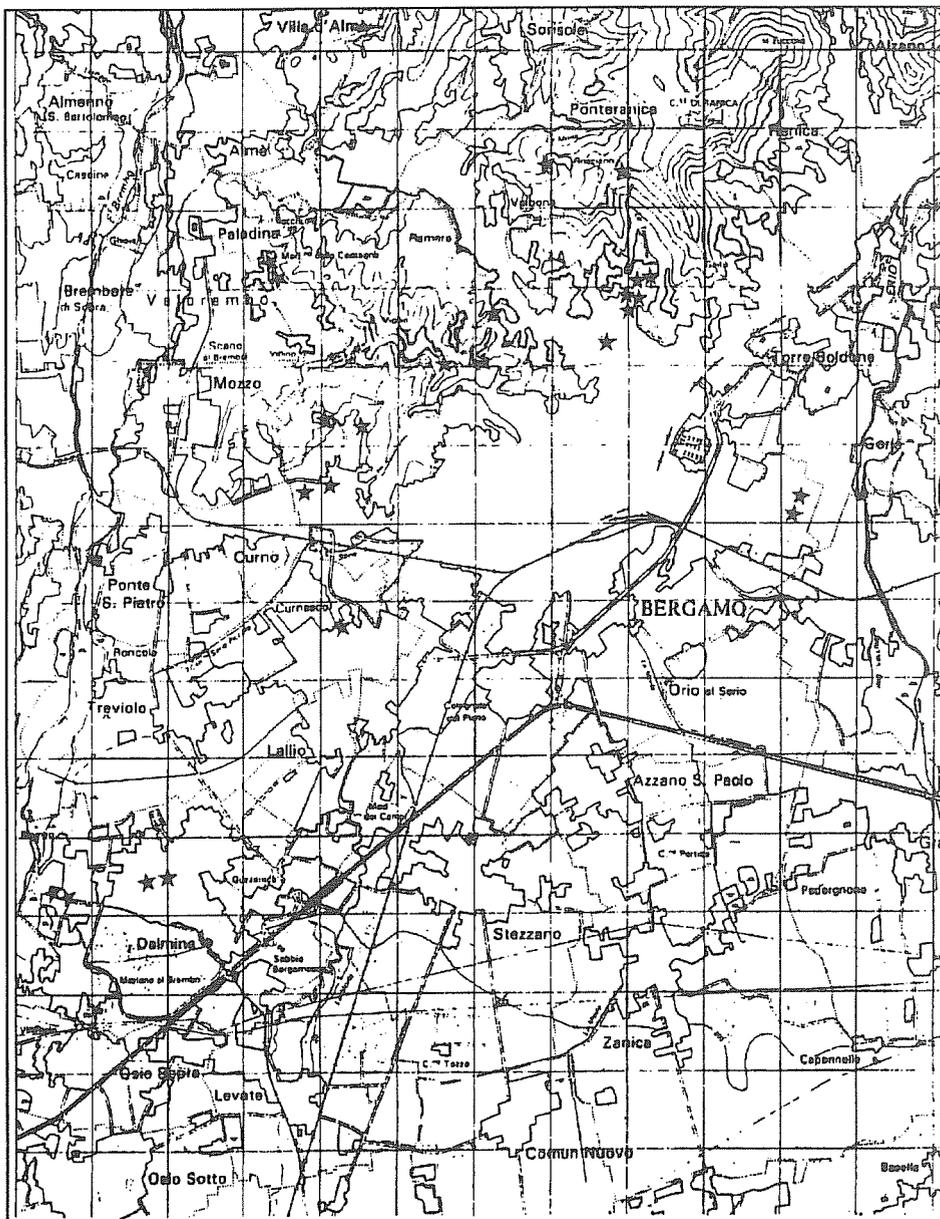


Fig. 10b - Carta delle forme di crescita: stazioni con licheni fruticosi su *Tilia* spp. e *Acer negundo*.

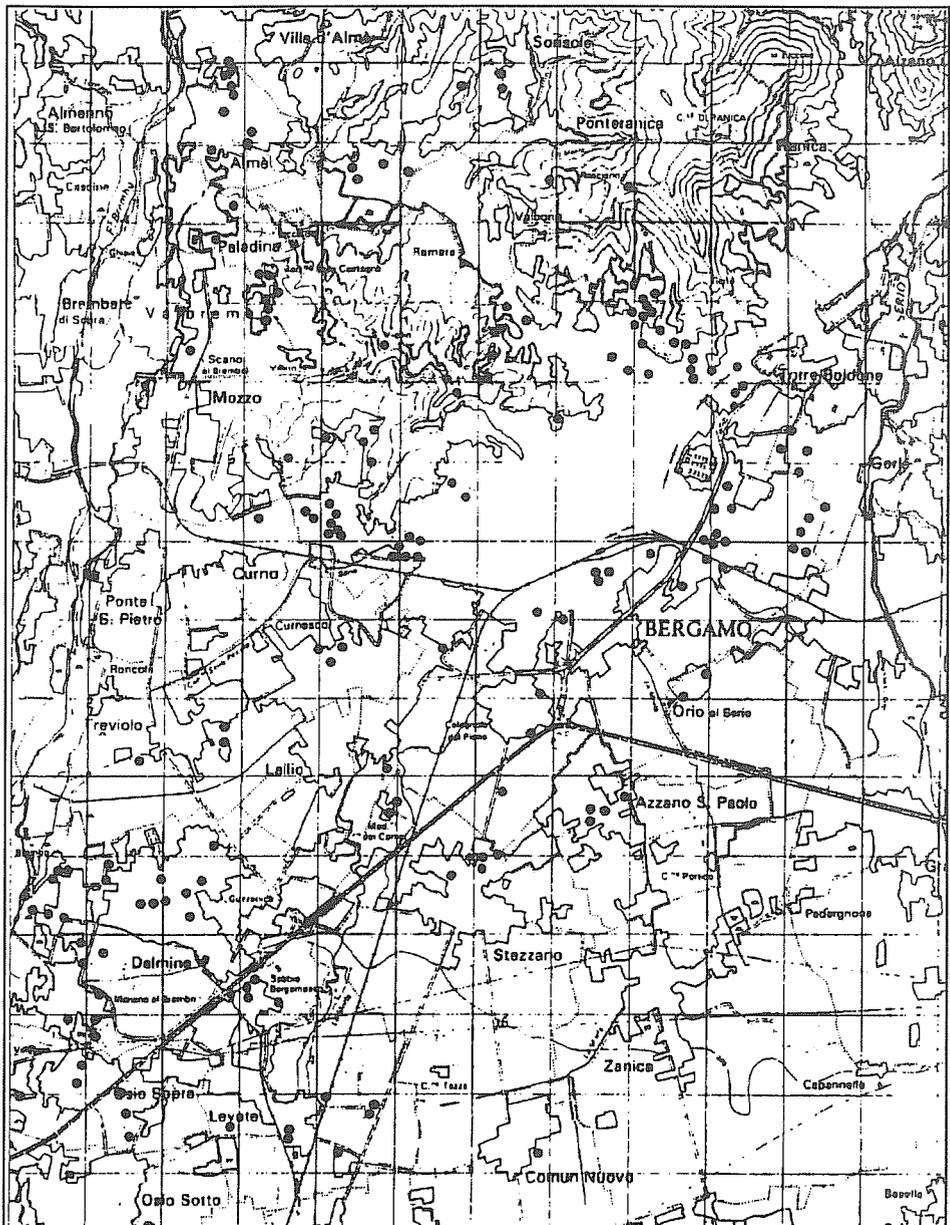


Fig. 10c - Carta delle forme di crescita: stazioni con licheni foliosi su *Tilia spp.* e *Acer negundo*.

## LA QUALITA' DELL'ARIA NELL'HINTERLAND BERGAMASCO

### Introduzione

Il progressivo peggioramento della qualità dell'aria, soprattutto nelle aree fortemente urbanizzate, rende necessaria l'effettuazione di continui controlli della stessa, a tutela dell'ambiente e della salute pubblica.

Le moderne centraline di rilevamento costituiscono un ottimo metodo di misurazione di alcune sostanze tossiche presenti nell'aria; d'altro canto il costo elevato di tali apparecchiature non permette l'installazione di una rete di rilevamento abbastanza fitta da fornire una continuità di dati nello spazio.

E' pertanto auspicabile una integrazione dei dati raccolti dalle centraline con altri metodi che consentano di operare delle interpolazioni dei dati ottenuti ed una resa cartografica degli stessi.

I risultati prodotti non devono essere considerati come alternativi alle analisi di tipo diretto ed in opposizione alle centraline elettroniche, ma semmai come d'utilizzo complementare. La mappa della qualità dell'aria, come può essere dedotta dall'indagine lichenica, costituisce il miglior strumento attualmente a disposizione per ottimizzare la localizzazione delle centraline elettroniche; può inoltre fornire indicazioni utili per la salvaguardia dell'ambiente e della salute pubblica.

### I licheni come bioindicatori

Negli ultimi decenni è stata verificata la capacità di alcuni organismi viventi di esprimere, in qualità di indicatori biologici, dati utili al monitoraggio ambientale.

Un organismo può presentare caratteristiche di bioindicatore e/o di bioaccumulatore.

Il principio di utilità dei bioindicatori si basa sul fatto che questi organismi reagiscono agli stimoli dell'ambiente esterno con delle risposte osservabili e quantificabili in termini di alterazioni strutturali, morfologiche o fisiologiche, oppure in termini di variazioni della composizione delle popolazioni.

Per quanto riguarda l'inquinamento atmosferico, un buon bioindicatore deve possedere le seguenti caratteristiche:

- sensibilità accertata all'inquinamento; tale sensibilità non deve essere né troppo alta né troppo bassa in quanto nel primo caso l'organismo morirebbe cessando di fornire dati, nel secondo le sue variazioni non sarebbero rilevabili;
- discreta valenza ecologica perché l'organismo sia distribuito su superfici sufficientemente vaste e possa fornire dati comparabili nello spazio;
- sufficiente longevità da poter essere utilizzato nel tempo;
- attività fisiologica durante tutte le stagioni.

Un bioaccumulatore è un organismo che è in grado di accumulare e trattenere sostanze provenienti dall'ambiente esterno.

Un buon bioaccumulatore possiede le seguenti caratteristiche:

- capacità di accumulare al proprio interno inquinanti in concentrazioni elevate senza morire;
- assenza di barriere all'ambiente esterno;
- accumulazione principalmente di tipo passivo;
- esposizione della massima superficie possibile;

- scarsa influenzabilità da parte del substrato di crescita.

Particolarmente idonei al monitoraggio dell'aria si sono rivelati i licheni epifiti, i quali possiedono contemporaneamente le proprietà dei bioindicatori e dei bioaccumulatori e possiedono le seguenti caratteristiche:

- attività durante tutto il corso dell'anno;
- crescita lenta e longevità;
- mancanza di apparato radicale e conseguente dipendenza, per il loro metabolismo, essenzialmente dalle deposizioni, secche e umide, dell'atmosfera;
- assenza di cuticola o di altre strutture protettive dall'ambiente esterno;
- mancanza di apparati di escrezione e impossibilità di eliminare le parti di tallo vecchie o danneggiate;
- resistenza a periodi di secchezza anche prolungati e alle temperature estreme;
- sensibilità agli inquinanti ma non troppo elevata, quindi capacità di trattenere concentrazioni piuttosto alte di sostanze senza che si verifichino danni fisiologici a breve termine;
- tolleranza ecologica diversa da specie a specie ai differenti inquinanti.

Un esempio relativo a questa ultima caratteristica è costituito dalla correlazione verificata tra gli anni '60 e '70 in Inghilterra fra la concentrazione di SO<sub>2</sub> e la presenza/assenza di specie o comunità licheniche (Hauksworth & Rose 1970).

Gran parte degli studi sono in realtà rivolti all'utilizzo dei licheni come organismi sensibili alla qualità complessiva dell'aria inquinata.

Sono stati elaborati diversi metodi di rilevamento e diversi indici che sintetizzano i dati rilevati in un unico valore da attribuire a ciascuna stazione per permettere il confronto tra diverse stazioni; questi metodi rendono possibile la costruzione di mappe della qualità dell'aria come quella presentata in questa sede.

Presupposto fondamentale per la validità dei metodi di rilevamento ambientale tramite uso dei licheni è che si operi in aree ecologicamente simili e su substrato il più possibile uniforme; solo così infatti è possibile attribuire le alterazioni riscontrate nello stato di vitalità dei talli e delle popolazioni a corrispondenti alterazioni della qualità dell'aria e non a fattori ambientali di altro tipo.

### **Studi precedenti**

Sono ormai numerosissimi gli studi effettuati in aree urbane, in località interessate dalla presenza di particolari fonti inquinanti, ma anche in aree naturali o prossimo-naturali o su intere regioni. Tali studi confermano che la ricchezza floristica e la distribuzione di determinate specie in aree ecologicamente simili sono da attribuire essenzialmente allo stato di qualità dell'aria. Già nel secolo scorso fu osservato che i licheni diventano meno frequenti o assenti in aree fortemente antropizzate, ma è soprattutto a partire dalla fine degli anni '50 che gli studi di biomonitoraggio dell'aria sono diventati sempre più frequenti.

Le prime ricerche sono state condotte all'estero, in particolare nel Nord Europa, seguite presto da altre in varie parti del mondo.

Citiamo come esempi di studi sui licheni e inquinamento all'estero:

Stoccolma (Lunstroem 1968; E. Skye 1968); Arvida (Quebec), 42 stazioni indagate in 250 Km<sup>2</sup> hanno permesso di suddividere l'area in 7 fasce a con indice di purezza

atmosferica da 0 a 103 (F. Le Blanc et al. 1972); Copenhagen, studio effettuato con il metodo di Hawksworth & Rose che utilizza la presenza di specie indicatrici di determinati livelli di  $\text{SO}_2$  nell'aria (I. Johnsen, U. Sochting 1973; Andersen et al. 1978); Madrid, suddivisa in 5 fasce sulla base di 40 stazioni analizzate con applicazione dell'indice  $\text{IAP} = \text{Qxf}/10$  di Le Blanc & De Sloover 1970 (A. Crespo, E. Manrique, E. Barreno, E. Serifa 1977); Hong Kong, mappata con l'utilizzo di specie indicatrici (S.L. Thrower 1980); Regione Parigina, analizzati  $5040 \text{ km}^2$ , 778 stazioni, suddivisa in 5 fasce a diversi intervalli di valori di IAP (S. Deruelle et F. Garcia-Schaeffer 1983); un'area circostante una cartiera emettente grandi quantità di  $\text{SO}_2$  nel nord della Svezia, basato sulla distribuzione e il grado di danneggiamento dei talli delle due specie più rappresentative (L. Westman 1976); Regione di Bienna (Svizzera), nel cui caso è stata fatta la correlazione fra analisi chimiche su talli lichenici e 20 diversi indici IAP per verificare l'attendibilità degli stessi (K. Ammann, R. Herzig, L. Liebendörfer, M. Urech 1988); Lisbona, suddivisa in fasce a diverso grado di inquinamento da  $\text{SO}_2$ , ricavate dalla presenza di specie indicatrici (C. Sergio & F. Bento-Pereira 1981); l'intera Inghilterra (Hawksworth & Rose 1970).

Ed inoltre: Amburgo (Erichsen 1906), Belfast (Fenton 1964), Berlino (Natho 1964), Bonn (Steiner & Schulze 1955), Boston (Kneiper & Sherwood-Pike 1985), Bratislava (Pisut & Lisika 1985), Brisbane (Rogers 1987), Budapest (Farkas et al. 1985), Caracas (Vareschi 1953), Friburgo (Wirth & Brinckmann 1977), Ginevra (Turian & Desbaumes 1975; Turian 1985), Göteborg (Degelius 1971), Hannover (Klement 1958), Helsinki (Laaksovirta & Alakujala 1978), Kassel (Follmann 1973), Klagenfurt (Turk & Seeger 1986), La Plata (Perez de la Torre 1985), Linz (Bortenschlaeger & Schmid 1963), Lipsia (Gutte et al. 1976), Londra (Laundon 1967), Lubiana (Batic 1986), Lund (Almborn 1943), Monaco di Baviera (Arnold 1901; Rotta & Schmidt 1984), Montreal (Granger 1970, Le Blanc & De Sloover 1970, 1972), Newcastle (Gilbert 1969), New York (Brodo 1961, 1966), Oslo (Krog 1970), Praga (Liska 1985), Rio Grande, Brasile (Osorio & Fleig 1985), Salisburgo (Beschel 1952, Turk & Wittmann 1987), Seattle (Jhonson 1979), Tallin (Martin & Eensar 1983), Tokyo (Sugiyama et al. 1976), Tolosa (Vincent 1968), Varsavia (Zinny & Kucinska 1974), Vienna (Spending 1971; Turk & Christ 1986), Wurzburg (Hopp & Kappen 1981), Zagabria (Barbalic 1979), Zurigo (Vareschi 1936; Zust 1977); l'Olanda (De With 1976; Van Dobbe 1986), la Danimarca (Rasmussen et al. 1980), la Svezia (Löfgren & Moberg 1984), la zona di Ruhr (Dörmös 1966; Schoenbecl 1972; Rabe & Wiegler 1985), la Germania sudoccidentale (Wirth 1987), la Slovenia (Batic 1984), la Bielorussia (Kiselev et al. 1986), l'Estonia (Raitviir & Trass 1975), la California meridionale (Sigal & Nash 1983), lo stato dell'Alberta (Case 1984), i Parchi Nazionali degli Stati Uniti (Wetmore 1983), il Canada Orientale (Zahkshek & Puckett 1986); Sudbury, studiata in relazione a una fonte emittente metalli pesanti (Le Blanc & Rao 1966), Blue Mountain negli U.S.A. in relazione ad emissioni di zinco (Nash 1972), il Galles meridionale per studiare le emissioni di una fabbrica di alluminio (Pyatt 1970), Wawa (Ontario) per le miniere di ferro (Rao & Le Blanc 1967), l'Ontario settentrionale per le miniere di uranio (Boileau et al. 1982), alcune aree finlandesi per il mercurio (Lodenius 1981) etc..

In Italia ricerche sull'inquinamento atmosferico tramite l'uso dei licheni sono iniziate solo di recente per il motivo che gli studi lichenologici sono stati quasi del tutto abbandonati nelle Università italiane a partire dalla fine del secolo scorso; le pubblicazioni in merito infatti non sono molte.

Le città o le aree che sono state studiate da questo punto di vista sono:

Asti (R. Piervittori, F. Montacchini 1984), Bardonecchia (TO) (R. Piervittori, F. Montacchini 1989), Torino (R. Piervittori, A. Rossi, F. Clemente, F. Montacchini 1989), Ferrara (F. Piccoli, E. Kumer, L. Bonalberti 1989); Trieste (Nimis 1985), Udine (Nimis 1986), Roma (Nimis 1989), la Valle del Boite e Cortina d'Ampezzo, studio basato sulla distribuzione di due specie (G. Caniglia, P. Giulini, M. Spampani 1978); la Laguna di Venezia, utilizzando anche substrati litici (Caniglia & Drudi 1984; Spampani 1982), la Valle Isarco, nel qual caso sono stati confrontati i risultati ottenuti utilizzando due diversi tipi di indici di purezza atmosferica (G. Caniglia, M. De Benetti, A. Busnardo, E. Lucheschi 1989), la zona del Monte Mottarone, 40 stazioni, 4 fasce a diverso inquinamento (G. Caniglia, M. De Benetti, F. Petroccione, S. Fontanella 1990), l'area di Schio, Thiene, Breganze (Vicenza), 137 stazioni, 6 classi di I.A.P. con indice da 0 a 60 (Nimis et Al., 1992), la Regione Veneto (Nimis, A. e G. Lazzarin, D. Gasparo, 1991).

### **Alcuni limiti d'utilizzo**

Il biomonitoraggio dell'aria non è immune da alcuni limiti; non è realizzabile, ad esempio, laddove lo stato di inquinamento è talmente elevato da provocare la totale scomparsa dei bioindicatori su ampie aree. Inoltre non consente valutazioni quantitative esprimibili in unità di concentrazione in quanto non fornisce valori assoluti ma solamente scale di valori relativi, sia per l'utilizzo degli organismi come bioindicatori che come bioaccumulatori. In quest'ultimo caso infatti il confronto fra le diverse concentrazioni di inquinanti nei talli di località diverse consente valutazioni relative che non sono traducibili nelle misure di concentrazione assoluta nell'aria.

Inoltre le metodologie utilizzabili consentono letture per intervalli temporali di medio periodo e non sono in grado di rivelare fenomeni acuti temporanei o sporadici, a differenza delle centraline chimiche di rilevamento.

Il presente studio pertanto si propone di valutare la risposta biologica alle condizioni complessive dell'aria e non alla presenza di qualche sostanza singola, al fine di fornire una chiave di lettura della qualità generale dell'aria.

### **Il controllo della qualità dell'aria nell'hinterland bergamasco**

Il controllo su base territoriale della qualità dell'aria è effettuato da specifici organi tecnici istituzionali. In particolare, l'Ufficio Aria dell'Assessorato all'Assetto del Territorio dell'Amministrazione Provinciale di Bergamo provvede alla raccolta ed alla elaborazione dei dati di 16 centraline di rilevamento chimico attualmente in funzione sul territorio provinciale (tab. 4). L'andamento giornaliero delle registrazioni è comunicato alle autorità competenti in materia di provvedimenti da prendere a tutela della salute pubblica (Regione Lombardia, Unità Socio-Sanitarie Locali, Amministrazioni Comunali) in caso di superamento dei limiti-soglia di inquinamento previsti dalle leggi vigenti.

STAZIONE	LOCALITA'	DENSITA' ABITANTI	TRAFFICO	UBICAZIONE	PERIODO DI ATTIVAZIONE	
BERGAMO	Via S.Giorgio	media	intenso	bordo strada	apr.	1991
BERGAMO	Via Meucci	elevata	medio	bordo strada	giu.	1989
BERGAMO	Via Pinetti	media	scarso	bordo strada	giu.	1989
CALOLZIOCORTE	Corso Dante	elevata	intenso	bordo strada	feb.	1993
DALMINE	Via Tofane	media	intenso	bordo strada	mag.	1991
FILAGO	Marne	bassa	scarso	bordo strada	lug.	1992
CASNIGO	Via Europa	elevata	medio	20 mt.	nov.	1989
TAVERNOLA	Via Riva di Solto	bassa	scarso	10 mt.	ago.	1990
NEMBRO	Via Locatelli	media	intenso	bordo strada	giu.	1991
PONTE S.P.	Via Rampinelli	elevata	intenso	bordo strada	set.	1990
SERiate	Via Italia	elevata	intenso	bordo strada	ott.	1991
TREVIGLIO	P. Insurrezione	elevata	intenso	bordo strada	giu.	1991
ZANDOBBIO	P.Papa Giov. XXIII	media	basso	10 mt.	gen.	1993
CISERANO	Corso Europa	media	intenso	bordo strada	giu.	1991
COSTA VOLPINO	Via Nazionale	elevata	intenso	50 mt.	ago.	1993
FILAGO	centro	media	basso	100 mt.	dic.	1991

Tab. 4 - Rete di rilevamento chimico della qualità dell'aria. Caratteristiche e ubicazioni delle centraline attive in provincia di Bergamo (dati forniti dall'Ufficio Aria dell'Amministrazione Provinciale).

Nel corso dell'indagine è emersa la scarsità di studi e ricerche di base tese a descrivere i fenomeni e ad integrare i dati relativi alle sorgenti di inquinamento. In particolare non sono disponibili censimenti o elaborazioni cartografiche che consentano di descrivere in termini quali-quantitativi le cause territoriali che contribuiscono ad alterare in modo significativo la qualità locale dell'aria. Alcune di queste sono rappresentate da aziende produttive distinte per tipologie, vie del traffico veicolare principali (dati utili parziali sono già disponibili come indici di Traffico Giornaliero Medio presso l'Assessorato alla Viabilità dell'Amministrazione Provinciale), l'entità delle emissioni legate al riscaldamento domestico in relazione alle differenti densità insediative, ecc..

Per la città di Bergamo un contributo in tal senso è rappresentato dalle mappe ambientali (fig. 11) elaborate nel corso degli studi preliminari del nuovo Piano Regolatore Generale (Secchi, Gandolfi, 1994) dove sono state evidenziate aree urbane potenzialmente critiche dal punto di vista dell'inquinamento atmosferico. Il potenziale inquinante dovuto a riscaldamento e industrie è stato calcolato in base ai fabbisogni termici annuali raccolti dall'Azienda Municipalizzata Acquedotti Civici di Bergamo. Il potenziale inquinante dovuto all'incidenza del traffico automobilistico è stato stimato in base all'estensione delle strade distinte per categorie funzionali ed alla superficie coperta di ogni unità sub-territoriale cittadina.

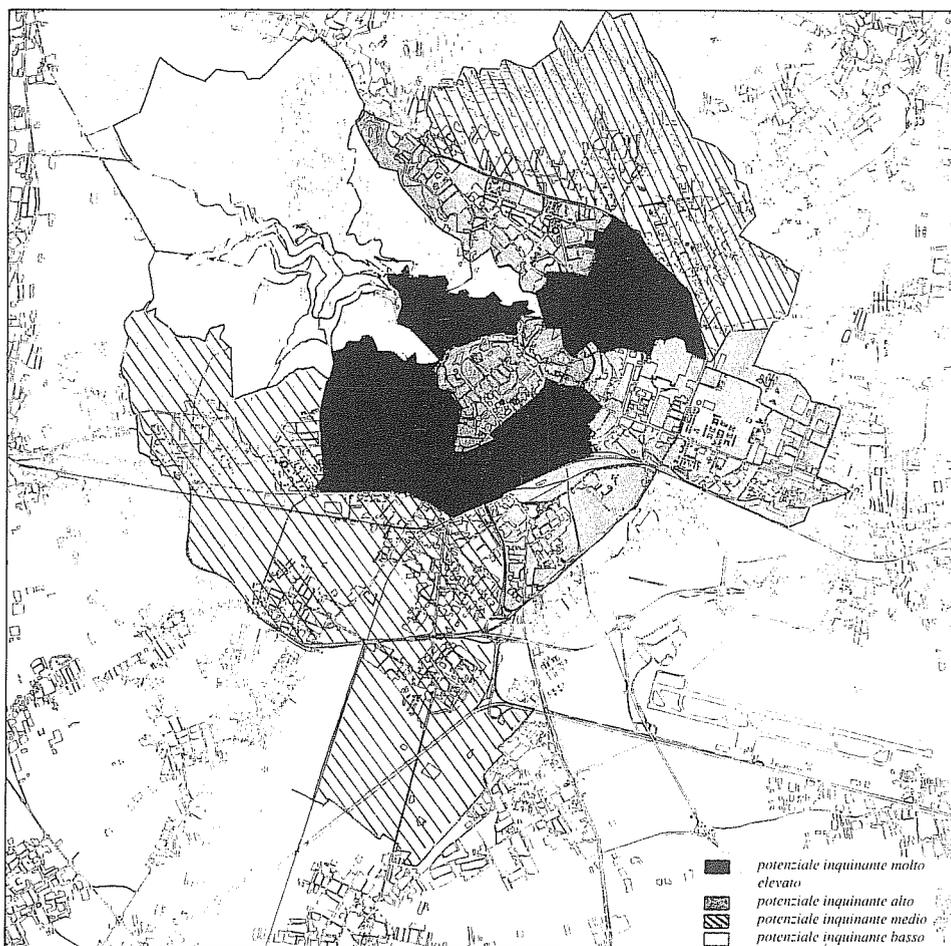


Fig. 11 - Mappa del potenziale inquinante a Bergamo dovuto a riscaldamento, industrie e traffico (da Secchi, Gandolfi, 1994).

Gli obiettivi e gli approcci metodologici del presente studio e di quello citato consentono letture del territorio secondo punti di vista non coincidenti. In particolare la

suddivisione in sottocircoscrizioni del territorio urbano da parte dello studio per il P.G.R. determina zonazioni a mosaico con grandi tasselli giustapposti, internamente eterogenei, delimitati da elementi sia urbanistici (Città Alta, scalo ferroviario, ecc.) che amministrativi (legati al decentramento amministrativo circoscrizionale). Pertanto non intendono esprimere dettagli superiori a quelli relativi alla scala di lettura delle unità subcircoscrizionali.

Il basso numero delle centraline non consente attualmente di prescindere da fattori strettamente locali (ad esempio la vicinanza di una strada ad elevata percorrenza) e di effettuare valutazioni medie estendibili nello spazio che consentano di meglio definire i fenomeni di diffusione e fluttuazione dell'inquinamento atmosferico su scala territoriale. Alcuni segnali nei programmi delle amministrazioni pubbliche (in particolare Amministrazione Provinciale e Comune di Bergamo) consentono di prevedere un incremento numerico delle stazioni di rilevamento chimico e meteorologico, passo necessario affinché sia possibile un'interpolazione dei dati su più ampia scala.

L'Unità Operativa e I.A. del Presidio Multizonale Provinciale (attualmente appartenente all'USSL 29) sta conducendo uno studio sulle caratteristiche meteorologiche di dettaglio delle aree provviste di sistemi di rilevamento. L'integrazione dei dati consentirà di approfondire le valutazioni sui movimenti atmosferici al suolo e di stabilire il grado di predittività dei fenomeni legati alla diffusione degli inquinanti.

Nel contesto appena delineato, l'utilizzo dei licheni per il biomonitoraggio dell'inquinamento atmosferico offre vantaggi legati in primo luogo alla distribuzione diffusa delle stazioni ed alla capacità di fornire una risposta integrata ai diversi fattori in gioco (atmosferici in particolare).

La mappa proposta in questo studio, derivante dall'interpolazione su base numerica dei dati, costituisce l'unico esempio attualmente disponibile di zonazione di questa parte del territorio bergamasco secondo fasce correlabili con la qualità dell'aria.

Le ipotesi di lettura proposte, oltretutto suscettibili di verifica, possono essere considerate come base per ricerche o valutazioni più mirate e puntuali. Ad esempio, si suggeriscono la collocazione o ricollocazione delle centraline oppure lo studio di grande dettaglio della qualità dell'aria in aree campione ecc

### **Metodologia**

Le stazioni sono state descritte con gli stessi dati raccolti per il rilievo fitosociologico.

I rilievi sono stati eseguiti secondo un metodo proposto da Ammann et Al. (1989):

- in ogni stazione sono stati rilevati da uno a 4 alberi;
- il rilievo è stato effettuato utilizzando un reticolo di 30 x 50 cm con 10 maglie di 15 x 10 cm;
- il reticolo è stato posizionato ad un'altezza di 130 cm (in casi estremi sono stati accettati rilievi effettuati a 100 e a 150 cm dal suolo) sul lato del tronco che presenta la massima densità di licheni in modo da esprimere la massima potenzialità della stazione;
- ogni specie lichenica presente è stata indicata con un indice di frequenza nel rilievo corrispondente al numero di maglie del reticolo in cui essa compare;
- nelle stazioni nelle quali è stato effettuato più di un rilievo è stata calcolato il valore medio degli indici dei diversi rilievi.
- le stazioni nelle quali non è stata riscontrata la presenza di licheni sono state indicate con indice I.A.P.= 0 (deserto lichenico);

- sono stati scartati alberi con circonferenza inferiore a 60 cm, inclinati o presentanti delle anomalie sulla corteccia o posizionati troppo vicino a fonti di disturbo quali spazzatura, cantieri edili, allevamenti.

E' stato successivamente calcolato per ogni stazione un indice ecologico che esprimesse la risposta data dalla vegetazione lichenica allo stato di inquinamento dell'aria.

Fra i diversi Indici di Purezza Atmosferica (I.A.P.) proposti dai vari Autori, i più utilizzati si basano sul numero delle specie, sulla frequenza e la tolleranza specifica rispetto a determinati inquinanti (es. Leblanc & De Sloover 1970, Hawksworth & Rose 1970, Trass 1973).

In realtà le scale di sensibilità specifica variano con il tipo di substrato e con le condizioni del clima e, in particolare, col grado di umidità dell'aria, pertanto non sono generalmente applicabili in regioni diverse da quelle nelle quali sono state testate.

Per questo motivo l'indice prescelto per questo studio si basa esclusivamente sulla frequenza dei licheni nel reticolo:

I.A.P. 8 (Ammann et Al., 1988) =  $\Sigma F$

dove F = frequenza di ogni specie nel reticolo.

Questo indice è stato sperimentato da Amman et Al. (1988) e confrontato con altri 19 per verificarne il grado di attendibilità in relazione alle concentrazioni di otto diverse sostanze inquinanti misurate con apposite centraline nella regione di Bienne in Svizzera e ha dimostrato di possedere una predittività pari al 97%.

Questo indice è stato successivamente sperimentato anche in Italia (es. Nimis et Al. 1988, Nimis et Al. 1991) con buoni risultati.

## **Il substrato arboreo**

La probabilità che il popolamento lichenico esprima in modo univoco le condizioni qualitative dell'aria dipende dalla riduzione dell'influenza degli altri fattori stazionali, in particolare del substrato arboreo. Gli alberi distribuiti con la maggiore omogeneità utile ai fini dell'indagine nel territorio in oggetto appartengono al gen. *Tilia*. L'identificazione del rango specifico non è agevole poiché si tratta in generale di esemplari coltivati, introdotti dall'uomo in ambienti urbani (giardini, viali in primo luogo) o comunque antropizzati (aie, santuari ecc.) provenienti in linea di massima da vivaio e quindi appartenenti ai numerosi ibridi e cultivar di tiglio.

Alcune osservazioni sono state condotte su *Acer negundo*, al fine di incrementare il numero di stazioni soprattutto attinenti il deserto lichenico.

Le stazioni con tigli e aceri presenti contemporaneamente hanno permesso di valutare il grado di correlazione tra i rispettivi valori di I.A.P.. I dati sottoposti a regressione lineare (fig. 12) hanno evidenziato una varianza tra le due popolazioni significativamente differente da un punto di vista statistico (test F, 30.46, 7g.d.l.). L'ipotesi nulla è risultata accettabile invece con il test del chi-quadro ( $\chi^2=8.156$ ; 8 g.d.l.). Pur nei limiti evidenziati, l'opportunità di includere ugualmente le 66 stazioni con *Acer negundo* è stata suggerita dalle seguenti osservazioni:

- ben 33 stazioni sono caratterizzate da assenza di licheni; è stato assunto che nelle stesse condizioni anche su tiglio si sarebbe verificato un I.A.P. nullo;

- la retta di regressione evidenzia una capacità lievemente maggiore dell'acero di accogliere comunità licheniche; altre 8 stazioni con indici molto bassi sono state quindi calcolate come equivalenti a tigli con I.A.P. nullo.

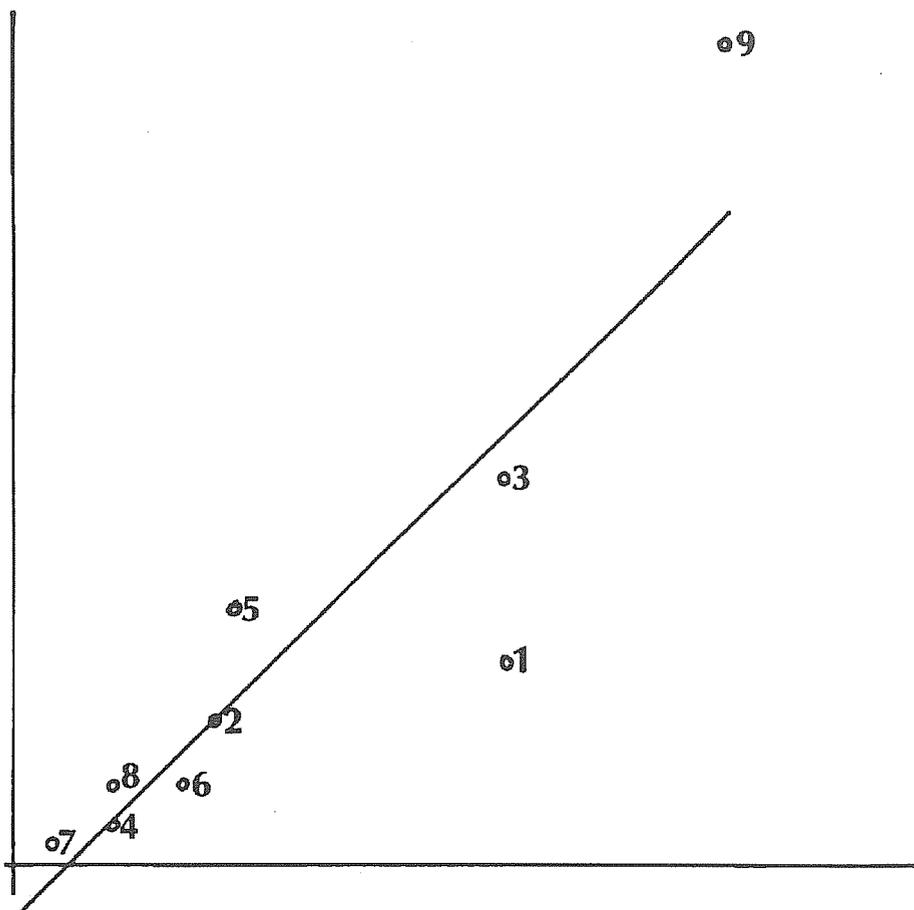


Fig. 12 - Retta di regressione lineare calcolata con i valori di I.A.P. di stazioni licheniche con *Tilia spp.* (in ordinata) e con *Acer negundo* (in ascissa).

Per questi motivi 41 stazioni di *Acer negundo* sono state utilizzate fondamentalmente per definire con maggior dettaglio le aree di deserto lichenico, mentre solo 25 stazioni di *Acer negundo* sono state utilizzate per la costruzione delle fasce di qualità dell'aria, si tratta quindi di un numero limitato rispetto alle 234 stazioni di tigli (86 con I.A.P. nullo).

Le caratteristiche del campionamento dei dati, che si basa sull'osservazione dei popolamenti su *Tilia spp.*, potrebbero aver comportato che i valori delle aree intercomunali a forte sviluppo agricolo fossero apparentemente sottostimati a causa della scarsa distribuzione di tale specie in ambiente aperto (margine dei campi,

boschetti, cascine...). Tuttavia in diverse situazioni rappresentative, soprattutto in corrispondenza di santuari in aperta campagna (Madonna dei Campi di Stezzano, Santa Maria d'Oleno a Dalmine), si è verificato un andamento analogo a quello di contesti prossimi ai paesi.

**Le fasce di qualità dell'aria**

Le stazioni prescelte sono state caratterizzate da un numero indice in grado di esprimere sinteticamente lo stato del popolamento lichenico. L'indice individuato  $\Sigma F$  è funzione della distribuzione e/o dimensione dei talli, nonché del numero delle specie sulla scorza: tanto maggiore è l'indice, tanto più è rivelatore di condizioni ambientali favorevoli alle cenosi. Molte ricerche hanno dimostrato una correlazione positiva tra purezza atmosferica e caratteristiche quantitative del popolamento lichenico. I dati stazionali espressi cartograficamente da linee di isovalore risultate dalla interpolazione matematica, rivelano un andamento che si può porre in relazione al grado di antropizzazione (insediamenti residenziali urbani, industriali e produttivi in genere, agricoli ecc.) nonché alle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

L'individuazione delle fasce di qualità dell'aria tiene conto dell'escursione massima tra i valori di I.A.P. riscontrati che variano tra 0 e 43,66, suddivisi in classi comprendenti ciascuna 12 unità indice in progressione aritmetica. Nell'intervallo inferiore sono state ulteriormente evidenziate una fascia con I.A.P. = 0 che descrive il deserto lichenico ed una fascia di sole 3 unità in grado di esprimere condizioni di predeserto lichenico. Ad ogni fascia è stata attribuita una valutazione qualitativa basata sull'osservazione delle caratteristiche del popolamento lichenico assumendo l'inquinamento atmosferico come il principale responsabile della condizione attuale (tab. 5).

INDICE DI PUREZZA ATMOSFERICA	FASCIA LICHENICA	QUALITA' DELL'ARIA	INQUINAMENTO DELL'ARIA
I.A.P. = 0	A - Fascia di deserto lichenico	Scadente	Elevato
0 < I.A.P. ≤ 3	B - Fascia di predeserto lichenico	Mediocre	Abbastanza elevato
3 < I.A.P. ≤ 12	C - Fascia di sopravvivenza lichenica	Medio-bassa	Medio
12 < I.A.P. ≤ 24	D - Fascia di transizione lichenica	Media	Medio-moderato
24 < I.A.P. ≤ 36	E - Fascia a buon grado di naturalità	Discreta	Moderato
I.A.P. > 36	F - Fascia naturale	Buona	Basso

Tab. 5 - Progetto Lichenes: prospetto delle fasce di presenza lichenica e di qualità dell'aria.

La restituzione cartografica, eseguita su base matematica utilizzando uno specifico programma di elaborazione (SURFER della Golden Software Inc., Colorado, U.S.A.), è allegata.

Una descrizione delle fasce è riportata di seguito:

#### A - FASCIA DI DESERTO LICHENICO

I.A.P. = 0

Qualità dell'aria: scadente

Inquinamento atmosferico: elevato

L'area principale di questa fascia ha un andamento prevalentemente Est-Ovest e comprende gran parte del territorio edificato di Bergamo. I limiti di fascia seguono con buon dettaglio i margini periferici della città, tuttavia rispetto a questa delineano una superficie significativamente inferiore. Rimangono infatti esclusi dal deserto lichenico lembi di periferia, in particolare ad oriente e ad occidente della città. Una sottolineatura negativa è evidenziata a Redona in direzione di Torre Boldone in un'area a connotazione mista residenziale e produttiva.

La porzione maggiormente estesa coincide con il centro cittadino. Pur in presenza di parchi e giardini urbani, l'impatto delle attività antropiche sulla qualità dell'aria è indirettamente espressa dall'elevata volumetria edificata sia in senso assoluto, sia in rapporto agli spazi verdi.

Il deserto lichenico trova alcune conferme e significative differenze nelle valutazioni del potenziale inquinante individuato nello studio preliminare del Nuovo Piano Regolatore (Secchi, Gandolfi, 1994) che trova cenni nel capitolo del presente lavoro dedicato al controllo della qualità dell'aria nell'hinterland bergamasco. Le aree di deserto comprendono un'ampia porzione delle zone evidenziate come a potenziale inquinante da alto a molto elevato, mentre differenze importanti di valutazione sono osservabili a Redona e nel tratto collinare e pedecollinare occidentale.

Ciò fornisce utili indicazioni dell'incidenza della densità d'insediamento sulle caratteristiche qualitative del mezzo aereo. Lo sviluppo urbanistico "palmato" della città a partire dagli anni '50 ha determinato penetrazioni di aree cementificate con aree agricole o vegetate in genere, mitigando in alcuni settori gli effetti negativi di un eccessivo addensamento di tipo concentrico.

E' un dato interessante che sottolinea l'importanza di una crescita della città che non sia teso alla pura occupazione del suolo libero ma che al contrario si indirizzi verso la valorizzazione di quelle porzioni di territorio che possono costituire "polmoni verdi", "filtri biologici", aree di compensazione che consentono, per fenomeni di gradiente, una diluizione delle concentrazioni di inquinanti; la qualità della vita complessiva nella città non può che trarre giovamento da uno sviluppo che si proponga di salvaguardare la qualità dell'aria.

Aree di deserto lichenico di minore estensione sono presenti nelle seguenti località:

- Dalmine, dove comprende una porzione del centro cittadino e dell'insediamento siderurgico;
- Lallio, dove comprende la parte nord-occidentale del territorio comunale in prossimità di Curnasco e Grumello del Piano; nell'area, di forma quasi triangolare, sono presenti

l'inceneritore dei rifiuti di Bergamo ed il depuratore delle acque urbane di Bergamo, Mozzo, Gorle e Torre Boldone;

- Mozzo, dove l'area è costituita da un frammento di territorio del Borghetto in prossimità della ditta Sigma Prodotti Chimici;

- una fascia di deserto lichenico è individuata a ridosso di Seriate ma l'andamento è incompletamente conosciuto poiché si trova ai limiti dell'area di indagine.

I paesi interessati dall'indagine aventi connotazioni territoriali agricole decisamente prevalenti su quelle industriali quali Orio al S., Stezzano, Levate, Comun Nuovo, Azzano, non rivelano estese e significative aree desertiche in senso lichenico.

#### B - FASCIA DI PREDESERTO LICHENICO

$0 < \text{I.A.P.} \leq 3$

Qualità dell'aria: mediocre

Inquinamento atmosferico: abbastanza elevato

Questa fascia occupa un'ampia zona immediatamente a ridosso delle aree di deserto lichenico ed è caratterizzata da popolamenti frammentari, con un numero di talli e di specie ridotti e che rivelano stati di salute precaria. La zona principale individuata ha un andamento NE-SW ed include Bergamo e gli insediamenti di Lallio, Curnasco e Torre Boldone.

Si osserva una netta asimmetria di estensione tra il territorio a sud di Bergamo rispetto a quello prospiciente i Colli, dove rapido è il passaggio alle fasce qualitative superiori. Ciò è dovuto sia all'andamento geomorfologico, che si riflette nelle più favorevoli condizioni microclimatiche come minor nebbia ed effetti meno marcati dell'inversione termica, che alla minor densità abitativa e produttiva.

L'estensione della fascia è fortemente condizionabile da effetti che possono produrre sia miglioramenti che peggioramenti della qualità dell'aria.

E' prevedibile che la prima ricolonizzazione eventuale del deserto lichenico di Bergamo nel caso di miglioramento delle condizioni dell'aria possa avvenire ad opera delle specie presenti in questa fascia.

Considerate l'estrema povertà di specie e la bassa frequenza delle stesse si suggerisce l'opportunità di individuare "stazioni di osservazione lichenica permanenti" visitabili periodicamente per una verifica nel tempo dell'andamento delle comunità licheniche e, conseguentemente, dell'indice di purezza atmosferica che esprimono.

In altri termini, il limite del deserto lichenico è rispecchiato indirettamente dallo stato della fascia predesertica. Mentre, infatti, è possibile esprimere una valutazione qualitativa su tale fascia, nessuna indicazione nemmeno di tendenza può essere espressa dove il bioindicatore è assente per cause ambientali.

Una seconda area predesertica è individuabile nei dintorni di Dalmine.

Il dato più saliente è l'esclusione dalla fascia dell'area a Nord ed a Ovest, mentre essa comprende sia l'insediamento siderurgico ed industriale in genere che buona parte dell'abitato del quadrante Sud rispetto al centro del paese. Sono da sottolineare alcuni picchi positivi nei valori di I.A.P. che indicano una qualità dell'aria migliore in corrispondenza dei quadranti nord-occidentali (esempio la frazione Brembo di Dalmine).

Il territorio è qui caratterizzato dalla maggiore vicinanza di scarpate fluviali ricche di vegetazione arborea e di zone a relativamente maggior grado di naturalità; inoltre è probabile un condizionamento microclimatico del fiume.

E' significativo che anche in questo caso si osservi una asimmetria nelle distribuzioni delle aree secondo l'asse NE-SW. Al di sotto di questo asse la fascia predesertica ingloba gli abitati di Osio Sotto, Levate, Sabbio Bergamasco.

La medesima asimmetria NE-SW è osservabile negli abitati di Stezzano, Osio Sotto, Treviolo, Curnasco, Lallio e Azzano. In quest'ultimo caso i dati sono parziali poiché il territorio ricade esternamente all'area di indagine.

In sintesi si osserva un'asimmetrica distribuzione delle fasce di qualità dell'aria rispetto ai centri abitati; in generale si assiste ad un peggioramento qualitativo nei quadranti meridionali, prevalentemente espresso lungo la direttrice NE-SW. La causa principale è da ricercare nei movimenti delle masse d'aria, in particolare in quelli legati ai fenomeni delle brezze, come evidenziano i dati anemometrici in nostro possesso (Figg. 3, 4).

Altri tratti di fascia predesertica di minor estensione ma significativi per dislocazione si osservano nelle seguenti località:

- Mozzo, in prossimità del Borghetto, dove è insediata la ditta Sigma Prodotti Chimici riconosciuta come azienda ad alto rischio potenziale per la salute pubblica;
- Sorisole, verso la Ramera in corrispondenza della Società del Gres, grossa ditta che produce manufatti basati sulla trasformazione dell'argilla;
- Almè, in corrispondenza del settore produttivo industriale del territorio comunale alla periferia meridionale dell'abitato.

#### C - FASCIA DI SOPRAVVIVENZA LICHENICA

$3 < \text{I.A.P.} \leq 12$

Qualità dell'aria: medio-bassa

Inquinamento dell'aria: medio

E' la fascia qualitativa più estesa dell'area di studio, particolarmente nella pianura oggetto di indagine. Una propaggine si insinua ai piedi dei Colli e dei primi rilievi prealpini (Ramera, Ponte Secco, buona parte della Valmarina e di Castagneta) nel tratto compreso tra la periferia Nord di Bergamo e Villa d'Almè, il cui asse è costituito dal fondovalle.

Rispetto alla città, la fascia di sopravvivenza lichenica è meno espressa verso settentrione dove include i quartieri pedecollinari settentrionali; il suo andamento rappresenta un indicatore importante dell'eventuale ricolonizzazione del centro urbano.

Gran parte dei settori agricoli ricadono in questa fascia come pure gli abitati di Orio al Serio, Comun Nuovo, Mozzo e le porzioni settentrionali-occidentali di Treviolo, Osio Sotto, Stezzano, Curnasco, Dalmine, i quartieri periferici del capoluogo, quali Longuelo, Valtesse, parte di Redona, di Celadina, del quartiere Baio e di Città alta con Sudorno e Borgo Canale.

Nonostante gli indici rivelino condizioni più favorevoli rispetto alla fascia di predeserto, i popolamenti lichenici sono in generale frammentari, indicano condizioni limitanti di crescita e costituiscono un'espressione ridotta dei popolamenti naturali potenziali che si osservano nelle fasce superiori.

D - FASCIA DI TRANSIZIONE LICHENICA

12 < I.A.P. ≤ 24

Qualità dell'aria: medio bassa

Inquinamento dell'aria: medio moderato

E' una fascia ben affermata in collina e nei quadranti settentrionali dell'area di studio verso la Valle Brembana. In pianura è frammentaria, discontinua e molto localizzata. Un aumento di importanza della fascia in direzione della bassa pianura oltre Osio Sotto, Levate, Comun Nuovo è evidenziato dal miglioramento dello stato di salute delle comunità licheniche. E' un'indicazione che, unitamente alle considerazioni floristiche, sottolinea il legame con i popolamenti collinari. Nei settori settentrionali dei comuni di Osio Sotto, Dalmine e Curnasco si osservano picchi positivi da cogliere soprattutto come segnali di potenziale miglioramento.

E' la fascia più ampia che caratterizza i Colli di Bergamo, dove si estende in modo pressoché continuo fino a lambire i territori pedecollinari di Paladina e Valbrembo; include Fontana, il Pascolo dei Tedeschi, Sombreno, e le porzioni più elevate della Valmarina e di Castagneta.

L'area è in gran parte prospiciente la pianura e presenta una bassa densità abitativa, ambienti sia agricoli sia naturali a differente grado di influenza antropica (boschi cedui, prati stabili polifitici, vigneti, terrazzamenti già sede di coltivazioni collinari).

Le comunità che si insediano possono essere lette come l'espressione sintetica del popolamento potenziale, anche per la pianura, delle aree non soggette ad agricoltura di tipo estensivo e ad insediamento urbano residenziale/produttivo concentrato.

In altri termini questa fascia accoglie esempi di comunità licheniche tipiche di aree della fascia altitudinale medioeuropea in cui la qualità dell'atmosfera non è condizionata da fenomeni strettamente locali ma da flussi d'aria i cui parametri qualitativi sono determinati altrove.

La fascia si estende sulle propaggini meridionali dei rilievi prealpini secondo un orientamento prevalentemente parallelo al fondovalle principale, a quote superiori rispetto alla fascia di sopravvivenza lichenica.

Anche la vallecola che scende dal Canto Alto e che include Ponteranica, Sorisole, Petosino, Azzonica, gode delle relativamente favorevoli condizioni qualitative dell'aria. Rispetto ai settori circostanti che ricadono nella fascia C (fascia di sopravvivenza lichenica), è probabile che ciò sia dovuto a brezze locali che favoriscono un maggior ricambio dell'atmosfera al suolo.

E - FASCIA DI AFFERMAZIONE LICHENICA

24 < I.A.P. ≤ 36

Qualità dell'aria: discreta

Inquinamento dell'aria: moderato

Le favorevoli condizioni ambientali espresse da questa fascia sono limitate ad uno stretto settore che succede in più punti in senso altitudinale alla fascia D (fascia di transizione lichenica) nelle prime propaggini prealpine interessate dallo studio.

Comprende sia territori boscosi che luoghi abitati come parte di Sorisole e Ponteranica con densità di popolazione relativamente ridotte, in un contesto ambientale morfologicamente variegato.

Pur non escludendo una certa influenza microclimatica, l'appartenenza alla fascia altitudinale medioeuropea (quote attorno ai 400 metri) e la limitata escursione di quota rispetto alle fasce licheniche precedenti, consente di attribuire tale situazione di favore al discreto grado di naturalità ed al prevalere delle influenze di ambienti a minor impatto antropico sulla qualità complessiva dell'aria.

Le brezze legate al rilievo del Canto Alto e la notevole estensione dei boschi sono tra le cause della discreta qualità dell'aria.

La fascia è assai meno espressa sui Colli di Bergamo anche a parità di quota, probabilmente a causa del maggior influsso delle masse d'aria al suolo condizionate dalle sorgenti di inquinamento della pianura.

Le stazioni pedecollinari alla Madonna della Castagna presentano valori di I.A.P. inaspettatamente alti. A ciò concorrono sia fattori microclimatici locali, quali ad esempio l'umidità edafica, che fattori topografici quali la discreta distanza lineare dai centri abitati produttivi della pianura. A nostro avviso l'area è meritevole di un ulteriore dettagliato approfondimento di studio che integri conoscenze microclimatiche, edafiche e chimiche.

#### F - FASCIA NATURALE

I.A.P. > 36

Qualità dell'aria: buona

Inquinamento dell'aria: basso

E' rappresenta da una stretta porzione di territorio limitata ad un'area a prevalente connotazione boschiva, con stazioni di rilevamento in ambienti aperti prossimi ad aree con buon grado di naturalità.

La denominazione di fascia naturale vuole sottolineare il prevalere dei fattori ambientali naturali sul disturbo antropico e la potenzialità che tali popolamenti possono rappresentare per le altre fasce.

In altri termini pur non trattandosi di comunità assimilabili a quelle primeve di chiara o margine di bosco, esse esprimono uno stadio probabile di evoluzione delle comunità licheniche già descritte quando la qualità dell'aria ridiviene favorevole.

### I licheni come bioaccumulatori

Molte specie licheniche tollerano elevate concentrazioni di metalli pesanti. Questi vengono analizzati poiché riflettono la qualità dell'aria, sia perché tossici per l'uomo (es. Cd, Cr, Pb, Zn, Cu, questi ultimi a concentrazioni elevate), sia perché correlabili ad altri inquinanti aeriformi quali ad es.  $N_xO_y$ ,  $SO_2$  ecc. cui quasi sempre si accompagnano. Tuttavia le scale di tolleranza, come già evidenziato in precedenza, non sono valide ubiquitariamente.

I confronti con i dati in letteratura hanno infatti un valore limitato in quanto numerosi sono i fattori ambientali che possono condizionare la concentrazione minima naturale dei metalli nei licheni in aree geografiche differenti.

Uno degli obiettivi del "Progetto Lichenes" ha riguardato la verifica delle possibilità di utilizzo dei licheni come bioaccumulatori di sostanze presenti nell'atmosfera. Uno stanziamento finanziario apposto da parte dell'Amministrazione Provinciale di Bergamo ha consentito infatti l'effettuazione di analisi chimiche. Particolarmente attesa è stata la verifica, purtroppo negativa, delle possibilità di approfondimento e controllo delle condizioni qualitative, in particolare delle aree circostanti l'inceneritore civico di Lallio e le industrie siderurgiche di Dalmine.

La scelta della specie lichenica è ricaduta su *Parmelia sulcata* in base alla frequenza di ritrovamento, alle caratteristiche di distribuzione, alla quantità di tallo disponibile. *P. sulcata* dimostra infatti la maggior frequenza e la migliore diffusione sul territorio dopo *Physcia adscendens*, rispetto alla quale presenta talli in genere più adatti a prelievi per le analisi in quanto morfologicamente più omogenei, con parti periferiche ben riconoscibili, regolari e privi di soredi e rizine. Inoltre secondo Gough et Al. (1985) *Parmelia sulcata* è un ottimo indicatore della qualità dell'aria poiché dimostra concentrazioni di metalli pesanti due o tre volte superiori rispetto ad altre specie considerate. Ciò non dipende da fenomeni di accumulo attivo ma dalle caratteristiche morfoanatomiche quali il grande rapporto superficie/volume, la presenza di numerose pseudocifelle per unità di superficie, ecc.

Le analisi devono essere condotte sulle parti periferiche dei talli e la quantità minima analizzabile è pari a circa 50 mg di peso secco. Tuttavia, nonostante specifiche affannose esplorazioni alla ricerca di siti adeguati anche nelle aree con i maggiori indici di purezza atmosferica, solo in tre località i popolamenti possedevano quantità di tallo appena sufficienti per alcune delle analisi chimiche.

In altri termini le condizioni di crescita dei licheni nell'area di studio sono talmente limitanti che le dimensioni dei talli e la quantità degli stessi non sono generalmente idonei al prelievo.

Le porzioni periferiche dei talli lichenici sono state prelevate ad altezze superiori al metro rispetto alla base del tronco al fine di ridurre l'eventuale influenza di materiale terrigeno presente nel suolo.

L'esigua quantità di tallo disponibile ha consentito pertanto le sole analisi dei metalli pesanti Fe, Zn, Cu, V, Ni, Cr, Pb, Cd, che sono stati determinati in Assorbimento Atomico.

Obiettivi didattici comuni, nonché la disponibilità dei docenti e l'adeguatezza della strumentazione utilizzabile hanno consentito il coinvolgimento nel "Progetto Lichenes" dell'Istituto Tecnico Industriale di Stato per la Chimica di Bergamo.

## Risultati e discussioni

I risultati delle analisi chimiche sono stati tratti dalla relazione curata dai docenti Paolo Locatelli e Gabriele Vecchi (1994) dell'I.T.I.S. per la Chimica di Bergamo.

Per le metodologie analitiche si rimanda alla relazione stessa.

Tab. 6 - ANALISI DEI METALLI PESANTI IN CAMPIONI DI *Parmelia sulcata*

Quantità espresse in mg/Kg; analisi effettuate su talli lichenici non lavati preventivamente													
Campione	quota	I.A.P.	Peso in g	Fe	Al	Mn	Zn	Cu	V	Ni	Cr	Pb	Cd
A) Dalmine	205 m	20,5	0,0558	970	538	48	286	142	6,3	5,5	5	0,93	0,85
B) Valtesse I	295 m	19,5	0,0534	861	538	463	301	161	7,5	7,2	7,2	1,1	0,9
C) Maresana	545 m	38	0,0709	980	635	30	118	26	2,5	1,9	2,64	0,8	0,55
D) Valtesse II	295 m	n.r.	0,0511	1464	1272	685	281	144	6,8	5	12	1,27	0,69
E) Valtesse III	295 m	n.r.	0,054	713	486	45	117	27	2,3	3,7	15,5	0,65	0,42
F) S.Pellegrino I	358 m	n.r.	0,0979	460	n.r.	n.r.	130	7,46	14,3	6,95	2,64	80	0,46
G) S.Pellegrino II	358 m	n.r.	0,1108	380	n.r.	n.r.	70	2,98	10,4	4,06	1,71	30	0,27
H) Valtesse (scorza)	295 m	n.r.	0,3642	427	75	47	104	15	1,1	0,95	1,17	2,2	0,19

Le caratteristiche dei campioni di *Parmelia sulcata* sono:

- campione A, prelevato a Dalmine nell'alta pianura su filare di tigli in ambiente urbano periferico di tipo residenziale relativamente poco soggetto a traffico veicolare, ad una distanza di circa 1200 m dal centro del paese e dall'industria siderurgica principale;
- campione B, prelevato a Valtesse ai piedi dei colli di Bergamo in ambiente urbano periferico di tipo residenziale, su tigli isolati in giardino condominiale, in prossimità di strada poco soggetta a traffico veicolare, a circa 150 m dal torrente Morla, a circa 2 km dalla Società del Gres (produzione di manufatti derivanti dalla trasformazione dell'argilla) ed a 3 Km dal centro cittadino;
- campione C, prelevato alla Maresana, in ambiente collinare prospiciente la pianura, su tigli in filare, ai margini di un bosco misto di castagno, robinia e rovere, nei pressi di un ampio parcheggio molto utilizzato nel periodo estivo.

In aggiunta a queste, in fase preliminare ed al fine di mettere a punto la metodologia d'analisi, sono state effettuate prove su campioni provenienti da un'area con abbondante presenza di licheni ma visibilmente soggette ad inquinamento atmosferico. In particolare 2 campioni (F, G) sono stati prelevati a S. Pellegrino sui filari di tiglio in ambiente urbano rispettivamente lungo la strada a traffico intenso sulla destra orografica del fiume Brembo (F) e sulla sinistra orografica in prossimità di una strada a traffico limitato (G).

Le condizioni favorevoli di Valtesse hanno consentito la raccolta sia di un campione ulteriore sui medesimi tigli ad altezza inferiore al metro (D) per verificare l'influenza di elementi litogeni, sia di un campione su *Acer negundo* (E) per verificare eventuali scostamenti dei valori di concentrazione rispetto al campione B.

Infine, a puro titolo di verifica metodologica, è stata effettuata un'analisi su scorza (H) di *Acer negundo* nella stazione di Valtesse.

Il ridotto numero di campioni disponibili per l'hinterland bergamasco ha un significato statistico oggettivamente limitato e probabilmente permette di formulare solo ipotesi interpretative del rapporto tra cause ed effetti.

Tuttavia abbiamo ritenuto opportuno acquisire e valutare i pochi dati disponibili poiché possono sia suggerire ipotesi di lavoro suscettibili di verifiche, sia essere prese a riferimento per indagini analoghe su un territorio più ampio. Pertanto sottolineiamo che le note che seguono vanno lette soprattutto in chiave di ipotesi:

- i dati in tabella evidenziano differenze di concentrazione il cui andamento è qualitativamente analogo a quello degli indici di Ammann. Una correlazione lineare tra Indice di Ammann e concentrazione di metalli pesanti nei talli lichenici è riportata da, Liebendorfer et Al. (1988), Nimis et Al. (1989);

- nella stazione della Maresana i valori sensibilmente inferiori di Zn, Cu, Ni, Cr, Cd, rispetto alle stazioni di Dalmine e Valtesse potrebbero essere messi in relazione alla minore influenza di fumi da combustione domestica, veicolare e industriale, a causa della maggiore distanza lineare e della maggiore altitudine rispetto alle potenziali sorgenti;

- i valori relativamente simili di concentrazione tra Dalmine e Valtesse sembrano rispecchiare analoghe condizioni ambientali (habitat urbano periferico di tipo residenziale ma prossimo ad insediamenti produttivi rispettivamente siderurgici e di laterizi);

- la concentrazione di elementi litogeni (Fe e Al in particolare) è in grado di rivelare l'eventuale alterazione dei risultati causata da sostanze terrigene (a causa di spruzzi ecc.). Il campione ottenuto a Valtesse ad altezza inferiore al metro sul tronco presenta un valore per il Fe sensibilmente maggiore rispetto al campione prelevato superiormente. Le tre stazioni A, B, C, presentano valori di ferro simili poiché sembra essere ridotta l'influenza del suolo;

- un dato relativo a *Parmelia sulcata* cresciuta su *Acer negundo* nei pressi della stazione di Valtesse già citata ha mostrato, rispetto al campione di quest'ultima, differenze sensibili di concentrazione, probabilmente perché il tipo di substrato arboreo condiziona la crescita dei licheni e di conseguenza la concentrazione dei metalli inclusi;

- i dati di S. Pellegrino sembrano rispecchiare l'influenza del traffico veicolare nella concentrazione di alcuni metalli, il Pb in particolare.

Una nota particolare merita il piombo, elemento presente nell'atmosfera principalmente a causa del traffico veicolare. I valori particolarmente bassi dei dati disponibili per Valtesse, Dalmine e Maresana rispetto a S. Pellegrino e ai dati di letteratura sono probabilmente da mettere in rapporto al procedimento analitico (v. relazione Locatelli e Vecchi, 1994) e pertanto sono scarsamente rappresentativi.

La verifica e l'utilizzo delle informazioni analitiche dei licheni come bioaccumulatori è, a nostro avviso, possibile con un mutamento della scala d'indagine. Infatti, nel caso specifico, la probabilità e pertanto la possibilità di incrementare il numero delle osservazioni (campioni analizzabili) può crescere all'aumentare della superficie di studio. L'interpretazione dei dati chimici con una dispersione sul territorio così rarefatta, come si prefigura per altre fasce del Bergamasco soprattutto in pianura, rende possibile letture su ampia scala territoriale. In tal caso tuttavia le influenze strettamente locali sulle caratteristiche stazionali potrebbero venire sopra o sotto stimate. Ciò sembra particolarmente significativo per la pianura bergamasca dove la rarefazione di tigli e le

caratteristiche di frammentarietà dei popolamenti lichenici non consentono analisi chimiche di campioni in modo diffuso.

In altri termini, l'utilizzo dei licheni come bioaccumulatori, stante le condizioni atmosferiche attuali, sembra possibile lontano dall'hinterland ed in particolare in territorio montano ove il popolamento lichenico è cospicuo anche in condizioni di intenso impatto antropico.

## CONCLUSIONI

Sono state censite a Bergamo e nell'hinterland 37 specie licheniche epifite delle quali 3 fruticose, 24 foliose e 10 crostose.

Il popolamento lichenico è costituito da comunità più o meno frammentarie del *Physcietum adscendentis*. All'interno di tali cenosi sono individuabili delle subunità non inquadrabili sotto il profilo sintassonomico ma che rispecchiano alcune caratteristiche geoambientali:

- a ) comunità di ambienti urbani e periurbani di pianura caratterizzate da insediamenti lichenici frammentari con esemplari di limitate dimensioni e bassi valori di I.A.P.. Si tratta di comunità con un elevato grado di vulnerabilità;
- b ) comunità di ambienti collinari e pedecollinari, collocati in prossimità di boschi, prospicienti la città od altri insediamenti urbani; sono caratterizzate da popolamenti lichenici relativamente ricchi con valori di I.A.P. che sono mediamente il doppio rispetto a quelli del punto precedente;
- c ) comunità di transizione tra a ) e b ).
- d ) comunità di ambienti collinari e pedecollinari; separati dalla pianura dalla fascia dei Colli di Bergamo; sono caratterizzate dalla presenza di specie adatte a scorze eutrofiche ed eutrofizzate con grado di acidificazione relativamente basso. Le condizioni favorevoli sono dovute alla barriera orografica collinare che mitiga gli effetti delle masse d'aria che insistono maggiormente sulla pianura e limita i fenomeni intensi di nebbiosità e di inversione termica. Vi sono inoltre favorevoli condizioni atmosferiche dovute alle brezze locali di pendio dei primi rilievi prealpini.

E' stato evidenziato che i licheni crostosi epifiti dimostrano un grado di penetrazione in ambiente urbano molto inferiore rispetto ai foliosi, in contrasto ad altre situazioni riportate in letteratura.

Per quanto attiene la qualità dell'aria, lo studio si è basato sulle informazioni fornite dall'analisi di un numero particolarmente elevato di stazioni in relazione alla superficie complessiva dell'arca di indagine (stazioni 300/area 115 km<sup>2</sup>).

L'indice prescelto (I.A.P. =  $\sum F$ , Amman et Al., 1988) è stato valutato per popolamenti lichenici su scorza di *Tilia spp.*, nel caso di carenza di stazioni di taglio, è stato utilizzato *Acer negundo*, dopo una valutazione del grado di correlazione fra gli indici rilevati sulle due specie.

I valori di I.A.P. riscontrati variano fra I.A.P. = 0 e I.A.P. = 43,66. L'intervallo è stato suddiviso in classi comprendenti 12 unità indice in progressione aritmetica. Nell'intervallo inferiore sono state ulteriormente evidenziate una fascia con I.A.P. = 0 di

deserto lichenico ed una fascia di tre sole unità che descrive condizioni di predeserto lichenico.

I dati sono stati restituiti cartograficamente.

Le fasce individuate sono:

A) Fascia di deserto lichenico

I.A.P.= 0

Qualità dell'aria scadente

Inquinamento atmosferico elevato

L'area comprende gran parte del territorio edificato di Bergamo. I limiti di fascia seguono con buon dettaglio i margini della città, escludendo lembi significativi dei quartieri di periferia. Il centro cittadino risulta completamente incluso in quest'area. La presenza di parchi e giardini urbani non mitiga gli effetti dell'inquinamento. L'indagine sottolinea che un tipo di sviluppo urbanistico avvenuto con la compenetrazione di aree cementificate e di aree agricole o vegetate in genere, mitiga invece gli effetti negativi dell'addensamento urbano di tipo concentrico.

Altri settori di deserto lichenico sono osservati in corrispondenza sia dei centri cittadini di alcuni paesi dell'hinterland, sia di alcuni poli produttivi ed industriali.

B) Fascia di predeserto lichenico.

$0 < \text{I.A.P.} \leq 3$

Qualità dell'aria mediocre

Inquinamento atmosferico abbastanza elevato

Occupava un'ampia zona a ridosso delle aree di deserto lichenico ed è caratterizzata da popolamenti frammentari. Si osserva un'asimmetria di distribuzione della fascia rispetto ai centri urbani, con un peggioramento qualitativo nei quadranti meridionali, espresso lungo la direttrice NE-SW. Questo fenomeno è in relazione con i movimenti delle masse d'aria, in particolare con i fenomeni di brezza.

C) Fascia di sopravvivenza lichenica.

$3 < \text{I.A.P.} \leq 12$

Qualità dell'aria medio-bassa

Inquinamento atmosferico medio

Nonostante gli indici rivelino condizioni più favorevoli rispetto alla fascia di predeserto, i popolamenti sono frammentari, indicano condizioni limitanti di crescita e costituiscono un'espressione ridotta dei popolamenti naturali delle fasce superiori.

D) Fascia di transizione lichenica.

$12 < \text{I.A.P.} \leq 24$

Qualità dell'aria media.

Inquinamento atmosferico medio-moderato

E' una fascia piuttosto frammentaria e discontinua in pianura, mentre è ben affermata in collina o nelle aree pedecollinari lontane dagli addensamenti urbani, sulle propaggini meridionali dei rilievi prealpini ed a quote superiori rispetto alla fascia di sopravvivenza lichenica.

La fascia interessa un'area che presenta bassa densità abitativa, con ambienti sia agricoli che naturali, a differente grado di influenza antropica.

E) Fascia di affermazione lichenica.

$24 < \text{I.A.P.} \leq 36$

Qualità dell'aria discreta

Inquinamento atmosferico moderato

Comprende sia territori boscosi che luoghi abitati, in territori con densità di popolazione relativamente ridotta e succede in più punti, in senso altitudinale, alla fascia precedente.

La discreta qualità dell'aria si deve a brezze locali di pendio ed alla notevole estensione dei boschi.

F) Fascia naturale.

$\text{I.A.P.} > 36$

Qualità dell'aria buona

Inquinamento atmosferico basso.

E' limitata ad un'area a prevalente connotazione boschiva in cui prevalgono fattori ambientali naturali sul disturbo antropico. Le comunità osservate esprimono uno stadio di probabile evoluzione dinamica delle altre comunità licheniche quando la qualità dell'aria ridiviene favorevole.

Per quanto riguarda i licheni come bioaccumulatori, le analisi chimiche sono state effettuate su un numero limitato di campioni (3), a causa dell'assenza di quantitativi sufficienti di tallo analizzabile.

I dati ottenuti, pertanto, hanno significato statistico limitato; evidenziano tuttavia che le diversità di concentrazione dei metalli pesanti hanno un andamento qualitativamente analogo a quello degli Indici di Ammann.

**RINGRAZIAMENTI**

Si ringraziano:

il dr. Massimo Elitropi (Società Eurogeo) per l'elaborazione e la restituzione cartografica degli Indici di Purezza Atmosferica; il dr. Mauro Tretiach e la dr.ssa Miris Castello (Dip. di Biologia, Università di Trieste) per la revisione di campioni di licheni appartenenti a gruppi tassonomici critici e per gli utili consigli di carattere metodologico; il prof. P.L. Nimis (Dip. di Biologia, Università di Trieste) per i consigli e la revisione del testo; il dr. Franco Valoti per aver provveduto al servizio fotografico; il dr. Umberto Gualteroni (Servizio Agrometeorologico Provinciale) per l'elaborazione dei dati meteorologici della Stazione del Colle dei Pasta; il dr. Franco Belingheri (Assessore all'Assetto del Territorio, Provincia di Bergamo), la dr.ssa Gloria Gelmi (Servizio Ecologia, Provincia di Bergamo) ed il dr. Claudio Confalonieri (Servizio Ecologia, Provincia di Bergamo) che hanno reso possibile il rapporto di collaborazione con l'Amministrazione Provinciale; l'ing. Andrea Castelli e il p.ch. Renato Campardo (Ufficio Aria, Provincia di Bergamo) per la disponibilità in fase di raccolta dei dati relativi alle centraline meteo-chimiche; il prof. Paolo Locatelli per il coinvolgimento nel Progetto Lichenes dell'I.T.I.S. G. Natta e per aver, con il prof. Gabriele Vecchi, sovrinteso alle analisi chimiche; l'ing. A. Musitelli e il p.I. M. Foresti (P.M.I.P. Unità Fisica e Tutela Ambiente di Bergamo) per aver fornito l'anemogramma della stazione di via Angelo Maj (Bergamo); la dr.ssa Lorena Verdelli (E.R.S.A.L., Milano) per l'elaborazione dei dati anemometrici dell'Ist. Sper. per la Cerealicoltura di Stezzano; l'arch. Silvia Garbelli (Ufficio Traffico, Amministrazione Provinciale) per aver fornito indicazioni utili sulle strade provinciali a traffico intenso; Stefano Milesi, Eugenio Zanchi e Cristina Crestani (Guardie del Parco dei Colli) per aver segnalato alcune stazioni licheniche all'interno del Parco dei Colli; la dr.ssa Emanuela Panseri, la dr.ssa Luisa Pozzoli, Marco Colleoni e Claudio Pasqualini per l'aiuto in fase di rilettura e di impaginazione del testo; i numerosi cittadini che hanno consentito l'osservazione di alberi di loro proprietà.

**INDIRIZZI DEGLI AUTORI**

Gabriele RINALDI  
Museo Civico di Scienze Naturali "E. Caffi" -  
Sezione Botanica e Giardino Botanico "L. Rota"  
Piazza Cittadella 10  
I-24129 BERGAMO

Gabriella AROSIO  
Via Como 108  
I- 20035 LISSONE (MI)

## BIBLIOGRAFIA

- ALMBORN O., 1943. Lavfloram i botaniska tradgarden i Lund. *Bot. Notiser*, 96: 167-177.
- ARNOLD F., 1901. Zur Lichenenflora von Munchen. *Ber. Bayer. Bot. Ges.* 1-2, 5-8 (suppl.).
- BARGAGLI R., 1989. Determination of Metal Deposition Patterns by Epiphytic Lichens. *Toxicol. and Environ. Chemistry*, 18: 249-256.
- BARGAGLI R., IOSCO F. P., BARGHIGIANI C., 1987. Assessment of mercury dispersal in an abandoned mining area by soil and lichen analysis. *Water, Soil, Pollut.*, 36:219-225.
- BARGAGLI R., IOSCO F. P., D'AMATO M.L., 1987. Lichen biomonitoring of metals in the San Rossore Park: contrast with previous pine needle data. *Environ. Monitor. and Assess.* 9: 285-294.
- BARGAGLI R., IOSCO F. P., D'AMATO M.L., 1987. Zonation of trace metal accumulation in three species of epiphytic lichens belonging to the genus *Parmelia*. *Crypt., Bryol., Lichenol.*, 8 (4): 331-337.
- BARGAGLI R., IOSCO F. P., LEONZIO C., 1985. Monitoraggio di elementi in tracce mediante licheni epifiti. Osservazioni nell'area industriale di Rosignano Solvay. *Inquinamento*, n. 2.
- BARGHIGIANI C., BARGAGLI R., SIEGEL B., SIEGEL S., 1988. Source and selectivity in the accumulation of mercury and other metals by the plants of Mt. Etna. *Water, Soil, Pollut.*, 39: 395-408.
- BARGHIGIANI C., BARGAGLI R., GIOFRE' D., 1988. Mercury in the environment of the Mt. Etna volcanic area. *Envir. Technol. Letters*, 9: 239-244.
- BARGHIGIANI C., BARGAGLI R., SIEGEL B., SIEGEL S., 1989. The contribution of mercury from thermal springs to the environmental contamination of Mt. Amiata. *Water, Soil, Pollut.*, 43: 169-175.
- BARKMAN J.J., 1958. Phytosociology and ecology of Cryptogamic epiphytes. Van Gorcum, Assen, 2 vv.
- BATIC F., 1984. Rosnovne snacilnosti lisajev in kljuk za dolocanje nekatirh indikatorskih pifitskih lisajev. *Razisk. Onesn. Zr. v Sloveniji*, 2: 1-76.
- BATIC F., 1986. Stanje epifitske lisajeske flore in pojav temperaturne inverzije v Ljubljanski kotlini. *Biol. Vestn.*, 2: 1-12.
- BERTOLINI M., ELITROPI C., 1989. Osservazione meteorologiche 1958-1987. Note di climatologia e ambiente. Istituto Sperimentale per la Cerealicoltura sezione di Bergamo. Editto dalla Provincia di Bergamo.
- BESCHEL R., 1952. Flechten und Moose in St. Peter Friedhoff in Salzburg. *Mitt. Naturw. Arbeitgem. Haus. Nat. Bot.*, 2: 44-51.
- BOILEAU L.J.R., BECKETT P.J., LAVOIE P., RICHARDSON D.H.S., 1982. Lichens and mosses as monitors of industrial activity associated with uranium mining in

- Northern Ontario, Canada. Part I: Field procedures, chemical analysis and interspecies comparison. *Environ. Pollut.*, Ser. B, 4: 69-84.
- BORTENSCHLAGER S., SCHMIDT H., 1963. Luftverunreinigung und Flechtenverbreitung in Linz. *Ber. Naturw.-med. Ver. Innsbruck*, 53: 7-23.
- BRODO I., 1961. Study of lichen ecology in Long Island, New York. *Am. Midl. Nat.*, 65: 290-310.
- BRODO I., 1966. Lichen growth and cities: a study on Long Island, New York. *Bryologist*, 69:427-449.
- CANIGLIA G., 1989. La qualità dell'aria secondo i licheni. *Difesa Ambiente*. Vol. XIII 6/7: 55-57.
- CANIGLIA G., BUSNARDO A.M., LUCHESCHI E., DE BENETTI M., 1988. Licheni epifiti, bioindicatori di inquinamento atmosferico in Val D'Isarco (BZ). *Sep Pollution Città e Ambiente*, Fiera di Padova 1990. Inquinamento atmosferico 12-13 Aprile 1988. Ed. Fiere di Padova.
- CANIGLIA G., CALLIARI I., 1989. I sullandagine in fluorescenza X sull'accumulo di alcuni elementi in licheni della Valle Isarco. (BZ). *Gior. Bot. Ital.* 123.
- CANIGLIA G., DE BENETTI M., PETROCCIONE F., 1990. Fontana I licheni del Mottarone (NO). Valutazione della qualità dell'aria. *Giornale Bot. Ital.* Vol. 124, N. 1.
- CANIGLIA G., DRUDI C., 1984. Considerazioni sulla distribuzione dei licheni in laguna di Venezia Rendiconti. *Seminario Facolta' Scienze Universita' Cagliari*. Supplemento al Vol. 54.
- CANIGLIA G., GIULINI P., SPAMPANI M., 1978. Inquinamento atmosferico e licheni. Saggio di distribuzione nella Valle del Boite e a Cortina d'Ampezzo. *Atti Conv. Ecol. Prealpi Or. Gt. "Gadio"*.
- CASTELLO M., GASPARO D., TRETACH M., 1989. Studi Lichenologici in Italia Nord-orientale. III: Florula Lichenica epifita dell'Alta Valle del Torre (Prealpi Giulie). *Gortania*, 11: 127-160.
- CRESPO A., MANRIQUE E., BARRENO E., SERINA E., 1977. Valoracion de la contaminacion atmosferica del area urbana de Madrid mediante bioindicadores (liquenes epifitos). *Anal Inst. Bot. Cavanilles* 34 (1): 71-94.
- DEGELIUS G., 1961. The lichen flora of the botanic garden in Gothemburg (Sweden). *Acta Horti Bot. Gothob.*, 24: 25-60.
- DE WIT T., 1976. Epiphytic lichens and air pollution in the Netherlands. *Bibl. Lichenol.*, 5, 227 pp.
- DERUELLE S., 1978. Etude comparée de la sensibilité de trois méthodes d'estimation de la pollution atmosphérique, en utilisant les lichens comme indicateurs biologiques, dans la région de Mantes (Yvelines). *Rev. Bryol. Lichenol.*, 44, 4: 429-441.
- DERUELLE S., GARCIA-SCHAEFFER F., 1989. Les lichens bioindicateurs de la pollution atmosphérique dans la région parisienne. *Cryptogam. Bryol. Lichenol.* Tome 4 Fasc. 1 1983 Botanic. 651/2

DOMROS M., 1966. Luftverunreinigung und Stadtklima im Rheinisch Westfälischen Industriegebiet und ihre Auswirkung auf den Flechtenbewuchs der Baume. *Jahrb. rhein. Landesk.*, 23: 1-132.

ERICHSEN C. F. E., 1906. Beitrage zur Flechtenflora der Umgegend von Hamburg und Holsteins. *Ver. Naturw. Ver. Hamb.* III, 13: 44-104.

FARKAS E., LOKOS L., VERSEGHY K., 1985. Lichens as indicators of air pollution in the Budapest agglomeration. 1. Air pollution map based on floristic data and heavy metal concentration measures. *Acta Bot. Hung.*, 31: 45-68.

FERRARA R., MASERTI B. E., BARGAGLI R., 1988. Mercury in the atmosphere and in lichens in a region affected by a geochemical anomaly. *Envir. Technol. Letters*, 9: 689-694.

FENTON A. F., 1964. Atmospheric pollution of Belfast and its relationship with the lichen flora. *Tr. Nat. J.*, 14: 237-245.

FOLLMANN G., 1973. Huber den Ruckgang der Flechtenflora in Stadtgebiet von Kassel. *Philippia*, 1: 241-257.

GASPARO D., CASTELLO M., BARGAGLI R., 1989. Biomonitoraggio atmosferico tramite licheni. Studio presso un inceneritore (Macerata). *Studia Geobotanica* 9: 153-250.

GILBERT O. L., 1969. The effect of SO<sub>2</sub> on lichens and bryophytes around Newcastle upon Tyne. In: Air pollution, proceedings of the first european congress on the influence of air pollution on plants and animals, Wageningen 1968: 223-235.

GILBERT O.L., 1970. A biological scale for the estimation of sulphur dioxide pollution. *New Phytol.* Vol. 69: 629-634.

GRANGER J. M., 1970. Computer mapping as an aid in air pollution studies: Montreal region study. In: Goodrich J. C. (ed.) Laboratory for computer graphics and spatial analysis. Cambridge, Mass. Harvard University.

GUALTERONI, 1994. Dati metereologici della stazione di Colle dei Pasta - Torre de Roveri- Servizio Agrometeorologico Provinciale (ined.).

GUTTE P., HALLEMBACH M., KOHLER H., 1976. Untersuchungen ueber die Berbreitung epyxler Flechten zur Feststellung des Umfanges der Luftverunreinigung im Leipziger Raum. *Hercynia*, 13: 446-458.

HAWKSWORTH D.L., ROSE F., 1970. Qualitative Scale for estimating Sulphur Dioxide Air Pollution in England and Wales using Epiphitis. Lichens. *Nature*, Vol. 227.

HOPP U., KAPPEN L., 1981. Einige Aspekte zur immissions bedingte Verbreitung von Flechten im Stadtgebiet von Wurzburg. *Ber. Bayer. Bot. Ges.*, 52: 15-24.

JOHNSEN I., SOECHTING U., 1973. Influence of air pollution on the epiphitic lichen vegetation and bark properties of deciduos trees in the Copenhagen area. *Oikos* 24; 344-351.

JAMAES P. W., HAWKSWORTH L. & ROSE F., 1977. Lichen Communities in the British Isles: A Preliminary Conspectus. In: Seaward M. R. D., Lichen Ecology, Academic Press, London New York, San Francisco.

- JOHNSON D. W., 1979. Air pollution and the distribution of corticolous lichens in Seattle, Washington. *Northwest Sc.* 53, 4: 257-263.
- KISELEV V. N. et Al., 1986. Lichen indicators of air pollution in green zones of industrial centers in Belorussia. *Soviet. J. Ecol.*, 17: 85-89.
- KNEIPER E. J., SHERWOOD-PIKE M. A., 1985. The former and present lichen flora of the Boston metropolitan area. *Am. J. Bot.*, 72: 794.
- KROG H., 1970. Lav og luftforurenninger. Oslo: Norsk Inst. f. Luftforskning.
- LAAKSOVIRTA K., ALAKUJALA P., 1978. Lead, cadmium and zinc content of fungi in the parks of Helsinki. *Ann. Bot. Fenn.*, 15: 253-257.
- LAUNDON J. R., 1967. A study of the lichen flora of London. *Lichenologist*, 3: 277-327.
- LE BLANC F., DE SLOOVER J., 1970. Relation between industrialization and the distribution and growth of epiphytic lichens and mosses in Montreal. *Can. J. Bot.*, 48: 1485-1496.
- LE BLANC F., DE SLOOVER J., 1972. Effet de industrialisation et de l'urbanisation sur la vegetation epiphyte de Montreal. *Sarracenia*, 15: 1-41.
- LE BLANC F., OHRUVA N., RAO COMEAU G., 1972. Indices of atmospheric purity and fluoride pollution parten in Arvida, Quebec. *Can. J. Botany*, vol. 50.
- LE BLANC F., RAO D. N., 1966. Reaction de quelques lichens et mousses epiphytiques a l'anhydride sulfureux dans la region de Sudbury, Ontario. *Bryologist*, 69: 338-346.
- LIEBENDOERFER L., HERZIG R., URECH M., & K. AMMANN, 1988. Evaluation und kalibrierung der Schweizer-Indikationsmethode mit wichtigen Luftschadstoffen. *Staub-Reinhaltung der Luft*, 48: 233-238.
- LISKA J., 1985. On the occurrence and ecology of lichens in Prague. *Prirod. Vyznam Prahy*: 93-102. Praha.
- LOCATELLI P. & VECCHI G. 1994. Analisi dei metalli pesanti nei Licheni epifiti di Bergamo e dell'hinterland (Rapporto inedito). Istituto Tecnico Industriale per la Chimica "G. Natta", Bergamo.
- LODENIUS M., 1981. Regional distribution of mercury in *Hypogymnia physodes* in Finland. *Ambio*, 10, 4: 44-45.
- LOFGREN O., MOBERG R., 1984. Oceaniska lavar i Sverige och deras tillbakagang. Statens *Naturvardsverk* PM1819.
- LUNDSTROEM H., 1968. Luftfororeningans inverkan pa epiphytfloran hos barrtraed i Stockolmsomradet. *Stud. Forest. Suec.*, 56: 1-55.
- MARTIN L., ENSAAR A., 1983. Lichenoidikatsyya i matematicheskoe modelirovanie raprostraneniya dviokisi sery na territorii Tallina. *Eesti NSV Tead. Akad. Toimet. Biol.*, 32.
- NASH T. H., 1972. Simplification of the Blue Mountain lichen communities near a zinc factory. *Bryologist*, 75: 315-324.

- NATHO G., 1964. Die Verbreitung der epixylen Flechten und Algen im Demokratischen Berlin. *Wiss z. Humb. Univ. Berlin, math.-nat.R.*, 13: 53-75.
- NIMIS P. L., 1982. The epiphytic lichen vegetation of the Trieste Province (Northeastern Italy). *Studia Geobotanica*, 2: 169-191.
- NIMIS P.L., 1984. Phytosociology, Ecology and Phytogeography of Epiphytic Lichen Vegetation in the Calamone Area Lake (N-Apennines, Italy). *Studia Geobotanica*, 4: 109-127.
- NIMIS P.L., 1985. Urban Lichen Studies in Italy. Ist.: the town of Trieste. *Studia Geobotanica*, 5: 49-74.
- NIMIS P. L., 1986. Urban Lichen Studies in Italy. II: the town of Udine. *Gortania*, 7: 147-172.
- NIMIS P. L., 1989. Urban Lichen Studies in Italy. III: the city of Rome. *Ann. Bot.* (In stampa).
- NIMIS P.L. et Al., 1989. I licheni come bioindicatori di inquinamento atmosferico nell'area di Schio - Thiene - Breganze (VI). Estratto da "*Bollettino del Museo Civico di Storia Naturale di Verona*" - Vol. 16, pp. 1-154.
- NIMIS P.L. The Lichens of Italy, 1993. Museo Regionale di Scienze Naturali. Torino. Monografia 12.
- NIMIS P.L., DALLAI D. 1984-1965. Lichens of hypogeaic cavities in the Apennines of Reggio Emilia (N-Italy) *Grotte d'Italia* (4) XII pp. 373-382.
- NIMIS P.L., DE FAVERI R., 1981. Numerical classification of *Xanthorion* communities in North Eastern Italy. *Gortania*, .2; 91-110.
- NIMIS P.L., LAZZARIN A. & G., GASPARO D., 1991. Lichens as bioindicators of air pollution by SO<sub>2</sub> in the Veneto region (NE Italy). *Studia Geobotanica*, 11: 3-76.
- OSORIO H., FLEIG M., 1985. Contribution to the lichen flora of Brazil. 16. Lichens from the vicinity of the Rio Grande City. *Com. Bot. Mus. his. Nat. Montevideo*, 4: 1-7.
- PEREZ DE LA TORRE O. H., 1985. La flora liquenica epifita y su relacion con la contaminacion atmosferica en La Plata y alrededores (Provincia de Buenos Aires). 1. CNICT contr, Nr. 106.
- PICCOLI F., KUMER E., BONALBERTI L., 1989. Licheni e inquinamento atmosferico a Ferrara. *Archivio Botanico*, 65 1/2:73-80.
- PIERVITTORI R., MONTACCHINI F., 1983-1984. Effe dell'inquinamento atmosferico sulla distribuzione dei licheni corticicoli in un concentrico urbano. Asti. *Allionia*, 26.
- PIERVITTORI R., MONTACCHINI F., 1989. Regressione della presenza lichenica in zone montane per effetedella progressiva urbanizzazione. Bardonecchia. *Allionia*, 24.
- PIERVITTORI R., ROSSI A., CLEMENTE F., MONTACCHINI F., 1989. Evoluzione del rapporto tra presenza di licheni epifiti e inquinamento atmosferico nella città di Torino. *Allionia*, 29.
- PISUT I., LISICKA E., 1985. A study of the cryptogamic epiphytes on an oak trunk in the vicinity of Bratislava in the years 1973-1983. *Ekologia*, 4: 225-234.

- PYATT F. B., 1970. Lichens as indicators of air pollution in a steel producing town in South Wales. *Environ. Pollut.*, 1: 45-46.
- RECCHIA F., CASTELLO M., GASPARO D., FARINA G., PELLICCIOTTI A., TRETACH M., 1992. Biomonitoraggio dell'Inquinamento Atmosferico nella Provincia di Pescara. In stampa.
- SCHOENBECK H., 1972. Untersuchungen in Nordrhein-Westfalen ueber Flechten als Indikatoren für Luftverunreinigung. *Schriften. LIB*, 26: 99-104.
- SEAWARD M. R. D., 1974. Some observations on heavy metal toxicity and tolerance in lichens. *Lichenologist*, 6: 158-164.
- SECCHI B., GANDOLFI V., 1994. Progetto "preliminare" del nuovo Piano Regolatore Generale. Bergamo.
- SERGIO BENTO C., PEREIRA F., 1981. Liqueues e Briofitos como bioindicadores da poluicao atmosferica. Utilizacao de una escale qualitativa para Lisboa. *Bol. Soc. Brot. Ser.*, 2, 54: 291-303.
- SKYE E., 1968. Lichens and Air Pollution. A study of cryptogamic epiphytes and enviroment in the Stockholm region. *Acta Phytogeographica Suecica*, 52 Uppsala.
- SPAMPANI M., 1982. I licheni: indicatori fisiologici della qualità dell'aria. *Le scienze*, 167:60-69.
- SPENLING N., 1971. Flechten und Flechtengesellschaften des Waldviertels. *Herzogia*, 2: 161-230.
- STEINER M., SCHULZER D., 1955. Ueber die Verbreitung und Expositionsabhängigkeit der Rinden-epiphyten im Stadtgebiet von Bonn. *Decheniana*, 108: 1-16.
- SUGIYAMA K., KUROKAWA S., OKADA G., 1976. Studies on lichens as a bioindicator of air pollution. I. Correlation of distribution of *Parmelia tinctorum* with SO<sub>2</sub> air pollution. *Jap. J.Ecol.*, 26: 209-219.
- THOMAS W., SIMON H, RUHLING A., 1985. Classification of plant species by their organic (PAH, PCB, BHC) and inorganic (heavy metals) trace pollutant concentrations. *The Science of the Total Environment*, 46: 83-94.
- THROWER S.L., 1980. Air Pollution and Lichens in Hong Kong *Lichenologist*, 12(3); 305-311.
- TURIAN G., DESBAUMES P., 1975. Cartographie de quelques lichens indicateurs de la pollution atmospherique a Genève. *Saussurea*, 6: 317-324.
- TURK R., CHIRIST R., 1986. Beitrag zur epiphytischen Flechtenflora im Stadtgebiet von Wien. *Verh. Zool. Ges. Oesterr.*, 124:65-80.
- TURK R., SEGER M., 1987. Immissionsoekologische Studie uber den epiphytischen Flechtenbewuchs im Raum Klagenfurt. *Klag. Geogr. Schriften*, 5: 25-41.
- VALCUVIA PASSADORE M., PAVAN ARCIDIACONO L., 1992. Esemplari lichenici bergamaschi e bresciani conservati a Pavia. *Not. Soc. Lich. Ital.*, 5: 39-41.
- VARESCHI V., 1936. Die epiphytenvegetation von Zürich. *Ber. Schweiz. bot. Ges.*, 46: 445-488.

VARESCHI V., 1953. La influencia de los bosques y parques sombre el aire de la ciudad de Caracas. *Acta cienc. venez.*, 4: 89-95.

VINCENT J.P., 1968. Contribution a l'étude et a la cartographie de la pollution atmospherique de la ville de Toulouse, a l'aide des epiphytes et des epilithes. These 3eme Cycle. Toulouse, 174 pp.

WESTMAN L.. Relative Effects of Air Pollution and Habitat Factors on Lichens in Lauri Karenlampi (ed.). Proceedings of the Kuopio Meeting on Plant Damages.

WETMORE C.M., 1983. Lichens of the air quality class I. National Parks. Final Report. Denver, Colorado, National Park Service.

WIRTH V., 1980. Flechtenflora. Ulmer Smbh & co, Stuttgart.

WIRTH V., BRINCKMANN B., 1977. Statistical analysis of the lichen vegetation of an avenue in Freiburg, with regard to injurious anthropogenous influences. *Oecologica*, 28: 87-101.

ZAKSHEK E.M., PUCKETT M.E., 1986. Lichens sulphur and lead levels in relation to deposition patterns in eastern Canada. *Water, Air, Soil Poll.*, 30: 161-169.

ZUST S., 1977. Die Epiphytenvegetation im Räume Zürich als Indikator der Umweltbelastung. *Veröff. Geobot. Inst. Zürich*, 62: 1-113.

## Repertorio fotografico

Nel seguente repertorio fotografico sono illustrate alcune delle principali specie licheniche presenti a Bergamo e nel suo hinterland. Ogni fotografia è corredata da indicazioni (elencate nella tabella) sulla località e la fascia lichenica individuata dall'elaborazione degli I.A.P.; la specie arborea ed alcune note sull'ambiente di crescita sono riportate nelle didascalie. Con tale repertorio si intende favorire la diffusione della conoscenza della florula lichenica locale e costituire un documento rappresentativo di alcune stazioni che potrà essere utilizzato per confronti nel tempo .

Le fotografie sono state eseguite il giorno 23/11/1994 da Franco Valoti.

FOTO	SOGGETTO	LOCALITÀ	FASCIA LICHENICA
1	<i>Candelaria concolor</i>	Bergamo, Madonna della Castagna	E
2	<i>Evernia prunastri</i>	Bergamo, Valle d'Astino	D
3	<i>Hypogymnia physodes</i>	Bergamo, Valle d'Astino	D
4	<i>Parmelia exasperatula</i>	Bergamo, Valle d'Astino	D
5	<i>Parmelia exasperatula</i>	Bergamo, via Bellini	C
6	<i>Parmelia subaurifera</i>	Bergamo, Madonna della Castagna	E
7	<i>Parmelia subaurifera</i>	Bergamo, Celadina, v. Pizzo Redorta	D
8	<i>Parmelia sulcata</i>	Bergamo Valle d'Astino	D
9	<i>Parmelia sulcata</i>	Bergamo, Longuelo, Via Bellini	C
10	<i>Parmelia tiliacea</i>	Bergamo, Valle d'Astino	D
11	<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	Bergamo, Madonna della Castagna	E
12	<i>Physcia adscendens</i>	Bergamo, Valle d'Astino	D
13	<i>Physcia adscendens</i>	Bergamo, Valle d'Astino	D
14	<i>Physcia biziana</i>	Bergamo, Valle d'Astino	D
15	<i>Physconia grisea</i>	Bergamo, Valle d'Astino	D
16	<i>Pseudevernia furfuracea</i>	Bergamo, Valle d'Astino	D
17	Stazione con bassi valori di I.A.P.	Bergamo, via Bellini	C
18	Stazione in fascia a buon grado di naturalità	Bergamo, Madonna della Castagna	E
19	Stazione in fascia di transizione lichenica	Bergamo, Celadina, v. Pizzo Redorta	D

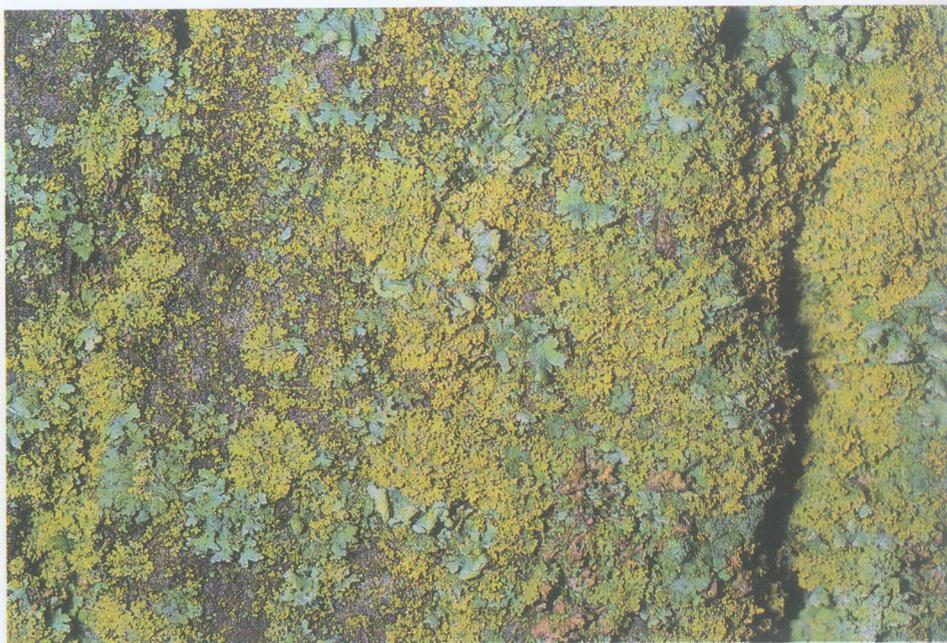


Foto 1 - *Candelaria concolor*, su filare di *Tilia sp.* in un prato.

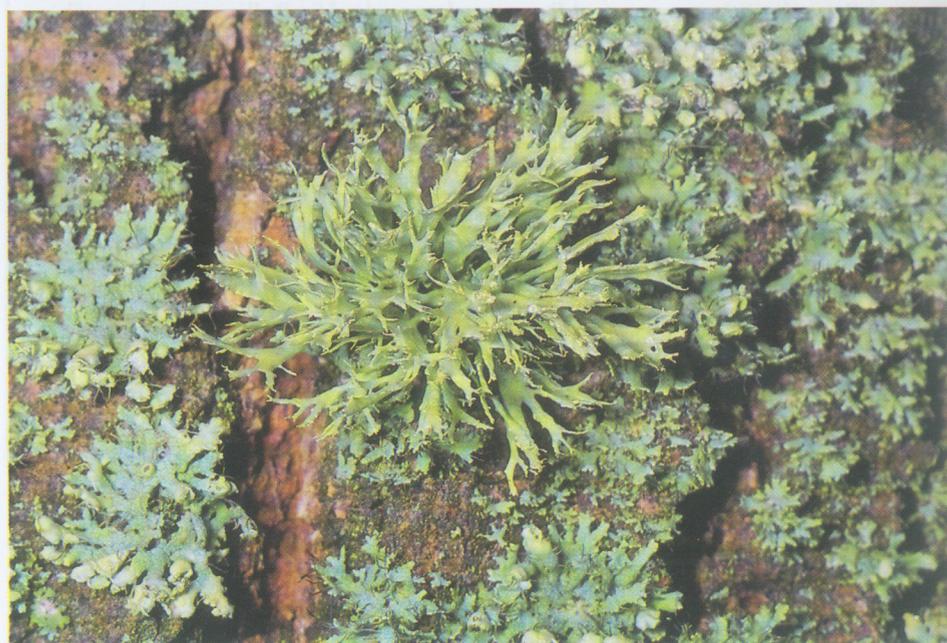


Foto 2 - *Evernia prunastri*, su *Fraxinus angustifolia* in filare a margine di strada in prossimità di campi coltivati.



Foto 3 - *Hypogymnia physodes*, su *Fraxinus angustifolia* in filare a margine di strada in prossimità di campi coltivati.

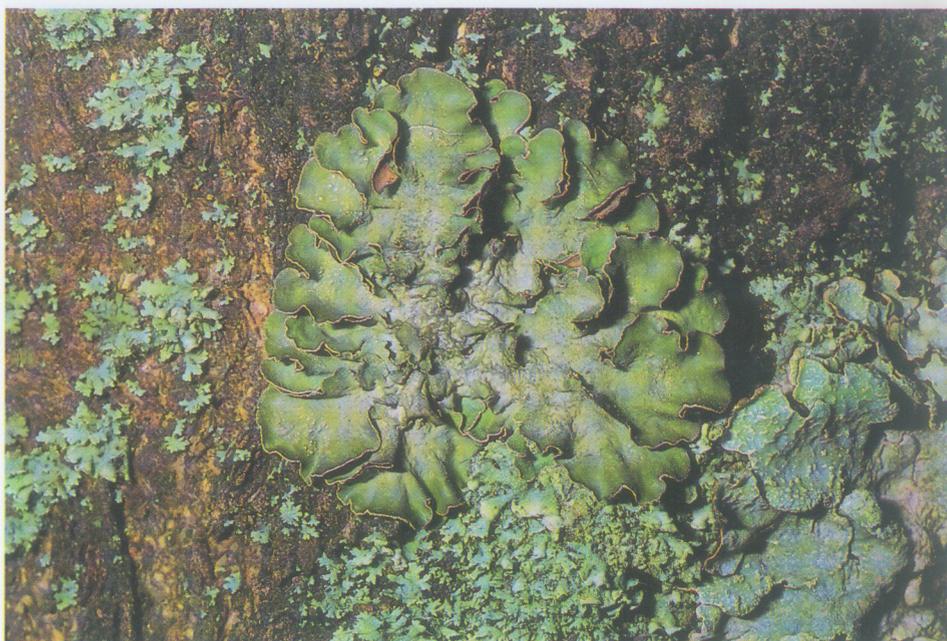


Foto 4 - *Parmelia exasperatula*, su *Fraxinus angustifolia* in filare a margine di strada in prossimità di campi coltivati.

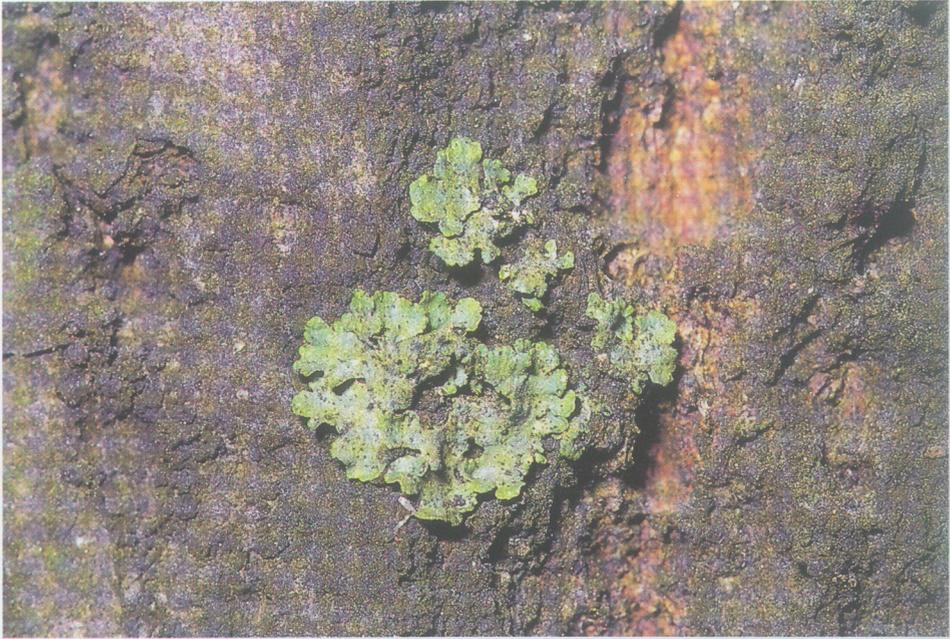


Foto 5 - *Parmelia exasperatula* (x 3,3), esemplare deperente su *Tilia sp.* in filare a margine di strada trafficata in un quartiere periferico.



Foto 6 - *Parmelia subaurifera*, su *Tilia sp.* in filare su prato.



Foto 7 - *Parmelia subaurifera* (x 4), esemplare deperente su *Tilia* sp. in filare a margine di strada poco trafficata in un quartiere periferico.

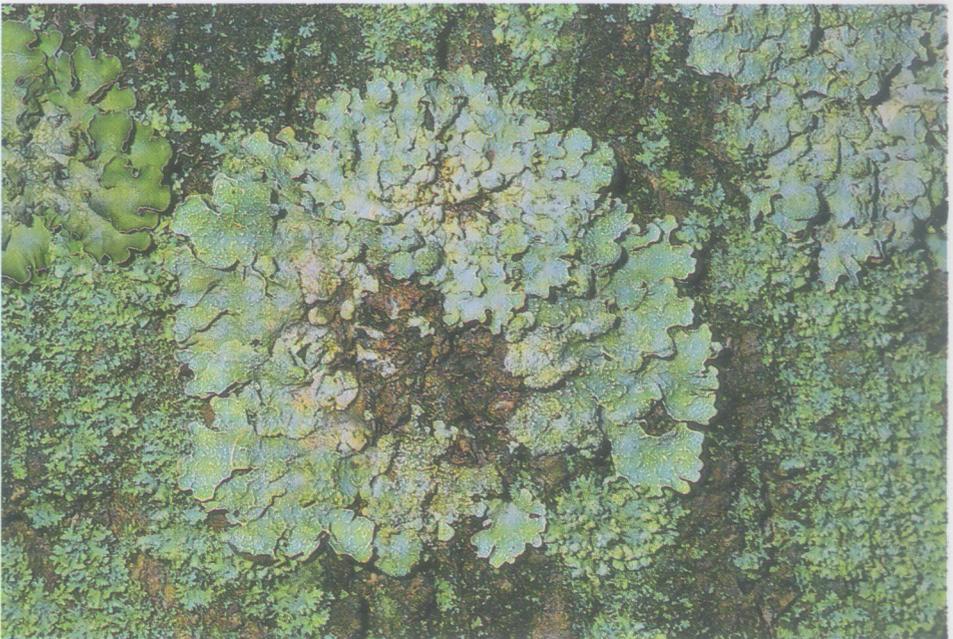


Foto 8 - *Parmelia sulcata*, su *Fraxinus angustifolia* in filare a margine di strada in prossimità di campi coltivati.



Foto 9 - *Parmelia sulcata* (x 4,3), esemplare deperente su *Tilia* sp. in filare a margine di strada trafficata in un quartiere periferico.



Foto 10 - *Parmelia tiliacea*, su *Fraxinus angustifolia* in filare a margine di strada in prossimità di campi coltivati.



Foto 11 - *Phaeophyscia orbicularis*, su *Tilia sp.* in filare su prato.

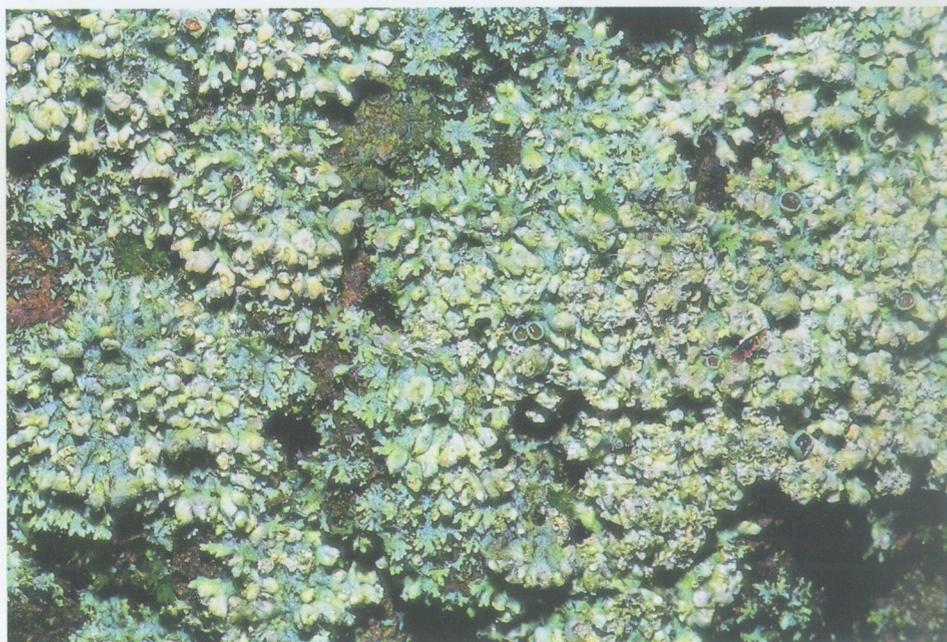


Foto 12 - *Physcia adscendens*, su *Fraxinus angustifolia* in filare a margine di strada in prossimità di campi coltivati; è la specie più frequente a Bergamo e nell'hinterland.



Foto 13 - *Physcia adscendens* (x 8), particolare insolito con apoteci, su *Fraxinus angustifolia* in filare a margine di strada in prossimità di campi coltivati.



Foto 14 - *Physcia biziana*, su *Fraxinus angustifolia* in filare a margine di strada in prossimità di campi coltivati.

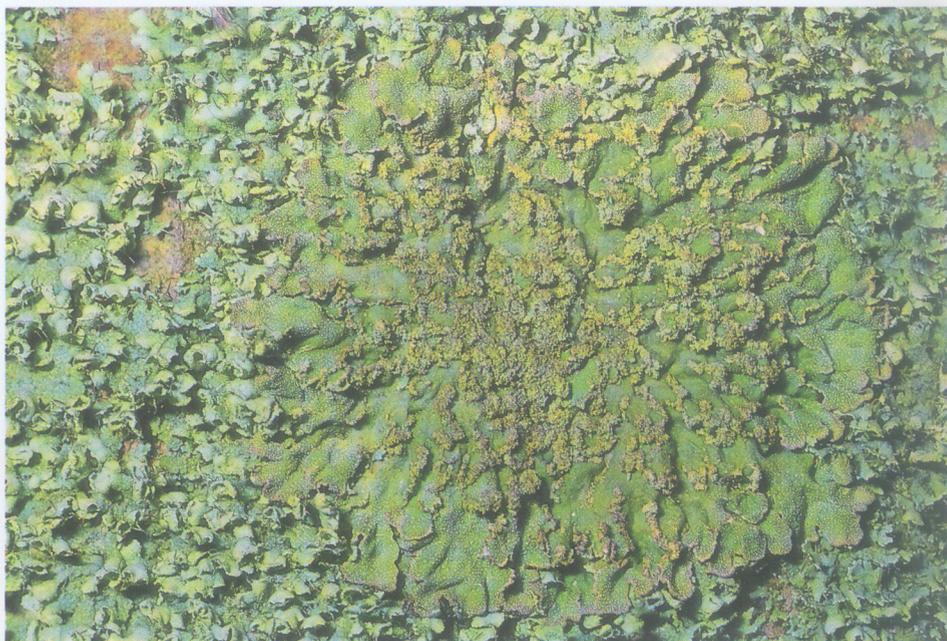


Foto 15 - *Physconia grisea*, su *Acer negundo*, in filare a margine di strada in prossimità di campi coltivati.



Foto 16 - *Pseudevernia furfuracea*, su *Fraxinus angustifolia* in filare a margine di strada in prossimità di campi coltivati.



Foto 17 - Scorza di *Tilia* sp. con *Parmelia exasperatula* e *Physcia adscendens*, in filare a margine di strada trafficata in quartiere periferico. L'aspetto è tipico per le stazioni prossime al deserto lichenico.



Foto 18 - Scorza di *Tilia* sp. con una comunità lichenica pluri-specifica dominata da *Physcia adscendens* e *Candelaria concolor*. La stazione rientra in una fascia a buon grado di naturalità.



Foto 19 - Scorza di *Tilia* sp. con *Physcia adscendens*, *Parmelia exasperatula*, *P. sulcata*, *Candelaria concolor*, in filare a margine di strada poco trafficata in quartiere periferico. L'aspetto è tipico per le stazioni che rientrano nella fascia di transizione lichenica.



## NORME PER GLI AUTORI

I lavori che si desiderano pubblicare possono essere scritti in qualsiasi lingua. Devono essere originali e comprendere un riassunto in inglese ed in italiano, mai superiore alle 200 parole. Pervenire dattiloscritti a spaziatura doppia, ove possibile una copia registrata su floppy disk per P.C. MS DOS o compatibili specificando il programma utilizzato e relativa versione. Devono essere indicate le Key Words. E' opportuno segnalare i siti preferenziali ove inserire eventuali tabelle o illustrazioni.

A conclusione di ogni articolo va riportata la bibliografia che dovrà essere redatta nel seguente modo:

- a) elenco degli autori in ordine alfabetico
- b) per riferimenti ai periodici: cognome e iniziale puntata del nome dell'autore (virgola), anno di pubblicazione (trattino), titolo completo del lavoro (punto), titolo abbreviato del periodico (virgola), numero del volume (due punti), prima ed ultima pagina del lavoro citato
- c) per i riferimenti ai libri oltre al nome dell'autore, anno di pubblicazione e titolo dell'opera (come sopra) si aggiunge: nome dell'editore (virgola), città di pubblicazione
- d) i riferimenti bibliografici citati nel testo devono comprendere il nome dell'autore e l'anno di pubblicazione, il tutto chiuso tra parentesi.

Il materiale iconografico dovrà così pervenire:

- a) Le tavole a tutta pagina devono essere inviate già composte e presentare un rapporto altezza/larghezza di 1,5/1 (didascalia compresa)
- b) i disegni devono essere originali e tracciati con inchiostro di china nero
- c) le fotografie saranno in bianco e nero

Nel dattiloscritto va inoltre riportato l'indirizzo dell'autore che servirà per l'invio delle bozze e che verrà riportato nella pubblicazione. Gli articoli dovranno essere approvati dal comitato di redazione (il cui giudizio rimane insindacabile) che potrà suggerire eventuali modifiche al testo od alla disposizione e quantità delle fotografie e disegni.

Una volta accettato il lavoro, la redazione si impegna ad inviare copia delle bozze agli Autori i quali potranno correggere esclusivamente errori di battitura.

Gli articoli devono essere inviati a:

Redazione della  
"Rivista del Museo di Scienze Naturali di Bergamo"  
Piazza Cittadella 10  
I - 24129 BERGAMO  
ITALIA

La pubblicazione degli articoli approvati è gratuita per quanto attiene il testo e le illustrazioni in nero "al tratto".

Agli autori verranno forniti 50 estratti a titolo gratuito.

Pubblicazione fuori commercio, inviata solamente per scambi con altre pubblicazioni di carattere naturalistico.

Registrata presso il Tribunale di Bergamo il 4.IX.1980 al n 14.



## MUSEO CIVICO DI SCIENZE NATURALI DI BERGAMO

Direttore:	dr. Mario Guerra	(zoologia vertebrati)
Conservatori:	dr. Anna Paganoni	(geologia-paleontologia)
	dr. Gabriele Rinaldi	(botanica ed Orto Botanico)
	dr. Marco Valle	(zoologia invertebrati)
Conservatore onorario:	prof. Vittorio Maconi	(etnografia)
Preparatori:	dr. Federico Confortini	(geologia)
	Matteo Malzanni	(geologia)
	Luciana Maver	(zoologia vertebrati)
	dr. Rossana Pisoni	(zoologia invertebrati)
Personale amministrativo:	Gilda Casella	(biblioteca)
	Margherita Frigeni	(segreteria)
	Adriana Guadalupi	(segreteria)

Finito di stampare nel mese di Aprile 1995  
da Artigrafiche Mariani & Monti - Ponteranica (Bg)