

**Monitoraggio della qualità dell'aria
mediante licheni
nella Valle del Ticino**



Monitoraggio della qualità dell'aria mediante licheni nella Valle del Ticino

Monitoraggio della qualità dell'aria mediante licheni nella Valle del Ticino

A cura di Dario Furlanetto

Testi di

Patrizia Casarini
Dario Furlanetto
Pietro Genoni
Luigi Guidetti
Valeria Roella



Agenzia Regionale
per la Protezione dell'Ambiente
della Lombardia



Testi ed elaborazioni

Patrizia Casarini, A.R.P.A. Lombardia - Sede di Pavia

Dario Furlanetto, Parco Lombardo della Valle del Ticino

Pietro Genoni, A.R.P.A. Lombardia - Sede di Milano 1

Luigi Guidetti, A.R.P.A. Piemonte - Sede di Novara

Valeria Roella, A.R.P.A. Lombardia - Sede di Varese

Attività in campo

Caterina Barbarewicz, biologa

Guido Brusa, biologo

Cristina De Lucchi, biologa

Valentina Parco, biologa

Elaborazioni cartografiche

Marina Lanticina, biologa

Valentina Parco, biologa

Gabriella Penna, informatica

Fotografie

Dario Furlanetto

Progetto grafico, impaginazione e redazione

Nodo, Como

Fotolito

Nuoveparole, Como

Stampa

la Canturina tipolitografia, Cantù

Giugno 2000

Dedicato a Caterina,
che sarà sempre con noi

Indice

9

Presentazione

Alessandro Moneta

11

Presentazione

Luciano Saino

13

Peugeot scende in campo a favore dell'ambiente

15

1. Premessa

1.1 I Licheni

1.2 Licheni e inquinamento atmosferico

23

2. Finalità dell'indagine

25

3. Area di studio

3.1 Descrizione del territorio: i due Parchi Regionali

3.2 Concentrazioni di SO₂ e NO_x nell'area di studio

3.3 Caratteristiche climatiche e meteorologiche

43

4. Metodo d'indagine

4.1 Protocollo operativo

4.2 Interpretazione e presentazione dei risultati

4.3 Intercalibrazione metodologica tra gli operatori

51

5. Risultati e discussioni

5.1 Analisi dei dati

5.2 Rappresentazioni cartografiche dei risultati

5.3 Confronto con le indagini precedenti

5.4 Lista floristica

91

6. Conclusioni

93

Bibliografia

95

Allegato 1

96

Allegato 2

97

Allegato 3

101

Allegato 4

102

Allegato 5

Presentazione

Il presente studio rappresenta uno dei primi elementi concreti che potrà consentire alla Regione Lombardia di perseguire la finalità che si è prefissa già con l'approvazione del Piano d'Area territoriale Malpensa, un nuovo strumento con caratteristiche programmatiche che si pone quale atto di coordinamento a governo dei fenomeni ambientali e socio economici legati all'infrastruttura aeroportuale di Malpensa.

Un'indagine la cui attendibilità scientifica è assicurata dal soggetto che più di altri è garante del mantenimento dell'equilibrio ecologico, il Parco della Valle del Ticino.

Sono perciò felice di presentare il seguente documento scientifico, alla pubblicazione del quale la Regione Lombardia, e in particolare la Direzione Generale Territorio ed Urbanistica, ha contribuito, sia perché si è riusciti a concretizzare una prima fase d'indagine prodromica alla effettiva comparazione ed evidenziazione degli effetti dell'attività aeroportuale sull'eventuale peggioramento della qualità dell'aria, sia perché il metodo utilizzato, attraverso le tecniche del biomonitoraggio mediante licheni, non si limita ad evidenziare il livello di salubrità dell'aria in relazione alla salute umana, ma sottolinea la qualità dell'ambiente ed il relativo equilibrio ecologico.

Con il presente contributo scientifico si rinnova perciò l'attenzione che la Regione Lombardia intende perseguire attraverso lo sviluppo dell'aeroporto di Malpensa, nel rispetto di un ambito territoriale particolarmente interessante sotto il profilo della qualità ambientale il cui mantenimento diviene condizione essenziale per un effettiva valorizzazione socio-economica che ponga il livello qualitativo della vita quale priorità irrinunciabile.

Alessandro Moneta
Assessore Territorio e Urbanistica
Regione Lombardia

Presentazione

Questo lavoro rappresenta la realizzazione del primo dei sette progetti, proposti dal Parco del Ticino e finanziati dalla Regione Lombardia, concernenti il monitoraggio delle componenti ambientali del territorio di Malpensa.

C'è però una novità. Per rafforzare il concetto che l'ambiente non conosce confini geografici la ricerca è stata estesa a tutta la bioregione del Ticino sublacuale.

Non è stato un vezzo, una opportunità o un eccesso di zelo da parte dei ricercatori, bensì una scelta motivata scientificamente almeno per due motivi:

- Prima di tutto occorre rendersi conto che il territorio interessato dall'effetto Malpensa è molto più vasto rispetto a quello a cui si è soliti riferirsi. Specie in fase di atterraggio gli aerei sorvolano longitudinalmente gran parte del Parco anche in provincia di Pavia, con le conseguenze che verranno opportunamente studiate.
- In secondo luogo deve essere chiaro che l'impatto di Malpensa rappresenta solo una delle componenti delle perturbazioni ambientali esistenti nel Parco. Esso si va ad aggiungere agli effetti nocivi dovuti alla Centrale Termoelettrica di Turbigo, all'Impianto di raffinamento di idrocarburi di Trecate, al traffico veicolare dell'area nord-est del Parco oltre che alle emissioni gassose delle zone a più elevata densità produttiva.

In questi casi non c'è più ragione di prendere in considerazione i confini comunali, provinciali o regionali. L'analisi va fatta ad ampio raggio, con una visione complessiva della problematica.

Il lavoro che il Parco presenta è il frutto della collaborazione scientifica di due Agenzie Regionali Per l'Ambiente (ARPA), riguardanti le province di Milano, Pavia, Varese e Novara ed è quindi caratterizzato dalla dignità istituzionale massima possibile. La funzione di coordinamento interregionale ed interprovinciale del Parco, tra i vari soggetti operanti sul territorio in campo ambientale, costituisce un fatto ormai consolidato e produce risultati unici nella loro valenza. È chiaro infatti che, lavorando singolarmente le varie Agenzie Regionali non potrebbero raggiungere risultati di così elevato livello.

Lo studio tratta la qualità dell'aria attraverso il biomonitoraggio dei licheni che rappresentano però uno degli elementi da prendere in considerazione per il settore aria. Una visione completa si potrà avere quando verrà completato il controllo chimico puntuale attraverso campionatori passivi che è tuttora in corso.

Solo la valutazione dei due risultati tra loro integrati consentirà di dare giudizi e scale di valori corretti.

Come indicato nella relazione ai progetti sottoposti alla Regione il lavoro ha una sua valenza oggettiva. Con esso non si vuole a tutti i costi dimostrare tesi precostituite, bensì fornire dati ambientali finalmente non di parte con i quali ci si dovrebbe rapportare nei momenti delle decisioni politiche. Si tratta, insomma, di un servizio prodotto dal Parco, che presenta le caratteristiche della rigorosità e della ufficialità che hanno contraddistinto altri nostri impegni.

Ringrazio i tecnici che in breve tempo hanno concluso l'opera e mi complimento per il contributo che stanno dando alla causa della tutela ambientale che il Parco persegue da anni al servizio di tutti i cittadini.

Luciano Saino
Presidente Parco Ticino

Peugeot scende in campo a favore dell'ambiente

Peugeot, il marchio automobilistico più antico del mondo (è nato nel 1892), è partner tecnico del Consorzio Parco Lombardo della Valle del Ticino.

Ha infatti messo a sua disposizione due Peugeot 106 Electric, che consentono al personale di potersi spostare comodamente all'interno dell'area protetta a bordo di un veicolo silenzioso e "pulito", che non emette, cioè, gas inquinanti dal tubo di scarico.

L'impegno a favore dell'ambiente e, in particolare, della qualità dell'aria del nostro pianeta è uno degli obiettivi primari della strategia Peugeot. Lo dimostra lo sforzo già compiuto sulle sue vetture per ridurre le emissioni inquinanti con l'impiego di motori elettrici (come la 106 Electric, appunto), con l'adozione di fonti di energia alternativa (come il Gpl e l'olio di colza), con la commercializzazione dei nuovi diesel Hdi a iniezione diretta common rail, e con l'introduzione del Fap (Filtro attivo antiparticolato) che "cattura" le particelle inquinanti dei propulsori a gasolio.

Lo dimostra anche l'impegno extra-automobilistico.

Accogliendo lo spirito delle indicazioni emerse dalle varie conferenze mondiali dedicate ai mutamenti climatici (nel corso delle quali le nazioni più industrializzate si sono impegnate a ridurre entro il 2002 le emissioni di gas serra, soprattutto anidride carbonica e metano, del 5% rispetto ai livelli che erano stati registrati nel 1990), Peugeot sta, infatti, costruendo un "pozzo" di CO₂ (detto anche "pozzo di carbonio") a Jurbena, nel Mato Grosso, nel cuore della foresta tropicale brasiliana. Si tratta del primo programma di rimboschimento su vasta scala, destinato a contrastare l'effetto serra, mai realizzato al mondo: verranno piantati ben 10 milioni di alberi, con un investimento di quasi 20 miliardi di lire.

Il CO₂ (biossido di carbonio o anidride carbonica) è un gas prodotto dalla combustione e la sua presenza nell'atmosfera è aumentata gradatamente nel corso dell'era industriale. Data la capacità del CO₂ di trattenere il calore emesso dalla superficie terrestre, l'aumento della sua concentrazione atmosferica è ritenuto il principale responsabile del rafforzarsi dell'effetto serra, fenomeno che sta determinando il progressivo riscaldamento del globo. Ciò potrebbe causare, nel corso dei prossimi decenni, la desertificazione di vaste zone oggi coltivabili e il graduale scioglimento delle calotte polari, con conseguente sommersione di molte città costiere. Le piante, attraverso il processo di fotosintesi, "fissano" il biossido di carbonio (lo utilizzano, cioè, per la formazione di composti organici) e liberano ossigeno. Ecco, dunque, l'idea che sta alla base del progetto Peugeot: creare vasti "polmoni verdi" (detti "pozzi di carbonio") che eliminano il CO₂ in eccesso presente nell'atmosfera.

Il pozzo di Jurbena si estenderà su dodicimila ettari e potrà fissare cinquantamila tonnellate di carbonio all'anno, per una eliminazione di centottantemila tonnellate di CO₂ atmosferico: sarà costituito da cinquemila ettari di zone agricole da rimboscare completamente e da settemila ettari di foresta naturale e secondaria e zone di agroforestazione. Particolare attenzione verrà rivolta all'integrazione socioeconomica del progetto, fattore indispensabile al suo successo.

Per attuare il grande progetto ambientale, Peugeot ha coinvolto due fornitori di servizi: l'Ufficio Nazionale delle Foreste, uno dei più importanti enti di gestione delle foreste pubbliche, e Pro-Natura International, organizzazione non governativa franco-brasiliana esperta nella tutela delle foreste tropicali e nella promozione di sistemi agroforestali in oltre venticinque Paesi. Un organismo indipendente verificherà periodicamente la validità del progetto.



PEUGEOT

Premessa

Le tecniche di biomonitoraggio mediante licheni epifiti risultano, ad oggi, le meglio definite e consolidate nel panorama sempre più ampio dell'utilizzo di organismi viventi quali bioindicatori della qualità dell'aria, di cui fanno parte anche muschi, piante vascolari ed aeroplancton.

Il workshop organizzato dall'Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (ANPA), tenutosi a Roma il 26-27 novembre 1998 e dedicato al biomonitoraggio della qualità dell'aria sul territorio nazionale, ha delineato lo stato dell'arte del metodo, prima fase dell'avvio di un processo per stabilire le regole operative da adottare in indagini su scala diversa e con diverse finalità.

Scopo dell'iniziativa dell'ANPA è quello di affiancare a pieno titolo l'analisi biologica, sugli organismi viventi, alle analisi chimico-fisiche, ottemperando così pienamente alla normativa nazionale di riferimento per l'inquinamento atmosferico.

Infatti il D.P.R. 203/1988 assume, quale sua finalità generale, la tutela della qualità dell'aria, con l'obiettivo della protezione della salute umana e dell'ambiente: nella definizione legislativa di inquinamento atmosferico viene introdotto per la prima volta il criterio discriminante della "alterazione delle risorse biologiche e degli ecosistemi", in aggiunta alla modifica delle "normali condizioni ambientali e di salubrità dell'aria" tali da costituire un pericolo per la salute dell'uomo.

Si è così passati da una disciplina orientata in modo pressoché esclusivo alla salute umana ad un intervento che prende in considerazione anche le risorse naturali e l'equilibrio ecologico.

Le tecniche di biomonitoraggio mediante licheni ottemperano alla richiesta della legge, in quanto stimano l'alterazione, rispetto alla norma, di componenti degli ecosistemi reattivi all'inquinamento e presentano il vantaggio di superare la limitazione spaziale, dovuta a ragioni economiche, delle misure effettuate con centraline, le quali non riescono peraltro a fornire una stima degli effetti sinergici degli inquinanti nelle aree considerate. La complementarità dei risultati può invece dimostrarsi validamente predittiva dei rischi per la salute umana e per l'ambiente.

Dalla fine degli anni '70 ad oggi, in Italia sono stati effettuati numerosi studi, utilizzando i licheni quali bioindicatori, sia in aree naturali che antropizzate, con indagini su ampia scala e su sorgenti inquinanti puntiformi.

Il lavoro che segue consiste, in via principale, in una dettagliata analisi della qualità dell'aria mediante valutazione della biodiversità lichenica, effettuata su un territorio vasto circa 120.000 ettari (comprendente tutti i 46 comuni del Parco Lombardo più gli 11 Comuni del Parco Piemontese, nonché il comune di Marcallo con Casone in provincia di Milano), eseguita mediante un lavoro di campagna durato da febbraio a luglio 1999.

Tale campagna di monitoraggio è consistita nell'effettuazione di 2.353 rilievi di cui 1.612 su querce e 741 su tigli. Il territorio è stato analizzato dividendolo in quadranti di 1,5 km di lato per un totale di 627 stazioni, ciascuna costituita da 3 a 5 alberi. Data la notevole quantità di dati ottenuti, per la rappresentazione cartografica si è resa necessaria una semplificazione, che potesse fornire una migliore visione d'insieme e che non facesse risaltare eccessivamente gli impatti locali dovuti a situazioni puntiformi. Tale semplificazione è stata ottenuta utilizzando i valori maggiormente significativi rilevati in quadranti di 3 km di lato e calcolati pertanto su un totale di 182 stazioni.

Occorre anche ricordare che nel 1994 era stato eseguito un primo biomonitoraggio degli effetti dell'inquinamento atmosferico mediante l'uso di licheni epifiti nel Parco Lombardo della Valle del Ticino e nel 1997 il medesimo studio era stato effettuato nel Parco Piemontese.

Le ricerche allora condotte hanno consentito di eseguire, con una metodologia oggi finalmente standardizzata che definisce in modo unitario scale e valori da applicare, anche una prima valutazione comparativa dell'andamento complessivo della qualità dell'aria nella Valle del Ticino.

I risultati riportati al termine del seguente studio consentono inoltre di valutare, oltre allo stato generale della qualità dell'aria, anche i principali fattori che hanno portato ad una maggiore o minore alterazione della biodiversità lichenica.

1.1 I licheni

I licheni rappresentano un caso di simbiosi tra un fungo ed un'alga o un cianobatterio. L'associazione dei due organismi porta alla formazione di una struttura completamente nuova, con un elevato grado di organizzazione e con caratteri morfologici e fisiologici peculiari, che non sono riscontrabili nei due partner considerati separatamente. Grazie all'unione stabile tra organismi diversi, i licheni sono in grado di colonizzare i più svariati ambienti ad ogni latitudine ed altitudine della superficie terrestre, anche quelli caratterizzati da condizioni di vita estreme dove da soli, fungo ed alga, non potrebbero sopravvivere. La simbiosi consente ai licheni di rendersi praticamente indipendenti dal substrato, di sopravvivere a temperature molto basse o molto alte, di resistere per lunghi periodi allo stato secco. Essi sono in grado di colonizzare praticamente ogni materiale, anche sintetico, purché con superficie stabile e permanente: non solo rocce, alberi, legno, suolo, ma anche ogni genere di artefatto come carta, cuoio, tessuto, marmo, ferro e vetro. Un'intera categoria di licheni, gli endolitici, sono specializzati a vivere nelle pietre e all'interno dei monumenti; addirittura alcuni licheni possono colonizzare parti persistenti di certi animali longevi, come l'esoscheletro di un coleottero, il curtilione, ed il carapace di tartarughe terrestri. Per il suo sviluppo il lichene ha essenzialmente bisogno di aria e dell'acqua presente nell'atmosfera sotto forma di vapore acqueo. Per questo motivo l'affermazione "i licheni si nutrono di aria" è assurda a fondamento del biomonitoraggio dell'inquinamento atmosferico in quanto, quando il lichene "si ammala", esso segnala innanzitutto una cattiva condizione dell'aria, sua principale fonte di nutrimento (Gasparo, 1998).

Le principali caratteristiche che fanno dei licheni degli ottimi strumenti per la stima dell'inquinamento atmosferico sono riassumibili in cinque punti (Nimis, 1994).

1) Elevata capacità di assorbimento e di accumulo di sostanze prelevate dall'atmosfera. Mancando di aperture stomatiche ed essendo sprovvisti di cuticola, i licheni attuano gli scambi gassosi attraverso tutta la loro superficie e tale assorbimento si protrae notte e giorno per molti anni. Il metabolismo di questi organismi dipende esclusivamente dalle deposizioni secche ed umide dall'atmosfera. È facile quindi comprendere perché i licheni riescano ad accumulare, a livelli facilmente apprezzabili, quei contaminanti atmosferici (metalli, radionuclidi, idrocarburi clorurati, fluoruri, etc.) difficilmente misurabili in campioni di aria. Elementi nutritivi e contaminanti vengono assunti sotto forma gassosa, in soluzione o associati al particolato.

2) Resistenza agli stress ambientali (idrico e termico). In condizioni di stress idrico i licheni rallentano le proprie attività metaboliche, per cui aumenta la loro resistenza ai contaminanti atmosferici; tuttavia l'aridità protratta nel tempo provoca il loro deterioramento.

La resistenza alle basse temperature permette un'attività continua, anche nel periodo invernale, quando i livelli di inquinamento atmosferico sono generalmente più elevati.

3) Impossibilità di liberarsi periodicamente delle parti vecchie o intossicate. I licheni non hanno la possibilità di liberarsi delle sostanze contaminanti accumulate nel tallo tramite meccanismi di escrezione attiva, come avviene invece nel caso delle piante superiori.

4) Lento accrescimento e grande longevità. La lentezza del metabolismo sembra la causa della maggior resistenza dei licheni crostosi rispetto a quelli foliosi e fruticosi, mentre la notevole longevità permette di ottenere dai licheni una stima dell'inquinamento su tempi lunghi.

5) Sensibilità agli agenti inquinanti. Numerosi studi hanno permesso di identificare i più evidenti tipi di risposta a situazioni di inquinamento:

- a) riduzione della fotosintesi per danneggiamento della clorofilla;
- b) riduzione della vitalità ed alterazione della forma e del colore del tallo;
- c) riduzione della fertilità;
- d) diminuzione della copertura delle specie ed alterazione della comunità lichenica;
- e) riduzione del numero totale di specie nel tempo e nello spazio.

I licheni possono essere utilizzati sia come bioindicatori nella formulazione di Indici di Biodiversità sia come bioaccumulatori: in questo caso si sfrutta la loro capacità di assorbire e trattene-



Comunità licheniche su tiglio.



re sostanze dall'atmosfera. Si tratta di un approccio diretto, basato sull'analisi delle concentrazioni di tali sostanze nei talli lichenici.

Le tecniche di biomonitoraggio misurano deviazioni da condizioni *normali* di componenti degli ecosistemi reattivi all'inquinamento, utili per stimare gli effetti combinati di più inquinanti sulla componente biotica (Nimis, 1999a). Questi metodi producono dati biologici: misure di biodiversità, di variazioni nell'assetto morfologico, fisiologico o genetico degli organismi. Essi hanno un interesse intrinseco, anche indipendentemente dall'eventuale correlazione con dati strumentali di inquinamento.

Il biomonitoraggio non è alternativo rispetto alle misure strumentali, ma è un campo di ricerca autonomo nell'ambito della biologia, che può fornire informazioni importanti per il monitoraggio dell'inquinamento, individuando possibili zone a rischio ed ottimizzando la localizzazione degli strumenti di misura (Nimis 1999a).

1.2 Licheni e inquinamento atmosferico

La crescita e la distribuzione dei licheni sono influenzate da una varietà di elementi e composti chimici che si trovano nell'atmosfera.

Tra questi vi sono soprattutto gli inquinanti primari, come il biossido di zolfo (SO_2), il biossido d'azoto (NO_2) ed i fluoruri, che restano nella medesima forma chimica dopo essere stati emessi nell'atmosfera.

È stato osservato che i pattern geografici della biodiversità lichenica corrispondono spesso a pattern di trasporto e deposizione atmosferica di SO_2 e NO_x , analoghi a quelli di altre sostanze gassose emesse dalle stesse fonti, e potenzialmente dannose alla salute umana, anche se non necessariamente ai licheni (Nimis, 1999a). Ad esempio, in regione Veneto, la biodiversità lichenica è risultata inversamente correlata all'incidenza del carcinoma polmonare nei maschi giovani nativi (Cislaghi *et al.*, 1996; Cislaghi e Nimis, 1997): licheni e uomo probabilmente reagiscono ad inquinanti diversi, ma con gli stessi pattern di trasporto e deposizione sul territorio.

I licheni sono sensibili anche agli effetti degli inquinanti secondari, i quali derivano da reazioni chimiche che coinvolgono gli inquinanti primari e comprendono l'ozono (O_3), i perossiacetilnitrati (PAN) ed i componenti delle piogge acide, quali l'acido solforico (H_2SO_4) e l'acido nitrico (HNO_3).

Infine, una terza categoria di sostanze tossiche è rappresentata dai composti organici volatili, dai pesticidi e dagli elementi in traccia. Per quanto riguarda gli effetti di questi ultimi inquinanti sui licheni, le conoscenze sono lacunose.

1.2.1 Biossido di zolfo

Il biossido di zolfo (SO_2) si crea nella produzione di energia termica, a seguito dell'utilizzo di combustibili contenenti lo zolfo come impurità.

L' SO_2 è considerato il principale fattore che determina la scomparsa dei licheni nella maggior parte delle aree urbane ed industriali, a partire dalle specie fruticose, a quelle foliose e quindi alle crostose (Seaward, 1987). Gli effetti osservati comprendono decrementi dell'attività respiratoria e fotosintetica, incremento della permeabilità di membrana, perdita di ioni, modificazioni ultrastrutturali. Il danno alla componente algale è evidenziato dalla decolorazione del tallo e l'intero tallo muore rapidamente a seguito del danneggiamento delle cellule algali. Bassi valori di pH aumentano l'azione tossica dell' SO_2 .

1.2.2 Ossidi di azoto

Le principali fonti antropiche di NO_x sono rappresentate dalle emissioni degli autoveicoli; un notevole contributo alle emissioni è inoltre fornito dall'industria e, in misura minore, dagli impianti di riscaldamento. La formazione di NO_x è legata all'ossidazione dell'azoto presente in atmosfera in condizioni di non completa combustione nei motori degli autoveicoli.

Sebbene i valori soglia di NO_x per i licheni non siano stati precisati, gli ossidi ed altri composti dell'azoto sono coinvolti nella formazione di piogge acide e di composti fotossidanti, come descritto più avanti.

1.2.3 Deposizioni acide

Le deposizioni acide sono dovute a tre principali inquinanti: SO_2 , NO_x ed ammoniaca (NH_3). Le emissioni di quest'ultima provengono soprattutto dalla produzione e dallo spargimento di concimi animali e di fertilizzanti azotati. Il trasferimento degli inquinanti dall'atmosfera alla superficie avviene attraverso tre meccanismi principali di deposizione: umida, secca ed occulta.

Le deposizioni umide sono costituite da pioggia o neve che presentano un valore di pH inferiore a 5,6, pari al pH dell'acqua pura in equilibrio con la concentrazione atmosferica di CO_2 . Le piogge acide sono prodotte dall'arricchimento dell'aria in SO_2 ed NO_2 , i quali successivamente si ossidano e formano l'acido solforico (H_2SO_4) e l'acido nitrico (HNO_3). La quota relativa di deposizione umida decresce stagionalmente e geograficamente in relazione alla diminuzione delle precipitazioni.

La deposizione secca è rappresentata dalla ricaduta al suolo di gas, particelle fini e grossolane ed è particolarmente rilevante in prossimità delle sorgenti di emissione. I composti acidificanti presenti di solito nelle deposizioni secche sono SO_2 , H_2SO_4 , NO_2 e HNO_3 .

Le deposizioni occulte si realizzano attraverso la rimozione di inquinanti tramite forme di precipitazione particolari, quali le goccioline di nebbia che, avendo dimensioni molto più piccole rispetto alle gocce di pioggia, raggiungono le superfici attraverso processi di deposizione simili a quelli della deposizione secca. La nebbia e la brina rappresentano due importanti modalità di deposizione, poiché la concentrazione di ioni è di molte volte superiore rispetto alla pioggia o alla neve.

Le variazioni naturali e antropiche di acidità del substrato e dell'acqua rappresentano i fattori principali che determinano la composizione e lo stato di salute delle comunità di licheni (Farmer *et al.*, 1991). A livello del singolo tallo, l'acidità influenza la fissazione dell'azoto, la fotosintesi, la crescita e l'ultrastruttura cellulare. Oltre a questi effetti diretti sui processi fisiologici, l'acidità può influenzare le comunità in maniera indiretta, alterando la chimica del substrato e di conseguenza la diversità specifica e la composizione a livello di popolamento.

1.2.4 Gli inquinanti fotochimici

Gli inquinanti fotochimici sono generalmente associati agli scarichi delle autovetture nei centri urbani. Questo gruppo comprende l'ozono ed i perossiacetilnitrati (PAN). L'ozono si forma a seguito della rottura dell' NO_2 in ossido nitrico (NO) e nel radicale libero dell'ossigeno (O). Questa rottura è catalizzata dagli idrocarburi (naturali e antropogenici) in condizioni di elevata radiazione solare e di alte temperature. Il radicale libero dell'ossigeno si combina con l'ossigeno molecolare (O_2) per formare l'ozono (O_3), che è una molecola altamente reattiva. I PAN si formano a seguito di un'ulteriore reazione dell'ozono con i prodotti della rottura dell' NO_2 .

L'ozono, i PAN e gli ossidi di azoto sono tossici per i licheni. Gli effetti osservati relativamente all'ozono includono la diminuzione della fotosintesi, la riduzione dell'areale di distribuzione delle specie e i cambiamenti morfologici ed ultrastrutturali. Anche i PAN possono influenzare la fotosintesi e causare cambiamenti ultrastrutturali, mentre gli effetti dovuti agli NO_x consistono nella perdita di clorofilla.

Mentre nelle piante superiori i composti ossidanti interferiscono con il normale trasferimento di energia, alterando le membrane cellulari, nei licheni non vi sono evidenze di questo genere e le sperimentazioni volte a definire gli effetti dell'ozono su questi organismi hanno portato a risultati contraddittori.

Alcuni studi dimostrano l'esistenza di una relazione tra la scomparsa di licheni e l'aumento delle fototossine (Sigal e Taylor, 1979; Sigal e Nash, 1983); tuttavia le fototossine sono difficili da determinare, essendo presenti in ampi areali, a basse concentrazioni ed avendo per lo più effetti a lungo termine sui licheni.

I valori limite di tossicità di questi inquinanti per i licheni rappresentano tuttora un aspetto controverso. Ad esempio, rispetto all'ozono, la difficoltà nello stabilire la sensibilità dei licheni è dovuta in parte alla difficoltà di trovare aree di studio in cui le concentrazioni di ozono siano elevate durante il periodo della giornata in cui i licheni sono metabolicamente meno attivi.

Gli inquinanti fotochimici possono avere effetti sinergici in combinazione con gli altri inquinanti atmosferici, specialmente in condizioni di basso pH, ma questa sinergia non è stata documentata in maniera definitiva.

1.2.5 Fluoruri

I fluoruri sono rilasciati in atmosfera a seguito delle attività di lavorazione dell'alluminio, dello zinco e dei fosfati, ma possono essere presenti anche nelle polveri emesse da impianti che bruciano carbone. I fluoruri sono importanti su scala locale, soprattutto attorno alle fonderie, alle industrie del vetro, alle industrie che producono fertilizzanti; inoltre sono rilasciati in gran quantità a seguito delle eruzioni vulcaniche. Numerosi licheni sono sensibili a questi inquinanti poiché, nel tallo idratato, si possono concentrare fino a duecento volte rispetto ai livelli ambientali.

In generale, i danni sui licheni sono evidenti ai livelli di 50-70 ppm (Gilbert, 1971). Gli effetti comprendono la diminuzione dei processi respiratori e fotosintetici, un incremento della permeabilità della membrana cellulare e del tallo, con una concomitante perdita di ioni, e modificazioni delle cellule a livello ultrastrutturale.

1.2.6 Elementi in tracce

I nutrienti minerali ed i metalli pesanti giungono ai licheni attraverso le precipitazioni, il dilavamento, la polvere ed il substrato sottostante, sia da fonti naturali che antropiche. I licheni mostrano differenti sensibilità nei confronti dei metalli, sono buoni bioaccumulatori e sono utilizzati per misurare i livelli di deposizione di questi elementi.

La tossicità degli ioni metallici è il risultato di tre principali meccanismi: il blocco di gruppi funzionali biologici essenziali, la sostituzione di ioni metallici e la modificazione della conformazione attiva delle biomolecole. Alcuni metalli, come il piombo, possono alterare la permeabilità della membrana cellulare.

La centrale termoelettrica di Turbigo.



Per quanto riguarda le concentrazioni soglia di tossicità dei metalli per i licheni, i dati di campo disponibili sono limitati. I licheni possiedono alcuni meccanismi di tolleranza che consistono principalmente nell'immobilizzazione degli ioni metallici tossici in forme biologicamente inattive. La tolleranza nei confronti dei metalli può essere acquisita fenotipicamente, ma la sensibilità dei licheni ad elevate concentrazioni di metalli varia enormemente tra le diverse specie e popolazioni ed in funzione dei diversi elementi (Tyler, 1989).

1.2.7 Gli studi di fumigazione

Gli studi di fumigazione consistono nell'esposizione di licheni agli inquinanti in condizioni controllate, sia in una camera chiusa dove può avvenire la circolazione di aria, sia in ambiente aperto. Lo scopo di questo tipo di indagini è quello di trovare delle relazioni quantitative tra la concentrazione degli inquinanti atmosferici e le diverse risposte anatomiche e fisiologiche dei licheni. Di solito le risposte registrate sono fisiologiche, come la fotosintesi, la respirazione, l'attività della nitrogenasi nei cianobatteri simbiotici, la perdita di potassio e/o degli elettroliti dal tallo, lo stato dei pigmenti.

Il limite degli studi di fumigazione è rappresentato dalla tendenza dei ricercatori ad esporre il materiale sperimentale ad un solo inquinante, in un ambito di condizioni definite. L'inquinamento atmosferico coinvolge più contaminanti ed è importante sviluppare metodi per verificare gli effetti sinergici degli inquinanti misurati in campo. Alcuni autori sostengono la necessità di condurre studi di fumigazione a lungo termine usando concentrazioni di inquinanti realistiche, in modo da verificare se i livelli degli inquinanti misurati in campo siano in grado di danneggiare la flora lichenica.

Inoltre, i ricercatori che conducono esperimenti di fumigazione devono tenere in considerazione le condizioni ecologiche in cui gli studi sono svolti. Per esempio, lo stato di idratazione del tallo gioca un ruolo significativo nell'assorbimento di SO_2 da parte dei licheni (Grace *et al.*, 1985). I licheni secchi assorbono molta meno SO_2 rispetto a quelli umidi e sono resistenti alla fumigazione con questo gas (Coxson, 1988).

Le relazioni tra le condizioni ambientali stagionali e l'inquinamento atmosferico sono un altro aspetto importante di cui tenere conto. Per esempio, l' NO_2 raggiunge elevate concentrazioni in inverno, quando i licheni hanno maggiori probabilità di essere idratati e fisiologicamente attivi, mentre i picchi di ozono sono registrati in estate. D'altra parte l'ozono, a differenza dell' SO_2 e dell' NO_2 , non è immediatamente solubile nell'acqua e può danneggiare le membrane cellulari anche in condizioni di disidratazione.

Occorre infine sottolineare che differenti inquinanti gassosi possono determinare i medesimi effetti sui sistemi fisiologici dei licheni, come mostrato in tabella 1.2.7.

Tabella 1.2.7 - Risposte fisiologiche di licheni esposti ad inquinanti in studi di fumigazione

Risposta	Inquinante
Riduzione della fotosintesi	SO_2 , NaHSO_3 , $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$, O_3 , PAN
Riduzione della respirazione	SO_2
Decremento del contenuto di clorofilla	SO_2 , NO_2 , HF
Perdita di elettroliti, perdita di potassio	SO_2 , HF?
Riduzione della fissazione dell'azoto	SO_2 , NaHSO_3 , NaF

Finalità dell'indagine

L'obiettivo della presente indagine è stato quello di valutare gli effetti dell'inquinamento atmosferico nel territorio della Valle del Ticino tramite la rilevazione della biodiversità lichenica.

Pur trattandosi di un'area territoriale ampia, in cui era possibile ottenere una mappa indicativa mediante rilevamenti in unità territoriali di maggior superficie (Nimis, 1999a), si è ritenuto utile effettuare un monitoraggio di dettaglio, dal momento che l'area dei Parchi del Ticino si presenta complessa dal punto di vista della morfologia, dell'utilizzo del suolo, dell'urbanizzazione e dei poli produttivi in essa presenti (capitolo 3) e risulta quindi indispensabile, in molti casi (come, ad esempio, nel passaggio da un ambiente completamente naturale ad uno densamente popolato), una valutazione puntiforme.

Inoltre, l'ampliamento dell'Aerostazione di Malpensa ha creato nuove problematiche anche nel territorio ad essa circostante; è quindi importante valutare l'evolversi della situazione ambientale nel tempo, con la raccolta sistematica di dati a partire dalla fase iniziale di messa in funzione del nuovo aeroporto (ottobre 1998).

Infine, poiché erano già state effettuate campagne di monitoraggio in un minor numero di punti, nel 1994 nel Parco Lombardo e nel 1997 nel Parco Piemontese, sono stati ripetuti i rilievi nelle medesime stazioni per evidenziare eventuali cambiamenti; è quindi possibile avere a disposizione sia una carta di qualità dell'aria di confronto con quelle precedenti che una rappresentazione di maggior dettaglio.

L'elaborazione cartografica dei dati rilevati permette di evidenziare le zone a diverso grado di deviazione da condizioni naturali, stimando gli effetti biologici degli inquinanti sulla comunità lichenica epifita. Con questo strumento è possibile individuare le aree a rischio che necessitano interventi di risanamento e nelle quali può essere utile collocare le postazioni fisse per la misura degli inquinanti atmosferici, essendovi in tali aree una più alta probabilità di raggiungimento dei loro limiti-soglia.

I dati raccolti rappresentano la base su cui si potrà, in futuro, evidenziare l'efficacia delle misure messe in atto per la riduzione delle emissioni ovvero il peggioramento arrecato alla qualità dell'aria da nuove sorgenti inquinanti quali l'aeroporto di Malpensa.

Area di studio

La Valle del Ticino è la più importante ed estesa fra le aree naturali residue dell'intera Pianura Padana, territorio di antropizzazione antica e, in tempi più recenti, oggetto di grande sviluppo urbano e industriale.

La Valle del Ticino è tutelata da due Parchi Regionali (lombardo e piemontese) che complessivamente costituiscono uno degli ambiti fluviali protetti più importanti in Europa.

Essa racchiude un mosaico di ecosistemi naturali tipici dei grandi corsi d'acqua, conserva cospicui resti della foresta planiziaria primaria (che ricopriva l'intera Pianura Padana ai tempi della colonizzazione romana), ambienti ripariali tipici, zone umide, brughiere aride e pinete, con un corredo di alta diversità di specie, di comunità biotiche e di habitat. L'area è inoltre caratterizzata da paesaggi agrari che rappresentano ecosistemi seminaturali ed è disseminata di testimonianze culturali di grande valore storico per l'Italia e per l'Europa.

Dal punto di vista ecologico e biogeografico, la valle fluviale del Ticino costituisce uno straordinario corridoio ecologico di collegamento tra la pianura urbanizzata ed i due sistemi montuosi delle Alpi e degli Appennini. La tutela di quest'area, effettuata attraverso i Parchi, dà un notevole contributo alla conservazione attiva degli ambienti naturali residui delle pianure in Italia ed in Europa ed alla tutela dei complessi e minacciati ecosistemi dei fiumi, preziosi ed insostituibili corridoi ecologici, la cui protezione risulta essenziale alla sopravvivenza di habitat e di specie di interi continenti.

3.1 Descrizione del territorio: i due Parchi Regionali

Il Parco Regionale Lombardo della Valle del Ticino fu istituito dalla regione Lombardia, con L.R. n. 2, nel gennaio del 1974: era il primo parco regionale a nascere in Italia.

A differenza di altre esperienze già in corso nel nostro Paese (oltre a cinque Parchi Nazionali erano state istituite varie Riserve Naturali, in genere gestite dal Corpo Forestale dello Stato) la novità che contraddistinse il nuovo Parco fu che, accanto alle norme vincolistiche, venne previsto uno strumento di programmazione, controllo e gestione del territorio e delle risorse naturali in esso contenute, denominato Piano Territoriale di Coordinamento (in sigla P.T.C.).

Il Piano Territoriale di Coordinamento del Parco del Ticino Lombardo fu approvato dalla Regione Lombardia, con Legge Regionale n. 33, in data 22 marzo 1980; era il primo strumento di pianificazione e gestione del territorio di tal genere adottato nel nostro Paese. Con questo strumento il Parco assunse finalmente il suo pieno potere operativo sul territorio di competenza.

Sull'esempio lombardo la Regione Piemonte istituì con L.R. n. 53, nel 1978, il contermine "Parco Naturale della Valle del Ticino" su parte del territorio di 11 Comuni posti in provincia di Novara; il "Piano d'area" (analogo al P.T.C. del Parco Lombardo) fu approvato dalla Regione Piemonte nel febbraio 1985 con delibera di Consiglio Regionale n. 839/2194.

Il Parco del Ticino Lombardo è ampio 92.827 ettari ed è classificato secondo la nuova Legge Regionale 32/96 come Parco Fluviale, Forestale, Agricolo e di Cintura Metropolitana.

Il Parco comprende l'intero territorio amministrativo dei 46 comuni lombardi che lo compongono e abbraccia tre province: Milano, Varese e Pavia.

A seguito della sottoscrizione di una convenzione tra Regione Lombardia e Regione Piemonte, il Parco del Ticino Lombardo è formalmente unito in un unico Parco Interregionale al Parco Piemontese; quest'ultimo si estende su 5.686 ettari e costituisce, unitamente alle aree di interesse naturalistico lombarde, il cosiddetto Parco Naturale, che in Regione Lombardia è situato per legge all'interno del più vasto Parco Regionale.

In totale dunque il Parco Naturale Interregionale del Ticino è costituito da un comprensorio di quasi 30.000 ettari di elevato valore naturalistico distribuiti prioritariamente lungo la valle fluviale, dall'incile del Lago Maggiore, presso Sesto Calende, sino al Po (allegati 1 e 2).



Ricostituzione di aree forestali nel Parco del Ticino.

Il Ticino a Tornavento.



Nell'area esterna ai Parchi Naturali, ampia circa 120.000 ettari e oggetto del presente studio, e comunque sottoposta, nel territorio lombardo, a regime di tutela e salvaguardia generale, vivono e producono circa 450.000 abitanti.

La posizione geografica delle aree sottoposte a regime di Parco, la loro posizione strategica nel contesto geoeconomico dell'alta Pianura Padana, la conseguente presenza di grandi, medie e piccole infrastrutture, reti e corridoi tecnologici, paesi e città, anche di grandi dimensioni, di opere di rilevante impatto ambientale, quali l'aeroporto di Malpensa, fanno dei Parchi del Ticino un laboratorio unico, per complessità e difficoltà di intervento, per sperimentare modelli di gestione ecosostenibili del territorio e delle risorse ambientali.

Per i due Parchi proteggere la Valle del Ticino significa spesso scontrarsi con notevoli interessi economici; questo implica la necessità di sostenere un'audace sfida culturale: la capacità di trovare il modo di contenere e indirizzare l'economia locale senza mortificarla e facendo in modo di rendere compatibili le esigenze di sviluppo economico e sociale delle popolazioni residenti con quelle di tutela del delicato e unico ecosistema fluviale.

Pertanto, oltre alla primaria esigenza di tutela del territorio, del paesaggio e dei valori naturalistici e biogenetici in esso contenuti, i Parchi del Ticino sviluppano progetti di riutilizzo, recupero e valorizzazione dell'ambiente nonché ricerche e studi volti a programmare, gestire e monitorare le risorse ambientali della valle fluviale, a beneficio delle presenti e future generazioni.

3.1.1 Ambiente fisico

La configurazione territoriale della Valle del Ticino deriva dall'azione combinata del ghiacciaio Verbano e del corso d'acqua, che costituisce un unico grande apparato fluvioglaciale. Il sistema glaciale è costituito da cordoni morenici disposti in cerchie, le più esterne rissiane e le più interne würmiane, e da ripiani intermorenici posti a quote decrescenti verso il livello di base (Lago Maggiore). I cordoni morenici sono costituiti da materiali detritici incoerenti, inglobanti grandi massi erratici ed i terrazzi sono costituiti da sedimenti argilloso-sabbioso-limosi.

Il sistema fluviale, in successione spaziale con quello glaciale, è divisibile in due unità: "i ripiani terrazzati" ed il "fondovalle". I primi sono ripiani alluvionali, correlabili alle fasi anaglaciali e distinguibili in tre unità morfologiche: l'alta pianura, la media pianura, la bassa pianura, appartenenti alla "superficie fondamentale della Pianura Padana" in cui è incisa la "valle a cassetta del Ticino". Dal punto di vista cronologico, l'età dei depositi su cui sono impostati i ripiani è più antica (Riss) per quelli a più elevata altimetria e più recente (Würm) per quelli più bassi. Il "fondovalle" si sviluppa per 80 km circa dal Lago Maggiore fino alla confluenza con il Po: esso non presenta una superficie omogenea ma piuttosto una serie di dossi, scarpate, docce, alvei abbandonati, che generano microambienti assai diversi per suolo e vegetazione. L'alveo attuale può essere distinto longitudinalmente in tre tratti. Il primo, dal Lago Maggiore a Turbigo, corre per meandri incassati in gole profonde incise nei depositi morenici; il secondo tratto, da Turbigo a Bereguardo, presenta una configurazione fortemente ramificata; l'ultimo tratto, che va da Motta Visconti alla confluenza nel Po, presenta un tracciato meandriforme in continua evoluzione.

I suoli sono molto evoluti sui depositi morenici e fluvioglaciali; sui ripiani terrazzati la litologia e l'età delle superfici genera suoli a profilo e granulometria differente; nel fondovalle i suoli sono maggiormente omogenei, generalmente poco evoluti e con granulometria fine nelle zone depresse e più grossolana nelle zone sopraelevate.

Il Parco Lombardo comprende l'intero territorio amministrativo dei Comuni lombardi collocati lungo il tratto del fiume Ticino compreso tra il Lago Maggiore ed il fiume Po (115 km); le province interessate sono Varese, Milano e Pavia, con i comuni di:

Arsago Seprio, Besnate, Cardano al Campo, Casorate Sempione, Ferno, Gallarate, Golasecca, Lonate Pozzolo, Samarate, Sesto Calende, Somma Lombardo, Vergiate e Vizzola Ticino in provincia di Varese; Abbiategrasso, Bernate Ticino, Besate, Boffalora sopra Ticino, Cassinetta di Luga-

gnano, Castano Primo, Cuggiono, Magenta, Morimondo, Motta Visconti, Nosate, Ozzero, Robecchetto con Induno, Robecco sul Naviglio, Turbigo e Vanzaghelo in provincia di Milano; Bereguardo, Borgo San Siro, Carbonara al Ticino, Cassolnovo, Gambolò, Garlasco, Gropello Cairoli, Lina-rolò, Mezzanino Po, Pavia, San Martino Siccomario, Torre d'Isola, Travacò Siccomario, Valle Salimbene, Vigevano, Villanova d'Ardenghi e Zerbolò in provincia di Pavia.

I terreni risultano principalmente di proprietà privata (90%); ci sono poi aree di demanio statale (6%), demani comunali (3%) e demanio del Parco (1%).

Le seguenti zone sono state proposte dall'Italia alla CE come Siti di Importanza Comunitaria (SIC) per un totale di 16.577 ettari:

- Sorgenti del Rio Capricciosa
- Brughiera del Viganò
- Paludi di Arsago
- Brughiera del Dosso
- Ansa di Castelnuovate
- Turbigaccio, Boschi di Castelletto e Lanca di Bernate
- Basso corso e sponde del Ticino
- Garzaia della Cascina Portalupa
- Boschi Siro Negri e Moriano
- San Massimo
- Boschi del Vignolo
- Boschi di Vaccarizza
- Boschi della Fagiana

Il Parco Piemontese comprende parte del territorio dei comuni collocati lungo il tratto di fiume compreso tra il Lago Maggiore ed il confine tra la Regione Piemonte e la Regione Lombardia (lungo 66 km) nel comune di Cerano. La provincia interessata è quella di Novara, con i comuni di:

Castelletto Ticino, Varallo, Pombia, Marano Ticino, Oleggio, Bellinzago Novarese, Cameri, Galliate, Romentino, Trecate e Cerano.

I terreni risultano principalmente di proprietà privata (90%); ci sono poi aree di demanio statale (4%), demani comunali (5%) e demanio del Parco (1%).

L'intera area del Parco Piemontese è stata proposta dall'Italia alla CE quale Sito di Importanza Comunitaria (SIC) ai sensi dell'art. 4 della Direttiva 92/43/CEE "Habitat".

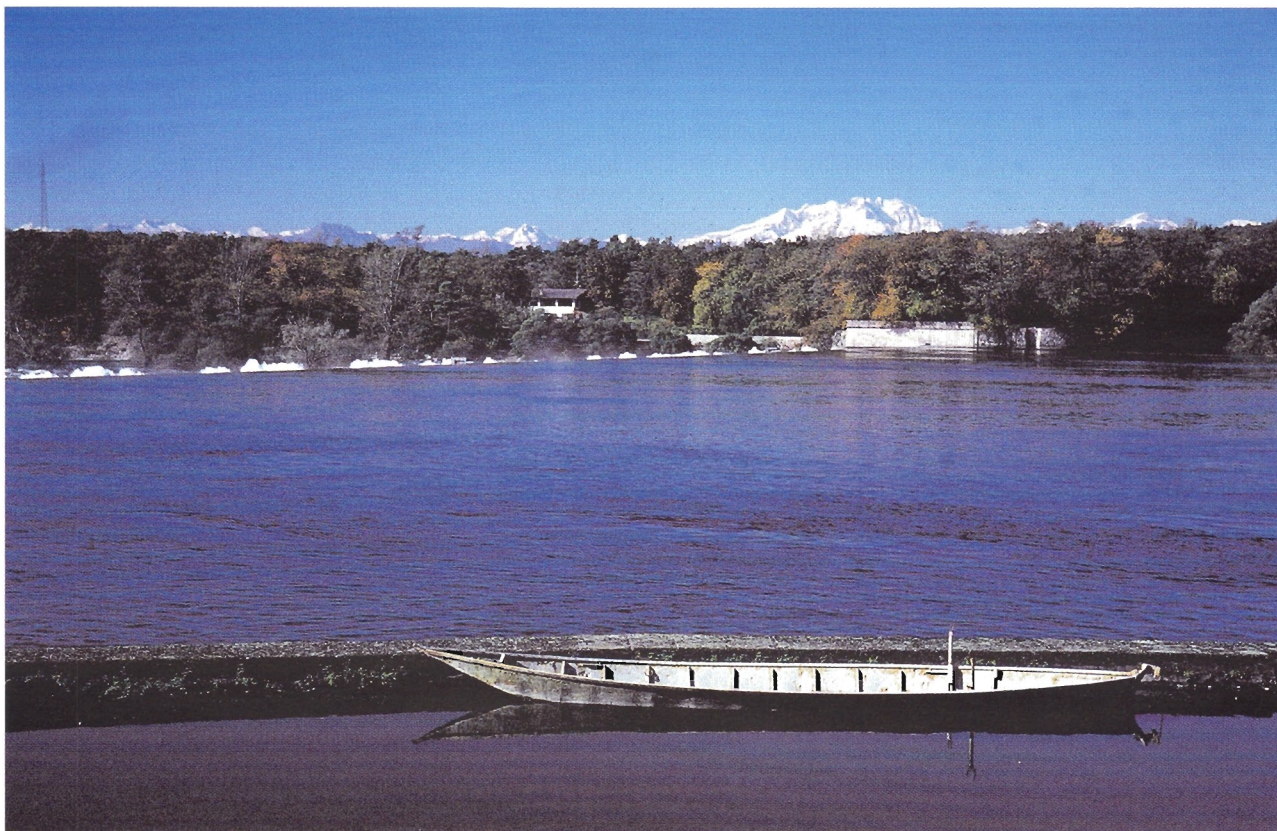
L'area del presente studio comprende non solo il Parco Piemontese propriamente detto, ma anche l'intero territorio amministrativo dei comuni aderenti a tale istituzione.

3.1.2 Paesaggio vegetale

Il paesaggio vegetale è caratterizzato da diverse tipologie vegetazionali in relazione alle entità morfologiche e pedologiche fondamentali esistenti nell'area. Nella zona morenica prevalgono boschi di *Castanea sativa* (castagno), alquanto alterati nella struttura e composizione floristica a causa del disturbo antropico. Nella zona dell'alta pianura l'aspetto caratterizzante è legato alla brughiera (*Calluna vulgaris*), ma sono anche presenti raggruppamenti boschivi di *Pinus sylvestris* (pino silvestre). Il fondo della valle ospita consistenti nuclei di vegetazione forestale, a struttura spesso pluristratificata, ad elevato valore naturalistico, costituita da *Quercus robur* (farnia), *Ulmus minor* (olmo comune), *Carpinus betulus* (carpino bianco), *Populus nigra* (pioppo nero), *Populus alba* (pioppo bianco). Questi boschi mostrano una marcata variabilità nella composizione floristica in relazione soprattutto alle caratteristiche del suolo, per cui nelle stazioni con abbondanza d'acqua, si vengono a formare le praterie umide a grandi carichi, spesso invase da prati aridi con elementi steppici. Gli effetti dell'antropizzazione sono evidenti anche in questa zona del fondo valle: le colture occupano i suoli più evoluti; inoltre sono state introdotte numerose specie esotiche e piantati diffusamente pioppi ibridi.

Le zone umide sono occupate dai saliceti (*Salix alba*) e dagli ontaneti (*Alnus glutinosa*).

I saliceti sono inquadrabili nelle associazioni del *Salicion albae*; gli ontaneti in quelle dell'*Alnion glutinosae*; la foresta del fondo valle nell'*Alno-Ulmion*, con aspetti di transizione verso il



Il Ticino alla presa del Villoresi; sullo sfondo il Monte Rosa e la catena Alpina.

L'ambiente agricolo in località Monte Oliveto, nel comune di Morimondo.



Fraxino-Carpinion, dove l'influsso della falda è meno marcato e il suolo più profondo; la landa a *Calluna vulgaris* (brugo) è riferibile al *Calluno-Genistion* e i castagneti al *Quercion-robori-petraeae*.

La flora censita al 1998 comprende oltre 1777 specie: 46 licheni epifiti, 1012 funghi, 157 muschi e 562 piante superiori. Per queste ultime la suddivisione biogeografica presenta il 48,4% di specie euroasiatiche, il 22,7% di specie boreali e l'8,2% di specie euromediterranee; le specie orofile sudeuropee e quelle atlantiche sono presenti per il 2%, quelle ad ampia distribuzione (cosmopolite e subcosmopolite) sono presenti con il 13,4% accanto ad un 3,1% di specie estranee alla flora europea.

3.1.3 La fauna

Gli ambienti ancora ben conservati, in modo particolare quelli ricadenti nelle aree tutelate a Parco Naturale e la loro diversificazione, unitamente alla presenza di una attività agricola che in molti casi ha conservato tecniche di rotazione delle colture tradizionali con un sufficiente rispetto dell'arredo di campagna (filari e siepi), ha consentito l'affermarsi di una fauna ricca in specie, molte delle quali di particolare interesse naturalistico in quanto endemiche o inserite nelle liste rosse nazionali e comunitarie. Infatti, a parte le specie faunistiche oggetto di intervento diretto da parte dei Parchi sia a sostegno delle proprie popolazioni (testuggine palustre) sia per reintroduzioni (capriolo e lontra), la fauna del Parco annovera popolazioni ittiche (53 specie) di sicuro interesse tra cui si segnala trota marmorata e temolo. Sono 246 le specie di uccelli, di cui 106 specie nidificanti e 140 specie di passo (per i migratori il Parco Ticino rappresenta un'oasi insostituibile); a questo riguardo si segnala come nel periodo invernale sono censiti mediamente 15.000 anatidi svernanti. I mammiferi sono presenti con 50 specie tra le quali spiccano 3 ungulati: il capriolo (reintrodotta dal Parco), il cinghiale (reintrodotta negli anni '70 a scopo venatorio) e il daino, confinato invece nell'ambito di una Azienda Faunistica esterna all'area di Parco Naturale. I pipistrelli sono presenti con numerose specie.

Gli anfibi e i rettili annoverano invece 24 specie fra cui il pelobate fosco, endemico e particolarmente raro; sono comunque numerose le località del Parco segnalate come aree favorevoli agli anfibi e rettili per le numerose presenze sia in specie sia in numero. Esiste poi lo sconfinato mondo degli invertebrati, poco studiato anche se di grande importanza per l'ecosistema del Parco: recenti studi indicano in 1296 le specie invertebrate presenti finora accertate.

3.1.4 Uso del suolo

La più elevata urbanizzazione si riscontra nella parte più settentrionale di Parchi, nel territorio della provincia di Varese; in provincia di Pavia, escludendo la città di Vigevano e il capoluogo, le aree urbane hanno uno sviluppo molto ridotto, mentre la situazione nel milanese risulta intermedia.

Intensissima appare l'attività agricola, che occupa oltre il 50% del centro-sud del territorio del Parco Lombardo: le risaie predominano in Lomellina e nel Pavese, mentre pioppeti e coltivazioni di mais sono diffusi in tutto il territorio.

Boschi ed arbusteti accompagnano il fiume: sono più frequenti nel nord del Parco Lombardo e rappresentano la maggior parte del territorio del Parco Piemontese.

Si riportano nelle tabelle 3.1.4a e 3.1.4b i dati relativi all'uso del suolo nei due parchi, elaborati dal servizio GIS del Parco del Ticino Lombardo in base ai dati da satellite CORINE LAND COVER (novembre 1991).



Un ambiente agricolo nella Valle del Ticino.

Tramonto invernale nella Valle del Ticino.



Tabella 3.1.4a - Uso del suolo nel Parco Lombardo

Classe	Ettari	%
Zone urbanizzate	14710,00	16,6
Cave e discariche	608,08	0,7
Seminativi	29744,13	33,6
Risaie	19194,08	21,7
Prati stabili	1257,84	1,4
Eterogenee Agricole	3506,16	4,0
Latifoglie	14.434,21	16,4
Conifere	2266,28	2,6
Bosco Misto	2013,85	2,3
Pascoli	75,41	0,1
Brughiere	368,18	0,4
Arbusteti	204,34	0,2
Totale	88461,1	

Tabella 3.1.4b - Uso del suolo nei Comuni del Parco Piemontese

Classe	Ettari	%
Zone urbanizzate	2895,34	10,0
Cave e discariche	244,69	0,8
Seminativi	4695,00	16,2
Risaie	7202,53	24,9
Eterogenee Agricole	7910,17	27,4
Latifoglie	4499,49	15,6
Conifere	170,00	0,6
Bosco Misto	1268,03	4,4
Arbusteti	24,82	0,1
Totale	28910,07	

In tabella 3.1.4c compare un riepilogo per aree omogenee della situazione ed in figura 3.1.4a la relativa visualizzazione grafica.

I ghiareti, il fiume Ticino e i laghi (Maggiore e Comabbio) occupano 3781,79 ettari. Vengono classificati come superfici comuni in quanto è difficile calcolare l'esatta superficie di appartenenza ai due Parchi e alle due Regioni.

Tabella 3.1.4c - Riepilogo dell'uso del suolo nei due Parchi (valutati in ettari)

Classe	Parco Lombardo	Comuni del Parco Piemontese	Superfici comuni	Totali
Boschi ed arbusteti	18918,68	5962,34		24881,02
Prati, pascoli e assimilabili	4839,41	7910,17		12749,58
Seminativi e assimilabili	48938,21	11897,53		60835,74
Fiume, ghiareti e laghi			3781,79	3781,79
Urbano e antropizzato	15686,26	3140,03		18826,29
TOTALI	88382,56	28910,07	3781,79	121074,42



La brughiera in primavera.

La brughiera presso Lonate Pozzolo in autunno.





L'ambiente della Lanca di Bernate.

Un quercocarpineto, formazione tipica della Valle del Ticino.



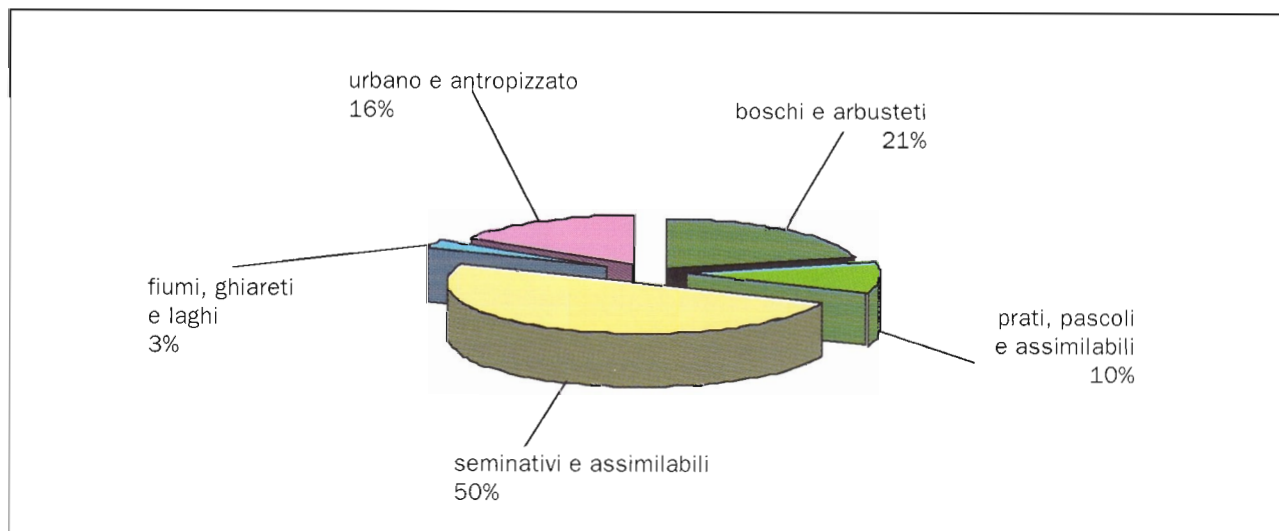


Figura 3.1.4.a – Ripartizione percentuale dell'uso del suolo nella Valle del Ticino

3.1.5 I complessi tecnologici

I Parchi del Ticino sono caratterizzati dalla presenza di numerosi impianti e linee tecnologiche di rilevante significato ed impatto ambientale.

I complessi di maggiore importanza sono descritti di seguito.

L'Aerostazione Intercontinentale di Malpensa nella sua configurazione HUB (letteralmente dall'inglese "mozzo di ruota", ovvero aeroporto base di transito da e per altri aeroporti) è stata inaugurata il 25.10.1998 e nel corso del 1999 ha raggiunto e superato i 18 milioni di passeggeri/anno, il che comporta un movimento medio superiore a 800 aeromobili al giorno.

I principali comparti sensibili alla presenza dell'aerostazione sono i seguenti:

a) **RUMORE E LUCE.** Il rumore ed un forte inquinamento luminoso causato dalle migliaia di lampade che illuminano le piste e l'aeroporto, hanno ripercussioni negative sulla popolazione residente e sulla fauna del Parco.

b) **ARIA.** Gas e polveri producono inquinamento atmosferico: sono originati dalla combustione dei reattori in fase di decollo ed atterraggio e dai movimenti a terra; a ciò va aggiunto il problema causato dalle emissioni di impianti di termodistruzione, di impianti termoelettrici e di riscaldamento.

c) **ACQUA.** I fattori inquinanti sono presenti nelle acque di lavaggio delle piste, nelle acque di prima pioggia derivate da piste, parcheggi e strade, nelle acque sanitarie di scarico (considerate pari a 25.000 abitanti equivalenti).

d) **FAUNA.** Le rotte degli aeromobili incidono su alcuni dei principali percorsi migratori dell'avifauna europea che, attraversando le Alpi da nord a sud, giunge ai siti di svernamento e/o riproduzione nel nord Europa e nel nord e centro Africa. Inoltre rumori, vibrazioni e alterazioni dell'ecosistema causati dalle linee tecnologiche connesse all'aerostazione (strade, ferrovie, ecc.) comportano un'alterazione complessiva dell'ecosistema della valle fluviale.

e) **VEGETAZIONE.** La ricaduta di idrocarburi incombusti, combustibili o parzialmente combustibili causa alterazioni alla componente vegetale e in particolare danni forestali, soprattutto di tipo fogliare; a ciò si aggiungono alterazioni del suolo e del suo pH, con ripercussioni sulle componenti pedofaunistiche e pedobotaniche dello stesso.

Le alterazioni complessive delle componenti biotiche e abiotiche dell'ecosistema, unitamente alla presenza di sostanze inquinanti dell'aria, acque e suolo, creano i presupposti per innescare e favorire l'insorgere di patologie, ovvero l'aggravamento e l'alterazione dello stato di salute della popolazione residente.

Infrastrutture viabilistiche

I Parchi sono attraversati da numerose infrastrutture viabilistiche, in particolare da 3 autostrade: Milano-Laghi (A8), Milano-Torino (A4) e Milano-Genova (A7). Inoltre numerose strade statali e strade provinciali intersecano il territorio dei Parchi prevalentemente in direzione est-ovest. In particolare:

- ss 33 “del Sempione” da Gallarate a Sesto Calende;
- ss 629 da Sesto Calende a Laveno;
- ss 394 da Vergiate a Varese;
- ss 336 “della Malpensa” attualmente da Gallarate al Terminal 1 di Malpensa e in fase di ampliamento sino alla A4 nei pressi di Boffalora;
- ss 527 da Busto Arsizio a Oleggio attraverso Lonate Pozzolo;
- ss 341 da Gallarate a Novara attraverso Castano Primo e Turbigo;
- ss 11 da Milano a Novara attraverso Magenta e Trecate;
- ss 494 da Milano a Mortara attraverso Abbiategrasso e Vigevano;
- ss 35 da Milano a Voghera attraverso Pavia e S Martino Siccomario;
- ss 235 da Pavia a S. Angelo Lodigiano;
- ss 617 da Pavia a Broni – Stradella.

Parallelamente all'asta del Ticino vi sono poi le ss 526 dell'est Ticino, da Abbiategrasso a Bereguardo, la ss 596 da Mortara a Pavia attraverso Garlasco e Gropello Cairoli e la sp 206 da Cassolnovo a Garlasco, attraverso Vigevano.

In genere si tratta di collegamenti stradali a traffico particolarmente elevato nelle province di Milano, Varese e Novara e a traffico generalmente modesto nella provincia di Pavia.

Ovviamente la presenza dei numerosi percorsi stradali statali e provinciali, unitamente ai numerosi percorsi stradali comunali e secondari, danno luogo a ricadute negative sull'ecosistema fluviale dovute alla presenza di inquinanti atmosferici prodotti dai mezzi in transito.

Percorsi ferroviari

I Parchi sono attraversati da percorsi ferroviari di importanza nazionale e locale. In particolare il collegamento ferroviario Malpensa Express (Ferrovie Nord Milano) da Milano Cadorna all'aeroporto di Malpensa ed il suo prolungamento su Novara, e i tracciati delle Ferrovie dello Stato: Milano-Sempione, Milano-Varese, Milano-Novara-Torino, Milano-Vigevano-Mortara e Milano-Pavia-Genova.

I tracciati ferroviari hanno un impatto ambientale decisamente inferiore a quelli stradali e dovuto essenzialmente al rumore ed alla modifica dei paesaggi storici.

Sono però in corso di progettazione percorsi ad alta velocità (Milano-Torino e Milano-Genova) che potranno avere ripercussioni fortemente negative sull'ecosistema fluviale dovute a fenomeni di rumore e vibrazioni, oltre che a problemi di ulteriore frammentazione del corridoio ecologico principale costituito dall'asse nord-sud del Fiume Ticino.

Centri tecnologici

Si segnalano per il loro evidente impatto ambientale soprattutto due sorgenti puntiformi di inquinamento atmosferico e idrologico: centrale termoelettrica ENEL di Turbigo e polo industriale di San Martino di Trecate.

La **centrale termoelettrica ENEL di Turbigo**, occupa un'area di circa 6000 m². La costruzione sorge in una zona adiacente l'abitato di Turbigo, costeggia a nord-est il Naviglio Grande e a nord la strada che collega il paese con la sponda piemontese del Ticino, i due lati restanti danno su una zona verde caratterizzata da boschi, campi coltivati e cascine.

Negli anni 1990-91, una serie di lavori di manutenzione ha fatto sì che una sezione della centrale rimanesse inattiva; dal 1993 tutto l'impianto ha funzionato al 26% circa delle sue potenzialità per lavori di ristrutturazione, conclusisi alla fine del 1997, per l'adeguamento delle emissioni ai limiti imposti dalle ultime leggi in materia ambientale.

L'impianto consta attualmente di quattro gruppi termoelettrici e quattro turbogas.



Il nuovo aeroporto intercontinentale di Malpensa.



Il **polo industriale di S. Martino di Trecate** occupa un'area rettangolare con lati di circa 2 x 1,6 km. Dista circa 2 km dalla periferia dei comuni di Trecate e Cerano e circa 4 km dalla periferia di Romentino; a circa 3 km si trovano la periferia di Bernate Ticino e di Boffalora.

Il complesso industriale è costituito dagli impianti di undici aziende del settore chimico e petrolchimico.

Tra esse vi sono una raffineria di petrolio (SARPOM), un impianto di lavorazione oli (AGIP CENTRO OLI), un impianto di produzione bitumi (ESSO BITUMI), due depositi di prodotti petroliferi (ERG PETROLI e TAMOIL PETROLI), due depositi di GPL (LIQUIGAS e TI-GAS), e quattro aziende chimiche (COLUMBIAN CARBON EUROPA, EIGENMANN & VERONELLI, ESSECO e GALVANEVET).

I primi insediamenti di attività produttive risalgono agli anni cinquanta. Le persone attualmente occupate negli stabilimenti del polo industriale sono circa 1.100.

Otto delle undici aziende ricadono nel campo di applicazione della legge "per la prevenzione di incidenti rilevanti che potrebbero essere causati da determinate attività industriali e per la limitazione delle loro conseguenze per l'uomo e per l'ambiente" (DPR n. 175/88).

3.2 Concentrazioni di SO₂ e NO_x nell'area di studio

Delle numerose sostanze pericolose presenti nell'atmosfera, le normative si limitano a considerare alcune sostanze-guida ("indicatori"). Dagli anni '70 ad oggi, gli indicatori sono radicalmente cambiati: allora, inquinanti guida erano SO₂ e PTS (polveri totali sospese), dovuti al largo consumo di combustibili fossili ricchi in zolfo. In anni recenti, nei quali il traffico veicolare è il problema più importante, tipici indicatori sono NO₂, CO e idrocarburi, cui si associa l'ozono come indicatore fotochimico.

Per il presente studio sono stati considerati i dati relativi alle concentrazioni di SO₂ ed NO_x forniti dalle postazioni fisse di rilevamento dell'inquinamento atmosferico localizzate all'interno dell'area di studio o ad essa limitrofe (tabella 3.2a).

La centrale termoelettrica di Turbigo.



Tabella 3.2a - Ubicazione delle centraline e periodo di riferimento per l'utilizzo dei relativi dati

Località	Anni di rilevamento
Gallarate San Lorenzo - VA	1992-1998
Busto Arsizio (Via Magenta) - VA	1992-1998
Busto Arsizio (Via Palermo) - VA	1992-1998
Galliate - NO	1982-1998
Turbigo - MI	1990-1998
Magenta - MI	1995-1998
Vigevano - PV	1994-1998
Pavia	1994-1998

I dati raccolti da altre due postazioni, situate a Gallarate (Via F.lli Bandiera) ed a Lonate Pozzolo ed entrate in funzione nel 1997, non sono stati analizzati a causa del breve periodo di funzionamento, ritenuto insufficiente per apprezzare l'evoluzione degli inquinanti. Per l'analisi completa dei dati è stato considerato il quinquennio 1994-1998, che risulta il periodo più interessante ai fini del confronto tra le due campagne di monitoraggio con i licheni, nonché l'arco di tempo nel quale tutte le centraline, tranne quella di Magenta, installata nell'estate 1995, erano attive.

Le concentrazioni di SO_2 ed NO_x sono state espresse come medie stagionali ed i grafici degli andamenti compaiono nell'allegato 3.

Si osserva in generale una flessione nella concentrazione di anidride solforosa. fenomeno che risulta ben evidente dall'andamento delle medie annuali di tabella 3.2b. Il calo si nota principalmente nei mesi invernali, come si può apprezzare dai dati che compaiono in tabella 3.2c.

Per quanto riguarda gli ossidi di azoto (tabella 3.2d) la situazione appare più controversa. Ci sono postazioni, come quella di Gallarate, in cui si evidenzia una progressiva diminuzione della loro concentrazione, mentre in altre, come ad esempio a Turbigo, gli NO_x sono in aumento. In altre situazioni la tendenza appare variabile, anche se complessivamente si osserva un miglioramento della situazione, soprattutto a partire dal 1996.

L'analisi dei dati delle centraline attive dal 1990-1992 mette ancor più in evidenza la progressiva flessione dei valori relativi all'anidride solforosa. Ciò si è verificato in tutte le realtà e, a scopo esemplificativo, in allegato 4 è illustrata la situazione di Gallarate (1992-1998).

Secondo i dati raccolti sull'intero territorio della regione Lombardia, sia per gli ossidi di zolfo che per gli ossidi di azoto si registra, nel periodo 1993-98, un sensibile decremento delle concentrazioni. Tale decremento è più marcato per l' SO_2 , diminuita mediamente del 44% nel corso del quinquennio, che per gli NO_x , ridotti del 20%.

Dopo il 1996 l'andamento decrescente sembra arrestarsi e si registra un'inversione di tendenza. Tale fenomeno, più evidente per le concentrazioni di ossidi di azoto, può essere correlato a variabili sia esogene (variazioni climatiche), sia endogene al sistema emissioni-immissioni (Regione Lombardia, 1999).

Tabella 3.2b - Medie annuali delle concentrazioni di SO_2 (ppb)

	1994	1995	1996	1997	1998
Gallarate S. Lorenzo	7	9	6	4	4
Busto Arsizio Magenta	8	6	4	4	4
Busto Arsizio Palermo	7	7	4	3	3
Galliate	4	4	2	2	2
Turbigo	4	4	2	1	2
Magenta	-	-	4	4	4
Vigevano	7	5	4	3	3
Pavia	7	6	5	4	3

Tabella 3.2c - Medie invernali delle concentrazioni di SO₂ (ppb)

	1994	1995	1996	1997	1998
Gallarate S. Lorenzo	11	12	9	6	6
Busto Arsizio Magenta	13	12	9	7	6
Busto Arsizio Palermo	12	11	8	6	4
Galliate	6	5	3	2	3
Turbigo	5	5	3	2	2
Magenta	-	-	8	6	7
Vigevano	14	10	8	5	5
Pavia	11	11	8	5	4

Tabella 3.2d - Medie annuali delle concentrazioni di NO_x (ppb)

	1994	1995	1996	1997	1998
Gallarate S. Lorenzo	138	130	92	84	76
Busto Arsizio Magenta	95	95	75	94	78
Busto Arsizio Palermo	102	114	81	85	81
Galliate	77	72	52	57	75
Turbigo	47	42	36	57	62
Magenta	-	-	90	99	92
Vigevano	55	72	63	70	78
Pavia	57	59	48	55	50

3.3 Caratteristiche climatiche e meteorologiche

Nella maggior parte del territorio, i Parchi Regionali del Ticino sono caratterizzati da condizioni climatiche di tipo continentale; fa eccezione solo l'area più settentrionale, con altitudini oscillanti tra i 200 e i 500 metri sul livello del mare.

Siamo quindi in presenza di inverni freddi e nebbiosi ed estati calde e afose. Come vedremo meglio oltre, le stagioni intermedie, a causa della continentalità del clima, sono relativamente brevi e caratterizzate da spiccata variabilità.

A sud, più frequente risulta la nebbia, anche per il maggior spessore delle inversioni termiche, fenomeno questo che influenza negativamente la dispersione degli inquinanti.

Frequenti sono i periodi di calma strumentale di vento, conseguenti in primo luogo alla prevalenza e, a volte, alla persistenza di situazioni meteorologiche tipicamente anticicloniche, nonché alla posizione topografica ed alla configurazione orografica del territorio, posto principalmente nella pianura centrale della vallata del Po, racchiusa a nord e ad ovest dalle Alpi e a sud dall'Appennino Ligure.

La piovosità media annuale decresce da nord a sud, e varia dai 700 mm/anno della pianura ai 1400 mm/anno della zona del Lago Maggiore, tuttavia per un tratto pari a circa il 70 % dell'asta fluviale (tra Turbigo e la confluenza con il Po) esistono differenze di piovosità minime (di circa 200 mm/anno). Ciò significa che, mediamente, si ha un aumento di 300 mm di pioggia ogni 100 m di innalzamento, fino a quota 250 m s.l.m., corrispondente alle prime colline moreniche. Le località che risentono dell'influenza del bacino del Lago Maggiore presentano, a parità di quota, una piovosità di circa 400 mm più elevata rispetto alle località dell'alta pianura.

Per quanto riguarda la distribuzione delle piogge nell'arco dell'anno, risulta evidente una notevole variazione tra i due estremi della regione del Parco e infatti, spostandosi da sud verso la zona lacustre cambia sia la stagione asciutta invernale sia la stagione piovosa.

La distribuzione stagionale delle precipitazioni nel periodo invernale mostra che le stesse diminuiscono notevolmente passando dalla zona della bassa pianura alla zona collinare, mentre le precipitazioni estive seguono un andamento opposto.



Le nebbie caratterizzano il clima dei mesi invernali nella Valle del Ticino.

Temporale estivo su Bernate Ticino.



La stagione più piovosa nella fascia di territorio più bassa è quella autunnale che presenta circa il 31% delle precipitazioni contro il circa 26% della stagione primaverile. Nella fascia di territorio più alta la differenza tra la piovosità autunnale e primaverile scompare ed infatti i valori, in entrambe le stagioni, si aggirano attorno al 29%.

Caratteristico è il fatto che in tutte le stazioni del Parco del Ticino le piogge nei mesi autunnali mostrano una maggiore variabilità di quelle del mese di maggio e che proprio questi mesi sono anche stati quelli in cui, in alcuni anni, si è avuta la minima quantità di pioggia, a testimonianza della spiccata irregolarità del fenomeno nella sua distribuzione spaziale e temporale.

Le stagioni termiche sono quattro, tra cui la più prolungata è quella invernale (che viene definita "fresca" in quanto presenta dei valori medi mensili compresi tra 0 e 10 °C), che va dai circa quattro mesi e mezzo della pianura ai cinque mesi e mezzo delle colline moreniche. Le stagioni "calde" (con temperature medie mensili comprese tra 10 e 20 °C) sono due, e di esse la più prolungata è quella primaverile (che va da due a tre mesi passando da sud a nord del Parco), mentre l'altra coincide con il periodo compreso tra fine agosto e metà settembre (durando da circa un mese e mezzo a sud a due mesi nella zona collinare). La stagione molto calda (con temperature medie mensili superiori ai 20 °C) risulta molto più prolungata in pianura (oltre tre mesi e mezzo) rispetto alla fascia morenica (circa due mesi e mezzo).

Il rapporto tra le precipitazioni e le temperature incide sul "bilancio idrico" che è un indice che permette di avere un quadro indicativo della variazione della riserva d'acqua nel suolo anche in funzione del tipo di suolo e vegetazione esistente. L'indice, calcolato in alcune località tipo (Pavia, Abbiategrasso, Vizzola Ticino, Varese) mostra come l'incidenza dell'evapotraspirazione sulla riserva idrica del suolo aumenti notevolmente passando dalle Prealpi, alla zona collinare, alla pianura. (B.U.R.L., 1990).

In particolare, facendo riferimento al lavoro di ricerca presentato in questa pubblicazione, risulta utile approfondire ed osservare più dettagliatamente la situazione meteorologica nella zona d'interesse. A tal proposito di seguito si riportano i dati rilevati dalle stazioni ubicate nell'intorno dell'aeroporto di Malpensa, che comunque riflettono le caratteristiche sopra presentate.

Per quanto riguarda le temperature, i dati a disposizione, rilevati nella stazione termopluviometrica di Malpensa dal 1959 al 1983, evidenziano che l'andamento termometrico segue un trend unimodale con valori massimi in corrispondenza del mese di luglio (21,6°C) e minimi nel mese di gennaio (1,2°C). Sempre nel mese di luglio si registrano i più alti valori di temperatura media massima mentre nei mesi di gennaio e dicembre la stessa raggiunge i valori minimi.

Nel territorio della provincia di Milano, dal 1966 ad oggi, la temperatura media ha subito un aumento di circa 1,5 °C nei mesi invernali; ciò può essere causato sia da variazioni climatiche sia, probabilmente, anche dall'estendersi degli agglomerati urbani e delle infrastrutture che provocano questa mitigazione climatica.

Come già evidenziato sopra, anche per quanto riguarda la distribuzione generale delle precipitazioni nella provincia di Milano, alcuni studi evidenziano che l'entità delle stesse subisce un netto incremento da sud a nord. In particolare, i dati relativi alle stazioni di Malpensa (1959-1983) e Busto Arsizio (1952-1995), indicano che la distribuzione delle precipitazioni è equinoziale, con massimi nei periodi primaverile e autunnale e minimi nei periodi estivo e invernale. Per entrambe le stazioni, i massimi assoluti si registrano nel mese di ottobre e i minimi assoluti nel mese di gennaio. In un anno particolarmente piovoso (1977), l'area del Parco del Ticino, nella provincia di Milano, è stata interessata da valori massimi delle precipitazioni annue indicativamente variabili tra 1400 e 1600 mm. Se ci si sposta verso sud, rispetto all'area di studio, le precipitazioni tendono a diminuire e la media annuale, riferita alle stazioni di Abbiategrasso e Cameri, è di circa 1000 mm. In questo caso le massime e le minime si registrano nei mesi di novembre e febbraio.

A titolo esemplificativo, inoltre, si riportano, nell'allegato 5, i valori medi stagionali delle piogge e delle temperature disponibili per la centralina di Gallarate S. Lorenzo (1992-1998), ubicata nella zona a nord est dell'area di studio.

Metodo di indagine

4.1 Protocollo operativo

Per la stesura del protocollo operativo si è fatto riferimento alle “Linee-guida per la bioindicazione degli effetti dell’inquinamento tramite la biodiversità dei licheni epifiti” proposte da Nimis (1999b).

Il metodo si basa sul calcolo della biodiversità lichenica sui tronchi d’albero, intesa come somma delle frequenze delle specie in una griglia di rilevamento di dimensioni fisse. Esso è una modificazione di quello sviluppato da Herzig e Urech (1991) per il territorio svizzero. La differenza principale consiste nelle dimensioni delle maglie del reticolo di rilevamento, che nel metodo svizzero sono variabili a seconda del diametro del tronco, mentre nel metodo qui proposto sono fisse.

Il metodo non differisce, nelle linee essenziali, da quello già utilizzato in Italia e noto come “metodo I.A.P. - Index of Atmospheric Purity” (Nimis *et al.*, 1989; Nimis *et al.*, 1991).

4.1.1 Strategia di campionamento

L’indagine si è svolta nel periodo compreso tra febbraio e luglio 1999. L’area di studio comprende un territorio vasto circa 120.000 ettari, ed è stato suddiviso in quadranti di lato pari a 1,5 km all’interno dei quali sono state eseguite le operazioni di seguito descritte. La campagna di monitoraggio è consistita nell’effettuazione di 2.353 rilievi di cui 1.612 su querce e 741 su tigli. Il territorio è stato analizzato dividendolo in quadranti di 1,5 km di lato per un totale di 627 stazioni, ciascuna costituita da 3 a 5 alberi. I rilievi sono stati effettuati anche nell’area circostante quella di studio per un’ampiezza di almeno 1,5 km.

Inoltre, dove possibile, i rilievi sono stati eseguiti nelle medesime stazioni già considerate nelle precedenti campagne del 1994 (Parco Lombardo) e del 1997 (Parco Piemontese).

4.1.2 Scelta delle specie arboree e delle stazioni

Dopo un’esplorazione preliminare dell’area di studio, volta ad appurare la distribuzione spaziale di specie arboree con caratteristiche idonee allo svolgimento dello studio, la scelta è ricaduta sui generi *Tilia* e *Quercus*, entrambi caratterizzati da un pH subacido della scorza.

Gli alberi sottoposti a rilevamento presentavano le seguenti caratteristiche:

- inclinazione del tronco non superiore ai 10 gradi, per evitare effetti dovuti all’eccessiva eutrofizzazione di superfici molto inclinate;

- circonferenza superiore ai 50 cm;

- assenza di fenomeni evidenti di disturbo (verniciature, etc.)

Sono stati esclusi gli alberi che crescono in vegetazione boschiva chiusa.

In ciascun quadrante sono stati visionati pressoché tutti gli alberi accessibili, appartenenti alle specie arboree idonee, prima di scegliere quelli con le caratteristiche sopra elencate.

In ogni stazione sono stati selezionati per il rilevamento gli alberi che hanno presentato una maggiore frequenza lichenica nel reticolo descritto di seguito.

La stazione era costituita da un minimo di tre ad un massimo di cinque alberi.

4.1.3 Metodo di rilevamento della Biodiversità Lichenica

Su ogni albero è stato posto un reticolo a 10 maglie rettangolari, di dimensioni totali pari a 30 x 50 cm (10 x 15 cm per ciascuna maglia). Il reticolo è stato posizionato ad un’altezza compresa fra i 100 e i 130 cm (base del reticolo), con il centro posto in corrispondenza della parte del tronco ove massima era la frequenza lichenica; per fissare il reticolo al tronco si è fatto uso di cinghie elastiche, evitando così l’uso di chiodi o puntine che avrebbero potuto danneggiare l’albero. Il posizionamento esatto del reticolo è stato specificato per ciascun albero, nella scheda di rilevamento.

Nel posizionare il reticolo sono state evitate, anche se con elevata presenza di licheni: parti danneggiate del tronco;

- parti fortemente concave con periodico scorrimento d'acqua;
- parti decorticate;
- parti con presenza di evidenti nodosità;
- parti con copertura di briofite superiore al 30%.

Per ogni albero rilevato è stata compilata una scheda di campo (figura 4.1.3), riportante il codice identificativo del quadrante esaminato, la data, e la località. Per ogni singolo rilievo sono stati inoltre annotati: specie dell'albero, circonferenza del tronco a metà reticolo, altezza dal suolo della base del reticolo, esposizione del centro del reticolo.

Sono state quindi annotate tutte le specie licheniche (inclusi i licheni crostosi sterili) presenti all'interno del reticolo e la loro frequenza, calcolata come numero di rettangoli in cui ogni specie era presente (i valori possono quindi variare, per ciascuna specie, tra 0 e 10); se lo stesso individuo di una data specie era presente in più di un rettangolo, la frequenza era pari al numero di rettangoli in cui era presente. Nella scheda erano inoltre annotati eventuali segni di evidente danneggiamento (decolorazione, necrosi, ecc.) dei talli, relativamente a ciascuna specie. I valori di *Lecanora conizaeoides*, *Lepraria* spp. e di *Scolicisporum umbrinum* non sono stati utilizzati nel calcolo della frequenza totale del rilievo, in quanto questi licheni sono relativamente favoriti da condizioni di alto inquinamento atmosferico.

Per l'identificazione delle specie licheniche si è fatto riferimento ai lavori di Nimis (1987), Ozenda e Clauzade (1970) e Wirth (1980).

Per ogni albero è stata calcolata la somma delle frequenze delle singole specie, ottenendo il valore di Biodiversità Lichenica del singolo rilievo (BLr). La media aritmetica dei 3-5 valori di BLr più elevati del quadrante rappresenta la Biodiversità Lichenica di una stazione (BLs).

È stato evitato l'asporto o il danneggiamento dei licheni presenti entro l'area rilevata, per permettere la ripetizione dello studio in periodi successivi. Quando l'esatta identificazione di una specie ha richiesto analisi microscopiche in laboratorio, veniva asportato un piccolo campione, se presente, al di fuori del reticolo di rilevamento.

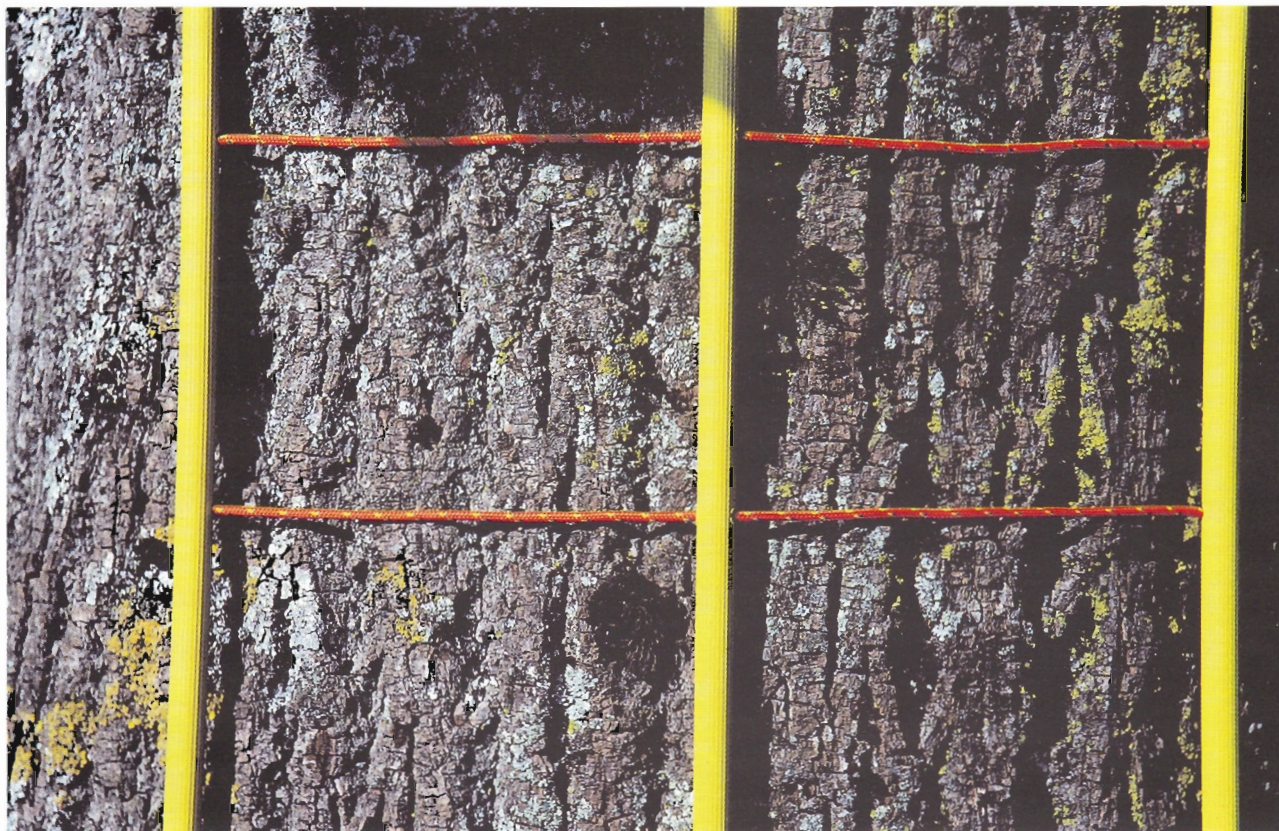
L'ubicazione di ogni albero rilevato è stata riportata in cartografia (scala 1:10.000).

4.2 Interpretazione e presentazione dei risultati

Nella valutazione dei valori di BLs è stata adottata la scala proposta da Nimis (1999b) e ricavata da numerosi studi svolti in Italia. Questa scala è valida per aree site nella fascia submediterranea, la cui vegetazione potenziale è rappresentata da boschi con querce decidue e prevede la divisione in sette classi che esprimono il grado di deviazione da condizioni "naturali" (non inquinate).

Ai dati di BLs viene data una rappresentazione cartografica per fornire una suddivisione del territorio in fasce a diversa naturalità/alterazione, corrispondenti alle classi descritte. Per il riporto cartografico, ad ogni classe viene convenzionalmente associato un colore, come segue:

Classi BLs	Valori BLs	Naturalità/Alterazione	Colore
7	0	alterazione molto alta	cremisi
6	1-10	alterazione alta	rosso
5	11-20	alterazione media	arancione
4	21-30	naturalità bassa/alterazione bassa	giallo
3	31-40	naturalità media	verde chiaro
2	41-50	naturalità alta	verde scuro
1	>50	naturalità molto alta	blu



Un reticolo di rilevamento della BLs.

Un momento dell'attività in campo.



MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA
MEDIANTE LICHENI NELLA VALLE DEL TICINO
 METODO DI INDAGINE

BIOMONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA MEDIANTE LICHENI
NEI PARCHI REGIONALI DEL TICINO

Quadrante Data Comune - Località

--	--	--

Albero 1 circonf.	Albero 2 circonf.	Albero 3 circonf.	Albero 4 circonf.	Albero 5 circonf.
h reticolo	h reticolo	h reticolo	h reticolo	h reticolo
esposiz.	esposiz.	esposiz.	esposiz.	esposiz.

BLr 1:	BLr 2:	BLr 3:	BLr 4:	BLr 5:
--------	--------	--------	--------	--------

Albero 6 circonf.	Albero 7 circonf.	Albero 8 circonf.	Albero 9 circonf.	Albero 10 circonf.
h reticolo	h reticolo	h reticolo	h reticolo	h reticolo
esposiz.	esposiz.	esposiz.	esposiz.	esposiz.

BLr 6:	BLr 7:	BLr 8:	BLr 9:	BLr 10:
--------	--------	--------	--------	---------

	Specie licheni da identificare
M	
N	
O	
P	
Q	
R	
S	
T	
U	
V	

N. totale alberi visionati:

BLr 1	=
BLr 2	=
BLr 3	=
BLr 4	=
BLr 5	=
BLs	=

Note

Figura 4.1.3 - Scheda per la raccolta dei dati per il rilevamento della Biodiversità Lichenica

Come già indicato sia in premessa sia nel protocollo operativo, i rilievi sistematici sono stati effettuati all'interno di quadranti di lato pari a 1,5 km, ma per la rappresentazione cartografica d'insieme si è stabilito di utilizzare il valore di BLs più elevato in maglie di 3x3 km. Questa scelta è stata dettata dalla constatazione che l'estremo dettaglio, considerata l'ampiezza della scala territoriale, non permetteva di avere una visione d'insieme soddisfacente, dal momento che assumevano eccessivo risalto i singoli impatti a livello locale. In questo modo si è anche perfezionata l'individuazione dei siti di campionamento più idonei per lavori futuri.

Inoltre si è superato in parte un problema che non è stato sinora affrontato dal punto di vista metodologico, concernente quei rilievi che devono necessariamente essere effettuati su querce in aree agricole e presentano valori apparentemente anomali rispetto a quelli riscontrati su tigli presenti nelle zone limitrofe.

Questo rappresenta uno degli aspetti da approfondire con una ricerca dedicata agli effetti dei fitofarmaci sui licheni, in concomitanza all'apporto di sostanze azotate dovuto alle concimazioni a base di prodotti chimici, che portano ad innalzamento del pH corticale favorendo le specie nitrofile (fenomeno di eutrofizzazione atmosferica).

Per ogni stazione è stata compilata un'apposita scheda con indicazione delle coordinate Gauss-Boaga del sito, il numero di alberi utilizzati, la specie ed il valore di BLr per ogni singolo albero, i valori di BLs per ciascuna stazione. È stata inoltre predisposta una cartografia digitalizzata con l'esatta localizzazione delle alberature esaminate ed i corrispondenti valori di BLr. Tutta la documentazione, di interesse soprattutto per gli operatori che attueranno il biomonitoraggio nei prossimi anni, risulta però estremamente preziosa anche nell'immediato, per l'approfondimento di quelle situazioni di inquinamento locale messe bene in evidenza dalla fitta rete di indagine.

Per la rappresentazione cartografica dei dati i valori di BLs, dopo essere stati riferiti geograficamente al centro di ciascun quadrante di 3 km di lato, sono stati interpolati utilizzando il software MapInfo Professional Versione 5.0.1 (MapInfo Corporation).

Le carte relative al confronto con le indagini precedenti (§5.3) sono state realizzate invece utilizzando il software Surfer versione 6.04 (Golden Software, Inc.).

4.3 Intercalibrazione metodologica tra gli operatori

Al fine di verificare se le modalità operative dei cinque ricercatori fossero confrontabili, è stata effettuata, prima dell'inizio del monitoraggio sull'intera area del Parco, una prova di intercalibrazione.

Lo scopo era quello di verificare, applicando il protocollo precedentemente descritto, se le strategie di campionamento dei diversi operatori producessero valori di BLs concordanti e se i valori di BLs ottenuti dalle cinque squadre, nelle stesse stazioni e sui medesimi alberi, fossero ripetibili.

Per la prima parte della prova, sono state individuate 5 stazioni, nelle quali sono stati determinati i valori di BLr e BLs su tre alberi scelti in modo autonomo dagli operatori.

Nella seconda parte della prova, effettuata in due delle cinque stazioni prescelte, gli operatori hanno eseguito i rilievi di BL su tre alberi prestabiliti.

I risultati relativi alla prima fase del confronto, che sono riassunti in tabella 4.3.1 e visualizzati in figura 4.3.2, denotano una sostanziale concordanza dei valori calcolati in riferimento alle classi di intervallo utilizzate (tabella 4.2). Fanno eccezione i dati riferiti alla stazione 4; tale scostamento può essere giustificato dalla particolare ubicazione della stazione, costituita da un lungo doppio filare di tigli ricadente in due diversi quadranti. Gli operatori che hanno limitato l'osservazione ai soli alberi ubicati nel quadrante prestabilito, piuttosto che all'intero viale, hanno ottenuto valori di BLs inferiori.

Tabella 4.3.1 – Valori medi di BLs (\pm deviazione standard) rilevati su tre alberi scelti autonomamente dagli operatori

Operatore		A	B	C	D	E
Stazione 1	S. Macario - VA	11,3 \pm 1,5	6,7 \pm 1,5	10,7 \pm 1,5	8,7 \pm 1,5	11,3 \pm 1,5
Stazione 2	Marcallo - MI	22,7 \pm 3,5	21,7 \pm 3,2	23,0 \pm 6,2	21,0 \pm 4,0	23,7 \pm 6,5
Stazione 3	Borgo Ticino - NO	24,3 \pm 2,1	28,7 \pm 3,1	26,3 \pm 4,2	25,0 \pm 2,0	30,3 \pm 4,9
Stazione 4	Gropello C. - PV	32,3 \pm 3,1	19,0 \pm 4,6	32,3 \pm 3,1	24,7 \pm 2,1	20,7 \pm 0,6
Stazione 5	Morsella - PV	39,0 \pm 3,6	35,0 \pm 3,0	35,0 \pm 4,6	31,7 \pm 6,4	47,0 \pm 3,5

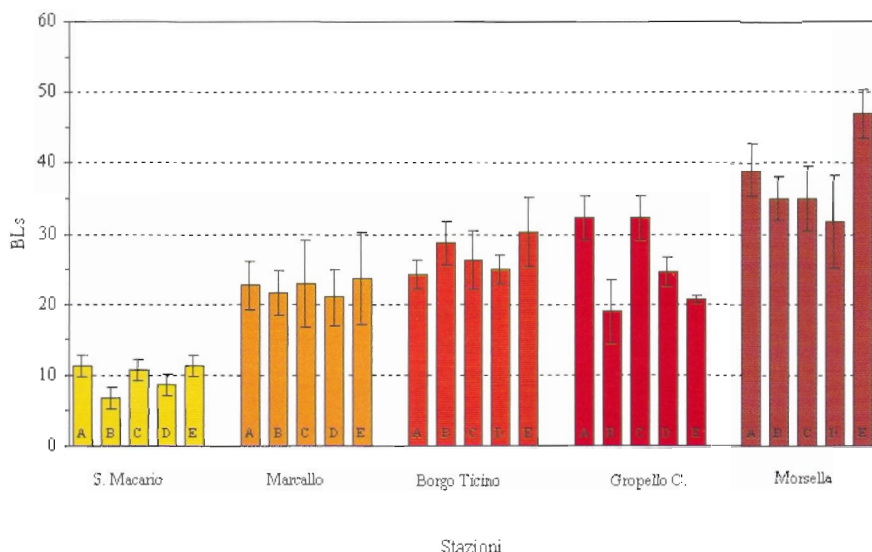


Figura 4.3.1 – Valori di BLs relativi alla prima fase dell'intercalibrazione

Al fine di evidenziare eventuali vizi procedurali sistematici, sono stati considerati gli scarti tra i valori di BLs calcolati da ciascun operatore e la media complessiva di BLs in ciascuna stazione (figura 4.3.2).

I risultati mostrano una buona precisione di tutti gli operatori, poiché la maggior parte dei valori sono contenuti in un intervallo di quattro unità al di sopra e al di sotto dei valori medi. I dati più disomogenei sono relativi alla stazione 4, per i motivi precedentemente esposti.

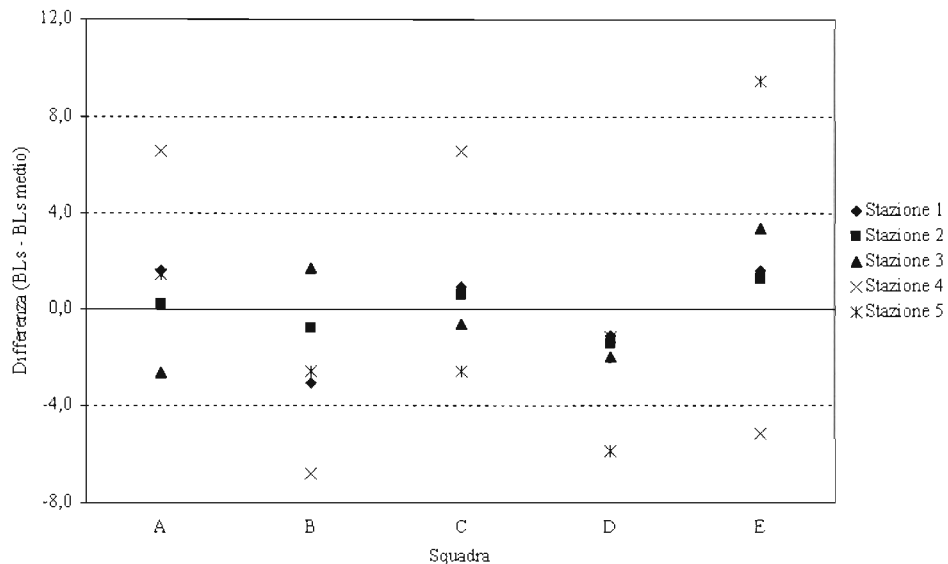


Figura 4.3.2 – Differenze tra i valori di BLs calcolati da ciascun operatore ed il valore medio di BLs nella stazione

Anche i risultati ottenuti nella seconda fase dell'intercalibrazione evidenziano una sufficiente coerenza metodologica tra i diversi operatori (tabella 4.3.2 e figura 4.3.3) anche in riferimento alle classi proposte da Nimis (1999; tabella 4.2)

Tabella 4.3.2 – Valori medi di BLs (\pm deviazione standard) rilevati su tre alberi prestabiliti

Operatore		A	B	C	D	E
Stazione 1	Gropello C. - PV	19,0 \pm 4,0	13,0 \pm 3,1	17,7 \pm 3,1	15,3 \pm 0,6	12,0 \pm 1,0
Stazione 2	Morsella - PV	20,0 \pm 9,2	23,7 \pm 12,7	22,7 \pm 12,1	25,3 \pm 14,6	19,3 \pm 8,3

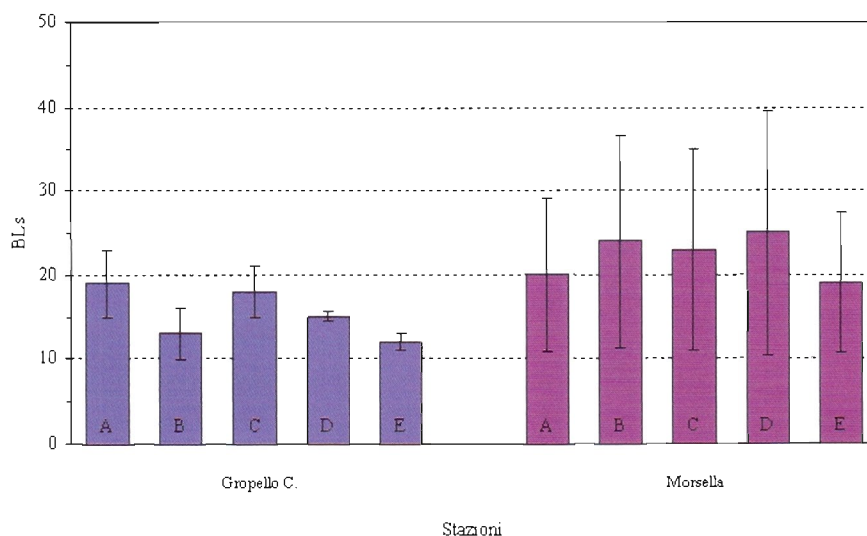


Figura 4.3.3 – Valori di BLs nelle due stazioni con alberi prestabiliti

Risultati e discussione

L'indagine di campo è stata svolta tra febbraio e luglio del 1999 ed ha previsto l'esecuzione di 2353 rilievi su tigli (741) e querce (1612), secondo quanto indicato nel protocollo operativo (§ 4.1). Sono pertanto disponibili 627 valori di BLs, che corrispondono a stazioni costituite, ciascuna, da tre a cinque alberi. Tuttavia, per le motivazioni già esposte (§ 4.2), le rappresentazioni cartografiche sono state realizzate utilizzando valori di BLs corrispondenti a 182 stazioni, 151 delle quali ricadono all'interno dei confini dei comuni dei due Parchi, selezionate secondo una griglia territoriale costituita da quadranti di 3 km di lato. I dati derivano da un totale di 705 rilievi eseguiti su 337 tigli e 368 querce.

5.1 Analisi dei dati

La statistica descrittiva dei dati raccolti, sia nel loro insieme, sia suddivisi nei quattro territori provinciali, è presentata in tabella 5.1.1. Per l'analisi sono state considerate solo le 151 stazioni che ricadono all'interno dei confini del Parco lombardo e dei comuni del Parco piemontese.

Il valore medio di BLs sull'intero territorio è pari a 18,4 e risulta molto vicino ai valori medi rilevati nelle singole province. Il valore di BLs più elevato (45,7) e quello più basso (1,0) sono stati osservati entrambi nel territorio provinciale di Novara.

Nelle figure 5.1.1 e 5.1.2 si possono apprezzare le distribuzioni di frequenza dei valori di BLs. Nelle province di Varese e Milano questi valori si dispongono attorno alla classe più frequente (16-20), secondo una distribuzione normale, indicando una sostanziale omogeneità dei due gruppi di dati. In provincia di Pavia, ed ancor più nel territorio novarese, i dati tendono invece ad assumere una distribuzione bimodale, indicando la presenza di due distinti gruppi di stazioni con differenti gradi di colonizzazione lichenica.

Tabella 5.1.1 - Statistica descrittiva dei valori di BLs nel Parco lombardo e nei comuni del Parco piemontese

Valori di BLs	Dati complessivi	Provincia di Varese	Provincia di Milano	Provincia di Pavia	Provincia di Novara
Numero osservazioni	151	28	31	59	33
Media	18,4	17,2	16,9	19,3	19,2
Mediana	18,0	16,2	16,6	19,3	18,6
Minimo	1,0	4,3	6,6	4,0	1,0
Massimo	45,7	38,0	30,8	36,0	45,7

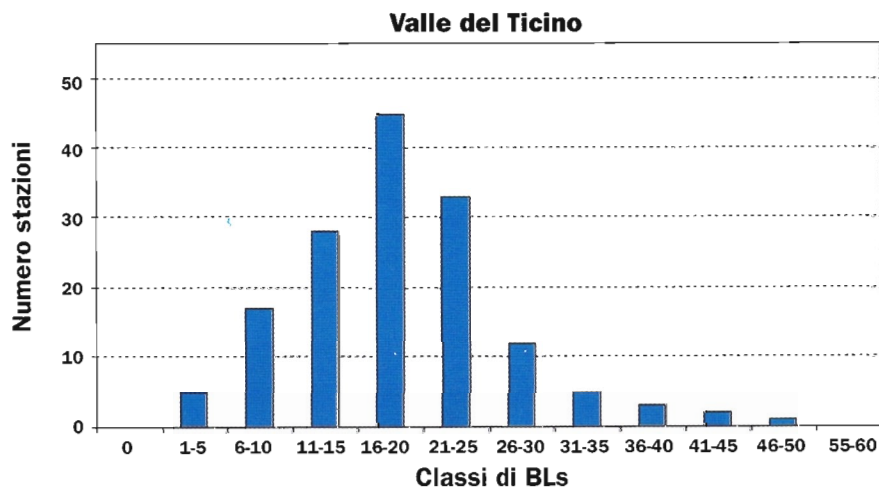


Figura 5.1.1. Distribuzione di frequenza dei valori di BLs nel Parco lombardo e nei comuni del Parco piemontese

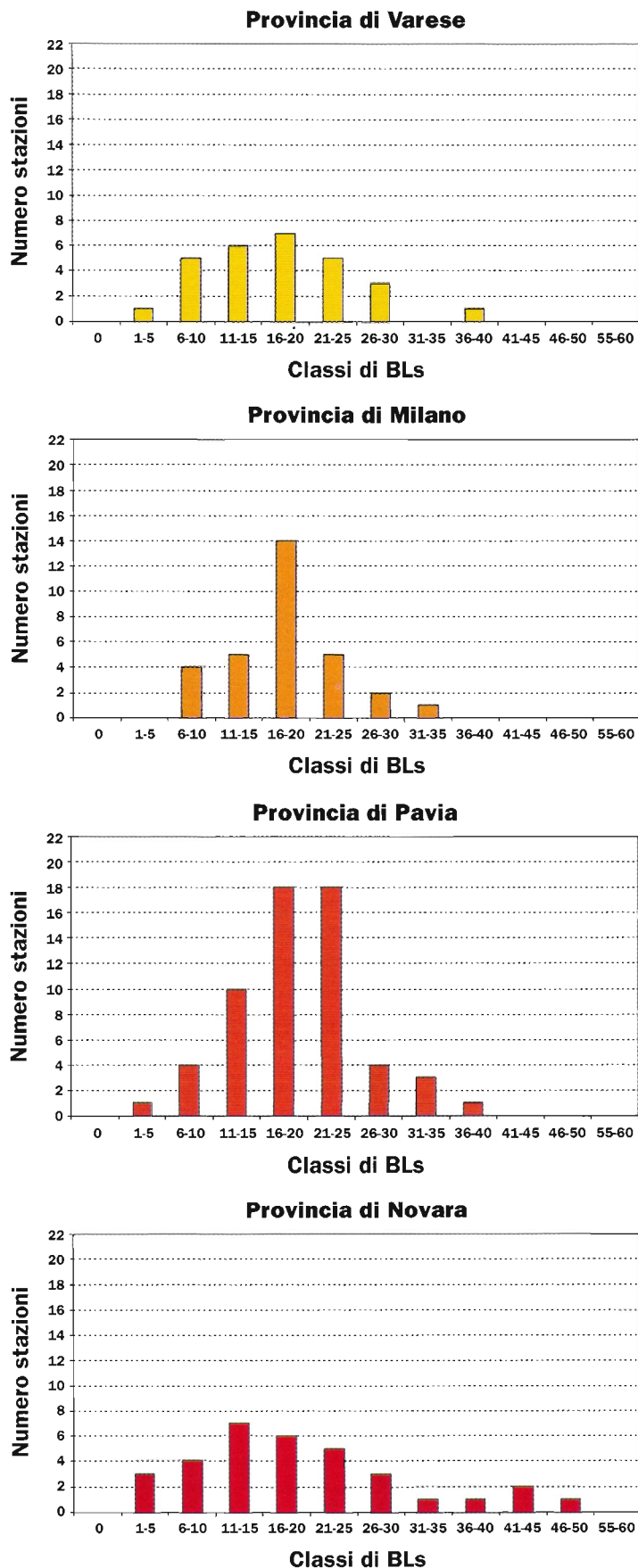


Figura 5.1.2 - Distribuzione di frequenza dei valori di BLs ottenuti nei quattro territori provinciali

In base alle sette classi di naturalità/alterazione proposte da Nimis (1999b, § 4.2), le 151 stazioni considerate risultano distribuite come indicato nella tabella 5.1.2. La maggior parte delle stazioni (circa i tre quarti del totale) presentano un grado di alterazione medio e basso, con valori di BLs compresi tra 11 e 30.

Le situazioni più critiche (alterazione alta) riguardano complessivamente circa il 15% delle stazioni indagate; una percentuale sensibilmente inferiore si osserva per la provincia di Pavia, mentre sono sensibilmente più elevate le percentuali relative alle province di Varese e Novara.

All'estremo opposto, solo per un limitato numero di stazioni (circa l'8%) si può parlare di un grado di naturalità media o alta; il territorio di Novara è l'unico a presentare stazioni con valori di BLs ad alta naturalità, ossia superiori a 40.

Tabella 5.1.2. Distribuzione (%) delle 151 stazioni nelle classi di naturalità/alterazione (Nimis, 1999b)

Valori di BLs	Naturalità/Alterazione	Dati complessivi	Provincia di Varese	Provincia di Milano	Provincia di Pavia	Provincia di Novara
0	Alterazione molto alta	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1-10	Alterazione alta	14,6	21,4	12,9	8,5	21,2
11-20	Alterazione media	48,3	46,4	61,3	47,5	39,4
21-30	Naturalità bassa/alterazione bassa	29,8	28,6	22,6	37,3	24,2
31-40	Naturalità media	5,3	3,6	3,2	6,8	6,1
41-50	Naturalità alta	2,0	0,0	0,0	0,0	9,1
>50	Naturalità molto alta	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Come si può notare dalla Tabella 5.1.2 non compaiono situazioni di deserto lichenico (BLs=0), in quanto tali valori sono stati superati da stazioni a minore alterazione presenti nello stesso quadrante.

5.2 Rappresentazioni cartografiche dei risultati

L'insieme dei dati raccolti ha permesso di ottenere alcune rappresentazioni cartografiche che visualizzano, in maniera immediata, i risultati dell'indagine. Al fine di confrontare i risultati ottenuti con i dati relativi all'uso del suolo, si riporta la cartografia relativa a questi ultimi.

Di seguito sono presentati quattro tipi di carte:

- carta della qualità dell'aria dell'intero territorio della Valle del Ticino, realizzata tramite la biodiversità dei licheni epifiti, secondo le sette classi di naturalità/alterazione;
- carte della qualità dell'aria relative ai singoli territori provinciali;
- carta della qualità dell'aria, secondo quattro classi percentili;
- carta della "variabilità" dei valori di BLs.

I primi tre tipi di carta, descrivendo la distribuzione sul territorio degli effetti dell'inquinamento atmosferico sulle popolazioni licheniche, costituiscono una rappresentazione sintetica della qualità dell'aria nella Valle del Ticino.

Nella carta della qualità dell'aria secondo le classi percentili, i valori di BLs sono stati raggruppati ponendo come limiti delle classi stesse il 25° percentile, il 50° percentile (mediana) ed il 75° percentile dei valori ottenuti. In questo modo, tutte le stazioni che hanno presentato valori superiori o inferiori al valore mediano sono rappresentate da un colore omogeneo (verde e giallo, rispettivamente) a due tonalità. A differenza della carta per classi di naturalità/alterazione, in cui alle aree a diversa colorazione corrispondono dei giudizi assoluti sull'entità degli effetti dell'inquinamento atmosferico, quest'altro tipo di rappresentazione evidenzia le zone a cui sono attribuibili giudizi relativi di migliore o peggiore qualità dell'aria all'interno del territorio monitorato.

Con il quarto tipo di carta si sono volute evidenziare, invece, quelle zone dove i valori di BLr, con cui sono stati calcolati successivamente i valori di BLs, hanno presentato la variabilità più

elevata. I dati utilizzati per l'interpolazione di tale carta sono costituiti dalla differenza tra il valore di BLr massimo e quello minimo rilevati all'interno di una stessa stazione.

In tutte le rappresentazioni cartografiche i colori utilizzati passano da una classe alla successiva secondo gradazioni intermedie e sfumate; non sono quindi visualizzate separazioni nette tra le differenti aree.

La carta di qualità dell'aria secondo le classi di naturalità/alterazione della comunità lichenica indica che in tutto il territorio della Valle del Ticino non esistono aree a naturalità molto alta (valori di BLs superiori a 50), ossia zone in cui non sono evidenti gli effetti degli inquinanti atmosferici. Solo nella parte nord-occidentale, in provincia di Novara, figurano limitate aree a naturalità alta, contraddistinte dal colore verde scuro.

Particolarmente critico appare il quadro ambientale nella fascia che va dai comuni di Cerano e Trecate, attraverso Turbigo e Castano Primo, fino a Gallarate, dove si concentrano le alterazioni più evidenti (colore rosso tendente al cremisi).

Sull'intero territorio, le situazioni più frequenti sono contraddistinte da alterazioni medie e basse, segnalate dai colori arancione e giallo.

Analogamente alla precedente, la carta per classi percentili individua l'area critica più estesa attorno alla fascia che va da Cerano a Gallarate. Bassi valori di biodiversità sono evidenziati anche per un'ampia area a sud di Pavia.

La carta che mostra la variabilità dei valori di BLr mette in evidenza quelle zone in cui la differenza tra i valori di biodiversità lichenica rilevati sui singoli alberi, all'interno di una medesima stazione, risulta più o meno accentuata. Questo fenomeno può esprimere l'effetto di disturbi molto localizzati in corrispondenza di aree in cui vi sono gradienti di BLs accentuati, ma anche un processo di ricolonizzazione che comincia ad interessare gli alberi più facilmente raggiungibili dalle strutture riproduttive dei licheni. Esempi di situazioni di questo tipo sono osservabili tra Sesto Calende e Somma Lombardo, tra Marcallo e Abbiategrasso, tra Vigevano e Zerbolò.

Viene inoltre pubblicata la griglia di distribuzione delle 182 stazioni utilizzate per la realizzazione delle carte tematiche.

Esaminando in dettaglio la situazione nei singoli territori provinciali si possono mettere in evidenza impatti di varia natura, dovuti a sorgenti puntiformi o diffuse di inquinamento.

L'area in **provincia di Varese**, ricompresa nel Parco Lombardo del Ticino, è la più urbanizzata ed industrializzata di tutta la provincia: in tale zona, prevalentemente pianeggiante ed a tratti collinare nella parte a nord, sono situati i comuni di Gallarate, terzo per numero di abitanti dopo Varese e Busto Arsizio, Somma Lombardo, Lonate Pozzolo e Sesto Calende; inoltre in tali aree sono concentrate numerose industrie manifatturiere, tessili e chimiche.

Unitamente a tali fattori, l'ampliamento delle strutture di Malpensa e la presenza di strade di grande comunicazione, possono spiegare la compromissione della qualità dell'aria, che è maggiormente evidente nell'area aeroportuale ed in quelle circostanti e nella zona sud del comune di Sesto Calende, in prossimità dell'ingresso dell'autostrada A8.

La porzione territoriale con miglior qualità dell'aria, visualizzata in verde, con valori di BLs compresi tra 31 e 40, è ubicata tra i confini del comune di Golasecca e di Somma Lombardo, meno interessata da elevato traffico autoveicolare e da emissioni industriali.

Buona parte del territorio della **provincia di Milano** che ricade all'interno del Parco del Ticino presenta valori di BLs collocabili in una classe di alterazione media, ossia compresi tra 11 e 20. La situazione più critica è riscontrabile nella parte settentrionale dell'area considerata (comuni di Robecchetto con Induno, Turbigo, Castano Primo e Vanzaghella), nella quale è presente, tra l'altro, una rilevante sorgente di emissioni rappresentata dalla centrale termoelettrica ENEL di Turbigo.

L'attraversamento da parte di importanti arterie di traffico, quali l'autostrada A4, non sembra

influenzare significativamente la qualità dell'aria, almeno in relazione alla scala territoriale utilizzata.

Seguendo l'asta del fiume verso sud, gli effetti dell'inquinamento atmosferico risultano sensibilmente meno evidenti ed è possibile riscontrare alcune aree localizzate in cui la comunità lichenica presenta un grado di alterazione basso. In altre zone (Morimondo, Besate) le pratiche legate all'attività agricola possono aver contribuito a mantenere una bassa biodiversità lichenica, rispetto alle aree limitrofe (§ 4.2).

Nella **provincia di Pavia** spiccano due aree a naturalità media (color verde chiaro) a ovest di Vigevano e a nord di Pavia. Prevalgono, come in tutto il resto della valle fluviale, condizioni di alterazione media e bassa. Si evidenzia poi un'area ad elevata alterazione a sud del capoluogo, dove sembra di cogliere l'impatto negativo di due vie di grande comunicazione, la strada statale 35 e la strada statale 596, considerato che la direzione prevalente del movimento dell'aria nell'area considerata è da sud-ovest a nord-est. Occorre, tuttavia, tenere presente che in quella zona si sono incontrate notevoli difficoltà nell'individuazione di alberature idonee ai rilievi, i quali sono stati effettuati quasi esclusivamente su querce in aree agricole e possono aver risentito degli effetti di locali pratiche agronomiche (§ 4.2).

In **provincia di Novara** si osservano le situazioni estreme più evidenti d'alterazione/naturalità dell'intera area di studio. Procedendo da nord a sud si passa, infatti, da zone caratterizzate da media ed alta naturalità a condizioni di elevata compromissione della qualità dell'aria.

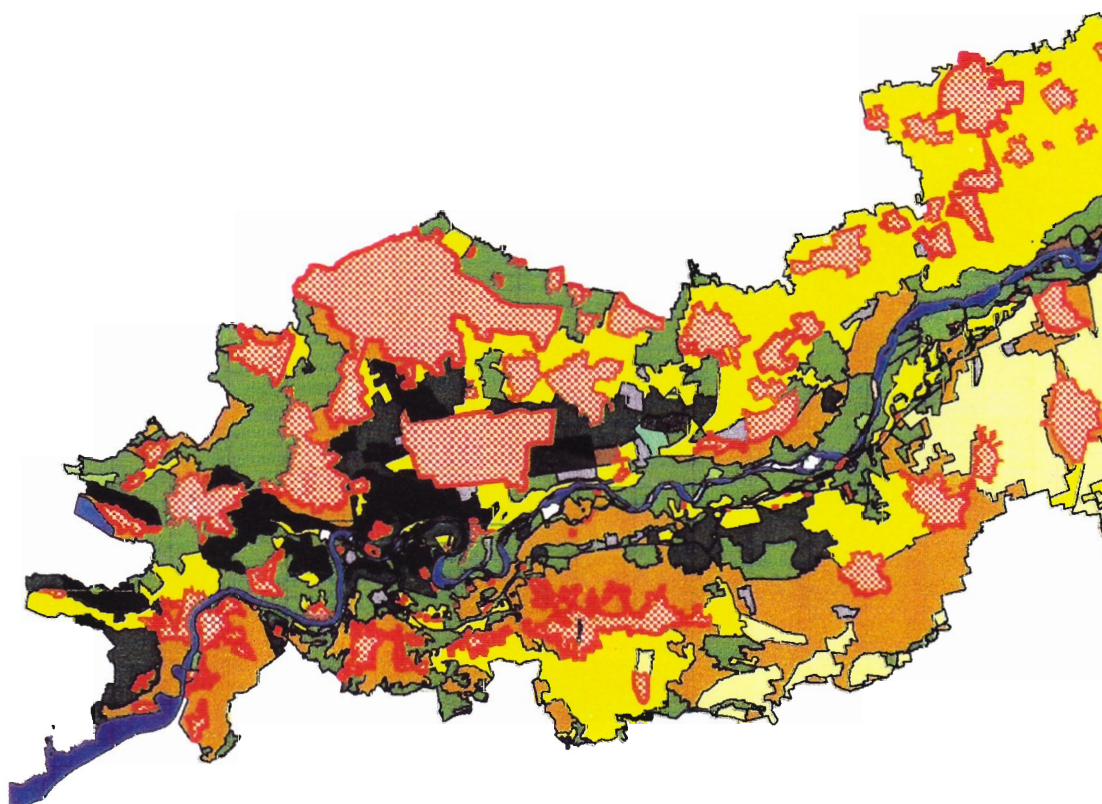
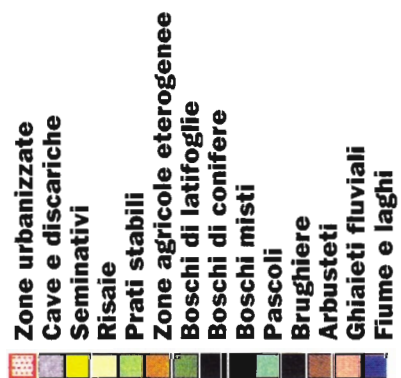
Questa varietà di situazioni è da imputare principalmente ad una non omogenea distribuzione degli insediamenti industriali. Infatti, l'area che risulta più alterata è quella a sud comprendente i comuni di Trecate e Cerano. In quest'area sono presenti attività di tipologia produttiva molto varia comprendenti industrie chimiche, metallurgiche e tessili. Di particolare rilevanza è la presenza nel territorio di Trecate della raffineria SARPOM, e della COLUMBIAN CARBON EUROPA, industria che produce nerofumo. Oltre alle attività industriali, anche la vicina centrale termoelettrica di Turbigo e le diverse arterie stradali d'importanza interregionale hanno indubbiamente esercitato un impatto ambientale negativo. Aree a medio-alta alterazione sono evidenti anche nella fascia comprendente la periferia dei comuni di Oleggio e Bellinzago, territori moderatamente industrializzati.

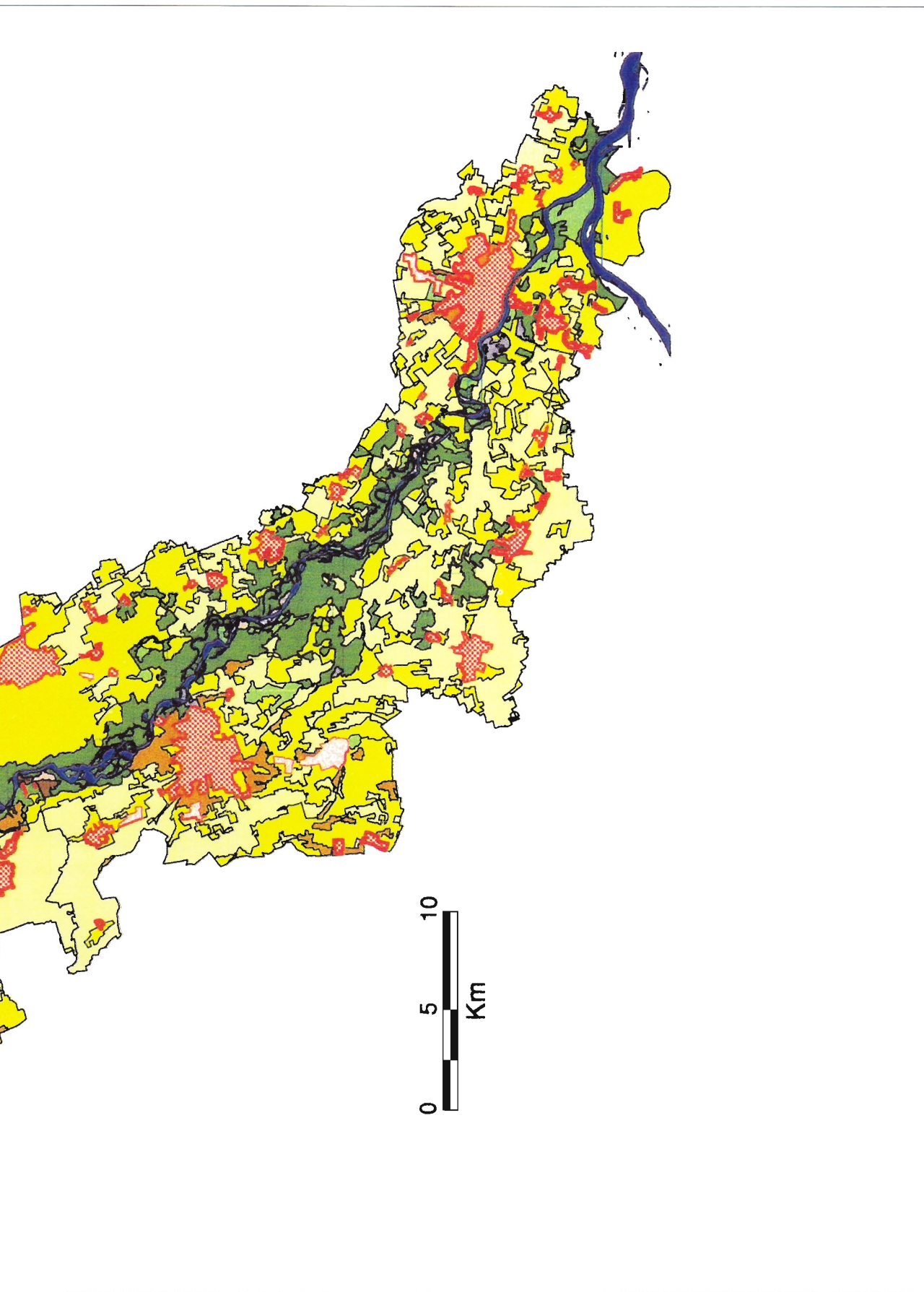
La zona a naturalità medio-alta è rappresentata dall'area a nord-ovest in cui sono presenti numerose strutture residenziali e le relative sedi stradali con modesto traffico autoveicolare.

Altri fattori, oltre a quelli già esaminati, hanno avuto probabilmente un importante ruolo nella determinazione delle condizioni di alterazione e naturalità come ad esempio l'altitudine, i venti e la presenza di boschi fitti nella zona settentrionale.

La migliore qualità dell'aria, riscontrata nella zona più a nord comprendente il comune di Castelletto Ticino ed aree contermini, è probabilmente da attribuirsi al fatto che nel territorio della provincia di Novara esiste un discreto dislivello verso nord: si passa dalle zone pianeggianti, con un'altitudine di circa 100 m s.l.m., alle zone collinari che raggiungono i 250-500 m s.l.m. Questa differenza di quota, unita al fatto che i venti spirano di solito dalle zone settentrionali verso quelle meridionali, può aver favorito una separazione fra masse inquinate a valle e masse salubri sulle colline.

Uso del suolo

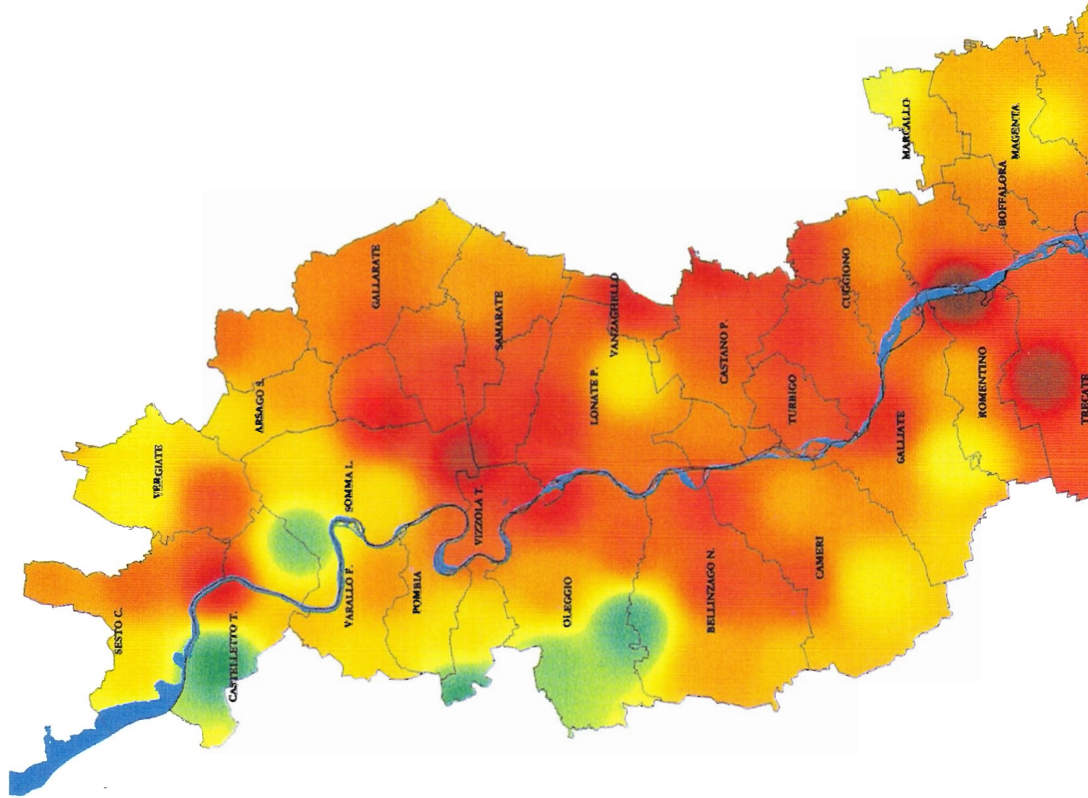


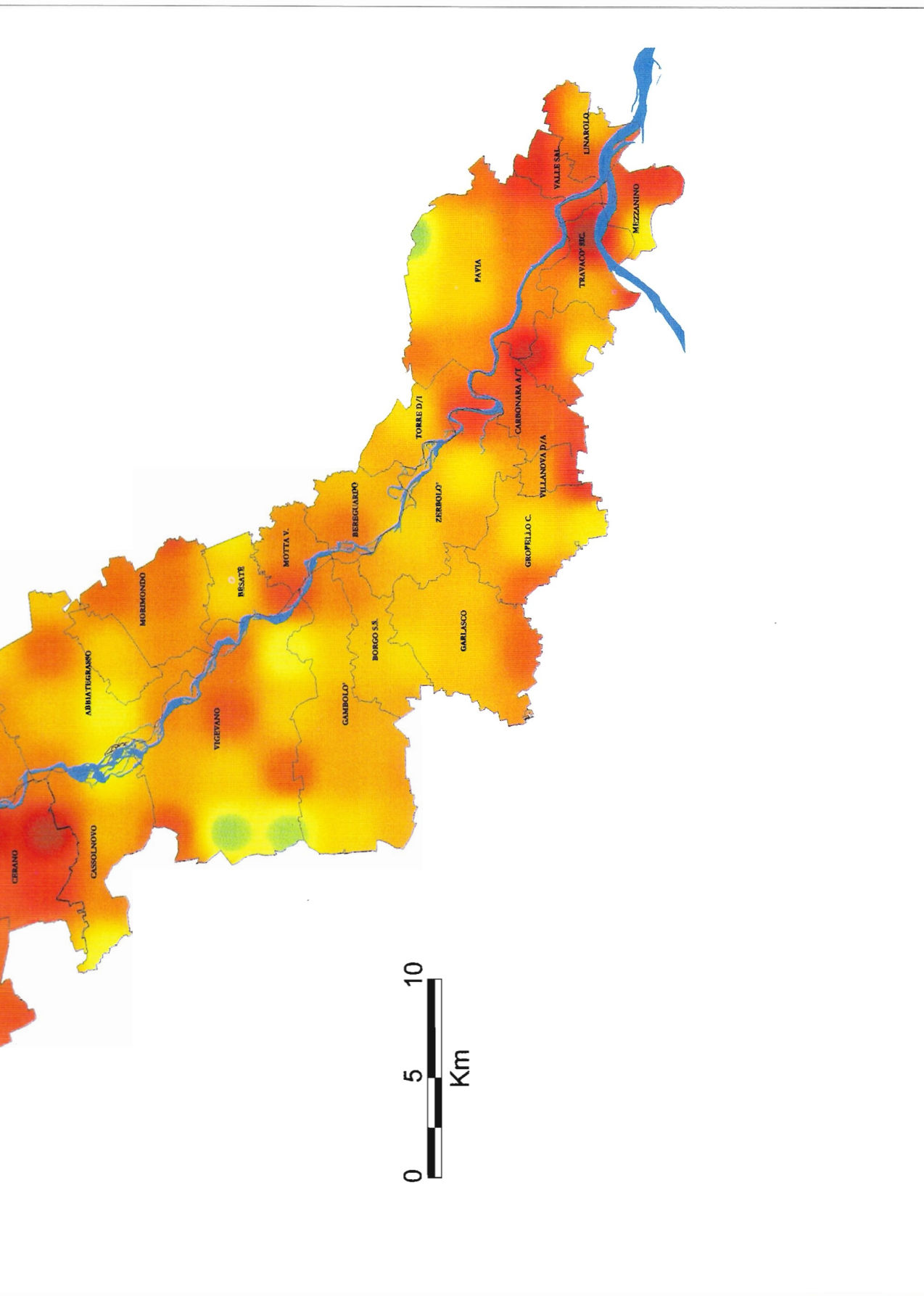


Carta dell'uso del suolo nel Parco Lombardo della Valle del Ticino e nei Comuni del Parco Naturale del Ticino Piemontese.
Carta rielaborata dai dati di CORINE LAND COVER PROJECT PROGRESS OF WORK (novembre 1991).

Biodiversità lichenica
Classi di Naturalità/Alterazione
Valle del Ticino

- >50 Naturalità molto alta
- 41-50 Naturalità alta
- 31-40 Naturalità media
- 21 Alterazione bassa / Naturalità bassa
- 11-20 Alterazione media
- 1-10 Alterazione alta
- 0 Alterazione molto alta

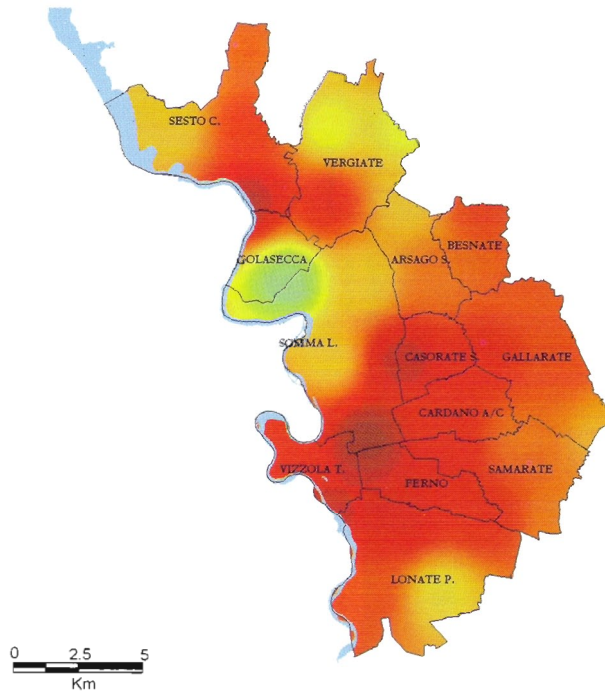




Carta della qualità dell'aria nella Valle del Ticino ottenuta mediante la rilevazione della biodiversità lichenica.
Gli effetti dell'inquinamento atmosferico sono visualizzati per mezzo di colori convenzionali corrispondenti a sette classi di naturalità/alterazione della comunità dei licheni epifiti. A bassi valori di biodiversità corrispondono maggiori effetti negativi dell'inquinamento atmosferico e viceversa.

Biodiversità lichenica
Classi di Naturalità/Alterazione
Provincia di Varese

- >50 Naturalità molto alta
- 41-50 Naturalità alta
- 31-40 Naturalità media
- 21 Alterazione bassa / Naturalità bassa
- 11-20 Alterazione media
- 1-10 Alterazione alta
- 0 Alterazione molto alta

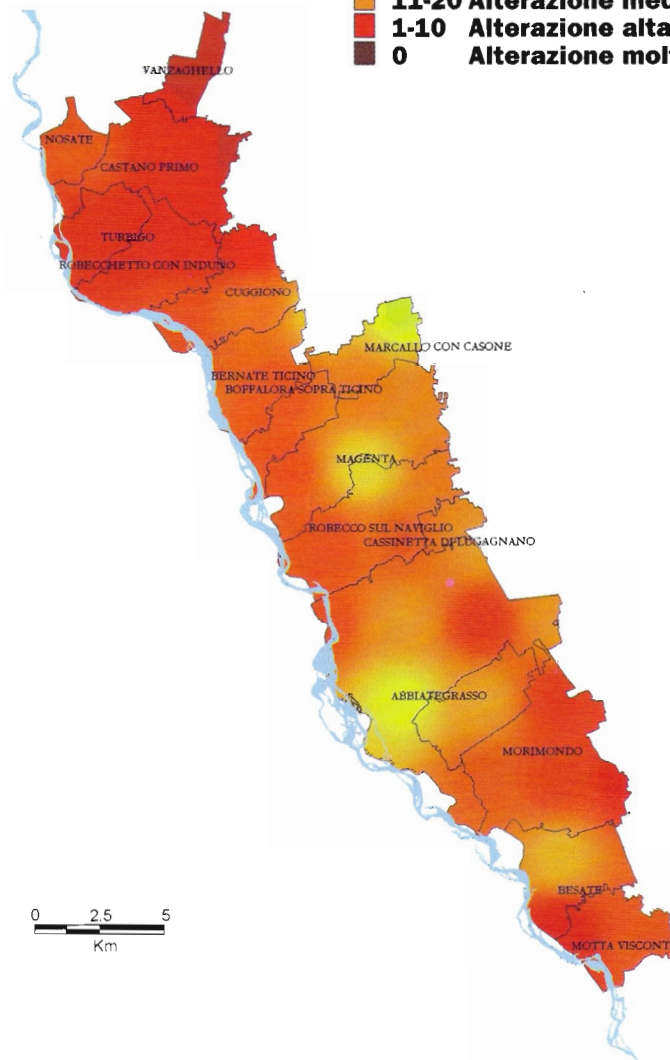


Carta della qualità dell'aria nel territorio della provincia di Varese ricadente nel Parco del Ticino, ottenuta mediante la rilevazione della biodiversità lichenica.

Gli effetti dell'inquinamento atmosferico sono visualizzati per mezzo di colori convenzionali corrispondenti a sette classi di naturalità/alterazione della comunità dei licheni epifiti. A bassi valori di biodiversità corrispondono maggiori effetti negativi dell'inquinamento atmosferico e viceversa.

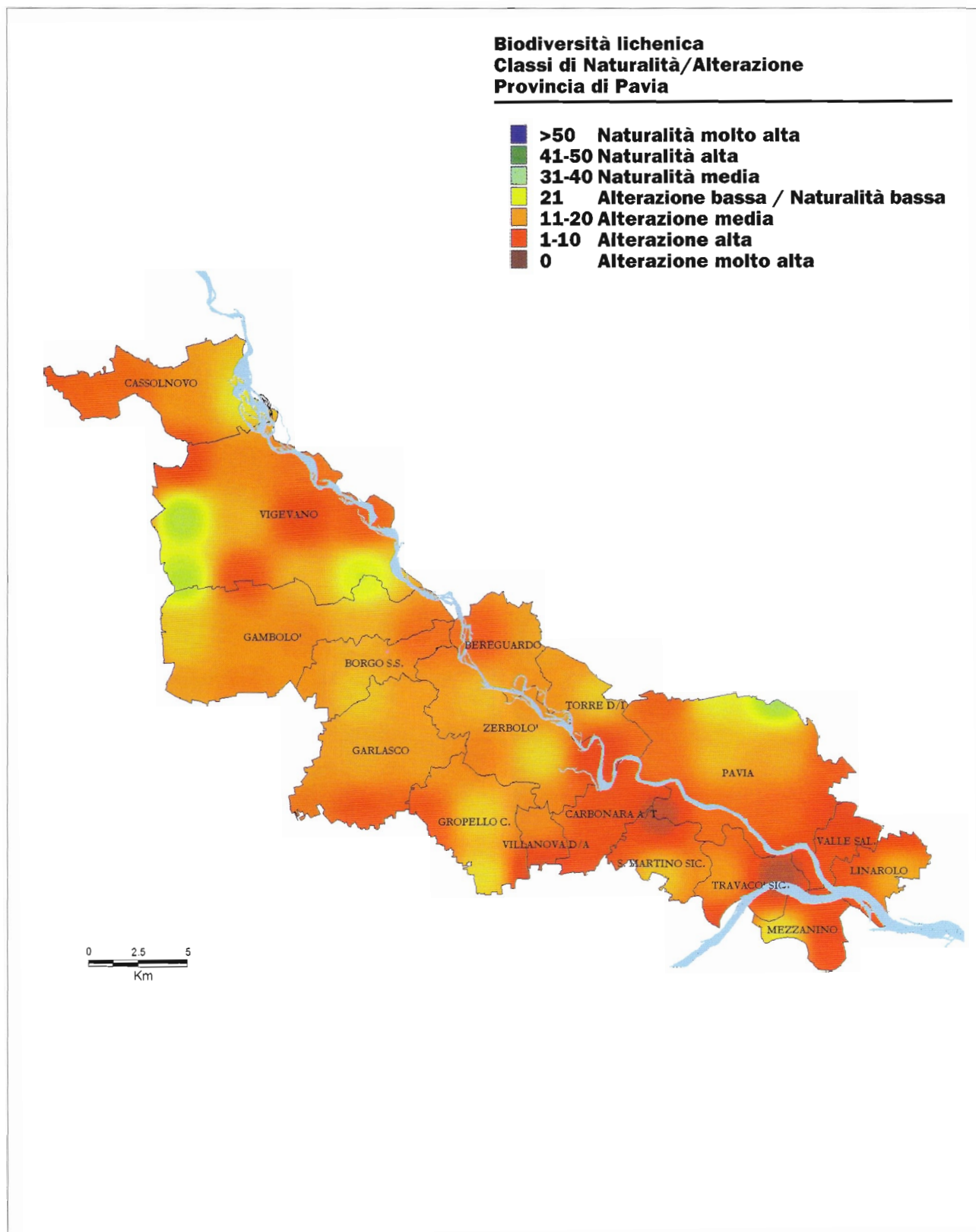
Biodiversità lichenica
Classi di Naturalità/Alterazione
Provincia di Milano

- >50 Naturalità molto alta
- 41-50 Naturalità alta
- 31-40 Naturalità media
- 21 Alterazione bassa / Naturalità bassa
- 11-20 Alterazione media
- 1-10 Alterazione alta
- 0 Alterazione molto alta



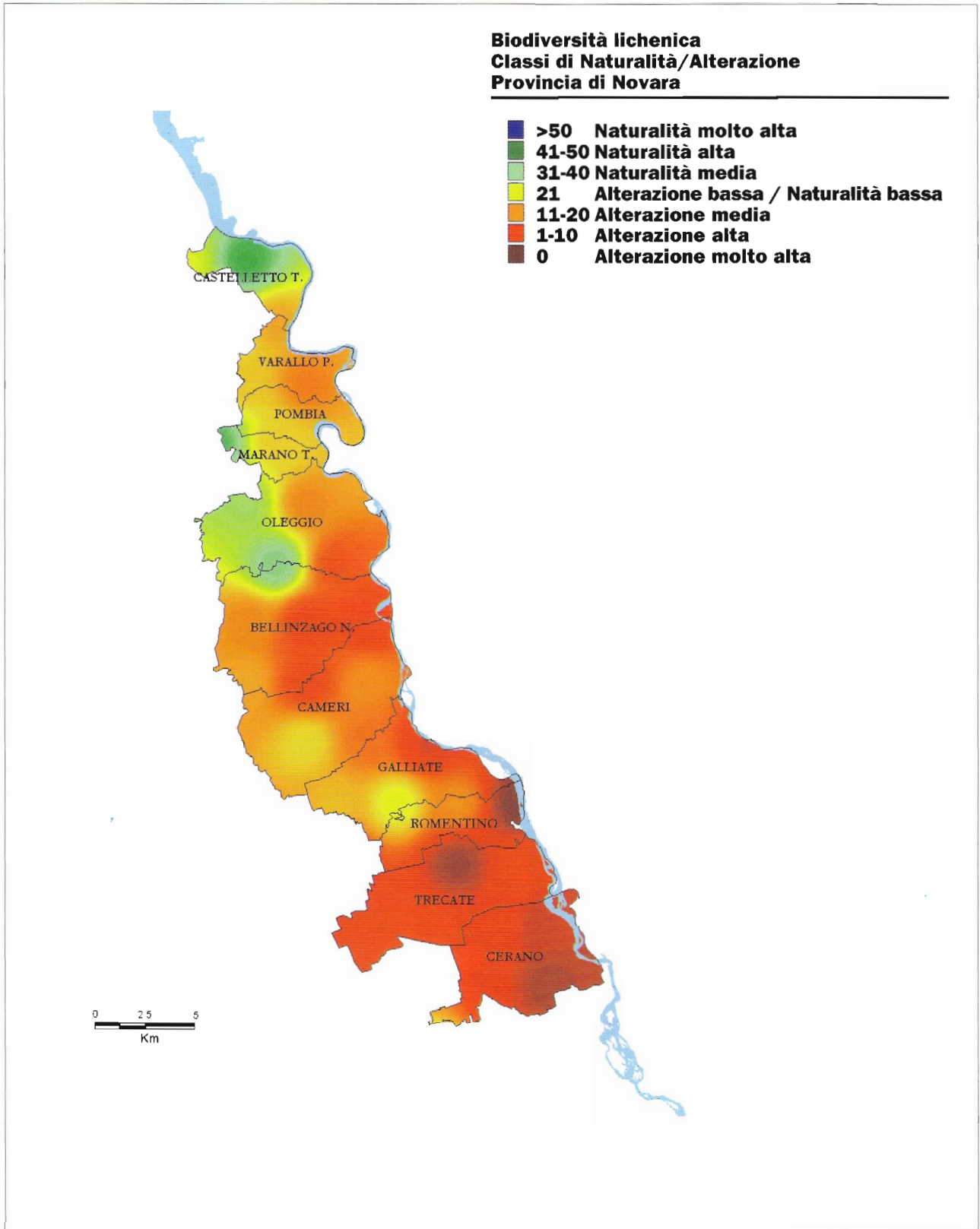
Carta della qualità dell'aria nel territorio della provincia di Milano ricadente nel Parco del Ticino, ottenuta mediante la rilevazione della biodiversità lichenica.

Gli effetti dell'inquinamento atmosferico sono visualizzati per mezzo di colori convenzionali corrispondenti a sette classi di naturalità/alterazione della comunità dei licheni epifiti. A bassi valori di biodiversità corrispondono maggiori effetti negativi dell'inquinamento atmosferico e viceversa.



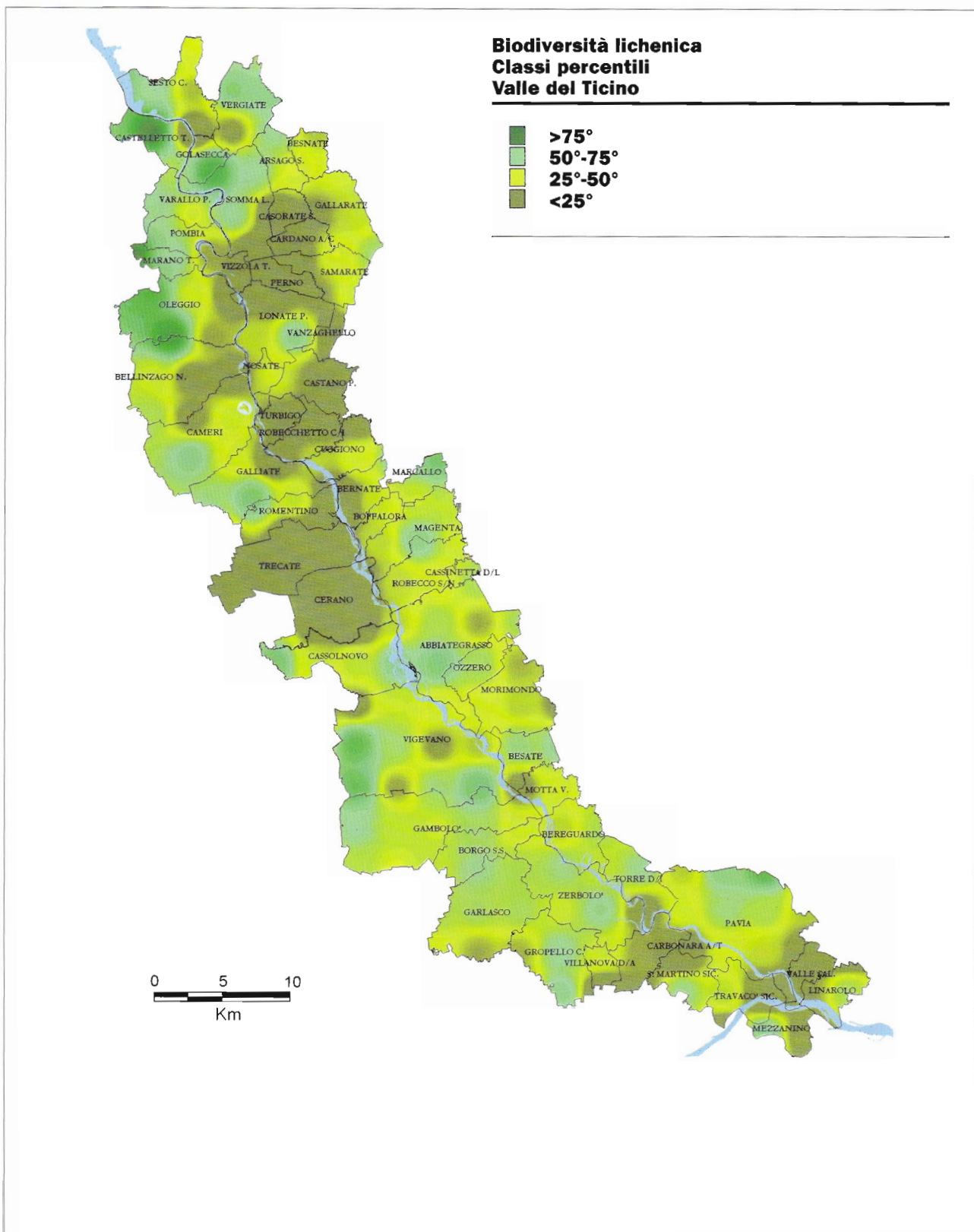
Carta della qualità dell'aria nel territorio della provincia di Pavia ricadente nel Parco del Ticino, ottenuta mediante la rilevazione della biodiversità lichenica.

Gli effetti dell'inquinamento atmosferico sono visualizzati per mezzo di colori convenzionali corrispondenti a sette classi di naturalità/alterazione della comunità dei licheni epifiti. A bassi valori di biodiversità corrispondono maggiori effetti negativi dell'inquinamento atmosferico e viceversa.



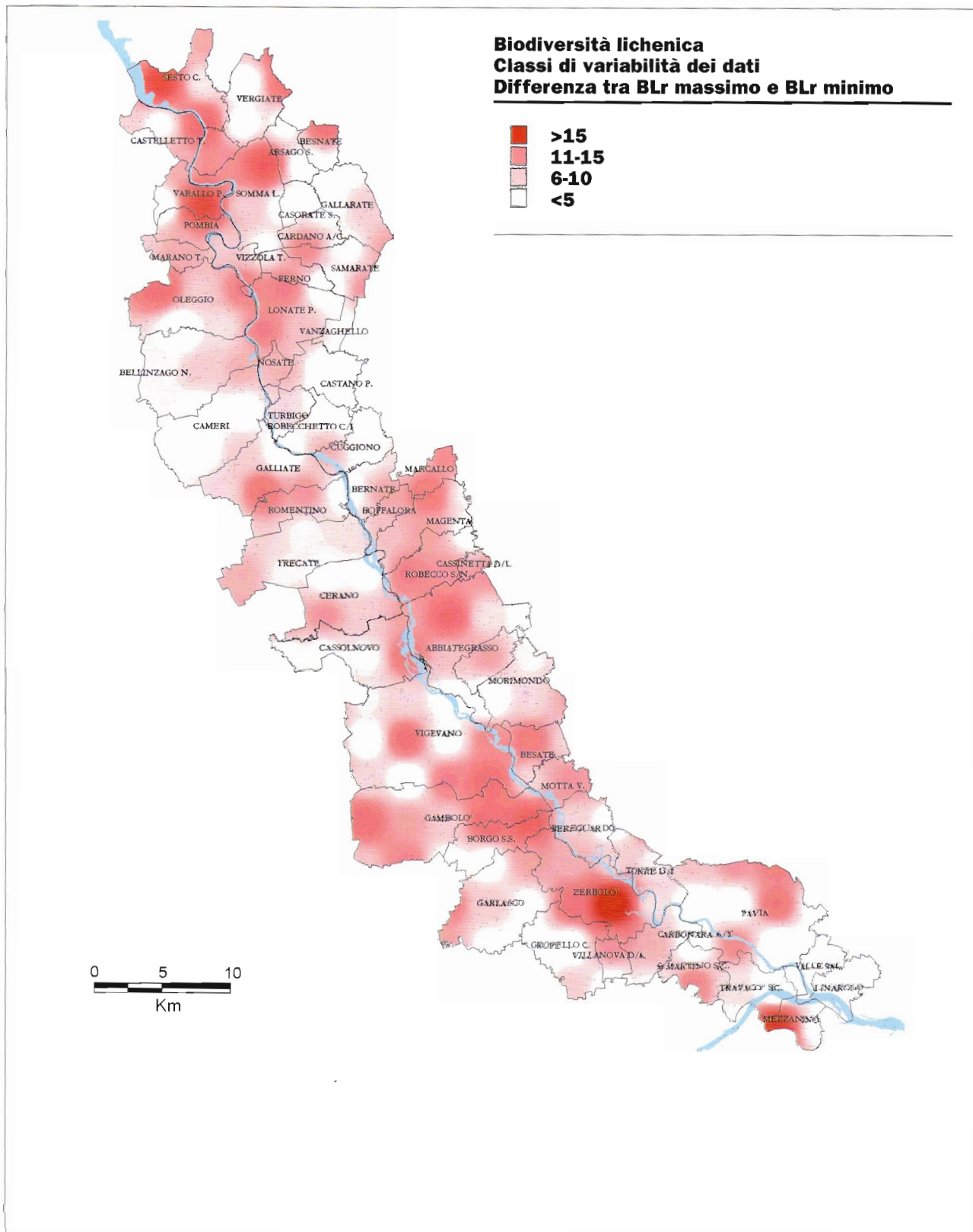
Carta della qualità dell'aria nel territorio della provincia di Novara ricadente nel Parco del Ticino, ottenuta mediante la rilevazione della biodiversità lichenica.

Gli effetti dell'inquinamento atmosferico sono visualizzati per mezzo di colori convenzionali corrispondenti a sette classi di naturalità/alterazione della comunità dei licheni epifiti. A bassi valori di biodiversità corrispondono maggiori effetti negativi dell'inquinamento atmosferico e viceversa.

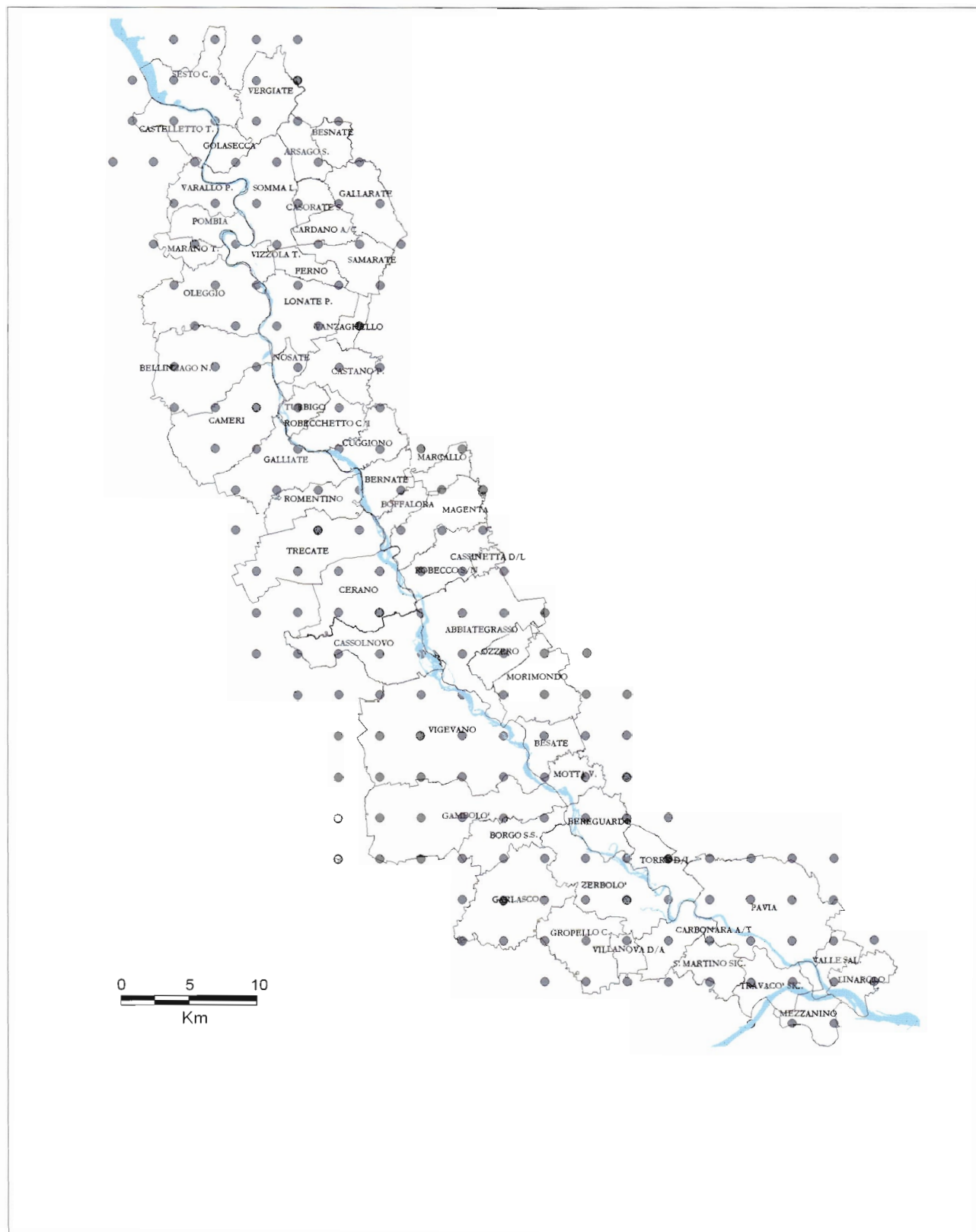


Carta della qualità dell'aria nella Valle del Ticino, ottenuta mediante la rilevazione della biodiversità lichenica.

Gli effetti dell'inquinamento atmosferico sono visualizzati in base a quattro classi che raggruppano i valori di biodiversità lichenica superiori (verde scuro e verde chiaro) o inferiori (giallo chiaro e giallo scuro) al valore mediano dei dati raccolti sull'intero territorio.



Carta della variabilità dei valori di biodiversità lichenica riscontrati all'interno di una medesima stazione di rilievo, calcolata come differenza tra il valore (BLr) massimo e il valore (BLr) minimo.



5.3 Confronto con le indagini precedenti

5.3.1 Territorio lombardo del Parco

Una campagna di biomonitoraggio analoga alla presente era stata svolta nel 1994 nel territorio del Parco Lombardo (Casarini *et al.*, 1995). In quella occasione l'area di studio era stata suddivisa in quadranti di 4 km di lato, all'interno di ognuno dei quali veniva individuata almeno una stazione di rilevamento.

I criteri per la scelta delle specie arboree idonee e le modalità di rilevamento dei valori di BL (allora indicata come Index of Atmospheric Purity - I.A.P.), adottate nel presente lavoro, sono del tutto sovrapponibili ai criteri e modalità della precedente indagine, per cui è possibile effettuare un confronto diretto con i dati pregressi.

Nel corso della presente indagine, le stesse stazioni di campionamento considerate nella campagna del 1994 sono state sottoposte a rilevamento, al fine di evidenziare l'evoluzione della biodiversità lichenica nel periodo trascorso. È stato possibile eseguire il ricampionamento in 65 delle 71 stazioni precedentemente osservate (figura 5.3.1).

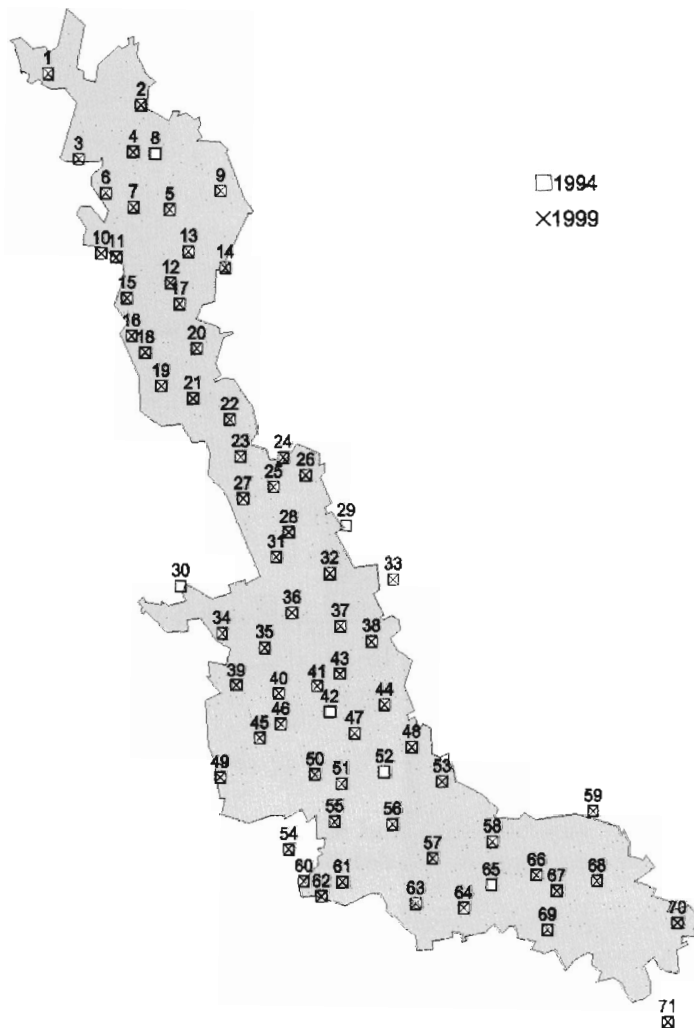


Figura 5.3.1 - Stazioni di campionamento considerate nelle due campagne di indagine (1994 e 1999)

La statistica descrittiva dei risultati ottenuti è presentata in tabella 5.3.1. Come si può notare, il valore medio ed il valore massimo di BLs riferiti al 1999 sono nettamente più elevati (circa il doppio) rispetto a quelli della campagna precedente.

Tabella 5.3.1 - Statistica descrittiva dei valori di BLs ottenuti nelle due campagne di biomonitoraggio nel territorio lombardo del Parco del Ticino

	1994	1999
Numero di osservazioni	71	65
Media	8,0	16,5
Mediana	8,0	17,7
Minimo	0,0	0,0
Massimo	21,5	39,6

La rappresentazione grafica delle distribuzioni dei valori di BLs, ottenuti nelle due campagne (figura 5.3.2), permette di apprezzare una netta diminuzione del numero di stazioni con deserto lichenico e con bassa biodiversità ed un corrispondente aumento di quelle con biodiversità più elevata.

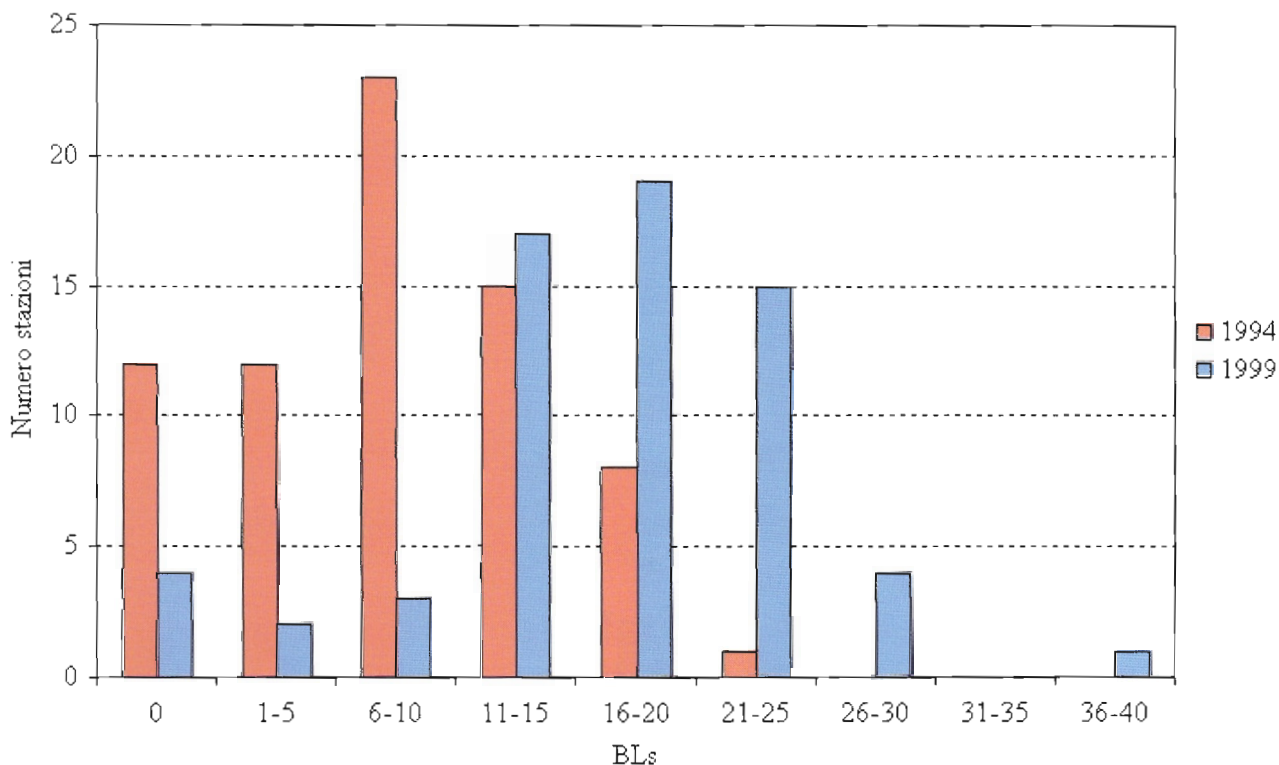


Figura 5.3.2 - Distribuzione di frequenza dei valori di BLs ottenuti nelle due campagne di biomonitoraggio condotte nel Parco Lombardo del Ticino

Le stazioni sono state raggruppate facendo riferimento alle sette classi proposte da Nimis (1999b), le quali esprimono il grado di deviazione da condizioni "naturali" (non inquinate). Come evidenziato in tabella 5.3.2, solamente il 14% delle stazioni campionate nel 1999 presentano un grado di alterazione alto o molto alto. Nella campagna 1994 tale percentuale era pari al 66,2. Attualmente circa il 30% delle stazioni presentano caratteristiche di bassa alterazione della comunità lichenica epifita, giudizio che era esprimibile nel 1994 solo per poco più dell'1% delle stazioni.

Tabella 5.3.2 - Distribuzione (%) delle stazioni nelle sette classi proposte da Nimis (1999b)

Valori di BLs	Naturalità/Alterazione	1994	1999
0	Alterazione molto alta	16,9	6,2
1-10	Alterazione alta	49,3	7,7
11-20	Alterazione media	32,4	55,4
21-30	Naturalità bassa/alterazione bassa	1,4	29,2
31-40	Naturalità media	0,0	1,5
41-50	Naturalità alta	0,0	0,0
>50	Naturalità molto alta	0,0	0,0

Il fenomeno della ricomparsa di licheni epifiti in aree in cui precedentemente risultavano scarsi o assenti è stato seguito in alcune città europee come Monaco, Londra e Parigi. In Italia è stato osservato nella città di Torino e nell'intera regione Veneto (Piervittori, 1999).

Tale fenomeno può essere messo in relazione alla riduzione, avvenuta in questi ultimi anni, dei tassi di emissione di SO_2 , inquinante verso cui i licheni risultano particolarmente sensibili (§§ 1.2.1 e 3.2).

Di seguito sono riportate le rappresentazioni cartografiche dei risultati ottenuti. In particolare, la figura 5.3.3 rappresenta la carta della biodiversità lichenica ottenuta nel 1994 (Casarini *et al.*, 1995), dove i valori di BLs sono raggruppati in sei classi, i cui limiti, in assenza allora di linee guida standardizzate, erano stati definiti soggettivamente in base all'intervallo di variazione dell'indice sull'intera area di studio, intervallo che risultava assai meno ampio rispetto a quello attuale. La stessa suddivisione dei valori di BLs è stata mantenuta per la rappresentazione dei dati raccolti nel 1999 (figura 5.3.4), al fine di rendere immediato il confronto con la mappa precedentemente realizzata.

Come già sottolineato, ciò che emerge dal raffronto delle due carte è la netta riduzione delle aree a bassa biodiversità (colori rosso, arancio e giallo) e quindi il complessivo miglioramento della situazione.

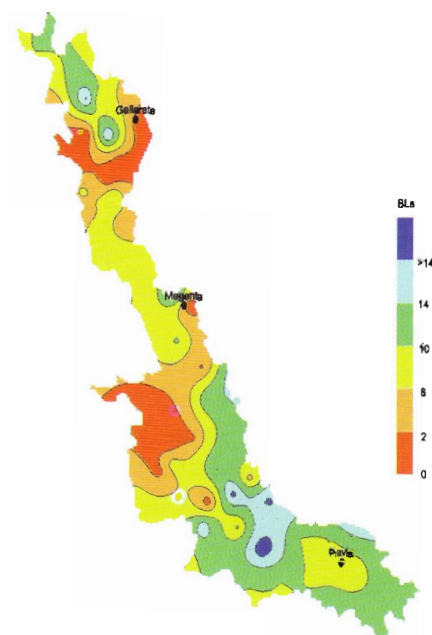


Figura 5.3.3 – Carta della qualità dell'aria nel Parco Lombardo del Ticino ottenuta mediante la rilevazione della biodiversità lichenica (BLs) nel 1994.

La suddivisione in classi ed il relativo colore erano stati stabiliti soggettivamente in base all'intervallo di variazione dei dati raccolti (Casarini *et al.*, 1995).

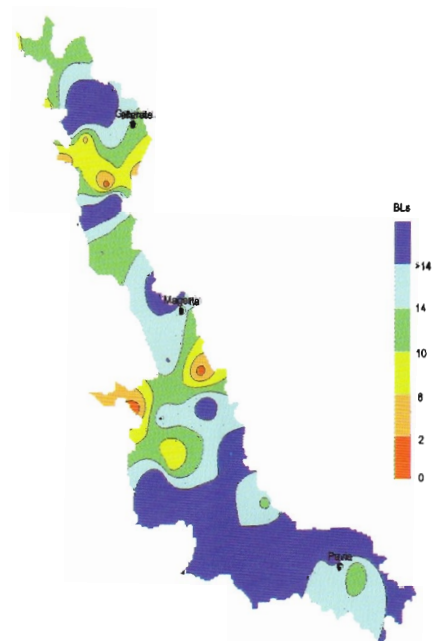


Figura 5.3.4 – Carta della qualità dell'aria nel Parco Lombardo del Ticino ottenuta mediante la rilevazione della biodiversità lichenica (BLs) nel 1999, considerando solamente le stazioni monitorate nel 1994.

Per rendere immediato il confronto, è stata mantenuta la stessa suddivisione in classi e gli stessi colori utilizzati in figura 5.3.3.

Un'ulteriore rappresentazione cartografica è stata ottenuta utilizzando le differenze di BLs calcolate nei due periodi di indagine (figura 5.3.5). Tali differenze sono state raggruppate in funzione del grado di ricolonizzazione lichenica, secondo i criteri riportati in tabella 5.3.3.

Tabella 5.3.3 - Grado di ricolonizzazione lichenica in funzione delle differenze di BLs rilevata nelle due campagne

Differenza (BLs 1999 - BLs 1994)	Grado di ricolonizzazione lichenica
<5	Assente o scarso
5 - 10	Debole
>10	Evidente

Nell'interpretare la carta è necessario tenere presente che i valori rappresentati, essendo il risultato di una differenza, non sono interpretabili come valori assoluti. Infatti, le stazioni in cui si sono osservati gli incrementi di BLs più consistenti possono non coincidere con le zone a migliore qualità dell'aria (§ 5.1).

Le evidenze più marcate di ricolonizzazione lichenica sono riscontrabili in alcune stazioni situate tra Motta Visconti, Gambolò e Garlasco e ad ovest di Pavia. Segnali di ripresa sono osservabili localmente, ad esempio a Magenta e Gallarate.

In altre zone la ricolonizzazione lichenica procede più a rilento, con alcune situazioni più critiche, ad esempio, tra Cardano e Lonate Pozzolo, tra Castano Primo, Turbigo e Cuggiono e intorno all'asse Robecco-Morimondo.

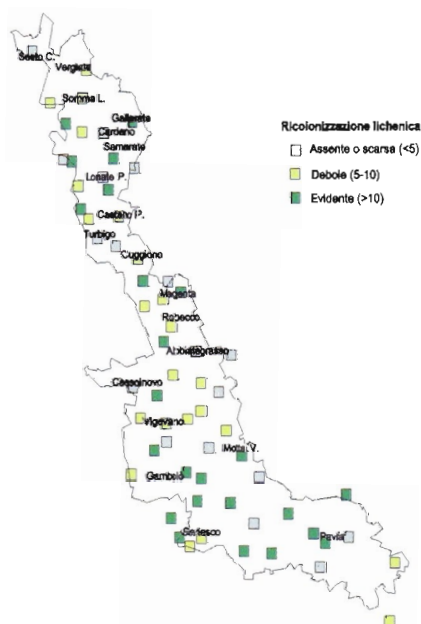


Figura 5.3.5 - Grado di ricolonizzazione lichenica nel Parco lombardo del Ticino tra il 1994 ed il 1999

Confrontando le liste floristiche (tabella 5.3.4) relative alle stesse stazioni, appare evidente che l'elenco delle specie licheniche si è notevolmente arricchito nei cinque anni intercorsi tra le due campagne di monitoraggio, passando da 45 a 60 specie. Le specie nuove, considerando il fatto che nell'elenco compilato nel 1999 mancano 4 specie rinvenute nel 1994, sono 19.

In merito al mancato ritrovamento di alcune specie, occorre precisare che la loro presenza risultava estremamente sporadica (presenza in non più di due stazioni) e tre di essi (*A. punctiformis*, *L. microscopicum* e *O. varia*) erano presenti in aree boschive dove, secondo il protocollo utilizzato, non si è più penetrati, posizionando la stazione esternamente al bosco stesso. Inoltre, non

sempre è stato possibile individuare gli stessi alberi, né tanto meno posizionare il reticolo con lo stesso orientamento, dal momento che il protocollo indica il posizionamento sulla parte del tronco più ricca di licheni, la quale può cambiare col passare degli anni. Una specie poco frequente, presente con un solo esemplare, può quindi risultare esclusa in fase di rilevamento.

Tabella 5.3.4 - Liste delle specie licheniche osservate nel Parco Lombardo del Ticino

1994

<i>Amandinea punctata</i> (Hoffm.) Coppins & Sheid.
+ <i>Arthonia punctiformis</i> Ach.
<i>Candelaria concolor</i> (Dickson) B.Stein
<i>Candelariella reflexa</i> (Nyl.) Lettau
<i>Candelariella xanthostigma</i> (Ach.) Lettau
+ <i>Cladonia caespiticia</i> (Pers.) Flörke
<i>Cladonia coniocraea</i> auct.
<i>Cladonia fimbriata</i> (L.) Fr.
<i>Cladonia parasitica</i> (Hoffm.) Hoffm.
<i>Evernia prunastri</i> (L.) Ach.
<i>Hyperphyscia adglutinata</i> (Flörke) H. Mayrh. & Poelt
<i>Hypogymnia physodes</i> (L.) Nyl.
<i>Hypogymnia tubulosa</i> (Schraerer) Havaas
<i>Lecanora chlarotera</i> Nyl.
<i>Lecanora hagenii</i> (Ach.) Ach.
<i>Lecanora symmicta</i> (Ach.) Ach.
<i>Lecidella elaeochroma</i> (Ach.) Haszl.
+ <i>Leprocaulon microscopicum</i> (Vill.) D. Hawksw
<i>Opegrapha atra</i> Pers.
+ <i>Opegrapha varia</i> Pers.
<i>Parmelia acetabulum</i> (Necker) Duby
<i>Parmelia caperata</i> (L.) Ach.
<i>Parmelia elegantula</i> (Zahlbr.) Szat.
<i>Parmelia exasperata</i> de Not
<i>Parmelia glabratula</i> (Lamy) Nyl. ssp. <i>glabratula</i>
<i>Parmelia quercina</i> (Willd.) Vainio
<i>Parmelia subargentifera</i> Nyl.
<i>Parmelia subaurifera</i> Nyl.
<i>Parmelia subrudecta</i> Nyl.
<i>Parmelia sulcata</i> Taylor
<i>Parmelia tiliacea</i> (Hoffm.) Ach.
<i>Phaeophyscia orbicularis</i> (Necker) Moberg
<i>Physcia adscendens</i> (Fr.) H. Olivier
<i>Physcia biziana</i> (Massal.) Zahlbr. v. <i>biziana</i>
<i>Physcia dubia</i> (Hoffm.) Lettau v. <i>dubia</i>
<i>Physcia tenella</i> (Scop.) DC.
<i>Physcia vitii</i> Nadv.
<i>Physconia distorta</i> (With.) Laundon
<i>Physconia grisea</i> (Lam.) Poelt ssp. <i>grisea</i>
<i>Pseudevernia furfuracea</i> (L.) Zopf
<i>Ramalina fastigiata</i> (Pers.) Ach.

1999

<i>Amandinea punctata</i> (Hoffm.) Coppins & Sheid.
* <i>Caloplaca</i> sp.
<i>Candelaria concolor</i> (Dickson) B.Stein
<i>Candelariella reflexa</i> (Nyl.) Lettau
<i>Candelariella xanthostigma</i> (Ach.) Lettau
<i>Cladonia coniocraea</i> auct.
<i>Cladonia fimbriata</i> (L.) Fr.
<i>Cladonia parasitica</i> (Hoffm.) Hoffm.
* <i>Cladonia pyxidata</i> (L.) Hoffm.
* <i>Cladonia squamosa</i> Hoffm. v. <i>squamosa</i>
<i>Evernia prunastri</i> (L.) Ach.
* <i>Graphis scripta</i> (L.) Ach.
<i>Hyperphyscia adglutinata</i> (Flörke) H Mayrh. & Poelt
* <i>Hypocenomyce scalaris</i> (Liljebblad) M. Choisy
<i>Hypogymnia physodes</i> (L.) Nyl.
<i>Hypogymnia tubulosa</i> (Schraerer) Havaas
* <i>Lecania cyrtella</i> (Ach.) Th.Fr.
* <i>Lecanora carpinea</i> (L.) Vainio
<i>Lecanora chlarotera</i> Nyl.
* <i>Lecanora conizaeoides</i> Crombie
<i>Lecanora hagenii</i> (Ach.) Ach.
<i>Lecanora symmicta</i> (Ach.) Ach.
<i>Lecidella elaeochroma</i> (Ach.) Haszl.
* <i>Lepraria</i> sp.
<i>Opegrapha atra</i> Pers.
* <i>Parmelia borrieri</i> (Sm.) Turner
<i>Parmelia acetabulum</i> (Necker) Duby
<i>Parmelia caperata</i> (L.) Ach.
<i>Parmelia elegantula</i> (Zahlbr.) Szat.
<i>Parmelia exasperata</i> de Not
* <i>Parmelia exasperatula</i> Nyl.
* <i>Parmelia glabra</i> (Schaerer) Nyl.
<i>Parmelia glabratula</i> (Lamy) Nyl. ssp. <i>glabratula</i>
<i>Parmelia quercina</i> (Willd.) Vainio
<i>Parmelia subargentifera</i> Nyl.
<i>Parmelia subaurifera</i> Nyl.
<i>Parmelia subrudecta</i> Nyl.
<i>Parmelia sulcata</i> Taylor
<i>Parmelia tiliacea</i> (Hoffm.) Ach.
* <i>Pertusaria albescens</i> (Hudson) M. Choisy & Verner
* <i>Pertusaria amara</i> (Ach.) Nyl.

Rinodina exigua (Ach.) Gray

Usnea sp.

Xanthoria fallax (Hepp) Arnold

Xanthoria parietina (L.) Th. Fr.

+ specie rinvenute solo nel 1994

* *Phaeophyscia cloantha* (Ach.) Moberg

* *Phaeophyscia hirsuta* (Mereschk.) Essl.

Phaeophyscia orbicularis (Necker) Moberg

Physcia adscendens (Fr.) H. Olivier

Physcia biziana (Massal.) Zahlbr. v. *biziana*

Physcia dubia (Hoffm.) Lettau v. *dubia*

Physcia tenella (Scop.) DC.

Physcia vitii Nadv.

Physconia distorta (With.) Laundon

Physconia grisea (Lam.) Poelt ssp. *grisea*

Pseudevernia furfuracea (L.) Zopf

* *Ramalina farinacea* (L.) Ach.

Ramalina fastigiata (Pers.) Ach.

Rinodina exigua (Ach.) Gray

* *Scoliciosporum chlorococcum* (Stenh.) Vezda

Usnea sp.

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

Xanthoria fallax (Hepp) Arnold

Xanthoria parietina (L.) Th. Fr.

*** specie rinvenute solo nel 1999**

5.3.2 Territorio piemontese del Parco e dei Comuni limitrofi

Il territorio dei comuni che ricadono nel Parco Piemontese era già stato oggetto di biomonitoraggio mediante l'impiego di licheni epifiti (Tognoni., 1997). Per l'effettuazione dei rilievi, eseguiti nel corso del 1997, il territorio era stato suddiviso in quadranti con area di circa 3,5 km quadrati.

Anche in questo caso, come descritto per il territorio lombardo, la metodologia adottata permette di operare un confronto diretto con i dati pregressi, in modo da evidenziare l'evoluzione degli effetti dell'inquinamento atmosferico sulla biodiversità lichenica.

Nel corso della presente indagine, il campionamento è stato condotto in 35 delle 37 stazioni precedentemente osservate (figura 5.3.6).

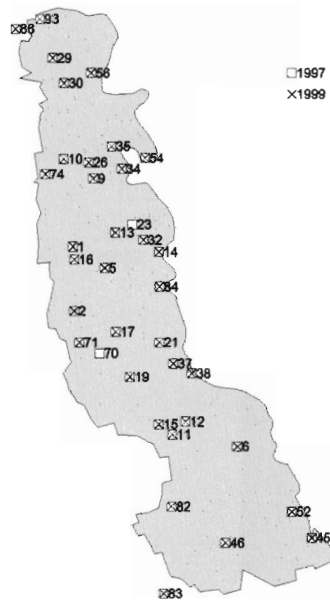


Figura 5.3.6 - Stazioni di campionamento considerate nelle due campagne di indagine (1994 e1999)

La statistica descrittiva dei risultati è presentata in tabella 5.3.5, dove si osserva che il valore medio ed il valore massimo di BLs rilevati nel 1999 sono più elevati rispetto a quelli della campagna precedente.

Tabella 5.3.5 - Statistica descrittiva dei valori di BLs ottenuti nelle due campagne di biomonitoraggio nel territorio piemontese del Parco del Ticino

	1997	1999
Numero di osservazioni	37	35
Media	11,1	16,9
Mediana	9,3	15,3
Minimo	0,0	0,0
Massimo	30,3	45,0

La rappresentazione grafica delle distribuzioni dei valori di BLs ottenuti nelle due campagne (figura 5.3.7) mostra il marcato decremento del numero di stazioni con deserto lichenico e con bassa biodiversità (valori di BLs inferiori a 10) ed un corrispondente aumento di quelle con biodiversità più elevata.

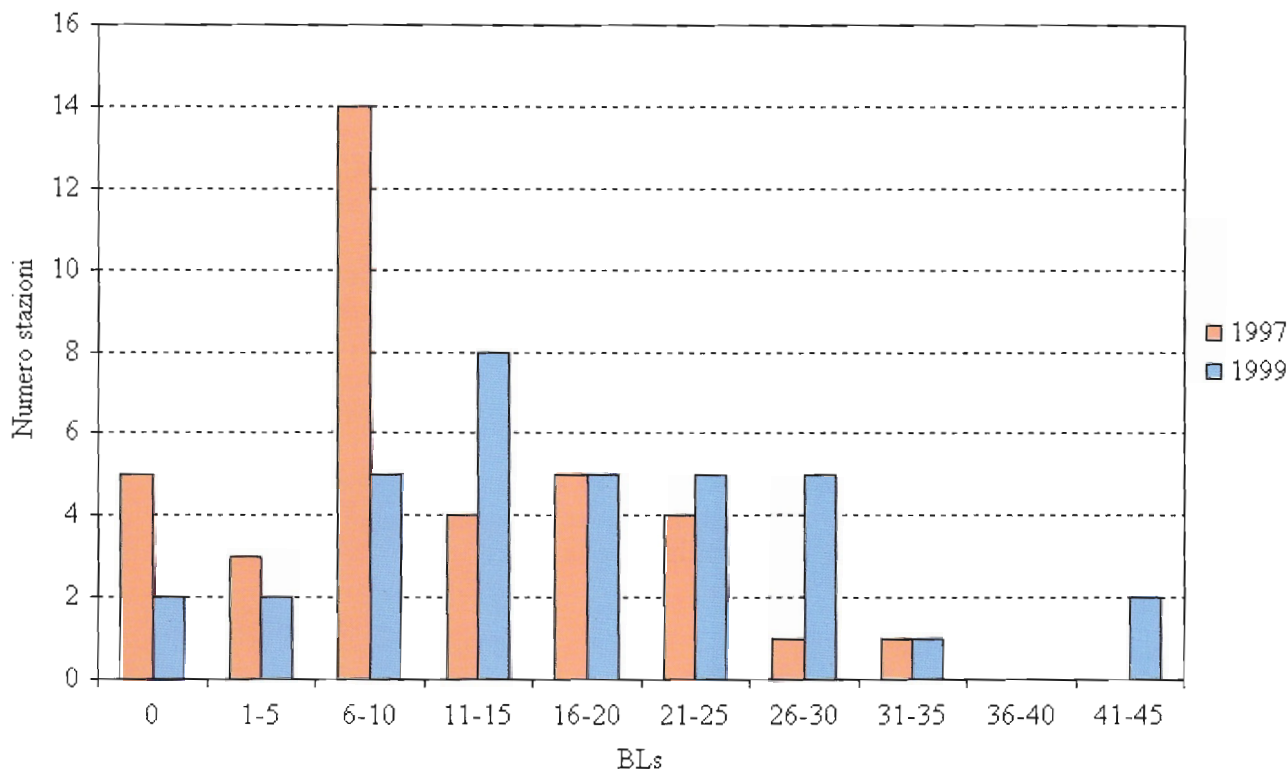


Figura 5.3.7 - Distribuzione di frequenza dei valori di BLs ottenuti nelle due campagne di biomonitoraggio condotte nel Parco Piemontese del Ticino

Le stazioni sono state raggruppate facendo riferimento alle sette classi proposte da Nimis (1999), in base ai corrispondenti valori di BLs.

Come evidenziato in tabella 5.3.6, circa un quarto (25,7%) delle stazioni campionate nel 1999 presentano un grado di alterazione alto o molto alto; nella campagna del 1997 tale percentuale era molto più cospicua, pari al 59,4%.

Sempre nel corso della presente indagine, seppure solamente in tre stazioni, si sono potuti osservare valori di BLs caratteristici di ambienti a naturalità media ed alta.

Tabella 5.3.6 - Distribuzione (%) delle stazioni nelle sette classi proposte da Nimis (1999)

Valori di BLs	Naturalità/Alterazione	1997	1999
0	Alterazione molto alta	16,2	5,7
1-10	Alterazione alta	43,2	20,0
11-20	Alterazione media	24,3	37,1
21-30	Naturalità bassa/alterazione bassa	13,5	28,6
31-40	Naturalità media	2,7	2,9
41-50	Naturalità alta	0,0	5,7
>50	Naturalità molto alta	0,0	0,0

Le rappresentazioni cartografiche dei risultati sono riportate di seguito. In particolare, la figura 5.3.8 mostra la carta della biodiversità lichenica ottenuta nel 1997 (Tognoni, 1997), in cui i valori di BLs sono convenzionalmente raggruppati in sei classi, analogamente a quanto presentato nel paragrafo 5.3.1. La stessa suddivisione dei valori di BLs è stata mantenuta per la rappresentazione dei dati riferiti al 1999 (figura 5.3.9).

Il raffronto delle due carte permette di apprezzare l'avanzamento del fronte di ricolonizzazione lichenica, che procede dalle aree nord-orientali verso quelle sud-occidentali, dove permane la situazione più compromessa.

I dati raccolti confermano quindi, anche in questa porzione di territorio, il fenomeno della ricomparsa dei licheni epifiti dove precedentemente risultavano scarsi o assenti. La ricolonizzazione lichenica risulta più evidente nell'area centrale del territorio piemontese, compresa tra Oleggio e Galliate. Nella zona a sud, nei territori dei comuni di Trecate, Cerano e Novara, la ricolonizzazione è molto scarsa. Dato il breve intervallo intercorso tra le due campagne di indagine (due anni), l'entità della ricolonizzazione è più modesta rispetto a quella evidenziata per il Parco Lombardo, in cui le due indagini sono state condotte a cinque anni di distanza.

Questa osservazione risulta utile ai fini della programmazione temporale del biomonitoraggio del territorio considerato: un periodo di due o tre anni appare sufficiente per permettere di riscontrare differenze significative tra indagini successive.

La carta del grado di ricolonizzazione lichenica in ciascuna stazione replicata è mostrata in figura 5.3.10, dove le differenze tra i valori di BLs calcolati nei due periodi di indagine sono state raggruppate secondo i criteri già riportati nella tabella 5.3.3.

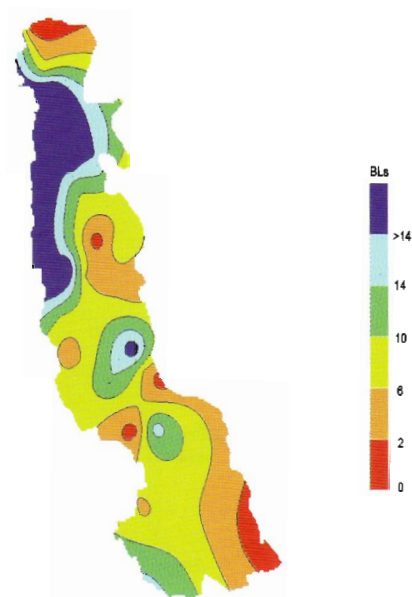


Figura 5.3.8 – Carta della qualità dell'aria nei comuni del Parco Piemontese del Ticino ottenuta mediante la rilevazione della biodiversità lichenica (BLs) nel 1997.

La suddivisione in classi ed i colori sono gli stessi utilizzati nelle figure 5.3.3 e 5.3.4

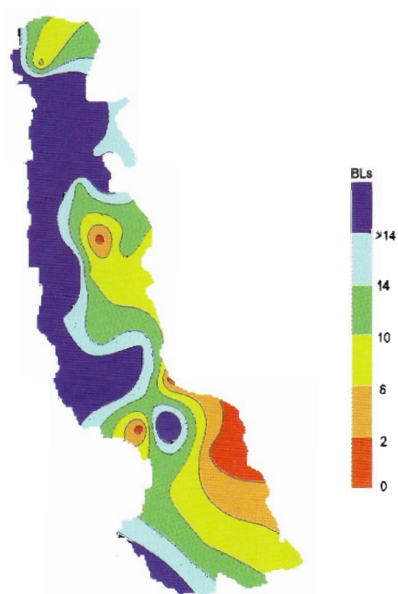


Figura 5.3.9 – Carta della qualità dell'aria nei comuni del Parco Piemontese del Ticino ottenuta mediante la rilevazione della biodiversità lichenica (BLs) nel 1999, considerando solamente le stazioni monitorate nel 1997.

La suddivisione in classi ed i colori sono gli stessi utilizzati nelle figure 5.3.3 e 5.3.4

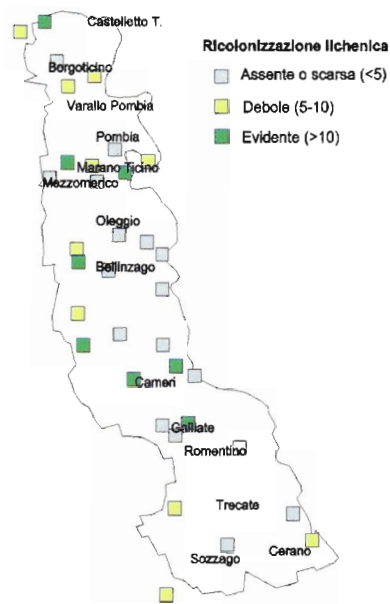


Figura 5.3.10 - Grado di ricolonizzazione lichenica nei comuni del Parco Piemontese del Ticino tra il 1997 ed il 1999

5.4 Lista floristica

Si riporta l'elenco delle 67 specie licheniche rinvenute nell'area di studio durante il campionamento, precisando che questa non rappresenta la lista di tutte le specie licheniche presenti nel Parco del Ticino, ma solo di quelle presenti sulla scorza degli alberi esaminati, all'interno del reticolo utilizzato per i rilevamenti.

Per ogni specie si fornisce una sintetica descrizione dei caratteri generali, della distribuzione e della sensibilità all'inquinamento così come riportata in letteratura (Nimis, 1993; Nimis *et al.*, 1989).

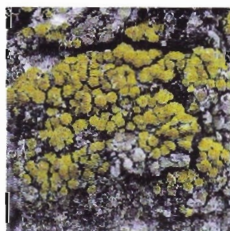
Amandinea punctata (Hoffm.) Coppins & Sheid.
Caloplaca sp.
Candelaria concolor (Dickson) B.Stein
Candelariella reflexa (Nyl.) Lettau
Candelariella xanthostigma (Ach.) Lettau
Cladonia coniocraea auct.
Cladonia fimbriata (L.) Fr.
Cladonia parasitica (Hoffm.) Hoffm.
Cladonia pyxidata (L.) Hoffm.
Cladonia squamosa Hoffm. v. *squamosa*
Evernia prunastri (L.) Ach.
Graphis scripta (L.) Ach.
Hyperphyscia adglutinata (Flörke) H. Mayrh. & Poelt
Hypocenomyce scalaris (Liljebblad) M. Choisy
Hypogymnia physodes (L.) Nyl.
Hypogymnia tubulosa (Schraerer) Havaas
Lecania cyrtella (Ach.) Th. Fr.
Lecanora carpinea (L.) Vainio
Lecanora chlorotera Nyl.
Lecanora conizaeoides Crombie
Lecanora hagenii (Ach.) Ach.
Lecanora symmicta (Ach.) Ach.
Lecidea s.lat.
Lecidella elaeochroma (Ach.) Haszl.
Lecidella euphorea (Flörke) Hertel
Lepraria sp.
Opegrapha atra Pers.
Opegrapha vulgata Ach.
Parmelia acetabulum (Necker) Duby
Parmelia borrieri (Sm.) Turner
Parmelia caperata (L.) Ach.
Parmelia elegantula (Zahlbr.) Szat.
Parmelia exasperata de Not
Parmelia exasperatula Nyl.

Parmelia glabra (Schraerer) Nyl.
Parmelia glabratula (Lamy) Nyl. ssp. *glabratula*
Parmelia quercina (Willd.) Vainio
Parmelia saxatilis (L.) Ach.
Parmelia subargentifera Nyl.
Parmelia subaurifera Nyl.
Parmelia subrudecta Nyl.
Parmelia sulcata Taylor
Parmelia tiliacea (Hoffm.) Ach.
Parmotrema chinense (Osbeck) Hale & Ahti
Pertusaria albescens (Hudson) M. Choisy & Verner
Pertusaria amara (Ach.) Nyl.
Phaeophyscia cloantha (Ach.) Moberg
Phaeophyscia hirsuta (Mereschk.) Essl.
Phaeophyscia orbicularis (Necker) Moberg
Physcia adscendens (Fr.) H. Olivier
Physcia biziana (Massal.) Zahlbr. v. *biziana*
Physcia clementei (Turner) Maas Gest.
Physcia dubia (Hoffm.) Lettau v. *dubia*
Physcia tenella (Scop.) DC.
Physcia vitii Nadv.
Physconia distorta (With.) Laundon
Physconia enteroxantha (Nyl.) Poelt
Physconia grisea (Lam.) Poelt ssp. *grisea*
Pseudevernia furfuracea (L.) Zopf
Ramalina farinacea (L.) Ach.
Ramalina fastigiata (Pers.) Ach.
Rinodina exigua (Ach.) Gray
Scoliosporum chlorococcum (Stenh.) Vezda
Usnea sp.
Xanthoria candelaria (L.) Th. Fr.
Xanthoria fallax (Hepp) Arnold
Xanthoria parietina (L.) Th. Fr.

Amandinea punctata (Hoffm.) Coppins & Sheid.

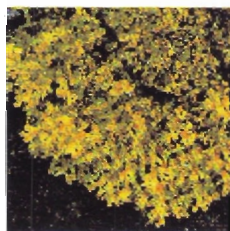
Ha una vasta diffusione, cresce sia in regioni a clima arido che in aree a clima oceanico e la si può rinvenire sia sulla scorza di conifere e latifoglie che su roccia silicea. Secondo Wirth (1980) preferisce alberi a scorza acida ed è presente su alberi a scorza eutrofica soltanto in conseguenza ad un'acidificazione secondaria dovuta all'inquinamento.

È dotata di una grande tolleranza ecologica, essendo presente anche in vaste conurbazioni, ed in aree inquinate può formare popolamenti quasi monospecifici, trattati a volte sotto il nome di *Buelietum punctatae*.



Caloplaca Th.Fr.

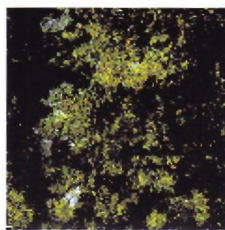
Il genere cosmopolita *Caloplaca* comprende circa 550 specie e può essere considerato uno dei più vasti e di più difficile identificazione a livello di specie tra tutti i generi di licheni crostosi.



Candelaria concolor (Dickson) B.Stein

È l'unica specie del genere *Candelaria* presente in Europa ed è diffusa in tutto il mondo. In Italia si rinviene al di sotto della fascia montana, salvo che nell'ambito della macchia mediterranea. Si tratta di un caratteristico elemento della vegetazione dello *Xanthorion parietinae*.

Diversi autori la citano come sensibile all'inquinamento atmosferico, ma la sua presenza viene da altri segnalata sin presso le zone di deserto lichenico. La massima frequenza è però raggiunta, anche in questi casi, in aree scarsamente urbanizzate e lontane da forti fonti inquinanti. Senza dubbio uno dei principali motivi della sua presenza in aree inquinate è dato dalla forte eutrofizzazione secondaria delle scorze di tiglio, conseguente ad intensa attività agricola.



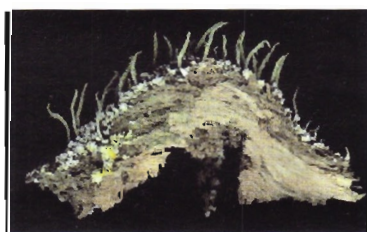
Candelariella reflexa (Nyl.) Lettau

Questa specie è abbastanza diffusa nelle regioni europee temperate, sino al sud della Norvegia. In Italia è molto comune su alberi isolati a scorza eutrofica al di sotto della fascia montana, specialmente nelle zone pianeggianti e collinari del nord. È un tipico elemento dello *Xanthorion parietinae*. L'optimum di copertura e vitalità è raggiunto in aree poco inquinate, ma essa può penetrare sin presso i centri urbani, ove presenta sviluppo ridotto.



Candelariella xanthostigma (Ach.) Lettau

È piuttosto diffusa in Europa, specialmente nelle aree centrali ed occidentali. La sua distribuzione si estende sino all'emisfero del sud. Si presenta su scorze subacide ed è sicuramente meno nitrofila di *C. reflexa*. È frequente in tutta Italia, dalle pianure del nord alla fascia montana del sud, al di fuori della macchia mediterranea. La si può definire moderatamente poleofobica.



Cladonia coniocraea auct.

Questa specie è ben diffusa dalla zona boreale a quella submediterranea, con estensioni alle zone artiche e mediterranee, dove è meno frequente. In Italia è una delle cladonie più comuni; la si rinviene su legno deteriorato e a volte anche su scorza, dalla fascia pianeggiante a quella subalpina.

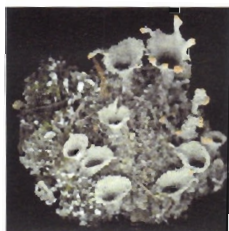


Cladonia fimbriata (L.) Fr.

È ben diffusa dalle zone artiche a quelle mediterranee ed è presente anche nell'emisfero del sud. Ha un'ampia valenza ecologica e si rinviene su diversi substrati. È molto comune in tutta Italia, dalla pianura alla montagna.

Cladonia parasitica (Hoffm.) Hoffm.

Questa specie temperato-boreale si rinviene su legno, specialmente di *Castanea* e *Quercus*, più raramente su scorza alla base dei tronchi. In Italia del nord si rinviene di solito nella bassa fascia montana. Non è comune, ma può passare a volte inosservata.



Cladonia pyxidata (L.) Hoffm.

Questa specie quasi cosmopolita ha un'ampia valenza ecologica e si rinviene su substrati diversi.

È la specie di *Cladonia* più comune in Italia, dalla pianura alla montagna.



Cladonia squamosa Hoffm. v. *squamosa*

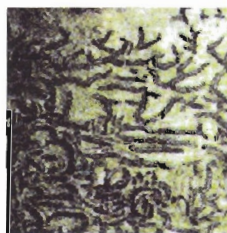
La specie, assai diffusa ed estremamente polimorfa, si rinviene alla base di vecchi tronchi o al suolo in clima non troppo secco. È diffusa anche nell'emisfero sud. La distribuzione in Italia è poco conosciuta.



Evernia prunastri (L.) Ach.

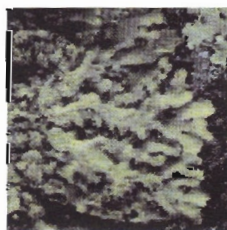
Si tratta di uno dei licheni fruticosi più comuni in Europa, dalla zona boreale a quella mediterranea. È presente anche in America Settentrionale (ad ovest), nel Nord Africa e in Giappone e manca invece nell'emisfero australe. In Italia è molto comune ovunque, dalla fascia planiziale a quella alpina, ma è recentemente scomparso in vaste aree del paese, soprattutto in Pianura Padana e intorno alle grandi città, in conseguenza dell'inquinamento atmosferico. Ha un'ampia valenza ecologica, essendo presente sia in associazioni dello *Xanthorion parietinae* che in *Hypogymnietalia*.

La specie è generalmente considerata poleofobica.



Graphis scripta (L.) Ach.

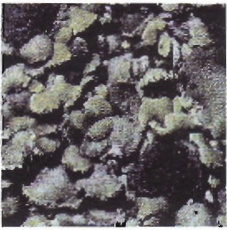
È diffusa nelle regioni temperate dell'Eurasia ed in Europa raggiunge il centro della penisola scandinava. Si trova di solito su scorza liscia ed acida, in diverse comunità licheniche (*Graphidion scriptae*, *Pyrenuletum nitidae*, *Graphidetum scriptae*). In aree a clima umido è in grado di colonizzare rapidamente anche piccoli rami. In Italia è frequente soprattutto nelle aree montane e nei boschi di faggio.



Hyperphyscia adglutinata (Flörke) H. Mayrh. & Poelt

È largamente diffusa nelle regioni tropicali e

subtropicali di entrambi gli emisferi ed in Europa arriva sino al sud della Svezia. In Italia sembra essere piuttosto comune in tutto il paese, al di sotto della fascia montana, nell'ambito di vegetazione dello *Xanthorion parietinae*. Si rinviene su scorze arricchite con nutrienti, specialmente in aree agricole, spesso associata con *Candelaria concolor* e *Phaeophyscia orbicularis*. Pur con frequenza ridotta, è presente anche in aree fortemente urbanizzate.



Hypocenomyce scalaris (Liljebiad) M. Choisy

Ha un'ampia distribuzione boreale-temperata ed è diffusa anche in Australia. La si rinviene su legno e scorza acida, specialmente di conifere e forma spesso popolazioni monospecifiche ("*Lecideetum*" *scalaris*). È la specie più frequente del genere in Italia ed è comune soprattutto nella fascia subalpina delle Alpi. Si ritrova anche in pianura ed al sud, dove però è rara.



Hypogymnia physodes (L.) Nyl.

Questa specie, molto polimorfica, ha una distribuzione molto ampia ed altrettanto ampia valenza ecologica. È diffusa in tutta Europa ed in Italia è comune, tranne che nelle aree molto inquinate.

Dal punto di vista fitosociologico questa specie è più abbondante in associazioni del *Parmelion*, pur entrando in altre associazioni di licheni epifiti, quali lo *Pseudevernetium furfuraceae* in fascia montana e subalpina.

Cresce su un'ampia varietà di substrati, dalla pianura alla zona alpina. È abbastanza tollerante agli inquinanti atmosferici e nelle aree a clima umido, come in Pianura Padana, può penetrare in centri urbani di medie dimensioni, ma quando il clima è troppo secco diventa più poleofobica.



Hypogymnia tubulosa (Schraerer) Havaas

Ha una distribuzione circumboreale nell'emisfero del nord, sino alle montagne di Europa, Asia e Africa. Si rinviene su scorza, spesso su rami giovani, in aree con umidità piuttosto elevata. È abbastanza frequente in Italia, soprattutto nella fascia montana. Si può trovare anche ad altitudini molto basse, specialmente in prossimità della costa tirrenica, se i venti marini forniscono sufficiente umidità. Questa specie è scomparsa dalla maggior parte della Pianura Padana a causa dell'inquinamento atmosferico.

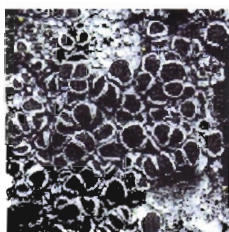
Lecania cyrtella (Ach.) Th.Fr.

Si tratta di una specie abbastanza comune su scorza eutrofica, nelle comunità dello *Xanthorion*. La sua distribuzione, che è oloartica nell'emisfero del nord, sembra interessare altrettanto bene anche l'emisfero del sud. In Italia è abbastanza frequente dalla fascia pianiziale a quella montana inferiore, su alberi a scorza subneutra, nell'ambito di associazioni dello *Xanthorion parietinae*. Non si rinviene nelle aree più inquinate della Pianura Padana.



Lecanora carpinea (L.) Vainio

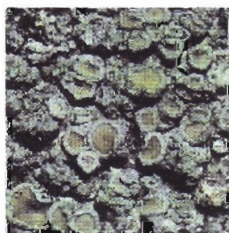
È molto diffusa nell'Europa temperata, raggiungendo la parte sud della zona boreale ed è nota anche in Asia e America del nord. È un lichene pioniere molto comune in tutto il paese su scorza liscia di alberi decidui, dalla pianura sino alla bassa fascia montana ed entra in associazioni dello *Xanthorion parietinae*. Alcuni autori lo considerano tossitollerante, altri gli attribuiscono una moderata poleofobia.



Lecanora chlarotera Nyl.

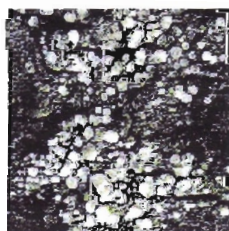
Ha una distribuzione oloartica molto ampia ed è diffusa anche nell'emisfero sud. In Italia è molto comune sulla scorza di alberi decidui isolati, soprattutto nelle comunità dello *Xanthorion*. Ha un'ampia valenza ecologica ed è comune come lichene pioniere dalla pianura alla montagna.

Gli studi effettuati da Nimis et al. (1989) la definiscono moderatamente sensibile all'inquinamento atmosferico.



Lecanora conizaeoides Crombie

Questa specie, molto diffusa in Europa centrale nelle grandi città con alti livelli di inquinamento, è rara in Italia, dove è stata rinvenuta in città di medie dimensioni, in Pianura Padana e presso Roma. Presenta particolare resistenza a concentrazioni elevate di anidride solforosa e di fluoruri. Cresce su scorze con pH da 1 a 4.



Lecanora hagenii (Ach.) Ach.

È un taxon che necessita di revisione. Include sia forme epifite che epilitiche ed è piuttosto variabile morfologicamente e mal delimitata rispetto ad altri taxa affini. Le forme epifite sono particolarmente frequenti nell'ambito di vegetazione dello *Xanthorion*.

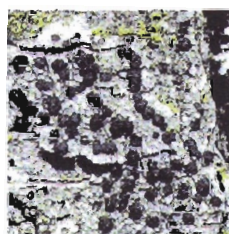
Lecanora symmicta (Ach.) ach.

Questa specie ha un'ampia distribuzione nelle

regioni boreale e temperata di entrambi gli emisferi. Si rinviene soprattutto su scorza acida e legno ed è abbastanza frequente in tutta Italia, dalle pianure del nord alla fascia subalpina.

Lecideea s.lat.

La nomenclatura all'interno del genere *Lecideea* è estremamente intricata. Ci sono ancora molte specie attribuite a *Lecideea* s. lat. in attesa di essere assegnate ad unità più naturali.



Lecidella elaeochroma (Ach.) Haszl.

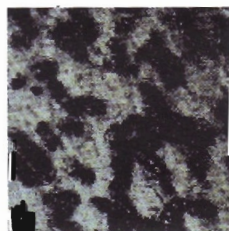
È un taxon molto variabile ed alcune forme sono trattate come specie indipendenti. È uno dei licheni più comuni in Italia e si rinviene sulle scorze di alberi isolati. Ha un'ampia valenza ecologica e vive sia in pianura che in alta montagna, evitando i substrati acidi. Spesso è specie pioniera sui rami giovani ed è frequente nelle comunità dello *Xanthorion*. È piuttosto comune anche in aree moderatamente inquinate.

Lecidella euphorea (Flörke) Hertel

Questo taxon, che appartiene al complesso *L. elaeochroma*, si rinviene su scorza, principalmente su substrati più ombreggiati e meno ricchi di nutrienti rispetto a *L. elaeochroma*, dalla quale in passato non veniva distinto. In Italia è frequente al nord e sulle alture.

Lepraria sp.

Il genere *Lepraria* è un taxon artificiale, che include forme licheniche il cui tallo è completamente dissolto in una massa soredioso-pulverulenta e che non sono mai state rinvenute allo stato fertile.



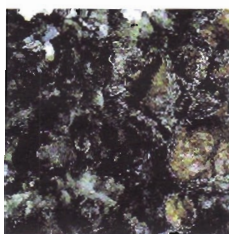
Opegrapha atra Pers.

È una delle più comuni specie epifite del gene-

re, è diffusa dalla Scandinavia centrale alla regione mediterranea ed è nota anche in Nuova Zelanda. Cresce su scorza liscia e leggermente acida ed è piuttosto comune in tutta Italia sotto la fascia montana. È legata a condizioni di relativamente alta umidità atmosferica ed ha scarsa tolleranza ai nitrati. Si rinviene nel *Graphidion*, ma a volte è presente anche nell'ambito di vegetazione dello *Xanthorion*.

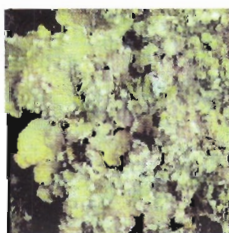
Opegrapha vulgata Ach.

Si tratta di una specie suboceanica diffusa dalla Scandinavia del sud alle aree montane della regione mediterranea. Si rinviene su scorze più o meno lisce in ambienti ombreggiati e umidi. È diffusa, ma non comune, in tutta Italia.



Parmelia acetabulum (Necker) Duby

È diffusa nel sud e nell'est dell'Europa, dalla Scandinavia al Nord Africa. È frequente in Italia, specialmente sulle colline ed alla base delle montagne, su di una grande varietà di forofiti. Al nord sta diventando rara a causa dell'inquinamento dell'aria.



Parmelia borrieri (Sm.) Turner

Questa specie, secondo diversi autori, si può distinguere dalla *P. subrudecta* per il colore nero della faccia inferiore del tallo e per la presenza di acido giroforico. I due taxa hanno una diversa distribuzione: *P. borrieri* è diffusa nel sud-est dell'Europa, raro sulle Alpi, assente in Scandinavia, comune sulle montagne dell'Africa del sud e dell'est, raro negli Stati Uniti. È certamente più rara di *P. subrudecta* e sembra essere più frequente nelle aree umide.

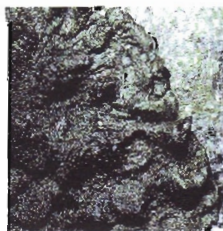


Parmelia caperata (L.) Ach.

Questo lichene ha un'ampia distribuzione nelle zone temperate dei due emisferi; in Europa si estende sino alla parte meridionale della Norvegia ed in Italia è una delle più comuni specie di *Parmelia*, soprattutto nelle regioni con vegetazione di tipo submediterraneo. Raramente sale al di sopra della fascia montana ed è poco frequente, salvo che lungo il litorale tirrenico, nell'ambito della vegetazione strettamente mediterranea. Viene spesso utilizzata come bioaccumulatore in indagini sulla diffusione di elementi in tracce e dimostra una moderata poleofobia.

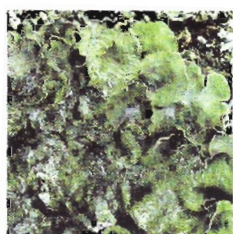
Parmelia elegantula (Zahlbr.) Szat.

Si rinviene dal sud della Scandinavia ai monti mediterranei e ci sono segnalazioni anche dall'America. Predilige scorze acide ma tollera moderate eutrofizzazioni. La si trova in tutta Italia, specialmente su alberi isolati.



Parmelia exasperata de Not.

La distribuzione europea di questa specie è piuttosto simile a quella di *P. acetabulum* ma il suo areale è molto più ampio, estendendosi sino al Nord Africa, Nord America ed Asia Centrale. Si trova su scorza liscia, acida o subacida, su piccoli rami esposti al sole e spesso si comporta come lichene pioniero. È frequente in tutto il Paese, dalle pianure alla fascia montana, anche nella vegetazione mediterranea sempreverde.



Parmelia exasperatula Nyl.

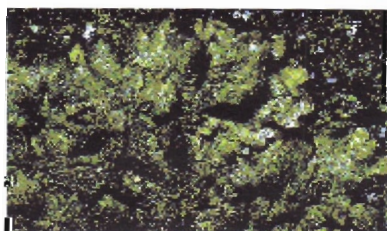
Si tratta di una specie molto diffusa, con distribuzione circumboreale-temperata. In Italia è piuttosto frequente, dalla fascia planiziale a quella subalpina, in comunità dello *Xanthorion parietinae*. Sembra che il suo areale si stia ampliando a causa della sua tolleranza all'inquinamento dell'aria.

È una delle specie dello *Xanthorion* che tollerano una più elevata acidificazione della scorza, pur riuscendo ad adattarsi anche ad una forte eutrofizzazione. Le valutazioni di diversi autori sul grado di paleofobia variano molto a seconda delle aree di studio.



Parmelia glabra (Schaerer) Nyl.

P. glabra è una specie che in Europa si sviluppa principalmente al sud, con una distribuzione subcontinentale, sino alla Russia dell'est. Fuori dall'Eurasia, è nota anche in California. L'ecologia e la distribuzione in Italia sono molto simili a quelli di *P. acetabulum* e le due specie sono frequentemente associate.



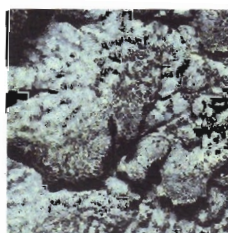
Parmelia glabratula (Lamy) Nyl. ssp. *glabratula*

È abbastanza comune sulla scorza degli alberi in tutta Europa ed è molto frequente in Italia, dalla pianura alla fascia montana, su alberi più o meno isolati, nella vegetazione dello *Xanthorion*.



Parmelia quercina (Willd.) Vainio

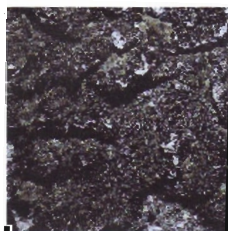
È specie diffusa prevalentemente nel sud dell'Europa, compresa l'area mediterranea, ma il suo areale si estende sino all'Europa centrale, alla Danimarca ed all'Asia. Si rinviene su scorze ben illuminate e moderatamente arricchite di nutrienti, soprattutto nel *Parmelietum acetabulae*. È diffusa in tutta Italia sotto la fascia alpina, ma è piuttosto rara e più frequente al centro e al sud.



Parmelia saxatilis (L.) Ach.

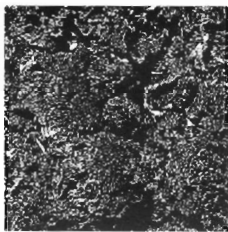
Questa specie ha una distribuzione molto ampia in entrambi gli emisferi. È stata rinvenuta su di una grande varietà di substrati acidi, essendo dotata di ampia valenza ecologica.

In Italia è molto frequente nella zona montana ed è comune in faggete piuttosto umide, specialmente nell'Italia del centro e del sud. È più rara in pianura e lungo le coste, eccetto che nelle aree con elevata umidità atmosferica.



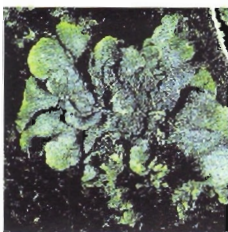
Parmelia subargentifera Nyl.

La si rinviene dalla zona subartica a quella temperata, sulla scorza di alberi isolati. Si sa poco della sua distribuzione in Italia: è comune sugli alberi lungo le strade in alcune valli alpine con clima asciutto ed è presente anche nell'Italia orientale.



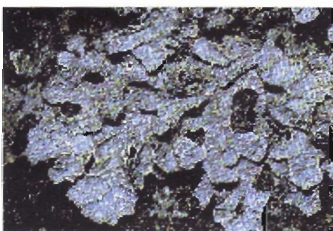
Parmelia subaurifera Nyl.

Ha una vasta distribuzione nell'emisfero del nord, dalle zone temperate a quelle boreali. La si rinviene su scorze anche molto acide e si presenta spesso come lichene pioniere su scorza liscia. È frequente in tutta Italia, ma non in alta montagna, con l'optimum in boschi decidui submediterranei.



Parmelia subrudecta Nyl.

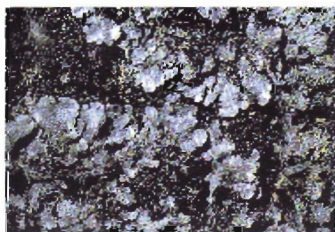
Ha un'ampia distribuzione nelle zone temperate dei due emisferi. In Europa sembra essere più frequente nella parte centro-meridionale del continente ed in Italia è comune al di sotto della fascia montana, dove si instaura di preferenza nello *Xanthorion parietinae*, salvo che in vegetazione prettamente mediterranea, dove è meno frequente. È dotata di moderata poleofobia ed è utilizzata anche per il monitoraggio di elementi in tracce.



Parmelia sulcata Taylor

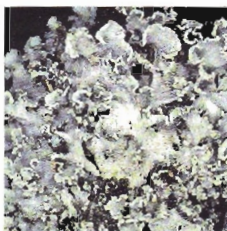
Si tratta di una delle specie con più ampia distribuzione a livello mondiale. È la parmelia più comune in Italia e si rinviene dalla fascia planiziale (più rara nella zona mediterranea) a quella subalpina, in genere su alberi a scorza acida. Tollerava livelli relativamente elevati di inquinamento atmosferico e penetra anche all'interno di centri urbani, specialmente nelle aree con clima umido.

Nelle aree inquinate i talli sono spesso scoloriti, rossastri o nerastri, a volte ridotti a piccole squamule addensate.



Parmelia tiliacea (Hoffm.) Ach.

In Italia è abbastanza frequente, dalla pianura (specialmente nelle aree più umide della costa tirrenica) alla fascia montana inferiore. È stata rinvenuta su scorze moderatamente in ombra ed evita superfici molto ricche di nutrienti. Ha l'optimum nei boschi di querce decidue. Mostra in genere un elevato grado di poleofobia, ma talvolta si spinge, sia pur raramente ed in esemplari fortemente ridotti e danneggiati, sin presso i margini del deserto lichenico.

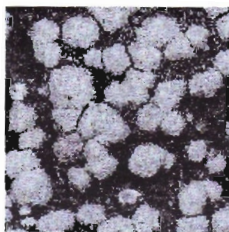


Parmotrema chinense (Osbeck) Hale & Ahti

È un lichene diffuso in tutti i continenti tranne che in Antartide. In Europa è la specie più diffusa del genere *Parmotrema*. La sua frequenza è andata diminuendo a causa dell'inquinamento atmosferico. Si rinviene in tutta Italia, con un massimo di frequenza nelle aree con elevato tasso di umidità, su scorza di latifoglie e muschi epifiti od epilittici.

Pertusaria albescens (Hudson) M. Choisy & Verner

È ampiamente diffusa e spesso comune nelle aree temperate di Europa, Nord Africa, Asia occidentale e Nord America sudoccidentale. Si trova su un'ampia varietà di forofiti con scorza acida o subacida ed è frequente in tutta Italia, specialmente in aree a clima umido. È diventata rara nelle pianure del nord ed al sud è più frequente sulle alture.



Pertusaria amara (Ach.) Nyl.

È presente in tutto l'emisfero del nord. Cresce su scorza e spesso su briofite epifite e su altri licheni. Si tratta probabilmente della più comune pertusaria in Italia, dalla pianura alla fascia montana. Ha un'ampia valenza ecologica, si sviluppa sia in foreste semi-naturali che in insediamenti abitativi ed è comune soprattutto in aree con elevata umidità.

Phaeophyscia cloantha (Ach.) Moberg

È conosciuta in Europa del sud, Nord America e Giappone. Si rinviene sia su scorza che su roccia calcarea, di solito in zone ombreggiate. In Italia è diffusa ma non comune, soprattutto nelle aree con vegetazione mediterranea. Molte segnalazioni recenti risultano dubbie.

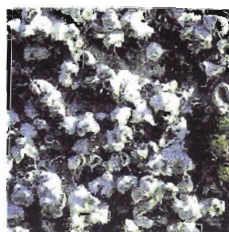
Phaeophyscia hirsuta (Mereschk.) Essl.

Si tratta di un lichene prevalentemente corticicola, che si rinviene spesso assieme a *Phaeophyscia cloantha*. È conosciuto nell'Europa del sud ed in America del nord. È piuttosto diffuso, ma mai comune, in tutta Italia, specialmente nelle aree a clima umido.



Phaeophyscia orbicularis (Necker) Moberg

È la *Phaeophyscia* più comune in Italia e si trova dal livello del mare alla fascia montana, su di un'ampia varietà di substrati. Preferisce superfici ricche di nutrienti ed è in grado di tollerare livelli di inquinamento piuttosto elevati. Cresce su alberi isolati, nell'ambito di vegetazione dello *Xanthorion parietinae*. Spesso è uno dei licheni epifiti che si rinvencono nelle grandi città, ai limiti del deserto lichenico. Ci sono degli esemplari con la cortex superiore giallastra per la presenza di rodofiscina.



Physcia adscendens (Fr.) H. Olivier

È ampiamente diffusa in quasi tutto il mondo. In Europa è presente dalle zone artiche a quelle mediterranee ed in Italia è la specie più rappresentativa del genere, dal livello del mare alla fascia alpina, su di una grande varietà di substrati, ovunque sia presente un certo grado di eutrofizzazione. Si rinviene nell'ambito di vegetazione di *Xanthorion* (è specie caratteristica dell'ordine *Physcietalia adscendentis*) e, con *Physcia orbicularis*, è uno dei pochi macrolicheni in grado di tollerare livelli piuttosto elevati di inquinanti, raggiungendo il limite del deserto lichenico nelle grandi città.

A volte è associata all'affine *Physcia tenella*, con cui può venire facilmente confusa.

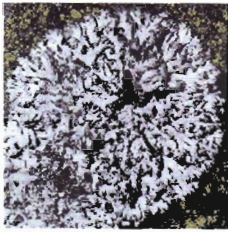


Physcia biziana (Massal.) Zahlbr.v. *biziana*

Questa specie in Europa ha una distribuzione mediterranea-submediterranea ed è un tipico elemento del *Physcietum adscendentis*. È stata ritrovata anche in Nord America, nella parte occidentale del continente e sulle montagne dell'Africa dell'est. *Physcia.biziana* rappresenta un complesso di diversi taxa, strettamente correlati, il cui status tassonomico non sempre è chiaro.

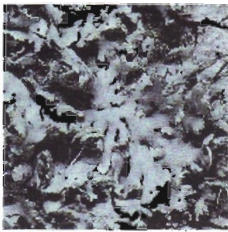
Physcia clementei (Turner) Maas Gest.

In Europa questa specie ha una distribuzione mediterraneo-atlantica. È conosciuta in California, Australia e sull'Himalaya. Di solito è epifita, in comunità dello *Xanthorion*. In Europa ha una distribuzione di tipo suboceanico ed è assente in Scandinavia. È tra le specie caratteristiche del *Physcietum elaeinae*, un'associazione dello *Xanthorion parietinae*. È molto sensibile all'inquinamento atmosferico e nel nord dell'Italia il suo areale si è molto ridotto negli ultimi decenni.



Physcia dubia (Hoffm.) Lettau v. *dubia*

È una specie diffusa in Europa, Nord America ed Asia. Si rinviene su rocce più o meno calcaree e su alberi, specialmente su scorze impregnate di polvere e substrati ricchi di nutrienti. Questa specie è molto variabile e può includere parecchi distinti taxa.



Physcia tenella (Scop.) DC.

La distinzione tra *Physcia tenella* e *Physcia adscendens* è a volte difficile da apprezzare, soprattutto quando si ha a che fare con esemplari giovani, per cui le due specie sono spesso confuse. Esse hanno un'ecologia e una distribuzione molto simili. In Europa, tuttavia, *Physcia tenella* si spinge meno a nord di *Physcia adscendens*. Si tratta di una specie caratteristica dell'ordine *Physcietales adscendentis* ed è comunissima in tutta Italia, soprattutto al di sotto della fascia montana, e spesso è associata a *Physcia adscendens*, ma è meno nitrofitica.

Physcia vitii Nadv.

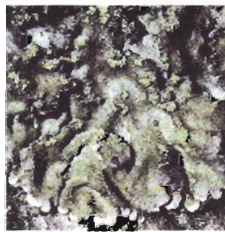
L'aspetto generale è quello di grossi esemplari di *Physcia adscendens*, ma è priva di fibrille marginali.

Questo lichene è poco conosciuto ed è stato segnalato, esclusivamente su scorza, in centro Europa e nella Penisola Iberica. In Italia sembra essere diffuso nella pianura padano-veneta, nell'ambito di associazioni dello *Xanthorion*, su alberi isolati a scorza eutrofica.



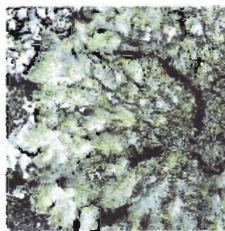
Physconia distorta (With.) Laundon

Questo lichene, che è distribuito in tutta Europa, è comune in Italia, dalle pianure alla bassa fascia montana. È ampiamente diffuso nelle aree temperate dell'emisfero del nord ed è noto anche nell'Africa dell'est ed in Australia. Si rinviene soprattutto su alberi, nelle associazioni dello *Xanthorion* ed evita superfici molto ricche di nutrienti.



Physconia enteroxantha (Nyl.) Poelt

È diffusa dalla Scandinavia del nord alla regione mediterranea. È conosciuta anche in Asia, Nord America ed Australia, dove potrebbe essere stata introdotta. È un lichene piuttosto nitrofitico e si rinviene su scorza, roccia e talvolta anche su legno e suolo nelle comunità dello *Xanthorion*. È localmente frequente in aree piuttosto umide dell'Italia mediterranea, più rara altrove.



Physconia grisea (Lam.) Poelt ssp. *grisea*

Dotata di grande valenza ecologica, è diffusa in tutto il mondo ed in Europa si sviluppa dal sud della zona boreale, dove è piuttosto rara, sino alla regione mediterranea, attraverso le pianure dell'Europa centrale. Si rinviene su diversi substrati e può sopportare un elevato livello di eutrofizzazione. In Italia è piuttosto poleotollerante e penetra in grandi centri urbani, come la città di Roma. È una specie caratteristica di vegetazione dello *Xanthorion parietinae*.



Pseudevernia furfuracea (L.) Zopf

Si tratta di una specie ad ampia distribuzione in Europa, prevalentemente a distribuzione boreale-montana. È nota anche in America centrale, Bolivia e Africa dell'est. In Italia è molto frequente, soprattutto nelle fasce montana e subalpina delle Alpi, dove spesso è il lichene dominante su rami di conifere e latifoglie. Cresce su tipi diversi di substrati acidi e su scorza ed è uno dei più abbondanti componenti dello *Pseudevernetum furfuraceae*, una comunità diffusa su tutte le alture italiane.

Questa specie è rara solo nella vera vegetazione mediterranea e al nord si trova anche in pianura, anche se con ridotta vitalità, in aree moderatamente inquinate dove sussista acidificazione secondaria della scorza. Si possono rinvenire esemplari scarsamente sviluppati anche presso la zona di deserto lichenico in vaste conurbazioni nelle pianure del nord.



Ramalina farinacea (L.) Ach.

È un lichene molto variabile, sia dal punto di vista chimico che morfologico, ad ampia distribuzione dalla zona boreale a quella mediterranea. Non è però presente in aree a clima molto arido. In Italia è una delle più comuni ramaline, con un'ampia valenza ecologica: è presente dalla fascia planiziale nell'ambito di vegetazione mediterranea a quella subalpina, sia su alberi isolati nell'ambito di vegetazione dello *Xanthorion parietinae* che nell'ambito di vegetazione boschiva.

È scomparsa in molte aree del nord (specialmente in Pianura Padana) all'aumentare dell'inquinamento atmosferico.



Ramalina fastigiata (Pers.) Ach.

Si tratta di una specie molto polimorfa, con ampia diffusione e valenza ecologica. La sua distribuzione in Italia va dalla fascia mediterranea a quella subalpina. È legata a vegetazione dello *Xanthorion parietinae* e tra le ramaline italiane è quella che più frequentemente cresce anche in ambienti a relativamente forte antropizzazione e a volte, sia pure in forme fortemente ridotte, compare anche nelle periferie di grosse conurbazioni. È probabile che la specie, così come viene correntemente delimitata, sia passibile di ulteriori suddivisioni in taxa meglio definiti, ciascuno caratterizzato da esigenze ecologiche più ristrette.

Rinodina exigua (Ach.) Gray

Ha una vasta distribuzione nell'emisfero del nord e di recente è stata rinvenuta anche in Nuova Zelanda. Si tratta di una specie pioniera su alberi a scorza piuttosto acida, abbastanza comune in tutta Italia (salvo che nell'ambito della vegetazione mediterranea), dalla fascia planiziale a quella montana. Si sviluppa anche su scorze ricche di nutrienti o polverose in comunità dello *Xanthorion*.

Scoliciosporum chlorococcum (Stenh.) Vezda

Questo lichene, che viene facilmente scambiato per popolazioni algali, ha un'ampia distribuzione in tutto l'emisfero del nord ed in Europa si rinviene dalla zona nord boreale alle zone mediterranee. Potrebbe aver esteso il suo areale nel secolo scorso, dal momento che resiste all'inquinamento. Cresce su scorze acide ed ha un'ampia valenza ecologica. È frequente in Italia, specialmente al nord e vicino alla costa tirrenica e si trova anche in grandi città, dove spesso non viene individuato.



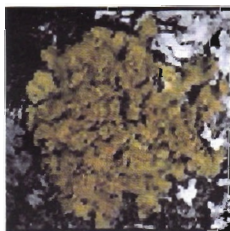
Usnea Adans.

È un genere che comprende circa 600 specie,

ben rappresentate specialmente nelle aree tropicali. Presenta molti problemi dal punto di vista tassonomico ed in Italia è il genere di macrolicheni meno conosciuto.

Xanthoria candelaria (L.) Th. Fr.

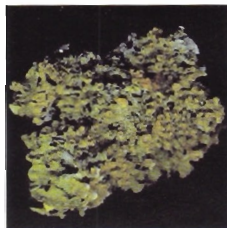
Si tratta di una delle due specie di *Xanthoria* che producono sorali. È presente in tutta Europa e nelle aree temperato-fredde di tutto il pianeta.



Xanthoria fallax (Hepp) Arnold

Questa specie ha una distribuzione molto ampia nelle aree temperata e sub-boreale di entrambi gli emisferi. Si rinviene soprattutto su scorza ricca di nutrienti ed esposta al sole, spesso alla base di tronchi di alberi decidui. In Italia è comune soprat-

tutto nelle asciutte valli alpine, dove è spesso dominante sugli alberi ai margini delle strade.



Xanthoria parietina (L.) Th. Fr.

Ha una vasta distribuzione in tutto il mondo tranne che in Antartide. La sua distribuzione attuale in Europa è la conseguenza dell'espansione del suo areale influenzata dall'avanzare dell'antropizzazione, soprattutto nelle zone agricole. Questa specie ha un'amplissima valenza ecologica e cresce su diversi substrati. In Italia è comunissima, dalla fascia planiziale a quella montana, su alberi isolati a scorza primariamente o secondariamente eutrofica, nell'ambito della vegetazione di *Xanthorion parietinae*. In Pianura Padana la rinveniamo anche in aree moderatamente inquinate.

Conclusioni

Lo studio condotto ha consentito di rappresentare sinteticamente lo stato della qualità dell'aria sull'intero territorio della Valle del Ticino, attraverso la rilevazione della biodiversità dei licheni epifiti, obiettivo difficilmente conseguibile con altri metodi di indagine. Alle aree in cui la frequenza e la copertura delle specie licheniche appaiono ridotte od assenti corrispondono le zone a maggior compromissione, dove sono necessari approfondimenti per chiarire le cause di degrado e pervenire ad una loro riduzione od eliminazione.

I rilievi effettuati evidenziano aree critiche che interessano principalmente le province di Novara e di Varese e, più precisamente, la fascia territoriale che inizia a sud-ovest comprendendo Cerano e Trecate e, attraverso Turbigio e Castano Primo, giunge in direzione nord-est sino a Gallarate; all'interno di questa fascia territoriale sono presenti importanti centri tecnologici e infrastrutture aeroportuali e viabilistiche.

Un'altra situazione di elevata alterazione, evidenziata a sud di Pavia, meriterebbe un approfondimento analitico, anche di tipo chimico-fisico, al fine di stabilire se la diminuzione della biodiversità lichenica sia dovuta al traffico autoveicolare delle due strade statali che insistono sulla zona o alla presenza di fenomeni locali legati a pratiche agronomiche che fanno largo uso di presidi chimici. L'impatto agricolo può essere anche alla base dei fenomeni di alterazione più localizzati, osservati in altre aree, lontane da evidenti sorgenti di emissioni quali, ad esempio, i territori di Morimondo e Motta Visconti.

A nord-ovest, nel novarese, da Oleggio a Castelletto Ticino, si incontrano invece ampie zone dove la qualità dell'aria si presenta migliore per la presenza di aree naturali prive di infrastrutture con impatti inquinanti. Analoga tendenza, seppure in aree più limitate, si registra tra Golasecca e Somma Lombardo, ad ovest di Vigevano e a nord-est di Pavia. Un avvicinamento a condizioni di naturalità media si evidenzia anche a Marcallo con Casone.

In merito all'aspetto metodologico, lo studio ha permesso di individuare il numero di stazioni di rilevamento più idoneo per l'analisi del territorio e di definire la loro collocazione spaziale; questo sarà un utile punto di partenza per le indagini future.

È stato inoltre steso un elenco floristico dei licheni corticicoli presenti su tigli e querce. Pur essendo l'inventario limitato dal fatto di aver identificato solo i licheni presenti all'interno del reticolo di rilevamento, esso costituisce comunque una buona base per la redazione di una lista completa delle specie di licheni che colonizzano altri substrati ed altre essenze arboree.

Il confronto con le indagini effettuate nel 1994 nel Parco Lombardo e nel 1997 nel Parco Piemontese ha permesso di valutare l'evolvere della situazione: in particolare l'aumento della biodiversità lichenica, conseguente alla riduzione dei principali inquinanti atmosferici, appare generalizzato in tutta l'area di studio. Gli esempi più significativi di ricolonizzazione lichenica si apprezzano nel Parco Lombardo, dove l'indagine è stata effettuata ad un maggior intervallo temporale. Il fenomeno deve essere messo in relazione principalmente con la sensibile e progressiva diminuzione della concentrazione di anidride solforosa in atto da oltre vent'anni, tendenza da attribuire all'uso di combustibili a basso tenore di zolfo, alla maggior diffusione dell'utilizzo del metano per l'alimentazione degli impianti di riscaldamento, alla riduzione degli insediamenti produttivi, alla applicazione di migliori tecniche di abbattimento degli inquinanti ed, infine, all'adozione di motori meno inquinanti sotto questo aspetto.

La diminuzione degli effetti dell'inquinamento atmosferico, rilevata nel confronto con le indagini pregresse, favorisce condizioni idonee per meglio evidenziare eventuali future alterazioni. Infatti, in una situazione molto compromessa, risulta assai complesso cogliere ulteriori peggioramenti.

Particolare attenzione va posta, per lo sviluppo di possibili scenari futuri, ad un'area limitrofa all'aerostazione intercontinentale di Malpensa (da Golasecca a Somma Lombardo) che presentava, al momento dell'indagine (1999), una buona qualità dell'aria (naturalità media e alta): ciò è di estrema importanza perché permetterà di seguire nel tempo l'evolvere delle condizioni di inquinamento atmosferico conseguenti alla messa in funzione dell'aeroporto HUB di Malpensa.

Occorre sottolineare ancora una volta che, essendo i licheni bioindicatori che evidenziano gli effetti dell'inquinamento atmosferico in tempi medio - lunghi, i risultati dell'indagine svolta nel 1999 devono essere considerati relativi al periodo antecedente alla messa in esercizio dell'aeroporto intercontinentale (ottobre 1998): infatti, il breve periodo intercorso tra tale data e la primavera-estate 1999 (periodo in cui sono state effettuate le indagini di campo relative a questo studio) non è sufficiente per apprezzare un'eventuale alterazione della comunità lichenica.

Una nuova campagna di indagine da realizzarsi tra 3-4 anni potrà mettere in evidenza eventuali alterazioni dell'indice di biodiversità lichenica e quindi, unitamente ad altri parametri ed indagini, evidenziare il contributo dell'attività aeroportuale ad un eventuale peggioramento della qualità dell'aria.

Bibliografia

Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia, 1990. Secondo supplemento straordinario al n. 35. Milano.

Casarini P., Genoni P., Roella V., 1995. *La qualità dell'aria nel Parco Regionale Lombardo della Valle del Ticino. Monitoraggio effettuato mediante analisi dei licheni*. Parco Ticino, 47 pp.

Cislaghi C., Nimis P.L., 1997. Lichens, air pollution and lung cancer. *Nature*, 387: 463-464.

Cislaghi C., Braga M., Nimis P.L., 1996. Methodological aspects of an ecological study on the association between two biological indicators. *Stat. Appl.*, 8: 213-227.

Coxson D.S., 1988. Recovery of net photosynthesis and dark respiration on rehydration of the lichen *Cladina mitis* and the influence of prior exposure to sulphur dioxide while desiccated. *New Phytologist*, 108: 483-487.

Farmer A.M., Bates J.W., Bell J.N.B., 1991. Seasonal variation in acidic pollutant inputs and their effect on the chemistry of steamflow and epiphyte tissues in three oak woodlands in NW Britain. *New Phytologist*, 115: 431-437.

Gasparo D., 1998. Licheni e qualità dell'aria. *ARS*, 60: 43-47.

Gilbert O.L., 1971. The effects of airborne fluorides on lichens. *Lichenologist*, 5: 26-32.

Grace B., Gillespie T.J., Puckett K.J., 1985. Uptake of gaseous sulphur dioxide by the lichen *Cladina rangiferina*. *Canadian J. Botany*, 63: 797-805.

Nimis P.L., 1987. I macrolicheni d'Italia. Chiavi analitiche per la determinazione. *Gortania*, 8: 101-220.

Nimis P.L., 1993. *The Lichens of Italy. An annotated catalogue*. Museo Regionale di Scienze Naturali di Torino. Torino, 897 pp.

Nimis P.L., 1994. Biodiversità e bioindicatori. *Atti del Seminario Nazionale "Natura chiama scuola"*, Trieste: 1-37.

Nimis P.L., 1999a. Il biomonitoraggio della "qualità dell'aria" in Italia. In: Piccini C. e Salvati S. (eds.). *Atti del Workshop "Biomonitoraggio dell'aria sul territorio nazionale"*, Roma, 26-27 novembre 1998. *ANPA, Serie Atti 2/1999*: 173-189.

Nimis P.L., 1999b. Linee-guida per la bioindicazione degli effetti dell'inquinamento tramite la biodiversità dei licheni epifiti. In: Piccini C. e Salvati S. (eds.). *Atti del Workshop "Biomonitoraggio dell'aria sul territorio nazionale"*, Roma, 26-27 novembre 1998. *ANPA, Serie Atti 2/1999*: 267-277.

Nimis P.L., Ciccarelli A., Lazzarin G., Bargagli R., Benedet A., Castello M., Gasparo D., Lausi D., Olivieri S., Tretiach M., 1989. I licheni come bioindicatori di inquinamento atmosferico nell'area di Schio - Thiene - Breganze (VI). *Bollettino del Museo Civico di Storia Naturale di Verona*. Vol.16.

Ozenda P., Clauzade G., 1970. *Les lichens. Etude biologique et flore illustrée*. Masson, Paris. 801 pp.

Piervittori R., 1999. Licheni come bioindicatori della qualità dell'aria: stato dell'arte in Italia. In: Piccini C. e Salvati S. (eds.). *Atti del Workshop "Biomonitoraggio dell'aria sul territorio nazionale"*, Roma, 26-27 novembre 1998. *ANPA, Serie Atti 2/1999*: 97-122.

Regione Lombardia, 1999. *Rapporto sullo stato dell'ambiente in Lombardia*. Direzione Generale Tutela Ambientale, 431 pp.

Seaward M.R.D., 1987. *Effects of quantitative and qualitative changes in air pollution on the ecological and geographical performance of lichens*. In: Hutchinson T.C. and Meema K.M. (eds.). *Effects of atmospheric pollutants on forests, wetlands and agricultural ecosystems*. 133: NATO ASI Series, Vol. G16. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg.

Sigal L.L., Taylor O.C., 1979. Preliminary studies of the gross photosynthetic response of lichens to peroxyacetylnitrite fumigations. *Bryologist*, 82: 564-575.

Sigal L.L., Nash III T.H., 1983. Lichen communities on conifers in southern California: an ecological survey relative to oxidant air pollution. *Ecology*, 64: 1343-1354.

Tognoni R., 1997. *Biodiversità delle cenosi licheniche come indice delle perturbazioni antropiche nel Parco Piemontese Valle del Ticino*, Tesi di laurea in Scienze Biologiche, Università degli Studi di Milano, anno accademico 1996-97, 96 pp.

Tyler G., 1989. Uptake, retention and toxicity of heavy metals in lichens. A brief review. *Water, Air and Soil Pollution*, 47: 321-333.

Wirth V., 1980. *Flechtenflora*. Ulmer, Stuttgart, 552 pp.

Fonti bibliografiche delle fotografie delle specie licheniche:

Jahns H. M., 1992. *Felci, Muschi, Licheni d'Europa*. Franco Muzzio Editore, Padova, 290 pp.

Massara M., Scarselli S., 1997. *Licheni e inquinamento atmosferico*. Regione Piemonte, 144 pp.

Piervittori R., 1998. *Licheni conoscerli e utilizzarli*. Minerva Aosta, Aosta, 343 pp.

Wirth V., 1987. *Die Flechten*. Ulmer, Stuttgart, 528 pp.

Zorer R., Internet: <http://www.sbg.ac.at/pfl/projects/lichen/index.htm>.

Allegato 1

Parco Regionale Lombardo della Valle del Ticino

Dati ambientali

Classificazione ai sensi della LR 32/96: Parco regionale fluviale, forestale, agricolo e di cintura metropolitana.

Elenco ufficiale M.AMB. delle aree naturali protette: iscritto al n°296 nel primo elenco, al n°226 nel secondo.

Classificazione internazionale: sono state proposte dall'Italia alla CE come Siti di Importanza Comunitaria (SIC) le seguenti zone del Parco: "Sorgenti del Rio Capricciosa", "Brughiera del Vigano", "Paludi di Arsago", "Brughiera del Dosso", "Ansa di Castelnovate", "Turbigaccio, Boschi di Castelletto e Lanca di Bernate", "Basso corso e sponde del Ticino", "Garzaia della Cascina Portalupa", "Boschi Siro Negri e Moriano", "San Massimo", "Boschi del Vignolo", "Boschi di Vaccarizza", "Boschi della Fagiana".

Categoria UICN: V.

Estensione in ha: 88.464 (+3.402 ha di fiume in parte condivisi con il Parco Piemontese)

Localizzazione geografica: il Parco comprende l'intero territorio amministrativo dei Comuni lombardi collocati lungo il tratto del fiume Ticino compreso tra il lago Maggiore ed il fiume Po (115 km).

Coordinate: 45° 10' 57" - 45° 77' 72" N,
8° 58' 14" - 9° 28' 89" E.

Regione: Lombardia.

Province: Varese, Milano, Pavia.

Comuni: Arsago Seprio, Besnate, Cardano al Campo, Casorate Sempione, Ferno, Gallarate, Golasecca, Lonate Pozzolo, Samarate, Sesto Calende, Somma Lombardo, Vergiate, Vizzola Ticino (VA), Abbiategrasso, Bernate Ticino, Besate, Boffalora sopra Ticino, Cassinetta di Lugagnano, Castano Primo, Cuggiono, Magenta, Morimondo, Motta Visconti, Nosate, Ozzero, Robecchetto con Induno, Robecco sul Naviglio, Turbigo, Vanzaghello (MI), Bereguardo, Borgo San Siro, Carbonara al Ticino, Cassolnovo, Gambolò, Garlasco, Gropello Cairoli, Linarolo, Mezzanino Po, Pavia, San Martino Siccomario, Torre d'Isola, Travacò Siccomario, Valle Salimbene, Vigevano, Villanova d'Ardenghi, Zerbolò (PV).

Regime di proprietà dei terreni: principalmente privata (90%), demanio statale (6%), demani comunali (3%), demanio parco (1%).

Altitudine minima e massima: dell'asta fluviale = 56 - 193 m s.l.m.; dei rilievi collinari = m 448 (Monte della Croce), m 427 (Monte S. Giacomo).

Allegato 2

Parco Naturale Piemontese della Valle del Ticino

Dati ambientali

Classificazione ai sensi della LR 53 del 21/8/1978 e succ. mod.: Parco Naturale Regionale

Elenco ufficiale M.AMB. delle aree naturali protette: iscritto al n°387 nel primo elenco, al n°313 nel secondo.

Classificazione internazionale: l'intera area del Parco è stata proposta dall'Italia quale Sito di Importanza Comunitaria (SIC) ai sensi dell'art.4 della Direttiva 92/43/CEE "Habitat".

Categoria UICN: V.

Estensione in ha: 5.686 (+3.402 ha di fiume in parte condivisi con il Parco Lombardo)

Localizzazione geografica: il Parco comprende l'intero territorio amministrativo di parte dei Comuni piemontesi collocati lungo il tratto di fiume Ticino compreso tra il Lago Maggiore ed il confine tra la Regione Piemonte e la Regione Lombardia (lungo 66 km) nel Comune di Cerano.

Coordinate: 45° 23' 27" - 45° 43' 35" N
8° 36' 48" - 8° 50' 39" E

Regione: Piemonte.

Provincia: Novara.

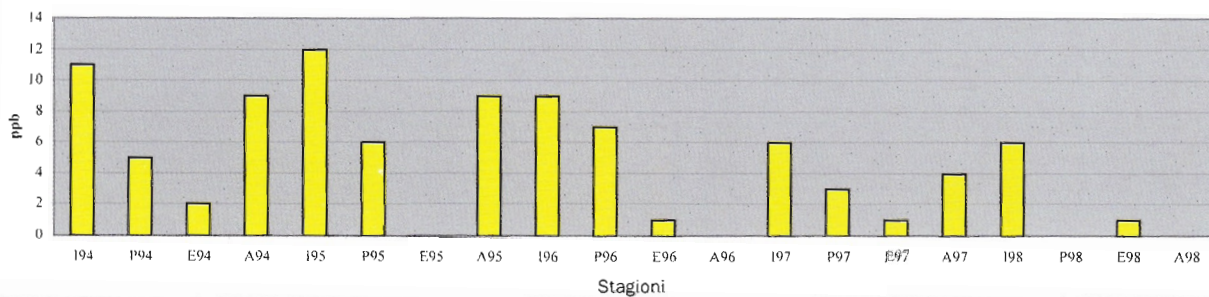
Comuni: Castelletto Ticino, Varallo Pombia, Pombia, Marano Ticino, Oleggio, Bellinzago Novarese, Cameri, Galliate, Trecate, Cerano.

Regime di proprietà dei terreni: principalmente privata (90%), demanio statale (4%), demani comunali (5%), demanio parco (1%).

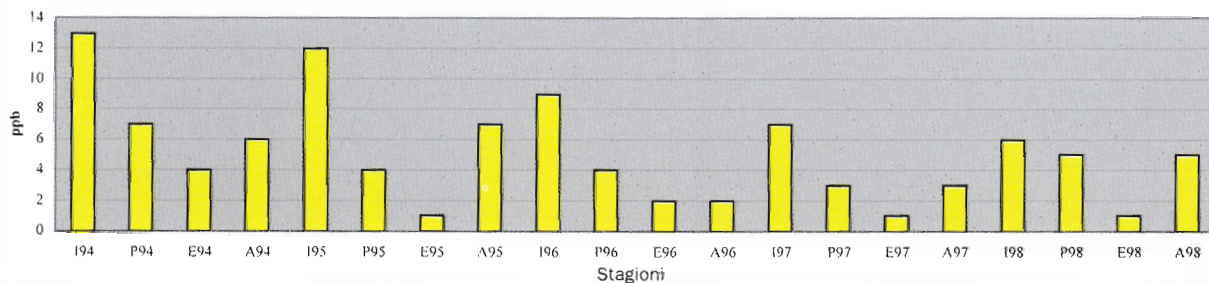
Altitudine minima e massima: 101 – 287 m s.l.m.

Allegato 3

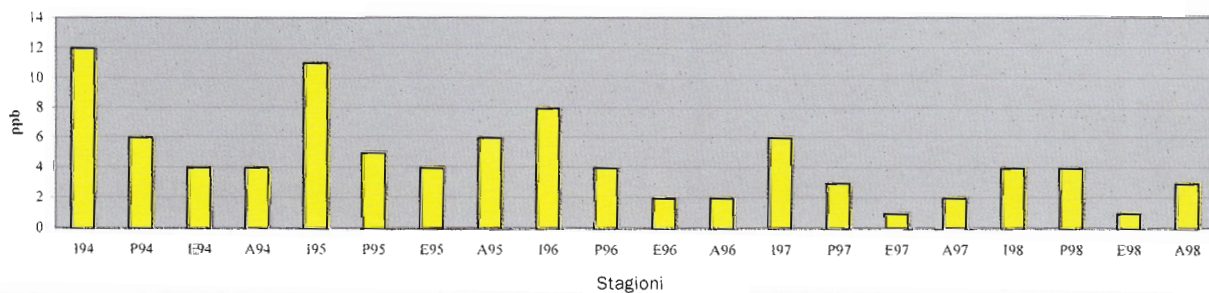
S02 - Gallarate S. Lorenzo



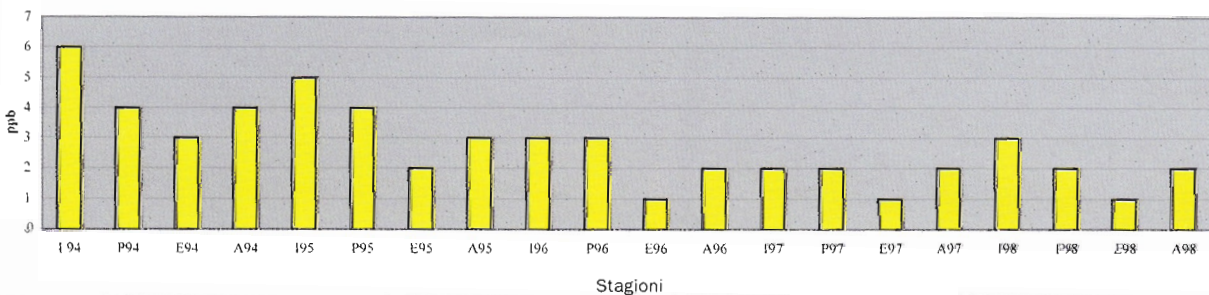
S02 - Busto Arsizio (Via Magenta)



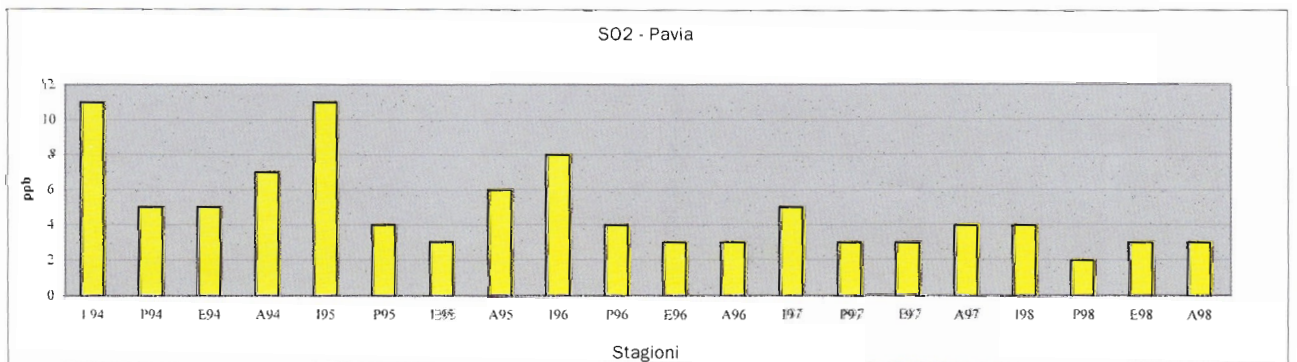
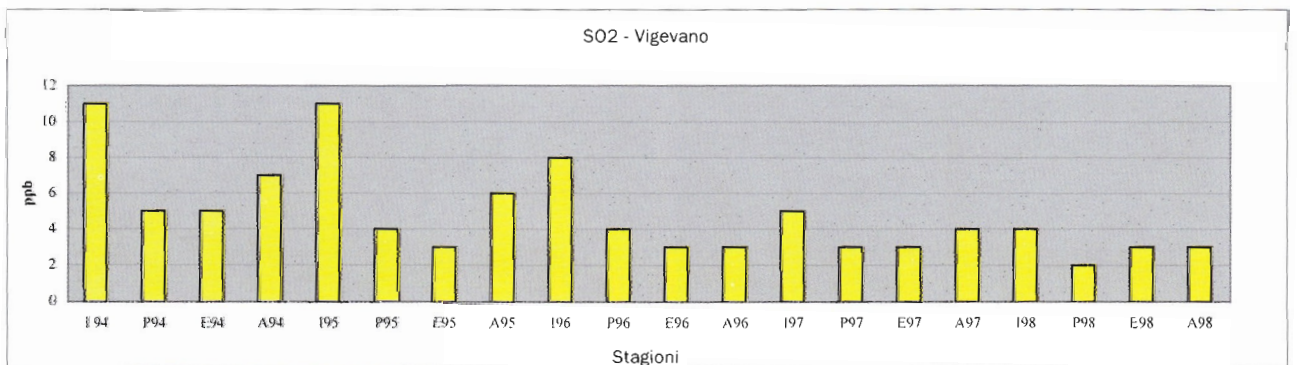
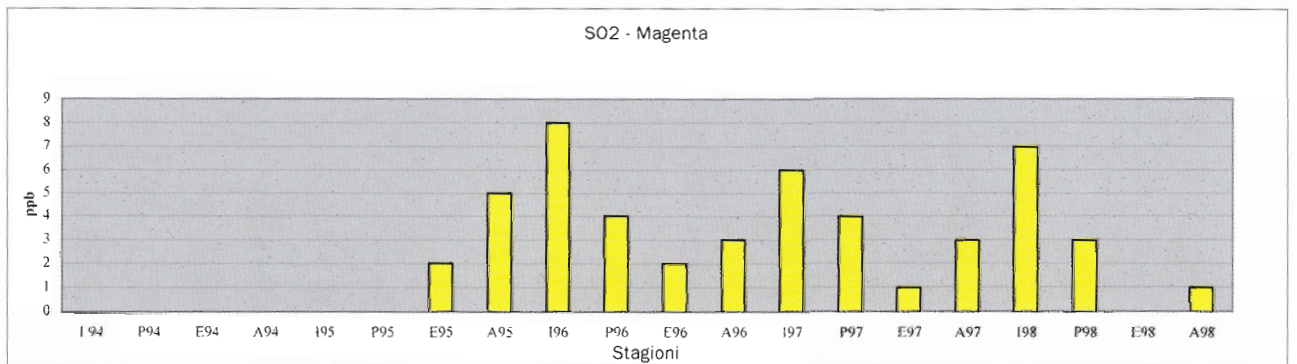
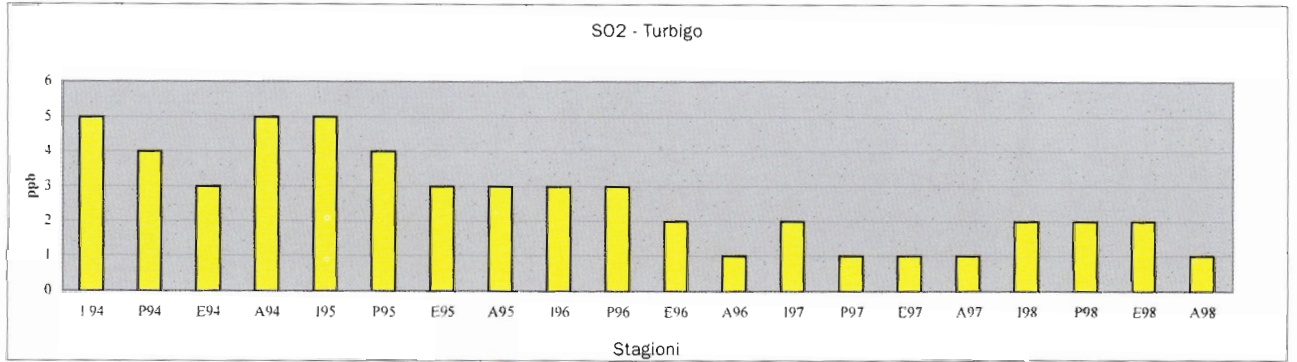
S02 - Busto Arsizio (Via Palermo)



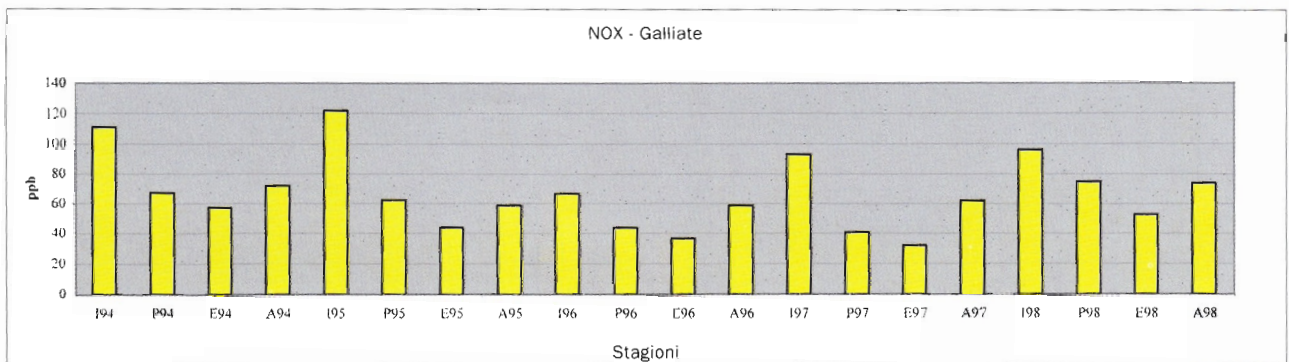
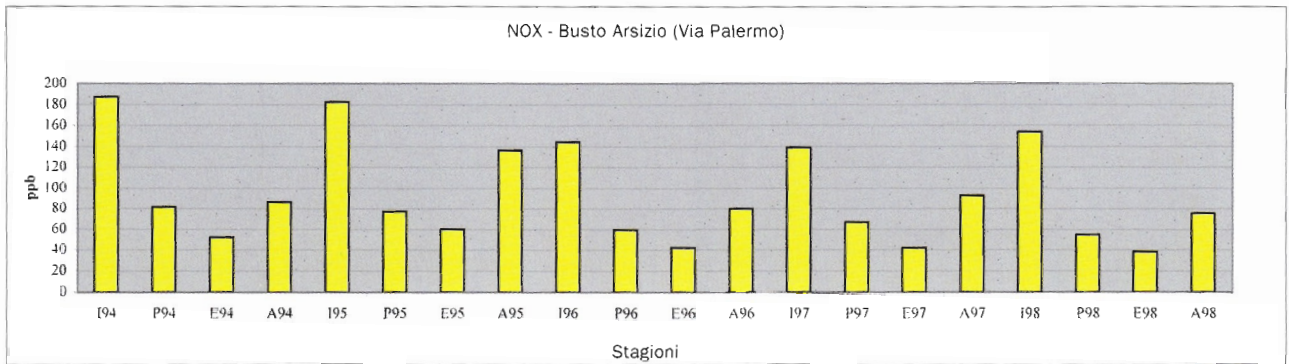
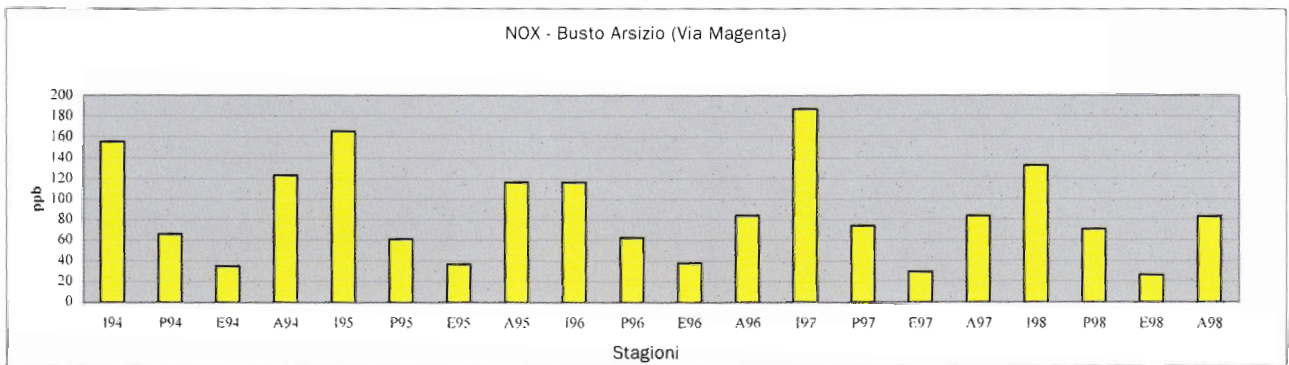
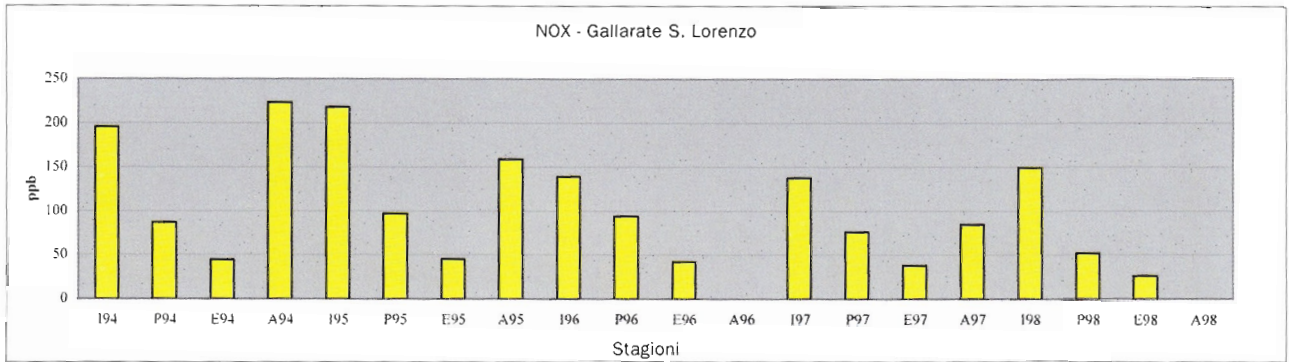
S02 - Galliate



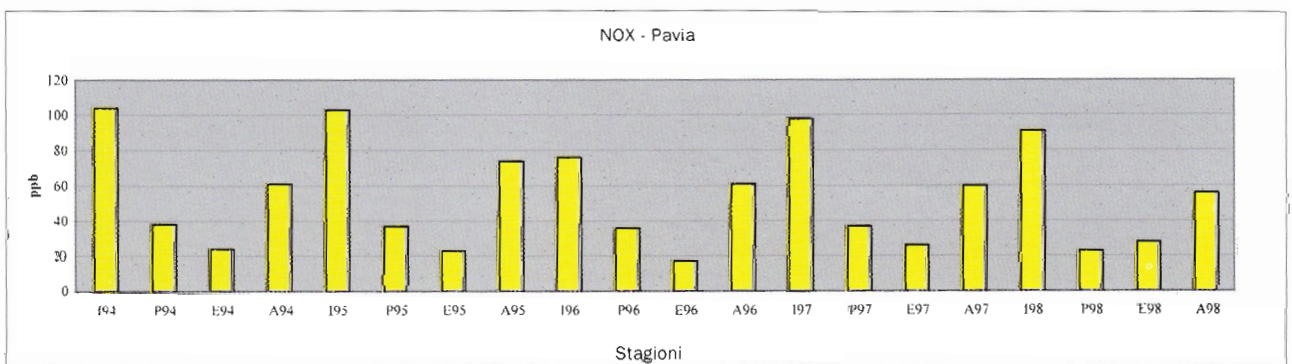
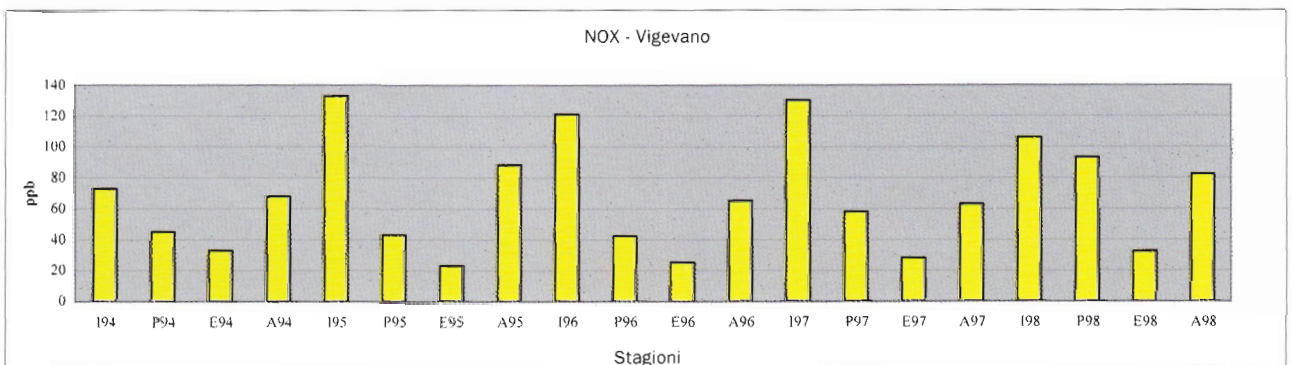
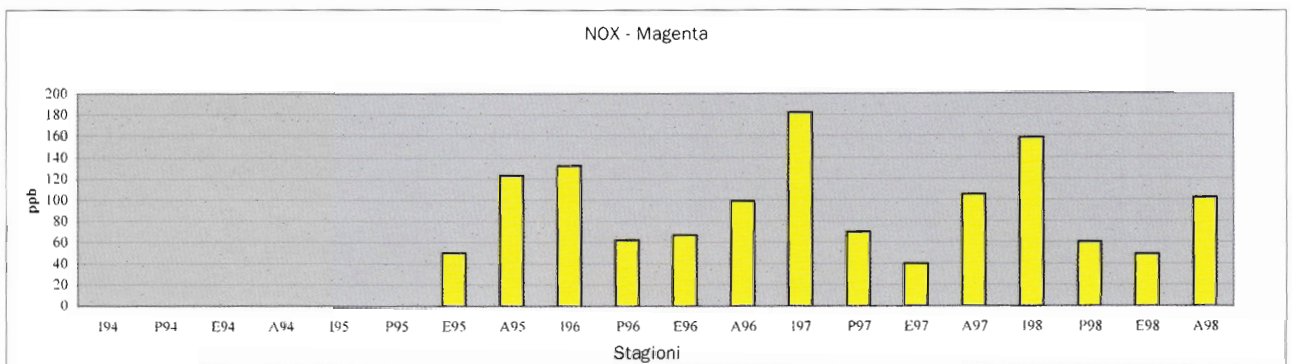
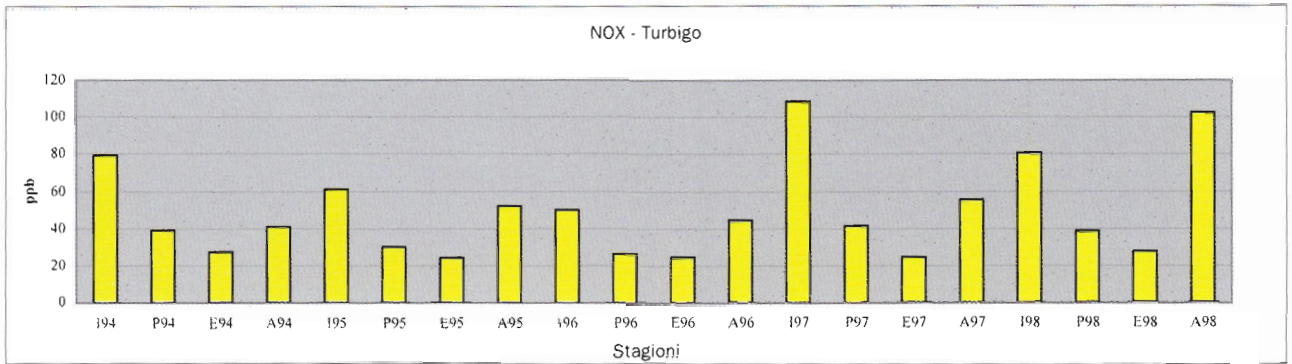
Andamenti stagionali della concentrazione di anidride solforosa dal 1994 al 1998.



Andamenti stagionali della concentrazione di anidride solforosa dal 1994 al 1998.



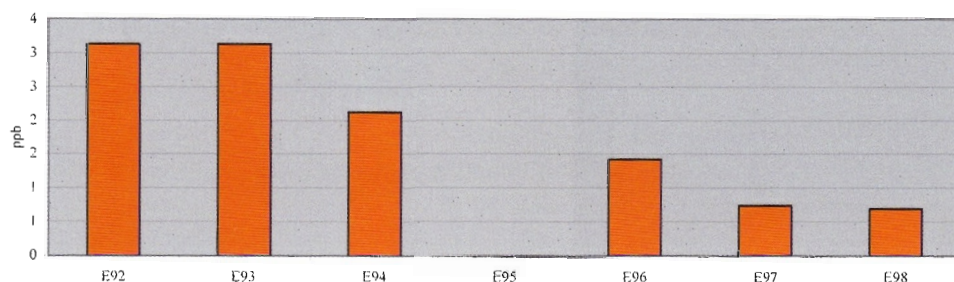
Andamenti stagionali delle concentrazioni di ossidi di azoto dal 1994 al 1998.



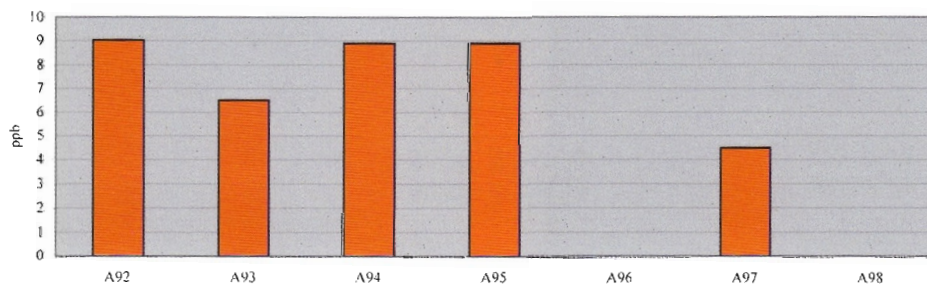
Andamenti stagionali delle concentrazioni di ossidi di azoto dal 1994 al 1998.

Allegato 4

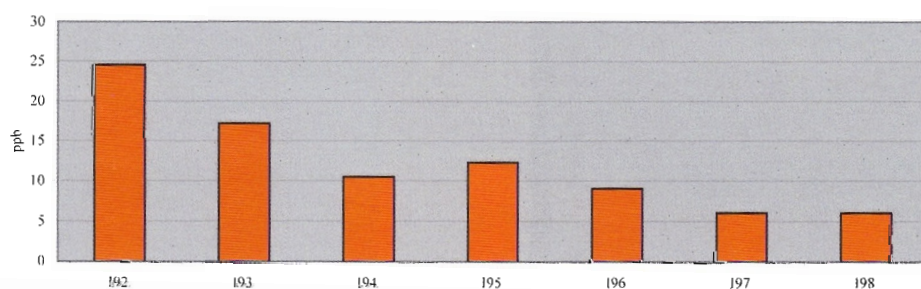
SO₂ Gallarate - Andamento estivo



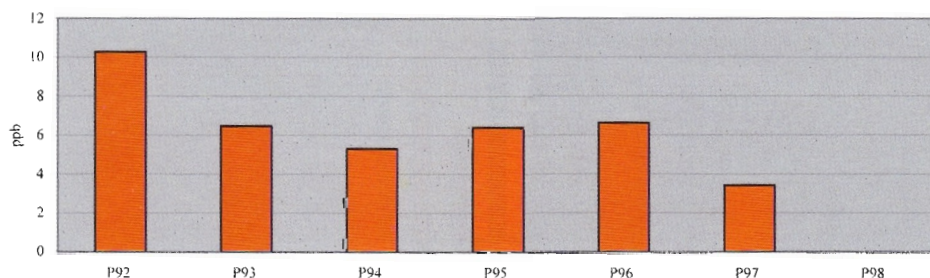
SO₂ Gallarate - Andamento autunnale



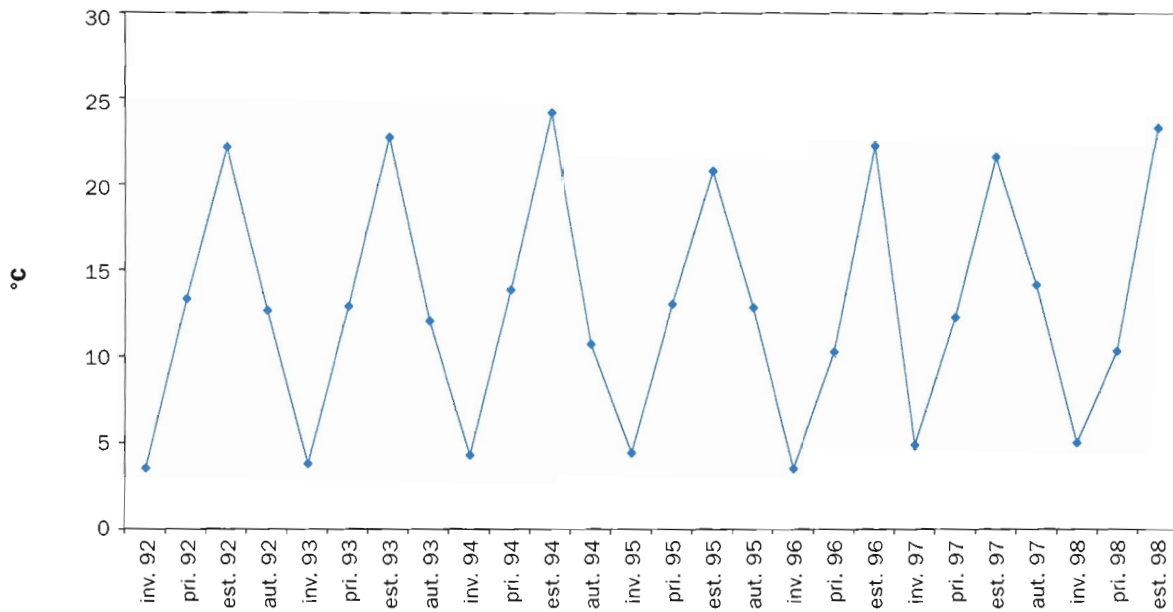
SO₂ Gallarate - Andamento invernale



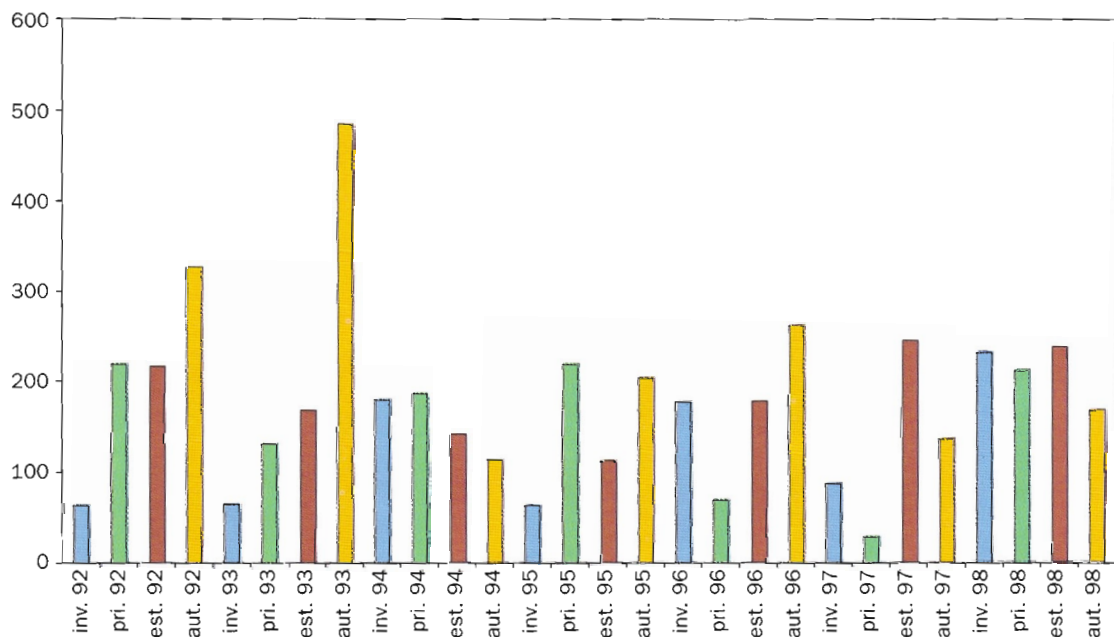
SO₂ Gallarate - Andamento primaverile



Allegato 5



Temperature medie stagionali a Gallarate S. Lorenzo dal 1992 al 1998.



Precipitazioni medie stagionali a Gallarate S. Lorenzo dal 1992 al 1998.

**Publicazioni tecniche e scientifiche
del Consorzio Parco Lombardo della valle del Ticino**

Progetto "Carta Pedologica": I suoli del Parco Ticino. L'Abbiatense, 1991, Ersal - Regione Lombardia e Consorzio Parco Ticino.

Progetto "Carta Pedologica": I suoli del Parco Ticino. Settore Settentrionale, 1992, Ersal - Regione Lombardia e Consorzio Parco Ticino.

Progetto "Parco Pulito", di Battista Lazzaroni, 1993, Consorzio Parco Ticino.

Il Ticino: studi e proposte sull'assetto idrogeologico e sull'uso del territorio della valle fluviale, 1994, Consorzio Parco Ticino - Autorità Bacino del Po.

La qualità dell'aria nel Parco Regionale Lombardo della Valle del Ticino. Monitoraggio dell'aria effettuato mediante analisi dei licheni, 1995, Consorzio Parco Ticino.

Progetto "Carta Pedologica": I suoli del Parco Ticino. Settore Meridionale, 1996, Ersal - Regione Lombardia e Consorzio Parco Ticino.

Strumenti per lo sviluppo dell'agricoltura sostenibile. Esempio di applicazione del regolamento CEE 2078/92, 1996, Consorzio Parco Ticino, Carrefour.

Gli insediamenti rurali del Parco del Ticino, 1998, Consorzio Parco Ticino.

Le marcite, 1998, Consorzio Parco Ticino.

Atlante della Biodiversità nel Parco Ticino, 1999, Consorzio Parco Ticino.

Ricerca sulla fauna ittica del Fiume Ticino, 2000, Consorzio Parco Ticino - Castalia.

Realizzato con il contributo di



PEUGEOT