



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SIENA  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE AMBIENTALI

**BIOMONITORAGGIO  
DELLA QUALITÀ DELL'ARIA  
TRAMITE LICHENI EPIFITI  
NEL TERRITORIO INTERESSATO DALLA  
EDIFICANDA CENTRALE TURBOGAS PRESSO LO  
ZUCCHERIFICIO SADAM  
(COMUNE DI JESI)**

GRUPPO DI RICERCA

- **Dr. Stefano Loppi** (*responsabile scientifico*)

- Dr.ssa Luisa Frati

Siena, Maggio 2001

# SOMMARIO

<b>1. SCOPO DELL'INDAGINE</b>	1
<b>2. INTRODUZIONE</b>	2
2.1 Premessa	2
2.2 Inquinamento atmosferico	2
2.3 Centraline automatiche di rilevamento	4
2.4 Biomonitoraggio	5
2.5 Generalità sui licheni	5
2.6 Licheni come biomonitor	7
2.7 Utilizzo dei licheni in studi di monitoraggio ambientale	8
2.8 Licheni come bioaccumulatori	10
2.9 Licheni come bioindicatori	11
2.10 Gli studi di bioindicazione in Italia	17
<b>3. AREA DI STUDIO</b>	18
3.1 Geologia e vegetazione	19
3.2 Clima	19
3.3 Fonti principali di inquinamento atmosferico	20
3.4 Stazioni fisse di monitoraggio della qualità dell'aria	23
<b>4. MATERIALI E METODI</b>	27
4.1 Individuazione delle stazioni di campionamento	27
4.2 Scelta degli alberi da campionare	29
4.3 Rilevamento	30
4.4 Determinazione delle specie	31
<b>5. RISULTATI E DISCUSSIONE</b>	33
5.1 Lista floristica	33
5.2 Commento alla lista floristica	49
5.3 Analisi della biodiversità lichenica	50
5.4 Confronto con l'indagine dell'ecothema	61
<b>6. CONCLUSIONI</b>	68
<b>7. BIBLIOGRAFIA</b>	69

# 1. SCOPO DELL'INDAGINE

Lo scopo della presente indagine è stato quello di effettuare uno studio di biomonitoraggio della qualità ambientale tramite licheni epifiti, nel territorio interessato dalla edificanda centrale turbogas di Jesi.

Come da convenzione con il Comune di Jesi, si tratta della prima di una serie di campagne di rilevamento annuali volte a misurare eventuali cambiamenti della qualità ambientale determinati dalla messa in funzione della centrale in oggetto.

Gli obiettivi raggiunti sono stati i seguenti:

- determinazione della biodiversità lichenica in 27 stazioni;
- realizzazione di una mappa della qualità dell'aria;
- correlazione dei dati con la presenza industriale e urbana;
- correlazioni con i dati dell'inquinamento atmosferico rilevati tramite misurazioni dirette;
- interpretazione del fenomeno.

## **2. INTRODUZIONE**

### **2.1 PREMESSA**

Le sostanze contaminanti emesse nell'ambiente sono in numero elevatissimo e ciclicamente rinnovate. Non di tutte conosciamo con precisione le caratteristiche chimico-fisiche, gli effetti sugli organismi viventi e la loro capacità di interagire con altre sostanze tossiche presenti. Inoltre non è sempre facile evidenziare l'influenza delle condizioni climatiche e delle caratteristiche orografiche del territorio sulla presenza e diffusione di tali sostanze. Il monitoraggio dell'inquinamento può fornire dati sufficientemente affidabili e significativi solo se basato sulla conoscenza approfondita delle diverse variabili coinvolte e sull'utilizzazione di parametri di valutazione diversificati. Rispetto a quanto accade per le acque e per il suolo, l'analisi dell'inquinamento atmosferico presenta maggiori difficoltà a causa dell'estrema variabilità del mezzo aereo in relazione alle variazioni climatiche, alle caratteristiche orografiche e di urbanizzazione del territorio.

### **2.2 INQUINAMENTO ATMOSFERICO**

L'inquinamento è definito come un'alterazione delle caratteristiche chimico-fisiche dell'ambiente, determinato sia da variazioni delle concentrazioni dei suoi normali costituenti, sia dalla presenza di sostanze estranee alla sua normale composizione, in grado di produrre effetti più o meno dannosi sull'uomo o sulla componente biotica (DPR 203/88; Lorenzini, 1999). L'inquinamento presenta quindi sia una componente naturale (effusioni vulcaniche, emissioni naturali di gas, etc.) sia una componente legata alle diverse attività antropiche. Le sostanze inquinanti emesse nell'atmosfera sono numerosissime (si calcola che siano diverse decine di migliaia) e ogni anno ne vengono sintetizzate di nuove dalle attività umane.

In base alla loro concentrazione nell'atmosfera e alla loro diffusione nelle aree più antropizzate, tali inquinanti possono essere distinti in primari, quelli che manifestano la loro tossicità nella forma e nello stato in cui sono liberati in atmosfera, e secondari, quelli che si formano dall'interazione tra i primari e i componenti stessi dell'atmosfera, principalmente per effetto delle radiazioni ultraviolette o di altri catalizzatori chimico-fisici (Lorenzini, 1999).

I principali contaminanti primari sono: monossido di carbonio (CO), ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), ossidi di zolfo (SO<sub>x</sub>), idrocarburi (C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>), polveri sospese totali (PST), acido fluoridrico (HF), ammoniaca (NH<sub>3</sub>), cloro (Cl<sub>2</sub>) e acido cloridrico (HCl). Gli inquinanti secondari non sempre sono

facilmente definibili dal punto di vista chimico e alcuni sono responsabili di rilevanti effetti tossici. Queste sostanze sono di scoperta relativamente recente (ultimo dopoguerra) e si ritrovano in particolar modo tra i costituenti dello “smog fotochimico”. Tra i principali possono essere citati l’ozono (O<sub>3</sub>) e il nitrato di perossiacetile (PAN).

Per tali sostanze esistono norme che ne fissano i limiti di accettabilità e ne stabiliscono gli standard per i valori di concentrazione sull’arco di un intero anno di riferimento. Per il controllo di questi parametri, a partire dagli anni ‘70, sono state allestite delle reti di monitoraggio basate su centraline automatiche di rilevamento, fisse (principalmente) e mobili. Per tutti gli altri contaminanti, con l’eccezione dell’ozono, non sono stati fissati veri e propri limiti di tollerabilità e pertanto, non vengono monitorati in modo organico ma quasi esclusivamente attraverso campagne o valutazioni indirette.

Per quanto riguarda le fonti di emissione, quelle di tipo antropico sono riconducibili a cinque settori di attività principali: 1) trasporti, 2) centrali termoelettriche, 3) industria, 4) domestico e terziario, 5) agricoltura e pesca.

Si può distinguere tra fonti di emissioni diffuse (trasporti, domestico e terziario, agricoltura e pesca), con scarico ad altezza più o meno bassa, e fonti di emissione concentrate (industrie e centrali termoelettriche), con scarico ad altezza elevata. Le fonti diffuse hanno un ruolo preponderante nelle emissioni di monossido di carbonio, di ossidi di azoto e di idrocarburi, mentre le industrie e le centrali termoelettriche sono le principali responsabili delle emissioni di anidride solforosa.

Una volta emesse nell’atmosfera, le sostanze tossiche vengono trasportate dalle correnti d’aria a quote diverse per tempi e distanze ampiamente variabili. Una parte rilevante viene depositata, tal quale, entro una distanza compresa tra poche decine di metri e alcuni chilometri. Il resto del carico cade a distanze maggiori, fino a mille chilometri o più, dopo aver subito diverse trasformazioni chimiche, principalmente processi di ossidazione e di fotolisi (Lorenzini, 1999). La ricaduta al suolo può avvenire secondo due modalità:

- *ricaduta secca*: deposizione di forme residue di specie gassose o di alcuni sali sotto forma di particelle;
- *ricaduta umida*: interessa gli acidi e la maggior parte dei sali e avviene essenzialmente mediante le precipitazioni piovose, nevose e le nebbie.

L’inquinamento, essendo espresso in termini di concentrazioni, è di facile definizione operativa, ma il suo monitoraggio non è semplice, per i seguenti motivi:

- le concentrazioni di inquinanti in atmosfera sono molto variabili nello spazio e nel tempo, implicando studi condotti su base statistica, per lunghi periodi, e con dense reti di punti di misura;

- gli alti costi degli strumenti ne limitano fortemente il numero, per cui i dati strumentali hanno spesso una scarsa qualità statistica, nonostante la precisione delle singole misure;
- la strumentazione normalmente utilizzata rileva un numero esiguo di sostanze inquinanti.

### 2.3 CENTRALINE AUTOMATICHE DI RILEVAMENTO

Nel nostro Paese il monitoraggio dell'inquinamento atmosferico è affidato quasi esclusivamente alle centraline automatiche di rilevamento. Tali apparecchiature, che possono essere fisse o mobili, misurano direttamente le concentrazioni di alcuni inquinanti in campioni d'aria prelevati dall'atmosfera e negli ultimi anni hanno rappresentato la principale fonte di dati in funzione dei quali sono state decise iniziative atte a limitare l'emissione di sostanze tossiche nell'aria, come l'interruzione temporanea del traffico veicolare e la pedonalizzazione dei centri storici. Tuttavia, i dati, sicuri e analiticamente precisi, forniti dalle centraline, per quanto fondamentali per ottenere un quadro completo del fenomeno inquinamento, non possono risolvere completamente il problema del monitoraggio della qualità dell'aria e presentano dei limiti, di seguito esposti.

- *Monitoraggio di pochi parametri*: la maggior parte delle centraline è predisposta per il rilevamento dei soli inquinanti convenzionali e in particolare anidride solforosa (SO<sub>2</sub>), monossido di carbonio (CO), ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), polveri sospese totali (PST). Sono ancora in numero limitato le apparecchiature che forniscono dati su ozono (O<sub>3</sub>), idrocarburi totali e alcuni idrocarburi specifici, come benzene, toluene e paraxilene, mentre sono pochissime le centraline in grado di rilevare le concentrazioni in atmosfera dei metalli pesanti tipo piombo (Pb) e di altri importanti contaminanti.

- *Costi elevati*: le centraline sono molto costose e soprattutto è oneroso mantenerle in efficienza. Le strumentazioni sono delicate e, lavorando in condizioni disagiate, necessitano di essere revisionate spesso. I sistemi di taratura degli strumenti utilizzano dei gas standard dispendiosi e tutti gli interventi tecnici devono essere effettuati da personale specializzato. Ciò ne limita fortemente il numero, rendendo di fatto impossibile il monitoraggio al di fuori dei grandi agglomerati urbani e delle aree industrializzate.

- *Discontinuità di dati nel tempo e nello spazio*: le strumentazioni, essendo molto delicate, vanno incontro a frequenti guasti che ne interrompono il funzionamento per periodi di tempo più o meno lunghi. Inoltre, le apparecchiature mobili non permangono a lungo in una stessa stazione. Di conseguenza, i dati chimico-fisici disponibili risultano spesso frammentari e, quindi, difficilmente elaborabili statisticamente.

- *Errata ubicazione*: non sempre la localizzazione è adeguata agli scopi dell'indagine, spesso

proprio a causa della scarsa conoscenza della distribuzione media dell'inquinamento nell'area da monitorare.

- *Risposta abiologica*: le centraline di rilevamento forniscono dati qualitativi e quantitativi sulle concentrazioni di singoli contaminanti, ma non danno nessuna indicazione riguardo ai danni che questi provocano alla salute dell'uomo e degli altri organismi, né tanto meno sui possibili effetti sinergici dovuti a miscele di diversi inquinanti.

## **2.4 BIOMONITORAGGIO**

Recentemente è emersa la necessità di affiancare alle tradizionali tecniche di analisi strumentale altre metodiche di tipo biologico (biomonitoraggio), basate sullo studio di organismi viventi, allo scopo di integrare e completare i dati forniti dalle centraline automatiche.

Il biomonitoraggio si basa essenzialmente sulle variazioni ecologiche indotte dall'inquinamento sugli organismi viventi (Piccini & Salvati, 1999). Si intende come bioindicatore qualsiasi parametro biologico correlabile alle concentrazioni di un dato inquinante. L'utilizzo dei bioindicatori può offrire numerosi vantaggi, evidenziando gli effetti combinati di diversi inquinanti sugli esseri viventi in ampie aree. Negli ultimi decenni, l'impiego degli organismi per la valutazione della qualità dell'aria è divenuto una procedura largamente utilizzata in studi di monitoraggio (Kovács 1992; Lorenzini, 1999; Markert, 1993). Tra gli indicatori biologici, i licheni, e in particolare quelli epifiti, si sono rivelati ampiamente idonei in virtù dell'elevata sensibilità nei confronti dell'inquinamento in generale, e di quello atmosferico in particolare, in conseguenza della loro stretta dipendenza dall'atmosfera per lo svolgimento delle attività metaboliche (Nash, 1996).

## **2.5 GENERALITÀ SUI LICHENI**

I licheni, considerati fino alla metà del secolo scorso come organismi autonomi, rappresentano in realtà un formidabile caso di simbiosi tra un fungo (micobionte) e un'alga e/o un cianobatterio (fotobionte).

La simbiosi, definita come un'unione stabile tra due organismi diversi, vantaggiosa per entrambi, cambia radicalmente il metabolismo dei due partner, inducendo la produzione di sostanze nuove che né il fungo, né l'alga sarebbero capaci di sintetizzare vivendo separatamente. L'associazione tra micobionte e fotobionte porta alla formazione di un organismo completamente nuovo, con un alto grado di organizzazione e con caratteri morfologici e fisiologici peculiari, non riscontrabili nei due partner osservati separatamente (Nash, 1996).

Nel caso dei licheni, i benefici per i due organismi sono piuttosto evidenti. I funghi, come è noto, sono eterotrofi e di conseguenza per la loro nutrizione dipendono da molecole organiche “preconfezionate”, non sempre facilmente reperibili nell’ambiente esterno. D’altra parte, le alghe e i cianobatteri, in determinati ambienti, trovano spesso difficoltoso procurarsi l’acqua e i sali minerali di cui hanno bisogno. Vivendo in simbiosi il fungo può disporre di parte dei composti organici prodotti dall’attività fotosintetica del fotobionte mentre l’alga, in cambio, riceve dal fungo protezione, acqua e sali minerali (Hale, 1983).

Va precisato che il termine simbiosi, secondo le correnti vedute tassonomiche, può essere considerato corretto soltanto per le specie licheniche più evolute, con una morfologia e una fisiologia complesse e un’organizzazione interna stratificata (talli eteromeri). Negli altri casi, e in particolar modo per i taxa più primitivi, si preferisce oggi parlare di una forma di parassitismo controllato da parte del fungo sull’alga. In pratica il micobionte “sfrutta” le capacità fotosintetiche del fotobionte evitando tuttavia di danneggiarlo irreparabilmente (Van Haluwyn & Lerond, 1993).

Grazie a questo consorzio, i licheni sono in grado di colonizzare gli ambienti più diversi, a ogni latitudine e altitudine della superficie terrestre, anche quelli caratterizzati da condizioni di vita estreme, dove da soli fungo e alga non potrebbero sopravvivere.

I funghi che partecipano all’associazione lichenica sono generalmente ascomiceti (più del 98%), più raramente basidiomiceti (0,4%) e deuteromiceti (1,6%), mentre i fotobionti sono alghe verdi (*Chlorophyceae*, 85%) unicellulari o, meno frequentemente, pluricellulari filamentose. In alcune specie licheniche (10%) il fotobionte abituale è un cianobatterio. Tali licheni (generi *Peltigera*, *Collema*, *Leptogium*) grazie alla capacità dei cianobatteri di utilizzare direttamente l’azoto atmosferico per produrre molecole organiche, sono in grado di vivere in ambienti estremamente poveri di nutrienti. Esistono inoltre talli lichenici (3-4%) caratterizzati dalla compresenza dei due fotobionti: un’alga verde interna e una o più specie di cianobatteri racchiusi in particolari strutture superficiali (cefalodi). Più del 40% dei licheni presentano micobionti altamente selettivi rispetto al partner fotoautotrofo. La restante parte è costituita da micobionti meno specializzati, in grado di associarsi a fotobionti appartenenti a specie diverse. Le specie fungine che danno vita alla simbiosi lichenica non si trovano mai in natura senza alghe, mentre la maggior parte delle alghe può vivere isolata e indipendente.

Fino ad oggi sono state identificate circa 15000 specie di licheni, di cui oltre 2000 sono state censite nel territorio italiano (Piervittori, 1998).

## 2.6 LICHENI COME BIOMONITOR

Le caratteristiche peculiari che fanno dei licheni degli ottimi indicatori biologici dell'inquinamento atmosferico sono riassumibili, in modo sintetico, nei punti esposti di seguito:

- *Dipendenza metabolica essenzialmente dall'atmosfera.* Essendo sprovvisti di apparato radicale, i licheni traggono le sostanze di cui hanno bisogno (acqua, sali minerali etc.) quasi esclusivamente dall'atmosfera. Inoltre, la mancanza di barriere specifiche, come la cuticola e le aperture stomatiche presenti nelle piante superiori, non consente loro di "selezionare" le sostanze assorbite: nutrienti e contaminanti vengono assunti in forma gassosa, in soluzione o associati al particolato, in modo continuo, notte e giorno, attraverso l'intera superficie del tallo.

- *Attività metabolica ininterrotta.* La resistenza agli stress ambientali naturali (siccità, temperature estreme etc.) consente ai licheni di avere un'attività fisiologica continua anche nel periodo invernale, quando la concentrazione della maggior parte degli inquinanti atmosferici raggiunge, in particolare nelle aree urbane, i suoi massimi livelli.

- *Impossibilità di liberarsi periodicamente delle parti vecchie o danneggiate.* A differenza della maggior parte delle piante superiori, i licheni non sono in grado di liberarsi delle sostanze contaminanti attraverso meccanismi di abscissione foliare.

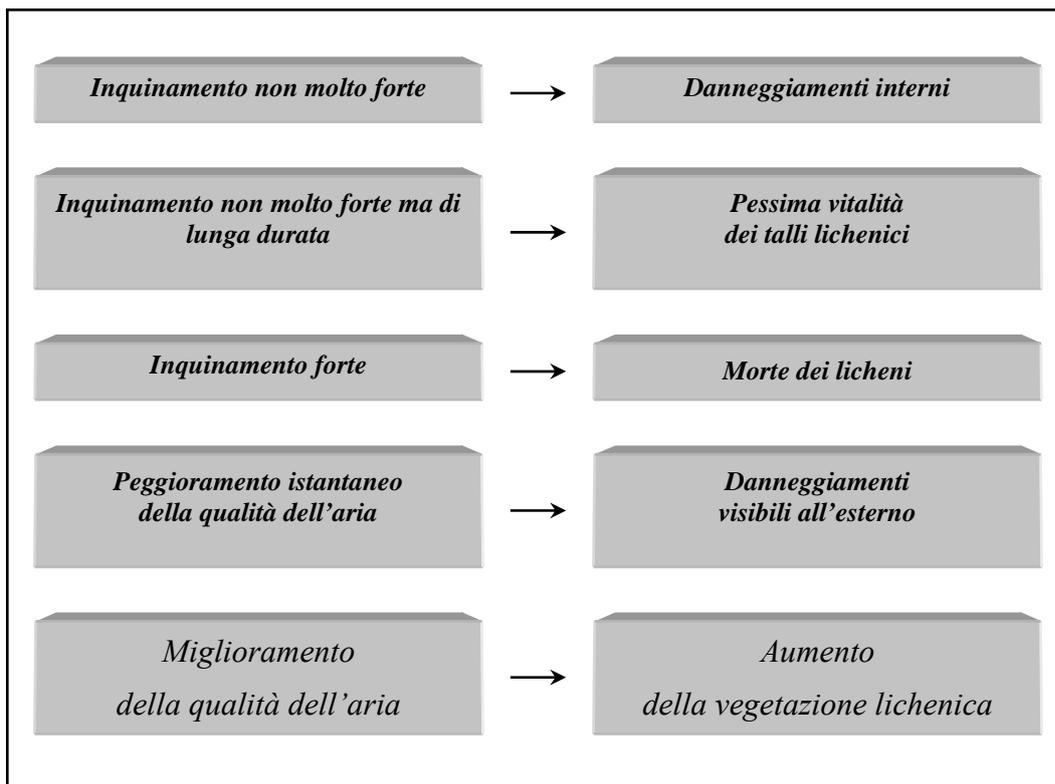
- *Lento accrescimento e grande longevità.* Queste caratteristiche consentono di "leggere" nei talli lichenici l'evoluzione dell'inquinamento in una data area per lunghi periodi di tempo.

- *Elevata tolleranza nei confronti di alcuni inquinanti.* I licheni sono in grado di assorbire e trattenere al loro interno elevate concentrazioni di alcuni contaminanti persistenti (metalli, radionuclidi, idrocarburi clorurati, fluoruri etc.) senza subire alterazioni nel medio termine. Questa caratteristica fa dei licheni degli ottimi accumulatori per detti inquinanti.

- *Sensibilità accertata agli inquinanti.* Un'azione depressiva sull'attività metabolica è stata dimostrata, sulla base di esperimenti di fumigazione ed esposizione controllata, per le seguenti sostanze: anidride solforosa, ossidi di azoto, acido fluoridrico, piombo, zinco, cadmio.

- *Sensibilità specie-specifica alle sostanze inquinanti.* Il fatto che la maggior parte delle specie più sensibili all'inquinamento atmosferico sia legata a condizioni di oceanicità climatica è probabilmente dovuto all'effetto depressivo sull'attività fotosintetica che molte sostanze hanno in condizioni di elevata umidità atmosferica. Attualmente sono disponibili delle "scale di sensibilità" per varie specie licheniche nei confronti delle concentrazioni atmosferiche di anidride solforosa, che permettono di stimare il grado di inquinamento a partire dalla flora lichenica.

I licheni sono estremamente sensibili anche a minime concentrazioni di sostanza nociva nell'aria. Le loro reazioni all'inquinamento atmosferico sono sintetizzate in figura 2.1.



**Figura 2.1** – Reazioni dei licheni all'inquinamento atmosferico (ridisegnato da Herzig & Urech, 1991).

## 2.7 UTILIZZO DEI LICHENI IN STUDI DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

Nell'ambito del biomonitoraggio dell'inquinamento atmosferico, i licheni possono essere utilizzati secondo due strategie:

- come *bioindicatori*, correlando determinate intensità di disturbo ambientale a variazioni morfologiche, di copertura e di presenza (biodiversità);
- come *bioaccumulatori*, sfruttando la loro capacità di assorbire sostanze dall'atmosfera e misurando la concentrazione di tali sostanze all'interno dei talli.

Un bioindicatore è un organismo che, in presenza di determinate concentrazioni di inquinanti, subisce modificazioni rilevabili del suo stato naturale. Queste permettono di esprimere una relazione tra risposta biologica e concentrazioni di un determinato inquinante nell'ambiente, consentendo inoltre la valutazione in termini qualitativi dell'effetto sinergico di più sostanze tossiche. Come bioindicatori vengono selezionati organismi che soddisfano i seguenti requisiti principali:

- accertata sensibilità agli agenti inquinanti;
- presenza diffusa nell'area di studio;
- scarsa mobilità;

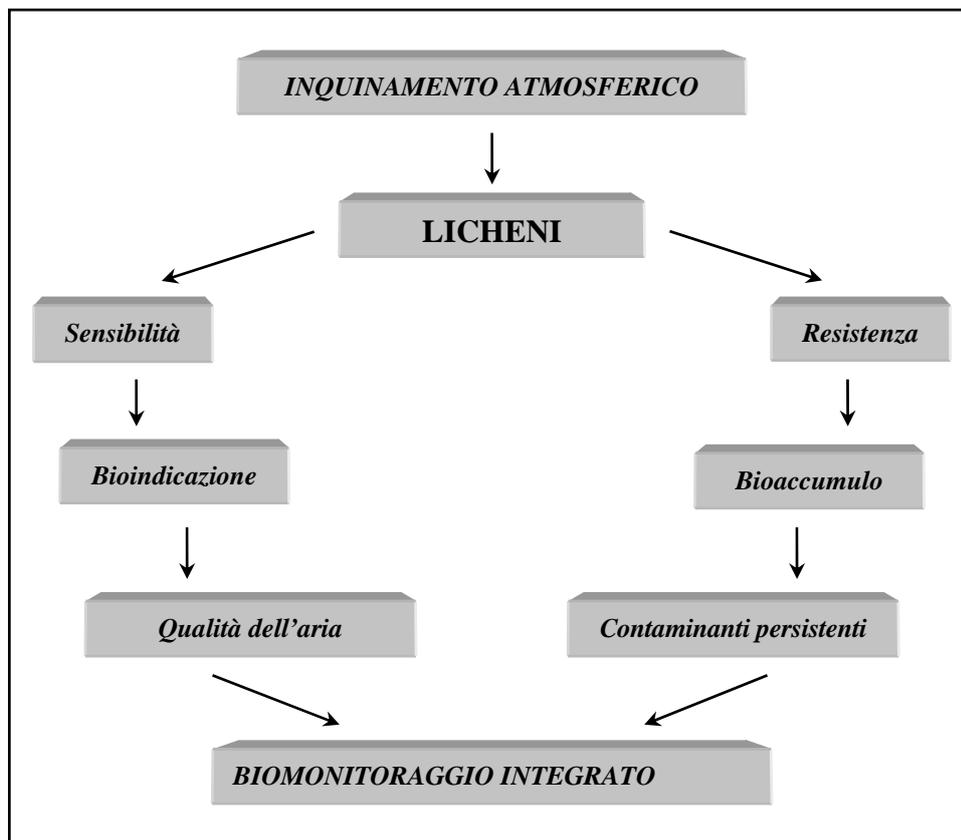
- lungo ciclo vitale;
- uniformità genetica.

Un bioaccumulatore può essere considerato ottimale quando fornisce una relazione quantitativa tra risposta biologica e concentrazione di un determinato inquinante, nonché quando è in grado di soddisfare i seguenti requisiti:

- alta tolleranza agli inquinanti oggetto di studio;
- capacità di accumulare indefinitamente;
- ampia distribuzione nell'area di studio;
- scarsa mobilità;
- lungo ciclo vitale.

Non vi sono differenze sostanziali tra le tecniche di bioindicazione e quelle di bioaccumulo, anche se le prime si basano su misure biologiche, mentre le seconde su analisi chimiche (figura 2.2).

Il monitoraggio mediante licheni si basa su un'ampia gamma di procedure standardizzate, il cui utilizzo dipende dal tipo di inquinamento, dalle caratteristiche dell'area da esaminare, dal tempo e dalle apparecchiature a disposizione (Nimis & Bargagli, 1999).



*Figura 2.2 – Schema metodologico per il biomonitoraggio dell'inquinamento atmosferico tramite licheni epifiti.*

## **2.8 LICHENI COME BIOACCUMULATORI**

I licheni, e in particolare quelli foliosi e fruticosi, sono largamente utilizzati come bioaccumulatori di contaminanti persistenti quali metalli, radionuclidi, non metalli come zolfo e fluoro, e composti xenobiotici come gli idrocarburi clorurati. Essi infatti, come già sottolineato, sono in grado di assorbire tali sostanze ininterrottamente per periodi relativamente lunghi e senza subire alterazioni, accumulandole in elevate concentrazioni all'interno del proprio tallo. Questa caratteristica viene sfruttata principalmente per l'identificazione e la stima dei livelli medi di deposizione di inquinanti emessi da sorgenti puntiformi quali inceneritori, centrali termoelettriche, miniere etc. (Loppi, 1999). Le indagini sul bioaccumulo degli inquinanti atmosferici tramite licheni permettono inoltre di stimare la diffusione e i pattern di deposizione dei contaminanti e di risalire alle fonti di inquinamento.

Solitamente vengono prelevate le porzioni periferiche, corrispondenti all'ultimo anno di accrescimento, di licheni epifiti spontanei, presenti in prossimità della fonte di emissione considerata. In assenza di flora lichenica idonea ai campionamenti, si fa ricorso a talli prelevati in aree non contaminate i quali vengono esposti per alcuni mesi in stazioni opportunamente scelte intorno alla fonte di emissione ("trapianto lichenico").

In Italia i primi studi sono stati effettuati a partire dagli anni '80, con un ritardo di circa 10-15 anni rispetto ad altri paesi del nord e centro Europa. Nonostante la metodologia non richieda conoscenze lichenologiche approfondite e non presenti particolari difficoltà analitiche, il necessario utilizzo di strumentazioni e materiali anche molto costosi ne ha rallentato una diffusione più capillare, come avvenuto per le tecniche di bioindicazione. Tuttavia, le ampie possibilità offerte da questo tipo di indagini e la flessibilità della metodologia, che permette di utilizzare sia specie presenti spontaneamente, cioè resistenti agli eventuali contaminanti fitotossici, sia, in assenza di flora lichenica spontanea, trapianti di licheni raccolti in aree non contaminate, hanno fatto sì che anche in Italia siano state effettuate numerose indagini, soprattutto in aree industriali e urbane, ma anche naturali (Loppi, 1999).

## **2.9 LICHENI COME BIOINDICATORI**

In molti paesi il biomonitoraggio della qualità dell'aria tramite licheni è diventato ormai una tecnica routinaria ed in diversi casi ha assunto riconoscimento istituzionale.

I primi studi sulla sensibilità dei licheni all'inquinamento atmosferico risalgono alla seconda metà del 1800 nel Lancashire meridionale, quando Grindon (1859) osservò come le comunità licheniche si impoverissero sino a scomparire del tutto in prossimità di aree industriali o fortemente urbanizzate. Appartengono allo stesso periodo gli studi di Nylander (1866) il quale affermò che "*les lichens donnent à leur manière la mesure de la salubrité de l'air et constituent une sorte d'hygromètre très sensible*" e correlò la scomparsa dei licheni dal centro di Parigi con l'inquinamento atmosferico. Verso la fine degli anni '20 studi condotti nel Nord Europa evidenziarono come il centro di molte città coincidesse con una zona che venne definita di "deserto lichenico" (Sernander, 1926).

Le ricerche in questo campo sono proseguite lentamente, soprattutto a causa del fatto che la carenza di dati diretti sull'inquinamento atmosferico impediva la quantificazione precisa delle relazioni tra quest'ultimo e la vegetazione lichenica (Nimis, 1989). Solamente a partire dall'inizio della seconda metà del '900 si è assistito ad un notevole incremento di pubblicazioni sui licheni quali bioindicatori di inquinamento atmosferico, soprattutto ad opera di ricercatori inglesi, canadesi, tedeschi, scandinavi e americani (James, 1973). Questi studi hanno mostrato, in maniera convincente, che è possibile correlare la distribuzione dei licheni intorno a fonti inquinanti con i livelli medi di diverse sostanze presenti nell'atmosfera. Attualmente esiste una voluminosa letteratura sull'argomento (Hawksworth, 1974-1978; Henderson & Hawksworth, 1979; Henderson, 1979-2000).

Le alterazioni indotte dalla contaminazione atmosferica sui licheni epifiti si possono manifestare a tre livelli: fisiologico, morfologico ed ecologico.

- *Alterazioni fisiologiche.* Le sostanze inquinanti determinano un progressivo danneggiamento delle molecole di clorofilla, con conseguente depressione dell'attività fotosintetica algale e della respirazione cellulare. Esposizioni prolungate ai più comuni contaminanti atmosferici possono poi causare una riduzione della fertilità. I più vulnerabili in tal senso sono quei licheni che normalmente si riproducono per via sessuale, nei quali si verifica una riduzione del numero degli apotecii in funzione del tempo di esposizione e della vicinanza della sorgente inquinante. I licheni che si riproducono vegetativamente tramite isidi e soredi sono relativamente favoriti nelle situazioni inquinate.

- *Alterazioni morfologiche.* Gli inquinanti atmosferici provocano nel tempo uno scolorimento e una modificazione della forma del tallo, che tende a staccarsi facilmente dal substrato di crescita.

- *Alterazioni ecologiche.* L'esposizione prolungata agli inquinanti atmosferici determina una progressiva modificazione della composizione della flora lichenica epifita. Tale modificazione si esplica essenzialmente nei modi esposti di seguito:

- *Riduzione del numero totale di specie nello spazio.* Numerosi ricercatori si sono occupati, in tempi e località diversi, di questo fenomeno. Tutti, ad esempio, studiando la flora lichenica in aree urbane, hanno registrato una progressiva riduzione del numero di specie, indipendentemente dal tipo di substrato, passando dalla periferia al centro cittadino. Osservazioni analoghe sono state compiute anche nei dintorni di sorgenti puntiformi di inquinamento, dove i licheni tendono ad aumentare con la distanza dalla fonte emittente secondo fasce più o meno concentriche.
- *Riduzione del numero totale di specie nel tempo.* Nelle aree caratterizzate da un progressivo aumento del carico inquinante si verifica una graduale rarefazione delle comunità licheniche, con la scomparsa dapprima delle specie più sensibili, poi via via di tutte le altre fino alle più resistenti.

Se l'inquinamento raggiunge livelli di intensità elevati, come in certe aree densamente abitate e industrializzate, si può arrivare alla condizione estrema di totale assenza di licheni ("deserto lichenico") (Coppins & Lambley, 1974; Laundon, 1973; Vokou *et al.*, 1999). D'altra parte, se le condizioni dell'aria migliorano, i licheni possono ripresentarsi sia dopo lunghi periodi di assenza (Hawksworth & McManus, 1989; Seaward & Letrouit-Galinou, 1991; Loppi & Corsini, 1995; Loppi *et al.*, 1997), sia dopo pochi anni (Loppi *et al.*, 1997). La reazione dei licheni all'inquinamento atmosferico e il loro deperimento possono avvenire in tempi anche molto brevi, pochi mesi o addirittura settimane, a seconda delle condizioni climatiche e delle caratteristiche qualitative e quantitative del carico inquinante a cui sono sottoposti. La loro ricomparsa, invece, nel caso di un miglioramento della qualità dell'aria, avviene in tempi più lunghi per il caratteristico

lento accrescimento che li contraddistingue.

- *Cambiamenti floristici della comunità.* La presenza nell'atmosfera di sostanze tossiche quali SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, etc. e le piogge acide in generale, hanno un duplice effetto sia di fitotossicità diretta che di acidificazione secondaria delle scorze (Gauslaa, 1995; Gilbert, 1986; James & Wolseley, 1992). Ad esempio, a causa dell'azione di tali inquinanti, le comunità di *Lobarion* hanno subito un forte declino in tutta Europa. In molti paesi sono infatti scomparse o sostituite da altre comunità licheniche più acidofile quali lo *Pseudevernetum furfuraceae* o il *Parmeliopsidetum ambiguae* (Rose, 1988).

I vari approcci di bioindicazione che sono stati sviluppati per correlare i parametri lichenici con l'inquinamento atmosferico possono essere sintetizzati come segue.

- *Presenza-assenza, frequenza e copertura di singole specie.* In generale è stato riscontrato che tutti questi parametri diminuiscono passando da aree non inquinate ad aree interessate da alti livelli di inquinamento (Gilbert, 1965; Kunze, 1972; McCune, 1988).

- *Diverso tasso di sensibilità di singole specie o comunità.* Il fatto che specie e comunità diverse mostrino una differente risposta all'inquinamento atmosferico ha dato adito ad una fervida attività di ricerca volta soprattutto alla produzione di mappe mostranti correlazioni quantitative tra licheni e inquinamento atmosferico. Tra i molti lavori i più citati sono senz'altro quelli di Barkman (1958) e Hawksworth & Rose (1970). Quest'ultimo, in particolare, considera la ripartizione e la sensibilità di varie specie licheniche epifite lungo il tronco degli alberi. Tale metodo, calibrato in Inghilterra nei confronti dei livelli medi invernali di SO<sub>2</sub>, è stato ampiamente utilizzato da molti ricercatori europei (Cetteloin & Arvy, 1989; Deruelle, 1977).

- *Index of Atmospheric Purity (IAP).* Importanti passi avanti nello sviluppo di una metodica riproducibile sono stati avviati a partire dalla metà degli anni '60. De Sloover, (1964), De Sloover & Le Blanc (1968), Le Blanc & De Sloover (1970) hanno tentato di quantificare l'informazione fornita dai bioindicatori introducendo un indice per valutare in maniera numerica quantitativa il livello di inquinamento atmosferico, sulla base del numero, della frequenza e della tossitolleranza delle specie licheniche epifite presenti in una data area, secondo la formula:

$$IAP = \sum_{i=1}^n (Q_i \cdot x F_i) / 10$$

in cui:

*n*: numero di specie in un dato sito

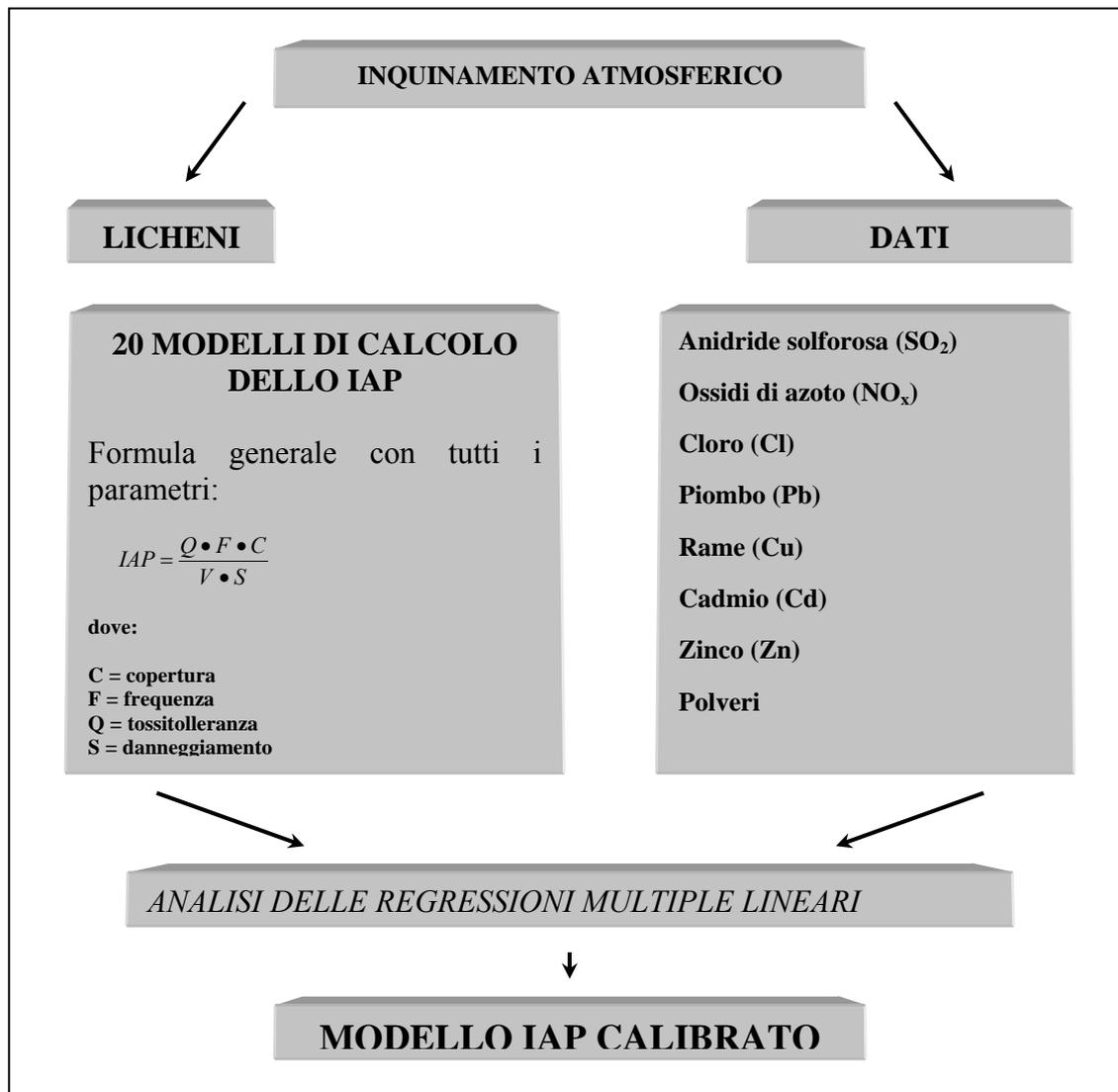
*Q<sub>i</sub>*: fattore di tossitolleranza

*F<sub>i</sub>*: valore di frequenza di ciascuna specie

Il fattore di tossitolleranza  $Q_i$  di ciascuna specie è stato prima valutato e assegnato in maniera più o meno soggettiva (Barkman, 1958; De Sloover, 1964); successivamente Le Blanc & De Sloover (1970) hanno proposto l'utilizzo del numero medio di specie compagne per determinare il valore  $Q_i$  di ciascuna specie, in considerazione del fatto che se una specie è presente soltanto in vegetazioni impoverite, situate in aree fortemente inquinate, avrà un basso numero di specie compagne, e l'opposto per specie presenti in vegetazioni rigogliose di aree non inquinate. I lavori effettuati seguendo il metodo dello IAP sono stati numerosi; per una rassegna si veda Kricke & Loppi, 2001.

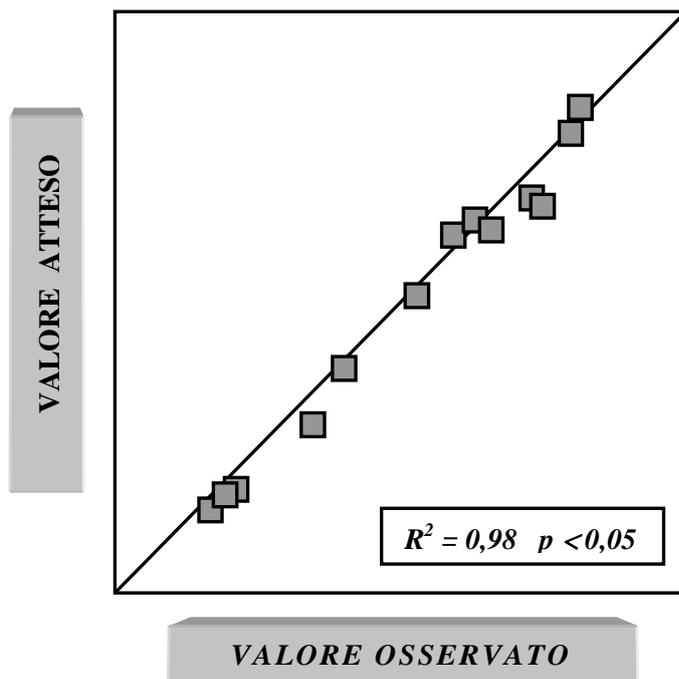
Successivi studi effettuati da un'équipe di ricercatori diretta dal Prof. Klaus Ammann dell'Università di Berna (Ammann *et al.*, 1987; Liebendörfer *et al.*, 1988) hanno permesso di saggiare l'efficacia di 20 diversi metodi di stima dello IAP, differenti per i parametri presi in considerazione, confrontando i dati ottenuti con quelli misurati analiticamente relativi alle concentrazioni in atmosfera di  $SO_2$ ,  $NO_x$ , Cl, Cd, Cu, Pb, Zn e polveri (fig. 2.3).

I risultati hanno mostrato che lo  $IAP_{18}$ , basato sulla frequenza dei licheni in un apposito reticolo di campionamento, riesce a dare dei valori con una predittività del 98% nei confronti dell'effetto globale dei contaminanti sopra menzionati (fig. 2.4). Un altro dato saliente emerso da questi studi è che eliminando uno ad uno i vari contaminanti dal modello di regressione, il grado di predittività diminuisce fino a valori attorno al 75% considerando solo l'effetto dell'anidride solforosa (fig. 2.5). Questo dato è molto importante in quanto dimostra che i licheni sono particolarmente sensibili al danneggiamento provocato dall'effetto integrato di tutti i contaminanti presenti nell'aria e non da uno solo di essi in particolare. In virtù dell'alta correlazione trovata fra dati biologici e inquinamento atmosferico globale, i licheni si sono dimostrati essere degli ottimi bioindicatori della qualità ambientale.

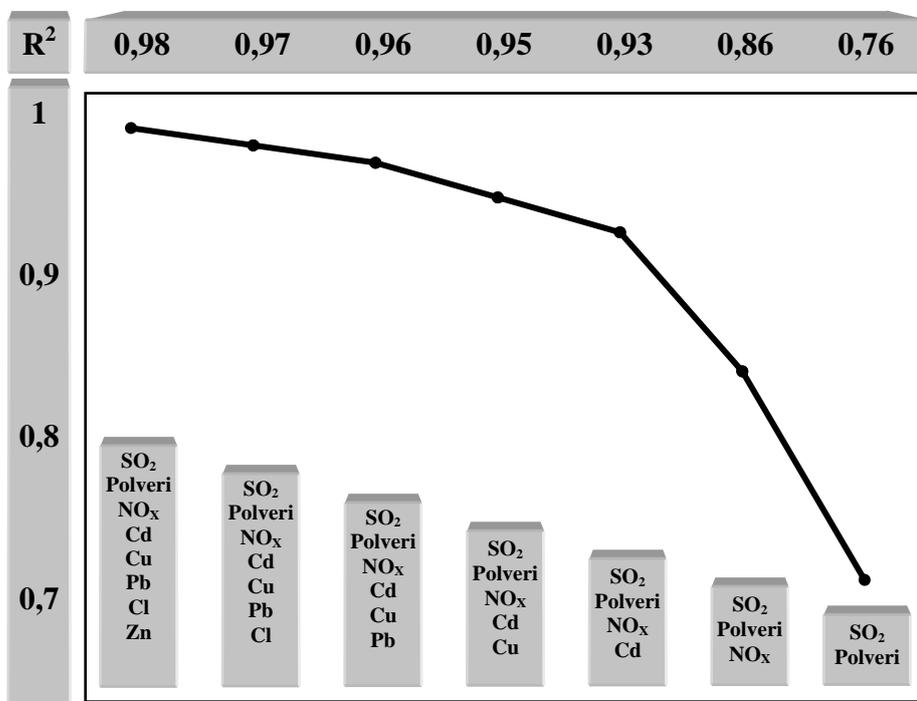


**Figura 2.3** – Schema di testaggio di 20 diversi metodi di stima dello IAP nei confronti dei dati analitici dell'inquinamento atmosferico (ridisegnato da Herzig & Urech, 1991).

Oggi queste metodiche sono state utilizzate in quasi tutte le principali città dell'Europa centro-settentrionale e su estese aree industriali. Numerosi inoltre sono gli studi eseguiti presso sorgenti puntiformi di inquinamento atmosferico (Piervittori, 1999).



*Figura 2.4 - Calibrazione del modello relativo allo IAP<sub>18</sub> nei confronti dei dati analitici dell'inquinamento atmosferico (ridisegnato da Herzig & Urech, 1991).*



*Figura 2.5 - Eliminazione graduale dei contaminanti atmosferici dal modello di regressione in relazione al grado di predittività R<sup>2</sup> (ridisegnato da Herzig & Urech, 1991)*

## 2.10 GLI STUDI DI BIOINDICAZIONE IN ITALIA

In Italia le vicissitudini della lichenologia italiana (Nimis, 1988) hanno avuto ripercussioni anche sugli aspetti applicativi di questa disciplina. Le ricerche lichenologiche segnano una ripresa verso la metà degli anni '70, ma è solo con la costituzione della Società Lichenologica Italiana, nel 1987, che si assiste ad un vero e proprio risveglio di interessi, testimoniato da una produzione scientifica sempre più intensa e diversificata: 260 lavori negli anni '80, oltre 600 negli anni '90 (Piervittori, 1999). L'utilizzo dei licheni in studi di monitoraggio è iniziato molto più tardi rispetto ad altri Paesi europei ed extraeuropei. Tuttavia, dalla fine degli anni '70 ad oggi le indagini sono andate intensificandosi (oltre 300 pubblicazioni circa) a conferma della validità della metodologia anche in un paese come l'Italia, decisamente eterogeneo da un punto di vista ambientale (Piervittori, 1999).

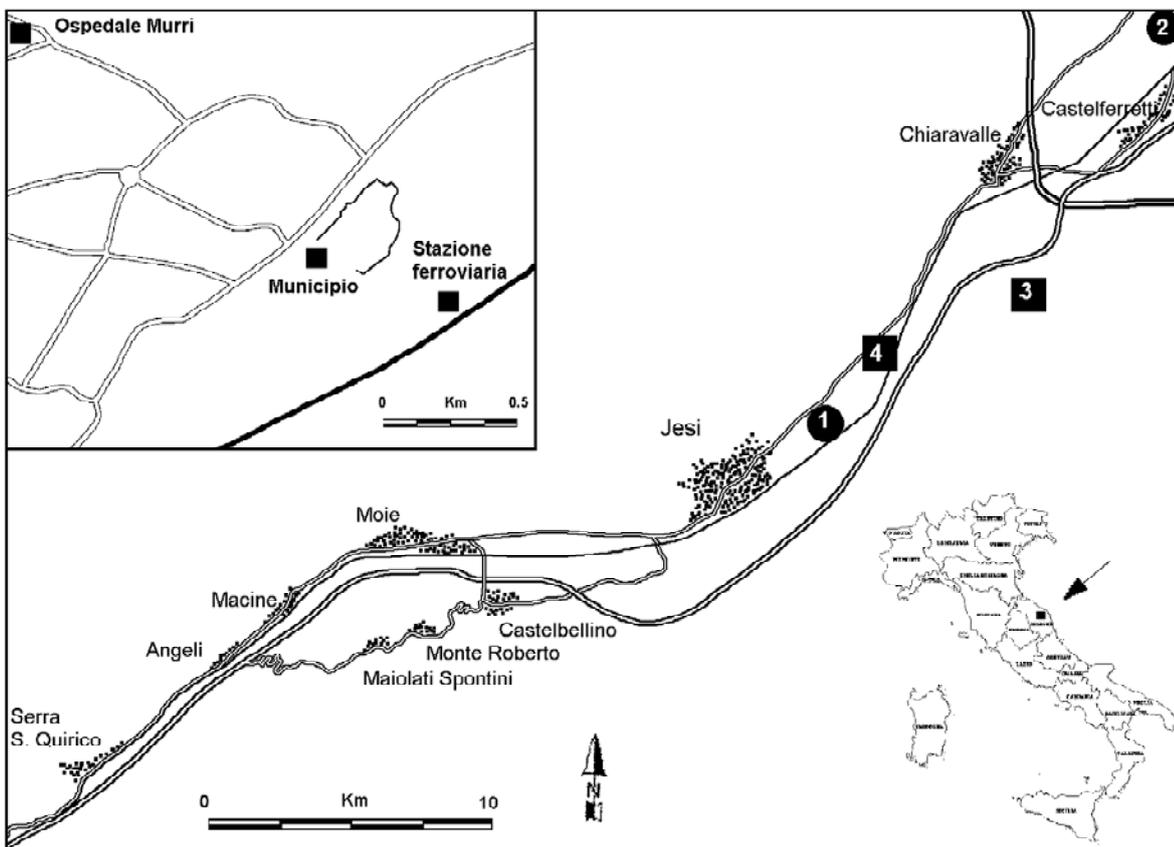
La metodologia svizzera è stata introdotta in Italia con alcuni adeguamenti e saggiata in un'area della Provincia di Treviso, Schio-Thiene-Breganze (Nimis *et al.*, 1989). La principale modificazione consiste nell'utilizzo di un reticolo a maglie di dimensioni fisse (30x50 cm), suddiviso in dieci rettangoli, che permette di considerare la misura delle frequenze licheniche come una vera e propria misura di biodiversità (*Indice di Biodiversità Lichenica*) (Badin & Nimis, 1996).

L'indice di Biodiversità Lichenica (IBL) presenta un'elevata predittività, come è stato dimostrato nella città di La Spezia, dove i dati biologici sono stati confrontati con i valori di SO<sub>2</sub> misurati da apposite centraline (Nimis *et al.*, 1990). La metodologia sviluppata da Nimis *et al.* (1989) è stata successivamente applicata nel più vasto studio di biomonitoraggio sinora svolto in Italia, la mappatura dell'intera Regione Veneto (Nimis *et al.*, 1991). Questi risultati hanno portato ad una rapida adozione del metodo a livello nazionale.

Gli studi di biomonitoraggio effettuati utilizzando i licheni consentono una valutazione ambientale globale e offrono la possibilità di pianificare eventuali interventi per la salvaguardia e la conservazione dell'ambiente. Inoltre, con approccio metodologico innovativo, permettono di attuare azioni mirate a tutelare la salute dell'uomo, come risulta da un recente studio condotto sull'intera Regione Veneto che evidenzia una correlazione negativa tra biodiversità lichenica e mortalità dovuta a cancro polmonare. Il confronto tra due bioindicatori, i licheni e l'uomo, offre nuove opportunità per studi epidemiologici, consentendo di approfondire le relazioni tra inquinamento atmosferico e rischio-salute (Cislaghi & Nimis, 1997; Cislaghi *et al.*, 1996).

### 3. AREA DI STUDIO

L'area nella quale sono state dislocate le stazioni di campionamento (Fig. 3.1) si estende per una lunghezza di circa 40 km lungo l'asse NE-SW della valle del fiume Esino, in provincia di Ancona, dalla costa adriatica fino alle prime colline che precedono l'Appennino. Comprende i territori comunali di Falconara Marittima, Camerata Picena, Agugliano, Montemarciano, Chiaravalle, Monsano, Jesi, Monte Roberto, Maiolati Spontini, Moie, Castelplanio, Mergo e Serra S. Quirico. Il centro urbano principale è rappresentato dalla città di Jesi, situata a 12 km dalla costa, ad un'altitudine di circa 90 m slm, con una popolazione attorno ai 40000 abitanti.



**Figura 3.1** – Area di studio. Nel riquadro in alto a sinistra è riportato un ingrandimento dell'area urbana di Jesi. 1 = centro industriale di Jesi, 2 = raffineria API, 3 = centrale ENEL, 4 = futura centrale SADAM.

### **3.1 GEOLOGIA E VEGETAZIONE**

I principali affioramenti dell'area indagata sono costituiti nel fondo valle da alluvioni intercalate da corpi pelitico arenacei o siltosi. Nelle zone collinari più interne si trovano depositi pelitici intercalati da orizzonti più grossolani, litologicamente non differenziati. Ancora più a monte, a Serra S. Quirico, affiorano calcari, calcari marnosi e marne calcaree (Centamore *et al.*, 1991).

Il paesaggio vegetale è rappresentato per la maggior parte da ex coltivi con vegetazione infestante, colture arboree e altri elementi come alberi isolati, siepi, viali e parchi. Alle colture erbacee sono consociate colture arboree, che sostanzialmente si riducono a vigneti e oliveti. Molto comuni sono i vigneti promiscui, dove le viti isolate sono quasi sempre associate all'acero e all'olmo. Per l'olivo si può fare un discorso analogo a quello della vite. Il paesaggio rurale appare quanto mai eterogeneo, anche a causa del frazionamento della proprietà che ha portato alla formazione di piccoli appezzamenti di terreno con colture di vario tipo, molto spesso delimitati da fossi o da filari di alberi. Nelle campagne sono molto frequenti esemplari di roverella, isolati o a piccoli gruppi.

Il paesaggio è il risultato di un'azione antropica protratta negli anni che, oltre a modificare profondamente la vegetazione originaria, ha portato alla costruzione di abitazioni sparse o riunite in centri, strade e centri industriali (Pedrotti *et al.*, 1970).

### **3.2 CLIMA**

Da un punto di vista climatico l'area di studio appartiene alla regione adriatica centrale, che deve la sua unità climatica all'esposizione verso l'Adriatico dal lato orientale e alla posizione rispetto all'Appennino che la protegge dai venti dal lato occidentale. Di conseguenza, la nuvolosità e le piogge provengono generalmente da est e da sud.

La distribuzione e la frequenza qualitativa e quantitativa delle precipitazioni nel corso dell'anno è quella tipica della zona adriatica a prevalente regime sublitoraneo, caratterizzato da un minimo di precipitazioni più accentuato in estate, da un massimo primario durante l'autunno e da uno secondario nel corso dell'inverno. Per quanto riguarda le temperature, la zona adriatica ha caratteri di continentalità, con inverni freddi e umidi ed estati più burrascose rispetto al versante tirrenico.

La temperatura media annua è di circa 14°C e le precipitazioni medie annue si aggirano attorno ai 1000 mm (Agenzia Servizi Settore Agroalimentare delle Marche, dati inediti). Le precipitazioni diminuiscono durante i mesi estivi, delineando un periodo di aridità piuttosto contenuto, ristretto ai mesi di Luglio e Agosto.

Nella valle il fenomeno climaticamente più rilevante è sicuramente la brezza che, in regimi anticiclonici, ha le seguenti caratteristiche (De Grassi *et al.*, 1995):

- intensità media nelle ore diurne attorno a circa 1.5 m/s;
- intensità nelle ore notturne sicuramente inferiore a causa di una minore regolarità di flusso;
- rotazione antioraria del vento nel corso della giornata;
- notevole riduzione del vento con la quota.

La direzione predominante della brezza è quella di scorrimento del fiume Esino e data la presenza di rilievi di scarsa entità, poiché ai lati della vallata si ergono basse colline con altezza massima di 200 metri, l'orografia locale non comporta notevoli influenze sui flussi principali atmosferici. Per questo motivo i fenomeni meteorologici più rilevanti per gli effetti inquinanti si riducono a quelli tipici di estese e persistenti aree anticicloniche, di caratteristica non stagionale, ma diurna:

- inversione termica, che comporta un accumulo di sostanze inquinanti nei bassi strati;
- circolazione di brezza, i cui effetti si possono sintetizzare nel trasporto del materiale inquinante, sia da parte della corrente presente nei bassi strati, sia della corrente di ritorno, e nel ritardare sia la formazione sia la distruzione della strato di inversione.

### **3.3 FONTI PRINCIPALI DI INQUINAMENTO ATMOSFERICO**

L'intera area di studio è fortemente antropizzata ed ospita vari complessi industriali situati soprattutto nella zona compresa fra la città di Jesi e la costa. Fra questi rientrano la centrale ENEL di Camerata Picena e la raffineria API, che si trova presso la foce del fiume Esino, nella periferia della città di Falconara Marittima. Inoltre, nei prossimi mesi, è prevista la messa in funzione di una centrale a turbogas (SADAM-EDISON) nel territorio comunale di Jesi, a nord della zona industriale della città, e di una centrale termoelettrica (API) a Falconara.

La tabella 3.1 riporta i dati di emissione di NO<sub>x</sub> degli attuali 20 camini presenti nei due complessi industriali di Camerata Picena e Falconara Marittima (Urbani *et al.*, 1998). In totale l'emissione di NO<sub>x</sub> è di 122.4 g/s per la centrale ENEL e di 43.1 g/s per l'API.

In tabella 3.2 sono invece riportati i dati di emissione di NO<sub>x</sub> stimati per il prossimo futuro, quando entreranno in funzione e a pieno regime la centrale di Jesi e la centrale di Falconara. L'emissione di NO<sub>x</sub> sarà di 9.2 g/s per la centrale SADAM e di 44.1 g/s per l'API, mentre l'emissione della centrale ENEL rimarrà di 122.4 g/s.

Altra fonte inquinante importante, soprattutto per quanto riguarda gli ossidi di azoto, è il tratto della superstrada Roma-Ancona (SS76) che attraversa la valle, che rappresenta la maggiore arteria stradale dell'area indagata. In tabella 3.3 sono riportati i dati di traffico (stimati al 2000 senza

interporto) nella sezione di tale superstrada fra Jesi e l'interporto (Urbani *et al.*, 1998). Essi possono essere ritenuti significativi anche per tutta la tratta stradale parallela alla valle.

Descrizione		Diam.	Altezza	Qv	T	NO <sub>x</sub>	
Ditta	sigla	(m)	(m)	(Nm <sup>3</sup> /s)	(°K)	mg/Nmc	g/s
ENEL	1	4.3	15	76.4	723	400	30.6
	2	4.3	15	76.4	723	400	30.6
	4	4.3	15	76.4	723	400	30.6
	4	4.3	15	76.4	723	400	30.6
API	S1	3.1	60	15.4	473	347	5.4
	S2	2.7	52	11.5	470	351	4.0
	S3	1.15	35	10.5	714	248	2.6
	S4	1.3	54	2.6	811	243	0.6
	S5	1.7	60	5.3	501	302	1.6
	S6	1.15	60	11.7	463	228	2.7
	S7	1.2	55	5.3	637	218	1.2
	S8	1.2	22	2.7	640	188	0.5
	S9	1.6	50	3.0	657	243	0.7
	S10	1.4	28	1.8	553	302	0.5
	S11	3	60	32.8	413	401	13.1
	S12	0.7	19.5	0.4	570	351	0.1
	S13	2.3	54	8.2	523	342	2.8
	S14	2.5	54	9.3	523	337	3.1
S17	1.8	60	3.2	1003	0	0.0	
S24	0.1	15	0.7	773	6000	4.2	

**Tabella 3.1** – Quadro delle emissioni di NO<sub>x</sub> dei camini della centrale ENEL di Camerata Picena e della raffineria API di Falconara Marittima. Per ogni camino vengono riportati anche il diametro, l'altezza, il volume di emissione e la temperatura di emissione.

Urbani *et al.* (1998) hanno stimato che l'emissione oraria di NO<sub>x</sub> per ogni chilometro è di circa 3 kg/h (Tab. 3.4) e quindi l'emissione della turbogas corrisponderebbe a circa 11 km di superstrada

Descrizione		Diam	Altezza	Qv	T	NO <sub>x</sub>	
Ditta	sigla	(m)	(m)	(Nm <sup>3</sup> /s)	(K°)	mg/Nmc	g/s
ENEL	1	4.3	15	76.4	723	400	30.6
	2	4.3	15	76.4	723	400	30.6
	3	4.3	15	76.4	723	400	30.6
	4	4.3	15	76.4	723	400	30.6
SADAM	CTE	5	35	256.1	366	36	9.2
API	S1	3.1	60	15.4	473	99	1.5
	S2	2.7	52	11.5	470	99	1.1
	S3	1.15	35	10.5	714	99	1.0
	S4	1.3	54	2.6	811	218	0.6
	S5	1.7	60	5.3	501	248	1.3
	S6	1.15	60	11.7	463	228	2.7
	S7	1.2	55	5.3	637	218	1.2
	S8	1.2	22	2.7	640	218	0.6
	S9	1.6	50	3.0	657	248	0.7
	S10	1.4	28	1.8	553	218	0.4
	S13	2.3	54	8.2	523	99	0.8
	S14	2.5	54	9.3	523	99	0.9
	S17	1.8	60	3.2	1003	0	0.0
	S24	0.1	15	0.7	773	6000	4.2
S26	8	50	397.2	393	65	25.8	
S27	3.5	50	12.9	423	100	1.3	

**Tabella 3.2** – Quadro delle emissioni di NO<sub>x</sub> stimate quando entreranno in funzione a pieno regime le centrali di Jesi e di Falconara (Urbani *et al.*, 1998).

	<b>Veicoli/giorno</b>
--	-----------------------

autoveicoli a benzina	2926
autoveicoli diesel	8779
<b>totale autoveicoli</b>	11705
veicoli pesanti	1102
<b>TOTALE VEICOLI</b>	12807

*Tabella 3.3 – Dati di traffico stimati al 2000 nella tratta superstradale fra Jesi e l'interporto (Urbani et al., 1998).*

	<b>Emissione unitaria giornaliera (g/km)</b>	<b>NO<sub>x</sub> totale giornaliero (g/km)</b>	<b>NO<sub>x</sub> totale orario (g/km)</b>
autoveicoli a benzina	2.22	6.496	568
autoveicoli diesel	1.00	8.779	768
<b>totale autoveicoli</b>		15.276	1.337
veicoli pesanti	17.1	18.852	1.650
<b>TOTALE VEICOLI</b>		34.127	2.987

*Tabella 3.4 – Stima dell'emissione di NO<sub>x</sub> dovuta al traffico della tratta superstradale fra Jesi e l'interporto (Urbani et al., 1998)*

### **3.4 STAZIONI FISSE DI MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA**

All'interno dell'area di studio sono presenti 4 stazioni fisse di rilevamento automatico degli inquinanti atmosferici, che fanno parte della rete di monitoraggio per il controllo della qualità dell'aria installata, a partire dal 1987, nella provincia di Ancona.

Di seguito, per ognuna di esse, viene fornita una descrizione sintetica della località di posizionamento, corredata da una foto, e vengono riportate in una tabella le concentrazioni, in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , di NO<sub>2</sub> e SO<sub>2</sub> misurate durante gli anni di funzionamento, confrontate con gli standard igienico-sanitari (SIS) definiti dal DPCM 28/03/1983 e dal DPR 20/03/ 1988 ( Provincia di Ancona, 1999, 2000).

## FALCONARA/Acquedotto



La stazione è ubicata in Località Fiumesino di Falconara, presso la centrale dell'acquedotto in area suburbana; si trova in zona di ricaduta degli inquinanti atmosferici emessi dalla Raffineria API ogni qualvolta i venti spirano da NE e durante le ore di brezza di mare.

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	SIS
<b>Biossido di Azoto (NO<sub>2</sub>)</b>										
98° percentile conc. medie ora		78	81	71	96	94		68	125	200
<b>Biossido di Zolfo (SO<sub>2</sub>)</b>										
Mediana conc. medie 24h	16	16	23	26	12	12	13	11	8	80
98° percentile conc. medie 24h	37	67	82	69	52	43	34	38	25	250

## CHIARAVALLE



La stazione è collocata all'inizio del Viale della Vittoria, zona interessata da inquinanti da traffico e di tipo industriale. Risente, in determinate condizioni meteo, anche delle ricadute della Raffineria API di Falconara.

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	SIS
<b>Biossido di Azoto (NO<sub>2</sub>)</b>							
98° percentile conc. medie ora	491	100	153	110	115		200
<b>Biossido di Zolfo (SO<sub>2</sub>)</b>							
Mediana conc. medie 24h	11	8	25	9	10	11	80
98° percentile conc. medie 24h	31	40	79	26	21	19	250

## CHIARAVALLE 2



La stazione è collocata in zona agricola, lontana dal grande traffico, ma in posizione che risente, in determinate condizioni meteo, delle ricadute della raffineria API di Falconara.

	1997	1998	1999	2000	SIS
<b>Biossido di Azoto (NO<sub>2</sub>)</b>					
4598° percentile conc. medie ora	85	87	75	45	200
<b>Biossido di Zolfo (SO<sub>2</sub>)</b>					
Mediana conc. medie 24h	10	10	10	12	80
98° percentile conc. medie 24h	24	22	14	15	250

## JESI



La stazione si trova all'intersezione tra via del Lavoro e Viale della Vittoria e via Tornabrocco ed è dedicata al rilevamento di inquinanti da traffico veicolare.

	1998	1999	2000	SIS
<b>Biossido di Azoto (NO<sub>2</sub>)</b>				
98° percentile conc. medie ora	116	113		200
<b>Biossido di Zolfo (SO<sub>2</sub>)</b>				
Mediana conc. medie 24h	6	14	18	80
98° percentile conc. medie 24h	27	31	26	250

Per quanto riguarda il biossido di azoto si può dire che gli standard igienico-sanitari non sono mai stati superati, ad eccezione della centralina di Chiaravalle dove nel 1995 è stato registrato un valore medio di NO<sub>2</sub> di 491 µg/m<sup>3</sup> contro i 200 del SIS. Comunque, le centraline collocate nei centri cittadini mostrano tutte valori di NO<sub>2</sub> superiori o molto prossimi a 100 µg/m<sup>3</sup>, identificando nel traffico urbano una delle principali fonti di emissione.

Per quanto riguarda il biossido di zolfo, tutti i valori di SO<sub>2</sub> registrati sono nettamente inferiori agli standard igienico-sanitari.

## 4. MATERIALI E METODI

### 4.1 INDIVIDUAZIONE DELLE STAZIONI DI CAMPIONAMENTO

Nell'area di studio sono state scelte, in collaborazione con il Dott. Ovidio Urbani della USL di Jesi, 27 stazioni di campionamento dislocate lungo il transetto NE-SW che attraversa la valle, con particolare attenzione al territorio comunale di Jesi (12 stazioni, di cui 6 nell'area urbana).

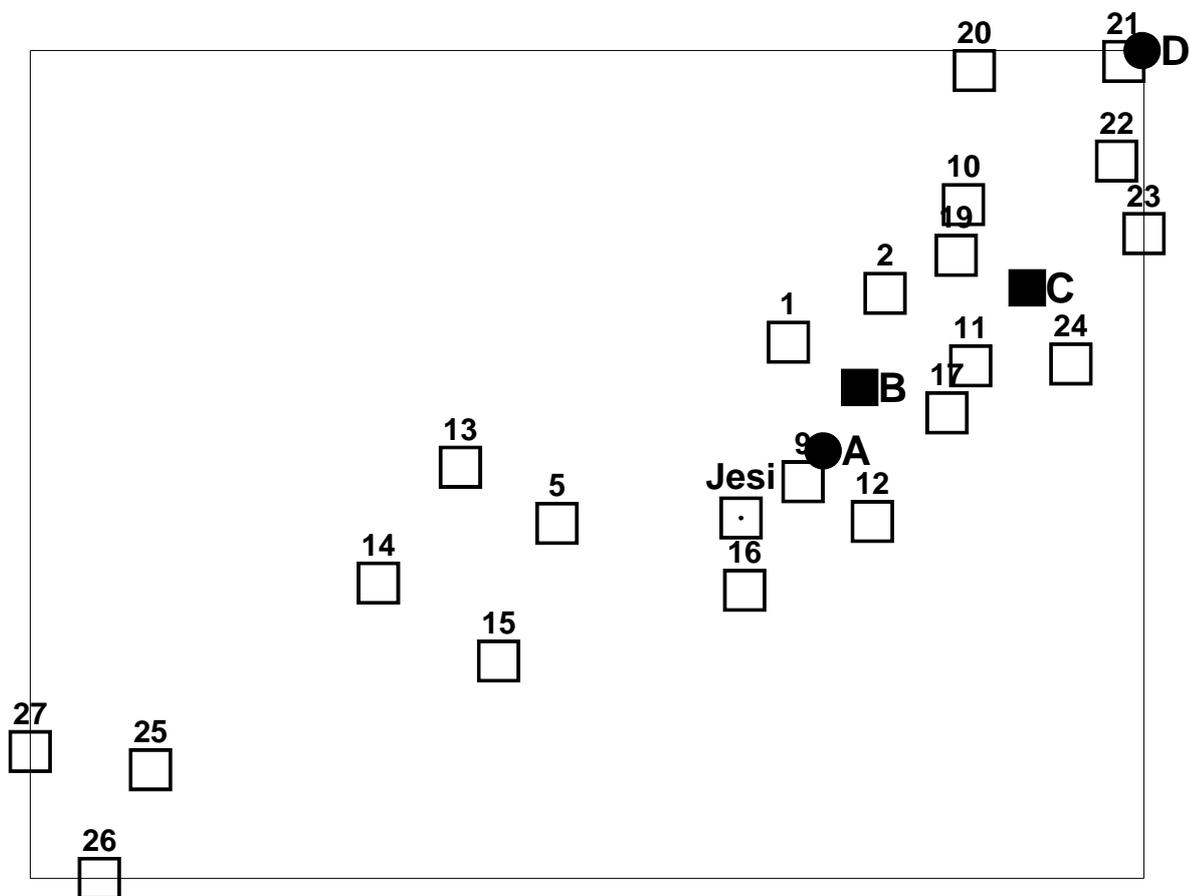
Di seguito viene riportato l'elenco di tutte le stazioni di rilevamento; per ognuna di esse, tra parentesi, è indicata l'altitudine.

1. **Monsano** loc. S. Maria c/o la chiesa (100 m).
2. **Monsano** loc. Selvatorta via Breccia III (50 m)
3. **Jesi** via S. Pietro Martire (Scuola Materna *Casa dei Bambini*) (95 m)
4. **Jesi** via dei Colli (incrocio con via Forlanini) (130 m)
5. **Jesi** loc. Colle Bellombra (190 m)
6. **Jesi** viale Trieste (95 m)
7. **Jesi** via Ragazzi del '99 (100 m)
8. **Jesi** via Cascamificio (70 m)
9. **Jesi** via G. Latini (60 m)
10. **Chiaravalle** Parco I Maggio (25 m)
11. **Agugliano** loc. La Chiusa ( 35 m)
12. **Jesi** loc. Mazzangrugno (175 m)
13. **Moie** c/o la chiesa del Puzzo (235 m)
14. **Moie** via Torrette (125 m)
15. **Monte Roberto** loc. Pianello c/o il parco della *Scuola Salvati* (190 m)
16. **Jesi** loc. Pian del Medico, c/o *Cooperativa Agricola Val di Cesola* (75 m)
17. **Jesi** loc. Mazzangrugno (70 m)
18. **Jesi** viale della Vittoria (80 m)
19. **Jesi** loc. Aia Murata (30 m)
20. **Montemarciano** loc. Gabella via Romeo (20 m)
21. **Falconara Marittima** loc. Fiumesino SS 76 km 77,8 (10 m)
22. **Falconara Marittima** loc. Castelferretti via 14 Luglio (20 m )
23. **Falconara Marittima** loc. Castelferretti c/o il cimitero di S. Maria della Misericordia (100 m)
24. **Agugliano** c/o C. Paglialunga (100m)
25. **Serra S. Quirico** borgo Stazione via Forchiusa (255 m)

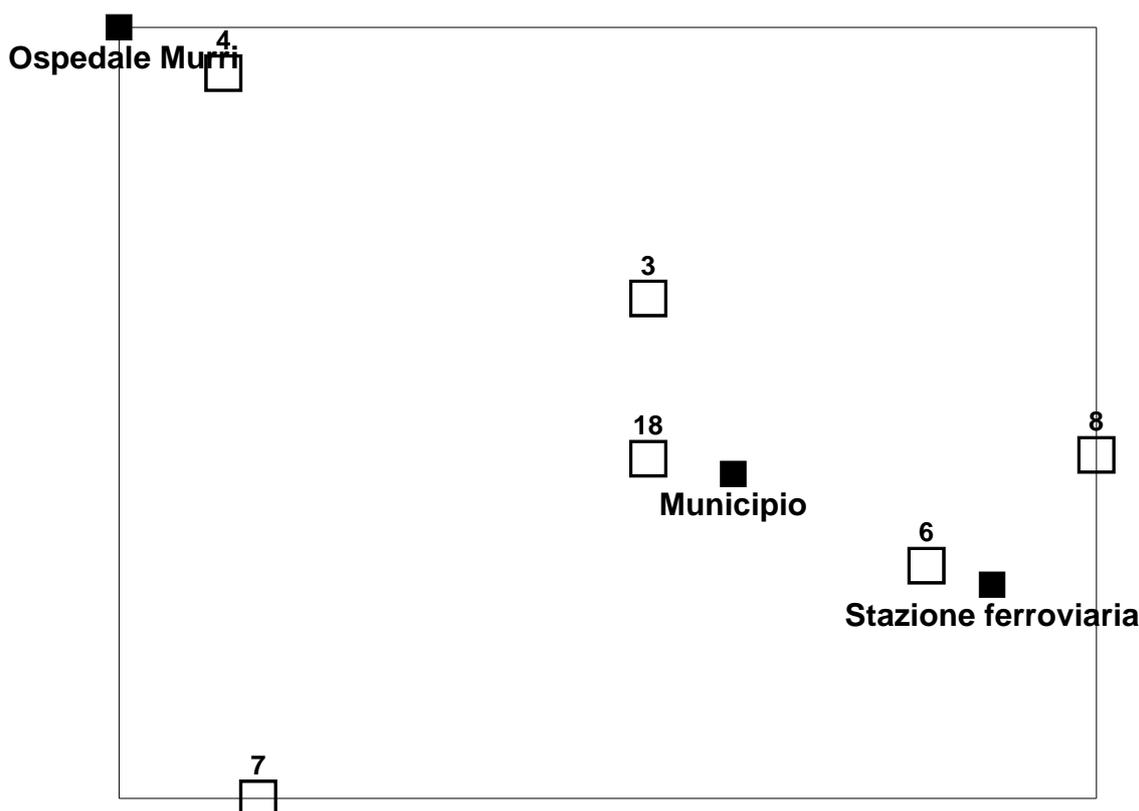
26. Serra S. Quirico strada per S. Elia c/o deposito Sassi Rossi (235 m)

27. Serra S. Quirico loc. Trivio (460 m)

La distribuzione delle stazioni di campionamento all'interno dell'area di studio è mostrata nelle figure 4.1 e 4.2. Le stazioni non sono uniformemente distribuite sul territorio, ma sono raddensate soprattutto nelle aree a maggiore concentrazione industriale. In particolare, la scelta è stata fatta tenendo in considerazione la posizione della futura centrale turbogas di Jesi, ma anche della raffineria API di Falconara e della centrale ENEL di Camerata Picena.



**Figura 4.1** – Dislocazione delle stazioni di campionamento nell'area di studio. Le 6 stazioni nella città di Jesi sono rappresentate da un solo quadrato. A = zona industriale di Jesi; B = futura centrale turbogas; C = centrale ENEL; D = raffineria API.



*Figura 4.2 – Dislocazione delle stazioni di campionamento all'interno dell'area urbana di Jesi.*

Per la scelta delle stazioni è stata presa in considerazione anche la disposizione dei punti di campionamento di un precedente lavoro di biomonitoraggio, da parte dell'Ecothema, tramite licheni epifiti (Gasparo & Zappa, 1997) che aveva lo scopo di valutare la qualità dell'aria su tutto il territorio provinciale di Ancona (49 comuni, per una superficie di 1940 km<sup>2</sup>), per individuare le aree maggiormente interessate da fenomeni di inquinamento diffuso.

Tuttavia, lo scopo della presente indagine ha suggerito un diverso criterio di scelta rispetto allo studio precedente: la convenzione con il Comune di Jesi prevede infatti la determinazione della biodiversità lichenica in una ventina di stazioni nell'area interessata dalla futura centrale turbogas, presso lo Zuccherificio SADAM. Per questo motivo, solo alcune stazioni coincidono con quelle dell'indagine dell'Ecothema del 1997.

#### **4.2 SCELTA DEGLI ALBERI DA CAMPIONARE**

In uno studio di biomonitoraggio tramite licheni epifiti la scelta del substrato arboreo è di primaria importanza dato che la vegetazione lichenica può dipendere dalle proprietà chimico-fisiche della scorza (pH, ritenzione idrica, durezza, rugosità, etc.) e specie diverse di alberi possono ospitare differenti comunità licheniche (Barkman, 1958; Bates & Brown, 1981). Per questo motivo, secondo le linee-guida per la bioindicazione degli effetti dell'inquinamento tramite la biodiversità

dei licheni epifiti (Nimis, 1999) nell'ambito del territorio da esaminare andrebbe preferibilmente usata una sola specie arborea in modo da rendere direttamente paragonabili i valori misurati nelle varie stazioni. Tuttavia, alcuni studi (Loppi & Putorti, 1995; Loppi *et al.*, 2001) hanno dimostrato che roverella e tiglio possono essere utilizzate indifferentemente come substrato poiché la vegetazione lichenica è largamente indipendente dall'identità delle due specie arboree considerate. Pertanto, nell'area di studio sono stati utilizzati tigli nei centri urbani (5 stazioni) e roverella, che è la specie arborea più diffusa in campagna, nelle restanti stazioni (20).

Il campionamento è stato effettuato nella settimana compresa fra il 16 e il 21 Ottobre 2000. In ogni stazione sono stati esaminati 3 alberi con circonferenza minima di 70 cm (per evitare situazioni con flora lichenica pioniera), inclinazione del tronco non superiore ai 10 gradi (per evitare effetti dovuti all'eccessiva eutrofizzazione di superfici molto inclinate) e con assenza di evidenti fenomeni di disturbo, scartando, là dove possibile, gli esemplari posti presso fonti di inquinamento puntiforme non legate ai fini della ricerca (prossimità di strade fortemente trafficate, incroci, etc.), oppure in condizioni anormali di luminosità (tronchi fortemente ombreggiati). Nella stazione 5 sono stati campionati solo due alberi in quanto non è stato possibile trovare un terzo esemplare idoneo. Nelle stazioni 2 e 12 è stato invece analizzato un quarto albero a causa della variabilità riscontrata nei valori di BL misurati nei primi tre esemplari.

### **4.3 RILEVAMENTO**

Il metodo di campionamento usato è quello proposto da Nimis (1999), che è stato ampiamente utilizzato in Italia. Si basa su una misura di biodiversità lichenica su tronchi d'albero, definita come la somma delle frequenze delle specie presenti entro un reticolo a dieci maglie di dimensione fissa. Questo metodo deriva da quello sviluppato da Herzig & Urech (1991) per il territorio svizzero. La differenza principale consiste nel fatto che le maglie utilizzate nel metodo svizzero variano con il diametro del tronco. Se invece l'area delle maglie è costante è possibile trasformare l'ambiguo termine "Indice di Purezza Atmosferica" (IAP) in una semplice misura di biodiversità (Badin & Nimis, 1996).

Di seguito viene riportata una descrizione dettagliata della metodica di rilevamento.

- Su ogni albero è stato posizionato un reticolo di 30×50 cm, suddiviso in 10 unità minori di 15×10 cm, ad un'altezza di 100-120 cm dal suolo, con il centro posto in corrispondenza della parte del tronco con la massima densità lichenica. Sono state evitate le parti del tronco danneggiate e decorticate, quelle con presenza di evidenti nodosità, quelle corrispondenti alle fasce di scolo e quelle con copertura di briofite superiore al 25%.

- Per ogni stazione è stato annotato il tipo di albero utilizzato, la sua circonferenza e la sua esatta localizzazione, la data del campionamento e l'esposizione del centro del reticolo.
- Per ogni albero sono state annotate tutte le specie licheniche presenti all'interno del reticolo e la loro frequenza (F), calcolata come numero di unità del reticolo in cui ogni specie era presente.
- Per ogni albero, la biodiversità lichenica (BLr) è stata calcolata come la somma di tutte le frequenze delle specie presenti.
- Per ogni stazione, la biodiversità lichenica (BLs) è stata calcolata come la media aritmetica dei singoli valori di BLr.

#### 4.4 DETERMINAZIONE DELLE SPECIE

I rilevamenti sul campo sono stati effettuati utilizzando, per il riconoscimento dei licheni, una lente a 10-20 ingrandimenti. Tuttavia, al lavoro di campo spesso è stato necessario affiancare una successiva analisi di laboratorio per identificare quelle specie che, con il semplice ausilio della lente non era possibile riconoscere. Per questo motivo alcuni campioni sono stati raccolti, cercando di recare il minor danno possibile all'albero, e analizzati in laboratorio in seguito. Molto spesso l'identificazione delle specie ha richiesto analisi di tipo chimico (*spot-test*), che sfruttano la capacità di molti licheni di reagire al contatto con particolari reagenti, assumendo diverse colorazioni della parte corticale o medullare. Tali reazioni sono dovute alla presenza di composti chimici peculiari della simbiosi lichenica, noti come "sostanze licheniche" (Nash, 1996). Queste, depositate sotto forma di cristalli sulla superficie esterna delle ife, producono delle reazioni caratteristiche.

I reagenti utilizzati sono stati:

- K, idrossido di potassio (soluzione satura);
- C, ipoclorito di sodio (soluzione alcolica al 10%);
- P, parafenilendiammina (soluzione alcolica al 5%).

La determinazione delle specie appartenenti al genere *Lecanora* ha richiesto l'utilizzo del microscopio a luce polarizzata, che permette di apprezzare dimensione e posizione dei cristalli dell'apotecio, caratteri tassonomici fondamentali per la corretta identificazione della specie.

Per quanto riguarda il genere *Lepraria*, tutte le specie sono state genericamente indicate come *Lepraria* sp., poiché la corretta distinzione interspecifica all'interno di questo genere deve essere basata su caratteri chimici misurati attraverso cromatografia (TLC) (Laundon, 1992).

Anche per il genere *Ramalina* non è stato possibile distinguere le diverse specie a causa del ritrovamento di materiale scarso o malridotto.

Per le chiavi analitiche sono stati utilizzati testi in italiano (Nimis, 1987, 1992; Nimis & Bolognini, 1993), in inglese (Purvis *et al.*, 1992; Giralt, 1994), in francese (Diederich, 1989;

Ozenda & Clauzade, 1970) e in esperanto (Clauzade & Roux, 1985). Inoltre, poiché la tassonomia dei licheni è soggetta a frequenti cambiamenti, per ridurre al minimo i problemi legati alla nomenclatura delle specie è stato consultato su Internet il Lichen Database of Italy 2.0 (Nimis, 2000), versione informatica online costantemente aggiornata del testo “The Lichens of Italy. An annotated catalogue” (Nimis, 1993).

## 5. RISULTATI E DISCUSSIONE

### 5.1 LISTA FLORISTICA

Di seguito viene riportata la lista completa dei taxa lichenici rinvenuti nell'area di studio durante la campagna di rilevamento. Per ognuno di essi viene fornito un commento sintetico sulla distribuzione, sull'ecologia (Nimis, 1993, 2000), sulla sensibilità all'inquinamento atmosferico, come noto dalla letteratura, e sulla diffusione nell'area di studio. Inoltre, al termine della lista, per ogni taxon è mostrata una carta di distribuzione basata sul valore della frequenza media nelle singole stazioni: la diffusione nell'area di studio viene mostrata attraverso cerchi di dimensione proporzionale al valore della frequenza media registrata, utilizzando una scala ripartita nelle seguenti fasce d'abbondanza:

F = 0

0.1 < F < 2     ●

2.1 < F < 4     ●

4.1 < F < 6     ●

6.1 < F < 8     ●

8.1 < F < 10    ●

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

Specie ad ampia distribuzione, frequente nelle regioni europee sia a clima arido che oceanico, comune in Italia. Presenta una portata ecologica veramente vasta, crescendo su una grande varietà di substrati, quali scorza, sia di conifere che di latifoglie, legno, rocce silicee, tegole e mattoni. Secondo Wirth (1980) preferisce alberi con corteccia acida soltanto in conseguenza di un'acidificazione secondaria dovuta all'inquinamento atmosferico, essendo un lichene piuttosto tossitollerante. Secondo Hawksworth & Rose (1970) questa specie sopporta valori medi di SO<sub>2</sub> fino a 125 µg/m<sup>3</sup>. L'elevata resistenza all'inquinamento atmosferico è confermata anche da Skye (1968), De Wit (1976), Deruelle (1983), Türk & Seger (1987) e Nimis *et al.* (1989, 1991). Secondo Gilbert (1971) e LeBlanc *et al.* (1972), questa specie presenta anche un'alta tolleranza all'inquinamento atmosferico da fluoruri. Nell'area di studio risulta molto rara, ma è molto abbondante nelle tre stazioni in cui è presente.

*Arthonia radiata* (Pers.) Ach.

Si tratta di una specie morfologicamente variabile, con ampia distribuzione nelle regioni temperate di tutta Europa. In Italia è la più comune specie del genere, cresce infatti sulla scorza liscia di molteplici varietà di alberi, dalla fascia planiziale a quella montana, in differenti comunità vegetali tranne che in quelle tipicamente mediterranee dove si rinviene raramente. Nell'Italia centro-settentrionale si sviluppa piuttosto frequentemente in alberi ai margini delle strade, specialmente *Tilia*, e nelle aree abitate piuttosto inquinate. Si tratta dell'unica *Arthonia* che si sviluppa anche in habitat non naturali, come agglomerati urbani e giardini pubblici, ma secondo Laundon (1973), Gasparo *et al.* (1989) e Nimis *et al.* (1989) è una specie sensibile all'inquinamento atmosferico. Crespo *et al.* (1981) riportano un limite di tolleranza alla concentrazione invernale media di SO<sub>2</sub>, che va da 60 a 125 µg/m<sup>3</sup>. Nell'area di studio risulta molto rara.

#### ***Arthopyrenia punctiformis* (Pers.) A. Massal.**

Specie a distribuzione molto ampia che si estende fino all'emisfero meridionale. È la più comune *Arthopyrenia* in Italia. Si tratta di una specie pioniera che colonizza giovani rametti e tronchi di alberi a scorza liscia e acida. Al Sud è più comune nelle aree montane mentre è più rara nelle zone con vegetazione eu-Mediterranea. Secondo Purvis *et al.* (1992) in Gran Bretagna e Irlanda è piuttosto comune, ad eccezione delle aree molto inquinate. Anche nella regione di Terragona (Spagna) viene citata come una specie piuttosto resistente alla contaminazione atmosferica (Giralt, 1986). È stata ritrovata da Nimis (1985, 1989) nella periferia delle città di Trieste e Roma, dove tuttavia è rara ed assente in zone fortemente urbanizzate. Rara nell'area di studio, ma piuttosto abbondante nell'unica stazione in cui è presente.

#### ***Buellia griseovirens* (Sm.) Almb.**

Specie a distribuzione molto ampia in Europa, dalla zona Boreale alle montagne mediterranee. È conosciuta anche in America del Nord e Nuova Zelanda. Ha un'ampia portata ecologica ma preferisce scorze di alberi decidui dalle zone di pianura fino alla fascia montana. È molto frequente negli ambienti molto umidi ma ben soleggiati. Secondo Purvis *et al.* (1992) tollera ambienti moderatamente inquinati. De Wit (1976) la ritiene una specie piuttosto sensibile all'inquinamento atmosferico. È molto rara nell'area di studio.

#### ***Caloplaca cerina* (Hedw.) Th.Fr.**

Si tratta di una specie epifita con ampia portata ecologica, la cui distribuzione nell'emisfero settentrionale è di tipo oloartico. Risulta comune in tutta Italia, in zone non inquinate, dalla fascia planiziale a quella montana, talvolta perfino subalpina. Nell'Italia meridionale è più frequente nelle aree elevate, essendo rimpiazzata a quote inferiori dalla strettamente correlata *C. haematites*. Cresce principalmente su scorza liscia, ricca di nutrienti (es. *Fraxinus*, *Juglans*) in vegetazione di *Xanthorion*, ma anche su scorza moderatamente eutrofizzata di altre specie arboree. Secondo Hawksworth & Rose (1970) questa specie tollera concentrazioni medie di SO<sub>2</sub> fino a 30 µg/m<sup>3</sup>. La sua sensibilità all'inquinamento atmosferico è confermata da Deruelle (1983), Gasparo *et al.* (1989) e Nimis *et al.* (1989). Nell'area di studio è stata trovata in una sola stazione dove è risultata abbastanza abbondante.

### ***Caloplaca cerinella* (Nyl.) Flagey**

In Europa ha un'ampia distribuzione, dalla Scandinavia alle regioni mediterranee, dove è molto frequente nelle aree montane. Si ritrova su scorze eutrofizzate, specialmente su *Sambucus* e *Fraxinus* in ambienti aperti, di preferenza nelle comunità di *Xanthorion*. Apparentemente non è frequente in Italia, ma le poche segnalazioni sono dovute al fatto che spesso viene confusa con specie simili. Nell'area di studio è molto rara.

### ***Candelaria concolor* (Dicks.) Stein**

Specie ad ampia diffusione mondiale. In Italia risulta rara nella fascia mediterranea e poco comune lungo il lato adriatico della Penisola, dove il clima è più continentale. È molto abbondante al Nord, generalmente al di sotto della fascia montana, si tratta infatti di uno dei licheni più frequenti nelle aree meno inquinate della pianura padana. Predilige alberi decidui isolati e talvolta si sviluppa anche nei piccoli centri urbani o di medie dimensioni, nelle comunità di *Xanthorion*. Al Sud è meno frequente, quasi assente in vegetazione eumediterranea. Cresce su corteccia ricca o arricchita di nutrienti di alberi isolati cresciuti nelle aree agricole oppure lungo i margini delle strade. Solo occasionalmente si rinviene su briofite epifite o su rocce più o meno calcaree. Secondo Hawksworth & Rose (1970) questa specie tollera concentrazioni medie di SO<sub>2</sub> fino a 40 µg/m<sup>3</sup>. La sua sensibilità all'inquinamento atmosferico non è molto chiara. Secondo Laundon (1973), Deruelle (1983) e Gasparo *et al.* (1989) è sensibile, secondo Barkman (1958) e De Wit (1976) è relativamente sensibile e addirittura secondo Sergio & Bento-Pereira (1981), Nimis (1985, 1986) e Nimis *et al.* (1989) è molto resistente. Nell'area di studio è piuttosto rara, ma abbastanza abbondante nelle stazioni in cui è presente.

***Collema furfuraceum* (Arnold) Du Rietz**

Specie epifita suboceanica con ampia diffusione nell'emisfero settentrionale. La sua distribuzione europea si estende dalla zona artica a quella mediterranea. In Italia era più comune in passato, adesso è ristretta a boschi aperti seminaturali. Al Sud si trova soprattutto nelle aree montane. Cresce su scorza moderatamente acida, spesso su muschi, prediligendo luoghi piuttosto umidi. Specie molto rara nell'area di studio, ma piuttosto abbondante nell'unica stazione in cui è presente.

***Collema ligerinum* (Hy) Harm.**

Si tratta di una specie epifita spesso associata a *C. conglomeratum* dal quale tuttavia è ben distinguibile. È diffusa nell'Europa meridionale e si estende a Est fino alla Siberia occidentale. Rara in Calabria dove è limitata a nicchie protette dei tronchi o a fessure di scorza rugosa di *Olea europaea* (Puntillo, 1996). Preferisce alberi con scorza eutrofizzata e si ritrova spesso nelle comunità di *Xanthorion*. In Italia è piuttosto frequente specialmente nella fascia di bassa montagna. Specie molto rara nell'area di studio.

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

Specie diffusa nelle regioni tropicali e subtropicali di ambedue gli emisferi. In Europa si estende nella zona temperata, fino alla Svezia meridionale. Solitamente associata con *Candelaria concolor* e *Phaeophyscia orbicularis*, è ancora abbastanza comune in tutta Italia al di sotto della fascia montana e anche nelle aree fortemente sfruttate a fini agricoli, come la pianura padana. Cresce su scorza, più raramente su roccia, sempre su substrati esposti, ricchi o arricchiti di nutrienti. Secondo Hawksworth & Rose (1970), questa specie riesce a tollerare concentrazioni medie di SO<sub>2</sub> fino a 50 µg/m<sup>3</sup>. Giralt (1986), Gasparo *et al.* (1989) e Nimis *et al.* (1989) la considerano piuttosto resistente all'inquinamento atmosferico, mentre Nimis (1985) la ritiene moderatamente poleofoba. Si tratta di una delle più comuni e abbondanti specie dell'area di studio.

***Lecanora carpinea* (L.) Vain.**

Questa specie mostra un'ampia distribuzione nell'Europa temperata, raggiungendo la parte meridionale della zona boreale. In Italia è presente dalla fascia planiziale a quella montana inferiore e talvolta si estende sino alla fascia subalpina. Si tratta di un lichene pioniere molto comune, uno dei primi colonizzatori dei giovani ramoscelli, cresce su scorza liscia di arbusti, alberi decidui e

raramente conifere. Secondo De Wit (1976) l'inquinamento atmosferico è uno dei principali fattori limitanti per questa specie. Nell'area di studio è molto rara.

#### ***Lecanora chlarotera* Nyl.**

Si tratta di una specie con ampia distribuzione oloartica, nota anche per l'emisfero meridionale. In Italia è molto diffusa, essendo la più comune *Lecanora* epifita della penisola, frequente anche in pianura padana. Cresce su scorza di alberi decidui isolati, generalmente in comunità di *Xanthorion*, più raramente su cortecce di conifere arricchite di nutrienti. Presenta una notevole ampiezza ecologica, si ritrova anche in agglomerati urbani, su alberi cresciuti ai margini delle strade ed è comune come lichene pioniero su giovani ramoscelli, dalla fascia planiziale a quella montana. Secondo Hawksworth & Rose (1970) e Deruelle (1977) questa specie riesce a tollerare concentrazioni medie di SO<sub>2</sub> fino a 70 µg/m<sup>3</sup>. Nimis *et al.* (1989) la considerano come moderatamente sensibile all' inquinamento atmosferico. Per LeBlanc *et al.* (1972) è tra i licheni più sensibili all' inquinamento da fluoruri. È poco diffusa nell'area di studio.

#### ***Lecanora horiza* (Ach.) Linds.**

Specie con distribuzione europea di tipo mediterraneo. In Italia risulta molto frequente al di sotto della fascia montana, più rara al Sud. Cresce su corteccia più o meno liscia di latifoglie, su arbusti, raramente su conifere, trova il suo optimum nella fascia mediterranea. Spesso associata a *Lecidella elaeochroma* e *Lecanora meridionalis*, si sviluppa anche su giovani ramoscelli, più comunemente in vegetazione di *Xanthorion*, in luoghi soleggiate e arricchiti di nutrienti. Nell'area di studio risulta abbastanza diffusa.

#### ***Lecanora sambuci* (Pers.) Nyl.**

Si tratta di una specie ad ampia distribuzione nelle aree temperate dell' emisfero settentrionale. Si ritrova su scorze subneutre, ricche di minerali o arricchite in nutrienti, specialmente su *Sambucus*. È piuttosto diffusa in Italia, dalla pianura alla fascia montana. Secondo Purvis *et al.* (1992) è piuttosto sensibile all' inquinamento. Nell'area di studio è molto rara.

#### ***Lecidella elaeochroma* (Ach.) Hazsl.**

Specie estremamente diffusa in tutta Europa, dalla zona boreale a quella mediterranea. Si tratta probabilmente del più comune lichene epifita d'Italia, con un' ampiezza ecologica straordinariamente vasta, risultando piuttosto frequente anche nelle aree moderatamente inquinate. Cresce su scorza di alberi più o meno isolati, dalla fascia planiziale a quella montana superiore,

evitando i substrati fortemente acidi e preferendo un' eutrofizzazione moderata. Frequente nelle comunità di *Xanthorion*, si comporta spesso come specie pioniera su giovani ramoscelli. Secondo Seaward & Hitch (1982) è in grado di tollerare concentrazioni medie di SO<sub>2</sub> fino a 100 µg/m<sup>3</sup>, mentre per Deruelle (1983) questo valore si abbassa a 50 µg/m<sup>3</sup>. Kunze (1972) riporta una tolleranza medio-alta all' inquinamento da fluoruri. Nell'area di studio è poco diffusa.

#### ***Lepraria* sp.**

Per quanto riguarda questo difficile genere, tutte le specie sono state riportate come *Lepraria* sp., dal momento che secondo una recente revisione (Laundon, 1992), la corretta distinzione interspecifica deve essere basata su caratteri chimici impossibili da testare sul campo. È molto rara nell' area di studio.

#### ***Melaspilea urceolata* (Fr.) Almb.**

Specie con distribuzione europea tendenzialmente subatlantica, maggiormente diffusa ad occidente. In Italia, date le scarse segnalazioni, è rara. Probabilmente più comune in passato, attualmente risulta in netta diminuzione. Cresce sulla scorza dura di alberi decidui quali *Quercus*, *Morus*, etc. Nell'area di studio è stata trovata in un' unica stazione, in quantità molto abbondante.

#### ***Mycomicrothelia confusa* D.Hawksw.**

Specie non molto comune, conosciuta in Europa per la Gran Bretagna, la Norvegia e la Spagna. In Italia è stata segnalata fin d'ora solo per la toscana e la sicilia. Cresce sulla scorza liscia di alberi quali *Corylus*, *Betula*, *Fraxinus*, *Ilex*, *Quercus* e *Sorbus* in ambienti ombreggiati e costantemente umidi. Rara nell'area di studio, ma piuttosto abbondante dove presente.

#### ***Opegrapha varia* Pers.**

Specie estremamente variabile, con distribuzione oloartica, diffusa nell'Europa occidentale. È frequente in tutta Italia, generalmente nei boschi umidi, ma piuttosto aperti. Trova il suo optimum nella fascia submediterranea. Cresce su scorza di vecchi alberi in luoghi piuttosto umidi e ombreggiati, occasionalmente anche su rocce silicee basiche. Nell'area di studio è molto rara.

#### ***Parmelia glabra* (Schaer.) Nyl.**

Si tratta di una specie diffusa soprattutto in Europa meridionale fino alla Russia orientale. È conosciuta anche per la California. In Italia ha un'ecologia e una distribuzione molto simile a quella di *P. acetabulum* con cui spesso è associata. Si ritrova di solito su alberi decidui più o meno isolati, sia su tronco che su giovani rami, dalla fascia planiziale a quella montana. Molto rara nell'area di studio.

### ***Parmelia subrudecta* Nyl.**

Questa specie presenta una distribuzione circumboreale temperata nell'emisfero settentrionale. Concentrata nell'Europa meridionale, si estende fino alla Scandinavia meridionale, mostrando una tendenza continentale. In Italia è piuttosto rara lungo il lato orientale della Penisola e nella fascia eumediterranea. Trova il suo optimum nell'ambito della vegetazione submediterranea al di sotto della fascia montana, riuscendo a sopravvivere anche all'interno di estesi agglomerati urbani. Ecologicamente intermedia tra la vegetazione di *Xanthorion* e *Parmelion*, cresce su scorza di alberi decidui più o meno isolati, sempre in superfici da moderatamente acide a subneutre, leggermente arricchite di nutrienti, privilegiando luoghi soleggiate. Secondo Seaward & Hitch (1982) questa specie riesce a tollerare concentrazioni medie di SO<sub>2</sub> fino a 65 µg/m<sup>3</sup>. Secondo Barkman (1958) e Nimis (1985, 1986, 1989) è moderatamente poleofoba. Nell'area di studio è molto rara.

### ***Phaeophyscia hirsuta* (Mereschk.) Essl.**

Si tratta di una specie prevalentemente corticicola, spesso associata a *P. chloantha*, distribuita nell'Europa meridionale. In Italia è piuttosto diffusa, mai comune. Risulta frequente nella fascia submediterranea, specialmente nelle aree con clima piuttosto umido, mentre è molto rara lungo il lato orientale della penisola. È molto rara nell'area di studio.

### ***Phaeophyscia orbicularis* (Neck.) Moberg**

Specie polimorfa ad amplissima distribuzione, con optimum nella fascia submediterranea. Si tratta di una delle più comuni specie italiane del genere *Phaeophyscia*, cresce dalla fascia planiziale a quella montana su un'ampia varietà di substrati, includendo scorza, legno, rocce calcaree e silicee. Preferisce superfici arricchite di nutrienti ed è capace di tollerare livelli piuttosto alti di inquinamento atmosferico, essendo spesso uno dei pochi licheni epifiti capace di svilupparsi all'interno di grandi città, ai limiti del deserto lichenico. È una specie poleotollerante su alberi a scorza eutrofica (Wirth, 1980; Nimis, 1993), mentre è molto sensibile

all'acidificazione secondaria della scorza prodotta dall' inquinamento atmosferico da SO<sub>2</sub> (Kunze, 1972). Secondo Hawksworth & Rose (1970) questa specie riesce a tollerare concentrazioni medie di SO<sub>2</sub> fino a 60 µg/m<sup>3</sup>. Nell'area di studio è abbastanza diffusa ed abbondante.

### ***Physcia adscendens* (Fr.) H. Olivier**

Specie ad ampia distribuzione, pressoché mondiale, in Europa è conosciuta dalla zona artica a quella mediterranea. In Italia è il più comune rappresentante del suo genere, sviluppandosi dalla fascia planiziale a quella alpina. Cresce su un'ampia varietà di substrati, purché provvisti di un certo grado di eutrofizzazione, spesso in comunità di *Xanthorion*. Insieme a *Phaeophyscia orbicularis* è uno dei pochi macrolicheni capaci di tollerare alti livelli d'inquinamento atmosferico, riuscendo a sopravvivere, al limite del deserto lichenico, all'interno di grandi città. Secondo Hawksworth & Rose (1970) e Deruelle (1977) riesce a tollerare concentrazioni medie di SO<sub>2</sub> fino a 70 µg/m<sup>3</sup>. Gasparo *et al.* (1989) e Nimis *et al.* (1989) la indicano come abbastanza resistente all'inquinamento atmosferico. Secondo Martin & Jacquard (1968) e LeBlanc *et al.* (1972) ha una tolleranza media all'inquinamento da fluoruri. Nell'area di studio è una delle specie più diffuse e abbondanti.

### ***Physcia aipolia* (Humb.) Fürnrh.**

Specie con distribuzione circumboreale temperata nell' emisfero settentrionale, molto diffusa in Europa, dove è un tipico elemento delle comunità di *Xanthorion*, in Italia è tuttora abbastanza comune al Nord, dalla fascia planiziale, eccetto le zone più inquinate della pianura padana, fino a quella montana. Al Sud è più frequente sulle alture, mentre a quote inferiori è sostituita da *P. biziana*. Abbondante nella fascia submediterranea e in quella montana, con optimum nelle aree elevate, diviene molto rara nella fascia mediterranea. Secondo Hawksworth & Rose (1970) tollera concentrazioni medie di SO<sub>2</sub> fino a 45 µg/m<sup>3</sup>. Vari altri studi (Barkman, 1958; Deruelle, 1983; De With, 1976; Gasparo *et al.*, 1989; LeBlanc *et al.*, 1972; Nimis, 1989, Nimis *et al.*, 1989) confermano la sensibilità all'inquinamento atmosferico di questa specie. È molto rara nell'area di studio, ma piuttosto abbondante dove presente.

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

Questa specie, originariamente descritta per la Dalmazia, è distribuita nelle regioni mediterranee e submediterranee dell'Europa, estendendosi anche alla Macaronesia. Diffusa in tutta Italia, cresce su alberi isolati a basse quote divenendo assai rara sopra la fascia submediterranea. Secondo Christ & Türk (1984) riesce a tollerare concentrazioni medie invernali di SO<sub>2</sub> fino a 80

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Gasparo *et al.* (1989) la indicano come scarsamente sensibile all'inquinamento atmosferico, mentre per Nimis *et al.* (1989) è abbastanza poleofoba. È piuttosto diffusa nell'area di studio.

#### ***Physconia distorta* (With.) J. R. Laundon**

Specie diffusa in tutta Europa, con ampia distribuzione nelle aree temperate dell'emisfero settentrionale. In Italia risulta comune, dalla fascia planiziale a quella montana inferiore, con optimum nella fascia submediterranea, rara in vegetazione propriamente mediterranea e nelle aree inquinate. Cresce generalmente su alberi isolati, in comunità di *Xanthorion*, evitando superfici fortemente arricchite di nutrienti. Secondo Hawksworth & Rose (1970), Deruelle (1977) e Johnsen & Søchting (1973) riesce a tollerare concentrazioni medie di  $\text{SO}_2$  fino a  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Per Barkman (1958), Skye (1968) e De Wit (1976) questa specie è piuttosto sensibile all'inquinamento atmosferico, mentre secondo Nimis (1985), Gasparo *et al.* (1989) e Nimis *et al.* (1989) è solo moderatamente poleofoba. Nell'area di studio è molto rara.

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

In Europa si estende dalla zona boreale meridionale, dove è abbastanza rara, alla regione mediterranea, attraverso le pianure centrali. Comune dalla fascia mediterranea umida a quella submediterranea, in Italia presenta caratteristiche di specie abbastanza poleotollerante, riuscendo a sopravvivere in vasti insediamenti urbani. Cresce sia su scorza, spesso nelle parti basali dei tronchi, sia su rocce più o meno calcaree (specialmente arenarie calcaree), talvolta si sviluppa anche su legno o suolo, con buona capacità di tollerare forte eutrofizzazione. Secondo Hawksworth & Rose (1970) e Deruelle (1977, 1983) riesce a tollerare concentrazioni medie di  $\text{SO}_2$  fino a  $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ma diviene abbondante soltanto a valori inferiori a  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Gasparo *et al.* (1989) la considerano come scarsamente sensibile all'inquinamento atmosferico. Secondo LeBlanc *et al.* (1972) questa specie ha una tolleranza relativamente bassa all'inquinamento da fluoruri. Abbastanza diffusa nell'area di studio.

#### ***Physconia servitii* (Nádv.) Poelt**

Si tratta di una specie meridionale con distribuzione europea mediterraneo-atlantica. Comune nell'Italia tirrenica, con optimum nella fascia submediterranea, è abbondante solo in zone con clima caldo umido (p. es. nel lato orientale della Calabria) e risulta frequente al di sotto della fascia montana. Cresce su scorza da subacida a subneutra, in luoghi piuttosto riparati, ma non troppo ombreggiati. Specie molto rara nell'area di studio, ma molto abbondante nell'unica stazione in cui è presente.

### ***Physconia venusta* (Ach.) Poelt**

Specie con distribuzione europea ristretta alla regione mediterranea, nella fascia montana. Si tratta di uno dei più abbondanti e tipici licheni dei boschi umidi di faggio dell'Italia centrale e meridionale. Comune nelle montagne della penisola e delle isole principali, diviene molto più rara nelle Alpi e nella fascia submediterranea, dove si sviluppa solo nelle aree particolarmente umide. Questa specie è spesso considerata come un tipico rappresentante delle comunità di *Lobarion*, tuttavia possiede una portata ecologica molto più ampia. Nell'area di studio è poco diffusa.

### ***Ramalina* sp.**

Durante la campagna di rilevamento talvolta è stato impossibile identificare a livello specifico talli poco sviluppati o particolarmente danneggiati appartenenti a questo genere. Il taxon risulta molto raro nell'area di studio.

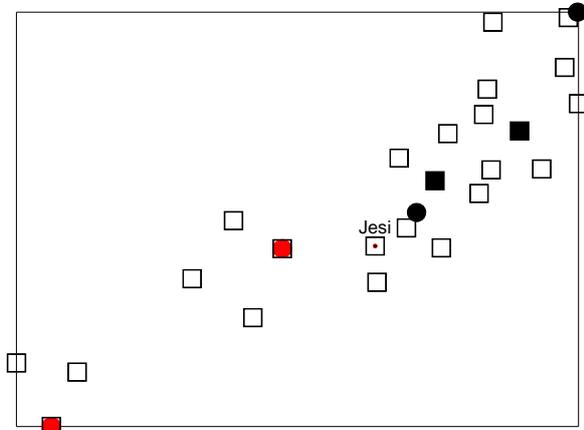
### ***Rinodina sophodes* (Ach.) A. Massal.**

Specie pioniera abbastanza distribuita in Europa. Diffusa in tutta Italia, dalla fascia planiziale, dove si sviluppa molto raramente a causa dell'inquinamento atmosferico, alla fascia subalpina. In generale risulta localmente molto abbondante nelle aree elevate. Cresce su scorza liscia di rametti di alberi decidui, spesso ricca in basi, ma non eutrofizzata. Molto rara nell'area di studio.

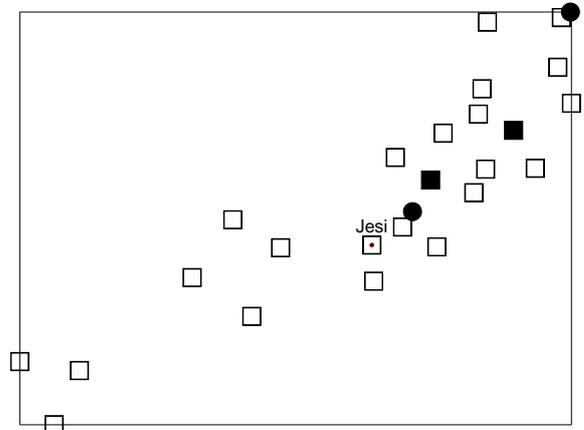
### ***Xanthoria parietina* (L.) Th.Fr.**

Specie con ampia distribuzione europea, in Italia è molto comune, generalmente al di sotto della fascia montana, anche se al Sud si sviluppa frequentemente in foreste aperte di faggio. Tuttora si rinviene nelle aree moderatamente inquinate delle pianure settentrionali, ma in ampie zone del Nord Italia è divenuta rara, se non assente, a causa del crescente inquinamento atmosferico. Si sviluppa su scorza, occasionalmente anche su roccia sia calcarea sia basica silicea, sempre comunque su substrati da subneutri a basici, arricchiti di nutrienti. Secondo Hawksworth & Rose (1970) e Deruelle (1977) è piuttosto resistente all'inquinamento atmosferico, tollerando concentrazioni medie annue di SO<sub>2</sub> fino a 70 µg/m<sup>3</sup>. Kandler & Poelt (1984) riportano che questa è una delle poche specie che sono state in grado di ricolonizzare il centro di Monaco di Baviera in conseguenza di un miglioramento dello stato dell'aria. Secondo Gasparo *et al.* (1989) e Nimis *et al.* (1989) è moderatamente poleofoba. Per LeBlanc *et al.* (1972) ha una tolleranza molto bassa

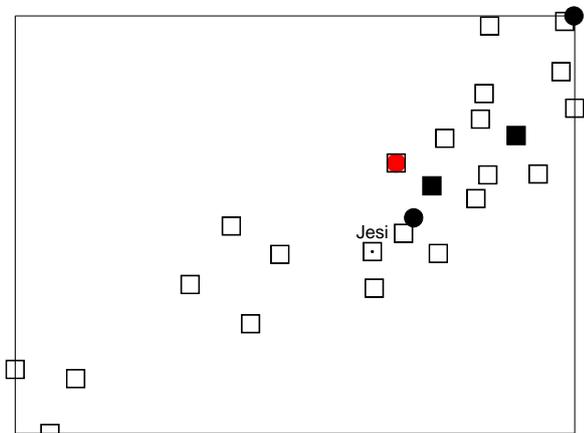
all'inquinamento da fluoruri. Si tratta di una delle più comuni e abbondanti specie nell'area di studio.



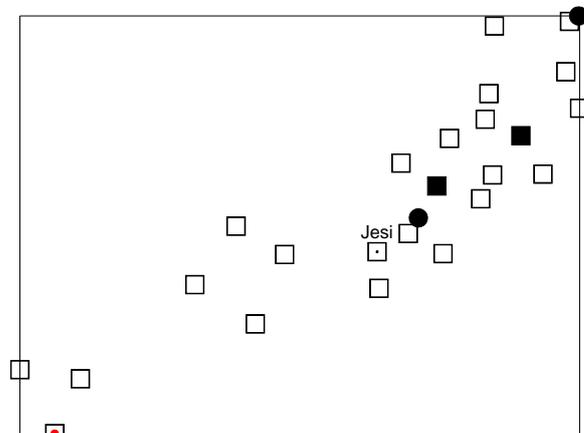
*Amandinea punctata*



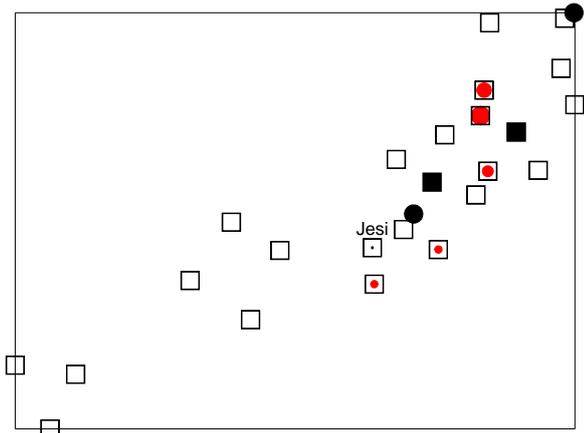
*Arthonia radiata*



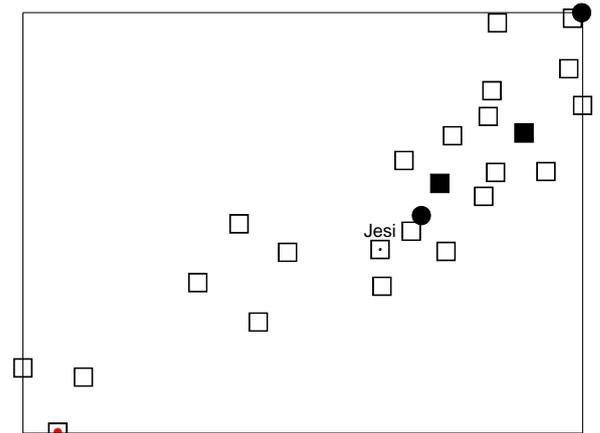
*Arthopyrenia punctiformis*



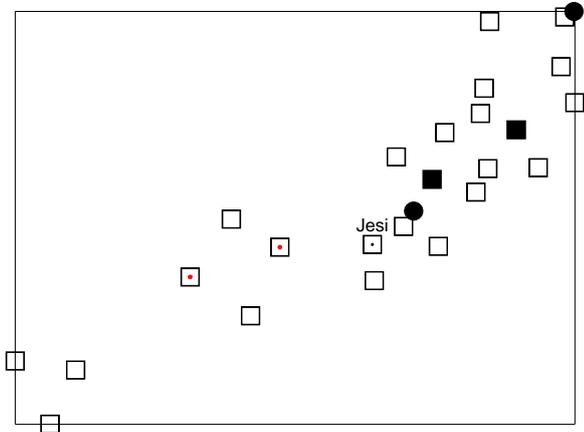
*Caloplaca cerina*



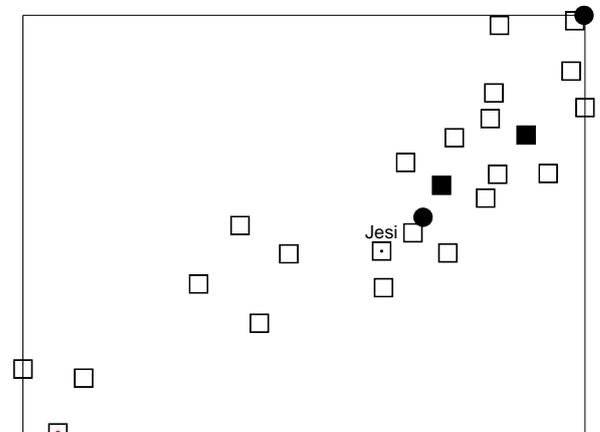
*Candalaria concolor*



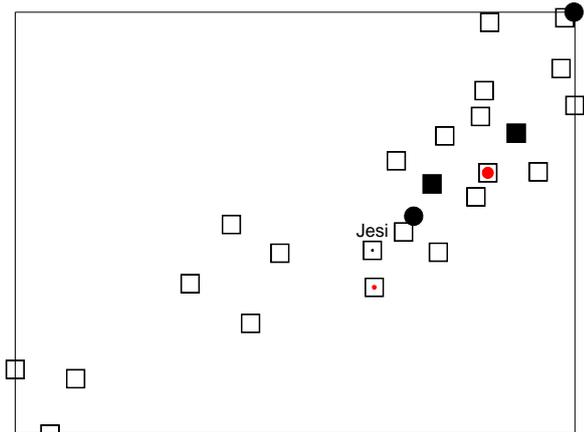
*Collema furfuraceum*



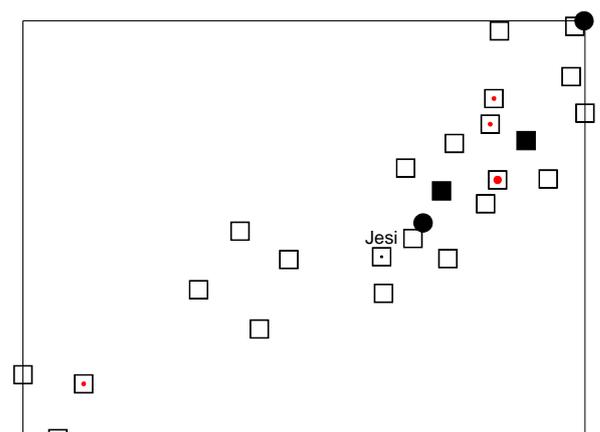
*Buellia griseovirens*



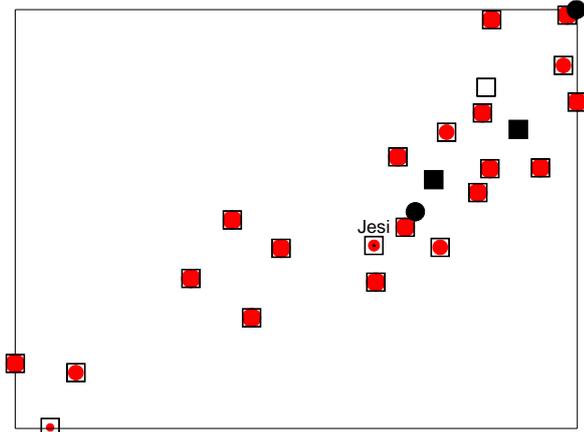
*Collema ligerinum*



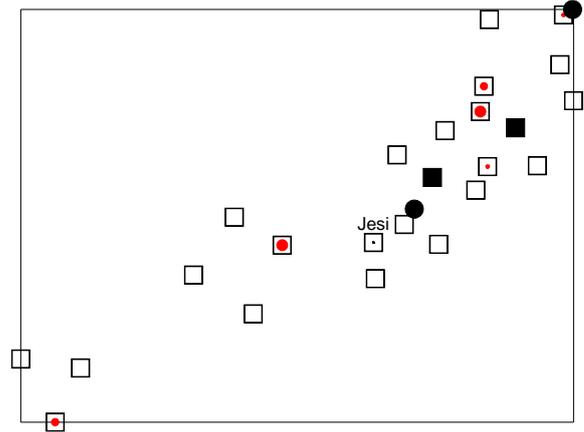
*Caloplaca cerinella*



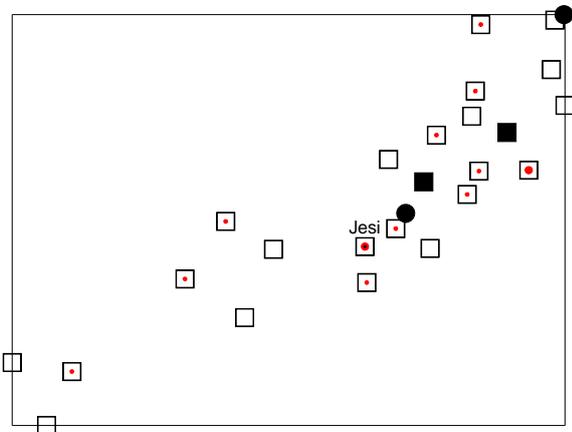
*Lecanora carpinea*



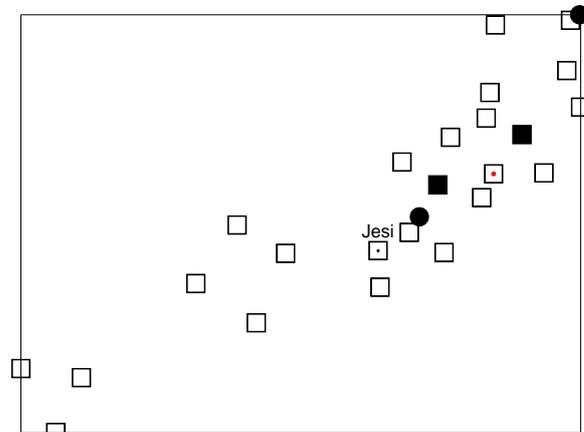
*Hyperphyscia adglutinata*



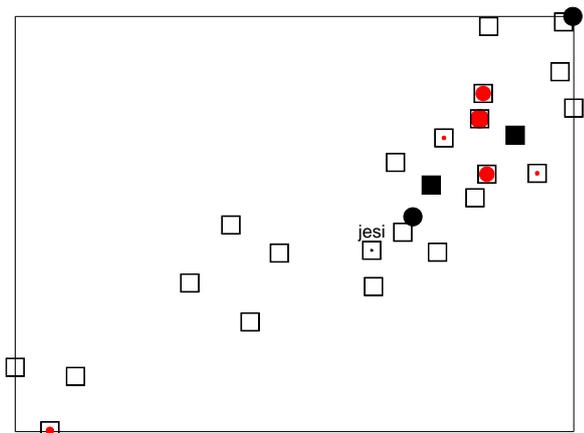
*Lecanora chlarotera*



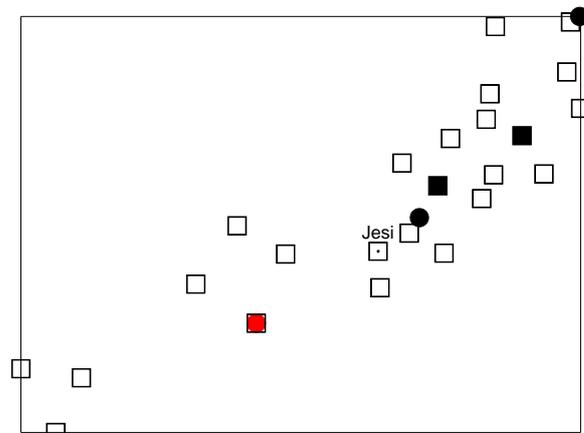
*Lecanora horiza*



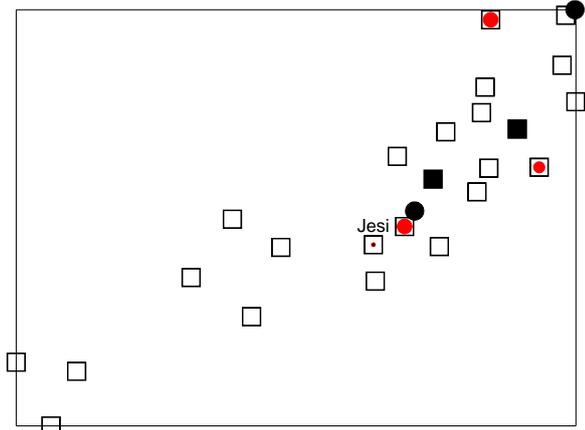
*Lecanora sambuci*



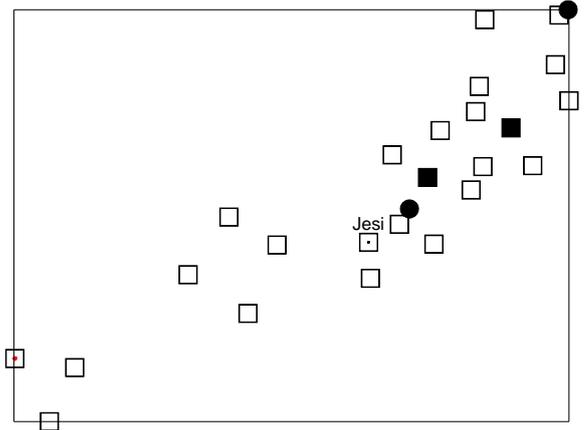
*Lecidella elaeochroma*



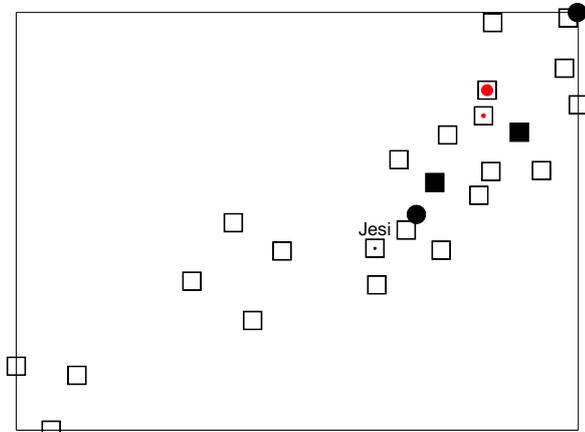
*Melaspilea urceolata*



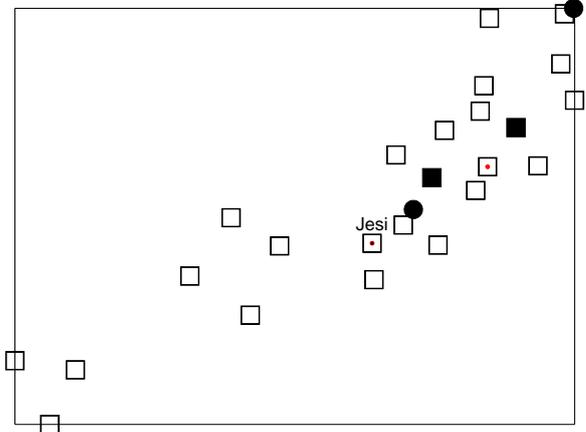
*Opegrapha varia*



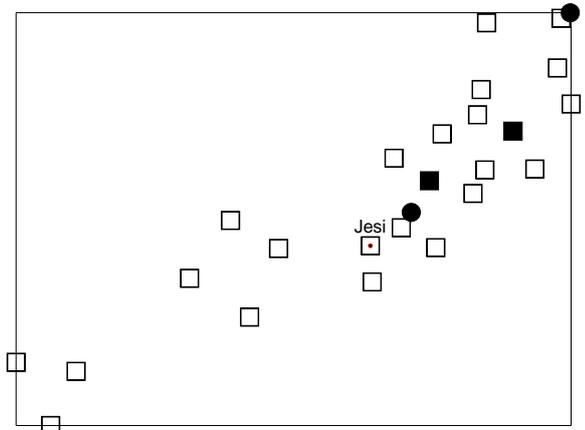
*Parmelia glabra*



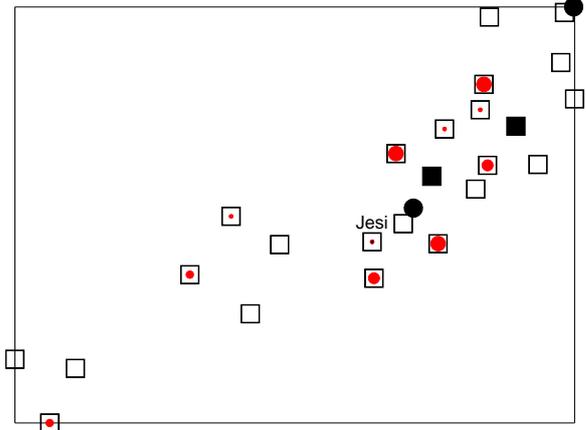
*Lepraria* sp.



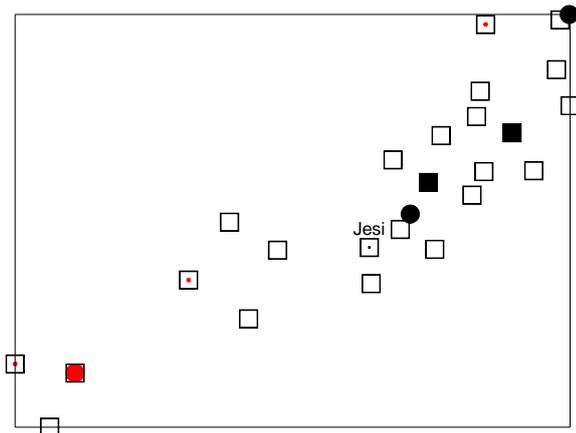
*Parmelia subrudecta*



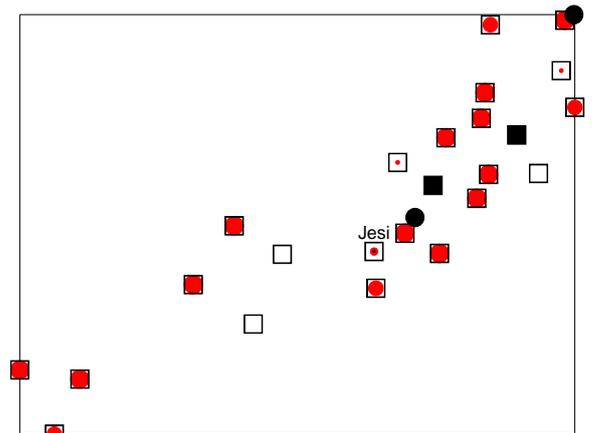
*Mycomicrothelia confusa*



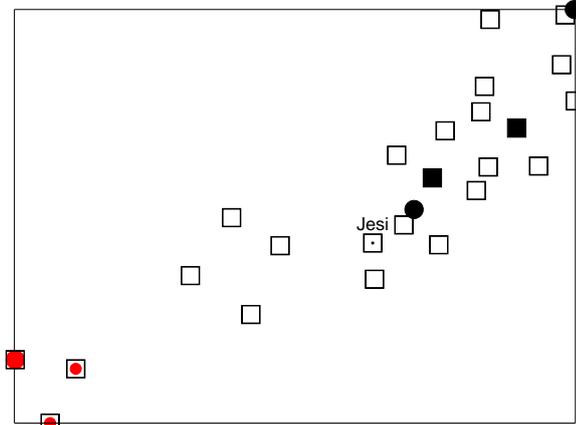
*Phaeophyscia orbicularis*



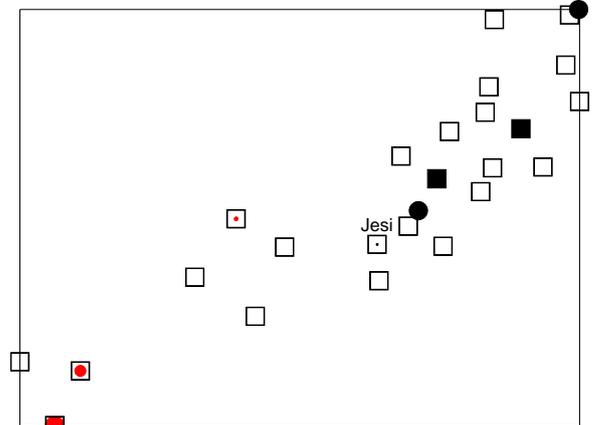
*Phaeophyscia hirsuta*



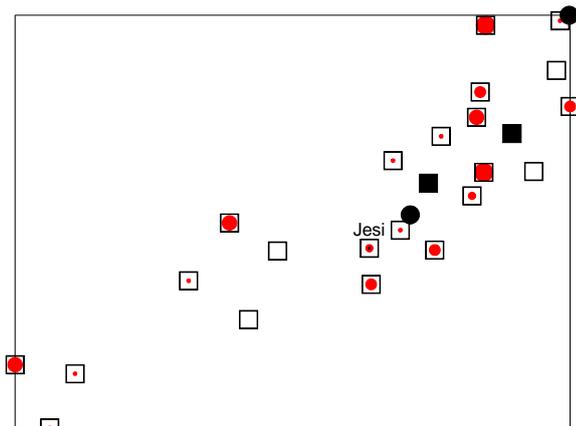
*Physcia adscendens*



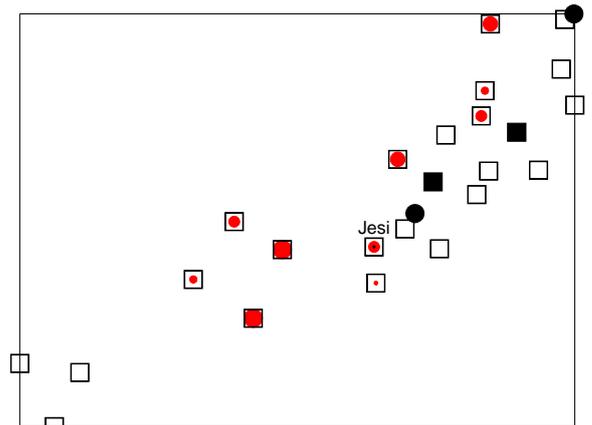
*Physcia aipolia*



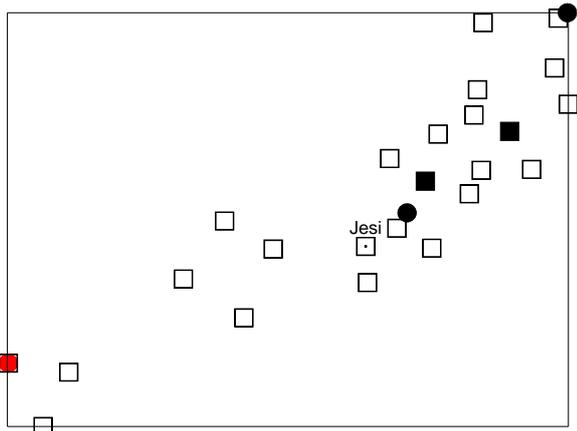
*Physconia distorta*



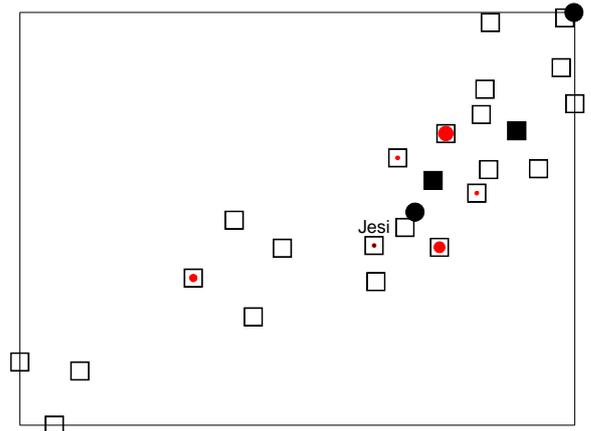
*Physcia biziana*



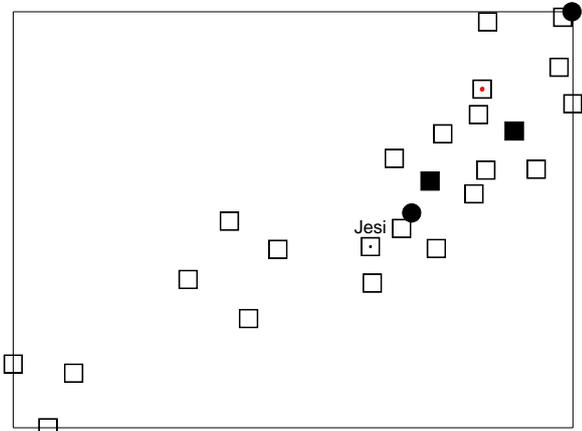
*Physconia grisea*



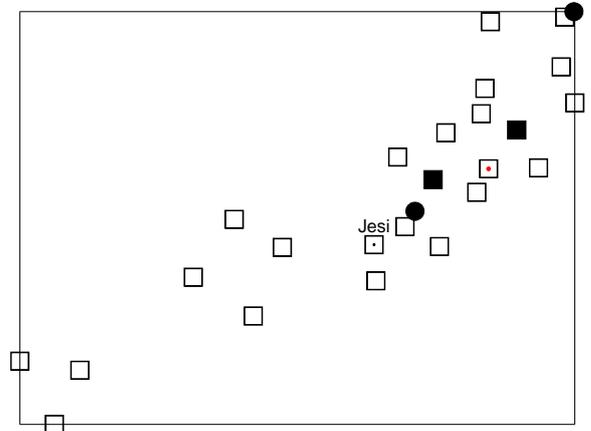
*Physconia servitii*



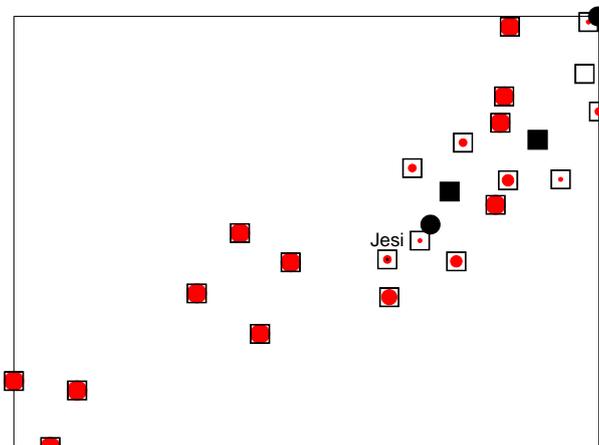
*Physconia venusta*



*Ramalina sp.*



*Rinodina sophodes*



*Xanthoria parietina*

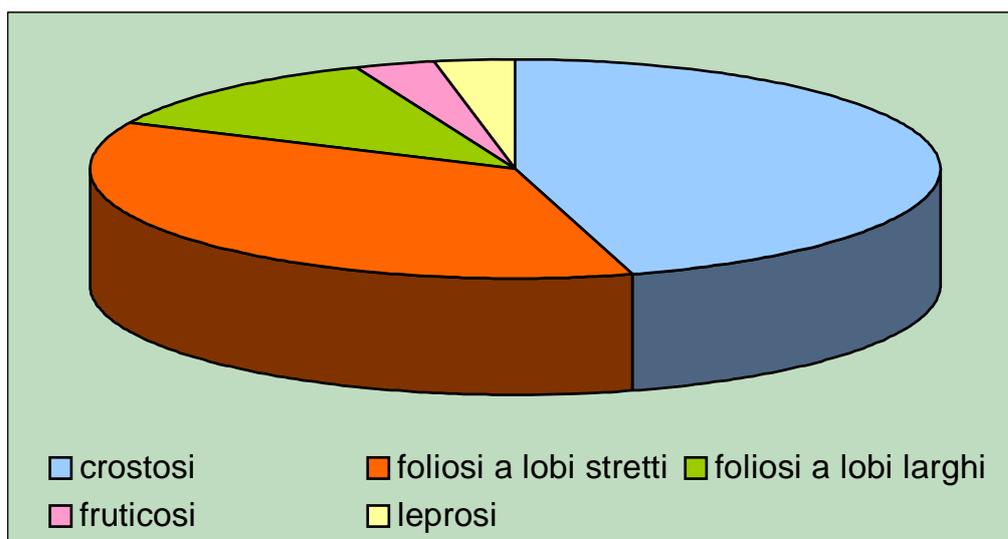
## 5.2 COMMENTO ALLA LISTA FLORISTICA

Nell'area di studio sono state rinvenute 33 specie di licheni epifiti. Fra questi *Mycomicrothelia confusa* e *Lecanora sambuci* sono particolarmente degne di nota in quanto si tratta della loro prima segnalazione per la regione Marche.

*Lecanora* e *Physconia* sono i due generi più rappresentati, con 4 specie ciascuno (*L. carpinea*, *L. chlarotera*, *L. horiza* e *L. sambuci*; *P. distorta*, *P. grisea*, *P. servitii* e *P. venusta*), seguiti dal genere *Physcia*, con 3 specie (*P. adscendens*, *P. aipolia* e *P. biziana*).

Uno studio sulla distribuzione dei licheni epifiti su *Quercus pubescens* lungo il versante adriatico dell'Italia centrale (Loppi *et al.*, 1999) ha mostrato che rispetto ad un'analogia indagine svolta alla stessa latitudine ma in Toscana (Loppi *et al.*, 1997), alcune specie, molto comuni lungo il versante tirrenico, sono rare o addirittura assenti dall'altra parte della penisola. Ciò è sicuramente da attribuire al fatto che il versante adriatico ha un clima decisamente più asciutto rispetto a quello tirrenico, che risente dell'influenza dell'oceano atlantico. La scarsità di specie appartenenti al genere *Parmelia* riscontrata nel corso della presente indagine (due sole specie, *P. glabra* e *P. subrudecta*, entrambe molto rare nell'area di studio), così come nell'indagine del 1997, è pertanto da attribuire a tale differenza climatica.

Nella figura 5.1 viene mostrata la suddivisione dei licheni rinvenuti in base alla loro forma di crescita. Si osserva una netta predominanza di specie crostose (45.5%) e foliose a lobi stretti (36.4%); le specie foliose a lobi larghi (*Collema furfuraceum*, *Parmelia* ssp. e *Xanthoria parietinae*) rappresentano il 12.1% della flora, le specie fruticose (*Ramalina* sp.) e leprose (*Lepraria* sp.) solo il 3%.



**Figura 5.1** – Ripartizione dei licheni ritrovati nell'area di studio in base alla loro forma di crescita

### 5.3 ANALISI DELLA BIODIVERSITÀ LICHENICA

In tabella 5.1 sono riportate le frequenze calcolate nel reticolo di campionamento delle specie rinvenute negli 82 rilievi effettuati.

Le specie più comuni sono risultate *Xanthoria parietina*, *Hyperphyscia adglutinata* e *Physcia adscendens* (Tab. 5.2). Tutte e tre le specie fanno parte dell'alleanza *Xanthorion parietinae* che rappresenta uno dei tipi di vegetazione lichenica epifita più diffusi a livello mondiale (Barkman, 1958). Essa include associazioni di licheni epifiti su substrati da subacidi a basici, normalmente esposti a luce solare diretta, in condizioni di aridità relativamente elevata (Nimis *et al.*, 1989). La vegetazione di *Xanthorion* si sarebbe rapidamente diffusa in tutto il mondo seguendo le attività agricole dell'uomo che comportano la creazione di habitat idonei costituiti da alberi isolati sottoposti a forti accumuli di polveri e nitrati (Loppi, 1995, 1996; Loppi & De Dominicis, 1996; Loppi & Pirintos, 2000; Loppi *et al.*, 1998).

Sempre in tabella 5.1 sono mostrati i valori di BLr riscontrati negli 82 rilievi effettuati. Il valore più basso (9) è stato riscontrato nei pressi di Castelferretti, nel comune di Falconara Marittima circa 6 km a SSW della raffineria API in tutti e tre gli esemplari di taglio campionati. Questo valore corrisponde anche al più basso valore medio di BLs per stazione. Il più alto valore di BLr (77) è stato invece trovato su una roverella a circa 2.5 km da Chiaravalle, in località Aia Murata che è anche la stazione con il più elevato valore medio di BLs (65).

stazione	1A	1B	1C	2A	2B	2C	2D	3A	3B	3C	4A	4B	4C	5A	5B	6A	6B
data campionamento	16/10/00	16/10/00	16/10/00	16/10/00	16/10/00	16/10/00	16/10/00	17/10/00	17/10/00	17/10/00	17/10/00	17/10/00	17/10/2000	17/10/00	17/10/00	17/10/00	17/10/00
specie arborea	T	T	T	Q	Q	Q	Q	T	T	T	T	T	T	Q	Q	T	T
circ. albero (cm)	113	264	116	200	150	205	190	184	192	200	106	137	137	130	200	135	145
h reticolo (cm)	107	108	106	110	100	110	102	106	100	120	106	106	108	107	120	108	125
esp. reticolo (°)	116	4	210	320	0	320	42	308	120	122	32	68	350	4	34	268	36
n. specie	6	5	7	3	7	3	5	3	2	4	6	8	7	6	5	1	1
BL	43	36	37	27	42	21	40	21	13	23	54	50	64	50	41	10	10
Amandinea punctata														10	10		
Arthonia radiata													6				
Arthopyrenia punctiformis	10	10	5														
Buellia griseovirens														1			
Caloplaca cerina																	
Caloplaca cerinella																	
Candelaria concolor																	
Collema furfuraceum																	
Collema ligerinum																	
Hyperphyscia adglutinata	9	8	10	9		10	10				6	7	10	10	10		
Lecanora carpinea																	
Lecanora chlarotera														9	3		
Lecanora horiza					1		3				8	5	8				
Lecanora sambuci																	
Lecidella elaeochroma					7	1											
Lepraria sp.																	
Melaspilea urceolata																	
Mycomicrothelia confusa																	
Opegrapha varia												5					
Parmelia glabra																	
Parmelia subrudecta								10									
Phaeophyscia hirsuta																	
Phaeophyscia orbicularis	10		10		7												
Physcia adscendens			2	10	10	10	10	1	3	3	10	6	10				
Physcia aipolia																	
Physcia biziana			3		4					2	10	5	10				
Physconia distorta																	
Physconia grisea	10	10	4					10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Physconia servitii																	
Physconia venusta	2	1	3	8	10		9					2					
Ramalina sp.																	
Rinodina sophodes																	
Xanthoria parietina	2	7			3		8			8	10	10	10	10	8		

**Tabella 5.2** – Frequenza di tutte le specie licheniche rinvenute negli 82 rilievi effettuati. *Q* = *Quercus pubescens*, *T* = *tilia* sp. [Continua →]

stazione	6C	7A	7B	7C	8A	8B	8C	9A	9B	9C	10A	10B	10C	11A	11B	11C	12A
data campionamento	17/10/00	17/10/00	17/10/00	17/10/00	17/10/00	17/10/00	17/10/00	17/10/00	17/10/00	17/10/00	17/10/00	17/10/00	17/10/00	17/10/00	17/10/00	17/10/00	17/10/00
specie arborea	T	Q	Q	Q	T	T	T	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
circ. albero (cm)	144	190	195	166	225	160	139	270	230	160	90	11	97	136	110	147	160
h reticolo (cm)	105	117	107	108	113	110	113	110	108	100	105	120	100	110	100	110	110
esp. reticolo (°)	296	318	316	336	42	342	66	14	292	332	54	228	240	354	30	354	66
n. specie	2	5	4	6	4	5	3	2	6	3	11	11	7	8	9	12	7
BL	11	45	37	34	25	33	23	20	37	30	68	57	55	64	69	53	59
Amandinea punctata						10											
Arthonia radiata																	
Arthopyrenia punctiformis																	
Buellia griseovirens																	
Caloplaca cerina																	
Caloplaca cerinella															10	3	
Candelaria concolor											8	1	10	10		4	8
Collema furfuraceum																	
Collema ligerinum																	
Hyperphyscia adglutinata		10	10	10	10	10	10	10	10	10				10	10	10	8
Lecanora carpinea												3		5	5		
Lecanora chlarotera											10	2			2		
Lecanora horiza		5		8	4	10	3		5		1						2
Lecanora sambuci																	1
Lecidella elaeochroma											10	9	5	10	10	1	
Lepraria sp.											7	8					
Melaspilea urceolata																	
Mycocomrothelia confusa						2											
Opegrapha varia					10	1	10		10	10							
Parmelia glabra																	
Parmelia subrudecta																	1
Phaeophyscia hirsuta																	
Phaeophyscia orbicularis											3	10	10	10		7	10
Physcia adscendens		10	10	5				10	8	10	10	10	10	10	10	10	10
Physcia aipolia																	
Physcia biziana			7	3					3		7	4	7	7	10	9	9
Physconia distorta																	
Physconia grisea	10		10								2	2	4				
Physconia servitii																	
Physconia venusta		10		2													4
Ramalina sp.											1	1					
Rinodina sophodes														2	2	1	
Xanthoria parietina	1	10		6	1				1		9	7	9		10	4	10

**Tabella 5.2** – Frequenza di tutte le specie licheniche rinvenute negli 82 rilievi effettuati. Q = *Quercus pubescens*, T = *tilia* sp. [Continua →]

Stazione	12B	12C	12D	13A	13B	13C	14A	14B	14C	15A	15B	15C	16A	16B	16C	17A	17B
data campionamento	17/10/00	17/10/00	17/10/00	18/10/00	18/10/00	18/10/00	18/10/00	18/10/00	18/10/00	18/10/00	18/10/00	18/10/00	18/10/00	18/10/00	18/10/00	18/10/00	18/10/00
specie arborea	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
circ. albero (cm)	97	180	200	133	160	150	155	210	253	196	195	204	126	95	227	145	245
h reticolo (cm)	122	100	105	100	110	100	115	105	130	110	110	100	100	100	130	100	110
esp. Reticolo (°)	44	228	54	312	344	44	328	338	62	240	220	222	256	342	358	198	58
n. specie	4	6	4	5	8	7	8	8	7	4	4	4	7	7	5	5	5
BL	26	48	37	45	42	48	41	49	46	41	41	41	50	46	36	36	32
Amandinea punctata																	
Arthonia radiata																	
Arthopyrenia punctiformis																	
Buellia griseovirens								1									
Caloplaca cerina																	
Caloplaca cerinella														4			
Candelaria concolor		1											9				
Collema furfuraceum																	
Collema ligerinum																	
Hyperphyscia adglutinata		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	5
Lecanora carpinea																	
Lecanora chlorotera										1	1	1					
Lecanora horiza					1	1		3	2				2	3			3
Lecanora sambuci																	
Lecidella elaeochroma																	
Lepraria sp.																	
Melaspilea urceolata										10	10	10					
Mycocomrothelia confusa																	
Opegrapha varia																	
Parmelia glabra																	
Parmelia subrudecta																	
Phaeophyscia hirsuta							1										
Phaeophyscia orbicularis	10		10		2		1		10				8	3	2		
Physcia adscendens	10	10	10	10	10	10	10	10	10				4	10	10	7	10
Physcia aipolia																	
Physcia biziana	2	8		10	2	7	2	1	3				10	7		8	4
Physconia distorta					3	3											
Physconia grisea				5	4	7	5	6	1	10	10	10			6		
Physconia servitii																	
Physconia venusta		9	7				2	8									1
Ramalina sp.																	
Rinodina sophodes																	
Xanthoria parietina	4	10		10	10	10	10	10	10	10	10	10	7	9	8	10	10

**Tabella 5.2** – Frequenza di tutte le specie licheniche rinvenute negli 82 rilievi effettuati. Q = *Quercus pubescens*, T = *tilia* sp. [Continua →]

Stazione	17C	18A	18B	18C	19A	19B	19C	20A	20B	20C	21A	21B	21C	22A	22B	22C	23A
<b>data campionamento</b>	<b>18/10/00</b>	<b>18/10/00</b>	<b>18/10/00</b>	<b>18/10/00</b>	<b>19/10/00</b>	<b>20/10/00</b>	<b>20/10/00</b>	<b>20/10/00</b>	<b>20/10/00</b>								
<b>specie arborea</b>	<b>Q</b>	<b>T</b>	<b>T</b>	<b>T</b>	<b>Q</b>	<b>T</b>	<b>T</b>	<b>T</b>	<b>Q</b>								
<b>circ. albero (cm)</b>	<b>130</b>	<b>138</b>	<b>108</b>	<b>177</b>	<b>118</b>	<b>98</b>	<b>185</b>	<b>148</b>	<b>115</b>	<b>141</b>	<b>162</b>	<b>258</b>	<b>188</b>	<b>93</b>	<b>156</b>	<b>97</b>	<b>400</b>
<b>h reticolo (cm)</b>	<b>105</b>	<b>105</b>	<b>110</b>	<b>120</b>	<b>100</b>	<b>106</b>	<b>105</b>	<b>110</b>	<b>103</b>	<b>103</b>	<b>120</b>	<b>130</b>	<b>120</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>110</b>	<b>100</b>
<b>esp. Reticolo (°)</b>	<b>124</b>	<b>234</b>	<b>340</b>	<b>194</b>	<b>332</b>	<b>312</b>	<b>110</b>	<b>316</b>	<b>68</b>	<b>22</b>	<b>90</b>	<b>300</b>	<b>312</b>	<b>352</b>	<b>256</b>	<b>154</b>	<b>284</b>
<b>n. specie</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>3</b>
<b>BL</b>	<b>30</b>	<b>10</b>	<b>16</b>	<b>10</b>	<b>66</b>	<b>68</b>	<b>77</b>	<b>58</b>	<b>52</b>	<b>52</b>	<b>16</b>	<b>27</b>	<b>23</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>24</b>
Amandinea punctata																	
Arthonia radiata																	
Arthopyrenia punctiformis																	
Buellia griseovirens																	
Caloplaca cerina																	
Caloplaca cerinella																	
Candelaria concolor					10	10	10										
Collema furfuraceum																	
Collema ligerinum																	
Hyperphyscia adglutinata	10				10	10	10	10	9	10	10	10	10	4	8	9	10
Lecanora carpinea					1	1	4										
Lecanora chlarotera					6	5	7						1				
Lecanora horiza								4									
Lecanora sambuci																	
Lecidella elaeochroma					9	6	10										
Lepraria sp.					2	1											
Melaspilea urceolata																	
Mycomicrothelia confusa		10	10	10													
Opegrapha varia								10	8	4							
Parmelia glabra																	
Parmelia subrudecta																	
Phaeophyscia hirsuta								2	1								
Phaeophyscia orbicularis			6			1											
Physcia adscendens	10				10	10	10	10	4	10	6	10	10	5	1		10
Physcia aipolia																	
Physcia biziana					3	9	10	10	10	8		6					4
Physconia distorta																	
Physconia grisea					5	5	6	2	10	10							
Physconia servitii																	
Physconia venusta																	
Ramalina sp.																	
Rinodina sophodes																	
Xanthoria parietina	10				10	10	10	10	10	10		1	2				

**Tabella 5.2** – Frequenza di tutte le specie licheniche rinvenute negli 82 rilievi effettuati. Q = *Quercus pubescens*, T = *tilia* sp. [Continua →]

stazione	23B	23C	24A	24B	24C	25A	25B	25C	26A	26B	26C	27A	27B	27C
data campionamento	20/10/00	20/10/00	20/10/00	20/10/00	20/10/00	21/10/00	21/10/00	21/10/00	21/10/00	21/10/00	21/10/00	21/10/00	21/10/00	21/10/00
specie arborea	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
circ. albero (cm)	160	107	200	210	163	129	121	180	230	110	192	190	190	186
h reticolo (cm)	100	120	110	105	105	115	115	100	100	110	115	115	135	120
esp. reticolo (°)	184	342	210	270	200	50	152	296	184	280	116	18	224	16
n. specie	3	3	3	5	2	8	6	6	8	10	7	8	6	7
BL	30	18	17	28	15	46	51	51	54	63	68	58	55	55
Amandinea punctata									10	10	10			
Arthonia radiata														
Arthopyrenia punctiformis														
Buellia griseovirens														
Caloplaca cerina									8					
Caloplaca cerinella														
Candelaria concolor														
Collema furfuraceum											8			
Collema ligerinum									3					
Hyperphyscia adglutinata	10	6	10	10	10	3	10	10			10	10	10	10
Lecanora carpinea						2				1				
Lecanora chlarotera										8				
Lecanora horiza				10		1								
Lecanora sambuci														
Lecidella elaeochroma				1						7				
Lepraria sp.														
Melaspilea urceolata														
Mycomicrothelia confusa														
Opegrapha varia			5	3	5									
Parmelia glabra												2		1
Parmelia subrudecta														
Phaeophyscia hirsuta						10	5	10				1		
Phaeophyscia orbicularis									10	1				
Physcia adscendens		10				10	10	8	2	10	10	10	10	10
Physcia aipolia						7	9		1	7	10	10	10	10
Physcia biziana	10					3		3		2		5	8	6
Physconia distorta							8	10	10	7	10			
Physconia grisea														
Physconia servitii												10	10	10
Physconia venusta														
Ramalina sp.														
Rinodina sophodes														
Xanthoria parietina	10	2	2	4		10	9	10	10	10	10	10	7	8

**Tabella 5.2** – Frequenza di tutte le specie licheniche rinvenute negli 82 rilievi effettuati. Q = *Quercus pubescens*, T = *tilia* sp. [Continua →]

	<b>S</b>	<b>A</b>	<b>F</b>
<i>Xanthoria parietina</i>	24	58	7.9
<i>Hyperphyscia adglutinata</i>	23	65	9.4
<i>Physcia adscendens</i>	20	61	8.6
<i>Physcia biziana</i>	19	43	6.1
<i>Lecanora horiza</i>	14	23	4
<i>Physconia grisea</i>	12	33	7.5
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	11	20	6.7
<i>Physconia venusta</i>	7	14	5.2
<i>Lecanora chlarotera</i>	7	13	4.6
<i>Lecidella elaeochroma</i>	6	13	6.6
<i>Candelaria concolor</i>	5	11	7.4
<i>Lecanora carpinea</i>	5	8	2.8
<i>Opegrapha varia</i>	5	12	6.8
<i>Phaeophyscia hirsuta</i>	4	7	4.3
<i>Amandinea punctata</i>	3	6	10
<i>Physcia aipolia</i>	3	8	8
<i>Physconia distorta</i>	3	7	7.3
<i>Buellia griseovirens</i>	2	2	1
<i>Caloplaca cerinella</i>	2	3	5.7
<i>Lepraria sp.</i>	2	4	4.5
<i>Mycomicrothelia confusa</i>	2	4	8
<i>Parmelia subrudecta</i>	2	2	5.5
<i>Arthonia radiata</i>	1	1	6
<i>Arthopyrenia punctiformis</i>	1	3	8.3
<i>Caloplaca cerina</i>	1	1	8
<i>Collema furfuraceum</i>	1	1	8
<i>Collema ligerinum</i>	1	1	3
<i>Lecanora sambuci</i>	1	1	1
<i>Melaspilea urceolata</i>	1	3	10
<i>Parmelia glabra</i>	1	2	1.5
<i>Physconia servitii</i>	1	3	10
<i>Ramalina sp.</i>	1	2	1
<i>Rinodina sophodes</i>	1	3	1.7

**Tabella 5.2** – Specie licheniche ritrovate nell'area di studio. *S* = numero di stazioni dove la specie è stata trovata; *A* = numero di alberi su cui la specie è stata trovata; *F* = frequenza media della specie sugli alberi campionati.

In tabella 5.3 sono riportati per ogni stazione il valore di BLs, la deviazione standard e il coefficiente di variazione. In generale il valore di BL medio per l'area in esame è di  $38.7 \pm 17.6$  ed indica che in generale è presente un'alterazione ambientale media. Il valore piuttosto alto del coefficiente di variazione (45.5%) indica che le 27 stazioni non sono tutte sottoposte a livelli simili di inquinamento atmosferico.

<b>S</b>	<b>BL</b>	<b>D.S.</b>	<b>C. V.</b>
<b>1</b>	38.6	3.8	9.8
<b>2</b>	32.5	10.1	31.1
<b>3</b>	20.3	5.3	26.1
<b>4</b>	56	7.2	12.9
<b>5</b>	45.5	6.4	14.1
<b>6</b>	10.3	0.6	5.8
<b>7</b>	38.6	5.7	14.8
<b>8</b>	27	5.3	19.6
<b>9</b>	29	8.5	29.3
<b>10</b>	60	7	11.7
<b>11</b>	62	8.2	13.2
<b>12</b>	42.5	14.2	33.4
<b>13</b>	45	3	6.7
<b>14</b>	45.3	4	8.8
<b>15</b>	41	0	0
<b>16</b>	44	7.2	16.4
<b>17</b>	32.6	3.1	9.5
<b>18</b>	12	3.5	29.2
<b>19</b>	65	11.7	18
<b>20</b>	54	3.5	6.5
<b>21</b>	22	5.6	25.4
<b>22</b>	9	0	0
<b>23</b>	24	6	25
<b>24</b>	20	7	35
<b>25</b>	49.3	2.9	5.9
<b>26</b>	61.6	7.1	11.5
<b>27</b>	56	1.7	3

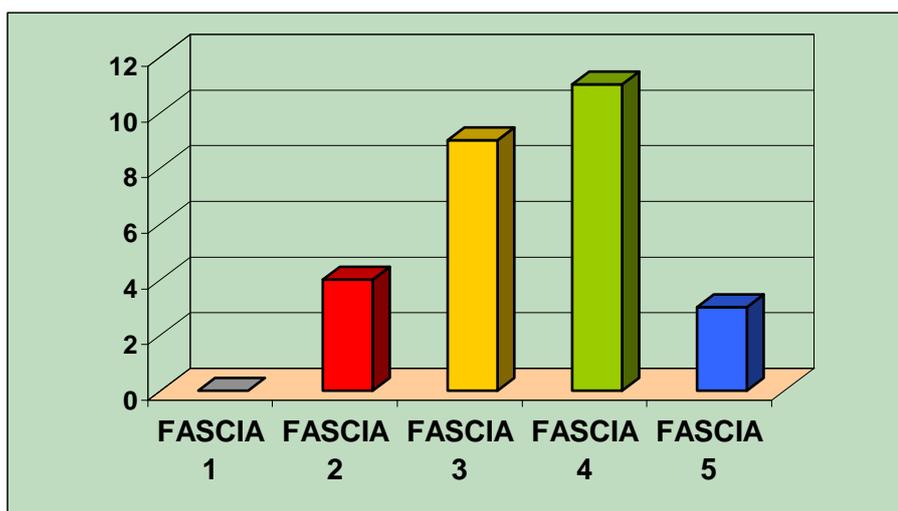
**Tabella 5.3** – *Descrizione statistica dei valori di BL misurati in ciascuna stazione. S = stazione di campionamento; BL = valore di BL per ogni stazione; D.S. = deviazione standard; C.V. = coefficiente di variazione (%).*

I valori medi di BLs sono stati valutati in base ad una scala di naturalità/alterazione mostrata in tabella 5.4 (Loppi *et al*, dati inediti), valida per le aree site nella fascia adriatica e per rilevamenti effettuati su querce decidue (*Quercus cerris*, *Q. Pubescens*, *Q. Robur*, *Q. Petraea*) e tigli (*Tilia* sp.). Tale scala è suddivisa in 5 intervalli che esprimono il grado di deviazione da condizioni "naturali" (non inquinate).

VALORI DI BL	GIUDIZIO	COLORE
0	deserto lichenico	■
1-20	alterazione	■
20-40	semi-alterazione	■
40-60	semi-naturalità	■
>60	naturalità	■

**Tabella 5.4** – Scala di naturalità/alterazione utilizzata nel presente studio.

In base al valore di BLs riscontrato e alla scala di naturalità/alterazione adottata, le stazioni campionate sono state assegnate ad una fascia, ognuna identificata nei riporti cartografici da uno specifico colore (Fig. 5.2):



**Figura 5.2** – Distribuzione delle stazioni di campionamento nelle cinque fasce di BL considerate

**Fascia 1:** *deserto lichenico* (0% delle stazioni)

- stazioni

**Fascia 2:** *alterazione* (14.8% delle stazioni)

- stazioni 6,18, 22, 24.

**Fascia 3:** *semi-alterazione* (33.3% delle stazioni)

- stazioni 1,2, 3, 7, 8, 9, 17, 21, 23.



valle compresa fra la città di Jesi e la costa. L'intera area di studio è fortemente segnata dall'attività antropica che si manifesta nella presenza di numerosi centri urbani, delle vaste aree industriali e della superstrada Roma-Ancona. Tale impatto è però particolarmente evidente soprattutto nella parte più occidentale della valle, dove sono ubicate anche la raffineria API di Falconara Marittima e la centrale ENEL di Camerata Picena, oltre alla città di Jesi con la sua zona industriale.

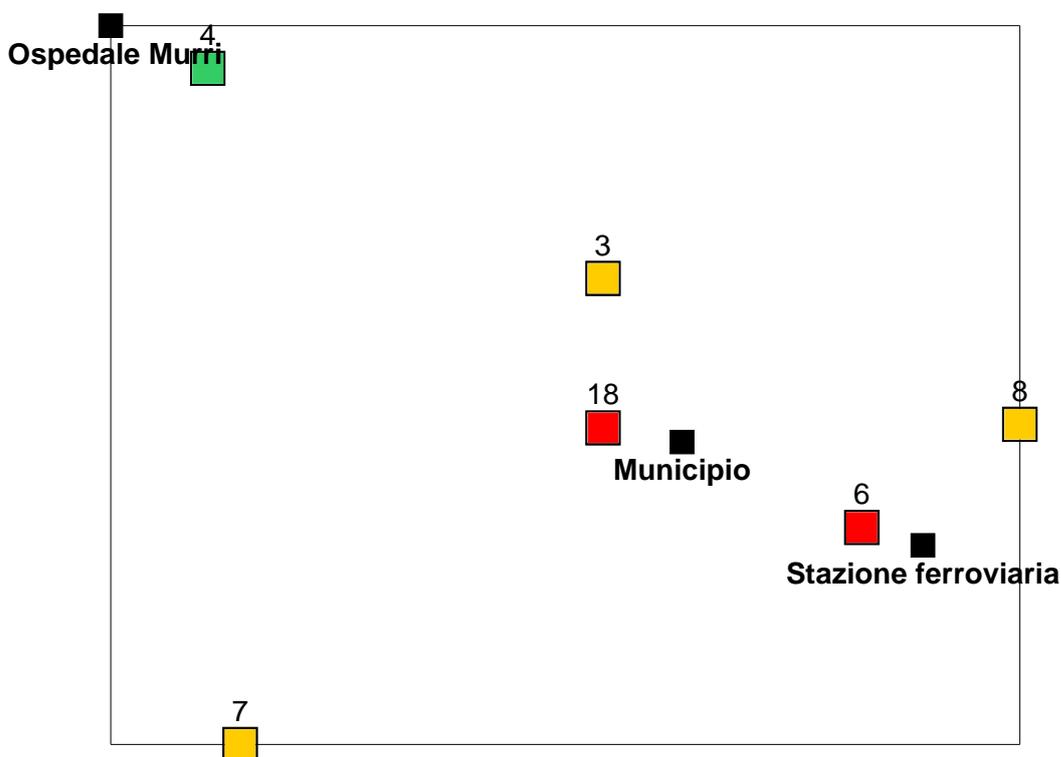
Il basso valore di BLs (9) misurato nella stazione 22 è un chiaro esempio di una situazione di inquinamento atmosferico elevato. Il fatto di aver ritrovato soltanto *Physcia adscendens* e *Hyperphyscia adglutinata*, specie note per la loro tolleranza verso alti livelli di inquinamento atmosferico, è un chiaro indice di una situazione piuttosto compromessa: il rilievo è stato effettuato infatti nel centro urbano di Castelferretti, su tigli in prossimità di una strada molto trafficata. Già nella stazione 23, a circa 4 chilometri SSE rispetto alla stazione 22, è stato riscontrato un netto miglioramento (BLs = 22): infatti non si risente più dell'influenza del traffico urbano ma solo della generale situazione di alterazione ambientale della zona.

La presenza della fascia di alterazione nella stazione 24 (BLs = 20) sembra invece essere dovuta più all'influenza dell'attività agricola che ad una situazione di inquinamento atmosferico vero e proprio. Gli alberi campionati sono infatti vecchi esemplari isolati al margine di campi coltivati e le specie licheniche ritrovate testimoniano la presenza di un microclima piuttosto secco. I bassi valori di BL riscontrati in questa stazione sono quindi probabilmente da attribuire all'isolamento, che non favorisce la diffusione delle specie con propaguli vegetativi, e alla presenza di polveri, che, oltre ad una vera azione meccanica di danneggiamento dei talli, provoca un inaridimento della scorza con successivo impoverimento della flora lichenica (Loppi & Pirintsos, 2000).

Anche la presenza della fascia di naturalità nelle stazioni 19 (BLs = 65) e 11 (BLs = 62) sembra essere dovuta ad una situazione favorevole puntiforme, estranea alla generale situazione atmosferica. In questi due casi la copresenza di strade a basso traffico e di campi coltivati favorisce lo sviluppo della flora lichenica. Infatti la polvere e gli spray prodotti dal passaggio delle automobili contribuiscono all'eutrofizzazione della scorza e favoriscono lo sviluppo di specie licheniche principalmente nitrofile appartenenti alle comunità di *Xanthorion*, come riscontrato in queste stazioni (Del Guasta, 2000-2001).

Nella stazione 26 invece l'alto valore di BLs (61.6) è da attribuire al generale miglioramento della qualità dell'aria che si registra passando dalla costa verso l'interno: appaiono infatti per la prima volta specie quali *Collema ligerinum*, *C. furfuraceum* e *Caloplaca cerina*, specie note per la loro sensibilità all'inquinamento atmosferico (Deruelle, 1983; Gasparo *et al.*, 1989; Nimis *et al.*, 1989).

In figura 5.4 viene mostrata la naturalità/alterazione delle stazioni campionate nel centro urbano di Jesi.



**Figura 5.4** – Naturalità/alterazione delle stazioni del centro urbano di Jesi.

I valori di BLs più bassi sono stati registrati nelle stazioni 18 (BLs = 12) e 6 (BLs = 10.3) entrambe collocate lungo strade molto trafficate nel centro cittadino, la prima presso Viale della Vittoria, che è la strada principale che attraversa la città, e la seconda lungo Viale Trieste, che porta alla stazione ferroviaria.

Un notevole miglioramento della qualità dell'aria si registra nella stazione 4 (BLs = 56). Ciò è probabilmente dovuto al fatto che tale stazione si trova in una zona piuttosto ventosa, situata circa 50 m più in alto rispetto alla zona centrale della città.

#### **5.4 CONFRONTO CON L'INDAGINE DELL'ECOTHEMA**

Di seguito viene riportato un elenco in cui vengono messi a confronto i risultati dei rilevamenti, effettuati sia nel 1997 che nella presente indagine, nelle stesse stazioni. Talvolta è stato possibile effettuare il rilevamento anche sui medesimi alberi, più spesso invece per il campionamento sono stati usati alberi diversi, a causa della difficoltà nel ritrovare l'esatto punto di rilevamento utilizzato nell'indagine precedente.

**Monsano loc. S. Maria**

Valore di BL 1997: **37.3**

Giudizio 1997: **semi-alterazione**

Valore di BL 2001: **38.6**

Giudizio 2001: **semi-alterazione**

**Specie non ritrovate:** *Acrocordia* sp., *Candelariella subdeflexa*, *Collema conglomeratum*, *Collema subflaccidum*, *Melaspilea urceolata*.

**Specie ancora presenti:** *Hyperphyscia adglutinata*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens*, *Physconia grisea*, *Physconia venusta*, *Xanthoria parietina*.

**Specie nuove:** *Arthopyrenia punctiformis*, *Physcia biziana*.

**Jesi via S. Pietro Martire**

Valore di BL 1997: **20.7**

Giudizio 1997: **semi-alterazione**

Valore di BL 2001: **20.3**

Giudizio 2001: **semi-alterazione**

**Specie non ritrovate:** *Hyperphyscia adglutinata*, *Phaeophyscia orbicularis*.

**Specie ancora presenti:** *Parmelia subrudecta*, *Physcia adscendens*, *Physcia biziana*, *Physconia grisea*, *Xanthoria parietina*.

**Specie nuove:**

**Jesi via Ragazzi del '99**

Valore di BL 1997: **36.3**

Giudizio 1997: **semi-alterazione**

Valore di BL 2001: **38.6**

Giudizio 2001: **semi-alterazione**

**Specie non ritrovate:** *Lecanora chlarotera*, *Physconia distorta*.

**Specie ancora presenti:** *Hyperphyscia adglutinata*, *Physcia adscendens*, *Physcia biziana*, *Physconia grisea*, *Xanthoria parietina*.

**Specie nuove:** *Lecanora horiza*, *Physconia venusta*.

**Jesi via Cascamificio**

Valore di BL 1997: **22.6**

Giudizio 1997: **semi-alterazione**

Valore di BL 2001: **27**

Giudizio 2001: **semi-alterazione**

**Specie non ritrovate:** *Lecanora argentata*, *Lecidella elaeochroma*, *Melaspilea urceolata*, *Physcia adscendens*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Physconia grisea*.

**Specie ancora presenti:** *Hyperphyscia adglutinata*, *Xanthoria parietina*.

**Specie nuove:** *Amandinea punctata*, *Lecanora horiza*, *Mycomicrothelia confusa*, *Opegrapha varia*.

#### Chiaravalle Parco I Maggio

Valore di BL 1997: **40.7**

Giudizio 1997: **semi-naturalità**

Valore di BL 2001: **60**

Giudizio 2001: **semi-naturalità**

**Specie non ritrovate:** *Hyperphyscia adglutinata*, *Lecanora argentata*, *Parmelia acetabulum*.

**Specie ancora presenti:** *Lecanora chlorotera*, *Lecidella elaeochroma*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens*, *Physcia biziana*, *Physconia grisea*, *Xanthoria parietina*.

**Specie nuove:** *Candelaria concolor*, *Lecanora carpinea*, *Lecanora horiza*, *Lepraria* sp., *Ramalina* sp.

#### Moie c/o la chiesa del Puzzo

Valore di BL 1997: **40.5**

Giudizio 1997: **semi-naturalità**

Valore di BL 2001: **45**

Giudizio 2001: **semi-naturalità**

**Specie non ritrovate:** *Arthyrenia* sp., *Candelariella xanthostigma*, *Physcia aipolia*.

**Specie ancora presenti:** *Hyperphyscia adglutinata*, *Physcia adscendens*, *Physcia biziana*, *Physconia distorta*, *Physconia grisea*, *Xanthoria parietina*.

**Specie nuove:** *Lecanora horiza*, *Phaeophyscia orbicularis*.

#### Moie (nel 1997 sono state campionate 2 stazioni)

Valore di BL 1997: **49; 47.7**

Giudizio 1997: **semi-naturalità**

Valore di BL 2001: **45.3**

Giudizio 2001: **semi-naturalità**

**Specie non ritrovate:** *Candelaria concolor*, *Candelariella viae-lactae*, *Candelariella xanthostigma*, *Lecanora chlarotera*, *Lecidella elaeochroma*, *Parmelia subrudecta*, *Parmelia tiliacea*, *Physconia distorta*, *Rinodina sp.*

**Specie ancora presenti:** *Hyperphyscia adglutinata*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens*, *Physcia biziana*, *Physconia grisea*, *Xanthoria parietina*.

**Specie nuove:** *Buellia griseovirens*, *Lecanora horiza*, *Phaeophyscia hirsuta*, *Physconia venusta*.

#### **Monte Roberto loc. Pianello**

Valore di BL 1997: **52.7**

Giudizio 1997: **semi-naturalità**

Valore di BL 2001: **41**

Giudizio 2001: **semi-naturalità**

**Specie non ritrovate:** *Candelariella reflexa*, *Candelariella viae-lactae*, *Candelariella xanthostigma*, *Lecanora carpinea*, *Lecidella elaeochroma*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens*, *Physcia biziana*, *Rinodina septentrionalis*.

**Specie ancora presenti:** *Hyperphyscia adglutinata*, *Physconia grisea*, *Xanthoria parietina*.

**Specie nuove:** *Lecanora chlarotera*, *Melaspilea urceolata*.

#### **Jesi loc. Pian del Medico**

Valore di BL 1997: **43.7**

Giudizio 1997: **semi-naturalità**

Valore di BL 2001: **44**

Giudizio 2001: **semi-naturalità**

**Specie non ritrovate:** *Lecanora argentata*, *Lecanora chlarotera*, *Lecidella elaeochroma*, *Parmelia subrudecta*.

**Specie ancora presenti:** *Candelaria concolor*, *Hyperphyscia adglutinata*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens*, *Physcia biziana*, *Physconia grisea*, *Xanthoria parietina*.

**Specie nuove:** *Caloplaca cerinella*, *Lecanora horiza*.

#### **Jesi loc. Mazzangrugno**

Valore di Bl 1997: **38.6**

Giudizio 1997: **semi-alterazione**

Valore di BL 2001: **32.6**

Giudizio 2001: **semi-alterazione**

**Specie non ritrovate:** *Candelariella xanthostigma*, *Lecanora chlarotera*, *Physconia grisea*.

**Specie ancora presenti:** *Hyperphyscia adglutinata*, *Physcia adscendens*, *Physcia biziana*, *Xanthoria parietina*.

**Specie nuove:** *Lecanora horiza*, *Physconia venusta*.

**Falconara Marittima loc. Castelferretti**

Valore di BL 1997: **24**

Giudizio 1997: **semi-alterazione**

Valore di BL 2001: **24**

Giudizio 2001: **semi-alterazione**

**Specie non ritrovate:**

**Specie ancora presenti:** *Hyperphyscia adglutinata*, *Physcia adscendens*, *Physcia biziana*, *Xanthoria parietina*.

**Specie nuove:**

In generale i valori di BLs misurati nelle stazioni già oggetto dell'indagine precedente sono rimasti pressoché invariati. I due cambiamenti più sensibili sono stati registrati in Loc. Pianello, dove è stata riscontrata una diminuzione di BLs da 57.2 a 41 e a Chiaravalle, nel parco I Maggio, dove invece il valore di BLs è aumentato da 40.7 a 60. In quest'ultima zona il miglioramento è testimoniato anche dalla comparsa di specie come *Lecanora carpinea* e *Ramalina* sp., entrambe piuttosto sensibili all'inquinamento atmosferico.

In tabella 5.5 sono messe a confronto le specie licheniche ritrovate nelle due indagini di biomonitoraggio del 1997 e del 2001.

Il mancato ritrovamento di alcune specie segnalate nell'indagine del 1997 e il rinvenimento di altre non ritrovate nel primo campionamento sembra da imputare al fatto che gli alberi campionati nella maggioranza dei casi non sono stati gli stessi.

<b>SPECIE INDAGINE 1997</b>	<b>SPECIE INDAGINE 2001</b>
<i>Acrocordia</i>	<b>Amandinea punctata</b>
<i>Arthopyrenia</i> sp.	<i>Arthopyrenia punctiformis</i>
<i>Candelaria concolor</i>	<b>Buellia griseovirens</b>
<i>Candelariella reflexa</i>	<b>Caloplaca cerinella</b>
<b>Candelariella subdeflexa</b>	<i>Candelaria concolor</i>
<i>Candelariella viae-lacteeae</i>	<i>Hyperphyscia adglutinata</i>
<i>Candelariella xanthostigma</i>	<i>Lecanora carpinea</i>
<b>Collema conglomeratum</b>	<i>Lecanora chlarotera</i>
<b>Collema subflaccidum</b>	<i>Lecanora horiza</i>
<i>Hyperphyscia adglutinata</i>	<i>Lecidella elaeochroma</i>
<i>Lecanora argentata</i>	<b>Lepraria</b> sp.
<i>Lecanora carpinea</i>	<i>Melaspilea urceolata</i>
<i>Lecanora chlarotera</i>	<b>Mycomicrothelia confusa</b>
<i>Lecidella elaeochroma</i>	<i>Opegrapha varia</i>
<i>Melaspilea urceolata</i>	<i>Parmelia subrudecta</i>
<b>Parmelia acetabulum</b>	<b>Phaeophyscia hirsuta</b>
<i>Parmelia subrudecta</i>	<i>Phaeophyscia orbicularis</i>
<i>Parmelia tiliacea</i>	<i>Physcia adscendens</i>
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	<i>Physcia biziana</i>
<i>Physcia adscendens</i>	<i>Physconia distorta</i>
<i>Physcia aipolia</i>	<i>Physconia grisea</i>
<i>Physcia biziana</i>	<i>Physconia venusta</i>
<i>Physconia distorta</i>	<b>Ramalina</b> sp.
<i>Physconia grisea</i>	<i>Xanthoria parietina</i>
<i>Physconia venusta</i>	
<b>Rinodina septentrionalis</b>	
<b>Rinodina</b> sp.	
<i>Xanthoria parietina</i>	

**Tabella 5.5** – Specie licheniche ritrovate nelle due indagini del 1997 e 2001. In neretto sono indicate nella prima colonna le specie ritrovate solo nell'indagine del 1997, nella seconda colonna quelle ritrovate solo nell'indagine del 2001.

Da notare è il fatto che la *Lecanora argentata*, segnalata più di una volta nel 1997, non è mai stata ritrovata nella presente indagine, dove invece è stata ripetutamente incontrata *Lecanora horiza*, che non compare nella lista floristica del 1997. Il riconoscimento delle specie appartenenti al genere *Lecanora* si basa, molto spesso, oltre che sulla misura di alcuni caratteri anatomici come la dimensione delle spore e lo spessore del cortex, sulle caratteristiche dei cristalli dell'apotecio, osservabili con un microscopio a luce polarizzata (Nimis & Bolognini, 1993). La differenza fra *Lecanora horiza* e *Lecanora argentata* si basa proprio su quest'ultimo carattere: la prima presenta dei cristalli molto piccoli nella cortex del margine dell'apotecio, la seconda invece gruppi di grossi cristalli nella medulla del margine dell'apotecio. Tutti gli esemplari di *Lecanora* ritrovati durante la campagna di rilevamento di questa indagine sono stati attentamente osservati al microscopio e

nessuno apparteneva alla specie *Lecanora argentata*. Probabilmente anche gli esemplari ritrovati nel 1997 sono da riferire alla *Lecanora horiza* tenendo anche in considerazione che *Lecanora argentata* presenta il suo *optimum* ecologico nella fascia montana (Nimis, 2000).

Fra le specie segnalate nell'indagine del 1997 ma non ritrovate nel 2001 vanno ricordate anche *Candelariella viae-lacteeae* e *Rinodina septentrionalis*. Per queste specie va tuttavia tenuto presente che entrambe non risultano segnalate per la regione Marche nel Checklist of the Lichens of Italy (Nimis, 2000).

## 6. CONCLUSIONI

Dalla presente indagine di biomonitoraggio della qualità ambientale tramite licheni epifiti, si può concludere che, in generale, la parte dell'area di studio maggiormente interessata da fenomeni di inquinamento atmosferico è quella compresa fra la costa e la città di Jesi. Infatti, sebbene tutto il territorio in esame sia fortemente segnato dall'attività antropica, che si manifesta nella presenza diffusa di numerosi centri urbani e di vaste aree industriali, è proprio in questa zona che sono concentrate le principali fonti di emissione.

Il fatto che i valori più alti di biodiversità lichenica siano stati trovati proprio in due stazioni situate in questa parte della valle, è da imputare alla presenza di particolari situazioni puntiformi favorevoli, estranee al generale andamento dell'inquinamento atmosferico.

Complessivamente, nel 51.8% delle stazioni sono stati registrati valori di biodiversità lichenica superiori a 40, riconducibili a situazioni di semi-naturalità e naturalità; il deserto lichenico non è mai stato riscontrato.

In generale, la qualità ambientale tende ad aumentare passando dalla costa verso l'entroterra, in accordo con la precedente indagine di biomonitoraggio effettuata nella provincia di Ancona (Gasparo & Zappa, 1997). Questo fatto è testimoniato anche dalla comparsa, nelle stazioni più interne, di specie quali *Collema ligerinum*, *C. furfuraceum* e *Caloplaca cerina*, note per la loro sensibilità all'inquinamento atmosferico.

Il confronto fra i valori di biodiversità lichenica delle due indagini di biomonitoraggio nelle 11 stazioni in comune, mostra che, rispetto al 1997, la situazione atmosferica è rimasta pressochè invariata. Il mancato ritrovamento di alcune specie segnalate nell'indagine del 1997 e il rinvenimento di altre non ritrovate nel primo campionamento sembra per lo più da imputare al fatto che gli alberi utilizzati per i rilievi nella maggioranza dei casi non sono stati gli stessi.

Nonostante la generale situazione dell'inquinamento atmosferico non risulti estremamente negativa, il fatto che la futura centrale turbogas della SADAM si trovi proprio nella zona della valle più compromessa, suggerisce che indagini di questo tipo vengano ripetute periodicamente per un certo periodo di tempo per poter apprezzare gli eventuali cambiamenti a livello della vegetazione lichenica dovuti a un possibile peggioramento della qualità dell'aria.

## 7.BIBLIOGRAFIA

- Ammann K., Herzig R., Liebendörfer L., Urech M., 1987. Multivariate correlation of deposition data of 8 different air pollutants to lichen data in a small town in Switzerland. *Advances in Aerobiology*, **51**: 401-406.
- Badin G., Nimis P.L., 1996. Biodiversity of epiphytic lichens and air quality in the province of Gorizia (NE Italy). *Studia Geobotanica*, **15**: 73-89.
- Barkman J.J., 1958. *Phytosociology and ecology of cryptogamic epiphytes*. Van Gorcum, Assen.
- Bates J.W., Brown D.H., 1981. Epiphyte differentiation between *Quercus petraea* and *Fraxinus excelsior* trees in a maritime area of South West England. *Vegetatio*, **48**: 61-70.
- Centamore E., Micarelli A., Calamita F., Deiana G., Invernizzi C., Pizzi A., 1991. Stratigrafia e tettonica. In: *Ambiente fisico delle Marche. Geologia, geomorfologia, idrologia*. S.E.L.C.A., Firenze.
- Cetteloin C., Arvy M.P., 1989. Etude cartographique de la flore lichénique du site de Chinon, Indre-et-Loire. *Acta Oecologica*, **10**: 241-258.
- Christ R., Türk R., 1984. Der epiphytische Flechtenbewuchs als Indikator für die Luftverunreinigung im Stadtgebiet von Wien. *Forum Städte-Hygiene*, **35**: 122-131.
- 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. *Statistica Applicata*, **8**: 213-226.
- Clauzade G., Roux C., 1985. *Likenoj de Okcidenta Eŭropo. Illustrita Determinlibro*. Société Botanique du Centre-Ouest, Royan.
- Coppins B.J., Lambley P.W., 1974. Changes in the lichen flora of the parish of Mendlesham, Suffolk, during the last fifty years. *Suffolk Natural History*, **16**: 319-335.
- Crespo A., Barreno E., Sancho G.L., Bueno A.G., 1981. Establecimiento de una red de valoración de pureza atmosférica en la provincia de La Coruña (España) mediante bioindicadores líquénicos. *Lazaroa*, **3**: 289-311.
- De Grassi M., Cortellessa G., Nanni T., Rinaldi A., Russo F. M., Tiezzi E., 1995. *Considerazioni sulla ipotizzata attivazione di due centrali elettriche a cogenerazione di calore nella valle dell'Esino*. Provincia di Ancona.
- De Sloover J., 1964. Végétaux épiphytes et pollution de l'air. *Revue Questionnaire Scientific*, **25**: 531-561.

- De Sloover J., Le Blanc F., 1968. *Mapping of atmospheric pollution on the basis of lichen sensitivity*. In: Misra R., Golpal B. (ed.), Atti del Workshop "Recent Advances Tropical Ecology". Varanasi, India, 42-56.
- De Wit T., 1976. Epiphytic lichens and air pollution in the Netherlands. *Bibliotheca Lichenologica*, **5**: 1-228.
- Del Guasta M., 2000-2001. Angular distribution of epiphytic lichens on *Tilia* trees as a result of car traffic. *Allionia*, **37**: 233-240.
- Deruelle S., 1977. Influence de la pollution atmosphérique sur la végétation lichénique des arbres isolés dans la région de Mantes (Yvelines). *Revue Bryologique et Lichénologique*, **43**: 137-158.
- Deruelle S., 1983. *Écologie des lichens du bassin Parisien. Impact de la pollution atmosphérique et relations avec les facteurs climatiques*. These de Doct., Univ. P.M. Curie.
- Diederich P., 1989. *Les lichens épiphytiques et leurs champignons lichénicoles (macrolichens exceptés) du Luxembourg*. Musée National d'Histoire Naturelle de Luxembourg.
- Gasparo D., Zappa L., 1997. *Biomonitoraggio della qualità dell'aria della Provincia di Ancona*. Ecothema – Trieste.
- Gasparo D., Castello M., Bargagli R., 1989. Biomonitoraggio dell'inquinamento atmosferico tramite licheni. Studio presso un inceneritore (Macerata). *Studia Geobotanica*, **9**: 152-250.
- Gauslaa Y., 1995. The *Lobarion*, an epiphytic community of ancient forests threatened by acid rain. *Lichenologist*, **27**: 59-76.
- Gilbert O.L., 1965. *Lichens as indicators of air pollution in the Tyne Valley*. In: Goodman G.T., Edwards R.W., J. M. Lambert J.M. (eds.), *Ecology and the industrial society*, Blackwell, Oxford, 35-47.
- Gilbert O.L., 1971. *The effect of airborne fluorides*. In Ferry B.W., Baddeley M.S., Hawksworth D.L. (eds.), *Air pollution and lichens*, The Athlone Press, London, 176-191.
- Gilbert O.L., 1986. Field evidence for an acid rain effect on lichens. *Environmental Pollution*, **40**: 227-231.
- Giralt M., 1986. *Flora i vegetació dels líquens epífits del Tarragonès. Aplicació al problema de la contaminació atmosfèrica*. Vilafranca del Penedès.
- Giralt M., 1994. Key to the corticolous and lignicolous species of the genus *Rinodina* present in the Iberian Peninsula and Balearic Islands. *Bulletin Societee Linneane Provence*, **45**: 317-326.
- Grindon L.H., 1859. *The Manchester flora*. White, London.
- Hale M.E., 1983. *The biology of lichens*. Edward Arnold, London.

- Hawksworth D.L., 1974-1978. Literature on air pollution and lichens. I-IX. *Lichenologist*, numeri vari.
- Hawksworth D.L., 1988. *The fungal partner*. In: Galun M. (ed.), *Handbook of Lichenology*, vol. 1, CRC, Boca Raton, Florida, 35-38.
- Hawksworth D.L., McManus P.M., 1989. Lichen recolonization in London under conditions of rapidly falling sulphur dioxide levels, and the concept of zone skipping. *Botanical Journal of the Linnean Society* **100**: 99-109.
- Hawksworth D.L., Rose F., 1970. Qualitative scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens. *Nature*, **227**: 145-148.
- Henderson A., 1979-2000. Literature on air pollution and lichens. XI-XLIV. *Lichenologist*, numeri vari.
- Henderson A., Hawksworth D.L., 1979. Literature on air pollution and lichens. X. *Lichenologist*, **11**: 91-96.
- Herzig R., Urech M., 1991. Flechten als Bioindikatoren, integriertes biologisches Messsystem der Luftverschmutzung für das Schweizer Mittelland. *Bibliotheca Lichenologica*, **43**: 1-283.
- James P.W., 1973. *Introduction*. In: Ferry B.W., Baddeley M.S., Hawksworth D.L. (eds.), *Air pollution and lichens*, The Athlone Press, London, 1-5.
- James P.W., Wolseley P., 1992. Acidification and the *Lobarion*: a case for biological monitoring. *British Lichen Society Bulletin*, **71**: 4-12.
- Johnsen I., Søchting U., 1973. Influence of air pollution on the epiphytic lichen vegetation and bark properties of deciduous trees in the Copenhagen area. *Oikos*, **24**: 344-351.
- Kandler O., Poelt J., 1984. Wiederbesiedlung der Innstadt von München durch Flechten. *Naturwis. Rundschau*, **37**: 90-9.
- Kovács M., 1992. *Biological indicators in environmental protection*. Ellis Horwood, New York.
- Kriche R., Loppi S., 2001. Bioindication: the IAP approach. In: Wolseley, P., Nimis, P.L., Scheidegger, C., *Lichen monitoring – Monitoring lichens*, Kluwer, Dordrecht.
- Kunze M., 1972. Emittentenbezogene Flechtenkartierung aufgrund von Frequenzuntersuchungen. *Oecologia*, **9**: 123-133.
- Laundon J.R., 1973. *Urban Lichen Studies*. In: Ferry B.W., Baddeley M.S., Hawksworth D.L. (eds.), *Air pollution and lichens*, The Athlone Press, London, 109-123.
- Laundon J.R., 1992. *Lepraria* in the British Isles. *Lichenologist*, **24**: 315-350.
- Le Blanc F., De Sloover J., 1970. Relation between industrialization and the distribution and growth of epiphytic lichens and mosses in Montreal. *Canadian Journal of Botany*, **48**: 1485-1496.

- Le Blanc F., Rao D.N., Comeau G., 1972. Indices of atmospheric purity and fluoride pollution pattern in Arvida, Quebec. *Canadian Journal of Botany*, **50**: 991-998.
- Liebendörfer L., Herzig R., Urech M., Ammann K., 1988. Evaluation und kalibrierung der Schweizer Flechten-Indikationsmethode mit wichtigen Luftschadstoffen. *Staub-Reinhalung der Luft*, **48**: 233-238.
- Loppi S., 1995. Effetti dell'agricoltura sulla vegetazione lichenica epifita. *Notiziario della Società Lichenologica Italiana*, **8**: 95-98.
- Loppi S., 1996. Effects of road dust contamination on epiphytic lichen communities (central Italy). *Micologia e Vegetazione Mediterranea*, **11**: 155-160.
- Loppi S., 1999. *Licheni come bioaccumulatori di elementi in traccia: stato dell'arte in Italia*. In: Piccini C., Salvati S. (eds.), Atti del Workshop "Biomonitoraggio della qualità dell'aria sul territorio nazionale", Roma, 26-27 novembre 1998. ANPA, Roma, 123-144.
- Loppi S., Corsini A., 1995. Lichens as bioindicators of air quality in Montecatini Terme (central northern Italy). *Ecologia Mediterranea*, **21**: 87-92.
- Loppi S., De Dominicis V., 1996. Effects of agriculture on epiphytic lichen vegetation in central Italy. *Israel J. Pl. Sci.*, **44**: 297-307.
- Loppi S., Pirintsos S.A., 2000. Effect of dust on epiphytic lichen vegetation in the Mediterranean area (Italy and Greece). *Israel Journal of Plant Sciences*, **48**: 91-95.
- Loppi S., Putorti E., 1995. Lichen differentiation between lime and oak trees in central Italy. *Cryptogamic Botany*, **5**: 341-345.
- Loppi S., Giovannelli L., Pirintsos S.A., Putorti E., Corsini A., 1997. Lichens as bioindicators of recent changes in air quality (Montecatini Terme, Italy). *Ecologia Mediterranea*, **23**: 53-56.
- Loppi S., Pirintsos S.A., De Dominicis V., 1997. Analysis of the distribution of epiphytic lichens on *Quercus pubescens* along an altitudinal gradient in a mediterranean area (Tuscany, central Italy). *Israel Journal of Plant Sciences*, **45**: 53-58.
- Loppi S., Pirintsos S. A., Sforzi B., De Dominicis V., 1998. Effects of climate and agriculture on epiphytic lichen vegetation in the Mediterranean area (Tuscany, central Italy). *Acta Botanica Croatica*, **55/56**: 17-27.
- Loppi S., Pirintsos S.A., Olivieri N., Pacioni G., 1999. Distribution of epiphytic lichens on *Quercus pubescens* along an altitudinal gradient on the adriatic side of central Italy. *Studia Geobotanica*, **17**: 85-90.
- Lorenzini G., 1999. *Le piante e l'inquinamento dell'aria*. Edagricole, Bologna.

- Markert B., 1993. *Plants as Biomonitors. Indicators for Heavy Metals in the Terrestrial Environment*. VCH, Weinheim.
- Martin J.F., Jacquard F., 1968. Influence des fumées d'usines sur la distribution des lichens dans la ville de la Romanche (Isere). *Pollution Atmospheric*, **10**: 95-99.
- McCune B., 1988. Lichen communities along O<sub>3</sub> and SO<sub>2</sub> gradients in Indianapolis. *Bryologist*, **91**: 223-228.
- Nash T.H., 1996. *Lichen biology*. University Press, Cambridge.
- Nimis P.L., 1985. Urban lichen studies in Italy. I. The town of Trieste. *Studia Geobotanica*, **5**: 49-74.
- Nimis P.L., 1986. Urban lichen studies in Italy. II. The town of Udine. *Gortania*, **7**: 147-172.
- Nimis P.L., 1987. I macrolicheni d'Italia. Chiavi analitiche per la determinazione. *Atti del Museo Friulano di Storia Naturale*, **8**: 101-220.
- Nimis P.L., 1988. *La crisi della lichenologia in Italia dalla fine dell'800 ad oggi*. In: Pedrotti F. (ed.), 100 anni di ricerche botaniche in Italia (1888-1988), Società Botanica Italiana, Firenze, 397-405.
- Nimis P.L., 1989. Urban Lichen Studies in Italy. III: the city of Rome. *Braun-Blanquetia*, **3**: 279-286.
- Nimis P.L., 1992. Chiavi analitiche del genere *Caloplaca* Th Fr. in Italia. *Notiziario della Società Lichenologica Italiana*, **5**: 9-28.
- Nimis P.L., 1993. *The lichens of Italy. An annotated catalogue*. Museo Reg. Sc. Nat., Torino, Monogr. XII.
- Nimis P.L., 1999. Il biomonitoraggio della “qualità dell’aria” in Italia. In: Piccini C., Salvati S., (eds.), Atti del Workshop “Biomonitoraggio della qualità dell’aria sul territorio nazionale”, Roma, 26-27 novembre 1998. ANPA, Roma, 173-189.
- Nimis P.L., 2000, Checklist of the Lichens of Italy 2.0., University of Trieste, Dept. of Biology, IN2.0/2 (<http://dbiodbs.univ.trieste.it/>).
- Nimis P.L., Bargagli R., 1999. *Linee-guida per l'utilizzo di licheni epifiti come bioaccumulatori di metalli in traccia*. In: Piccini C., Salvati S. (eds.), Atti del Workshop “Biomonitoraggio della qualità dell’aria sul territorio nazionale”, Roma, 26-27 novembre 1998. ANPA, Roma, 279-287.
- Nimis P.L., Bolognini G., 1993. Chiavi analitiche del genere *Lecanora* Ach. in Italia. *Notiziario della Società Lichenologica Italiana*, **6**: 29-46.
- Nimis P.L., Castello M., Perotti M., 1990. Lichens as biomonitors of sulphur dioxide pollution in La Spezia (northern Italy). *Lichenologist*, **22**: 333-344.

- 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). *Atti del Museo Civico di Storia Naturale di Verona*, **16**: 1-154.
- Nimis P.L., Lazzarin A., Lazzarin G., Gasparo D., 1991. Lichens as bioindicators of air pollution by SO in the Veneto region (NE Italy). *Studia Geobotanica*, **11**: 3-76.
- Nylander W., 1866. Les lichens du Jardin de Luxemburg. *Scand. Res. Inf. Notes*, 6, 12.
- Ozenda P., Clauzade G., 1970. *Les lichens etude biologique et flore illustree*. Masson & Co., Paris.
- Pedrotti F., Orsomando E., Francalancia C., Bellomaria B., Cortini Pedrotti C., Biondi E., Dell'Uomo A., Pettorossi L., 1970. *Carta del paesaggio vegetale delle Marche*. Ente di sviluppo nelle Marche. Tipografia Successori-Savini-Mercuri, Camerino.
- Piccini C., Salvati S., 1999. Atti del Workshop "Biomonitoraggio della qualità dell'aria sul territorio nazionale", Roma, 26-27 novembre 1998. ANPA, Roma.
- Piervittori R., 1998. *Licheni. Conoscerli e utilizzarli*. Minerva, Aosta.
- Piervittori R., 1999. *Licheni come bioindicatori della qualità dell'aria: stato dell'arte in Italia*. In: Piccini C., Salvati S. (eds.), Atti del Workshop "Biomonitoraggio della qualità dell'aria sul territorio nazionale", Roma, 26-27 novembre 1998. ANPA, Roma, 97-122.
- Provincia di Ancona, 1999. *La qualità dell'aria nella Provincia di Ancona dal 1990 al 1999 (01/01/1990 – 31/03/1999)*. Assessorato alla tutela dell'Ambiente, Ufficio Ecologia.
- Provincia di Ancona, 2000. *La qualità dell'aria nella Provincia di Ancona dal 01/01/1999 al 31/03/2000*. Assessorato alla tutela dell'Ambiente, Ufficio Ecologia.
- Puntillo D., 1996. *I Licheni di Calabria*. Monografie XXII. Museo Regionale di Scienze naturali Torino.
- Purvis O.W., Coppins B.J., Hawksworth D.L., James P.W., Moore D.M., 1992. *The lichen flora of Great Britain and Ireland*. Nat. Hist. Mus. Publ., London.
- Rose F., 1988. Phytogeographical and ecological aspects of *Lobarion* communities in Europe. *Botanical Journal of the Linnean Society*, **96**: 69-79.
- Seaward M.R.D., Hitch J.C.B., 1982. *Atlas of the lichens of the British Isles*. University Press, Bradford.
- Seaward M.R.D., Letrouit-Galinou M.A., 1991. Lichen recolonization of trees in the Jardin du Luxembourg, Paris. *Lichenologist*, **23**: 181-186.
- Sergio C., Bento-Pereira F., 1981. Liqueues e briofitos como bioindicadores da poluição atmosférica. I. Utilização de uma escala qualitativa para Lisboa. *Bolletino della Societad Broterana*, **54**: 291-303.

- Sernander R., 1926. *Stocholms natur*. Uppsala.
- Skye E., 1968. Lichens and air pollution. A study of cryptogamic epiphytes and environment in the Stockholm region. *Acta Phytogeografica Suecica*, **52**: 1-123.
- Türk R., Seger M., 1987. Immission soekologische Studie über den epiphytischen Flechtenbewuchs im Raum Klagenfurt. *Klag. Geogr. Schriften*, **5**: 25-41.
- Urbani O., Levy A., Bartolini C.M., 1998. *Valutazione tecnico-ambientale del progetto presentato dal Consorzio JESI-ENERGIA per la realizzazione di una Centrale Turbogas presso lo stabilimento SADAM*. Comune di Jesi.
- Van Haluwyn C., Lerond M., 1993. *Guide des lichens*. Éditions Lechevalier, Paris.
- Vokou D., Printos S.A., Loppi S., 1999. Lichens as bioindicators of temporal variations in air quality around Thessaloniki, northern Greece. *Ecological Research*, **14**: 89-96.
- Wirth V., 1980. *Flechtenflora*. Ulmer, Stuttgart.