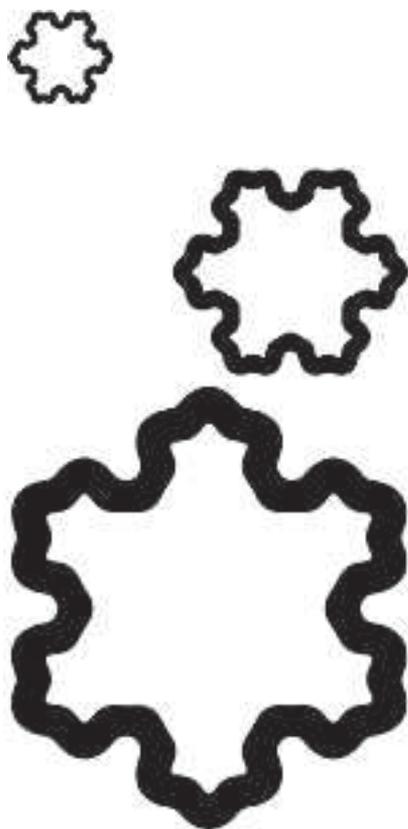


Il biomonitoraggio in Umbria: rete regionale e studi locali

Romina Ciotti, Olga Moretti, Camilla Natali

I licheni forniscono preziose informazioni sullo stato dell'ambiente. In Italia è attiva una rete di biomonitoraggio della quale l'Umbria fa parte ormai dal 2003



IL RUOLO DEI LICHENI COME BIOINDICATORI DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

I licheni sono il risultato di una simbiosi fra due organismi: un partner fungino, il micobionte, generalmente un ascomicete che fornisce acqua, sali minerali e sostegno strutturale, e un'alga verde e/o un cianobatterio, il fotobionte, che svolge la fotosintesi.

Data la loro stretta dipendenza dall'atmosfera per l'apporto idrico e la nutrizione minerale, i licheni sono estremamente reattivi alla presenza di sostanze che alterano la normale composizione atmosferica e, quindi, forniscono preziose informazioni sullo stato dell'ambiente. Nel monitoraggio dell'inquinamento atmosferico i licheni possono essere impiegati sia come bioindicatori, correlando determinate intensità di disturbo ambientale a variazioni in termini quantitativi e qualitativi, sia come bioaccumulatori, sfruttando la loro capacità di assorbire elementi in tracce dall'atmosfera. Per questo motivo sono ampiamente utilizzati in studi di biomonitoraggio ed è in corso di realizzazione una norma che ne standardizzi l'utilizzo quali indicatori della qualità dell'aria a livello europeo (Giordani *et al.*, 2008; Cristofolini *et al.*, 2009).

I principali requisiti che fanno dei licheni epifiti dei buoni bioindicatori si riassumono nelle seguenti caratteristiche:

- l'assorbimento delle sostanze, da parte dell'intera superficie del lichene, avviene esclusivamente attraverso l'atmosfera, da cui la stretta relazione;
- a differenza delle piante superiori, non hanno cuticola né stomi o altre strutture che regolino gli scambi con l'atmosfera: gli inquinanti possono quindi penetrare inalterati all'interno delle cellule fungine e algali;
- hanno un lento tasso di accrescimento e scarsa capacità di riparare rapidamente eventuali danni subiti;
- non hanno la possibilità di liberarsi delle sostanze contaminanti accumulate nel tallo

tramite meccanismi di escrezione attiva.

Le alterazioni indotte dall'inquinamento atmosferico sui licheni epifiti, si possono manifestare a tre livelli differenti:

- fisiologico, con generale depressione della fotosintesi e della respirazione cellulare, nonché un'evidente riduzione della fertilità;
- morfologico, con evidente scolorimento e modificazione della forma del tallo;
- ecologico, con generale diminuzione della copertura di specie e alterazione della comunità lichenica.

Mentre le alterazioni morfologiche e fisiologiche non sono agevolmente quantificabili e spesso si rivelano di difficile interpretazione, le variazioni ecologiche permettono di tradurre le risposte dei licheni in valori numerici, riferibili ai diversi livelli di inquinamento atmosferico. La biodiversità dei licheni epifiti ha dimostrato di essere un eccellente indicatore dell'inquinamento prodotto da sostanze gassose fitotossiche (Hawksworth & Rose, 1970; Ferry *et al.*, 1973; Nash e Wirth, 1988; Richardson, 1992; Cislighi e Nimis, 1997; Purvis, 2000; Van Dobben *et al.*, 2001). I licheni rispondono con relativa velocità allo scadimento della qualità dell'aria e, come evidenziato in molte parti d'Europa (Rose & Hawksworth, 1981; Kandler & Poelt, 1984; Seaward & Letrouit Galinou, 1991; Seaward, 1997), qualora si verificano dei miglioramenti, possono ricolonizzare in pochi anni ambienti urbani e industriali.

I limiti principali dell'utilizzo dei licheni epifiti quali bioindicatori della qualità dell'aria, invece, sono rappresentati da (Anpa, 2001):

- difficoltà di applicazione dove sia infrequente il substrato di crescita adatto;
- difficoltà di stabilire, in alcuni casi, una relazione univoca tra dati biologici e concentrazioni atmosferiche di specifici inquinanti, a causa degli effetti sinergici determinati dalla presenza di più sostanze tossiche su alcuni componenti degli ecosistemi;
- drastica diminuzione della sensibilità di alcune tecniche per valori estremi di concentrazione atmosferica di determinati inquinanti;

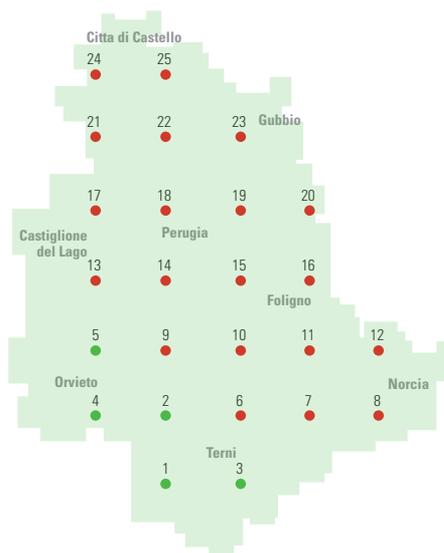


Figura 1 - Mappa delle 25 stazioni rete regionale umbra

- incapacità di rilevare fenomeni acuti, in quanto la reazione degli organismi richiede un certo tempo per essere apprezzabile;
- impossibilità di elaborare un'unica scala d'interpretazione dei dati biologici in termini d'inquinamento valida per tutto il territorio nazionale, vista l'estrema variabilità climatica e geomorfologica che lo caratterizza. Inoltre, non è possibile discriminare gli effetti dell'inquinamento in aree molto inquinate con assoluta assenza di licheni.

LA RETE REGIONALE DI BIOMONITORAGGIO DELL'UMBRIA

Per realizzare un campionamento sistematico e statisticamente significativo del territorio nazionale, è stata proposta l'istituzione della Rete di Biomonitoraggio Nazionale che impiega la metodica descritta nel Manuale Anpa (2001). Tale metodica prevede la possibilità di indagini di Biodiversità Lichenica (B.L.) a scala regionale, provinciale, comunale o anche inferiore, in base al solo aumento della densità dei punti di campio-

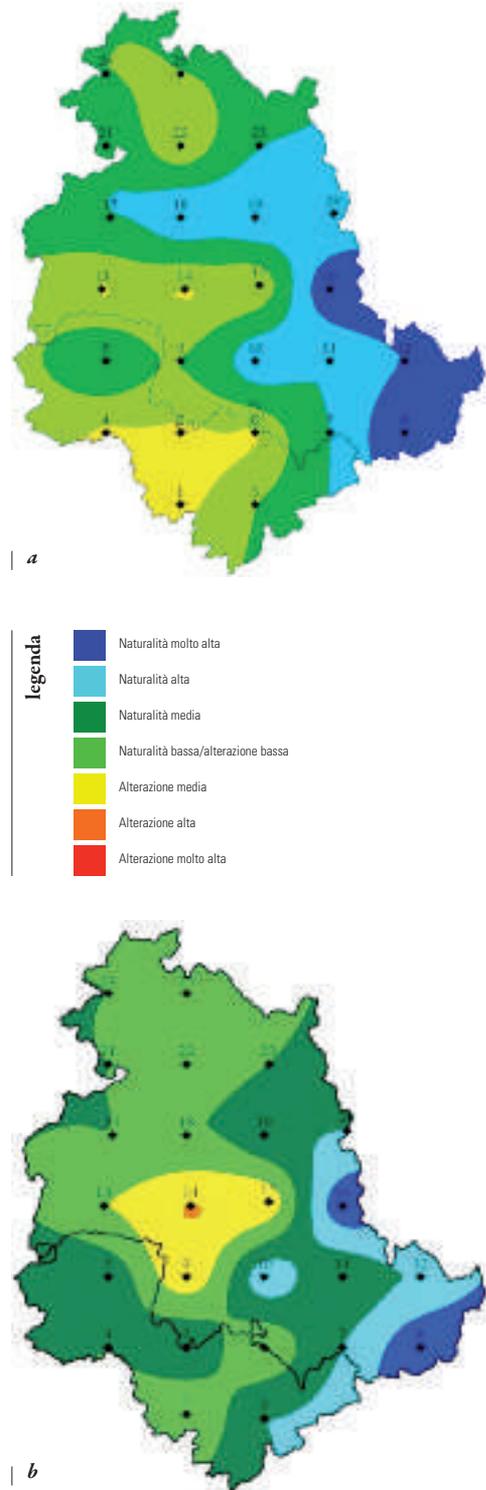
UCP	Valore	Classe di naturalità/alterazione	Colore	
2004	2009			
8, 16	8, 16	> 186	Naturalità molto alta	Dark Blue
10, 12, 18, 19	10	156 - 186	Naturalità alta	Light Blue
5, 7, 11, 17, 20, 21, 23	2, 3, 5, 7, 12, 19, 20	125 - 155	Naturalità media	Green
3, 9, 24, 25	4, 11, 17, 18, 21, 23, 24,	94 - 124	Naturalità bassa/alterazione bassa	Light Green
1, 2, 4, 6, 13, 14, 15, 22	1, 6, 13, 22, 25	63 - 93	Alterazione media	Yellow
	9, 14, 15	32 - 62	Alterazione alta	Orange
		0 - 31	Alterazione molto alta	Red

Tabella 1 - Attribuzione delle U.C.P alle classi di Naturalità/Alterazione dell'Umbria-Scala Giordani 2004. Comparazione delle due campagne di monitoraggio effettuate tramite la rete regionale umbra

namento (stazioni di campionamento). Nel 2008 Arpa Umbria ha attivato il controllo della Rete Regionale di Biomonitoraggio dell'Aria in collaborazione con l'Università del Molise, proseguendo così il monitoraggio iniziato nel 2003 da Apat. L'Agenzia regionale ha assunto tale attività come compito istituzionale impegnandosi in futuro a continuare tale monitoraggio e controllo, utilizzando il metodo di riferimento descritto nel Manuale Anpa (AA.VV., 2001), che prevede il controllo annuale della rete e il calcolo dell'I.B.L. con cadenza almeno triennale. Arpa Umbria, ad oggi, ha concluso due campagne di monitoraggio della rete nell'arco di otto anni. Nella rete umbra, ogni unità di campionamento è stata caratterizzata sotto il profilo ecologico e identificata con l'impiego del Gps (*Global Positioning System*). Le coordinate rilevate dal Gps costituiscono un database che è stato riversato in un Gis (*Geographic Information System*) dove sono evidenziate le ubicazioni di tutte le stazioni. Allo stesso modo, ciascun albero utilizzato per il calcolo della B.L. è stato georeferenziato e incluso nello stesso database. La corretta

identificazione delle stazioni è un punto essenziale per la ripetizione delle misurazioni. A tal proposito, agli alberi monitorati (forofiti) sono state applicate delle targhe identificative che li individuano come "stazioni" di rilevamento dell'I.B.L. di Arpa Umbria. Le specie licheniche riconosciute nelle 25 stazioni dell'Umbria (Fig.1) sono 129. Delle 25 stazioni, 14 ricadono in territorio collinari, 6 in distretti montani e 5 in zone pianeggianti. La prima campagna di monitoraggio è stata effettuata nel 2004 attraverso un approccio metodologico riconosciuto a livello nazionale e internazionale (Anzini et al., 2004; Ravera et al., 2004; Silli et al., 2005). L'obiettivo della seconda campagna di monitoraggio è stato quello di verificare i cambiamenti in atto a distanza di cinque anni. Per quello che riguarda gli indici di B.L., la Tab. 1 (Scala Giordani 2004) mostra la distribuzione puntiforme degli indici nelle varie classi di naturalità/alterazione negli anni 2004 e 2009. Mentre non si riscontrano variazioni nelle due classi estreme (Naturalità molto alta e Alterazione molto alta), appare evidente una redistribuzione tra le classi con una generale

Figura 2 - a / situazione nel 2004 - b / situazione nel 2009



tendenza al peggioramento indicata con una diminuzione drastica delle UCP presenti nella classe Naturalità alta (da 4 a 1) e la comparsa di tre UCP nella classe Alterazione alta, priva di rappresentanti nel 2004. La classe intermedia (Naturalità bassa/Alterazione bassa) conserva solo una UCP (la 24); delle altre, 5 provengono da classi con una naturalità maggiore (11, 17, 18, 21, 23) e solo una (la UCP 4) da una classe di alterazione minore. Il miglioramento che si osserva da ovest verso est (Fig. 3b) conferma il trend osservato nella campagna del 2004 (Fig. 3 a, b). L'Appennino umbro-marchigiano rappresenta una barriera naturale contro gli inquinanti aero-diffusi provenienti dal versante adriatico della penisola. Le UCP 8 (Fustagna) e 16 (Piano di Ricciano), che presentano gli indici di B.L. più elevati, cadono proprio a ridosso della dorsale pre-appenninica. Una situazione intermedia si rileva nella fascia collinare a nord di Perugia e tende di nuovo a peggiorare verso il confine umbro - marchigiano (UCP 22, Umbertide, UCP 25, Montemaggiore), dove si concentrano sia le sorgenti puntuali (con carico inquinante basso) che quelle diffuse e lineari (fino al massimo carico), come riportato da Vitali *et al.* (2004) nella *Relazione sullo stato dell'ambiente in Umbria*. Analoghe appaiono le condizioni a sud di Perugia, nella media valle del Tevere, dove si concentra la maggiore percentuale di aree pianeggianti, tabulari, alto-collinari e basso-collinari, corrispondenti alle categorie a più alta vocazione agricola individuate dal Piano Urbanistico Territoriale (Bodo *et al.*, 2004). In particolare, le condizioni peggiori (alterazione alta) si evidenziano in corrispondenza della UCP 9 (Ilci) che, oltre tutto, ricade a ridosso dell'E45 e delle UCP 14 (Deruta) e UCP 15 (Vocabolo Mastinelle - Assisi). Un livello di alterazione medio viene rilevato nel settore sud-occidentale della regione (UCP 1 Monte Campano; UCP 6 Casale Cellone), zona fortemente antropizzata.

STUDI LOCALI

Gli obiettivi perseguiti in questi studi di biomonitoraggio sono molteplici e volti alla determinazione della qualità dell'aria nel territorio in questione attraverso un approccio biologico che si propone di integrare i dati delle centraline analitiche.

In particolare, si è voluto:

- valutare la distribuzione delle concentrazioni dei principali inquinanti nell'intera area presa in esame sulla base di studi modellistici di diffusione elaborati da Arpa Umbria;
- effettuare il biomonitoraggio della qualità dell'aria verificando la correlazione tra lo studio modellistico e l'I.B.L.;
- individuare le criticità ambientali presenti nelle varie zone;
- assicurare, in maniera continua, la tutela dell'ambiente attuando uno studio a scala locale sulla base della preesistente Rete Regionale di biomonitoraggio con l'I.B.L..

Stazione	Valore I.B.L.	Classe Naturalità/Alterazione	
Maratta bassa	70	Alterazione media	
Cesi	95	Naturalità bassa/Alterazione bassa	
Massa Martana	114	Naturalità bassa/Alterazione bassa	
Viale Brin	15,7	Alterazione molto alta	
La Romita	55	Alterazione alta	
Santa Lucia di Stroncone	132	Naturalità media	

Tabella 2 - Valori I.B.L. delle stazioni esaminate

Loc. Maratta (Tr), TKL-AST (Tr)

Lo studio incentrato sulla località di Maratta Bassa ha avuto inizio nel 2007 e si è protratto fino al 2008, per la durata di 18 mesi. La zona è stata scelta per la concentrazione di molte e diverse attività industriali (colorifici, officine metalmeccaniche, fabbriche per la lavorazione del ferro, legno ecc...), per l'alto traffico veicolare e per la presenza di tre termovalorizzatori Terni EN.A., PRINTER e ASM (quest'ultimo ha sospeso le attività dal gennaio 2008). Inoltre, sulla base del modello previsionale elaborato da Arpa Umbria, la zona di Maratta Bassa risulta essere quella maggiormente sottoposta agli influssi delle emissioni dei tre inceneritori. Infatti, secondo tale modello, i venti, spirando in prevalenza da sud-ovest, trasportano tutto ciò che si trova nell'atmosfera nella direzione di Maratta Bassa e, quindi, verso il centro della città di Terni. A partire dalla Rete nazionale elaborata da Anpa è stata realizzata una sottorete incentrata sulla UCP n.3 umbra Santa Lucia di Stroncone (Tr). Un reticolo costituito da un grigliato di 1x1 km di larghezza ha fatto da base per la scelta dei forofiti su cui effettuare il calcolo dell'I.B.L.. Insieme alla zona di Maratta Bassa (zona a massima ricaduta delle emissioni) sono state studiate altre due località: Cesi e Massa Martana.

Cesi è un piccolo paese a circa 10 Km da Terni. Esso è stato definito dal Modello Arpa "zona a minima ricaduta", in quanto la sua posizione a ridosso delle montagne lo sottopone, anche se in minima parte, all'influsso degli inquinanti che il vento porta con sé. In particolare, le montagne fanno da barriera nei confronti dei venti e tutto ciò che questi trasportano ricade sul paese.

Massa Martana, invece, è stata scelta come zona di controllo in quanto lontana da evidenti fonti e sorgenti inquinanti; si trova a circa 30 Km da Terni ed è caratterizzata essenzialmente da un territorio boschivo - montano in cui è minimo l'impatto antropico. Per la scelta di tale sito è stata considerata la UCP n.9 Marsciano (Pg).

Per ogni sito sono stati esaminati tre forofiti. Da maggio 2009 fino a giugno 2010 è stata ripresa l'attività di biomonitoraggio attraverso i licheni, continuando così la precedente campagna e, allo stesso tem-

Metallo	S. Lucia di Stroncone	Maratta Bassa	Viale Brin	La Romita	Valore Medio mg/Kg (ppm)
As (ppm)	0	0,08	0,044	0,1	< 0,2
Cd (ppm)	0	0,06	0,78	1,57	0,15 - 0,45
Cr (ppm)	0,53	9,18	23,19	28,5	1
Cu (ppm)	1,41	8,76	11,88	11,08	5 - 10
Ni (ppm)	0	12,6	26,38	28	1,5 - 2,5
Pb (ppm)	0	0,43	3,36	14	15

Tabella 3 - Risultati di bioaccumulo

po, ampliando la zona da esaminare fino ad arrivare all'area che comprende il complesso TKL-AST. Insieme al complesso siderurgico, sono state esaminate altre due stazioni ad esso limitrofe per valutarne la qualità ambientale e per fare una stima generale degli effetti che l'attività siderurgica e il traffico molto elevato provocano sulla salute dei cittadini e dell'ambiente. Le zone limitrofe sono quelle di Viale Brin e La Romita. Anche in questo caso, come per lo studio precedentemente descritto, è stata scelta una UCP derivante da un disegno di campionamento preferenziale che ha portato alla formazione di una sottorete che comprende le aree oggetto di studio. I risultati relativi a tale sito sono riportati nella Tab. 2.

In queste stesse zone del centro di Terni sono stati effettuati per la prima volta anche studi di bioaccumulo prendendo come licheni di riferimento quelli appartenenti alla specie fruticosa *Evernia prunastri*. Seguendo le metodiche riportate nelle "Linee Guida per l'utilizzo di licheni epifiti come bioaccumulatori di metalli pesanti" (Luigi Nimis, Università di Trieste), sono stati effettuati prelievi di campioni di fruticosi dalle aree di controllo di Santa Lucia e Stroncone, posizionandoli poi nella zona di Viale Brin e La Romita. I licheni sono stati esposti per otto mesi, al termine dei quali sono state compiute analisi



Nella rete umbra, ogni unità di campionamento è stata caratterizzata sotto il profilo ecologico e identificata con l'impiego del Gps

chimiche per la ricerca di metalli pesanti quali Arsenico, Cadmio, Cromo, Nichel, Piombo e Rame. La tecnica del trapianto prevede la collocazione di licheni fruticosi in aree caratterizzate dall'assenza di tali organismi. È bene ricordare che i licheni sono organismi autonomi e, di conseguenza, il loro sviluppo e accrescimento è legato alle sostanze che assorbono dall'aria. Gli alberi, le pietre e tutti i materiali

su cui vivono fungono per loro solo da substrato e non da fonte di nutrimento e sopravvivenza. Di conseguenza, prelevare i licheni da una zona per posizionarli in una diversa non ha nessun tipo di effetto sul loro sviluppo e accrescimento. Inoltre, la mancanza di un apparato escretore consente loro di accumulare nelle cellule tutto ciò che assorbono dall'aria. Per tutti questi motivi i licheni sono dunque considerati ottimi bioaccumulatori. Dopo la preparazione dei campioni (lavaggio, essiccazione e triturazione) i campioni sono stati sottoposti alle analisi chimiche per la ricerca dei metalli pesanti sopracitati. È importante sottolineare che i licheni possiedono un contenuto medio di metalli e che, quindi, i risultati devono tenere conto di questo.

I risultati ottenuti in entrambi gli studi confermano che le due zone di maggiore criticità della città (TKL – AST, Maratta Bassa) sono soggette a forte stress ambientale, come mostrano i valori di I.B.L. e le caratteristiche morfologiche dei licheni presenti, causato sia dalle produzioni industriali, sia dall'alto traffico veicolare. Questa condizione è ulteriormente confermata dallo studio di bioaccumulo dei metalli pesanti recentemente avviato nelle medesime zone.

Conca Eugubina

La Conca Eugubina è un ampio bacino intermontano composta sostanzialmente da un'area valliva, che interessa gran parte della area pianeggiante, e dalla fascia pedemontana dei Monti di Gubbio a nord dell'abitato. Gubbio presenta un clima tipicamente continentale,



Gli obiettivi perseguiti negli studi sono volti alla determinazione della qualità dell'aria nel territorio analizzato

con estati mediamente calde ma secche e inverni molto rigidi, caratterizzati dalle correnti nord-orientali. La fenomenologia che maggiormente caratterizza quest'area si sviluppa nei periodi autunnale e invernale, in cui si assiste spesso a precoci nevicate sulle colline circostanti, per irruzioni da E-NE dello *Stau* appenninico. Per l'inquadramento climatico dell'area di studio si è fatto riferimento alla stazione meteorologica di Gubbio (Ba-

cino: Tevere II – Chiascio), sita a 529 m.. Nel comune di Gubbio sono ubicati vari insediamenti industriali. Le due attività principali sono rappresentate dai cementifici Colacem S.p.A., situato nella frazione di Ghigiano, a SE di Gubbio, da cui dista circa 10 Km, e Aldo Barbetti S.p.A., situato nella frazione di Semonte, a NW di Gubbio, da cui dista circa 1 Km. I due cementifici insistono sul medesimo territorio per ciò che riguarda tutto il ciclo produttivo: attività estrattiva, impianti per la trasformazione della materia prima, rete dei trasporti. Nel ciclo di produzione del cemento le sostanze emesse in atmosfera, di maggiore rilievo ambientale, sono: gli ossidi di azoto (NO_x), il biossido di zolfo (SO₂), monossido di carbonio (CO), biossido di carbonio (CO₂), composti organici volatili e polveri fini (PM10 e PM2,5). Al fine di ottimizzare il lavoro di campo, l'indice B.L. è stato calcolato in 6 stazioni selezionate in modo preferenziale - come suggerito dalle Linee Guida Anpa (Nimis, 1999) per gli studi locali o finalizzati a monitorare fonti puntiformi d'inquinamento. Il riferimento è rappresentato da una UCP della rete nazionale (UCP 23 PG) che ricade nell'area di studio, per precisione nell'abitato di Padule. Le 6 stazioni scelte sono collocate nei pressi di target d'interesse: stazioni di rilevamento analitico, centro urbano, target sensibili, zone con massima ricaduta degli emessi. Queste ultime, sono state selezionate sulla base dei modelli diffusionali relativi alle concentrazioni puntuali e diffuse di NO_x e SO_x prodotti nello "Studio della Qualità dell'Aria sul territorio del comune di Gubbio" (Arpa Umbria, 2006). Nella rete di biomonitoraggio ogni unità di campionamento è stata caratterizzata sotto il profilo ecologico ed identificata con l'impiego del GPS. Durante lo studio sono state identificate 49 specie licheniche, tra le quali 1 [*Lecanora argentata* (Ach.) Malme] non riscontrata nel precedente monitoraggio della rete regionale nel 2008. Nella Tab. 4 sono riportati per ciascuna stazione:

- a) l'Indice di Biodiversità Lichenica;
 - b) la classe di naturalità/alterazione secondo la scala d'interpretazione utilizzata per la Rete Regionale (cit);
 - c) i relativi ranges di valori di NO_x per ogni stazione.
- L'area di studio, sulla base dei risultati ottenuti attraverso la spazializzazione dei dati I.B.L. regionali, sembrava ricadere genericamente in una zona attribuibile alla classe 4 (Naturalità bassa/Alterazione bassa). L'analisi su scala locale ha evidenziato una situazione diversificata:
- si conferma il risultato ottenuto attraverso il preceden-

te monitoraggio della rete regionale nell'area urbana di Gubbio (UCP 1- classe 4 di naturalità/alterazione);

- la valutazione è invece peggiore nelle stazioni prospicienti i due cementifici (UCP 3, 4, 5) dove l'Indice riflette attualmente un'alterazione media (classe 5 di naturalità/alterazione);
- la situazione risulta migliore, al contrario, sia nel settore meridionale (UCP 2) sia in quello nord-orientale dell'area (UC P6) dove l'influenza dell'azione antropica risulta, allo stato attuale, inferiore (livello di naturalità medio: classe 3 di naturalità/alterazione). Inoltre, rispetto al modello diffusionale su base analitica, i risultati confermano le previsioni. In particolare si evidenzia come la stazione 4, se pur solo occasionalmente sottovento rispetto alla Colacem, tuttavia presenta le medesime conseguenze sulla Biodiversità Lichenica riportate per le stazioni collocate nelle zone di presumibile massima ricaduta.

Relativamente all'esposizione, c'è inoltre da segnalare come nelle UCP più vicine ai due cementifici (UCP 4 - Colacem SW, UCP 6 - Barbetti Monte Foce) i valori medi inferiori di Biodiversità Lichenica, si riscontrino proprio nelle porzioni del tronco direttamente esposte ai cementifici (rispettivamente Nord ed Est per l'UCP 4 - Colacem SW, Ovest per l'UCP 6 - Barbetti Monte Foce). I risultati degli IBL di tutte le stazioni sono stati anche confermati dalle recenti mappe di massima ricaduta al suolo degli inquinanti emessi.

Tabella 4 - Valori I.B.L. della Conca Eugubina e relativi valori NO_x

UCP - Nome stazione	IBL	Concentrazioni di NO _x al suolo
1 - Piazza 40 Martiri	93,33	16 - 26 µg / m ³ / anno
2 - Padule	128,00	8 - 16 µg / m ³ / anno
3 - Colacem NE	84,67	26 - 32 µg / m ³ / anno
4 - Colacem SW	93,00	8 - 16 µg / m ³ / anno
5 - Barbetti Semonte	73,00	> 40 µg / m ³ / anno
6 - Barbetti Monte Foce	138,33	16 - 26 µg / m ³ / anno
7 - S. Bartolo - Padule	123,33	8 - 16 µg / m ³ / anno

Riferimenti bibliografici

AA.VV., 2001. I.B.L.: Indice di Biodiversità Lichenica. Serie Manuali e Linee Guida 2/2001. ANPA, Roma.

Anzini L., Genovesi V., Massari G. & Ravera S., 2004. Licheni: la rete di biomonitoraggio in Umbria. *Micron. Rivista di informazione ARPA Umbria* 0: 20-23.

Arpa Umbria, 2004. Monitoraggio qualità dell'aria Deruta. 41 pp.

Arpa Umbria, 2005. Monitoraggio qualità dell'aria località Pozzo - Gualdo Cattaneo (PG). 34 pp.

Arpa Umbria, 2006. Studio della Qualità dell'Aria sul territorio del comune di Gubbio. Relazione Tecnica - Finale. 50 pp.

Arpa Umbria, 2008. Relazione annuale qualità dell'aria Gubbio. 50 pp.

Arpa Umbria, 2008. Relazione annuale qualità dell'aria Spoleto. 57 pp.

Bargagli R., Massari G. & Ravera S., 2000. Biomonitoraggio di elementi in tracce con il lichene *Xanthoria parietina* in Umbria. *Biologi Italiani* 8: 42-54.

Bodo G., Mazzetti C., Mascia R., Stranieri P., Martinelli A., Siena E. & Dalla Ragione I., 2004. Suolo e Rifiuti. In: Relazione sullo stato dell'ambiente in Umbria. Regione Umbria, Arpa Umbria & AUR. Cornicchia Grafiche, Perugia: 224-264.

Clauzade G. & Roux C., 1985. Likenoj de Okcidenta Europo. *Illustrata Determinlibro. Bull. Soc. Bot. Centre-Ouest, N.S. 7*. 893 pp

Giordani P., 2004. Licheni epifiti come biomonitors dell'alterazione ambientale. Influenza delle variabili ecologiche sulla diversità lichenica. Tesi di dottorato. Università di Trieste.

Nimis P.L., 1999. Linee-guida per la bioindicazione degli effetti dell'inquinamento tramite la biodiversità dei licheni epifiti. In: Piccini & Salvati (eds.), 1999. Atti Workshop "Biomonitoraggio della qualità dell'aria sul territorio nazionale", Roma, 26-27 Novembre 1998. ANPA, 2/1999: 267-277.

Nimis P.L., Bargagli R., Linee - Guida per l'utilizzo dei licheni epifiti come bioaccumulatori di metalli in traccia. Dipartimento di Biologia Università di Trieste, Dipartimento di Biologia Ambientale Università di Siena.

Nimis P.L. & Martellos S., 2008 - ITALIC - The Information System on Italian Lichens. Version 4.0. University of Trieste, Dept. of Biology, IN4.0/1 (<http://dbiodbs.univ.trieste.it/>).

Purvis O.W., Coppins B.J., Hawksworth D.L., James P.W. & Moore D.M. (eds.), 1992. *The Lichen Flora of Great Britain and Ireland*. Nat. Hist. Mus. Publ., London, 710 pp.

Ravera S., Bonanni P., Genovesi V. & Silli V., novembre 2004. Rete di Biomonitoraggio in Italia Centrale. Comunicazione orale al Workshop "Bioindicatori vegetali per l'analisi della complessità ambientale". Provincia di Bologna, Assessorato Ambiente, Società Botanica Italiana, Gruppo di Lavoro per l'Ecologia, ARPA, Agenzia Regionale Prevenzione e Ambiente dell'Emilia-Romagna, Bologna.

Ravera S., Genovesi V., Moretti O., Flori C., Ciotti R., Natali C., Di Meglio A., 2009. Attivazione della Rete di Biomonitoraggio della Qualità dell'Aria della Regione Umbria con l'I.B.L. (Indice di Biodiversità Lichenica). In: Di Marzio P., Fortini P. & Scippa S. (a cura di). 104° Congresso Nazionale della Società Botanica Italiana onlus "Le scienze botaniche nella cultura e sviluppo economico del territorio". 240. Campobasso, 16-19 settembre 2009.

Regione Umbria & Arpa Umbria, 2008. *Annuario dei dati ambientali dell'Umbria 2008*.

Silli V., Bonanni P., Ravera S. & Genovesi V., 2005. Rete di biomonitoraggio in Italia Centrale con l'Indice di Biodiversità Lichenica (I.B.L.). *Informatore Botanico Italiano*, 37 (1): 244-245.

Vitali V., Angelucci M., Curcuruto S., Mastino G., Venanzoni R. & Stenella P., 2004. Atmosfera e clima. In: Relazione sullo stato dell'ambiente in Umbria. Regione Umbria, Arpa Umbria & AUR. Cornicchia Grafiche, Perugia: 60-97.

Wirth V., 1995. *Die Flechten Baden-Württembergs*. Ulmer, Stuttgart, Hohenheim, 2 voll., 1006 pp.