

**BIODIVERSITÀ E BIOACCUMULO MEDIANTE
LICHENI EPIFITI NEL COMUNE DI ISERNIA**

A CURA DEL

DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI ISERNIA

ARPA MOLISE

DIRETTORE DEL DIPARTIMENTO

Dr.ssa Annamaria Manuppella

AUTORI

**GIANCOLA M., PICCIRILLI M., CARNEVALE P., CERRONI M.G., FLAGIELLO D., FIMIANI G.,
CIALLELLA E., CIFELLI P., FRANCESCONE D.**

PREMESSA

E' ormai pensiero condiviso il fatto che l'efficacia della protezione ambientale non dipenda più dalla conoscenza, ancorché dettagliata, dell'ambiente e delle pressioni che su di esso agiscono, ma che a queste informazioni si debbano affiancare anche valutazioni di effetto che, attraverso la verifica di sinergie ed interazioni, permettano di stimare l'effettivo grado di sofferenza ambientale. In quest'ottica le tecniche di biomonitoraggio hanno trovato ampi spazi applicativi e ARPA Molise, intuendo la modernità e l'utilità di questo approccio nell'accogliere varie proposte, ha incoraggiato gli operatori che, dopo un inizio quasi pionieristico e occasionale, si stanno dedicando in forma sempre più strutturata allo studio dell'ambiente attraverso tali tecniche.

Il Direttore Generale
Luigi Petracca

1 - INTRODUZIONE

Il biomonitoraggio permette di stimare gli effetti biologici dell'inquinamento atmosferico attraverso la produzione di dati biologici quali misure di biodiversità e di concentrazioni di elementi negli organismi. Data la sostanziale diversità delle informazioni, l'uso dei *biomonitor* non può essere certamente considerato alternativo al monitoraggio strumentale. I principali vantaggi che derivano, però, da tecniche di biomonitoraggio rispetto ai convenzionali metodi chimico-fisici sono rappresentati da:

- possibilità di ottenere rapidamente, a bassi costi e con un'elevata densità di punti di campionamento, una stima degli effetti biologici indotti su organismi sensibili dall'interazione di più sostanze nocive;
- individuazione rapida di zone con reale o potenziale rischio di superamento dei valori soglia stabiliti dalla legge per alcuni importanti inquinanti primari;
- valutazione dell'efficacia di misure adottate per la riduzione delle emissioni di inquinanti su lunghi periodi;
- localizzazione di aree potenzialmente a rischio e conseguente ubicazione ottimale delle stazioni automatiche di rilevamento;
- validazione di modelli di trasporto a lunga distanza e deposizione di inquinanti a diverse scale territoriali;
- possibilità di effettuare, attraverso i dati ottenuti, una corretta zonizzazione del territorio (D.M. 60/2002) per una adeguata individuazione delle aree idonee al monitoraggio della salute umana e quelle destinate alla protezione degli ecosistemi ed il mantenimento della qualità dell'aria.

I licheni, organismi vegetali derivanti dalla simbiosi tra un'alga ed un fungo, sono particolarmente sensibili agli stress ambientali, specialmente per quanto riguarda l'inquinamento, l'eutrofizzazione e i cambiamenti climatici. I primi studi sulla sensibilità dei licheni all'inquinamento atmosferico risalgono al secolo scorso e, attualmente, l'utilizzo dei licheni come biomonitor è diffuso in quasi tutte le aree europee e dell'America settentrionale; in molti paesi tale tecnica è ormai divenuta un'attività di routine.

Nel biomonitoraggio dell'inquinamento atmosferico complessivo i licheni permettono di realizzare indagini scientificamente valide e complete. Essi possono infatti essere impiegati sia come bioindicatori che come bioaccumulatori.

2- PERCHÉ I LICHENI COME BIOINDICATORI

I licheni, ed in particolare i licheni epifiti, sono in grado di fornire ottime indicazioni sulla qualità dell'ambiente, in quanto possiedono notevoli caratteristiche che ne fanno dei buoni bioindicatori dell'inquinamento atmosferico:

- Il loro metabolismo dipende quasi esclusivamente dall'atmosfera in quanto traggono le sostanze necessarie alla loro vita dall'aria.
- La loro attività metabolica è continua nell'arco dell'anno: la resistenza agli stress ambientali naturali (sicchezza, basse temperature, etc.) consente ai licheni di avere un'attività fisiologica ininterrotta durante le quattro stagioni e specialmente nel periodo invernale quando la concentrazione di inquinanti atmosferici raggiunge, nelle aree urbane, i suoi massimi livelli.
- A differenza di come avviene nelle piante superiori, non hanno la possibilità di liberarsi delle parti vecchie o intossicate mediante meccanismi di escrezione attiva.
- Presentano lento accrescimento e grande longevità permettendo di monitorare l'evoluzione dell'inquinamento per lunghi periodi.
- Possiedono una notevole capacità di assorbimento e di accumulo di sostanze presenti in atmosfera e allo stesso tempo presentano elevata tolleranza nei confronti di alcuni inquinanti: grazie a questa caratteristica i licheni sono in grado di assorbire e trattenere al loro interno elevate concentrazioni di alcuni contaminanti (ad esempio metalli pesanti) senza subire alterazioni nel breve e medio termine.
- Sono sensibili agli agenti inquinanti come dimostrato da esperimenti di esposizione controllata a certe sostanze nocive.
- Le varie specie licheniche presentano una diversa sensibilità alle sostanze dannose.

Numerosi studi hanno permesso di identificare i più evidenti tipi di risposta a situazioni

di inquinamento. Le alterazioni si manifestano a livello fisiologico (depressione dell'attività

fotosintetica algale, della respirazione cellulare e della fertilità), morfologico (scolorimento e modificazione della forma del tallo) ed ecologico. Quest'ultimo tipo di alterazione è quello più interessante ai fini del biomonitoraggio tramite licheni epifiti con i quali si indaga proprio sulle variazioni del numero totale di specie nel tempo, verificabile attraverso rilievi in anni successivi, e nello spazio, inteso come progressiva riduzione dei licheni avvicinandosi alla sorgente di inquinamento. La loro ricomparsa nel caso di un miglioramento della qualità dell'aria, avviene in tempi più lunghi per il caratteristico lento accrescimento che li contraddistingue. I licheni possono essere impiegati per valutare la qualità dell'aria secondo due principali strategie:

- come Bioindicatori quando si correlano determinate intensità di disturbo ambientale a variazioni del loro aspetto esteriore, della loro copertura, della ricchezza floristica;
- come Bioaccumulatori, sfruttando la loro capacità di assorbire e accumulare i contaminanti presenti nell'atmosfera.

3- LE ESPERIENZE DI ARPA MOLISE

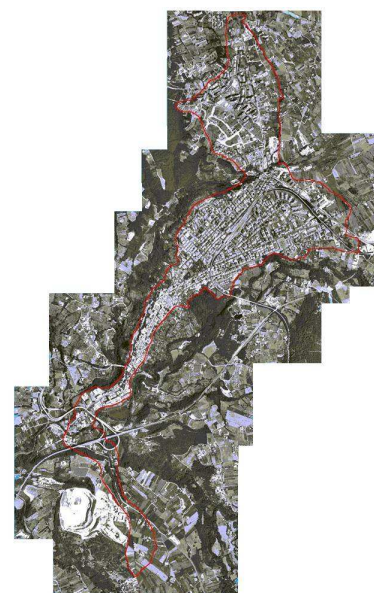
Nell'ambito delle attività di valutazione della qualità dell'aria nel comune di Isernia, ARPA Molise ha svolto studi di monitoraggio mediante licheni epifiti applicando sia la tecnica di bioindicazione che quella di bioaccumulo.

BIOACCUMULO DI METALLI IN TRACCIA IN XANTHORIA PARIETINA:

IL CASO DI ISERNIA

In aree urbane ed industriali l'analisi chimica dei talli lichenici consente di rilevare la presenza e le eventuali sorgenti di emissione di molti degli inquinanti non rilevabili con sistemi di monitoraggio convenzionali. Il presente lavoro (svolto nel 2002) ha permesso di valutare la qualità dell'aria nella città di Isernia utilizzando come biosensore il lichene epifita *Xanthoria parietina* quale organismo sensibile all'inquinamento atmosferico.

Fig. 1 – delimitazione dell'area di studio su foto aeree



L'indagine è stata svolta applicando i protocolli suggeriti dall'Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (Nimis & Bargagli, 1999; Piccini & Salvati, 1998) per il biomonitoraggio della qualità dell'aria sul territorio nazionale. L'area di studio (Fig.1) ha interessato l'agglomerato urbano della città di Isernia ed una zona industriale limitrofa per una superficie totale di circa 5 kmq e un'estensione longitudinale di 6 km. Le uniche fonti di inquinamento dell'area indagata sono costituite dal traffico autoveicolare, dal riscaldamento domestico e da un'attività estrattiva di materiali calcarei con altre attività ad essa connesse che, pur non incidendo direttamente sulle concentrazioni dei metalli considerati, alimentano un sostanziale traffico di mezzi pesanti nella parte meridionale dell'area di studio.

L'area di indagine è stata suddivisa in una griglia di dimensioni 220 x 220 m dalla quale sono state individuate 32 stazioni **(Fig.2)**.

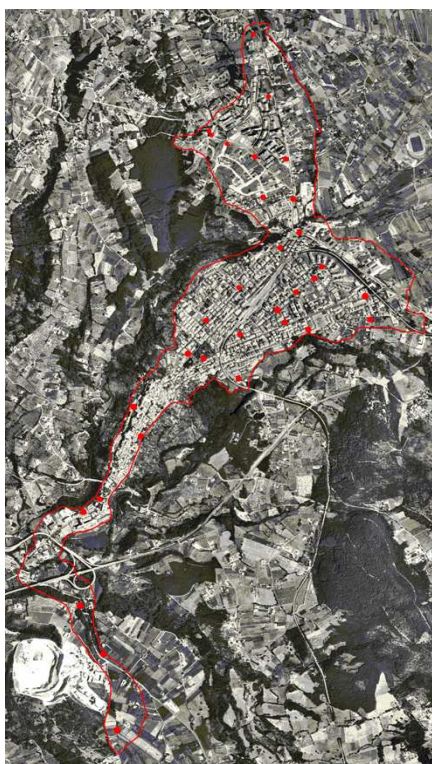


Fig. 2 – *Stazioni di campionamento*

Il campionamento dei talli lichenici è stato effettuato tra giugno e luglio 2002. Successivamente alla raccolta i campioni sono stati opportunamente trattati in laboratorio e sottoposti ad analisi specifiche. Mediante la spettrofotometria ad assorbimento atomico sono stati determinate, per ciascun campione, le concentrazioni di metalli quali il cadmio (Cd), il cromo (Cr), il rame (Cu), il manganese (Mn), il nichel (Ni), il piombo (Pb).

I valori di concentrazione dei metalli, ottenuti per ciascuna stazione, sono stati interpretati attraverso una scala di naturalità/alterazione (Tab. 1) la quale ha permesso di trasformare il dato numerico delle concentrazioni in un'espressione verbale ed un colore convenzionale che ne ha permesso la rappresentazione cartografica (Nimis e Bargagli 1999) per una più agevole consultazione da parte del lettore.

Class e	Naturalità/Alterazione	Colori	Cd	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb
1	Nat. Molto alta	Blu	< 0.2	< 1.2	< 7.0	< 20	< 1.0	< 4.0
2	Nat. Alta	Verde scuro	0.4	2.2	10.0	25	2.0	10.0
3	Nat. Media	Verde chiaro	0.8	4.0	15.0	35	3.0	25.0
4	Nat/Alt. Basse	Giallo	1.4	6.0	25.0	60	5.0	55.0
5	Alter. Media	Arancione	2.0	9.0	34.0	90	6.0	80.0
6	Alter. Alta	Rosso	2.6	16.0	53.0	140	8.0	108.0
7	Alter. Molto alta	Cremisi	> 2.6	> 16.0	> 53.0	> 140	> 8.0	> 108.0

Tabella 1 - Scala utilizzata per le attribuzioni delle classi a ciascuna stazione, relativamente ai 6 metalli. Le concentrazioni sono espresse in mg/Kg di sostanza secca.

Nelle successive figure (da Fig. 3 a Fig. 8) sono riportati i risultati ottenuti per ciascun metallo considerato e la relativa rappresentazione cartografica scaturita dall'applicazione della scala di naturalità/alterazione.

Cadmio

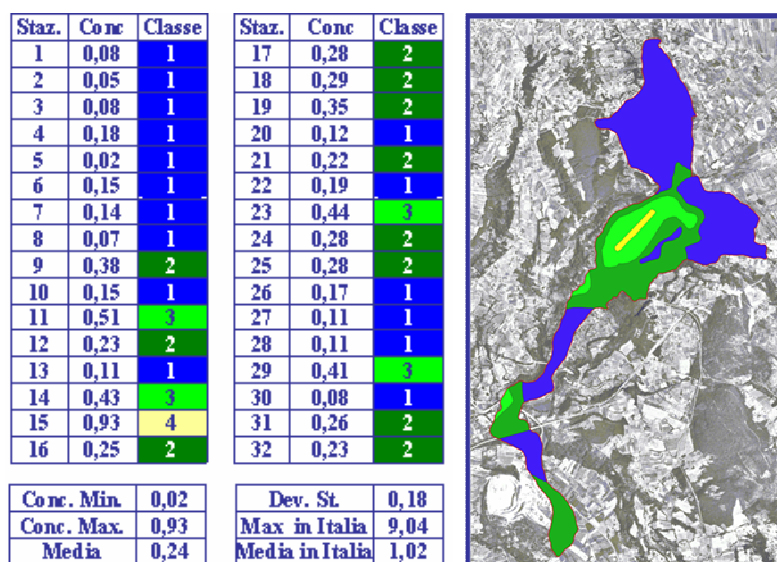


Fig. 3 – Cadmio. Distribuzione delle concentrazioni e delle classi di naturalità/alterazione nell'area di studio.

Cromo

Staz.	Conc.	Classe	Staz.	Conc.	Classe
1	7,04	5	17	18,99	7
2	5,43	4	18	13,38	6
3	5,54	4	19	22,80	7
4	3,46	3	20	6,73	5
5	4,24	4	21	9,71	6
6	11,10	6	22	7,10	5
7	8,39	5	23	20,44	7
8	3,96	3	24	8,61	5
9	17,80	7	25	8,11	5
10	15,38	6	26	11,23	6
11	24,74	7	27	5,56	4
12	22,28	7	28	10,90	6
13	8,55	5	29	13,71	6
14	18,52	7	30	5,79	4
15	33,73	7	31	24,79	7
16	20,62	7	32	6,66	5
Conc. Min.	3,46		Dev. St.	7,66	
Conc. Max.	33,73		Max in Italia	60,50	
Media	12,67		Media in Italia	16,81	

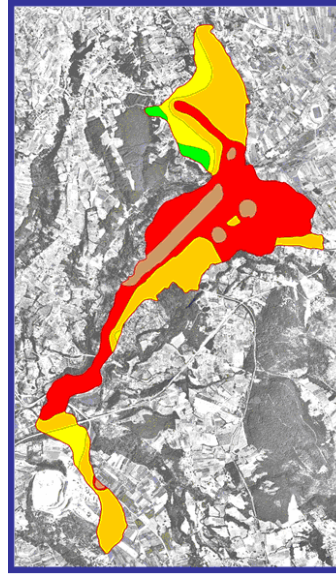


Fig. 4 – Cromo. Distribuzione delle concentrazioni e delle classi di naturalità/alterazione nell'area di studio.

Manganese

Staz.	Conc.	Classe	Staz.	Conc.	Classe
1	69,7	5	17	103,3	6
2	77,7	5	18	76,6	5
3	75,7	5	19	90,6	6
4	53,2	4	20	50,5	4
5	78,6	5	21	79,4	5
6	104,3	6	22	77,4	5
7	67,7	5	23	94,4	6
8	64,2	5	24	86,8	5
9	137,9	6	25	82,4	5
10	90,5	6	26	69,6	5
11	118,4	6	27	41,2	4
12	73,5	5	28	73,5	5
13	39,1	4	29	113,2	6
14	107,4	6	30	56,8	4
15	192,5	7	31	76,2	5
16	122,4	6	32	60,1	5
Conc. Min.	39,1		Dev. St.	30,4	
Conc. Max.	192,5		Max in Italia	685,0	
Media	84,5		Media in Italia	78,4	

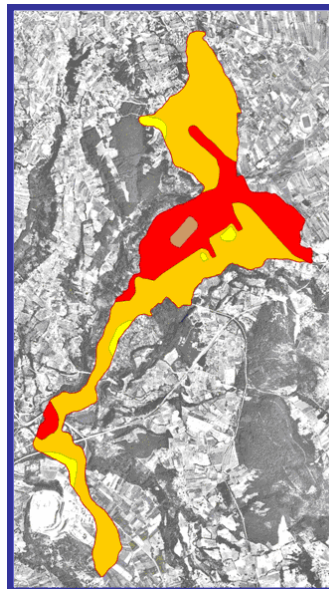


Fig. 5 – Manganese. Distribuzione delle concentrazioni e delle classi di naturalità/alterazione nell'area di studio

Nichel

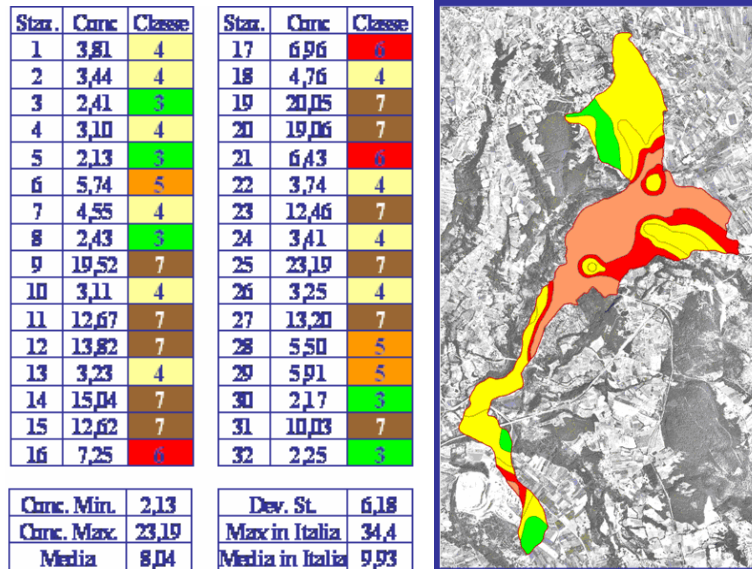


Fig. 6 – Nichel. Distribuzione delle concentrazioni e delle classi di naturalità/alterazione nell'area di studio

Piombo

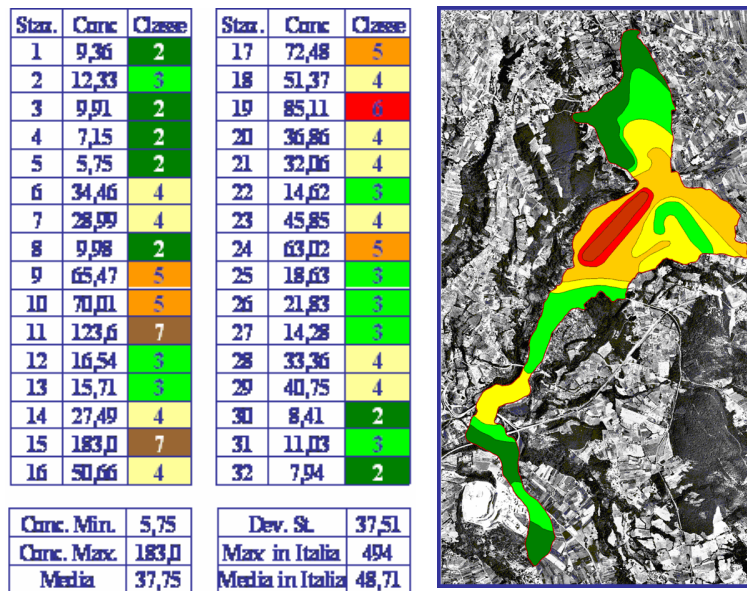


Fig. 7 –Piombo. Distribuzione delle concentrazioni e delle classi di naturalità/alterazione nell'area di studio

Rame

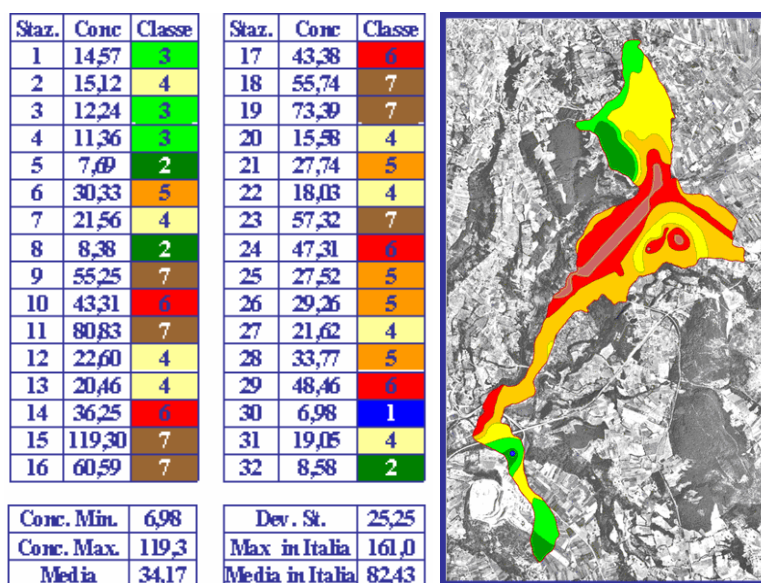


Fig. 8 – Rame. Distribuzione delle concentrazioni e delle classi di naturalità/alterazione nell'area di studio

Analizzando, per ciascun metallo, la distribuzione delle classi di naturalità e alterazione, risulta che l'area di studio è caratterizzata da alti valori di alterazione nella zona centrale della città, densamente abitata e più congestionata dal traffico; le periferie nord e sud presentano invece livelli di naturalità medi.

Dalla valutazione dei metalli, per ciascuna stazione, si evince inoltre che nell'area di studio non è mai raggiunto, per nessun metallo, il valore massimo registrato nel territorio italiano; pertanto le concentrazioni medie ottenute ad Isernia sono confrontabili con quelle nazionali.

RETE DI BIOMONITORAGGIO NEL COMUNE DI ISERNIA: VALUTAZIONE DELLA QUALITA' DELL'ARIA ATTRAVERSO L'INDICE DI BIODIVERSITA' LICHENICA (I.B.L.)

Al fine di realizzare un campionamento sistematico e statisticamente significativo del territorio nazionale, nel 2001 è stata proposta da APAT l'istituzione della Rete di Biomonitoraggio Nazionale con l'impiego della metodologia per l'applicazione dell'I.B.L., descritta nel Manuale ANPA (2001).

Tale metodologia prevede la possibilità di indagini di Biodiversità a scala regionale, provinciale, comunale ed anche inferiore, in base al solo aumento della densità (numero di stazioni per unità di superficie) dei punti di campionamento.

Essendo ormai stata istituita da APAT, nel 2005, la Rete di Biomonitoraggio nella Regione Molise, si è proceduto alla realizzazione di una sottorete per l'applicazione del metodo I.B.L. a scala comunale.

Gli scopi principali della costituzione della rete sono molteplici:

- monitoraggio periodico della qualità dell'aria;
- individuazione delle zone in cui è reale o potenziale il superamento dei valori limite dei principali inquinanti aerodiffusi (CO, CO₂, SO₂, NO_x);
- integrazione dei dati biologici della Rete locale con i dati della Rete regionale e nazionale;
- confronto dei dati con le determinazioni analitiche rilevate dalle centraline.

Lo studio ha interessato l'intero territorio del comune di Isernia che si estende su una superficie di circa 68,74 Km². Esso presenta una variazione altitudinale di circa 600 m, con una quota minima di 291 m s.l.m. (fondovalle del fiume Cavaliere) e con una quota massima di circa 906 m s.l.m. (Monte Capruccia).

Al fine di poter valutare la qualità dell'aria nel comune di Isernia è stata costituita la Rete di Biomonitoraggio sulla base delle disposizioni indicate nel Manuale ANPA 2001. utilizzando una griglia di 3x3 km, a partire dal punto della rete nazionale più vicino all'area di studio (Macchia d'Isernia: Lat. 4602003; Long. 432000), sono state individuate le Unità di Campionamento Primarie (UCP), costituite da un campione del totale delle celle territoriali costituenti la popolazione di interesse, con centro nei punti di intersezione della griglia ed ampiezza pari ad un km². **(Fig. 9).**

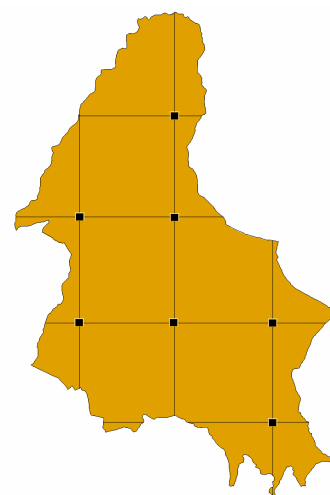
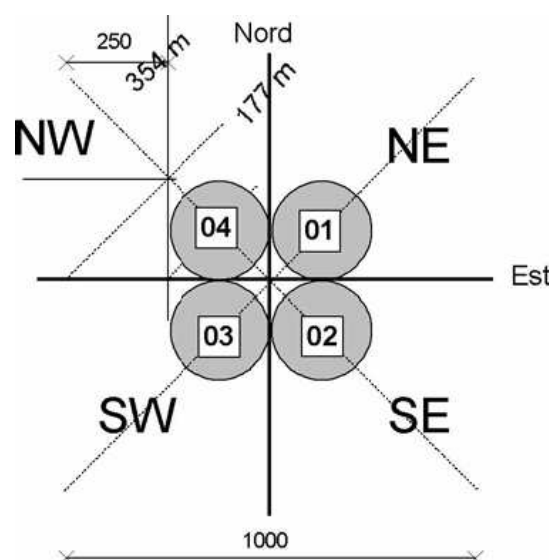


Fig. 9

All'interno delle UCP sono state individuate le Unità di Campionamento Secondarie (UCS), aventi aree circolari di raggio pari a 125 m e superficie di 4,9 ha e costituenti un sottocampione di ciascuna UCP (**Fig. 10**)

Fig. 10 - Schema delle UCS e della loro Disposizione teorica all'interno della UCP



Nelle UCS identificate sono stati individuati gli alberi idonei al rilevamento della biodiversità lichenica (da 1 a 3 alberi per ciascuna UCS) i quali, per essere rilevabili, devono avere le seguenti caratteristiche:

- inclinazione del tronco non superiore ai 10°, per evitare effetti dovuti all'eccessiva eutrofizzazione di superfici molto inclinate;
- circonferenza minima di 60 cm, per evitare situazioni con flora lichenica pioniera;
- assenza di fenomeni evidenti di disturbo (verniciature, gravi malattie della pianta, ecc.);
- copertura di briofite non superiore al 25%

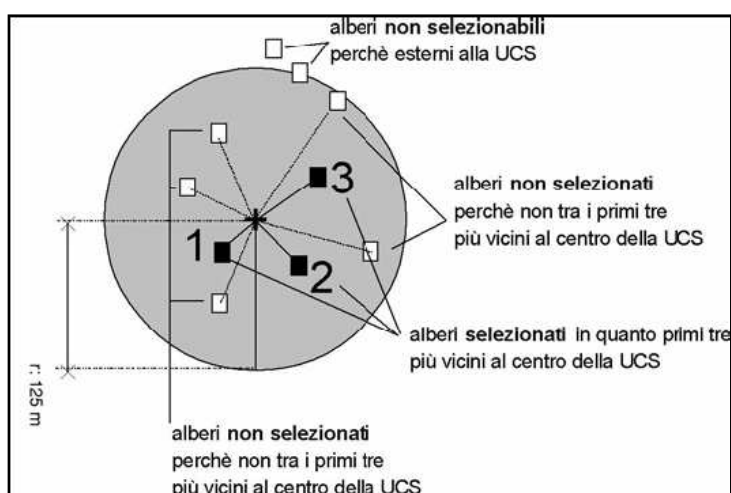


Fig. 11- Esempio di selezione degli alberi all'interno dell'UCS

Le UCP ricadenti nell'area di studio e le relative coordinate geografiche sono:

UCP	Coordinate UTM ED50 Fuso 33	
1	N 4602196	E 438062
2	N 4605182	E 438062
3	N 4605182	E 435040
4	N 4605182	E 432070
5	N 4608161	E 435040
6	N 4608161	E 432070
7	N 4611147	E 435040

Dopo aver selezionato i tre alberi più vicini al centro della UCS si è proceduto al rilevamento vero e proprio della biodiversità lichenica mediante il reticolo di campionamento costituito da quattro subunità, ciascuna formata da una serie lineare di cinque quadrati di 10x10 cm.

Il reticolo è stato disposto verticalmente sul tronco e posizionato in corrispondenza dei quattro punti cardinali. **(Figura 12 e 13)**

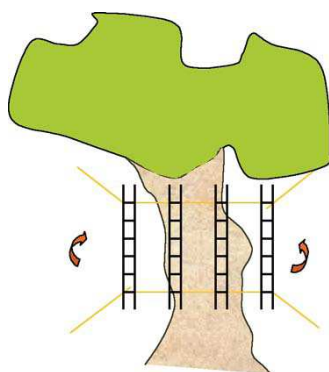


Fig.12

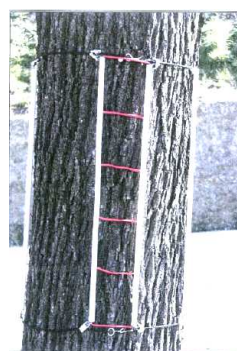


Fig. 13

Successivamente sono state annotate tutte le specie licheniche presenti all'interno di ciascuna unità e la loro frequenza per ciascun punto cardinale.

Il valore di biodiversità lichenica della stazione di campionamento sarà dato dalla somma delle frequenze delle specie licheniche riscontrate in ciascun punto cardinale (BL rilievo= BLnord + BL sud + BL est + BL ovest).

Quando non è stato possibile identificare tutte le specie in campo, sono stati raccolti i campioni in posizione extra-reticolo e determinati in laboratorio.

I valori di BL ottenuti sono stati impiegati per redigere le carte di "qualità dell'aria" mettendo in relazione la biodiversità lichenica di ogni UCP con la scala di naturalità/alterazione elaborata da Giordani (2004) ed utilizzata per la elaborazione dei dati ottenuti dalla Rete di Biomonitoraggio nell'intera regione Molise.

Tale scala riguarda i rilievi effettuati su querce caducifoglie che sono la totalità degli alberi sui quali sono stati rilevati i valori di BL nell'area di studio. Le elaborazioni cartografiche sono state eseguite con il GIS (Geographic Information System) ArcView 8.

Per l'elaborazione della mappa bidimensionale è stata utilizzato il metodo deterministico dell'Inverse Distance Weighting (IDW).

Nella seguente tabella si riportano i dati floristici organizzati in una matrice delle specie e delle UCP, il numero di specie rilevato per ciascuna UCP ed i valori di I.B.L. \pm la deviazione standard (σ).

UCP	1	2	3	4	5	6	7
<i>Specie</i>							
<i>Xanthoria parietina</i> (L.) Th Fr.	77	75	73	33	48	78	73
<i>Physcia adscendens</i> (Fr.) H. Olivier	60	49	77	73	33	79	74
<i>Physcia aipolia</i> (Humb.) Fümrrh	45	27	44	12	40	40	22
<i>Physcia stellaris</i> L. Nyl	0	0	0	0	0	0	11
<i>Physcia biziana</i> (A. Massal) Zahlbr var. <i>biziana</i>	41	0	6	0	5	9	10
<i>Physcia leptalea</i> (Ach.) DC	1	2	6	2	3	6	0
<i>Phaeophyscia orbicularis</i> (Neck.) Moberg	67	11	31	13	30	42	49
<i>Hyperphyscia adglutinata</i> (Flörke) H. Mayrhofer & Poelt	67	42	79	39	24	67	66
<i>Parmelina pastilifera</i> (Harm.) Grummann	0	3	0	0	0	0	9
<i>Parmelina tiliacea</i> (Hoffm.) Hale	12	46	19	0	56	70	0
<i>Parmelina quercina</i> (Willd.) Hale	0	0	1	10	6	1	0
<i>Flavoparmelia caperata</i> (L.) Hale	1	4	14	30	10	0	0
<i>Flavoparmelia soredians</i> (Nyl) Hale	0	0	0	10	1	0	0
<i>Pleurosticta acetabulum</i> (Neck) Elix & Lumbsch	5	25	2	11	27	22	40
<i>Lecidella elaeochroma</i> (Ach.) M. Choisy	43	23	26	68	23	53	12
<i>Candelaria concolor</i> (Diks.) Stein	9	2	20	57	8	2	34
<i>Candelariella reflexa</i> (Nyl.) Lettau	0	3	3	12	0	3	0
<i>Candelariella xanthostigma</i> (Ach.) Lettau	29	5	10	5	11	17	1
<i>Physconia servitii</i> (Nadv.) Poelt	5	0	0	0	4	0	0
<i>Physconia venusta</i> (Ach.) Poelt	0	18	0	0	37	10	23
<i>Physconia distorta</i> (With.) J.R. Laundon	2	42	26	0	14	11	7
<i>Caloplaca cerina</i> (Hedw.) Th. Fr. Var. <i>cerina</i>	17	0	3	0	2	6	10
<i>Caloplaca pyracea</i> (Ach.) Th. Fr.	9	3	6	0	2	4	26
<i>Lecanora chlarotera</i> Nyl.	33	14	12	25	8	25	34
<i>Lecanora hagenii</i> (Ach.) Ach var. <i>hagenii</i>	5	0	8	4	4	2	0
<i>Lecanora horiza</i> (Ach.) Linds	19	0	4	1	11	3	6
<i>Evernia prunastri</i> (L.) Ach.	1	4	1	7	6	7	0
<i>Ramalina farinacea</i> (L.) Ach.	0	2	0	3	1	0	3
<i>Melanelia glabra</i> (Schaer) Essl.	8	12	0	19	28	7	13
<i>Parmelia sulcata</i> Taylor	0	3	0	21	15	6	0
<i>Punctelia borrieri</i> (Sm.) Krog	1	23	19	18	7	3	29
<i>Lecanora carpinea</i> (L.) Vain.	0	0	0	0	15	2	0
<i>Lecanora albella</i> (Pers.) Ach.	25	6	0	7	0	0	5
<i>Anaptychia ciliaris</i> (L.) Körb	0	0	0	5	2	1	0
<i>Pertusaria amara</i> (Ach.) Nyl.	13	4	7	2	12	14	11
<i>Caloplaca ferruginea</i> (Huds.) Th. Fr.	0	0	1	12	0	2	0
<i>Caloplaca cerinella</i> (Nyl.) Flagey	0	0	0	0	0	0	17
<i>Caloplaca flavorubescens</i> (Huds.) J.R. Laundon	13	0	1	0	0	3	0
<i>Physconia grisea</i> (Lam.) Poelt	9	3	8	9	0	3	2
<i>Pertusaria albescens</i> (Huds.) Choisy & Werner	8	3	0	3	17	3	11
<i>Collema subflaccidum</i> Degel.	1	3	4	0	0	7	8
<i>Punctelia subrudecta</i> (Nyl.) Krog.	0	6	5	0	15	0	0
<i>Caloplaca cerinelloides</i> (Erichsen) Poelt	0	0	8	0	0	0	0
<i>Phaeophyscia hirsuta</i> (Mereschk) Essl.	0	0	5	5	0	3	17
<i>Physconia perisidiosa</i> (Erichsen) Moberg	0	0	3	0	0	0	12
<i>Normandina pulchella</i> (Borrer) Nyl.	0	0	0	8	0	0	0
<i>Pertusaria coccodes</i> (Ach.) Nyl.	0	0	0	3	0	0	0
<i>Lepraria</i> sp.	2	0	0	19	1	0	0
<i>Phlyctis argena</i> (Spreng.) Flot.	0	0	2	6	0	0	0
<i>Melanelia subaurifera</i> (Nyl.) Essl.	0	0	0	5	0	1	9
<i>Lecanora naegelii</i> (Hepp.) Diederich & Van den Boom	0	0	0	0	0	1	15
<i>Phaeophyscia ciliata</i> (Hoffm.) Moberg	0	0	0	0	0	0	3
<i>Collema nigrescens</i> Huds.	0	0	0	0	12	3	0
<i>Amandinea punctata</i> (Hoffm.) Coppins & Scheid	0	0	0	8	0	0	2
n. di specie	30	29	33	35	35	37	34
IBL	157	116	134	141	135	154	166
Deviazione standard (σ)	56.62	28.6	16.03	26.92	49	27.35	32.53

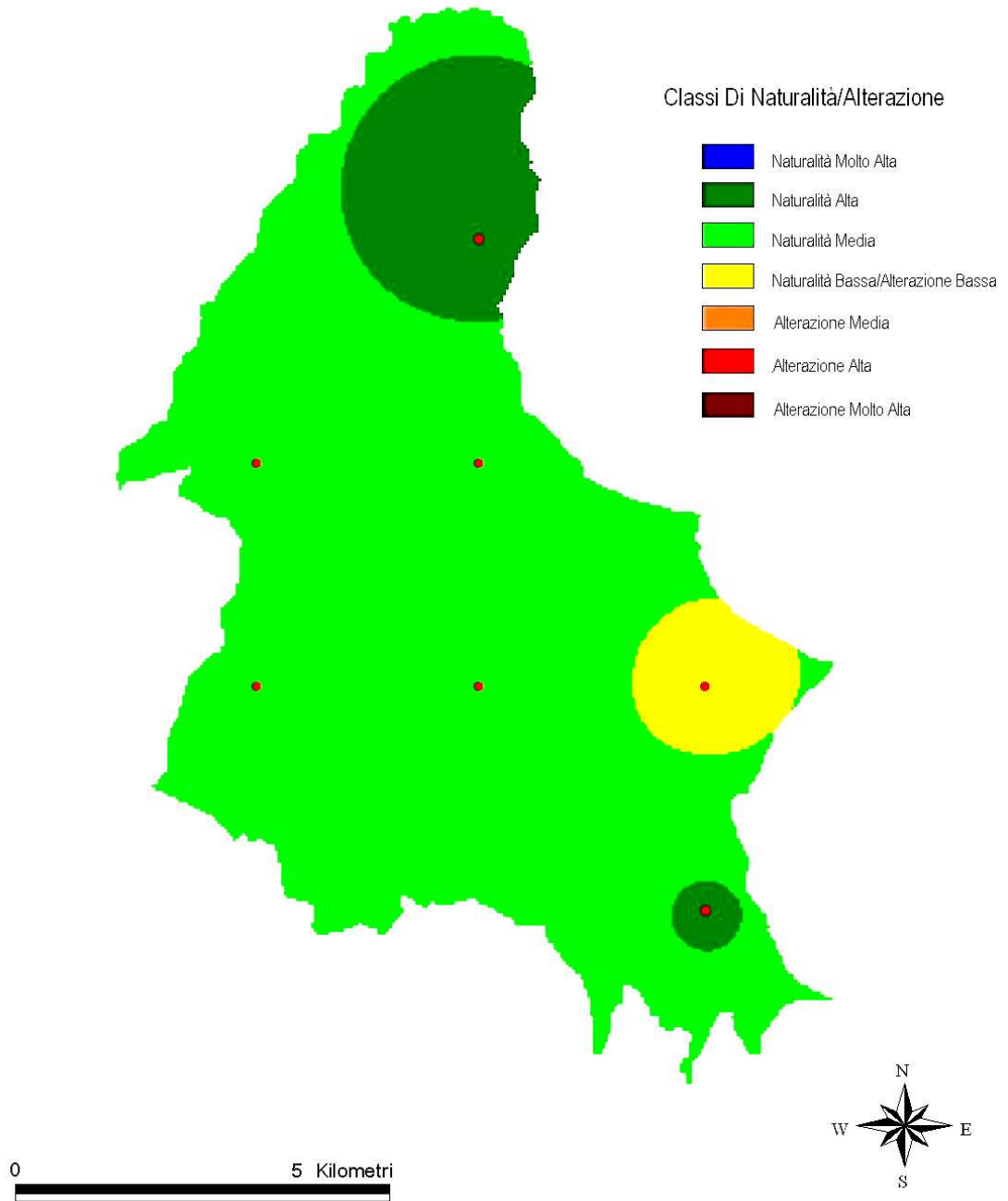
In tabella 2 sono indicati i numeri delle UCP ed i corrispondenti valori di Biodiversità Lichenica che sono compresi tra 0 e 186. A fianco di ogni valore sono riportate le 7 Classi di Naturalità/Alterazione con i colori canonici.

Tab. 2- UCP, valori di BL e relative classi di naturalità/alterazione

UCP	Valore	Classe di Naturalità/Alterazione		Colore
	> 186	1	Naturalità molto alta	Blu
1, 7	156-186	2	Naturalità alta	Verde scuro
3, 4, 5, 6	125-155	3	Naturalità media	Verde chiaro
2	94-124	4	Naturalità bassa/Alterazione bassa	Giallo
	63-93	5	Alterazione media	Arancione
	32-62	6	Alterazione alta	Rosso
	0-31	7	Alterazione molto alta	Cremisi

Dai dati ottenuti si ha che le UCP 1 (Loc. La Capruccia) e 7 (nei pressi del Valico del Macerone) presentano i valori di IBL più alti, corrispondenti ad una naturalità alta. Le UCP 3 (Loc. La castagna), 4 (C.ile Spinuccio), 5 (Loc. Coppolicchio) e 6 (Loc. Fonte degli Uccelli) sono caratterizzate da una naturalità media. La UCP 2 (C.ile Impergole) presenta invece valori di naturalità bassa attribuibile alla vicinanza della stazione all'area urbana. Un risultato positivo della valutazione della qualità dell'aria nel comune di Isernia è che non vi sono UCP con classi di alterazione medio-alta.

La distribuzione delle Classi di naturalità/alterazione nell'area di studio, come risulta dall'elaborazione bidimensionale (figura 21), mostra una tendenza al miglioramento della qualità dell'aria lungo la direttrice nord-sud, in sostanza man mano che ci si sposta dai settori pianeggianti-collinari più antropizzati verso le aree più distanti dal centro urbano e quindi più naturali.



La campagna di biomonitoraggio nel comune di Isernia è stata la prima esperienza, a scala ridotta, di applicazione delle linee guida ANPA per il biomonitoraggio mediante la Biodiversità Lichenica.

Questa esperienza ha permesso di ottenere una prima carta comunale della qualità dell'aria considerando anche le aree rurali non direttamente esposte agli inquinanti e per questo non indagate con metodiche tradizionali.

E' tuttavia doveroso chiarire che l'uso di biomonitors, quali i licheni epifiti, non può essere considerato alternativo al monitoraggio strumentale.

Esso fornisce utili informazioni per la valutazione globale dello stato ambientale di un dato territorio ed è un valido strumento per la pianificazione della distribuzione delle stazioni fisse di monitoraggio della qualità dell'aria quali le centraline poiché ha la capacità di individuare in via preliminare le possibili aree a rischio di un territorio.

La costituzione della Rete di Biomonitoraggio con la relativa georeferenziazione delle stazioni di campionamento (UCP, UCS, alberi) si confermano passaggi fondamentali per monitorare nel tempo la qualità dell'aria anche in zone remote e trasferire, a qualsiasi gestore della rete, le informazioni necessarie per le successive operazioni.

In conclusione, attraverso l'applicazione del metodo I.B.L. è emerso come il comune di Isernia presenti una "buona" qualità dell'aria; i valori di IBL riscontrati, infatti, comparati con i dati di bibliografia nazionale, fanno emergere che il nostro territorio è naturale e non interessato da fonti di inquinamento rilevanti. E' inoltre doveroso chiarire l'importanza che, in questi studi, assume la dimensione della maglia; infatti la scelta della maglia di 3x3 km è risultata essere la dimensione idonea per ottenere un numero di stazioni statisticamente significative e rappresentative dell'area di studio.

La localizzazione delle stazioni in cui è stata osservata la biodiversità lichenica non è stata scelta a caso ma derivante dall'applicazione di un protocollo standard ben definito. Considerando, infatti, la maglia a partire dal punto della rete nazionale prossimo all'area di studio, si è ottenuto un numero di UCP tali da avere una posizione strategica per valutare, in modo omogeneo e rappresentativo, l'intero territorio comunale.

Tuttavia è emerso un limite a questa metodologia, poiché essa non ha permesso di posizionare una UCP all'interno del centro urbano, zona più interessata dal traffico veicolare.

Tale circostanza induce a valutare la possibilità effettuare un ulteriore studio a scala locale (ad esempio 500x500 m) di biodiversità lichenica che permetterebbe non solo di avere dei dati di qualità dell'aria riferiti al solo centro urbano, ma potrebbe essere utilizzato per avere un confronto temporale con i dati di qualità dell'aria riscontrati nel 2001 mediante lo studio di bioaccumulo.

I risultati dell'attuale studio non devono pertanto essere considerati un punto d'arrivo, ma uno strumento per migliorare le conoscenze in campo ambientale e soprattutto per fornire utili informazioni agli addetti alla gestione del territorio. Inoltre il poter integrare i dati della rete alle determinazioni analitiche rilevate dalle centraline consentirà di realizzare i modelli di diffusione degli inquinanti atmosferici, stabilendone le modalità di deposizione e dispersione a lunga distanza nel medio e lungo termine.