

CAPITOLO 11 - LA RISPOSTA BIOLOGICA AI FATTORI AMBIENTALI

PREMESSA

La presenza di inquinanti atmosferici nei bassi strati dell'atmosfera ha ripercussioni sia sulla salute dell'uomo che sulla vita degli animali e delle piante che popolano l'ambiente naturale. Per questo motivo è importante riuscire a valutare l'impatto globale sulle comunità ecologiche. Nel Dipartimento di Verona è attivo dal 1999 un gruppo di lavoro che si occupa di biomonitoraggio utilizzando le metodiche di bioindicazione e bioaccumulo. Con queste tecniche è possibile definire il grado di naturalità o alterazione di un dato ambiente, evidenziando la sinergia dei diversi inquinanti nel modificare le componenti reattive dell'ambiente.

Nel corso del 2003 è stata condotta una campagna su scala regionale basata sulla valutazione della biodiversità lichenica. I punti di monitoraggio costituiscono la rete nazionale, proposta da APAT, basata su un insieme di siti di campionamento individuati con criterio statistico ed una densità pari a un punto ogni 18 x 18 Km. Questa rete risulta sovrapposta alla rete europea EU-UN/ECE per il rilevamento dei danni forestali dovuti all'inquinamento atmosferico. I risultati sono stati riportati nel "Rapporto sulla Stato dell'Ambiente in Provincia di Verona – anno 2004". Nell'anno 2005, negli stessi punti di monitoraggio è stata effettuata una campagna di misura della qualità dell'aria tramite campionatori passivi. Sono stati, inoltre, elaborati i dati relativi alla biodiversità lichenica per ricavare gli indici ecologici.

Nel seguito verranno riportati i risultati della campagna di monitoraggio della qualità dell'aria e i valori degli indici ecologici valutati negli stessi punti.

Brevemente si ricordano i risultati della campagna di monitoraggio della biodiversità lichenica:

Tabella 11 - 1: valori di biodiversità lichenica rilevati nella campagna 2004

Sito	BL
Verona	13
Albaredo	71
Isola d/S	72
Monteforte	73
Sona	88
Roverè	90
Caprino	91
Cerea	100
Malcesine	102

I comuni in cui è stato riscontrato un valore di naturalità elevato (>75 nella scala BL) sono Malcesine, Caprino, Sona e Cerea. A Verona si è riscontrato un grado di alterazione elevato. Nei restanti comuni il grado di naturalità è medio/alta.

A Verona è risultato relativamente elevato anche l'indice di eutrofizzazione (4.399 rispetto un valore medio provinciale di 3.820) e il pH basso (2.975 rispetto una media provinciale di 3.227).

SCHEDA 11.1: CONCENTRAZIONE DI INQUINANTI GASSOSI IN PROVINCIA DI VERONA

Tipologia di informazione: indicatore di stato

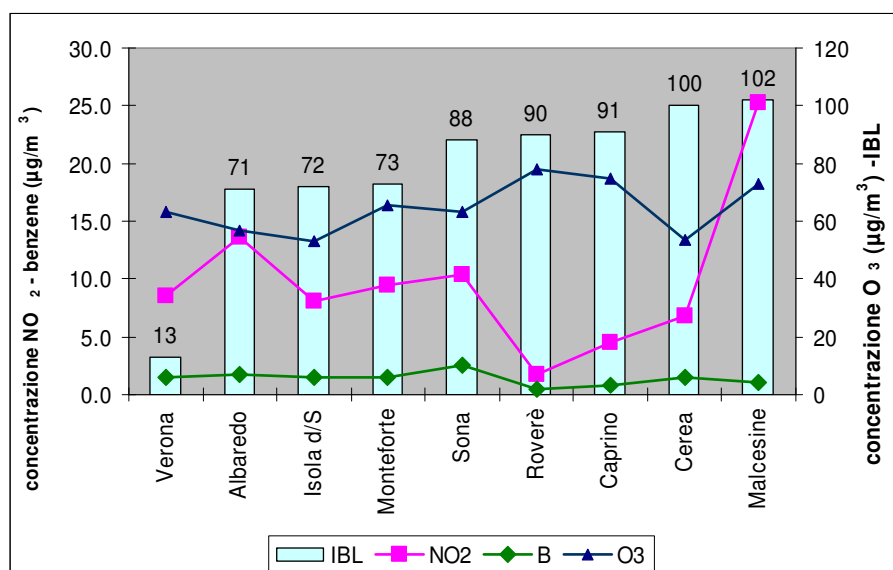
Disponibilità di dati: buona

Premessa

Nel corso dell'anno 2005 è stata condotta una campagna di misura con campionatori passivi delle concentrazioni di NO₂, benzene ed ozono negli stessi punti di rilevazione dell'indice di biodiversità lichenica. Sono state effettuate 8 misure in 9 punti da dicembre 2004 a novembre 2005.

Rappresentazione grafica

Nel grafico sono riportate le concentrazioni medie annuali di ozono, benzene e biossido di azoto misurate nei siti di campionamento della maglia 18x18Km. Sono, inoltre, riportati i corrispondenti valori di biodiversità lichenica.



Commento

I valori di concentrazione di benzene sono risultati tutti contenuti fra un minimo di 0.4 µg/m³ (a Roverè Veronese) e un massimo di 2.5 µg/m³ (Sona).

I valori di concentrazione di ozono rilevati nelle località di montagna (Caprino, Malcesine, Roverè) e pianura (Verona, Sona, Monteforte, Albaredo, Isola della Scala, Cerea) sono fra loro strettamente correlati. Giugno e luglio sono i mesi in cui si registrano i valori più elevati. Le aree geografiche in cui le medie annuali di concentrazione sono più alte sono quelle corrispondenti alla montagna veronese e al lago: 78 µg/m³ a Roverè e 73 µg/m³ a Malcesine. Inoltre in montagna i valori di ozono rimangono relativamente elevati anche nei periodi invernali rispetto a quelli rilevati in pianura. Non vi è una correlazione semplice fra i valori di BL e le concentrazioni di inquinanti misurate, indicando così che la flora lichenica risente di una complessa sinergia fra diversi fattori, incluso ma non unico l'inquinamento atmosferico.

STUDIO DELLA FLORA LICHENICA PER LA VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA E LA CARATTERIZZAZIONE ECOLOGICA DELL'AMBIENTE

La tecnica di biomonitoraggio che utilizza come indicatori biologici i licheni epifiti (che crescono sulla corteccia degli alberi) permette di realizzare indagini ambientali scientificamente valide e complete per la stima dell'inquinamento atmosferico. Lo studio della flora lichenica permette di valutare la qualità complessiva dell'aria in quanto i licheni dipendono direttamente dall'atmosfera per lo svolgimento delle attività metaboliche. Essi manifestano sensibilità agli effetti tossici di singoli inquinanti, quali ad esempio l'anidride solforosa, e all'effetto combinato di tutti gli inquinanti eventualmente presenti.

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

- fisiologico:
 - depressione generale della fotosintesi a causa del danneggiamento della clorofilla;
 - riduzione della respirazione cellulare a causa delle alterazioni a livello di membrana cellulare con conseguente modificazione della permeabilità agli ioni;
 - riduzione della fissazione del carbonio durante il processo fotosintetico;
 - evidente riduzione della fertilità
- morfologico: l'esposizione continua alle sorgenti inquinanti provoca un progressivo peggioramento delle condizioni di salute con riduzione del tallo lichenico;
- ecologico: generale diminuzione della copertura di specie ed alterazione della composizione della comunità lichenica.

La flora lichenica rilevata con la tecnica di biomonitoraggio può essere tradotta in valori numerici per definire i diversi livelli di inquinamento (indice di Biodiversità Lichenica BLs) e lo stato ecologico (indici ecologici) dell'ambiente.

Per il rilievo dei licheni epifiti è previsto il posizionamento sul tronco dell'albero di un reticolo di campionamento costituito da 4 subunità, ciascuna formata da una serie lineare di cinque quadranti di 10x10 cm, che devono essere disposte verticalmente sul tronco e orientate sui 4 punti cardinali. La frequenza delle specie rilevate permette la definizione del valore di BLs da cui, utilizzando una scala di interpretazione, è possibile stimare il livello di inquinamento della stazione monitorata.

Per una migliore caratterizzazione dell'area di studio è inoltre possibile, attraverso l'analisi floristico-vegetazionale della comunità lichenica, calcolare le caratteristiche ecologiche delle specie presenti e definire i valori medi degli indici ecologici di pH, igrofitismo, fotofitismo ed eutrofizzazione.



APPROFONDIMENTO 11.1: INDICI ECOLOGICI ED INDICATORI ECOLOGICI

Gli indici ecologici, che più correttamente dovrebbero venir chiamati “valori di indicatori ecologici”, sono espressioni numeriche che rappresentano, per ogni specie lichenica, l'ampiezza ecologica di un dato fattore. E' quindi possibile caratterizzare una determinata area mediante la definizione degli indici ecologici ed interpretare l'influenza dei diversi parametri ambientali (pH, umidità, luce ed eutrofizzazione) sulle variazioni composizionali della vegetazione lichenica. Ogni specie infatti presenta peculiari esigenze nei confronti di fattori, quali l'acidità del substrato, acqua, luce e disponibilità di nutrienti, per cui l'insieme delle specie presenti in una stazione fornisce informazioni sulle caratteristiche chimico-fisiche dell'area in cui si effettua il campionamento.

Ad ogni lichene, per ciascun indice ecologico, può essere attribuito un solo valore, che indica l'optimum ecologico della specie, o più valori su una scala ordinale, che indicano lo spettro di tolleranza ecologica.

Indici ecologici del primo tipo sono stati proposti per i licheni dell'Europa Centrale da Wirth (1991), mentre indici ecologici del secondo tipo sono disponibili per tutte le specie di licheni d'Italia nel sistema informativo ITALIC dell'Università di Trieste (Nimis 2000). Le specie che presentano un ristretto intervallo di tolleranza per un determinato fattore ecologico (specie stenociche) sono contraddistinte da un unico valore dell'indice relativo, quelle a più ampio spettro ecologico (specie euriciche) sono invece caratterizzate da un intervallo di valori e presentano quindi un intervallo di tolleranza, più o meno ampio, al singolo fattore ecologico.

Tali indici esprimono per ciascuna specie lichenica le esigenze rispetto a:

- acidità del substrato (acidofitismo);
- fabbisogno in termini di umidità atmosferica (igrofitismo);
- fabbisogno di luce (fotofitismo);
- eutrofizzazione del substrato (eutrofitismo).

Tali indici sono stati espressi in forma numerica ordinale secondo scale che variano da 1 a 5 e sono accompagnati una breve nota esplicativa.

INDICE DI Ph del substrato (5 stati):

- | | |
|--|-----------------------------------|
| 1 - Substrato molto acido, | 2 - Substrato subacido, |
| 3 - Substrato da subacido a subneutro, | 4 - Substrato leggermente basico, |
| 5 - Substrato basico | |

INDICE DI LUCE (5 stati):

- 1 - Situazioni fortemente ombrose,
- 2 - Situazioni ombreggianti,
- 3 - Situazioni con luce diffusa ma scarsa irradiazione solare diretta,
- 4 - Condizioni soleggiate ma intolleranti verso intense irradiazioni solari dirette,
- 5 - elevata irradiazione solare diretta

INDICE DI ARIDITA' (5 stati):

- 1 - Igrofitico (nebbie molto frequenti),
 - 2 - Piuttosto igrofitico,
 - 3 - mesofitico,
 - 4 - Xerofitico ma intollerante verso condizioni estremamente aride,
 - 5 - Xerofitico
-

INDICE DI EUTROFIZZAZIONE (5 stati):

- 1 – nessuna eutrofizzazione, 2 – eutrofizzazione molto scarsa,
3 – modesta eutrofizzazione, 4 – eutrofizzazione relativamente alta,
5 – eutrofizzazione molto elevata

Per ciascuna stazione monitorata è possibile definire gli indici ecologici moltiplicando la frequenza di ogni specie rinvenuta per il valore corrispondente che esprime l'optimum ecologico. Se una determinata specie è identificata da più valori si esegue lo stesso calcolo per ogni valore espresso. Per ciascuna specie si sommano quindi i risultati ricavati per ogni valore attribuito. I totali parziali relativi a ciascuna specie vengono quindi sommati ed il risultato così ottenuto va diviso per la frequenza totale delle specie identificate nelle stazione in studio.

(Manuale ANPA- I.B.L. Indice di Biodiversità Lichenica, 3.6.5 Indici Ecologici)

Nella tabella seguente sono riportati i valori degli indici ecologici, con relative deviazioni standard, calcolati utilizzando la flora lichenica rilevata nelle stazione di rilevamento dell'indice di Biodiversità Lichenica (BLs) nei punti della rete di biomonitoraggio costituita da una maglia di dimensioni 18 x 18 Km.

Tali indici sono rappresentativi della media dei risultati ricavati dal monitoraggio di ciascun albero. I rilievi nelle stazioni di monitoraggio sono stati eseguiti su tre o quattro alberi.

Il valore medio del pH è risultato pari a 3,23 che sta ad indicare un substrato in una condizione subneutra/leggermente basica. Nella stazione n. 9 di Verona si registra il valore più basso di indice ecologico di pH (2,97). In tale stazione è stato anche ricavato un valore di BLs molto basso (13) infatti sono state rinvenute solo 3 specie licheniche (*Candelariella reflexa*, *Phaeophyscia orbicularis* e *Physcia adscendens*). Risulta dominante *Phaeophyscia orbicularis* (frequenza media 10.33) la quale è stata favorita perché caratterizzata da un indice ecologico di pH più basso rispetto alle altre specie rinvenute. Il valore medio di deviazione standard di 0,11 indica che i rilievi della flora lichenica di ciascun albero monitorato (da tre a quattro per stazione) sono abbastanza omogenei.

Il valore medio dell'indice di luce è risultato pari a 4.18 che sta ad indicare che gli alberi individuati nelle stazioni di monitoraggio presentano una condizione di buona esposizione solare; infatti gli alberi si presentavano prevalentemente isolati. Il valore medio della deviazione standard di 0,05 indica che i rilievi della flora lichenica di ciascun albero monitorato (da tre a quattro per stazione) sono abbastanza omogenei.

L'indice di eutrofizzazione fornisce un'informazione interessante con valori che oscillano tra 3.587 e 4.399. Tali valori esprimono una condizione variabile tra "eutrofizzazione debole" ed "eutrofizzazione relativamente alta". Particolarmente interessante è la stazione n. 9 di Verona che presenta l'indice di eutrofizzazione più alto ed è associato al valore più basso di BLs. In tale stazione sono state infatti rinvenute solo 3 specie licheniche (*Candelariella reflexa*, *Phaeophyscia orbicularis* e *Physcia adscendens*) favorite tutte da condizioni ambientali di eutrofizzazione

Tabella 11-2: valori degli indici ecologici e di biodiversità lichenica rilevati nelle nove stazioni provinciali della rete nazionale di biomonitoraggio.

STAZIONE	INDICE DI PH		INDICE DI LUCE (L)	
	<i>stazione</i>	<i>dev.st</i>	<i>stazione</i>	<i>dev.st</i>
1. ALBAREDO	3.392	0.079	4.034	0.076
6. CAPRINO	3.17	0.048	4.19	0.056
2. CERA	3.073	0.177	4.168	0.048
7. ISOLA	3.1	0.188	4.099	0.001
4. MALCESINE	3.371	0.059	4.267	0.094
5. MONTEFORTE	3.398	0.047	4.261	0.03
3. ROVERE'	3.098	0.194	4.188	0.043
8. SONA	3.464	0.082	4.255	0.056
9. VERONA	2.975	0.131	4.123	0.032
<i>media stazioni</i>	3.227	0.112	4.176	0.048

STAZIONE	INDICE DI ARIDITA' (H)		INDICE DI EUTROFIZZAZIONE (E)		BLs
	<i>stazione</i>	<i>dev.st</i>	<i>stazione</i>	<i>dev.st</i>	
1. ALBAREDO	3.386	0.04	3.604	0.107	71
6. CAPRINO	3.425	0.061	3.622	0.053	91
2. CERA	3.469	0.012	3.746	0.284	100
7. ISOLA	3.407	0.032	3.587	0.106	72
4. MALCESINE	3.467	0.014	3.745	0.067	102
5. MONTEFORTE	3.477	0.019	3.914	0.081	73
3. ROVERE'	3.483	0.039	3.81	0.154	90
8. SONA	3.461	0.015	3.956	0.174	88
9. VERONA	3.448	0.05	4.399	0.089	13
<i>media stazioni</i>	3.447	0.031	3.820	0.124	77.78

APPROFONDIMENTO 11.2: ELENCO FLORISTICO E RELATIVI INDICI ECOLOGICI

Elenco floristico delle specie rilevate nella provincia di Verona e relativi indici ecologici di pH (PH), di luce (L), di aridità (H) e di eutrofizzazione (E)

SPECIE	PH	L	H	E
<i>Amandinea punctata</i> Coppins & Sch.eid	1-3	4-5	3-4	2-4
<i>Arthonia radiata</i> (Pers.) Ach.	2-3	3-4	2-3	1-3
<i>Caloplaca cerina</i> (Nyl.) Flagey	3-4	3-5	3-4	3-4
<i>Caloplaca cerinella</i> (Nyl.) Flagey	3-4	4-5	3-4	3-4
<i>Candelaria concolor</i> (Dickson) B.Stein	3-4	4-5	3-4	3-5
<i>Candelariella reflexa</i> (Nyl.) Lettau	3-4	4-5	3	4-5
<i>Candelariella xanthostigmata</i> (Ach.) Lettau	2-3	3-5	3	2-3
<i>Hyperphyscia asglutinata</i> Mayrh & Poelt	3-5	4-5	3-4	3-5
<i>Lecania cyrtella</i> (Ach.) Th. Fr.	3	4-5	3-4	2-3
<i>Lecanora chlarotera</i> Nyl.	2-3	3-5	3-4	2-5
<i>Lecidella elaeochroma</i> (Ach.) Haszl.	2-4	3-5	2-5	2-4
<i>Parmelia acetabulum</i> (Neck.) Elix & Lumbsh	2-3	4-5	3-4	2-3
<i>Parmelia borneri</i> (Sm.) Turner	3	3-4	3	3
<i>Parmelia glabra</i> (Achaer.) Linds	2-3	4-5	3-4	3
<i>Parmelia quercina</i> (Willd.) Hale	2-3	4-5	3-4	2-3
<i>Parmelia subdurecta</i> Nyl.	2-4	3-4	3	1-3
<i>Parmelia tiliacea</i> (Hoff.) Ach.	2	3-4	3	2-3
<i>Phaeophyscia ciliata</i> (Hoffm.) Moberg	2-3	4-5	3	3
<i>Phaeophyscia cloantha</i> (Ach.) Moberg	3-5	3-4	3	3-4
<i>Phaeophyscia hirsuta</i> (Mereshk.) Essl.	3-4	4-5	3-4	3-4
<i>Phaeophyscia orbicularis</i> (Neck.) Moberg	2-3	3-5	3-4	4-5
<i>Physcia adscendens</i> (Fr.) H. Oliv.	3-5	4-5	3-4	3-5
<i>Physcia aipolia</i> (Humb.) Hampe	2-3	4-5	3	3-4
<i>Physcia biziana</i> (Massal.) Zahlbr.	3	4-5	3-4	3-4
<i>Physcia tenella</i> (Scop.) DC.	2-4	4-5	3-4	3-4
<i>Physcia vitii</i> Nadv.	2-3	4-5	3	4-5
<i>Physconia grisea</i> (Lam.) Poelt	3	4	3	2-3
<i>Rinodina exigua</i> (Ach.) Gray	2	3-5	3-4	3
<i>Xanthoria candelaria</i> (L.) Th.Fr.	2-4	4-5	4	4-5
<i>Xanthoria fallax</i> (Hepp) Arnold	3	4-5	4	3-4
<i>Xanthoria parietina</i> (L.) Th.Fr.	2-4	3-5	3-4	3-4

SCHEDA 11.2: FLORA LICHENICA ED INDICATORE ECOLOGICO DI pH

Tipologia di informazione: indicatore di stato

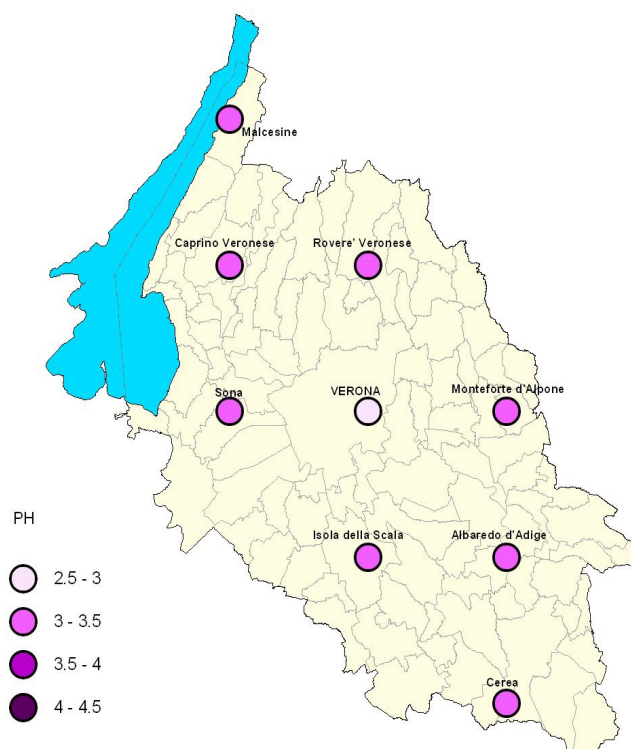
Disponibilità di dati: buona

Premessa

Descrizione dell'indicatore: sono rappresentati i valori dell'indice di pH calcolati utilizzando la flora lichenica rilevata nelle stazioni di monitoraggio per la valutazione dell'indice di Biodiversità Lichenica (BLs). Tali stazioni sono individuate nei punti della rete nazionale costruita su una maglia di dimensioni 18 x 18 Km.

Rappresentazione grafica:

Nella mappa sono rappresentati con colore diverso i nove punti di monitoraggio in base ai valori di pH rilevati.



Commento:

Sono graficamente rappresentati i risultati dell'indice di pH riassunti in tabella 11.2. Dallo studio fatto emerge che la stazione di Verona presenta il valore più basso di BLs e l'indice di pH che più si allontana dal valore medio. Tutte le altre stazioni, rappresentative dell'intera provincia, evidenziano un indice di pH corrispondente ad un substrato subneutro/leggermente basico: l'intervallo di variabilità del pH rilevato varia fra 2.97 e 3.40, con un valor medio di 3.23 e una deviazione standard di 0.11

SCHEDA 11.3: FLORA LICHENICA ED INDICATORE ECOLOGICO DI LUCE

Tipologia di informazione: indicatore di stato

Disponibilità di dati: buona

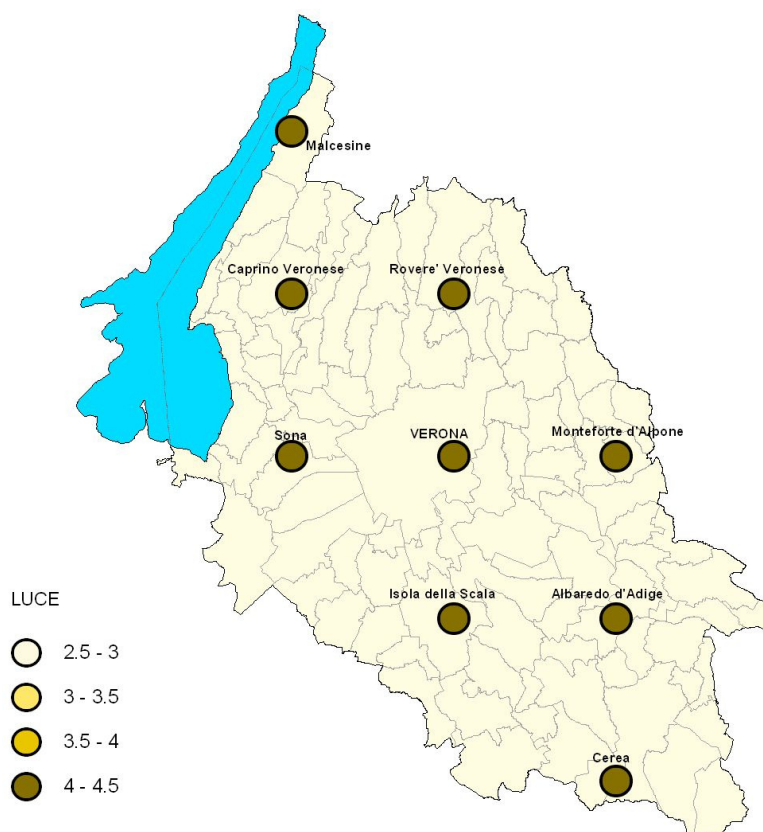
Premessa

Sono rappresentati i risultati dell'indice di luce calcolati utilizzando la flora lichenica rilevata nelle stazioni di monitoraggio per la valutazione dell'indice di Biodiversità Lichenica (BLs). Tali stazioni sono individuate nei punti della rete nazionale costruita su una maglia di dimensioni 18 x 18 Km.

Rappresentazione grafica:

Nella mappa sono rappresentati con colore diverso i nove punti di monitoraggio in base ai valori di indice di luce rilevati.

|



Commento:

Sono graficamente rappresentati i risultati dell'indice di luce riassunti in tabella 11.2. Dallo studio fatto emerge quindi che l'indice di luce in tutte le stazioni rappresentative dell'intera provincia, corrisponde ad una condizione di buona irradiazione solare diretta (indice >4).

SCHEDA 11.4: FLORA LICHENICA ED INDICATORE ECOLOGICO DI ARIDITA'

Tipologia di informazione: indicatore di stato

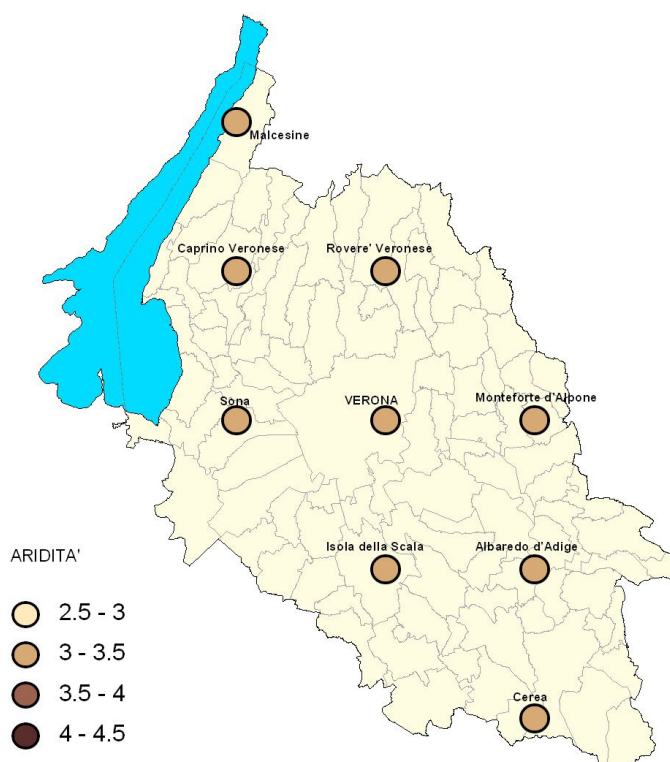
Disponibilità di dati: buona

Premessa

Sono rappresentati i risultati dell'indice di aridità calcolati utilizzando la flora lichenica rilevata nelle stazioni di monitoraggio per la valutazione dell'indice di Biodiversità Lichenica (BLs): Tali stazioni sono individuate nei punti della rete nazionale costruita su una maglia di dimensioni 18 x 18 Km.

Rappresentazione grafica:

Sono graficamente rappresentati i risultati dell'indice di aridità riassunti in tabella 11.2. Nella mappa sono rappresentati con colore diverso i nove punti di monitoraggio in base ai valori di aridità rilevati.



Commento:

E' stato registrato un valore medio di 3.23 che sta ad indicare condizioni ambientali mesofitiche/xerofitiche ma intolleranti verso condizioni estremamente aride. Dallo studio fatto emerge che questa condizione si estende a tutte le stazioni dell'intera provincia. Il valore medio della deviazione standard di 0,03 indica che i rilievi della flora lichenica di ciascun albero monitorato (da tre a quattro per stazione) sono omogenei.

SCHEDA 11.5: FLORA LICHENICA ED INDICATORE ECOLOGICO DI EUTROFIZZAZIONE

Tipologia di informazione: indicatore di stato

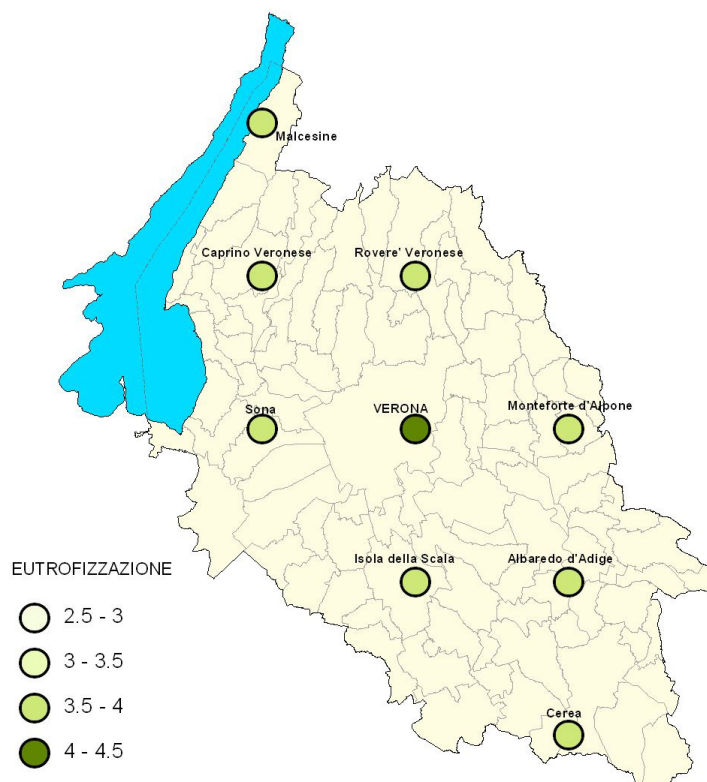
Disponibilità di dati: buona

Premessa

Descrizione dell'indicatore: sono rappresentati i valori dell'indice di pH calcolati utilizzando la flora lichenica rilevata nelle stazioni di monitoraggio per la valutazione dell'indice di Biodiversità Lichenica (BLs): Tali stazioni sono individuate nei punti della rete nazionale costruita su una maglia di dimensioni 18 x 18 Km.

Rappresentazione grafica:

Sono graficamente rappresentati i risultati dell'indice di eutrofizzazione riassunti in tabella 11.2. Nella mappa sono rappresentati con colore diverso i nove punti di monitoraggio in base ai valori di aridità rilevati.



Commento:

Dallo studio fatto emerge che la stazione più critica è quella di Verona (indice di eutrofizzazione >4) in accordo anche con il valore di BLs rilevato inferiore a quello delle altre stazioni. Tutte le altre stazioni, rappresentative dell'intera provincia, evidenziano una condizione di eutrofizzazione debole/relativamente alta. Il valore medio dell'indice di eutrofizzazione è pari 3.82, con un intervallo di variabilità compreso fra 3.604 e 4.399.