

I licheni come bioindicatori ambientali: Indice di Biodiversità Lichenica a Ravenna

2016



Indice

	Pagina
Premessa	
1 INTRODUZIONE	1
1.1 Finalità del lavoro	1
2 AREA D'INDAGINE	2
2.1 Generalità sull'area di studio	2
2.2 Lineamenti climatici	4
3 METODICA	7
3.1 Metodologia di riferimento: l'Indice di Biodiversità Lichenica (I.B.L)	7
3.2 Strategia di campionamento	10
3.2.1 Scelta delle Unità di Campionamento Primarie (UCP) e Secondarie (UCS)	10
3.2.2 Scelta degli alberi	12
3.3 Tecniche di determinazione delle specie licheniche raccolte	12
3.4 Classi di Biodiversità Lichenica/Scala d'interpretazione	13
3.5 Rappresentazioni cartografiche	13
3.6 Elaborazioni statistiche	14
4 RISULTATI	14
4.1 Riconoscimento al suolo delle UCP e delle UCS	14
4.2 Caratteristiche principali delle Unità di Campionamento	17
4.3 Caratterizzazione della flora lichenica	32
4.4 Elaborazione dei dati e classificazione delle stazioni	36
4.5 Interpretazione dei dati	41
4.6 Confronto con simulazioni modellistiche	45
4.7 Analisi delle specie nitrofile	47
5 CONCLUSIONI	52
Allegato 1: <i>Schede di rilevamento</i>	54
Bibliografia	69

Premessa

A seguito della pubblicazione da parte dell'APAT di linee-guida nazionali (2001) relative all'indice di Biodiversità Lichenica, è cresciuto di molto l'interesse, da parte delle amministrazioni pubbliche, ad effettuare delle valutazioni dello stato ambientale studiando gli effetti degli inquinanti atmosferici su organismi viventi, ad integrazione delle misure dei singoli contaminanti eseguite ad esempio mediante l'utilizzo di strumenti automatici come quelli della Rete di monitoraggio della qualità dell'aria.

Pertanto, accanto al *monitoraggio* finalizzato a fornire misurazioni puntiformi di vari parametri ed alle tecniche di *simulazione modellistica* della diffusione d'inquinanti atmosferici, si propone il *biomonitoraggio*, in grado di fornire informazioni complementari e di rappresentare la risposta di alcuni sistemi biologici alla pressione complessiva di più tipi d'inquinanti

Il biomonitoraggio prevede due tipi diversi di approccio:

- tecniche di *bioaccumulo*, volte alla misura di concentrazioni di elementi in tracce penetrati in organismi in grado di accumularli;
- tecniche di *bioindicazione*, volte a quantificare le modificazioni morfologiche, fisiologiche e genetiche, a livello dei singoli organismi, nonché il rilievo di variazioni spazio-temporali nella composizione di popolazioni o di comunità, in relazione agli stress ambientali;

Uno dei vantaggi del biomonitoraggio è la possibilità di rilevare su organismi viventi gli effetti dell'azione sinergica di diversi tipi di inquinanti, presenti anche in concentrazioni inferiori ai limiti di legge, in tempi rapidi e con costi relativamente bassi. Questo approccio, inoltre, utilizzando organismi diffusi sul territorio, permette l'analisi di ampie aree, lo studio del trasporto d'inquinanti su vasta scala, l'individuazione di situazioni critiche locali e la valutazione dell'efficacia di misure volte alla riduzione delle emissioni su lungo periodo.

In particolar modo, per quel che concerne la valutazione della qualità dell'aria, l'utilità dei licheni epifiti come indicatori biologici è stata largamente comprovata e riconosciuta sia a livello nazionale che internazionale, sulla base della stretta dipendenza delle loro attività metaboliche dall'atmosfera.

1. INTRODUZIONE

1.1 Finalità del lavoro

Il presente lavoro riguarda una valutazione della qualità dell'aria nella Provincia di Ravenna mediante l'utilizzo dell'*Indice di Biodiversità Lichenica* (Acronimo: I.B.L.).

La base di partenza di questo lavoro è uno studio di fattibilità dell' IBL, nella zona d'interesse, commissionato da ENEL S.p.A, in ottemperanza ad una prescrizione contenuta nella VIA ministeriale che riguardava la compatibilità ambientale del progetto relativo alla trasformazione in ciclo combinato della Centrale termoelettrica ENEL sita in località Porto Corsini-Ravenna.

I licheni sono sensibili a stress ambientali di varia natura ma risentono in particolar modo di variazioni indotte nell'ambiente aereo (inquinamento, cambiamenti nel regime di precipitazione o nell'esposizione alle radiazioni solari) a causa della stretta dipendenza che hanno dall'atmosfera per le esigenze nutrizionali. In particolare, l'assenza di cuticola e stomi impediscono una protezione e un vaglio selettivo nei confronti delle sostanze che penetrano all'interno del tallo insieme all'acqua, attraverso l'intera superficie esposta. Inoltre la capacità di riparare danni provocati da stress ossidativi è estremamente bassa.

Il lento tasso di accrescimento che caratterizza i licheni, l'immobilità e l'ampia diffusione sul territorio, li rendono degli ottimi bioindicatori. La sensibilità si evidenzia, in particolare, attraverso danni a vari livelli: morfologico, fisiologico e cellulare, ma anche con una modificazione spazio-temporale della flora lichenica locale, legata:

- alla riduzione del numero totale di specie;
- alla diminuzione del numero di individui appartenenti a ciascuna specie.

Mentre le alterazioni morfologiche e fisiologiche sono difficilmente quantificabili, e sono spesso di complessa interpretazione, le variazioni ecologiche permettono di tradurre le risposte dei licheni in valori numerici riferibili, ad esempio, in aree urbane, periurbane ed agricole, a diversi livelli di inquinamento atmosferico.

Per ottemperare alla prescrizione, ENEL ha incaricato la società CESI di effettuare lo studio di fattibilità relativo al biomonitoraggio lichenico nell'area interessata dalle ricadute della centrale e della vicina area industriale-portuale. Arpae ha partecipato e collaborato nella definizione dell'area "potenziale" da monitorare, delle unità di campionamento ed ad alcuni sopralluoghi in campo per l'individuazione degli alberi campionabili. Lo studio di fattibilità, eseguito nel 2014 (Rapporto CESI n. B4020224), rappresenta la base di partenza del presente studio.

2 AREA D'INDAGINE

2.1 Generalità sull'area di studio

L'area di studio comprende il centro urbano di Ravenna e si estende a Nord della stessa includendo l'area industriale-portuale fino ad arrivare al parco del Delta del Po, al confine con le valli di Comacchio, ed è pertanto rappresentativa delle varie tipologie di sistemi ambientali artificiali e naturali presenti sul territorio della Provincia di Ravenna.

Analizzando la Carta dell'uso del suolo dell'area d'indagine riportata in Figura 1 (fonte Regione Emilia Romagna - anno 2008), si evince che le zone agricole ricoprono circa il 69% dell'area mentre le aree industriali e i centri residenziali arrivano circa ad un 14%. Gli ambienti naturali o semi-naturali comprendono circa il 4% della superficie, le aree umide circa il 9% ed infine i corpi idrici occupano il 4% del territorio.

Gli ambienti naturali presenti nell'area d'interesse e facenti parte della Rete Natura 2000 (Siti di Interesse Comunitario (SIC) e Zone di Protezione Speciale (ZPS)), sono ampiamente diversificati:

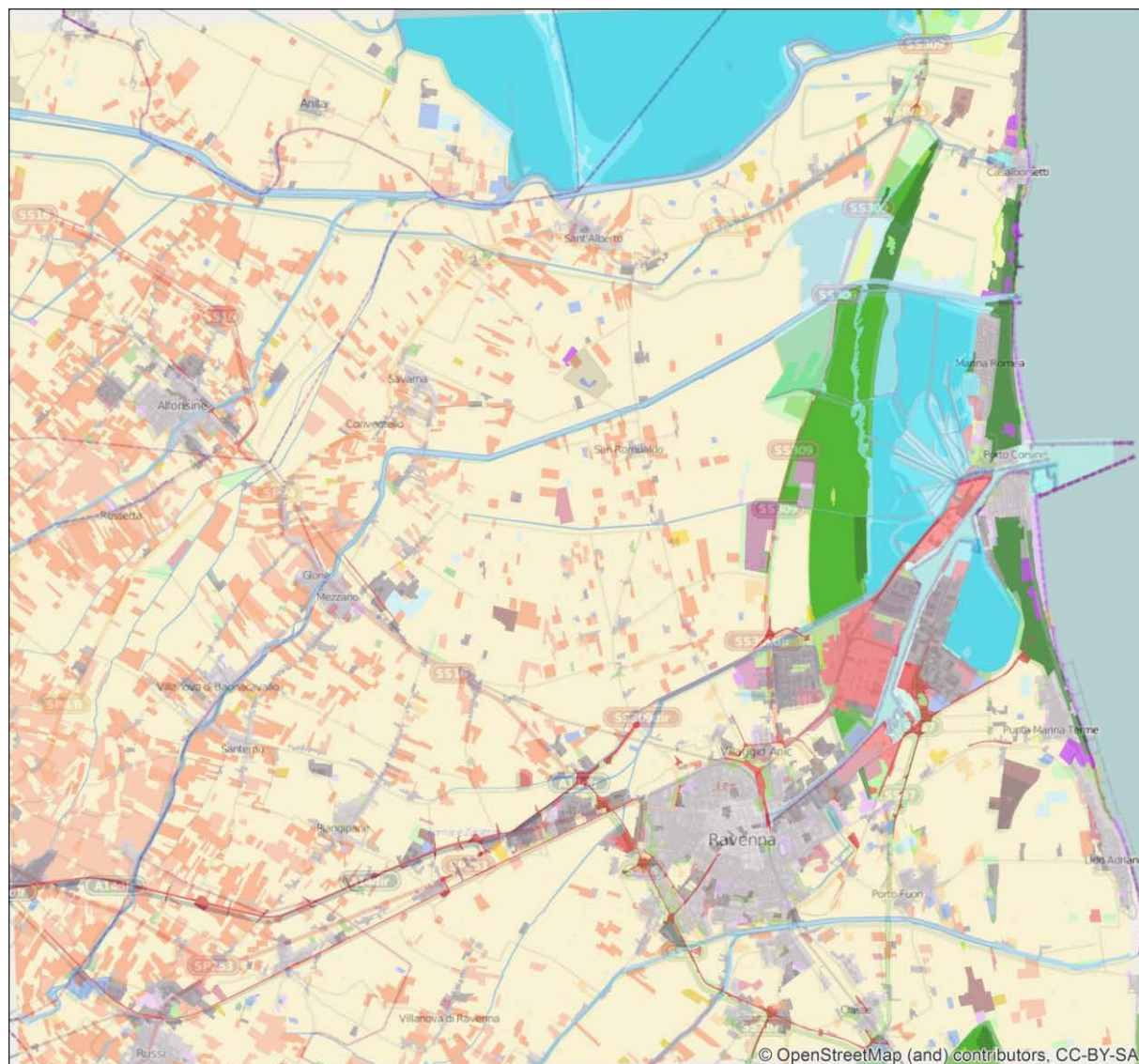
- ecosistemi terrestri: le Pinete di San Vitale, di Punta Marina, di Casalborsetti e di Staggioni; la Duna di Porto Corsini e la prateria umida del Bardello;
- aree umide costiere: che comprendono le valli salmastre della Pialassa Baiona, della Pialassa dei Piomboni, e alla porzione a sud delle Valli di Comacchio;
- aree umide interne: che sono rappresentate dalla Valle Mandriole e dalle bassure di Punte Alberete.

In sintesi, in un'area in cui gli ambienti naturali risultano inseriti in un territorio prevalentemente costituito da campi agricoli (da agricoltura intensiva) e da insediamenti antropici, residenziali e industriali di rilievo, è necessario prestare particolare attenzione ai fenomeni di trasporto atmosferico degli inquinanti che possono interferire nei processi di conservazione di questi ambienti fragili. Dal punto di vista lichenologico, consideriamo il Biossido di Zolfo e Gli Ossidi di Azoto.

Il Biossido di Zolfo è misurato in tre stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria di Ravenna di Caorle, Rocca Brancaleone e Porto San Vitale, dislocate in area urbana e industriale dove sono presenti numerose potenziali fonti di emissione di tale inquinante. Le concentrazioni rilevate nel 2016, così come da diversi anni, sono contenute e meno del 2% dei dati supera il limite di quantificazione strumentale (pari a $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$), livelli notevolmente inferiori rispetto a quelli previsti dalla normativa che sono: $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media oraria da superare massimo 24 volte all'anno e $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media giornaliera da non superare per più di 3 giorni l'anno. Il rispetto dei limiti non rappresenta pertanto un problema, e già da numerosi anni (1999) non si verificano superamenti. La normativa vigente fissa un livello critico per la protezione della vegetazione pari a $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media annuale, che viene rispettato in tutte le stazioni di campionamento. Si può concludere pertanto che anche il valore più restrittivo previsto dalla normativa per il Biossido di Zolfo è non è stato raggiunto in nessuna centralina da almeno da dodici anni.

Il Biossido di Azoto è rilevato in tutte le stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria del territorio ravennate: Caorle, Zalamella, Rocca Brancaleone, Porto San Vitale, Parco Bertozzi, Ballirana e Delta Cervia, dislocate in aree urbane, industriali e rurali di tutta la Provincia.

Il valore limite di 40 µg/m³ della media annuale del Biossido di Azoto è rispettato in tutte le stazioni della Provincia dal 2010, con un trend in diminuzione a partire dal 2007, che manifesta una certa tendenza alla stabilità dal 2010. I valori più alti sono stati rilevati nella stazione di traffico urbano (Zalamella).



© OpenStreetMap (and) contributors, CC-BY-SA

Legenda			
1111 Ec Tessuto residenziale compatto e denso	1232 Nd Aree portuali da porto	1427 Vr Aree archeologiche	3120 Ba Boschi di conifere
1112 Er Tessuto residenziale rado	1242 Fs Aeroporti per volo sportivo e elporti	1428 Vb Stabilimenti balneari	3130 Bm Boschi misti di conifere e latifoglie
1120 Ed Tessuto residenziale discontinuo	1311 Oa Aree estrattive attive	1430 Vm Cimiteri	3220 Tc Caspuglieti e arbusteti
1211 Ia Insediamenti produttivi	1312 Qi Aree estrattive inattive	2121 Se Seminativi semplici irrigui	3231 Tn Vegetazione arbustiva e arborea in evoluzione
1212 Ic Insediamenti commerciali	1321 Oq Discariche e depositi di cave, miniere e industrie	2122 Sv Vvivi	3232 Ta Rimboschimenti recenti
1213 Is Insediamenti di servizi	1322 Ou Discariche di rifiuti solidi urbani	2123 So Colture orticole	3310 Ds Spiagge, dune e sabbie
1214 Io Insediamenti ospedalieri	1323 Or Depositi di rottami	2210 Cv Vigneti	4110 Uj Zone umide interne
1215 It Impianti tecnologici	1331 Qc Cantieri e scavi	2220 Cf Frutteti	4211 Up Zone umide salmastre
1221 Rr Reti stradali	1332 Qs Suoli rimaneggiati e artefatti	2241 Cp Ploppeti culturali	4212 Uv Valli salmastre
1222 Rf Reti ferroviarie	1411 Vp Parchi e ville	2242 Cl Altre colture da legno	4213 Ua Acquaculture in zone umide salmastre
1223 Rm Impianti di smistamento merci	1412 Vx Aree incolte urbane	2310 Pp Prati stabili	5111 Af Alvei di fiumi e torrenti con vegetazione scarsa
1224 Rt Impianti delle telecomunicazioni	1421 Vt Campeggi e strutture turistico-ricettive	2410 Zt Colture temporanee associate a colture permanenti	5112 Av Alvei di fiumi e torrenti con vegetazione abbondante
1225 Re Reti per la distribuzione e produzione dell'energia	1422 Va Aree sportive	2420 Zo Sistemi culturali e particellari complessi	5113 Ar Argini
1226 Ri Reti per la distribuzione idrica	1425 Vi Ippodromi	3113 Bs Boschi a prevalenza di salici e pioppi	5114 Ac Canali e idrovie
1231 Nc Aree portuali commerciali	1426 Va Autodromi	3114 Bp Boschi planiziani a prevalenza di farnie e frassini	5123 Ax Bacini artificiali

Fig 1 Uso del suolo 2008 (Ed. 2011 CC BY 2.5 IT) dell'area di interesse a cura del Servizio Sviluppo dell'Amministrazione digitale e Sistemi Informativi Geografici della Regione Emilia Romagna.

Per gli Ossidi di Azoto (NOx) la normativa definisce un valore di livello critico per la protezione della vegetazione pari a 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ come media annuale (somma di monossido e biossido di azoto calcolata in ppm ed espressa come biossido di azoto) e dà indicazioni circa il posizionamento delle stazioni in cui verificare il rispetto del limite. In particolare i punti di campionamento destinati alla protezione degli ecosistemi o della vegetazione dovrebbero essere ubicati a più di 20 km dagli agglomerati o a più di 5 km da aree edificate diverse dagli agglomerati o da impianti industriali e da autostrade. Nella Rete di Monitoraggio della Qualità dell'Aria della Provincia di Ravenna la stazione che soddisfa questi criteri è quella di Fondo Rurale, denominata Ballirana. I valori delle medie annuali di NOx di Ballirana per il periodo 2010-2016 sono riportate nel grafico sottostante (Fig 2) dal quale si rileva che il limite di 30 è stato superato nel 2012 per scendere gli anni successivi e assestarsi nel 2015-2016 a 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, valore di poco inferiore al livello critico di protezione della vegetazione.

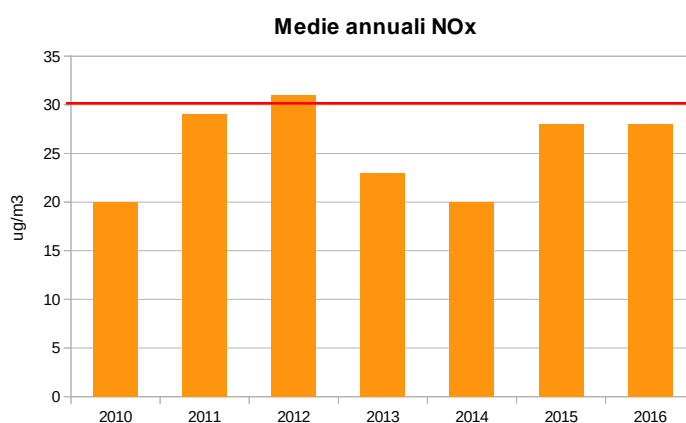


Fig2 : Grafico con medie di NOx nella stazione di Ballirana

2.2. Lineamenti climatici

Il territorio di Ravenna presenta caratteristiche climatiche tipiche della pianura padana sud-orientale, influenzato dalla vicinanza del Mare Adriatico, distante solo 8km dal centro abitato, ed è di tipo temperato sub-continentale, con inverni generalmente freddi, ma non rigidi, ed estati piuttosto calde, con temperature medie che si attestano su 25-23 °C.

In Figura 3 si riporta l'andamento delle temperature medie, minime e massime della stazione meteo urbana di Ravenna (Piazza Caduti) del Servizio Idro-Meteo-Clima di Arpae, per gli anni 2015 e 2016.

Sia d'estate che d'inverno l'aria presenta un consistente grado di umidità, con tassi rispettivamente del 75,3% e dell'86%.

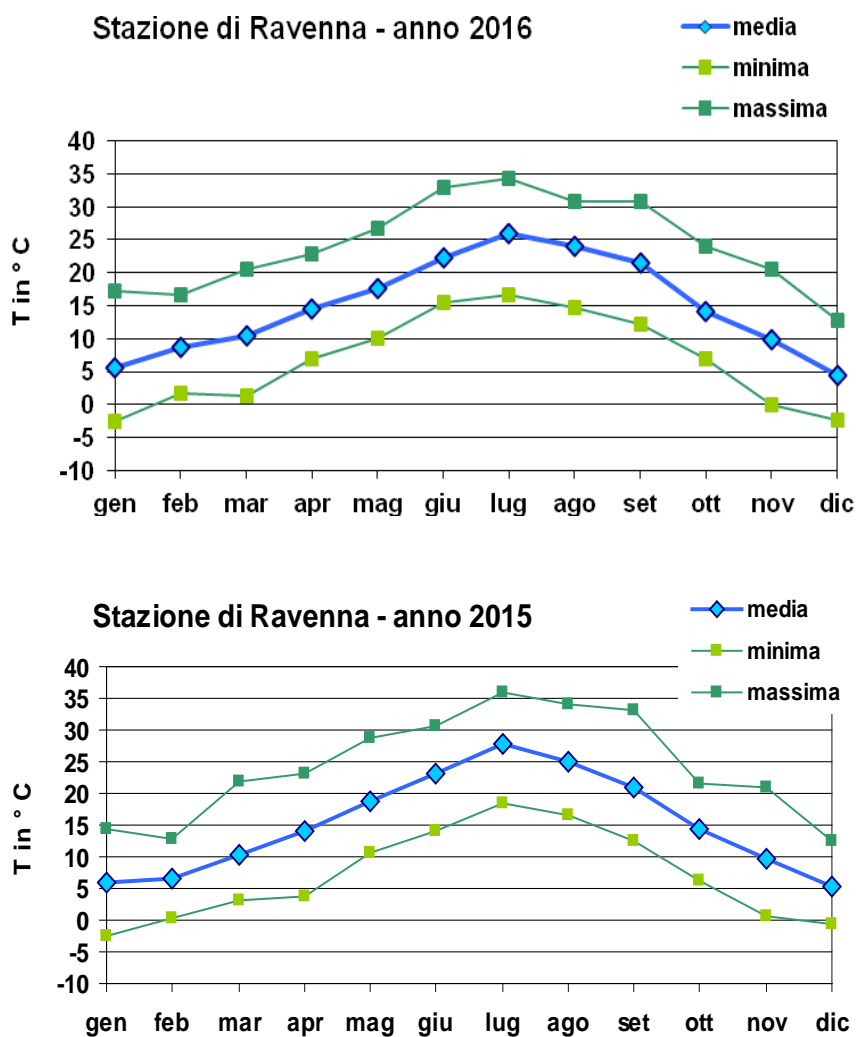


Fig3 : Medie, minimi e massimi mensili delle temperature – Anni 2015 - 2016

In Figura 4a sono riportate le rose dei venti, in termini di direzione ed intensità, calcolate per la stazione meteo urbana di Ravenna del Servizio Idro-Meteo-Clima di Arpae. La distribuzione delle velocità indica un valore inferiore a 3 m/s per la maggior parte dell'anno, con velocità analoghe nel territorio.

Le direzioni del vento più frequenti sono quelle di provenienza O-NO e NO.

In Figura 4b sono rappresentate le direzioni prevalenti (di provenienza) e le intensità medie dei venti stagionali dalle quali si rileva che a Ravenna nella stagione invernale ed autunnale, prevalgono i venti occidentali mentre, nella stagione estiva, risulta evidente l'influenza delle brezze di mare con direzione E-SE. La primavera è la stagione in cui, in generale, si registra la maggiore variabilità e intensità dei venti.

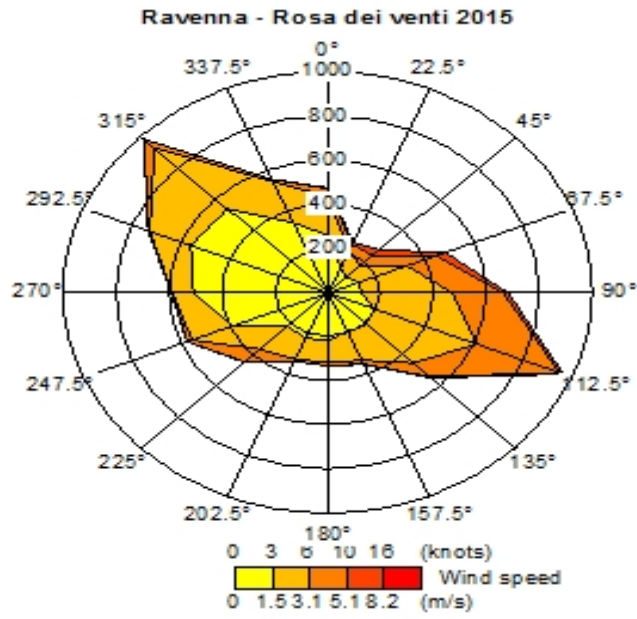


Fig4a: Rosa dei venti di Ravenna – anno 2015

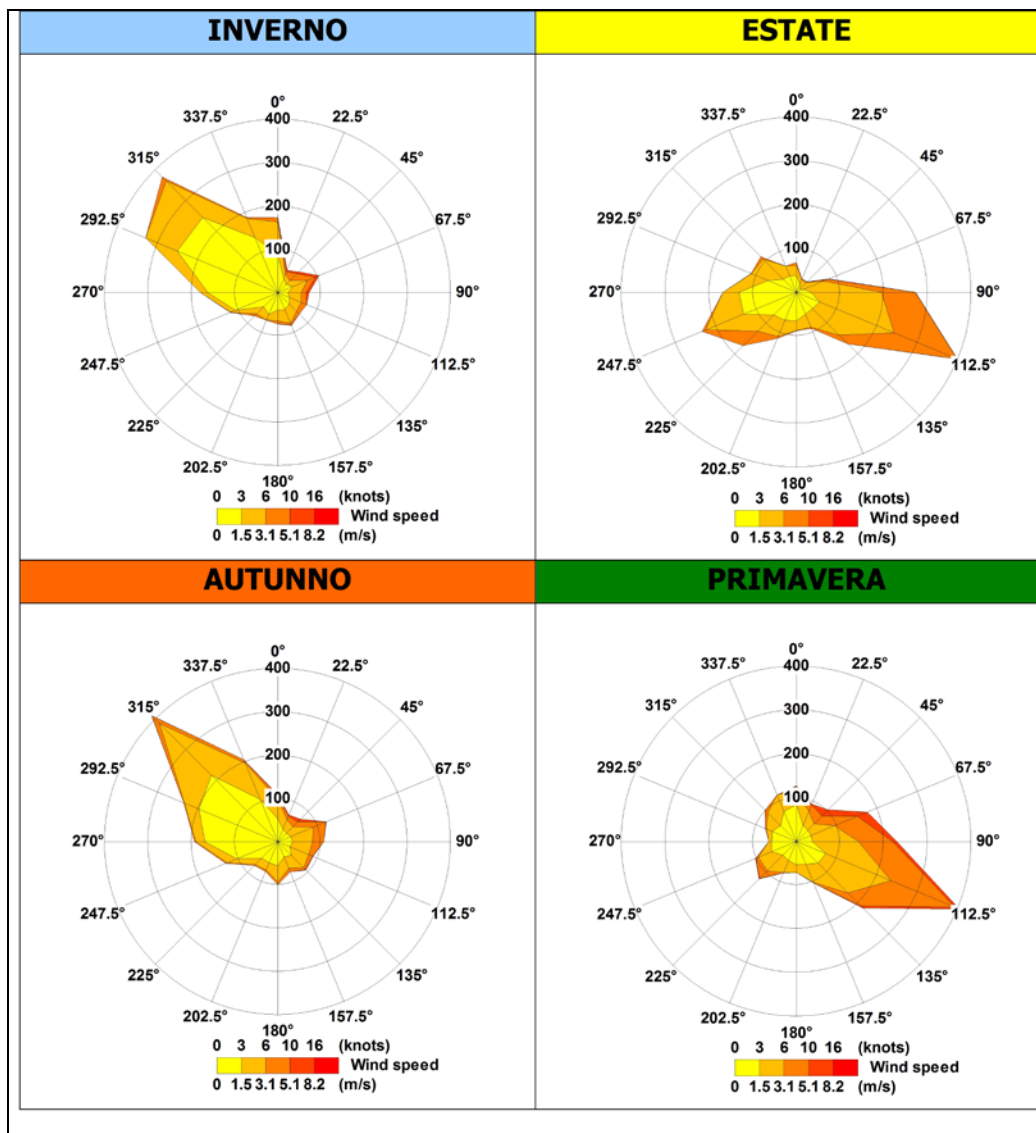


Fig4b: direzioni prevalenti e le intensità medie dei venti stagionali di Ravenna – anno 2015

3 METODICA

3.1 Metodologia di riferimento: l'Indice di Biodiversità Lichenica (I.B.L.)

Il monitoraggio dell'area è stato eseguito secondo le modalità stabilite dalle linee guida dell'ANPA (2001), ed in conformità anche alla Norma EN 16413:2014 che fornisce indicazione su come impostare un'indagine di biomonitoraggio lichenico su tutto il territorio europeo. Il monitoraggio si svolge su un'insieme di Unità di Campionamento Primarie (UCP), costituite da un campione del totale delle celle territoriali costituenti la popolazione d'interesse, e di Unità di Campionamento Secondarie (UCS) da selezionare all'interno delle stesse UCP.

UCP e UCS sono aree di superficie e forma definite, all'interno delle quali andranno individuati, con procedura standard, gli alberi su cui eseguire il rilievo della biodiversità lichenica.

Le UCP hanno forma quadrata di dimensioni variabili da 1x1 Km a 250x250m, e poste ad una certa distanza l'una dall'altra a seconda della scala a cui si vuole effettuare lo studio (nella rete nazionale ad esempio le UCP hanno dimensioni di 1x1 Km e sono disposte su una griglia di 18 km).

Le UCS, sottocampione delle UCP, sono costituite da aree circolari con raggio pari a 125 m. In una UCP di 1 km quadrato sono presenti 16 UCS, 4 per quadrante. Le prime 4 (01, 02, 03 e 04) hanno il centro situato a una distanza di 177 m da quello della UCP sulle direzioni azimutali 45° (NE), 135° (SE), 225° (SW), 315° (NW) vedi Figura 5.

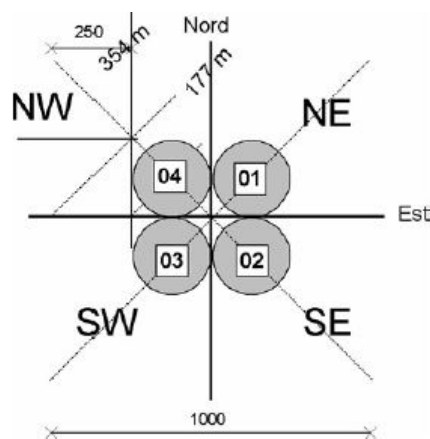


Fig 5: schema delle UCS e della loro disposizione teorica all'interno delle UCP

Il numero di alberi su cui effettuare il rilievo è compreso fra un minimo di 3 e un massimo di 12 per UCP, a seconda della disponibilità degli stessi in relazione alle caratteristiche di rilevabilità definite dalle linee guida:

- inclinazione del tronco non superiore a 10°, per evitare gli effetti dovuti all'eccessiva eutrofizzazione di superfici molto inclinate;
- circonferenza minima di 60 cm, per evitare situazioni con flora lichenica pioniera;

La biodiversità lichenica è rilevata mediante un reticolo costituito di quattro sub-unità, ciascuna formata da una serie lineare di 5 quadrati 10x10 cm, che devono essere posizionati verticalmente sul tronco, in corrispondenza dei quattro punti cardinali, e ad un'altezza di 100 cm dal suolo, come esplicitato in Figura 8.

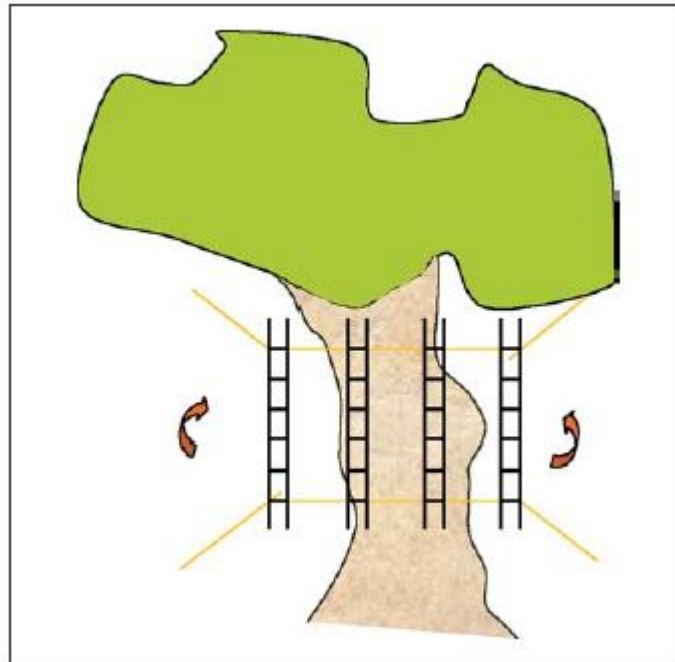


Fig 8: Posizionamento del reticolo di rilevamento attorno al tronco dell'albero nei quattro punti cardinali

Una rotazione di 20° in senso orario è concessa, per evitare parti del tronco non idonee ad essere campionate (presenza di nodi, parti danneggiate del tronco, copertura di briofite maggiore del 25%, fasce di scorrimento dell'acqua piovana, ecc.).

Sono conteggiate tutte le specie licheniche presenti in ciascuna unità e la loro frequenza è calcolata come numero di quadrati in cui ogni specie è presente.

L'I.B.L. dell'UCP è dato dalla media aritmetica degli indici di diversità dei rilievi effettuati sugli alberi della stessa unità. La biodiversità lichenica dell'albero è data dalla somma di tutte le frequenze di ciascuna specie all'interno delle sub-unità del reticolo (in totale 20 sub-unità), quindi una specie lichenica può avere una frequenza totale compresa fra 1 e 20.

3.2 Strategia di campionamento

3.2.1 Scelta delle Unità di Campionamento Primarie (UCP) e Secondarie (UCS)

Il manuale ANPA del 2001 stabilisce una griglia nazionale individuata in base ad un reticolo 18x18 km i cui nodi d'intersezione delle maglie son Unità di Campionamento Primarie (UCP). Quando si svolgono attività di monitoraggio lichenico è consigliato strutturare il campionamento con reticoli sottomultipli della rete nazionale, pertanto per l'area di studio in oggetto si è scelto di utilizzare una rete con passo 6x6 km partendo da l'intersezione più vicina della rete nazionale Anpa (punto 270000 E, 4926000 N, ED50 fuso 33) . La rete individuata risulta composta da 16 Unità di Campionamento Primarie (UCP), ognuna delle quali definisce un'area di 1x1km di lato che dista dalla successiva 6km (vedi Figura 9) ciascuna è suddivisa in unità di campionamento secondarie nelle quali verranno effettuati i rilievi sui forofiti idonei.

In tutto l'area d'indagine è di 576 km² (24 x 24 km); e ricade prevalentemente nel territorio del comune di Ravenna, con alcune stazioni in comune di Russi, Alfonsine e Bagnacavallo.

Le coordinate UTM delle 16 UCP sono riportate in Tabella 1.

UCP	Coordinate UTM	
	Nord	Est
1	264000	4920000
2	270000	4920000
3	276000	4920000
4	282000	4920000
5	264000	4926000
6	270000	4926000
7	276000	4926000
8	282000	4926000
9	264000	4932000
10	270000	4932000
11	276000	4932000
12	282000	4932000
13	264000	4938000
14	270000	4938000
15	276000	4938000
16	282000	4938000

Tab 1: Coordinate UTM delle 16 UCP

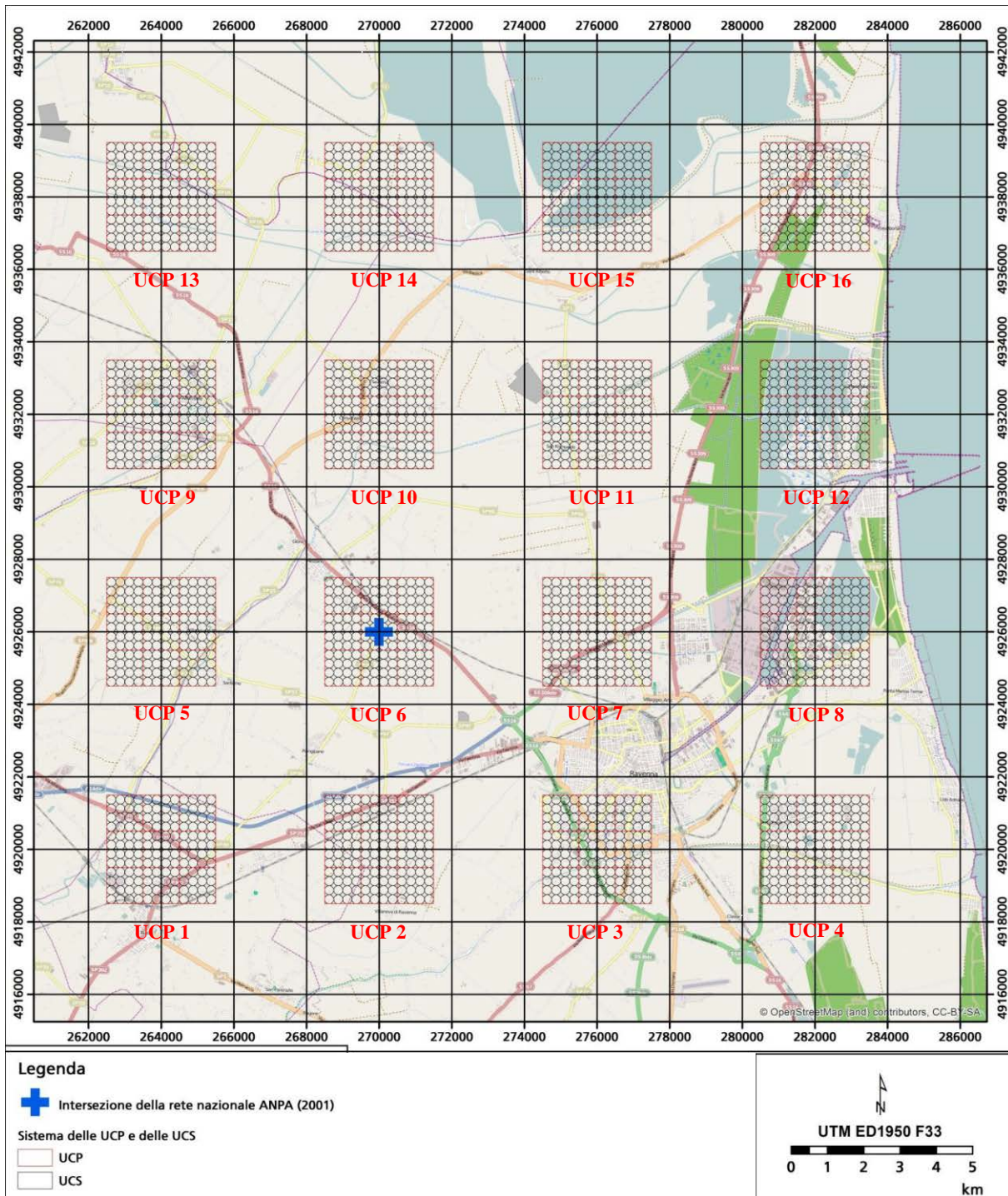


Fig 9: Disposizione spaziale delle 16 UCP – Fonte: Rapporto CESI n. B4020224

3.2.2 Scelta degli alberi

La scelta degli alberi da campionare in ogni UCP è stata effettuata seguendo le modalità stabilite dalle linee-guida ANPA: sono stati analizzati 3 alberi per UCP, unica eccezione la UCP 15 che è risultata non campionabile in quanto non si sono trovati gli alberi su cui effettuare i rilievi.

I forofiti analizzati appartengono al gruppo di alberi con scorza sub-acida, in prevalenza *Tilia* sp. (27 alberi) e su *Quercus robur* (18 alberi).

Diversi studi hanno dimostrato che i rilievi di diversità lichenica eseguiti su questi alberi sono comparabili senza l'utilizzo di fattori di conversione. (Loppi & Putorti, 1995; Giordani et al., 2002; Loppi et al., 2002; Brunialti & Giordani, 2003).

3.3 Tecniche di determinazione delle specie licheniche raccolte

Il riconoscimento delle specie licheniche è di tipo chemotassonomico ed è stato eseguito in due tempi e con due modalità diverse:

- Riconoscimento in campo

Si è proceduto all'identificazione delle specie direttamente sull'albero rilevato mediante l'utilizzo di lenti (10x, 20x) per l'osservazione dei caratteri morfologici macroscopici, quali: forma di crescita, strutture di propagazione e di riproduzione, strutture vegetative (ciglia, peli, rizine, pruina...), colore (campione secco).

I test chimici utilizzati sono una soluzione diluita di ipoclorito di sodio (NaClO) e una soluzione satura di idrossido di potassio (KOH) che evidenziano la presenza/assenza di specifici metaboliti secondari. Si sono utilizzate anche le chiavi per dispositivi mobili (Nimis P.L., Riccamboni R., Martellos S., 2012 - Identification keys on mobile devices: The Dryades experience. *Plant Biosystems* 146(4): 783-788)

- Riconoscimento in laboratorio

I campioni critici sono stati riconosciuti in laboratorio attraverso l'utilizzo di stereoscopi e microscopi, con il confronto con i campioni conservati presso l'erbario lichenologico e con l'ausilio delle seguenti chiavi analitiche:

- a) " I macrolicheni d'Italia" (Nimis, 1993)
- b) Appendice I: Chiavi analitiche per l'identificazione dei più comuni licheni epifiti d'Italia (Tretiach, 2001)
- c) "Likenoj de Okcidenta Europo. Illustrata determinlibro (Clauzade & Roux, 1985)
- d) P.L. Nimis & S. Martellos, 2017: ITALIC - The Information System on Italian Lichens. Version 5.0. University of Trieste, Dept. of Biology, (<http://dryades.units.it/italic>). - For all the other data and items (floristic and statistic query interfaces, TSB Herbarium, distribution maps, etc.).
- e) Martellos S., 2012 - From a textual checklist to an information system: The case study of ITALIC, the Information System on Italian Lichens. *Plant Biosystems* 146(4): 764-770
- f) Martellos, S., 2010 - Multi-authored interactive identification keys: The FRIDA (FRiendly IDentificAtion) package. *Taxon* 59 (3): 922-929

3.4 Classi di Biodiversità Lichenica / Scala d'interpretazione

Per ogni stazione sono state eseguite analisi statistiche basate sui diversi indici della biodiversità lichenica (frequenze delle specie per esposizione e albero, I.B.L. di ogni UCP), valutando inoltre la deviazione standard e il coefficiente di variazione percentuale.

Al fine di interpretare qualitativamente gli indici in modo univoco, i valori di biodiversità lichenica sono gerarchizzati attraverso una scala di naturalità/alterazione divisa in classi, ognuna delle quali esprime il diverso grado di deviazione da condizioni "naturali" considerate, per presupposto metodologico, "non inquinate".

La scala utilizzata è stata realizzata "ad hoc" seguendo i criteri definiti nelle Linee guida Tedesche: in dettaglio utilizzando la differenza fra il valore massimo ed il minimo di biodiversità lichenica e dividendo il risultato per il numero di classi suggerite: 5 classi.

A queste classi sono stati attribuiti gli identificativi riportati in Tabella 2, ciascuno corrispondente ad un diverso grado di alterazione locale, suggeriti nelle Linee Guida Europee e sono stati attribuiti dei colori standard per facilitare la realizzazione delle mappe riportate nei paragrafi successivi.

Classi di alterazione	IBL	Colore
Molto alta	61-79	Red
Alta	80-98	Orange
Moderata	99-117	Yellow
Bassa	118-136	Green
Molto Bassa	>137	Blue

Tab 2: Scala di naturalità/alterazione per l'interpretazione dei dati di I.B.L.

3.5 Rappresentazioni cartografiche

Le mappe sono state realizzate mediante l'utilizzo del software Surfer 8.0, che consente di ottenere valori di interpolazione per punti non campionati utilizzando la relazione spaziale fra i punti campionati. In base al numero di dati, per l'interpolazione è stato impiegato Kriging, un metodo usato nell'ambito dell'analisi spaziale, che permette di interpolare una grandezza nello spazio minimizzando l'errore quadratico medio (assumendo che la grandezza in oggetto vari nello spazio con continuità).

3.6 Elaborazioni statistiche

Il valore di biodiversità lichenica, attribuito ad ogni Unità di Campionamento Primaria, è la media aritmetica dei tre rilievi eseguiti nella stazione; per valutare la rappresentatività di ogni rilievo effettuato rispetto al valore di I.B.L. attribuito alla UCP si sono utilizzati alcuni descrittori statistici: la deviazione standard o scarto quadratico medio e il coefficiente di variazione percentuale.

La deviazione standard (s), radice quadrata della varianza, è una misura del quadrato della distanza dei valori campionati dalla media; nello specifico

$$s = \sqrt{\frac{\sum (BL_i - \overline{BL})^2}{n - 1}}$$

dove:

BL_i = valore di biodiversità lichenica dell'albero i-esimo della stazione (UCP)

\overline{BL} = media del valore di biodiversità lichenica della stazione n = numero di alberi rilevati nella stazione.

Più i valori di deviazione standard sono bassi più i dati di biodiversità lichenica di quella stazione sono omogenei tra di loro, ne consegue così una maggiore affidabilità nella "rappresentatività" del dato medio di I.B.L. della UCP in questione. Valori "elevati" di deviazione standard implicano infatti che vi siano delle disomogeneità fra i rilievi della stessa stazione, fatto eventualmente da considerarsi in sede di valutazione del dato medio assegnato alla UCP.

Analoghe considerazioni valgono per il coefficiente di variazione percentuale (c.v.), il quale esprime la variazione percentuale del rilievo rispetto al valore di I.B.L. attribuito alla stazione di cui il rilievo fa parte.

Il coefficiente è dato da

$$c.v. = 100 * s/I.B.L.$$

4 RISULTATI

4.1 Riconoscimento al suolo delle UCP e delle UCS

Per il riconoscimento UCP e delle UCS è stato utilizzato il software Arch View Gis, che consente di individuare geograficamente i punti e gli oggetti.

Al fine di individuare le unità di campionamento idonee e facilitarne il riconoscimento sul campo sono state visualizzate sulle carte CTR 1:25000, e sulle mappe di Google maps:

- le coordinate del centro della UCP e le rispettive aree quadrate 1x1km;
- le coordinate del centro delle UCS con le rispettive aree circolari di raggio 125m;

Poiché l'area di studio ha una geomorfologia pianeggiante, che alterna aree urbanizzate, industriali, naturali e rurali, il raggiungimento delle unità di campionamento non ha determinato particolari difficoltà.

Delle 16 UCP individuate (Figura 9) solo una (la UCP 15) è risultata non campionabile, in quanto oltre il 70% dell'area individuata su cui ricercare gli alberi è in corrispondenza delle superfici inondate dalla Laguna di Comacchio, per cui non è stato possibile reperire forofiti idonei nel restante 30%.

Sono stati individuati 3 forofiti per UCP, che è il numero minimo stabilito dalle Linee Guida: quindi un totale di 45 alberi a scorza sub-acida, in prevalenza abbiamo dei *Tilia sp.*: 27 alberi, mentre i restanti 18 sono *Quercus robur*. In Figura 10 sono riportate su mappa le ubicazione degli alberi nelle UCP.

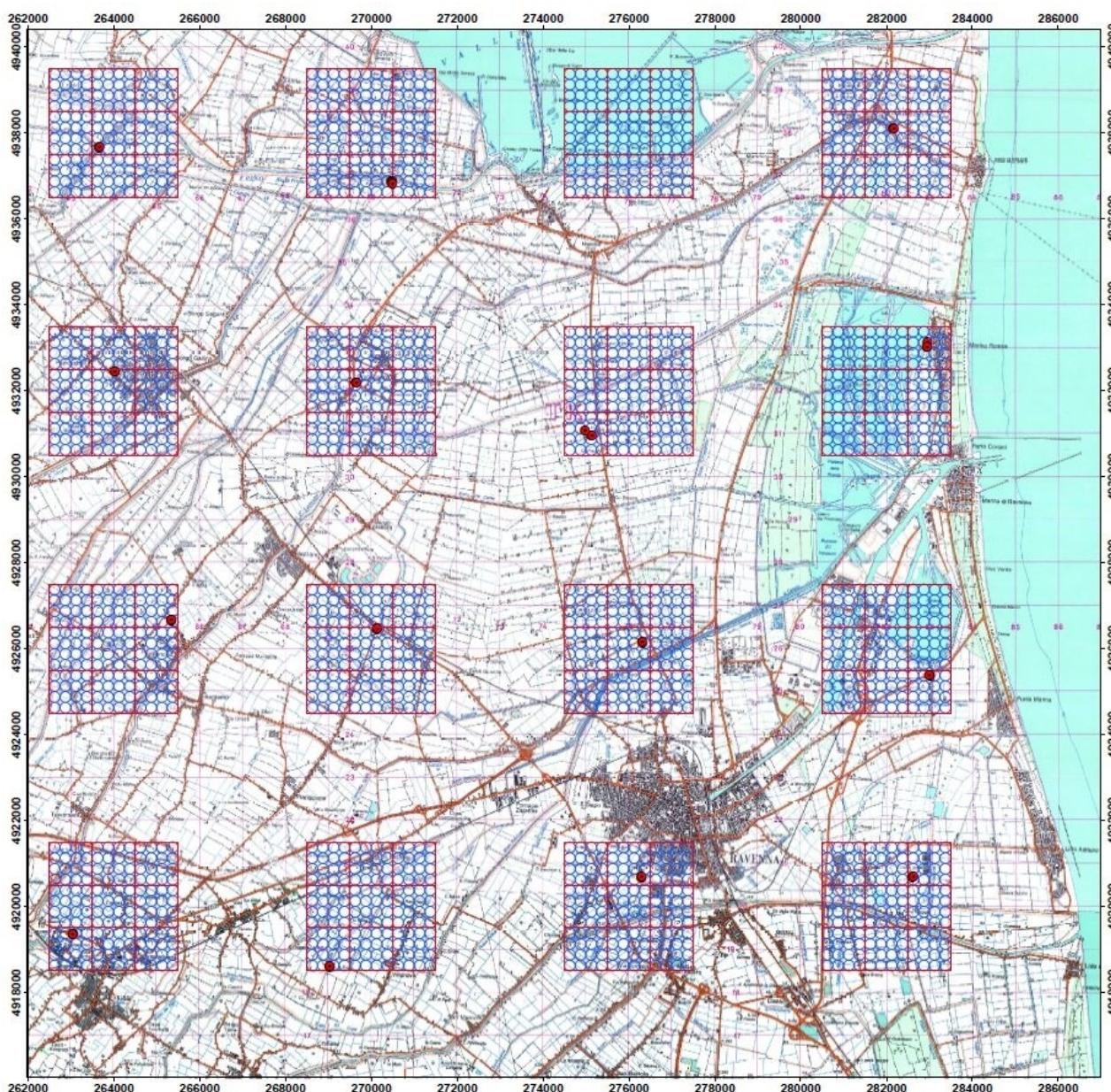


Fig 10 : Localizzazione degli alberi all'interno delle UCP - UCS




In Tabella 3 sono riportate le coordinate degli alberi suddivise per ciascuna UCP

UCP	Codice Forofita	Sistema ED50 UTM F33		Specie
		E	N	
1	F1	263056	4919348	<i>Tilia sp.</i>
	F2	263047	4919351	<i>Tilia sp.</i>
	F3	263031	4919349	<i>Tilia sp.</i>
2	F1	269030	4918596	<i>Tilia sp.</i>
	F2	269027	4918601	<i>Tilia sp.</i>
	F3	269023	4918603	<i>Tilia sp.</i>
3	F1	276289	4920674	<i>Tilia sp.</i>
	F2	276287	4920677	<i>Tilia sp.</i>
	F3	276290	4920685	<i>Tilia sp.</i>
4	F1	282601	4920670	<i>Tilia sp.</i>
	F2	282619	4920685	<i>Tilia sp.</i>
	F3	282634	4920688	<i>Tilia sp.</i>
5	F1	265360	4926602	<i>Tilia sp.</i>
	F2	265365	4926595	<i>Tilia sp.</i>
	F3	265368	4926588	<i>Tilia sp.</i>
6	F1	270127	4926450	<i>Tilia sp.</i>
	F2	270132	4926460	<i>Tilia sp.</i>
	F3	270134	4926468	<i>Tilia sp.</i>
7	F1	276317	4926127	<i>Q. robur</i>
	F2	276313	4926157	<i>Q. robur</i>
	F3	276312	4926161	<i>Q. robur</i>
8	F1	283024	4925370	<i>Q. robur</i>
	F2	283016	4925394	<i>Q. robur</i>
	F3	282988	4925393	<i>Q. robur</i>
9	F1	264034	4932449	<i>Q. robur</i>
	F2	264026	4932445	<i>Q. robur</i>
	F3	264021	4932441	<i>Q. robur</i>
10	F1	269640	4932199	<i>Tilia sp.</i>
	F2	269646	4932195	<i>Tilia sp.</i>
	F3	269653	4932194	<i>Tilia sp.</i>
11	F1	275124	4930957	<i>Q. robur</i>
	F2	275139	4930957	<i>Q. robur</i>
	F3	274981	4931085	<i>Q. robur</i>
12	F1	282955	4933141	<i>Q. robur</i>
	F2	282945	4933022	<i>Q. robur</i>
	F3	282947	4933030	<i>Q. robur</i>
13	F1	263662	4937663	<i>Tilia sp.</i>
	F2	263668	4937667	<i>Tilia sp.</i>
	F3	263667	4937670	<i>Tilia sp.</i>
14	F1	270462	4936869	<i>Q. robur</i>
	F2	270460	4936842	<i>Tilia sp.</i>
	F3	270493	4936822	<i>Q. robur</i>
16	F1	282150	4938114	<i>Tilia sp.</i>
	F2	282152	4938098	<i>Q. robur</i>
	F3	282169	4938110	<i>Tilia sp.</i>




Tab 3: Coordinate dei Forofiti di ogni UCP

4.1 Caratteristiche Principali delle Unità di Campionamento




UCP1

Codice stazione	UCP1	
Comune	Russi	
Località	S. Giacomo	
Indirizzo	Vicolo Carrarone, 42	
Descrizione	<p>In abitazione privata al civico 42. L'F1 è subito dopo l'ingresso a sinistra primo albero del primo filare. L'F2 e l'F3 sono rispettivamente il secondo e terzo albero del primo filare a sinistra.</p>	
Alberi	<p>F1 <i>Tilia sp.</i> F2 <i>Tilia sp.</i> F3 <i>Tilia sp.</i></p>	 <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> F 1 F 2 F 3 </div>




UCP2

Codice stazione	UCP2	
Comune	Russi	
Località	Villanova	
Indirizzo	Az. Agricola Rivalta	
Descrizione	<p>Ingresso della casa ad Est - 3 alberi fuori dalla recinzione, l'F1 è sull'angolo della recinzione gli altri due a seguire</p>	
Alberi	<p>F1 <i>Tilia sp.</i> F2 <i>Tilia sp.</i> F3 <i>Tilia sp.</i></p>	 <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> F 1 F 2 F 3 </div>






UCP3

Codice stazione	UCP3	
Comune	Ravenna	
Località	Ravenna	
Indirizzo	Incrocio via Suzzi e via Marconi	
Descrizione	Area verde di fronte alle strisce pedonali F1. L'F2 è il primo albero a destra di F1 mentre l'F3 è il terzo taglio a destra di F1.	
Alberi	F1 <i>Tilia sp.</i> F2 <i>Tilia sp.</i> F3 <i>Tilia sp.</i>	 F 1 F 2 F 3






UCP4

Codice stazione	UCP4	
Comune	Ravenna	
Località	Porto Fuori	
Indirizzo	Dal centro del paese si prende Via Bonifica, appena finito l'abitato si gira per la prima carraia sulla dex poi si gira alla prima a sin. Ci si trova alla casa del custode di un allevamento di suini	
Descrizione	Dall'abitazione parte un viale di tigli preceduto da una sbarra. Filare di sinistra terzo tiglio F2, l'F1 è il Tiglio di fronte sul filare di destra. F3 è il quinto tiglio sul filare di sinistra.	
Alberi	<p>F1 <i>Tilia sp.</i></p> <p>F2 <i>Tilia sp.</i></p> <p>F3 <i>Tilia sp.</i></p>	 <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> F 1 F 2 F 3 </div>




UCP5

Codice stazione	UCP5			
Comune	Bagnacavallo			
Località	Villanova			
Indirizzo	Via Chiesa			
Descrizione	<p>Viale di tigli di fronte al cimitero. Dal centro del paese si percorre tutto il viale fino in fondo. Il cimitero è destra e il filare di tigli a sinistra. L'ultimo albero è F1, il penultimo F2 e il terzultimo F3</p>			
Alberi	<p>F1 <i>Tilia sp.</i> F2 <i>Tilia sp.</i> F3 <i>Tilia sp.</i></p>			
		F 1	F 2	F 3

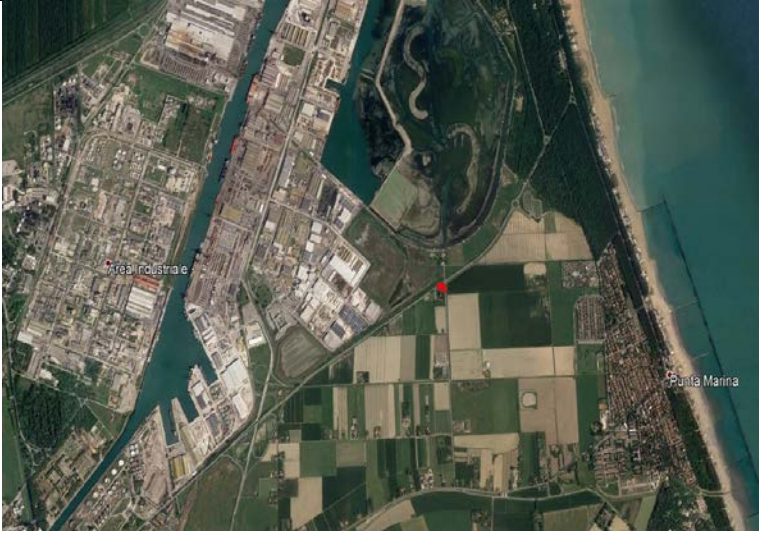


UCP6

Codice stazione	UCP6	
Comune	Ravenna	
Località	Piangipane/Camerlona	
Indirizzo	Via Piangipane 8/2	
Descrizione	<p>In abitazione privata, seconda casa a destra dopo l'incrocio con via Reale. L'F1 è il secondo taglio a sinistra, lato campo coltivato. F2 è il primo taglio sul lato destro della casa. F3 secondo taglio lato destro della casa, vicino alla panchina</p>	
Alberi	<p>F1 <i>Tilia sp.</i> F2 <i>Tilia sp.</i> F3 <i>Tilia sp.</i></p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;">    </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> F 1 F 2 F 3 </div>




UCP7

Codice stazione	UCP7			
Comune	Ravenna			
Località	Sant'Antonio			
Indirizzo	Via Tomba 2			
Descrizione	<p>Presso Cooperativa "La Pieve" l'F1 è la quercia sull'angolo S-E della casa. F2 è la seconda quercia del filare di entrata, lato destro casa mentre F3 è la prima quercia del filare</p>			
Alberi	<p>F1 <i>Q. robur</i> F2 <i>Q. robur.</i> F3 <i>Q. robur</i></p>	 <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> F 1 F 2 F 3 </div>		




UCP8

Codice stazione	UCP8	
Comune	Ravenna	
Località	Ravenna direzione Marina di Ravenna	
Indirizzo	Via Trieste angolo destro con via Idrovora abitazione in angolo a destra proveniente da Ravenna e andando verso Marina di Ravenna	
Descrizione	Boschetto di abitazione privata. F1 è l'ultimo albero del secondo filare da bordo strada. F2 è il quinto albero sul terzo filare da bordo strada. F3 è il primo albero del decimo filare da bordo strada.	
Alberi	<p>F1 <i>Q. robur</i></p> <p>F2 <i>Q. robur.</i></p> <p>F3 <i>Q. robur</i></p>	 <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> F 1 F 2 F 3 </div>




UCP9

Codice stazione	UCP9	
Comune	Alfonsine	
Località	Alfonsine	
Indirizzo	Via Liverani, 6 in Giardino pubblico	
Descrizione	<p>All'altezza del civico 6 l'F1 si trova sul lato opposto a 7 m da bordo strada, la prima quercia da sinistra, l'F2 è la quercia dietro a F1, a circa 15 m da bordo strada, F3 è la quercia dietro a F2, a circa 37 m da bordo strada</p>	
Alberi	<p>F1 <i>Q. robur</i> F2 <i>Q. robur.</i> F3 <i>Q. robur</i></p>	 <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> F 1 F 2 F 3 </div>

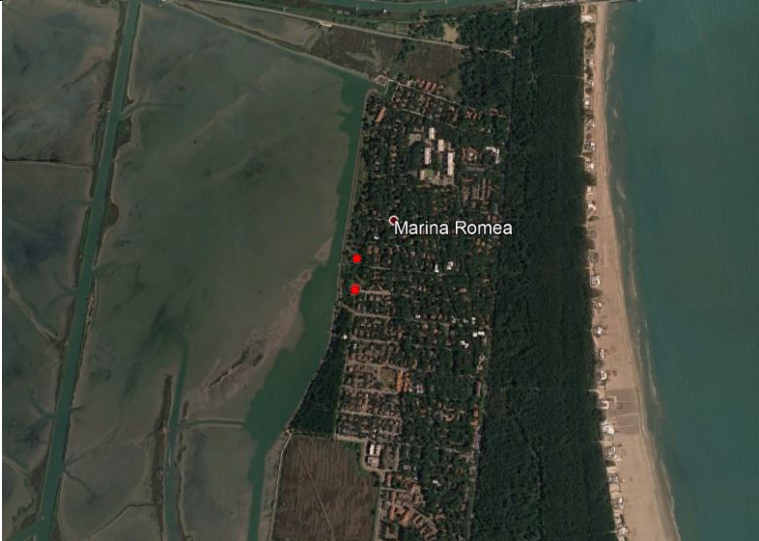


UCP10

Codice stazione	UCP10			
Comune	Ravenna			
Località	Savarna-Conventello			
Indirizzo	Via Scolo Pignatta, 6 (in Giardino pubblico all'incrocio con via Basilia)			
Descrizione	All'incrocio, giardino a sinistra in via Scolo Pignatta, dalla fine recinzione con paletti azzurri e catene: F1 Tiglio a 12 m dall'ultimo paletto, F2 è a 20m dallo stesso e F3 a 27m			
Alberi	F1 <i>Tilia sp.</i> F2 <i>Tilia sp.</i> F3 <i>Tilia sp.</i>	 <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> F 1 F 2 F 3 </div>		




UCP11

Codice stazione	UCP11	
Comune	Ravenna	
Località	San Romualdo	
Indirizzo	Piazzetta S. Romualdo (F1 e F2) Via Melica 27-29 (F3)	
Descrizione	F1: Piazza S. Romualdo Fra i civici 7-9 e 18-19 F2: Piazza S. Romualdo Fra i civici 7-9 e 18-19 tra le panchine F3: via Melica di fronte al civico 27-29 angolo parco giochi	
Alberi	F1 <i>Q. robur</i> F2 <i>Q. robur.</i> F3 <i>Q. robur</i>	 <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> F 1 F 2 F 3 </div>




UCP12

Codice stazione	UCP12			
Comune	Ravenna			
Località	Marina Romea			
Indirizzo	Via degli Aceri Boschetto vicino alla Piallassa			
Descrizione	<p>Percorrere tutta via degli Aceri (fine asfalto) inizio sentiero natura a F2 quercia a destra e F3 quercia a sinistra. Per l'F1 percorrere il sentiero natura per 10 m e girare a destra, dopo 144, Quercia a destra F1.</p>			
Alberi	<p>F1 <i>Q. robur</i> F2 <i>Q. robur.</i> F3 <i>Q. robur</i></p>	 <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> F 1 F 2 F 3 </div>		






UCP13

Codice stazione	UCP13		
Comune	Alfonsine		
Località	Alfonsine / Taglio Corelli argine sinistro Reno		
Indirizzo	Argine sinistro Reno		
Descrizione	Argine sinistro in corrispondenza del ponte, l' F1 è il Tiglio a 20 m dallo stesso in golena mentre F2 è a 26 m dal ponte l'F3 è a 27m dal ponte quasi a centro golena.		
Alberi	F1 <i>Tilia sp.</i> F2 <i>Tilia sp.</i> F3 <i>Tilia sp.</i>	 <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> F 1 F 2 F 3 </div>	

UCP14

Codice stazione	UCP14	
Comune	Alfonsine	
Località	Alfonsine (argine destro Senio)	
Indirizzo	Via Destro Senio, 94	
Descrizione	<p>F1 è la quercia vicino alla legnaia.</p> <p>F2 è il Tiglio che ti trovi a destra quanto è finita la discesa dall'argine, sul lato Ovest della casa.</p> <p>F3 è la quercia che si trova sul retro della casa dal pozzo 10 m in direzione sud</p>	
Alberi	<p>F1 <i>Q. robur</i></p> <p>F2 <i>Tilia sp.</i></p> <p>F3 <i>Q. robur</i></p>	 <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> F 1 F 2 F 3 </div>

UCP16

Codice stazione	UCP16			
Comune	Ravenna			
Località	Casal Borsetti			
Indirizzo	Via Argine Sinistro Lamone Abbandonato			
Descrizione	<p>Piazzale in area privata, prima dell'abitazione:</p> <p>F1 è il tiglio sul lato sinistro dello spiazzo a 18 m dalla strada. F2 è la quercia al centro dello spiazzo a 12 m da bordo strada F3 e il tiglio sul lato destro dello spiazzo a 34 m dalla strada</p>			
Alberi	<p>F1 <i>Tilia sp.</i></p> <p>F2 <i>Q. robur</i></p> <p>F3 <i>Tilia sp.</i></p>	 <p data-bbox="708 1912 746 1944" style="text-align: center;">F 1</p>	 <p data-bbox="1002 1912 1040 1944" style="text-align: center;">F 2</p>	 <p data-bbox="1289 1912 1327 1944" style="text-align: center;">F 3</p>

4.3 Caratterizzazione della flora lichenica

L'elenco delle specie licheni rilevato nel corso dello studio è di per sé in grado di fornire interessanti informazioni, attraverso la conoscenza delle affinità ecologiche dei licheni.

In base alla presenza/assenza di alcune comunità si possono identificare elementi idonei a evidenziare fenomeni locali di eutrofizzazione o acidificazione del substrato (la scorza dell'albero) che agiscono in modo diversificato nelle varie porzioni del tronco e in funzione dell'ubicazione rispetto a fonti d'inquinamento e dei venti dominanti.

Nel corso di questo lavoro sono stati rilevati 30 *taxa* lichenici e per quel che riguarda la loro identificazione, si dettaglia che:

- tre campioni, (corrispondenti a 20 frequenze assolute su 3 UCP) sono stati identificati a livello di genere: *Lecanora* sp., *Ramalina* sp., *Lepraria* sp.;
- i restanti 27 sono stati identificati a livello specifico.

In Figura 11 sono riportate le frequenze delle varie specie per Unità di Campionamento: 4 sono presenti in tutte le stazioni rilevate (15) : *Hyperphyscia adglutinata*, *Lecidella elaeochroma*, *Physcia adscendens* e *Xanthoria parietina*; molto comuni anche *Micarea prasina*, *Phaeophyscia orbicularis*, presenti in 14 UCP, e *Lecanora chlarotera* presente in 13 delle stazioni campionate.

In Figura 12 sono riportate le frequenze assolute delle singole specie, dalla quale si evince che le specie con la maggiore frequenza sono: *Hyperphyscia adglutinata*, *Physcia adscendens*, *Xanthoria parietina*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Lecidella elaeochroma* e *Candelaria concolor*.

Dalla lettura di questi dati, si può desumere, nonostante non siano stati effettuati gli idonei rilievi fitosociologici, che le specie presenti si associno alle comunità dello *Xanthorion* di cui fanno parte specie comuni in luoghi antropizzati, e del *Lecanorion* che comprende specie crostose pioniere, anche queste frequenti in luoghi antropizzati che spesso si mescolano e precedono le specie *Xanthorion*. Tali comunità sono fortemente eliofile, xerofile, neutro-basifile e nitrofile, ed in genere presenti in ambienti antropizzati, quali centri urbani e campi agricoli. Nel caso di alberi isolati su superfici piane prevalgono sul lato esposto a Sud dove c'è maggior irraggiamento solare.

Oltre alle specie più frequenti e comuni, sono state rinvenute anche altre, più sensibili all'attività umana: *Evernia prunastri*, *Parmelina tiliacea*, *Punctelia borreri*, *Flavoparmelia caperata*, che presentano affinità ecologiche diverse: sono mesofite e sub-acidofile ed è possibile trovarle anche in ambienti antropizzati, ma soltanto dove lo permettano le condizioni di umidità atmosferica.

Numero di UCP in cui è presente la specie

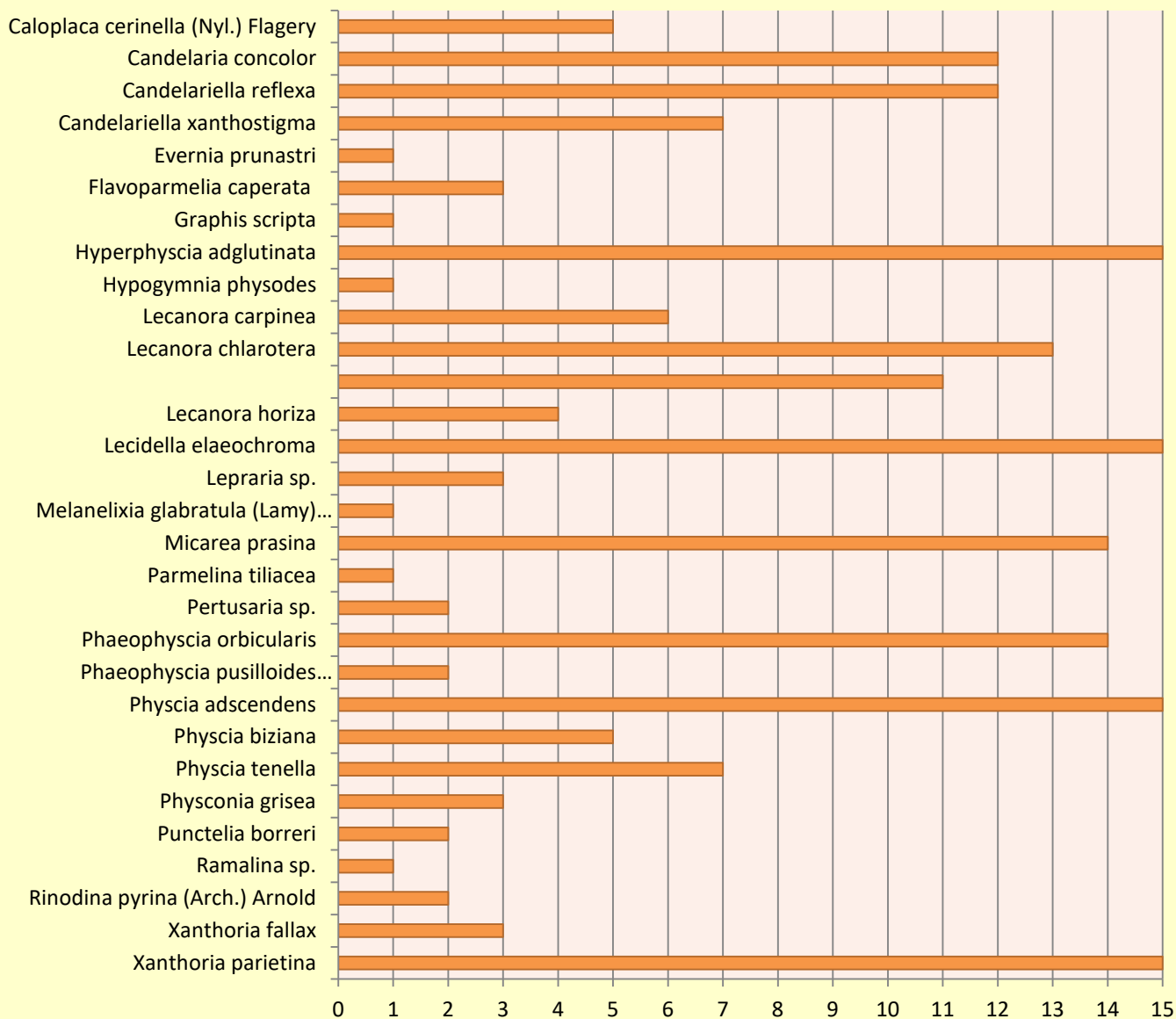


Fig 11: Presenza di ciascuna specie nelle stazioni rilevate

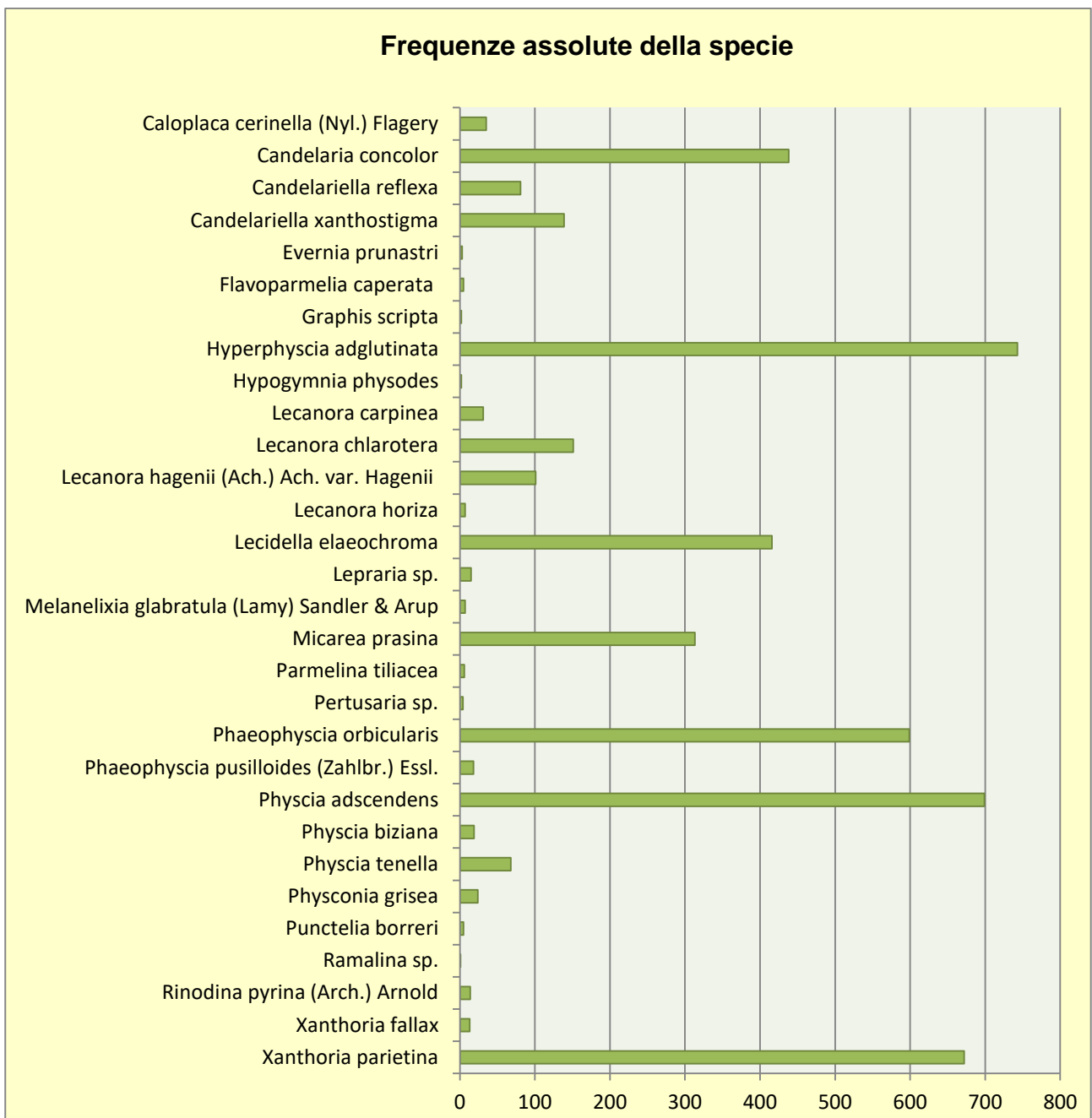


Fig 12: Frequenze assolute di ciascuna specie

Nel grafico in Figura 13 sono illustrate le frequenze assolute delle varie specie, suddivise per forma del tallo. Nello specifico le specie a tallo crostoso (27,9%) e a tallo foglioso a lobi stretti (56,6%) costituiscono assieme l'84,5% del totale delle frequenze assolute.

Le specie pioniere hanno prevalentemente forme di crescita crostose o fogliose a lobi stretti mentre le specie di maggior pregio sono spesso fogliose a lobi larghi o fruticose.

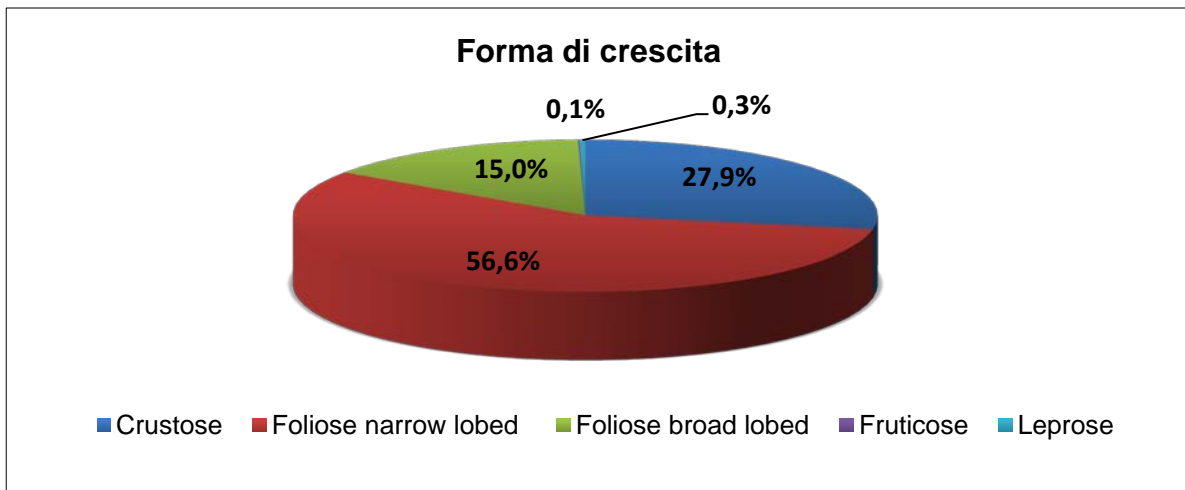


Fig 13: Frequenze assolute in relazione alla forma del tallo

Interessante anche valutare la presenza di specie rare per l'area Padana, definite da:

- Nimis P.L., 2016 *The Lichens of Italy. A Second Annotated Catalogue* EUT Trieste 739 pp –
- P.L. Nimis & S. Martellos, 2017: *ITALIC - The Information System on Italian Lichens. Version 5.0.* University of Trieste, Dept. of Biology, <http://dryades.units.it/italic>;

come riportato in Figura 14: dal quale si rileva che circa il 15% delle frequenze assolute, che comprendono 16 specie delle 30 rilevate, è costituito da specie classificate come: rare (4% - 4 specie), molto rare (0,3% - 1 specie), estremamente rare (9,1% - 8 specie), e assenti (0,8% - 3 specie). In particolare si segnala la presenza di *Micarea prasina* specie classificata come estremamente rara in area Padana la cui frequenza rilevata nel presente studio è rilevante e costituisce il 6,8% delle frequenze assolute; caso simile per *Lecanora hagenii* (Ach.) Ach. var. *Hagenii* specie piuttosto rara che ha una frequenza del 2,2%.

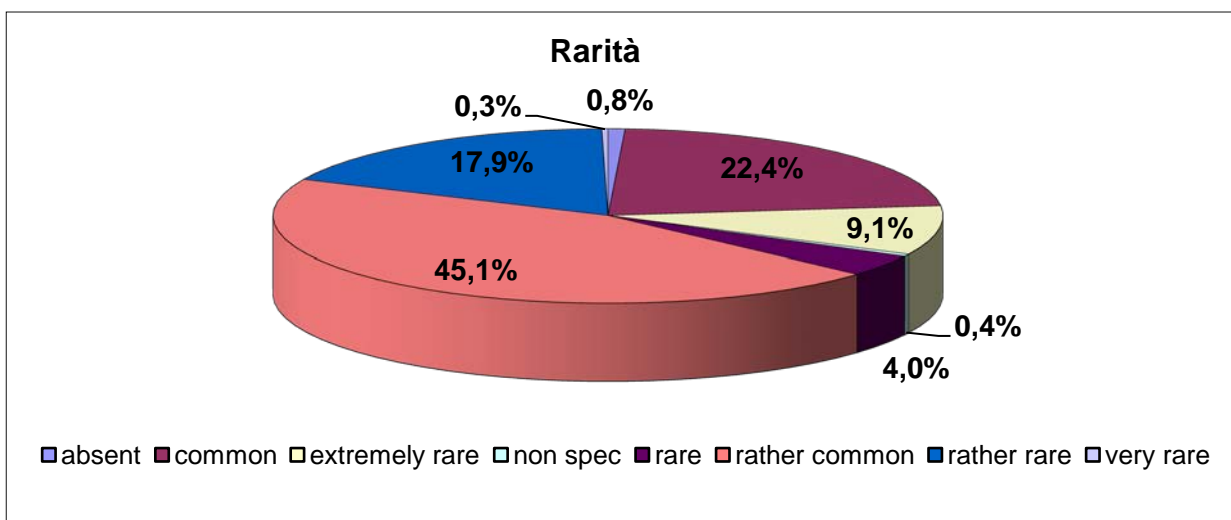


Fig 14: Frequenze assolute in relazione alla "rarità" della specie per l'area padana

4.4 Elaborazioni dei dati e classificazione delle stazioni

In Figura 15 si riportano i dati di Biodiversità Lichenica di ciascun albero, per ogni UCP, dalla quale rileva che le stazioni con i valori più "anomali" sono la UCP3, la UCP8 e la UCP16 dove due alberi presentano valori di IBL notevolmente più bassi, che arrivano ad essere circa la metà rispetto al terzo albero per la UCP3, nonostante questi alberi fossero distanziati solo di qualche metro. Una situazione opposta si presenta nelle UCP4, UCP5, UCP11 e UCP13 dove due alberi hanno valori elevati di I.B.L. mentre il terzo presenta valori molto più bassi. Nelle UCP6 e UCP14 i valori dei 3 alberi sono abbastanza diversificati fra loro mentre nelle restanti stazioni (UCP 1, 2, 7, 9, 10, 12) l'andamento dei valori di IBL per i singoli alberi all'interno della stessa è analogo.

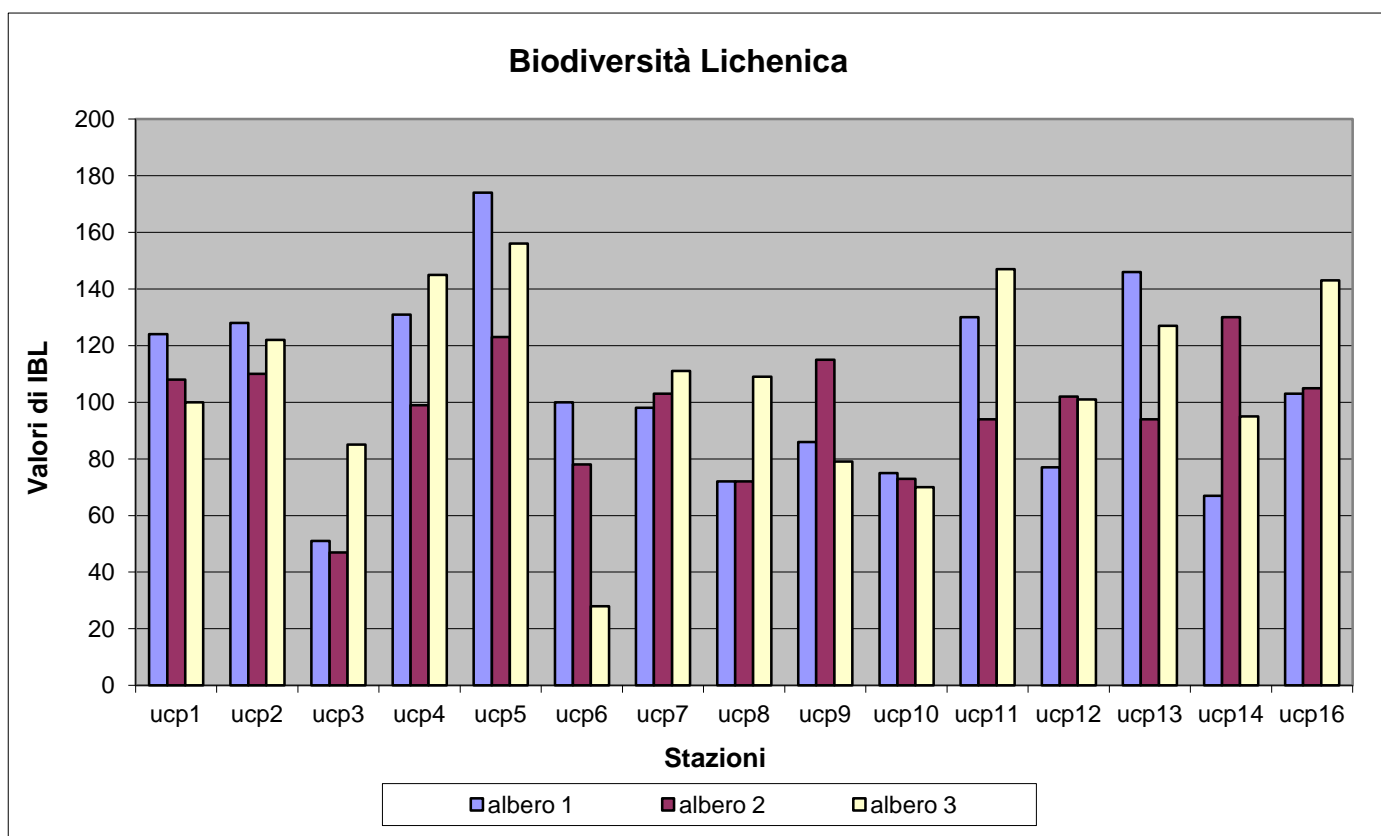


Fig 15: Valori di IBL per stazione per singolo albero

Nella Figura 16, sono riportati i valori di biodiversità lichenica per ogni esposizione, per ogni UCP, dalla quale si evince che il contributo maggiore all'I.B.L. di ogni stazione è dato, nella maggior parte dei casi dall'esposizione Nord, dove sono presenti condizioni di maggiore umidità e minor esposizione alla radiazione solare, diversamente da quanto accade nell'esposizione Sud, che nella maggior parte delle stazioni presenta il valore più basso di I.B.L. all'interno della stazione stessa.

Biodiversità Lichenica per esposizione

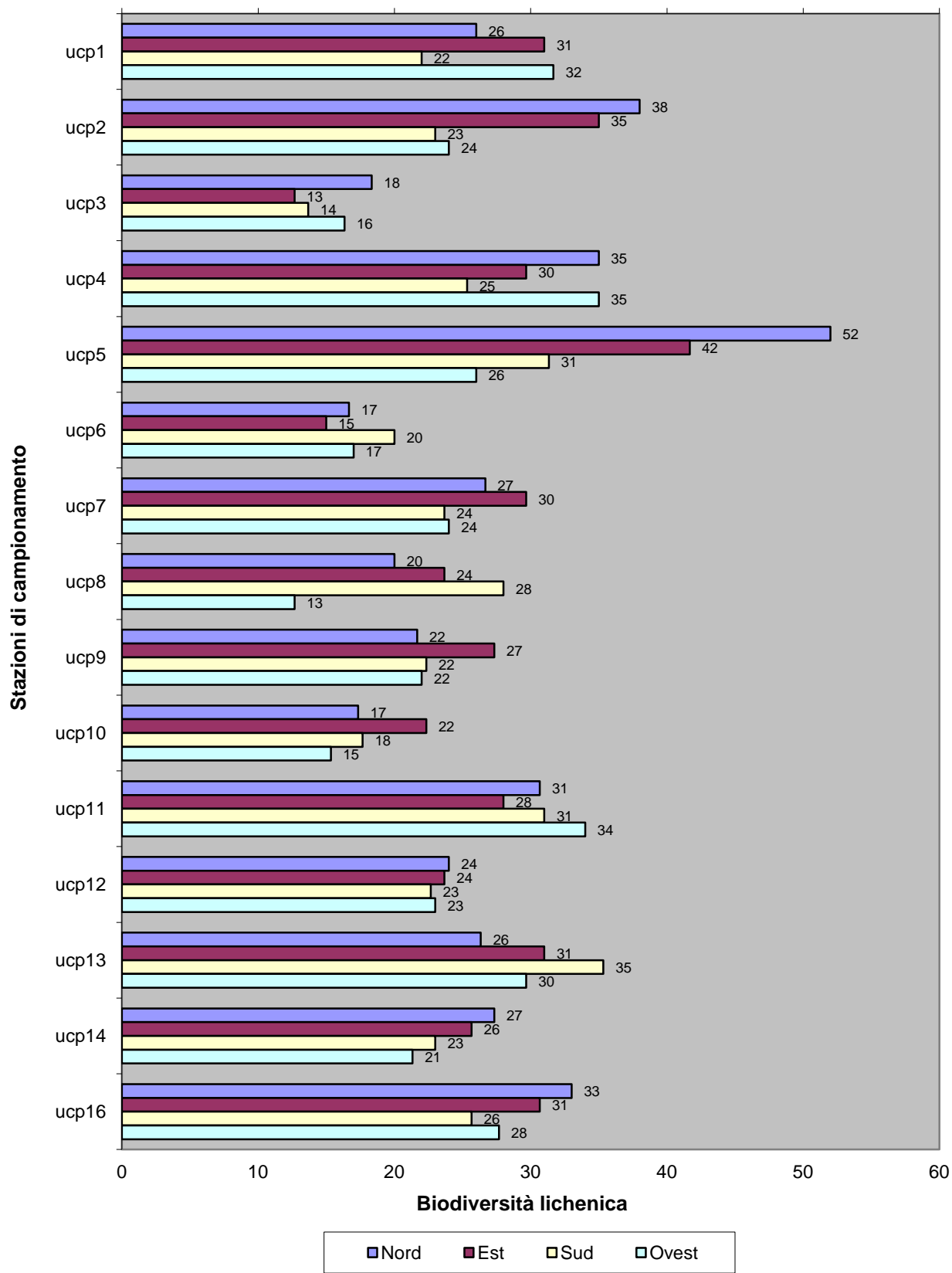


Fig 16: Valori di IBL per esposizione

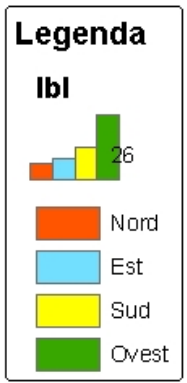


Fig 17: Mappa dei valori di IBL per esposizione

In Figura 17 i valori di I.B.L. per ogni esposizione per ogni stazione sono riportati su mappa per avere una visione immediata della collocazione delle UCP in quanto dati dei rilievi effettuati nelle singole stazioni, oltre al valore di biodiversità lichenica, possono fornire importanti informazioni sulla variazione di diversi parametri ambientali nelle aree di studio. In una situazione come quella presente nell'area di studio in cui spesso abbiamo a che fare con alberi isolati esposti a 360° su territorio pianeggiante si suppone che la colonizzazione lichenica, se non influenzata da altri fattori di origine antropica, sia favorita in condizioni di umidità maggiore: l'esposizione diventa dunque un fattore determinante. Questo è ben osservabile nella UCP 5, stazione in cui si è registrato il valore massimo di IBL, e dove gli alberi campionati sono ubicati in area periferica isolata e lontano da sorgenti di emissione di inquinanti atmosferici.

Situazione opposta, si riscontra nelle due UCP con i valori più bassi di IBL, (escludendo la UCP3 che è nell'area urbana di Ravenna): che sono rispettivamente la UCP6 e la UCP10 nelle quali il settore Nord non corrisponde a quello con maggior biodiversità, in questo caso il risultato potrebbe essere influenzato dalla presenza di fonti locali di inquinamento/disturbo come nello specifico la vicinanza degli alberi a strade a traffico intenso.

In Figura 18 si riporta l'andamento dei valori di Biodiversità Lichenica delle singole stazioni, mentre nella tabella successiva, (Tab.4) oltre ai valori di I.B.L. per ciascuna UCP, sono indicate le deviazioni standard e coefficiente di variazione percentuale.

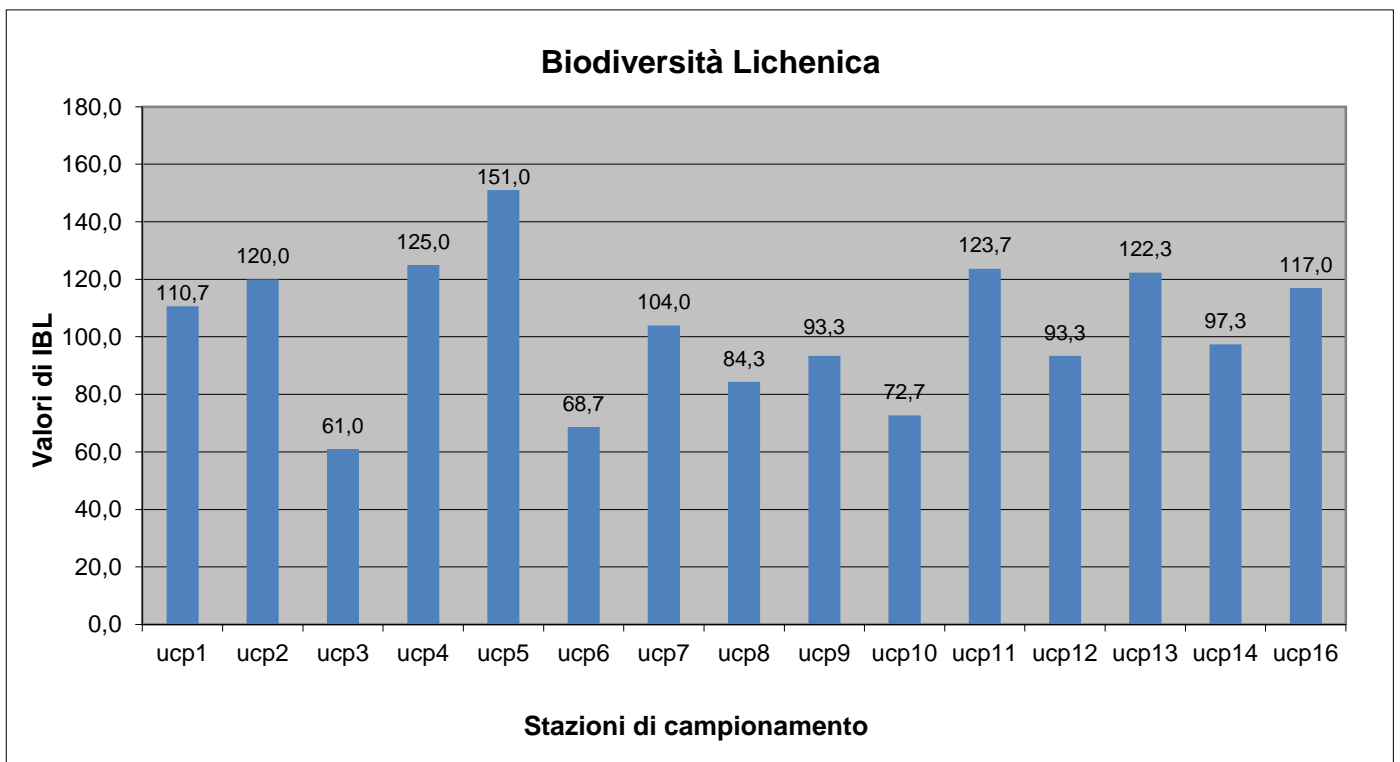


Fig 18: Grafico dei valori di IBL per stazione

UCP	IBL	deviazione standard	c.v. %
1	110,7	12,2	11,0
2	120,0	9,2	7,6
3	61,0	20,9	34,2
4	125,0	23,6	18,9
5	151,0	25,9	17,1
6	68,7	36,9	53,7
7	104,0	6,6	6,3
8	84,3	21,4	25,3
9	93,3	19,1	20,5
10	72,7	2,5	3,5
11	123,7	27,1	21,9
12	93,3	14,2	15,2
13	122,3	26,3	21,5
14	97,3	31,6	32,4
16	117,0	22,5	19,3

Tab 4: Valori di IBL e parametri statistici per stazione

Gli I.B.L. rilevati variano da un massimo di 151,0 (UCP5) ad un minimo di 61,0 (UCP3). I valori minori si trovano: in corrispondenza del centro urbano della città di Ravenna (UCP3), nelle stazioni a Nord Ovest dello stesso: UCP6 e UCP10, e nella stazione a Nord che comprende l'area portuale-industriale (UCP8).

I valori di deviazione standard variano da un minimo di 2,5 per la UCP10 ad un massimo di 36,9 per la UCP6, nella quale un albero presenta un valore inferiore di oltre la metà rispetto agli altri due, pur essendo distanziati spazialmente solo di qualche metro, e posti sul fronte di una strada al elevato traffico veicolare.

Il valore medio della deviazione standard è di 20,0 in linea con il valore rilevato su studi effettuati in precedenza in altre province della Pianura Padana (Lazzarin 2005; Lazzarin 2009) tale valore ci indica che i dati rilevati nelle vari stazioni sono attendibili.

Il coefficiente di variazione percentuale varia da un minimo di 3,5 per la UCP10 ad un massimo di 53,7 per la UCP6. Analogamente alla UCP10 anche le UCP3 e UCP14 presentano valori piuttosto alti di c.v., rispettivamente pari a 34,2 per la UCP3 e 32,4 per la UCP14. C'è da osservare comunque che due di queste stazioni (UCP3 e UCP6) sono quelle che hanno i valori di IBL più bassi, pertanto è evidente quanto una anche minima variazione fra i tre alberi influisca pesantemente su questo coefficiente.

4.5 Interpretazione dei dati

Per valutare in modo corretto le aree con maggiore alterazione, è importante interpretare opportunamente i valori di I.B.L., pertanto per avere una percezione immediata della distribuzione della biodiversità lichenica sul territorio, ed evidenziare i suoi trend spaziali, sono state elaborate delle mappe di naturalità/alterazione. A tal proposito le linee-guida suggeriscono l'uso di un programma, che utilizza metodi d'interpolazione per cui l'influenza di un punto sugli altri è inversamente proporzionale alla distanza tra di essi (algoritmo Kriging). In questa indagine il punto è rappresentato dall'UCP, individuata dalle coordinate bidimensionali e caratterizzata da una classe qualitativa e da un colore, come descritto nella Metodica (Tabella 2 Paragrafo. 3.4) e di seguito riportata:

Classi di alterazione	IBL	Colore
Molto alta	61-79	Red
Alta	80 - 98	Orange
Moderata	99 - 117	Yellow
Bassa	118 - 136	Green
Molto Bassa	>137	Blue

La mappa di naturalità/alterazione dell'area di studio è stata eseguita con il software Serfer 8 (Figura 19) che permette di determinare un valore predittivo anche nelle aree in cui non è stato possibile effettuare i campionamenti, in quanto l'algoritmo utilizza metodi di interpolazione per cui l'influenza di un punto sugli altri è inversamente proporzionale alla distanza fra essi. Per via del tipo di tale elaborazione, previsto dalle linee-guida, non si può riscontrare la totale corrispondenza tra l'informazione puntiforme e la ricostruzione cartografica ottenuta dall'interpolazione dei dati, che privilegia la tendenza. Poiché nell'UCP15, non sono stati trovati alberi idonei al campionamento, si è considerato il valore di biodiversità di questa stazione affine alle UCP confinanti decidendo quindi di non attribuirle il valore I.B.L.=0 che, considerato l'approccio proposto per l'interpretazione, avrebbe influenzato negativamente anche le UCP contigue determinando un evidente falso. L'area risulta caratterizzata da zone con alterazione alta che si trovano in corrispondenza del centro urbano di Ravenna (UCP3): tale valore è da attribuire sia alla maggior concentrazione di inquinanti aerodispersi, che ci si aspetta di trovare in un centro cittadino, ma anche all'effetto aggiuntivo dell'isola di calore, tipico delle zone densamente abitate, più aride e meno esposte alla circolazione di correnti d'aria. È noto infatti come, a parità di alterazione, le condizioni microclimatiche, condizionino la diversità lichenica, che è maggiore nei settori più umidi.

Valori bassi di IBL si riscontrano anche nelle due UCP a Nord-Ovest della città di Ravenna (UCP6 e UCP10): tali valori potrebbero essere influenzati dalla presenza di strade ad elevato traffico veicolare in prossimità delle stazioni oppure anche dall'apporto di inquinanti dall'area portuale industriale, che si intensifica nella stagione primavera-estate quando la direzione di venti prevalenti, che sono anche quelli più forti, arriva da E-SE. Valori di naturalità alta che corrispondono ad un'alternazione "molto bassa" o "bassa" si riscontrano nelle UCP5, UCP2 e UCP13 nelle aree ad ovest della Provincia e nella zona est: UCP4, UCP11 e UCP16.

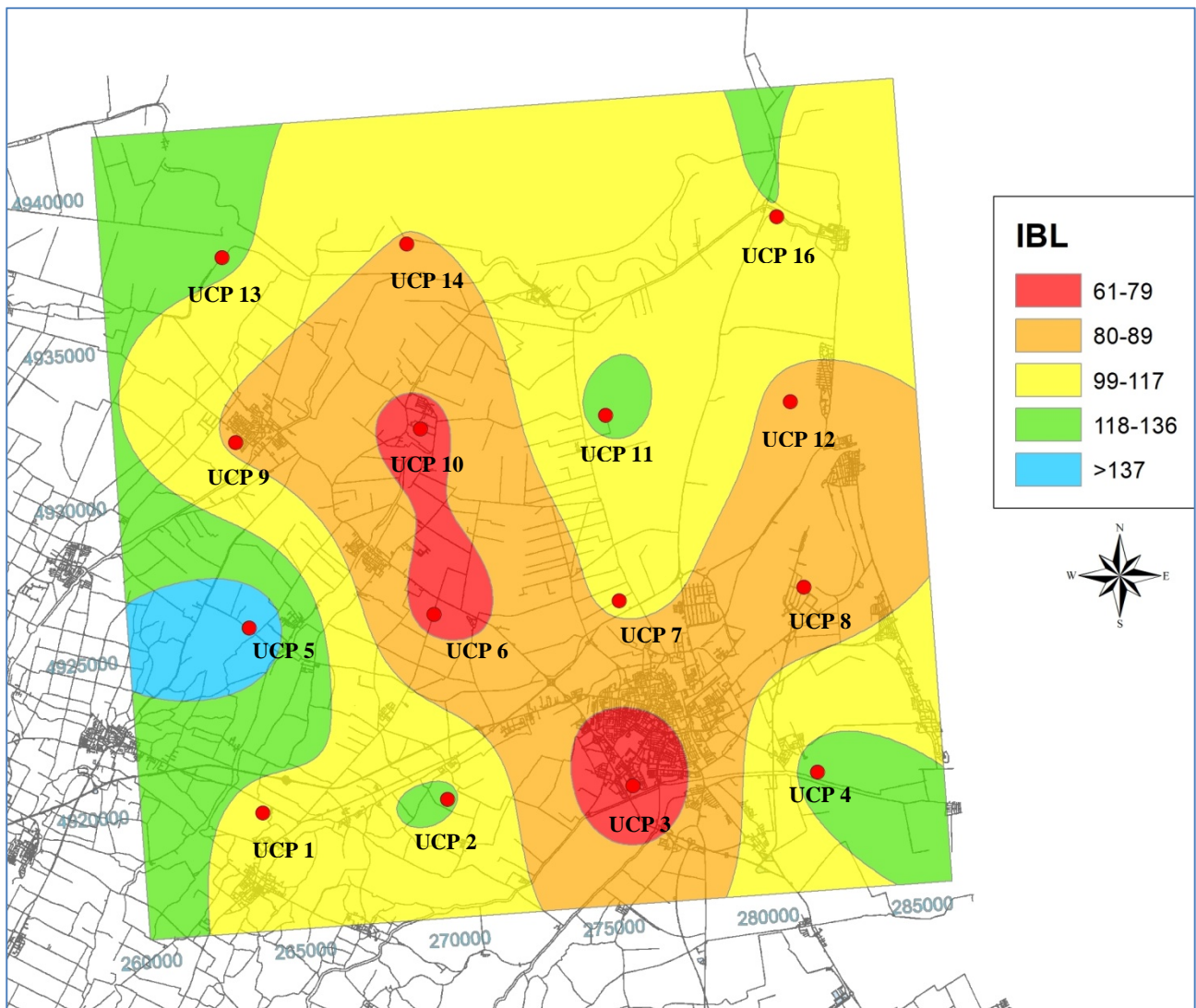


Fig 19: Mappa IBL

Di seguito si riportano le considerazioni relative a ciascuna UCP.

- **UCP1:** Alterazione moderata. Nonostante il valore di I.B.L. non sia di quelli più alti rilevati si segnala la presenza di specie licheniche quali *Lecanora horiza* e *Phaeophyscia pusilloides* (Zahlbr.) Essl. classificate come assenti nell'Area Padana, e specie come *Micarea prasina*, *Punctelia borreri* e

Lecanora hagenii (Ach.) Ach. var. *Hagenii* che sono rispettivamente classificate come estremamente rare e piuttosto rare per quest'area.

- **UCP2:** Bassa alterazione. Il valore di I.B.L. è tra i maggiori rilevati (120) e molto simile in tutti e tre i tigli analizzati. Degne di nota sono le presenze di specie licheniche classificate come piuttosto rare per l'area Padana: *Lecanora carpinea* e *Lecanora chlarotera* *Physconia grisea*; rare: *Candelariella xanthostigma*; estremamente rare: *Micarea prasina*, *Flavoparmelia caperata*, *Physcia tenella*; Assenti: *Xhantoria Fallax*.
- **UCP3** Alterazione molto alta. È la stazione con il valore di I.B.L. più basso rilevato (61) nello studio, i valori dei primi due alberi sono simili (Albero1=51; Albero2=47) e più bassi del terzo tiglio (Albero3=85) dove è stata rilevata, nel solo quadrante Nord la presenza dell'unica specie classificata come estremamente rara per l'Area Padana: *Micarea prasina*. Le altre specie licheniche rilevate sono quasi tutte crostose o fogliose a lobi stretti che sono anche quelle meno sensibili alle concentrazioni di inquinanti nell'aria, d'altronde questa stazione è ubicata nell'area urbana di Ravenna ed è quindi quella che più risente dei contributi delle singole sorgenti emissive e dell'effetto "isola di calore".
- **UCP4** Alterazione bassa. Il valore di I.B.L. è tra i più alti rilevati (125), ma oltre il 96% delle frequenze assolute è composto da specie nitrofile, tale risultato è coerente con l'ubicazione della stazione che si trova in una area agricola nei pressi di un allevamento di suini, area in cui è prevedibile ci sia una maggior concentrazione di composti azotati. Da segnalare la presenza di *Lecanora horiza*, specie classificata come assente nell'area Padana.
- **UCP5** Alterazione molto bassa. È la stazione con il valore di I.B.L. più alto (151). Sono state rilevate 25 specie diverse di licheni e oltre il 60% sono classificate come: rare, estremamente rare, molto rare, piuttosto rare o assenti per l'area Padana. In particolare si segnala la presenza di *Evernia prunstri*, l'unica in tutta l'area d'indagine, lichene fruticoso, estremamente sensibile all'inquinamento atmosferico. Altre specie fogliose a foglia larga come: *Punctelia borreri*, *Parmelina tilliacea*, *Melanelixia glabratula* (Lamy) Sandler & Arup, *Hypogymnia physodes* (tutte specie rilevate solo in questa UCP) e *Flavoparmelia caperata*: queste specie preferiscono condizioni ambientali con maggior umidità e sono maggiormente sensibili a fenomeni di inquinamento atmosferico.
- **UCP6** Alterazione molto alta. È una delle stazioni con valore di I.B.L. più basso rilevato (68,7) nello studio; i valori dei primi due alberi sono simili (Albero1=100; Albero2=78) e più alti del terzo tiglio (Albero3=28) che presenta un valore più che dimezzato rispetto agli altri due. La stazione è posta vicino ad una strada al intenso traffico. Non si rilevano specie di pregio naturalistico se non per un'eccezione *Micarea prasina*, presente, nel solo quadrante Nord dell'Albero 2.
- **UCP7** Alterazione moderata. Il valore di I.B.L. è praticamente lo stesso su tutti e tre gli alberi: tre querce, ubicate in area agricola, nel parcheggio di un vivaio. Non sono presenti specie di particolar

pregio naturalistico, ad eccezione dell'orami consueta *Micarea prasina* e *Physcia Biziana*, quest'ultima presente unicamente nell'albero 3.

- **UCP8** Alterazione alta. Il valore di I.B.L. è più alto nell'albero 3 rispetto ai primi due e sempre in questa quercia, si sono trovate alcune specie come *Caloplaca cerinella* (Nyl.) Flagey e *Rinodina pyrina* (Arch.) Arnold e *Physcia tenella* (presenti entrambe anche nell'albero 2), classificate rispettivamente come, rare, molto rare ed estremamente rare per l'area Padana. La stazione è ubicata a nord-est della città di Ravenna, immediatamente sopra all'area industriale-portuale. La diffusione degli inquinanti emessi dalla vicina area industriale può essere causa di un minor valore di biodiversità lichenica anche se è degna di nota la presenza di alcune specie rare per quest'area.
- **UCP9** Alterazione alta. I valori di I.B.L., sono più bassi negli alberi 1 e 3 di un circa 30% rispetto all'albero 2 dove si rileva la presenza di due specie classificate come estremamente rara: *Micarea prasina*, e rara: *Lecanora hagenii* (Ach.) Ach. var. *Hagenii*, per l'Area Padana. La stazione è ubicata all'interno del tessuto urbano della cittadina di Alfonsine in un parco pubblico in prossimità dello stadio, in un area residenziale a basso traffico veicolare.
- **UCP10** Alterazione molto alta. È una delle stazioni con I.B.L. più basso rilevato (72,7) nello studio, in linea con il valore della UCP6 posizionata a sud. I valori di I.B.L. dei tre alberi sono molto simili, questi ultimi sono tutti ubicati in un parchetto pubblico all'incrocio con una strada piuttosto trafficata. Non si rilevano specie di pregio naturalistico.
- **UCP11** Alterazione bassa. Il valore di IBL è tra i più alti rilevati (123,7) anche se non c'è una grande varietà di specie come per la UCP 5, infatti qui sono state rilevate solo 11 specie, meno della metà rispetto alle 25 della UCP 5. Degne di nota la *Caloplaca cerinella* (Nyl.) Flagey e la *Lecanora hagenii* (Ach.) Ach. var. *Hagenii* presenti entrambe nell'albero 3, che è anche quello con I.B.L. maggiore, e *Micarea prasina* presente in tutti gli alberi. La stazione è ubicata all'interno dell'abitato di un piccolo paesino di campagna, lontano da emissioni industriali.
- **UCP12** Alterazione alta. Il valore di IBL non è molto elevato (93,3) ma è comunque degna di nota la presenza di *Ramalina* spp., l'unica in tutta l'area d'indagine, lichene fruticoso, molto sensibile all'inquinamento atmosferico e la presenza di *Lepraria* spp. La stazione è ubicata ai margini della località costiera di Marina Romea, in un'area confinante con l'area naturale del Piassassa Baiona.
- **UCP13** Alterazione bassa. Il valore di I.B.L. è tra i più alti rilevati (122,3) e la situazione è simile alla UCP11m, pertanto anche qui non c'è una grande varietà di specie come per la UCP 5, infatti sono state rilevate 11 specie. Degne di nota la *Caloplaca cerinella* (Nyl.) Flagey e la *Lecanora hagenii* (Ach.) Ach. var. *Hagenii* e *Micarea prasina* presente in tutti gli alberi. La stazione è ubicata in un'area rurale lontano da centri abitati.

- **UCP14** Alterazione alta. Nonostante il valore di I.B.L. non è molto elevato (97,3) si segnala la presenza di un numero elevato di specie: 16 ed alcune classificate come estremamente rare: *Graphis scripta* (unica stazione in cui è presente) *Lecanora hagenii* (Ach.) Ach. var. *Hagenii*, *Physcia biziana*, *Flavoparmelia caperata* e *Micarea prasina*. Gli alberi sono ubicati nel giardino di un'abitazione di campagna in area agricola, posta sull'argine del fiume Senio.
- **UCP15** Alterazione moderata. Come premesso, in questa unità di campionamento non sono stati trovati alberi idonei. Il valore di alterazione è stato attribuito alla stazione in questione dal programma di interpolazione dei dati rilevati nelle altre stazioni adiacenti UCP 14 e UCP 15.
- **UCP16** Alterazione moderata. Il valore di IBL è di un poco maggiore (117) rispetto alla UCP 14 anche se il numero di specie è sostanzialmente lo stesso, ed alcune classificate come estremamente rare: *Lecanora hagenii* (Ach.) Ach. var. *Hagenii*, *Physcia biziana*, e *Micarea prasina*. Gli alberi sono ubicati in un piazzale ghiaiato di un'abitazione di campagna posta sull'argine del fiume Lamone.

4.6 Confronto con simulazioni modellistiche

Dall'analisi della modellistica eseguita con modello ADMS Urban (Figure 20 e 21), applicato alle sorgenti presenti sul tutto il territorio provinciale: camini industriali con emissioni di Ossidi di Azoto e Biossido di Zolfo, traffico veicolare e impianti da riscaldamento, si evidenzia che:

- I valori di SO₂ sono espressi come media annuale (Figura 20), e se vengono confrontati con il valore definito dalla normativa vigente come livello critico per la vegetazione che è di 20 µg/m³ come media annuale, si può notare che sono inferiori su tutto il territorio d'indagine. Le concentrazioni maggiori, arrivano a 15 µg/m³, e riguardano la zona a Sud-Ovest della Provincia. Concentrazioni tra 10-12 µg/m³ si hanno nella zona a Sud della Città di Ravenna e a Nord-Est della stessa, in corrispondenza dell'area industriale-portuale.
- I valori di NO_x espressi come media annuale (Figura 21) e se confrontati con il valore di livello critico per la vegetazione definito dalla normativa vigente che è di 30 µg/m³ come media annuale, si può desumere che solo nelle zone più a nord dell'area di studio sono rispettati tali livelli. Le concentrazioni maggiori, (superiori ai 100 µg/m³) si trovano nell'area della città di Ravenna e nella zona a Sud-Ovest della stessa.

Il confronto con la mappa di naturalità/alterazione prodotta con i valori di biodiversità lichenica evidenzia che le stazioni con maggior alterazione sono quelle del centro della città di Ravenna (UCP3) e quelle poste a Nord-Ovest dello stesso (UCP6 e UCP10), suggerendo l'influenza del trasporto di inquinanti dall'area industriale, in

particolare, quando il vento prevalente proviene dai settori Sud-Ovest, che come si deduce dalle rose dei venti stagionali riportate in Figura 3, sono quelli a maggior intensità e che si concentrano nelle stagioni Primavera-Estate. La diffusione degli inquinanti emessi dalla vicina area industriale può essere causa di un minor valore di biodiversità lichenica nella stazione UCP8 la cui ubicazione comprende parte dell'area industriale e portuale confermato anche dalla mappa delle ricadute di SO₂. Anche i valori più bassi di I.B.L. delle UCP1 e UCP9 sono confermati dalle concentrazioni più alte di NO_x e SO₂ previste dalle simulazioni modellistiche. In generale i valori di I.B.L. più elevati si trovano nelle UCP a Nord della Provincia come confermato dalle mappe di diffusione inquinanti.

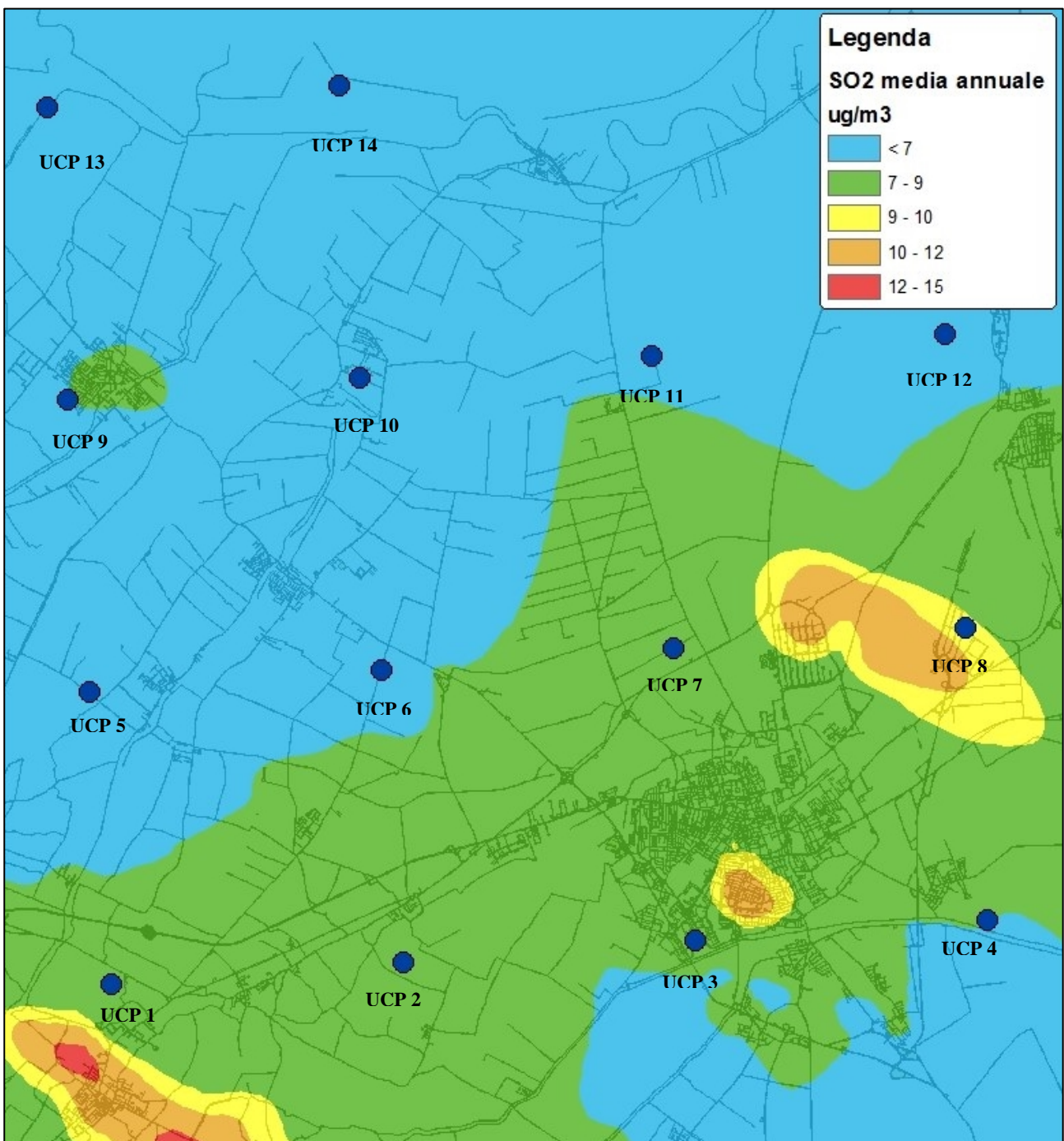


Fig20: Mappa delle concentrazioni medie annuali di SO₂

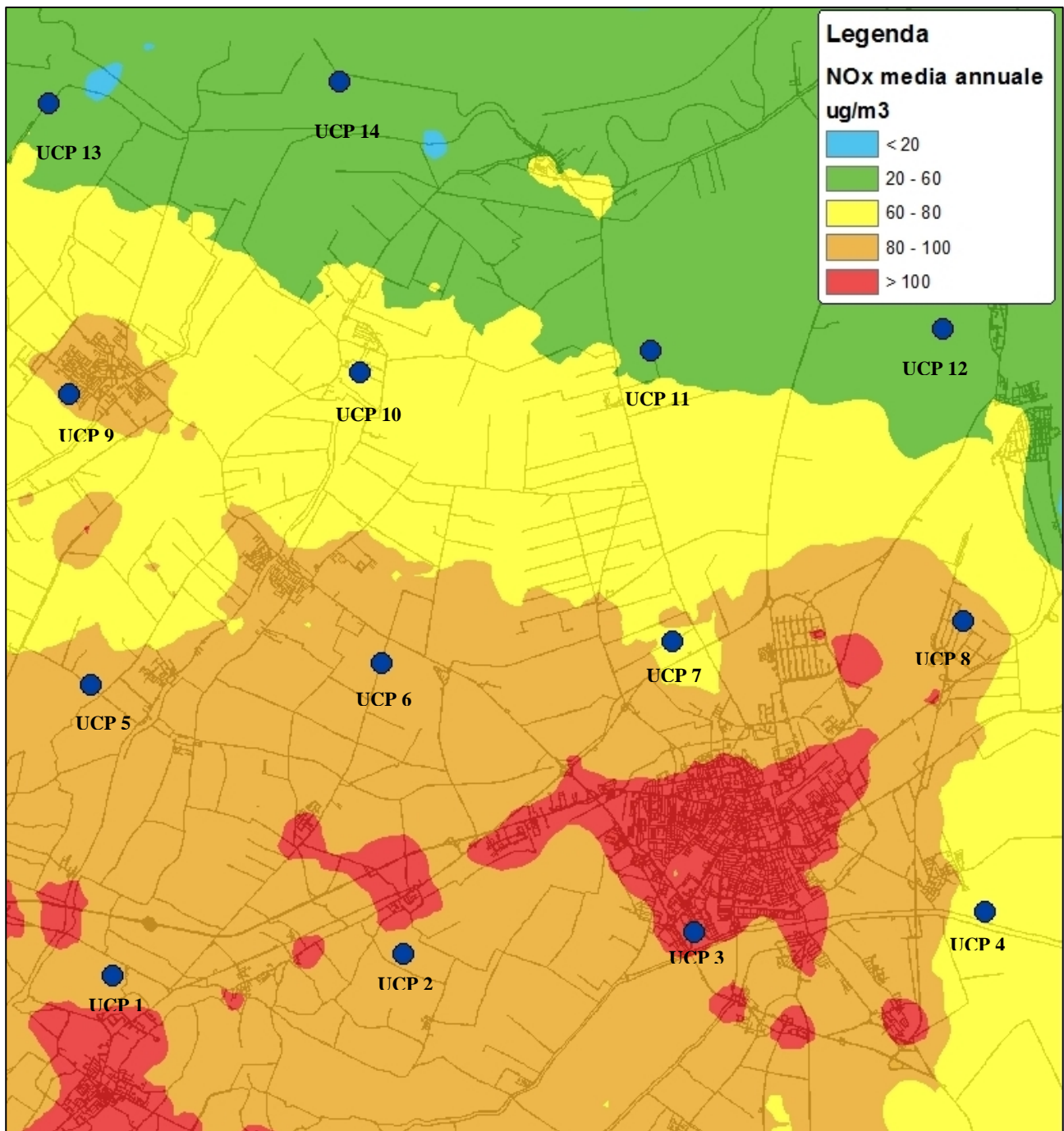


Fig21: Mappa delle concentrazioni medie annuali di NOx

4.7 Analisi delle specie nitrofile

A partire dalla lista floristica dei licheni rilevati nell'area d'indagine, si è eseguita un'elaborazione dei dati utilizzando l'indice di eutrofizzazione (nitrofitismo), proposto da Nimis e Martellos (P.L. Nimis & S. Martellos, 2017: ITALIC - The Information System on Italian Lichens. Version 5.0. University of Trieste, Dept. of Biology, (<http://dryades.units.it/italic>) che permette di individuare le specie favorite dall'arricchimento in nutrienti (fosfati

e nitrati principalmente) del loro habitat, trasportati dalla pioggia, dalle deiezioni di uccelli o da fertilizzanti dispersi dal vento.

Seguendo l'approccio di "Mapping environmental effects of agriculture with epiphytic lichens" S. Ruisi, L. Zucconi, F. Fornasier, L. Paoli, L. Frati, S. Loppi (Israel Journal of Plant Sciences – anno 2005 - Vol 53) sono state considerate:

- **strettamente nitrofile** le specie con indice di eutrofizzazione di Nimis (P.L. Nimis & S. Martellos, 2017: ITALIC - The Information System on Italian Lichens. Version 5.0. University of Trieste, Dept. of Biology, (<http://dryades.units.it/italic>) pari a 4 e/o 5.
- **nitrofile** le specie con indice di eutrofizzazione di Nimis (P.L. Nimis & S. Martellos, 2017: ITALIC - The Information System on Italian Lichens. Version 5.0. University of Trieste, Dept. of Biology, (<http://dryades.units.it/italic>) pari a uno dei seguenti valori: 2/4, 2/5, 3/4, 3/5, 4/5.

In Figura 22 si riporta il grafico con le frequenze assolute, in percentuale, delle specie strettamente nitrofile e nitrofile all'interno di ogni UCP, dal quale si deduce che in tutte le stazioni vi è una percentuale di specie strettamente nitrofile che va da un minimo di 0,5% nella UCP10 ad un massimo di 26% nella UCP8, mentre le nitrofile vanno da un minimo di 62% nella UCP13 ad un massimo di 97% nella UCP10. Complessivamente, sommando le due componenti, si rileva che in tutte le stazioni la maggior parte delle specie sono nitrofile con percentuali quasi sempre maggiori al 80% che in alcuni casi arrivano anche al 98% nelle UCP3, UCP4, UCP9 e UCP10. Le percentuali più basse di specie nitrofile e strettamente nitrofile si hanno nelle stazioni UCP13, UCP1, UCP5, UCP16 e UCP2, che sono le UCP ubicate nella zona Ovest dell'area d'indagine.

A questo punto è interessante ricalcolare il valore di IBL di ogni stazione escludendo le specie Strettamente Nitrofile (I.B.L. SSN) e tutte le Nitrofile (I.B.L. SN) e dall'analisi dei risultati, riportati in Tabella 5 si osserva che, il valore massimo rilevato nella UCP5 passa da 151 a 127, mentre se togliamo tutte le nitrofile (comprese anche le strettamente nitrofile), il valore diventa 23,3 e non è più il valore massimo dello studio che adesso coincide con quello della UCP13 che passa da 122 a 28,3.

I valori minimi rilevati sulla UCP3 passano da 61 a rispettivamente 55,7 e a 1,7 togliendo tutte le nitrofile, situazione analoga per la UCP6 e la UCP9. La UCP 4 che aveva un valore di IBL di 124 passa a 102 togliendo le strettamente nitrofile, mentre togliendo tutte le nitrofile arriviamo a 5, praticamente tutte le specie rilevate in questa stazione sono nitrofile: questo ritorna con le condizioni ambientali al contorno della stazione in questione che è posizionata in area agricola posta a qualche centinaia di metri da un allevamento di suini, sorgente importante di composti azotati.

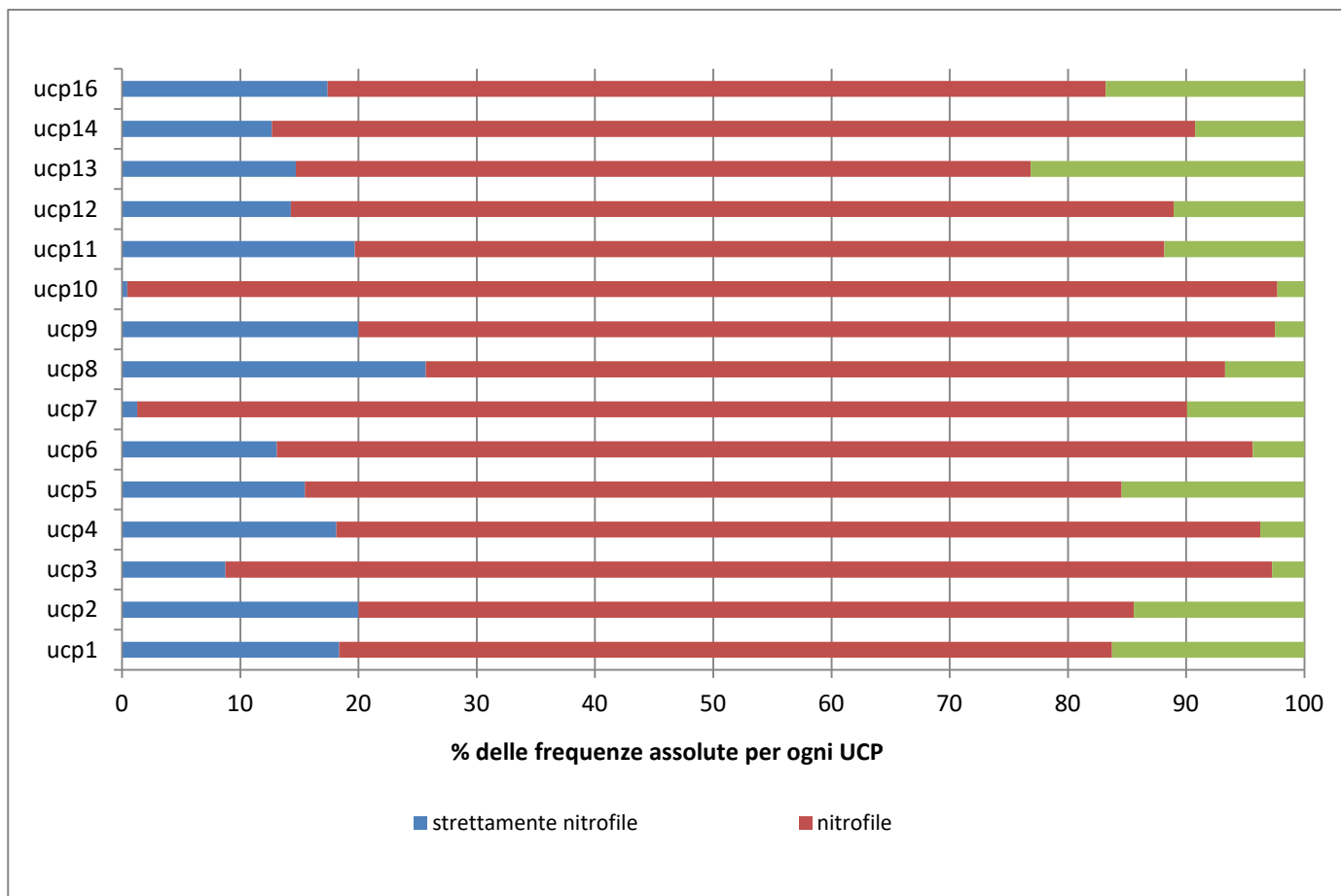


Fig 22: Grafico delle frequenze in % delle specie Nitrofile e trettamente Nitrofile per ogni UCP

UCP	IBL	IBL senza Strettamente Nitrofile (IBL SSN)	IBL senza Nitrofile (IBL SN)
1	110,7	90,3	18,00
2	120,0	96,0	17,33
3	61,0	55,7	1,67
4	125,0	102,3	4,67
5	151,0	127,7	23,33
6	68,7	59,7	3,00
7	104,0	102,7	10,33
8	84,3	62,7	5,67
9	93,3	74,7	2,33
10	72,7	72,3	1,67
11	123,7	99,3	14,67
12	93,3	80,0	10,33
13	122,3	104,3	28,33
14	97,3	85,0	9,00
16	117,0	96,7	19,67

Tab 5: Valori di IBL con e senza specie Strettamente Nitrofile e Nitrofile

Per avere una visione immediata dell'andamento degli I.B.L. SSN e I.B.L. SN sono state ricalcolate le mappe di alterazione con software Surfer 8 (Figure 23 e 24) e rifatte le opportune scale con la metodica stabilita sulle linee guida tedesche come riportato nelle Tabelle 6 e 7.

Dall'analisi di Figura 23 in cui è riportato il valore di biodiversità lichenica senza specie Nitrofile (I.B.L. SSN) possiamo notare che l'andamento è molto simile a quello dell'I.B.L. totale di Figura 21, con l'unica eccezione che i valori più bassi ricadono anche nella UCP 8 e aumentano di poco nella UCP10 facendo un salto di classe di alterazione.

Classi di Alterazione	IBL SSN	Colore
Molto alta	56-70	Red
Alta	71 - 85	Orange
Moderata	86 - 100	Yellow
Bassa	101 - 115	Green
Molto Bassa	>115	Blue

Tab 6: Scala di IBL SSN senza specie Strettamente Nitrofile

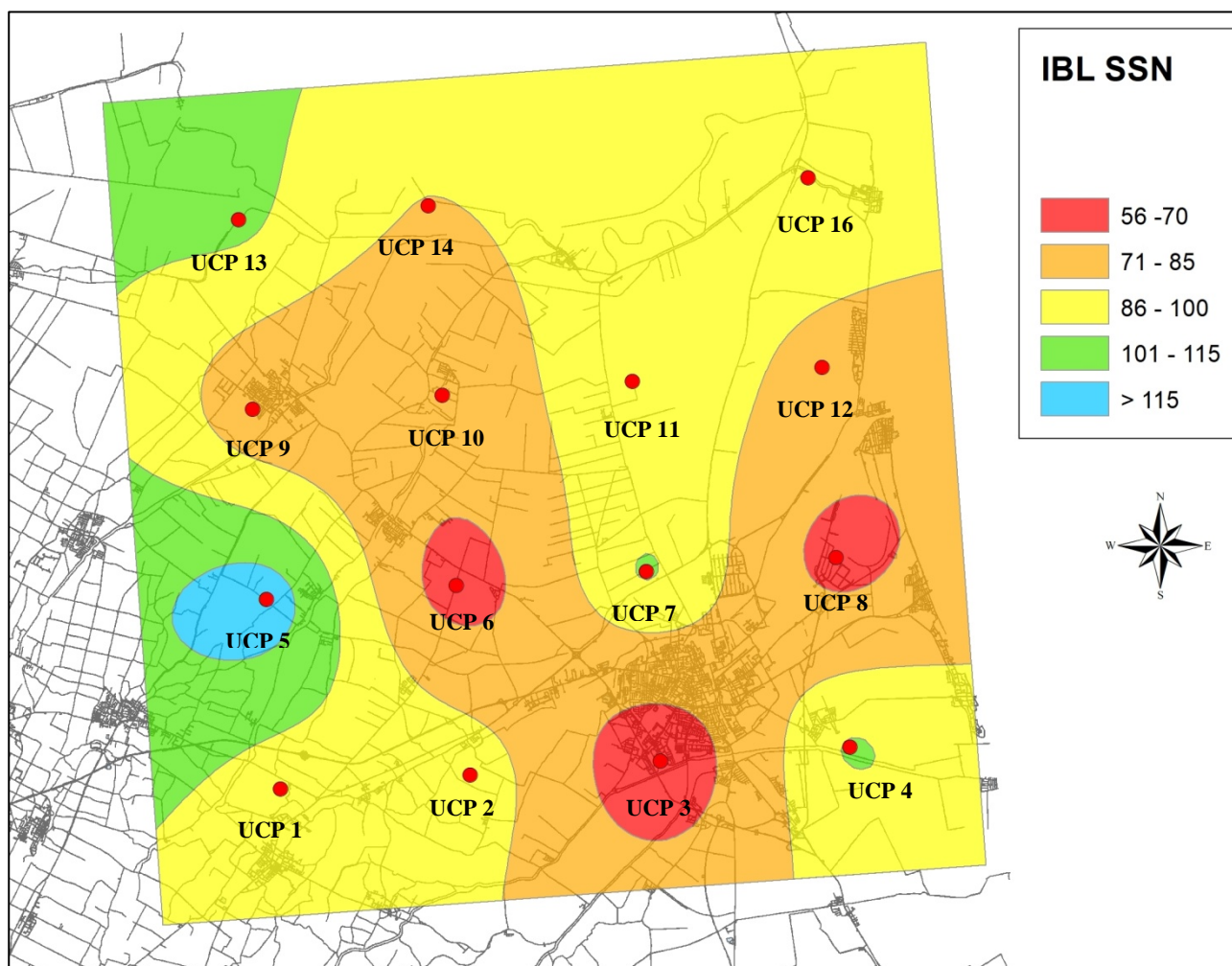


Fig 23: Mappa IBLSSN (Senza Strettamente Nitrofile)

Più interessante è invece il confronto dell'andamento del valore di biodiversità lichenica senza tutte le specie Nitrofile (I.B.L. SN) riportato in Figura 24, con quello dell'I.B.L. totale di Figura 21, dal quale possiamo notare che le zone ad alterazione maggiore si estendono a Sud-Est andando a comprendere oltre alla UCP 3 anche le UCP 8 e UCP 4 e a Nord-Ovest, della città di Ravenna, andando a comprendere anche la UCP 9 oltre che le UCP 6 e UCP10. Questo andamento è in accordo con la diffusione degli inquinanti dalla città e dall'area industriale portuale operata dai venti prevalenti con le direzioni prevalenti dei venti Figure 4A e 4B. Il valore massimo di I.B.L. passa dalla UCP 5 alla UCP13.

Classi di Alterazione	IBL SN	Colore
Molto alta	2-7	Red
Alta	8 - 13	Orange
Moderata	14 - 19	Yellow
Bassa	20 - 25	Green
Molto Bassa	>25	Blue

Tab 7: Scala di IBL SN senza specie Nitrofile

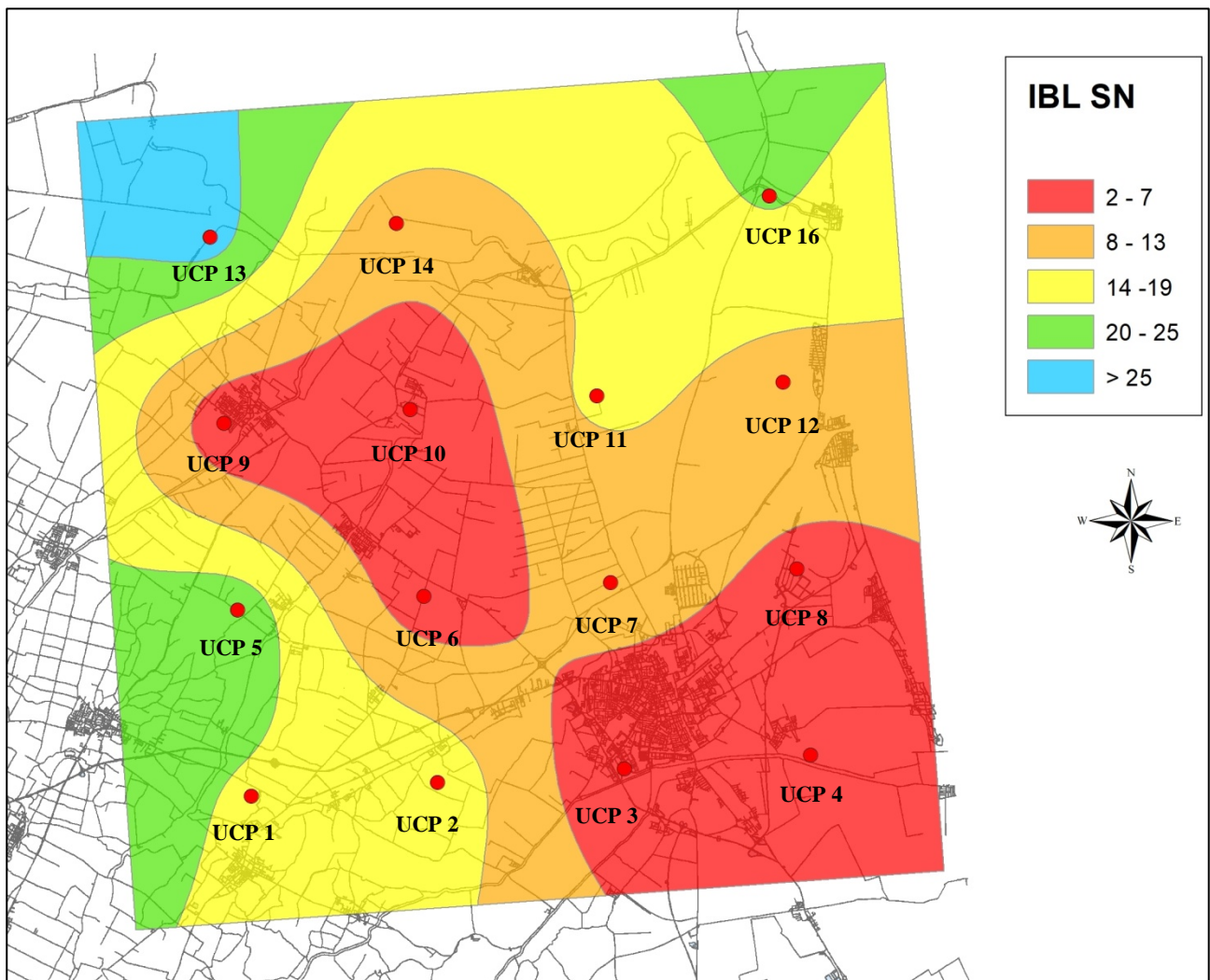


Fig 24: Mappa IBL SN (Senza Nitrofile)

5 CONCLUSIONI

L'andamento della diversità lichenica, che decresce in coincidenza del centro urbano e nelle aree poste a Nord a ridosso dell'area industriale sembra essere maggiormente indicativo del contributo all'alterazione della qualità dell'aria prodotto dagli insediamenti abitativi, dal traffico veicolare, e dall'area industriale-portuale.

Nelle UCP a Nord Ovest del centro abitato i valori di biodiversità sono molto bassi e determinano un'alterazione molto alta, la causa può essere ricercata sia nella vicinanza delle due stazioni ad un'arteria ad intenso traffico veicolare, via Reale (che collega Ravenna a Ferrara), sia all'ubicazione, delle stesse, che risultano essere esposte alla diffusione degli inquinanti della città di Ravenna e dell'area industriale-portuale, ad opera dei venti più intensi che durante la stagione primavera-estate provengono da E-SE.

Valori bassi di I.B.L. si riscontrano anche nella UCP8 che ricopre l'area industriale e portuale della città, questo dato non ci sorprende ed è anche confermato dalle mappe di ricaduta degli inquinanti al paragrafo precedente.

È interessante invece notare che nelle UCP a Nord di Ravenna (UCP7 e UCP11), valori di I.B.L. sono decisamente più elevati delle UCP confinanti (UCP6 e UCP10 e UCP8) nonostante queste stazioni siano ubicate nelle vicinanze di un'arteria intensamente trafficata, con elevato numero di veicoli pesanti, quell'è la statale Romea che collega Venezia a Ravenna. In questo caso, il fattore che ha permesso un aumento della biodiversità in queste stazioni potrebbe essere ricercato nella la vicinanza delle stesse con aree facenti parte della Rete Natura 2000 (SIC-ZPS), quali la Pineta San Vitale, Prateria umida Bardello, zona umida di Punte Alberete, Pinete di Casalborgonetti e Staggioni, Pialasse Baiona e dei Piomboni, (che risultano essere anche riparate dalla diffusione degli inquinanti operata dai venti prevalenti), in quanto queste aree rivestono la funzione di insostituibili serbatoi di biodiversità. Degna di nota anche la presenza di alcune specie particolarmente sensibili, ed estremamente rare, rilevate nella UCP12, ai margini della Pialassa Baiona.

Come opportunità di approfondimento si sono analizzati con maggior dettaglio i dati raccolti, considerando l'esistenza di differenze di "sensibilità" fra specie di licheni, pertanto si è proceduto ad effettuare un'analisi delle comunità licheniche, sottraendo dai valori di I.B.L. le specie strettamente nitrofile e nitrofile, le quali lungi dall'essere inibite dai composti azotati (ammoniaca, ammonio e nitrati), mostrano una straordinaria capacità di assimilazione e metabolizzazione degli stessi (Sotching 1995, cit. in S.Ruisi et al. – Mapping environmental effects of agriculture with epiphytic lichens, 2005). Ad esempio i valori di I.B.L. della UCP4 passano da un valore di 124 ad un 102 togliendo le strettamente nitrofile, e ad un valore di 5 togliendo tutte le nitrofile, ciò significa che la biodiversità lichenica in questa stazione, è molto elevata, ma la quasi totalità delle specie è nitrofila e in questa zona in particolare la presenza di composti azotati si presume sia elevata visto che siamo in area agricola e a qualche centinaia di metri da un allevamento di suini posto a Nord-Est degli alberi campionati. In generale i valori di I.B.L si abbassano, non di molto se dal computo dell'indice si tolgono solo le

specie nitrofile (I.B.L. SSN), ma in modo rilevante se togliamo tutte le nitrofile (I.B.L. SN) che costituiscono oltre il 70% delle frequenze totali in tutte le UCP.

Il risultato di quest'elaborazione, è che le aree di alterazione si estendono nella zona a Nord Ovest, e anche nel quadrante a Sud-Est dell'area d'indagine, aspetto che nel calcolo dell'I.B.L. totale era falsato dalla presenza preponderante di specie nitrofile. Questo andamento è in accordo con la diffusione degli inquinati dalla città e dall'area industriale portuale operata dai venti prevalenti.

Si può concludere che negli studi di bioindicazione, in aree fortemente antropizzate, è necessario tenere conto che avvicinandosi a strade a traffico elevato o ad aree industriali, le specie non-nitrofile diminuiscono e la componente di specie nitrofile può aumentare considerevolmente senza che questo corrisponda ad un reale miglioramento delle condizioni ambientali. Situazione analoga si rileva in aree ad agricoltura intensiva dove l'arricchimento in nutrienti dovuto all'applicazione di fertilizzanti porta ad un aumento delle specie nitrofile come anche in aree prossime ad allevamenti dove sono presenti deposizioni azotate connesse all'attività.

Un'ultima considerazione va fatta anche in merito alla lista floristica dei licheni: si sono rilevate in totale 30 specie delle quali 16 sono classificate come: rare (4 specie) molto rare (1 specie), estremamente rare 8 specie, e assenti (3 specie) come mappe di distribuzione per l'Area Padana. Queste specie costituiscono circa il 15% delle frequenze assolute. In particolare si segnala la presenza di *Micarea prasina* specie classificata come estremamente rara in area Padana la cui frequenza è stata rilevata in 14 stazioni e costituisce il 6,8% delle frequenze assolute; caso simile per *Lecanora hagenii* (Ach.) Ach. var. *Hagenii* specie piuttosto rara che ha una frequenza del 2,2% ed è stata rilevata in 11 stazioni.

Alla luce dei risultati ottenuti, che costituiscono, il punto zero dell'area in questione relativa al biomonitoraggio lichenico, si ritiene di fondamentale importanza ripetere l'indagine nei cinque anni successivi ai rilievi, lasso di tempo necessario a permettere ai licheni di reagire sulla base di eventuali modifiche delle condizioni ambientali.

Allegato 1 . Schede Rilievi

UCP 1	Albero 1				Albero 2				Albero 3			
Specie arborea	Tilia sp.				Tilia sp.				Tilia sp.			
Circonferenza (cm)	90				92				88			
Data di campionamento	18/05/16				18/05/16				18/05/16			
Specie licheniche	N	E	S	O	N	E	S	O	N	E	S	O
<i>Candelaria concolor</i>	5	4	5	5	5	5	5	5		5	5	3
<i>Candelariella reflexa</i>	1											1
<i>Hyperphyscia adglutinata</i>	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	5
<i>Lecanora chlarotera</i>	1			2					1			
<i>Lecanora hagenii</i> (Ach.) Ach. var. <i>Hagenii</i>	1											1
<i>Lecanora horiza</i>												1
<i>Lecidella elaeochroma</i>	1											2
<i>Micarea prasina</i>	5			5	5	5		5	5	5		5
<i>Punctelia borrieri</i>		1										
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5
<i>Physcia adscendens</i>	5	5	5	5	5	5	5	5	2	5	1	5
<i>Phaeophyscia pusilloides</i> (Zahlbr.) Essl.	1	5		2						3	1	
<i>Xanthoria parietina</i>	5	5	5	5		5	5	3	1	5	1	5
IBL esposizione	35	30	25	34	25	30	25	28	18	33	16	33
IBL albero	124				108				100			
IBL Stazione	110,7											

UCP 2	Albero 1				Albero 2				Albero 3			
Specie arborea	Tilia sp.				Tilia sp.				Tilia sp.			
Circonferenza (cm)	96				100				123			
Data di campionamento	25/05/16				25/05/16				25/05/16			
Specie licheniche	N	E	S	O	N	E	S	O	N	E	S	O
<i>Candelaria concolor</i>	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	2	5
<i>Candelariella reflexa</i>	4	3	1	2								
<i>Candelariella xanthostigma</i>	1				2	3			3			
<i>Hyperphyscia adglutinata</i>	4	5	5	3					5	5		5
<i>Lecanora carpinea</i>		3										
<i>Lecanora chlorotera</i>	1		1		2	1			2			
<i>Lecanora hagenii</i> (Ach.) Ach. var. <i>hagenii</i>	1	3			3	5			5	1		1
<i>Lecidella elaeochroma</i>	4	4	3		2				5	5		1
<i>Micarea prasina</i>	5	3	5		5	5	5	5	5	5		5
<i>Flavoparmelia caperata</i>		1										
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	5	5	5	1	5	5	5	5	5	5	5	5
<i>Physcia adscendens</i>	5	1	3	4	1					5		2
<i>Physcia tenella</i>							4			1	5	5
<i>Physconia grisea</i>			1		5							
<i>Xanthoria fallax</i>						2				1		
<i>Xanthoria parietina</i>	5	4	4	3	5	5	5	5	5	4		5
IBL esposizione	40	37	33	18	35	31	24	20	39	37	12	34
IBL albero	128				110				122			
IBL Stazione	120,0											

UCP 3	Albero 1				Albero 2				Albero 3			
Specie arborea	Tilia sp.				Tilia sp.				Tilia sp.			
Circonferenza (cm)	76				76				78			
Data di campionamento	02/08/16				02/08/16				02/08/16			
Specie licheniche	N	E	S	O	N	E	S	O	N	E	S	O
<i>Candelaria concolor</i>	1		1	2					3	1	5	5
<i>Candelariella reflexa</i>												1
<i>Hyperphyscia adglutinata</i>	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
<i>Lecanora chlarotera</i>				1	1				1			
<i>Lecidella elaeochroma</i>		2			4	3	1		5	1	4	2
<i>Micarea prasina</i>									5			
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	3			4						5	2	
<i>Physcia adscendens</i>	5		2	5	5	4	3	3	5	5	4	5
<i>Xanthoria parietina</i>		1	1	3	1			2	1	1	3	1
IBL esposizione	14	8	9	20	16	12	9	10	25	18	23	19
IBL albero	51				47				85			
IBL Stazione	61,0											

UCP 4	Albero 1				Albero 2				Albero 3			
Specie arborea	Tilia sp.				Tilia sp.				Tilia sp.			
Circonferenza (cm)	91				96				100			
Data di campionamento	08/06/16				08/06/16				08/06/16			
Specie licheniche	N	E	S	O	N	E	S	O	N	E	S	O
<i>Candelariella reflexa</i>												2
<i>Candelariella xanthostigma</i>										2	5	4
<i>Hyperphyscia adglutinata</i>	5	5	5	5	5	5	2	5	5	5	5	5
<i>Lecanora carpinea</i>					2							
<i>Lecanora chlarotera</i>	3	5	1	5	5	3		5	5	5	5	5
<i>Lecanora hagenii</i> (Ach.) Ach. var. <i>Hagenii</i>	3	2	4		1				1			
<i>Lecanora horiza</i>				1							1	
<i>Lecidella elaeochroma</i>	3	2	3	1	5			3	5	5	3	5
<i>Micarea prasina</i>				5	5							
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	5	5	2	5	5	3		5	5	5	5	5
<i>Physcia adscendens</i>	5	5	5	5	5	5	1	5	5	5	5	5
<i>Physcia tenella</i>	2	2							1	3	1	
<i>Physconia grisea</i>	1	2	2	5					1		1	4
<i>Xanthoria fallax</i>			2		2		2				1	
<i>Xanthoria parietina</i>	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
IBL esposizione	32	33	29	37	40	21	10	28	33	35	37	40
IBL albero	131				99				145			
IBL Stazione	125,0											

UCP 5	Albero 1				Albero 2				Albero 3			
Specie arborea	Tilia sp.				Tilia sp.				Tilia sp.			
Circonferenza (cm)	118				147				110			
Data di campionamento	20/07/16				20/07/16				27/07/16			
Specie licheniche	N	E	S	O	N	E	S	O	N	E	S	O
<i>Caloplaca cerinella</i> (Nyl.) Flagey			1						4	1		
<i>Rinodina pyrina</i> (Arch.) Arnold										2		
<i>Physcia biziana</i>									1			1
<i>Phaeophyscia pusilloides</i> (Zahlbr.) Essl.										5		1
<i>Melanelixia glabratula</i> (Lamy) Sandler & Arup									1	5		1
<i>Candelaria concolor</i>	2	5		3	5	5	5	5	5	5	5	5
<i>Candelariella reflexa</i>	3		2						2	1		2
<i>Candelariella xanthostigma</i>	5	5	5	3	5	3	1		5	5	5	5
<i>Evernia prunastri</i>					1		1	1				
<i>Hyperphyscia adglutinata</i>	5	5	5	5	5	5	3	5	5	5		
<i>Hypogymnia physodes</i>			2									
<i>Lecanora carpinea</i>	2	1						1				
<i>Lecanora horiza</i>	1				1				1			
<i>Lecanora hagenii</i> (Ach.) Ach. var. <i>Hagenii</i>	2		1						5	2		
<i>Lecidella elaeochroma</i>	5	5	5	1	5	1		1	5	3		
<i>Lepraria</i> spp.					1							
<i>Micarea prasina</i>	5	5	5	2	5				5	2		
<i>Punctelia borrieri</i>					2	1						1
<i>Flavoparmelia caperata</i>	1			2								
<i>Parmelina tiliacea</i>		4		1		1						
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
<i>Physcia adscendens</i>	5	5	5	5	5	5	3	5	5	5	4	3
<i>Physcia tenella</i>	5	1	4	2	2				3	1		
<i>Xanthoria fallax</i>	1	1	1									
<i>Xanthoria parietina</i>	5	4	5	1	5	3	5	1	5	3	5	1
IBL esposizione	52	46	46	30	47	29	23	24	57	50	25	24
IBL albero	174				123				156			
IBL Stazione	151,0											

UCP 6	Albero 1				Albero 2				Albero 3			
Specie arborea	Tilia sp.				Tilia sp.				Tilia sp.			
Circonferenza (cm)	114				139				144			
Data di campionamento	22/06/16				22/06/16				22/06/16			
Specie licheniche	N	E	S	O	N	E	S	O	N	E	S	O
<i>Candelaria concolor</i>	1	2	5	1	5	2	5	3		4	1	1
<i>Candelariella reflexa</i>						1	3	2				
<i>Candelariella xanthostigma</i>				2	2							
<i>Hyperphyscia adglutinata</i>	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
<i>Lecanora chlarotera</i>					1							
<i>Lecidella elaeochroma</i>	2		5	4	5	5	5	5			1	
<i>Micarea prasina</i>					5							
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	5	5	5	5	1							
<i>Physcia adscendens</i>	3	5	5	5						1		
<i>Physcia tenella</i>			2									
<i>Xanthoria parietina</i>	4	4	5	5	1	1	3	3				
IBL esposizione	20	21	32	27	25	14	21	18	5	10	7	6
IBL albero	100				78				28			
IBL Stazione	68,7											

UCP 7	Albero 1				Albero 2				Albero 3			
Specie arborea	Q. robur				Q. robur				Q. robur			
Circonferenza (cm)	91				94				75			
Data di campionamento	04/05/16				03/05/16				03/05/16			
Specie licheniche	N	E	S	O	N	E	S	O	N	E	S	O
<i>Candelaria concolor</i>	3	5	1	3				1				
<i>Candelariella reflexa</i>								1				
<i>Hyperphyscia adglutinata</i>	5	5	5	5	5	5	5	5	1	2		5
<i>Lecanora carpinea</i>					2				3	2	1	2
<i>Lecanora chlarotera</i>	2	1			3	5	4	2	5	3	1	3
<i>Lecanora hagenii</i> (Ach.) Ach. var. <i>Hagenii</i>		1			4	4	1		2	5	5	4
<i>Lecidella elaeochroma</i>	5	5	2	1	2	4	2	1	4	5	2	5
<i>Micarea prasina</i>		5			1	1	5		1		5	
<i>Pertusaria</i> spp.										1	2	
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>				4								
<i>Physcia adscendens</i>	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
<i>Physcia biziana</i>									2			
<i>Xanthoria parietina</i>	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
IBL esposizione	25	32	18	23	27	29	27	20	28	28	26	29
IBL albero	98				103				111			
IBL Stazione	104,00											

UCP 8	Albero 1				Albero 2				Albero 3			
Specie arborea	Q. robur				Q. robur				Q. robur			
Circonferenza (cm)	70				80				83			
Data di campionamento	17/05/16				17/05/16				17/05/16			
Specie licheniche	N	E	S	O	N	E	S	O	N	E	S	O
<i>Caloplaca cerinella</i> (Nyl.) Flagey											2	
<i>Physcia tenella</i>					2	3			3		1	3
<i>Candelaria concolor</i>			1			1	2					
<i>Candelariella reflexa</i>	3	1	2							5	5	
<i>Hyperphyscia adglutinata</i>	5	3	5	5	5	2	4		2	5	5	1
<i>Rinodina pyrina</i> (Arch.) Arnold					3	4					5	
<i>Lecanora chlarotera</i>			2		1	5			1	2	2	
<i>Lecanora hagenii</i> (Ach.) var. <i>Hagenii</i>			1							3	5	
<i>Lecidella elaeochroma</i>	1									1		
<i>Micarea prasina</i>			1							3	1	
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	5	3	5	5	1	3	5	2	5	5	5	5
<i>Physcia adscendens</i>	1	2	5		5	5	5	2	3	2	4	5
<i>Xanthoria parietina</i>	4	3	5	4	5	5	1	1	5	5	5	5
IBL esposizione	19	12	27	14	22	28	17	5	19	31	40	19
IBL albero	72				72				109			
IBL Stazione	84,3											

UCP 9	Albero 1				Albero 2				Albero 3			
Specie arborea	Q. robur				Q. robur				Q. robur			
Circonferenza (cm)	122				111				127			
Data di campionamento	10/05/16				10/05/16				10/05/16			
Specie licheniche	N	E	S	O	N	E	S	O	N	E	S	O
<i>Candelaria concolor</i>	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
<i>Hyperphyscia adglutinata</i>					5	5	5			5	5	3
<i>Lecanora chlarotera</i>				1								
<i>Lecanora hagenii</i> (Ach.) Ach. var. <i>Hagenii</i>						1						
<i>Lecidella elaeochroma</i>	2	3	1	3	2	4	2		2	3	2	1
<i>Micarea prasina</i>					2	5						
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	5	5	5	5	5	5	5	5	1	5	5	5
<i>Physcia adscendens</i>	4	5	2	3	5	5	5	5	2	5	5	2
<i>Physcia biziana</i>				3		1		3	1			2
<i>Xanthoria parietina</i>	5	5	4	5	5	5	5	5	4		1	
IBL esposizione	21	23	17	25	29	36	27	23	15	23	23	18
IBL albero	86				115				79			
IBL Stazione	93,3											

UCP 10	Albero 1				Albero 2				Albero 3			
Specie arborea	Tilia sp.				Tilia sp.				Tilia sp.			
Circonferenza (cm)	120				110				129			
Data di campionamento	21/04/16				21/04/16				21/04/16			
Specie licheniche	N	E	S	O	N	E	S	O	N	E	S	O
<i>Candelaria concolor</i>	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
<i>Candelariella reflexa</i>				1								
<i>Hyperphyscia adglutinata</i>	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5
<i>Lecanora carpinea</i>		1										
<i>Lecidella elaeochroma</i>	2	5	5		3	4	5	5	3	5	2	1
<i>Lepraria spp.</i>		1								3		
<i>Physcia adscendens</i>	5	5	2	5	5	5	3	2	2	5	5	2
<i>Xanthoria parietina</i>	1	2		1		1			1		1	
IBL esposizione	18	24	17	16	18	20	18	17	16	23	18	13
IBL albero	75				73				70			
IBL Stazione	72,7											

UCP 11	<i>Albero 1</i>				<i>Albero 2</i>				<i>Albero 3</i>			
Specie arborea	<i>Q. robur</i>				<i>Q. robur</i>				<i>Q. robur</i>			
Circonferenza (cm)	101				102				119			
Data di campionamento	20/04/16				20/04/16				10/05/16			
Specie licheniche	N	E	S	O	N	E	S	O	N	E	S	O
<i>Candelaria concolor</i>	2	3	5	5					5	3	3	4
<i>Candelariella reflexa</i>	2	2	1	2	1				5	5	5	5
<i>Hyperphyscia adglutinata</i>	5	5	5	5			5	5	5	5	5	5
<i>Caloplaca cerinella (Nyl.) Flagey</i>										2		5
<i>Lecanora hagenii (Ach.) Ach. var. Hagenii</i>												2
<i>Lecanora chlarotera</i>					1							1
<i>Lecidella elaeochroma</i>	5		3	4	5	5	5	5	5	4	4	2
<i>Micarea prasina</i>	5	5	1	5	5	5	5	5		2	4	2
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	5	5	5	5	2		3		5	5	5	5
<i>Physcia adscendens</i>	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
<i>Xanthoria parietina</i>	5	5	5	5	4	3	5	5	5	5	4	5
IBL esposizione	34	30	30	36	23	18	28	25	35	36	35	41
IBL albero	130				94				147			
IBL Stazione	123,7											

UCP 12	Albero 1				Albero 2				Albero 3			
Specie arborea	Q. robur				Q. robur				Q. robur			
Circonferenza (cm)	70				74				74			
Data di campionamento	04/05/16				04/05/16				04/05/16			
Specie licheniche	N	E	S	O	N	E	S	O	N	E	S	O
<i>Candelariella reflexa</i>							1		1			
<i>Hyperphyscia adglutinata</i>					5	5	5	5	5	5	5	5
<i>Lecanora carpinea</i>	1	1			3	1			3	2		
<i>Lecanora chlarotera</i>									1			
<i>Lecidella elaeochroma</i>	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5
<i>Lepraria spp.</i>	1	1	3	5								
<i>Micarea prasina</i>							5			4		
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	4	4	4	4	1	5	4	3	4			5
<i>Physcia adscendens</i>	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
<i>Ramalina spp.</i>												1
<i>Xanthoria parietina</i>	3	3	1	2	5	5	5	5	5	5	5	5
IBL esposizione	19	19	18	21	24	26	30	22	29	26	20	26
IBL albero	77				102				101			
IBL Stazione	93,3											

UCP 13	Albero 1				Albero 2				Albero 3			
Specie arborea	Tilia sp.				Tilia sp.				Tilia sp.			
Circonferenza (cm)	68				69				84			
Data di campionamento	20/07/16				06/07/16				06/07/16			
Specie licheniche	N	E	S	O	N	E	S	O	N	E	S	O
<i>Caloplaca cerinella</i> (Nyl.) Flagey		1	5	1		2					3	
<i>Lecanora hagenii</i> (Ach.) Ach. var. <i>Hagenii</i>	1	3		1								
<i>Candelaria concolor</i>	1		3						3		3	1
<i>Candelariella xanthostigma</i>	1	4	5	2					2	3	5	3
<i>Hyperphyscia adglutinata</i>	3	5	5	5	5	5	5		5	5	5	5
<i>Lecanora chlorotera</i>	2	5	5	5	1	3	4	2			1	2
<i>Lecidella elaeochroma</i>	5	1	1	1			1		1	2		3
<i>Micarea prasina</i>	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>		5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5
<i>Physcia adscendens</i>	5	5	5	5		2	1	3	5	2	4	5
<i>Xanthoria parietina</i>	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
IBL esposizione	28	39	44	35	21	27	26	20	30	27	36	34
IBL albero	146				94				127			
IBL Stazione	122,3											

UCP 14	Albero 1				Albero 2				Albero 3			
Specie arborea	Q. robur				Tilia sp.				Q. robur			
Circonferenza (cm)	117				139				114			
Data di campionamento	31/05/16				31/05/16				31/05/16			
Specie licheniche	N	E	S	O	N	E	S	O	N	E	S	O
<i>Candelaria concolor</i>	5	5	5	5	2	5	5	5		5	5	5
<i>Candelariella reflexa</i>					1				1			
<i>Candelariella xanthostigma</i>					4			5		3	3	
<i>Graphis scripta</i>											2	
<i>Hyperphyscia adglutinata</i>	5	4	5	4	5	5	5	5	5			5
<i>Lecanora chlarotera</i>					1						3	
<i>Lecanora hagenii</i> (Ach.) Ach. var. <i>Hagenii</i>					5							
<i>Lecidella elaeochroma</i>	1		1		5	3			1	3	1	1
<i>Micarea prasina</i>					5	3						
<i>Flavoparmelia caperata</i>								1				
<i>Pertusaria spp.</i>					1							
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	1	1			4	5	2	5	2	5	5	5
<i>Physcia adscendens</i>	2	4	4		3	5	5	5	5	5	3	2
<i>Physcia biziana</i>		1				1		1				
<i>Physcia tenella</i>					5	2						
<i>Xanthoria parietina</i>	3	5	5	1	5	2	5	4	5	5	5	5
IBL esposizione	17	20	20	10	46	31	22	31	19	26	27	23
IBL albero	67				130				95			
IBL Stazione	97,3											

UCP 16	Albero 1				Albero 2				Albero 3			
Specie arborea	Tilia sp.				Q. robur				Tilia sp.			
Circonferenza (cm)	88				100				94			
Data campionamento	13/07/16				13/07/16				13/07/16			
Specie licheniche	N	E	S	O	N	E	S	O	N	E	S	O
<i>Caloplaca cerinella</i> (Nyl.) Flagey	3					1			1		1	2
<i>Physcia biziana</i>		1		1								
<i>Candelaria concolor</i>									2			
<i>Candelariella xanthostigma</i>	1	1			2	5	5	5	3		2	4
<i>Hyperphyscia adglutinata</i>	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
<i>Lecanora chlarotera</i>	4	1	1	1						2		
<i>Lecanora hagenii</i> (Ach.) Ach. var. <i>Hagenii</i>		2						1	4	4		
<i>Lecanora horiza</i>								1				
<i>Lecidella elaeochroma</i>	5		3				1		5	5	3	5
<i>Micarea prasina</i>	5								5	5	5	5
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5
<i>Physcia adscendens</i>	5	4	1	2	5	5	5	5	5	5	5	5
<i>Physconia grisea</i>		1		1								
<i>Physcia tenella</i>						5						
<i>Xanthoria parietina</i>	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
IBL esposizione	38	25	20	20	21	31	26	27	40	36	31	36
IBL albero	103				105				143			
IBL Stazione	117,0											

BIBLIOGRAFIA

Marconi, Galli, Maioli, Bononi, Leoni "Il Monitoraggio della qualità dell'aria nel comune di Reggio Emilia mediante indice di biodiversità lichenica" 2006

Castello, Skert "Evaluation of lichen diversity as an indicator of environmental quality in the North Adriatic submediterranean region – 2004

Durini M., Medagli P., "Contributo alla conoscenza floristica dei licheni italiani: florula lichenica del tratto costiero adriatico salentino torre rinalda - le cesine (LE)"

Loppi, Ivanov, Boccardi "Biodiversity of epiphytic lichens and air pollution in the town of Siena (central Italy)" – 2002

Asta, Erhardt, Ferretti, Fornasier, Kirschbaum, Nimis, Purvis, Pirintsos, Scheidegger, Van Haluwyn, Wirth "Mapping lichen diversity as an indicator of environmental quality" – 2002

Provincia di Rimini (Sallese, Paganelli) Arpa - sez prov di Rimini (Ronchini, Rossi, Sallese) Università degli studi di Siena, dip. di Scienze Ambientali (Paoli) "Biomonitoraggio della qualità dell'aria nel territorio della provincia di Rimini mediante la biodiversità dei licheni epifiti" - 2003

Asta, Erhardt, Ferretti, Fornasier, Kirschbaum, Nimis, Purvis, Pirintsos, Scheidegger, Van Haluwyn, Wirth "European guideline for mapping lichen diversity as an indicator of environmental stress" – 2003

Fрати L., Brunialti G. " Long-term biomonitoring with lichens: comparing data from different sampling procedures" Environmental Monitoring and Assessment - 2006

ANPA 2001 "I.B.L. "Indice di Biodiversità Lichenica: manuale ANPA, Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente. Roma.

Giordani P., Brunialti G. "Effects of atmospheric pollution on lichen biodiversity (LB) in a Mediterranean region (Liguria, northwest Italy). Environmental Pollution 118 – 2002

Centro di Scienze ambientali "Studio dello Stato dell'ambiente e della salute della Popolazione di san Giovanni Teatino (CH) – Relazione Finale - 2010

S.Loppi, S.Munzi, L.Paoli "La bioindicazione mediante licheni: potenzialità, limiti e sviluppi" *Biologia Ambientale*, 26(2):3-15, 2012

Verein Deutscher Ingenieure: VDI Richtlinien 3957 Blatt 13. Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen mit Flechten (Bioindikation) - Kartierung der Diversität epiphytischer Flechten als Indikator für Luftgüte, VDI, Düsseldorf, D, 2005

Norma UNI EN 16413:2014 *Ambient air - Biomonitoring with lichens - Assessing epiphytic lichen diversity*

Chiavi analitiche

- “I macrolicheni d’Italia” (Nimis, 1993)
- Appendice I: Chiavi analitiche per l’identificazione dei più comuni licheni epifiti d’Italia (Tretiach, 2001)
- “Likenoj de Okcidenta Europo. Illustrata determinlibro (Clauzade & Roux, 1985)
- P.L. Nimis & S. Martellos, 2017: ITALIC - The Information System on Italian Lichens. Version 5.0. University of Trieste, Dept. of Biology, (<http://dryades.units.it/italic>). - For all the other data and items (floristic and statistic query interfaces, TSB Herbarium, distribution maps, etc.).
- Martellos S., 2012 - From a textual checklist to an information system: The case study of ITALIC, the Information System on Italian Lichens. *Plant Biosystems* 146(4): 764-770
- Martellos, S., 2010 - Multi-authored interactive identification keys: The FRIDA (FRiendly IDentificAtion) package. *Taxon* 59 (3): 922-929
- Nimis P.L., Riccamboni R., Martellos S., 2012 - Identification keys on mobile devices: The Dryades experience. *Plant Biosystems* 146(4): 783-788)