

## Rete NEC Italia: i risultati della prima campagna di monitoraggio della diversità dei licheni epifiti

Giorgio Brunialti<sup>1</sup>, Luisa Frati<sup>1</sup>, Paolo Giordani<sup>2</sup>, Juri Nascimbene<sup>3</sup>, Roberto Canullo<sup>4</sup>, Claudia Cindolo<sup>5</sup>, Cristiana Cocciufa<sup>5</sup>, Giancarlo Papitto<sup>5</sup>

<sup>1</sup>TerraData environmetrics, Spin-off dell'Università di Siena; <sup>2</sup>Dipartimento di Farmacia, Università di Genova; <sup>3</sup>Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali, Università di Bologna; <sup>4</sup>Scuola di Bioscienze e Medicina Veterinaria, Università di Camerino; <sup>5</sup>Arma dei Carabinieri, CUFAA, Comando Tutela Biodiversità e Parchi, Ufficio Studi e Progetti.

### Introduzione

Nel 2019, a seguito di un accordo fra il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) e il Comando Unità Forestali Ambientali e Agroalimentari dell'Arma dei Carabinieri (CUFA), è stata istituita la rete NEC Italia (National Emission Ceiling - Italia), con lo scopo di monitorare gli impatti dell'inquinamento atmosferico sugli ecosistemi ai sensi dell'articolo 9 della Direttiva UE 2016/2284 in materia di riduzione delle emissioni nazionali dei principali inquinanti atmosferici (Direttiva UE 2016/2284, 2016). La direttiva prevede l'utilizzo di metodologie stabilite nella Convenzione sull'Inquinamento Transfrontaliero a Lungo Raggio (LRTAP) e dei relativi manuali per i programmi di cooperazione internazionale. In questo contesto, il Field Manual part VII.2 relativo alla valutazione della diversità dei licheni epifiti (Stofer *et al.*, 2016) sviluppato nell'ambito del programma ICP Forests, rappresenta un ottimo strumento per fornire indicazioni sulle tematiche chiave della Direttiva NEC. Infatti, i licheni epifiti, per la loro ben nota sensibilità nei confronti degli inquinanti atmosferici e dei cambiamenti climatici, rappresentano dei validi indicatori biologici dello stato di salute delle foreste, dell'inquinamento atmosferico e dei cambiamenti climatici (Nimis *et al.*, 2002; Ellis, 2019) e sono stati utilizzati in numerosi studi di biomonitoraggio in ambito forestale (cfr. ad esempio Kapusta *et al.*, 2004; Jovan & McCune, 2005; Brunialti *et al.*, 2008; Svoboda *et al.*, 2010).

In Italia, la rete NEC comprende 6 siti forestali della rete CONECOFOR di Livello II, che è dedicata al monitoraggio in continuo degli impatti degli inquinanti atmosferici sulle foreste, e la diversità dei licheni epifiti è stata recentemente inserita fra gli indicatori che sono regolarmente misurati. Quattro di questi siti, insieme ad altri siti italiani ed europei della rete ICP Forests, sono stati rilevati in passato nell'ambito del progetto Forest Biodiversity Test phase Assessments (ForestBIOTA), cui hanno aderito 12 Paesi europei (Fischer *et al.*, 2009; Giordani

*et al.*, 2012). Questi dati pregressi potranno fornire un importante elemento di confronto.

In questo articolo sono riportati i risultati della prima campagna di monitoraggio della diversità dei licheni epifiti nell'ambito di questa rete.

### **Materiali e Metodi**

I rilievi di biodiversità lichenica sono stati condotti nella seconda metà del 2019 nei sei siti forestali della Rete CONECOFOR inclusi nella Rete NEC Italia (Fig.1; Tab. 1), utilizzando il protocollo operativo Field Manual part VII.2 (Stofer *et al.*, 2016) che si basa principalmente sulle linee guida europee per il monitoraggio con i licheni (Asta *et al.*, 2002; Scheidegger *et al.*, 2002). Il protocollo prevede il rilevamento di un massimo di 12 alberi per plot, selezionati sulla base di un campionamento random stratificato che tiene conto del pH della corteccia e del diametro degli alberi.



*Figura 1 – Distribuzione dei siti di campionamento sul territorio nazionale.*

La selezione degli alberi da rilevare in ogni sito è stata effettuata con un'estrazione casuale dal database CONECOFOR, stratificando gli alberi sulla base del gruppo di appartenenza in relazione i) alla reazione della scorza (due categorie: pH acido, pH neutro) e ii) al diametro (> 13 cm). Una volta in campagna, ogni albero sorteggiato non idoneo al rilevamento è stato sostituito con l'albero successivo nella lista.

Su ogni albero la diversità lichenica è stata ottenuta sommando la frequenza di

tutte le specie licheniche rinvenute all'interno di un reticolo di 10x50 cm, suddiviso in cinque quadrati di 10 x 10 cm e posizionato nei 4 punti cardinali principali (N, E, S, W) ad un metro dal suolo. Il valore dell'Indice di Biodiversità Lichenica (IBL) del rilievo è stato ottenuto come la somma delle frequenze di ciascuna specie all'interno di ogni sub-unità del reticolo.

*Tabella 1 – Siti forestali della Rete CONECOFOR inclusi nella Rete NEC Italia, con le relative informazioni stazionali. Sono riportati anche le specie arboree e il numero di alberi su cui sono stati effettuati i rilievi di biodiversità lichenica.*

<b>Codice sito</b>	<b>Località</b>	<b>Altitudine</b>	<b>Biocenosi</b>	<b>Specie arboree</b>
ABR1	Selva Piana	1500 m	Faggeta ad alto fusto	<i>F. sylvatica</i> (12)
CAL1	Piano Limina	1100 m	Faggeta ad alto fusto	<i>F. sylvatica</i> (12)
EMI1	Carrega	200 m	Bosco ad alto fusto a <i>Quercus petraea</i>	<i>Q. cerris</i> (9),  <i>Q. petraea</i> (3)
LAZ1	Monte Rufeno	690 m	Bosco ceduo invecchiato a <i>Quercus cerris</i>	<i>Q. cerris</i> (12)
PIE1	Val Sessera	1150 m	Bosco ceduo avviato ad alto fusto a <i>Fagus sylvatica</i>	<i>F. sylvatica</i> (12), <i>Betula pendula</i> (3)
VEN1	Pian Cansiglio	1100 m	Bosco ad alto fusto a <i>Fagus sylvatica</i>	<i>F. sylvatica</i> (12)

## **Risultati e discussione**

La Figura 2 riporta le statistiche descrittive della diversità dei licheni epifiti (numero di specie e valori IBL) di ognuno dei 6 siti della rete NEC Italia. Complessivamente è stata ottenuta una lista floristica di 84 taxa (Tab. 2), con un numero totale di specie per sito che varia da 11 (PIE1) a 38 (CAL1).

Monte Rufeno (LAZ1) è il sito con i valori maggiori di biodiversità lichenica (media= 107, min= 86, max= 163) e il maggior numero medio di specie per albero (16). I rilievi sono caratterizzati da comunità licheniche ricche in specie caratteristiche di boschi cedui di querce decidue. Molto interessanti sono le segnalazioni di due specie crostose caratteristiche di aree dal clima caldo umido, distribuite principalmente sul versante tirrenico della penisola: *Arthonia stellaris* Kremp. e *Blastenia herbidella* (Hue) Servít, incluse nella lista rossa italiana dei licheni epifiti rispettivamente come “Endangered” (a rischio di estinzione) e “Near-threatened” (quasi minacciata; Nascimbene *et al.*, 2013).

Anche ABR1 (Selva Piana) è caratterizzato da valori di IBL piuttosto elevati (media= 83,4, min= 63, max= 103) e un numero medio di 14 specie per albero. In questo sito è interessante la presenza di *Lepra slesvicensis* (Erichsen) Hafellner, lichene a distribuzione prevalentemente mediterranea, legato a *Lepra amara* (Ach.) Hafellner, ma regolarmente fruttificante, e limitato alle aree eu-Mediterranee, con una distribuzione principalmente tirrenica in Italia (Nimis & Martellos, 2017). È incluso nella lista rossa italiana dei licheni epifiti come “Data Deficient” (carente di dati), in quanto appartenente a gruppi critici tassonomicamente poco conosciuti con distribuzione poco nota e influenzata da possibili errori di identificazione (Nascimbene *et al.*, 2013). Si tratta della prima segnalazione per la regione Abruzzo.

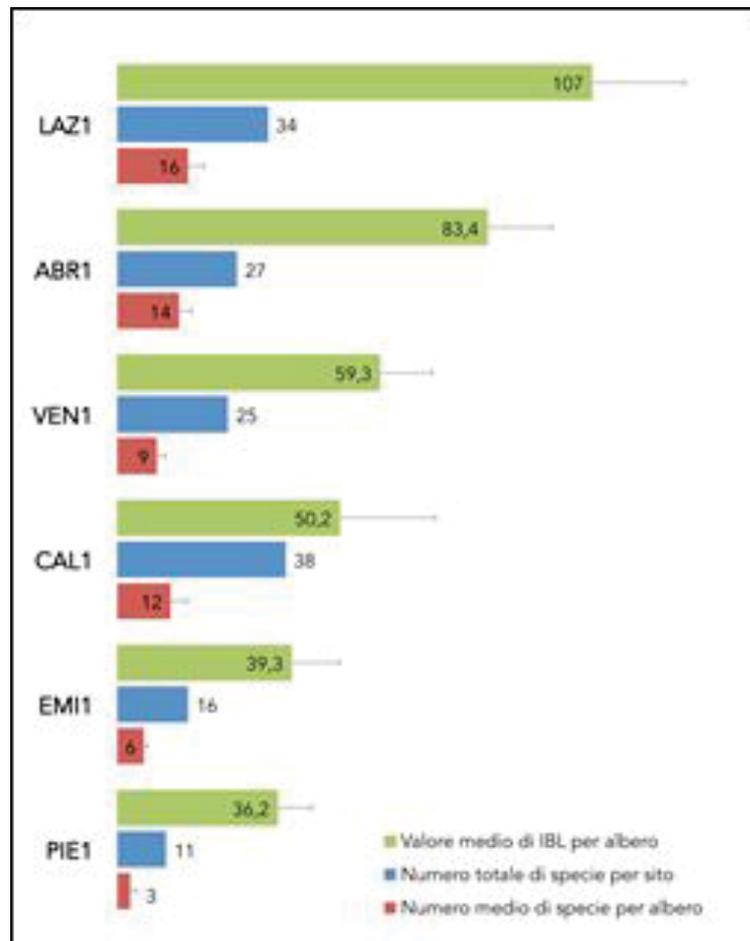


Figura 2 – Statistiche descrittive della diversità dei licheni epifiti (numero di specie e valori IBL) rilevata nei siti forestali della Rete CONECOFOR inclusi nella Rete NEC Italia (indagine 2019). Le barre degli istogrammi corrispondono alla deviazione standard.

VEN1 (Pian Cansiglio) è caratterizzato da un valore medio di IBL di 59,3 (min= 44 e max= 78) e da un numero medio di 9 specie per albero. Da segnalare per questo sito la presenza della specie fogliosa a lobi larghi *Cetrelia olivetorum* (Nyl.) W.L. Culb. & C.F. Culb. Si tratta di una specie che cresce sulla scorza di

alberi decidui e sui muschi epifiti, in foreste umide e vetuste. Localmente ancora abbondante nelle foreste montane di *Abies-Fagus*, specialmente nelle Alpi orientali, la specie è stata inclusa nella lista rossa italiana dei licheni epifiti come “Near-threatened” (quasi minacciata; Nascimbene *et al.*, 2013).

*Tabella 2 – Lista degli 84 taxa campionati nei 6 siti della rete NEC. Fra parentesi sono riportati i siti in cui è stato rilevato ogni taxon.*

<i>Acrocordia cavata</i> (Ach.) R.C. Harris (CAL1)	<i>Melanelixia glabratula</i> (Lamy) Sandler & Arup (ABR1, VEN1)
<i>Amandinea punctata</i> (Hoffm.) Coppins & Scheid. (EMI1, LAZ1)	<i>Melanelixia subaurifera</i> (Nyl.) O. Blanco, A. Crespo, Divakar, Essl., D. Hawksw. & Lumbsch (ABR1, CAL1, EMI1, LAZ1, PIE1)
<i>Anaptychia ciliaris</i> (L.) A. Massal. (ABR1)	<i>Micarea prasina</i> Fr. (CAL1)
<i>Arthonia didyma</i> Körb. (VEN1)	<i>Naetrocymbe punctiformis</i> (Pers.) R.C. Harris (VEN1)
<i>Arthonia punctiformis</i> Ach. (VEN1)	<i>Nephroma parile</i> (Ach.) Ach. (CAL1)
<i>Arthonia radiata</i> (Pers.) Ach. (ABR1, VEN1)	<i>Normandina pulchella</i> (Borrer) Nyl. (CAL1, LAZ1, VEN1)
<i>Arthonia stellaris</i> Kremp. (LAZ1)	<i>Opegrapha</i> sp. (CAL1)
<i>Arthopyrenia</i> sp. (PIE1)	<i>Gyalecta carneola</i> (Ach.) Hellb. (CAL1)
<i>Bacidia rosella</i> (Pers.) De Not. (CAL1)	<i>Parmelia saxatilis</i> (L.) Ach. (ABR1, CAL1)
<i>Blastenia herbidella</i> (Hue) Servít (CAL1, LAZ1)	<i>Parmelia sulcata</i> Taylor (ABR1, CAL1, EMI1, LAZ1, PIE1)
<i>Buellia griseovirens</i> (Sm.) Almb. (ABR1, EMI1, LAZ1, PIE1, VEN1)	<i>Parmeliella testacea</i> P.M. Jørg. (CAL1)
<i>Buellia</i> s.l. (VEN1)	<i>Parmeliella triptophylla</i> (Ach.) Müll. Arg. (CAL1)
<i>Caloplaca</i> sp. (LAZ1)	<i>Parmelina pastillifera</i> (Harm.) Hale (ABR1)
<i>Candelaria concolor</i> (Dicks.) Stein (LAZ1)	<i>Parmelina tiliacea</i> (Hoffm.) Hale (ABR1, LAZ1)
<i>Candelariella reflexa</i> (Nyl.) Lettau (EMI1, LAZ1, PIE1)	<i>Parmotrema perlatum</i> (Huds.) M. Choisy (CAL1, LAZ1)
<i>Candelariella xanthostigma</i> (Ach.) Lettau (EMI1)	<i>Peltigera praetextata</i> (Sommerf.) Zopf (CAL1)
<i>Cetrelia olivetorum</i> (Nyl.) W.L. Culb. & C.F. Culb. (VEN1)	<i>Pertusaria coccodes</i> (Ach.) Nyl. (ABR1, CAL1, LAZ1)
<i>Cladonia caespiticia</i> (Pers.) Flörke (LAZ1)	<i>Pertusaria coronata</i> (Ach.) Th. Fr. (VEN1)
<i>Cladonia parasitica</i> (Hoffm.) Hoffm. (CAL1, PIE1)	<i>Pertusaria flavida</i> (DC.) J.R. Laundon (ABR1)

<i>Cladonia</i> sp.1 (LAZ1)	<i>Pertusaria hymenea</i> (Ach.) Schaer. (CAL1)
<i>Cladonia</i> sp.2 (EMI1, VEN1)	<i>Pertusaria leioplaca</i> (Ach.) DC. (CAL1, VEN1)
<i>Coenogonium pineti</i> (Ach.) Lücking & Lumbsch (EMI1, LAZ1)	<i>Pertusaria pertusa</i> (L.) Tuck. var. <i>pertusa</i> (ABR1, CAL1, LAZ1, VEN1)
<i>Flavoparmelia caperata</i> (L.) Hale (LAZ1)	<i>Pertusaria pustulata</i> (Ach.) Duby (ABR1, CAL1, LAZ1)
<i>Fuscidea stiriaca</i> (A. Massal.) Hafellner (CAL1)	<i>Phlyctis argena</i> (Spreng.) Flot. (ABR1, CAL1, EMI1, LAZ1, VEN1)
<i>Graphis scripta</i> (L.) Ach. (CAL1, VEN1)	<i>Physcia adscendens</i> H. Olivier (ABR1, EMI1, LAZ1)
<i>Gyalecta</i> sp. (CAL1)	<i>Physcia tenella</i> (Scop.) DC. (LAZ1)
<i>Hyperphyscia adglutinata</i> (Flörke) H. Mayrhofer & Poelt (EMI1)	<i>Physconia venusta</i> (Ach.) Poelt (ABR1)
<i>Hypogymnia physodes</i> (L.) Nyl. (LAZ1, PIE1)	<i>Pleurosticta acetabulum</i> (Neck.) Elix & Lumbsch (ABR1)
<i>Lecanora argentata</i> s.l. (ABR1, CAL1, VEN1)	<i>Porina aenea</i> (Wallr.) Zahlbr (CAL1, VEN1)
<i>Lecanora carpinea</i> (L.) Vain. (ABR1, LAZ1)	<i>Pseudoschismatomma rufescens</i> (Pers.) Ertz & Tehler (VEN1)
<i>Lecanora chlarotera</i> Nyl. subsp. <i>Chlarotera</i> (LAZ1, VEN1)	<i>Punctelia subrudecta</i> (Nyl.) Krog (EMI1, LAZ1)
<i>Lecanora expallens</i> Ach. (CAL1, EMI1, LAZ1, VEN1)	<i>Pyrenula nitida</i> (Weigel) Ach. (CAL1, VEN1)
<i>Lecanora intumescens</i> (Rebent.) Rabenh. (ABR1, PIE1)	<i>Ramalina fraxinea</i> (L.) Ach. (ABR1)
<i>Lecanora symmicta</i> (Ach.) Ach. (LAZ1)	<i>Ramalina</i> sp. (ABR1, LAZ1)
<i>Lecidella elaeochroma</i> (Ach.) M. Choisy var. <i>elaeochroma</i> f. <i>elaeochroma</i> (ABR1, LAZ1)	<i>Ricasolia virens</i> (With.) H.H. Blom. & Tønberg (CAL1)
<i>Lepra albescens</i> (Huds.) Hafellner (CAL1, PIE1, VEN1)	<i>Scoliosporum umbrinum</i> (Ach.) Arnold (ABR1, PIE1)
<i>Lepra amara</i> (Ach.) Hafellner (ABR1, CAL1, LAZ1)	<i>Scytinium lichenoides</i> (L.) Otálora, P.M. Jørg. & Wedin (CAL1)
<i>Lepra slesvicensis</i> (Erichsen) Hafellner (ABR1)	<i>Scytinium teretiusculum</i> (Wallr.) Otálora, P.M. Jørg. & Wedin (CAL1)
<i>Lepraria</i> sp. 1 (CAL1, EMI1, LAZ1, PIE1, VEN1)	<i>Tephromela atra</i> (Huds.) Hafellner var. <i>atra</i> (ABR1, LAZ1)

---

*Lepraria* sp. 2 (EMI1)

*Varicellaria hemisphaerica* (Flörke) I. Schmitt & Lumbsch (VEN1)

---

*Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm. (CAL1)

*Zwackhia viridis* (Ach.) Poetsch & Schied. (VEN1)

---

*Melanelixia fuliginosa* (Duby) O. Blanco, A. Crespo, Divakar, Essl., D. Hawksw. & Lumbsch (CAL1)

*Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. (EMI1, LAZ1)

---

CAL1 (Piano Limina) mostra un valore medio di IBL di 50,2 (min= 19, max= 106) e un numero medio di 12 specie per albero. Gli alberi sono riccamente colonizzati da muschi che competono ampiamente per il substrato con le specie licheniche, restituendo perciò valori di IBL piuttosto bassi se confrontati ad esempio con quelli ottenuti nella cerreta di Monte Rufeno. Ciò nonostante, il numero complessivo di specie ottenuto sui 12 alberi dell'area è notevole (38 specie) e presenta una lista di specie molto interessanti perché rare o indicatrici di continuità forestale. Tra queste segnaliamo *Bacidia rosella* (Pers.) De Not., *Gyalecta carneola* (Ach.) Hellb., *Parmeliella triptophylla* (Ach.) Müll. Arg. e *Ricasolia virens* (With.) H.H. Blom. & Tønsberg inserite nella lista rossa italiana dei licheni epifiti come "Near-threatened" (quasi minacciata; Nascimbene *et al.*, 2013) e *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm. e *Parmeliella testacea* P.M. Jørg. inserite nella medesima lista nella categoria "Least Concern" (minima preoccupazione) in quanto, benché degne di segnalazione, sono conosciute per più di cinque regioni italiane e non mostrano un andamento negativo nella loro diffusione (Nascimbene *et al.*, 2013).

EMI1 (Bosco Carrega) e PIE1 (Val Sessera) sono i due siti con i valori minori di IBL (rispettivamente media= 39,3, min= 23, max= 60 e media= 36,2, min= 20, max= 47). I rilievi sugli alberi di EMI1 sono caratterizzati da comunità licheniche povere in specie inquadrabili nell'ambito di stadi poco maturi di comunità dello *Xanthorion*, caratteristiche di boschi cedui di querce decidue, in situazioni di eutrofizzazione. Gli alberi rilevati in PIE1 sono colonizzati da comunità licheniche impoverite, con una prevalenza di specie crostose.

La presenza di licheni rari e interessanti è un chiaro segnale della valenza della rete NEC anche dal punto di vista della conservazione delle specie, oltre che per i fini per i quali è nata. In generale i siti appenninici (LAZ1, ABR1 e CAL1) sono caratterizzati da comunità licheniche più mature e ricche in specie rispetto ai siti padani e prealpini (EMI1, PIE1 e VEN1) indipendentemente dalla tipologia forestale. Questi risultati potrebbero suggerire l'effetto di una maggiore pressione antropica in questi ultimi siti. Tuttavia, l'interpretazione dei risultati di diversità lichenica in ambito forestale è molto delicata poiché le stesse caratteristiche fisiologiche che li rendono ottimi biomonitor dell'inquinamento atmosferico sono influenzate da molti altri fattori che contribuiscono alla

variabilità dei dati raccolti. In particolare, i vari aspetti della diversità lichenica (ricchezza e abbondanza specifica, composizione specifica, specie indicatrici, gruppi e tratti funzionali) sono legati alla gestione forestale e alla funzione degli ecosistemi forestali (Brunialti *et al.*, 2010, 2012; Giordani *et al.*, 2012). I dati raccolti nelle prossime indagini permetteranno di approfondire questi aspetti anche in relazione all'andamento nel tempo di altri parametri, oltre all'inquinamento atmosferico, che sono regolarmente misurati nei siti della rete NEC.

## **Bibliografia**

- Asta J., Erhardt W., Ferretti M., Fornasier F., Kirschbaum U., Nimis P.L., Purvis O.W., Pirintsos S., Scheidegger C., Haluwyn C., Wirth V., 2002. Mapping lichen diversity as an indicator of environmental quality. In: Nimis P.L., Scheidegger C., Wolseley P.A. (eds.) *Monitoring with lichens*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 273-279.
- Brunialti G., Frati L., Incerti G., Rizzi G., Vinci M., Giordani P., 2008. Lichen biomonitoring of air pollution: issues for applications in complex environments. In: Romano G.C., Conti A.G. (eds.) *Air Quality in the 21st Century*. Nova Science Publishers Inc., New York, pp. 211-260.
- Brunialti G., Frati L., Aleffi M., Marignani M., Rosati L., Burrascano S., Ravera S., 2010. Lichens and bryophytes as indicators of old-growth features in Mediterranean forests. *Plant Biosystems* 114 (1): 221-233.
- Brunialti G., Frati L., Loppi S., 2012. Fragmentation of Mediterranean oak forests affects the diversity of epiphytic lichens. *Nova Hedwigia* 96 (1-2): 265-278.
- Direttiva (UE) 2016/2284, 2016. Direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio, del 14 dicembre 2016, concernente la riduzione delle emissioni nazionali di determinati inquinanti atmosferici, che modifica la direttiva 2003/35/CE e abroga la direttiva 2001/81/CE, OJ L 344, 17.12.2016, p. 1–31.
- Ellis C.J., 2019. Climate Change, Bioclimatic Models and the Risk to Lichen Diversity. *Diversity* 11, 54.
- Giordani P., Brunialti G., Bacaro G., Nascimbene J., 2012. Functional traits of epiphytic lichens as potential indicators of environmental conditions in forest ecosystems. *Ecological Indicators* 18: 413-420.
- Jovan S., McCune B., 2005. Air-quality bioindication in the greater central valley of California, with epiphytic macrolichen communities. *Ecological Applications* 15(5): 1712-1726.
- Kapusta P., Szarek-Lukaszewska G., Kiszka J., 2004. Spatial analysis of lichen species richness in a disturbed ecosystem (Niepolomice Forest, S Poland). *Lichenologist* 36: 249-260.
- Nascimbene J., Nimis P.L., Ravera S. 2013. Evaluating the conservation status of epiphytic lichens of Italy: A red list. *Plant Biosystems*, 147: 898-904.
- Nimis P.L., Scheidegger C., Wolseley P.A., 2002. *Monitoring with Lichens: Monitoring Lichens*. Kluwer Academic Published in Association with the NATO Scientific Affairs Division, Dordrecht, London.
- Scheidegger C., Groner U., Keller C., Stofer S., 2002. Biodiversity assessment tools – Lichens. In: Nimis P.L., Scheidegger C., Wolseley P. (eds.). *Monitoring with lichens – Monitoring lichens*. Kluwer, Dordrecht, pp. 359-365.

- Stofer S., Catalayud V., Giordani P., Neville P., 2016. Assessment of epiphytic lichen diversity. In: UNECE ICP Forests Programme Co-ordinating Centre (ed.). Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Thünen Institute of Forest Ecosystems, Eberswalde, Germany, 13 pp.
- Svoboda D., Peksa O., Veselà J., 2010. Epiphytic lichen diversity in central European oak forests: assessment of the effects of natural environmental factors and human influences. *Environmental Pollution* 158: 812-819.