



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DEL MOLISE  
Dipartimento di Bioscienze e Territorio

XXXI Ciclo di Dottorato di Ricerca in  
Bioscienze e Territorio  
Curriculum Bio-ambientale

BIOMONITORAGGIO LICHENICO E RUOLO DEI LICHENI  
COME BIOINDICATORI IN DIVERSE TIPOLOGIE DI  
ALBERI FUORI FORESTA (AFF)

Settore scientifico-disciplinare: BIO/03 BOTANICA AMBIENTALE ED APPLICATA

Dottoranda  
Stefania Caporale  
N° Matricola 155934

Tutor  
Prof.ssa Gabriella Stefania Scippa

Co-tutor  
Prof. Marco Marchetti  
Dott.ssa Silvana Munzi

Coordinatrice del Corso di Dottorato  
Prof.ssa Gabriella Stefania Scippa

24/02/2019



*Alla Stella che illumina  
il mio cammino,  
e alla Famiglia che  
ne accompagna ogni passo.*



# SOMMARIO

1. INTRODUZIONE.....	7
2. MATERIALI E METODI.....	11
2.1. Area di studio .....	11
2.2. Definizione degli AFF.....	11
2.3. Rete campionaria.....	12
2.4. Monitoraggio della diversità lichenica .....	17
2.4.1. Protocollo di campionamento.....	17
2.4.2. Identificazione delle specie licheniche.....	18
2.4.3. Caratterizzazione bioecologica della flora lichenica.....	18
2.5. Bioindicazione degli inquinanti aerodispersi .....	19
2.5.1. Selezione delle stazioni .....	20
2.5.2. Modalità di esposizione dei trapianti lichenici.....	22
2.5.3. Analisi delle risposte fisiologiche .....	24
2.5.4. Bioaccumulo di elementi in traccia.....	26
2.6. Analisi statistica .....	29
3. RISULTATI .....	31
3.1. Descrizione quali-quantitativa della flora lichenica epifitica.....	31
3.1.1. Presenza di specie di pregio e confronto fra tipologie di AFF.....	39
3.2. Risposte fisiologiche alle contaminazioni da sostanze azotate .....	41
3.2.1. Differenze tra esposizioni.....	53
3.3. Contaminazione da elementi in traccia.....	54
3.3.1. Differenze tra esposizioni.....	67
DISCUSSIONE.....	69
CONCLUSIONI.....	75
BIBLIOGRAFIA.....	77
RINGRAZIAMENTI .....	87
APPENDICE.....	89



## 1. INTRODUZIONE

Fino agli ultimi anni del '900, i piccoli nuclei boscati risultavano di interesse esclusivo delle popolazioni locali, che ne apprezzavano la presenza come elemento integrato nel paesaggio e dei proprietari che li utilizzavano principalmente come fonte di legna da ardere. Cominciano ad assumere un interesse scientifico nel corso della *FAO Expert Consultation on Global Forest Resources Assessment 2000*, svoltasi in Finlandia nel 1996. Negli anni successivi si procederà a caratterizzarli nel dettaglio per censirli come vere e proprie risorse forestali a cui verrà dato il nome di Alberi Fuori Foresta (AFF) (FAO 2001, Bellefontaine *et al.* 2002, de Foresta *et al.* 2013).

Tali entità, costituite da alberi sparsi o aggruppati in piccoli nuclei, non posseggono le caratteristiche tipiche della foresta in senso stretto soprattutto per quanto concerne parametri quali: l'estensione, la larghezza, la copertura arborea e l'altezza a maturità degli esemplari arborei. È facile ricondurre a queste definizioni la maggior parte degli alberi inseriti in contesti agricoli (agroecosistemi) ma anche molti di quelli presenti in contesti urbani (parchi, giardini, viali alberati), soprattutto nel centro Italia.

L'ampia diffusione sul territorio è testimoniata dalla grande attenzione di cui sono stati oggetto negli ultimi anni. Uno dei primi studi si è concentrato sulla loro caratterizzazione in 4 regioni del centro: Lazio, Marche, Toscana e Umbria (Paletto *et al.* 2006). Più recentemente sono stati realizzati lavori mirati alla definizione della loro presenza e distribuzione nella regione Molise (Ottaviano *et al.* 2014, Fattorini *et al.* 2016, Marchetti *et al.* 2018, Sallustio *et al.* 2018) che hanno aperto la strada ad ulteriori approfondimenti.

Gli AFF sono considerati delle risorse multifunzionali e la loro caratterizzazione è oggetto di numerosi studi a livello internazionale (Guillerme *et al.* 2009, Idol *et al.* 2011, Brown & Fischer, 2012, Rossi *et al.* 2015, Schnell 2015, Schnell *et al.* 2015, Zajączkowski J. & K. 2015, FAO & Plan Bleu 2018). Sotto il profilo conservazionistico, possono rappresentare una risorsa nel garantire la funzionalità delle reti ecologiche, in quanto svolgono un ruolo cruciale come serbatoi di biodiversità, corridoi ecologici, 'stepping stones' e habitat di rifugio per vegetali e animali, soprattutto in aree con scarsa copertura arborea (Paletto & Chincarini 2012, Paletto *et al.* 2006, Sodhi *et al.* 2010, Sekercioglu 2012, Rossi & Rousselet 2016). Indicatori di diversità biologica possono essere utilizzati per caratterizzare tali funzioni. È noto, in particolare, il ruolo svolto dai licheni come indicatori di diversità vegetale, testimoniato dai numerosi lavori presenti in letteratura che trattano i temi della diversità forestale (Nascimbene *et al.* 2010, 2013), della caratterizzazione dei boschi vetusti (Ravera *et al.* 2010), degli effetti della gestione forestale (Nascimbene *et al.* 2014) e della selezione delle 'Important Plant Areas' (Ravera *et al.* 2011). Da

quanto emerge dallo studio della letteratura non risultano, tuttavia, studi mirati ad investigare la biodiversità lichenica negli AFF.

Oltretutto lo studio della flora lichenica nella regione Molise è piuttosto recente e ben lungi da poter essere considerato esaustivo. Nella prima check list dei licheni d'Italia (Nimis 1993) non erano presenti segnalazioni regionali e nel recente aggiornamento nazionale (Nimis 2016) il Molise risulta ancora ultimo per numero di segnalazioni con solo 490 *taxa* rinvenuti nell'arco di 17 anni in meno di 30 studi (Fig. 1). Questi studi sono dedicati alla tassonomia (Baruffo *et al.* 2006, Craighero 2010, Guttová 2014), alla descrizione di gruppi poco conosciuti (Brackel 2015, 2016; Puntillo & Puntillo 2009), alla conoscenza della flora (Caporale *et al.* 2008, 2011; Frati *et al.* 2004, Garofalo *et al.* 1999, Genovesi & Ravera 2014; Nimis & Tretiach 1999, 2004; Ravera *et al.* 2009, 2010, 2010b, 2011, 2011b; Ravera & Genovesi 2010, 2012) alla ecologia (Martellos *et al.* 2014; Nascimbene *et al.* 2010, 2013, 2013b), e all'utilizzo dei licheni come bioindicatori e bioaccumulatori (Cerroni *et al.* 2004; Cocozza *et al.* 2016; Giancola *et al.* 2006, Loppi *et al.* 2015, Paoli *et al.* 2011, 2015).

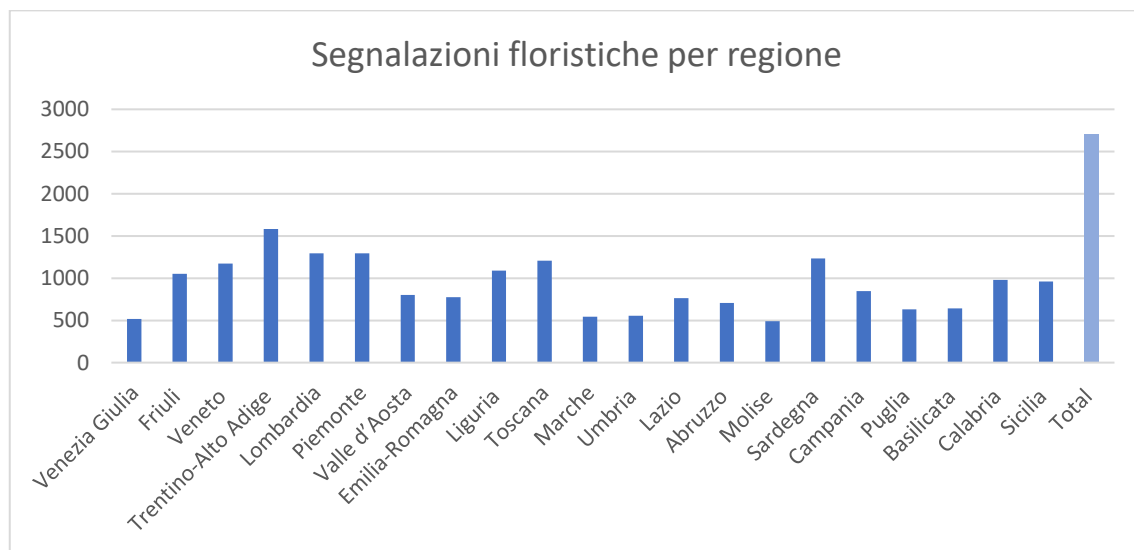


Figura 1. Numero di segnalazioni floristiche per regione. Elaborazione dei dati da Nimis (2016).

Il ruolo svolto dai licheni epifiti come bioindicatori e bioaccumulatori, per la loro comprovata sensibilità alle alterazioni ambientali, è ampiamente riconosciuto a livello internazionale (per una sintesi dei lavori si veda la Norma 'Ambient air - Biomonitoring with lichens - Assessing epiphytic lichen diversity' EN 16413:2014 (CEN, 2014).



Per quanto detto e al fine di contribuire alla caratterizzazione dei servizi ecosistemici correlati agli AFF, in un contesto di studio ritenuto di particolare attualità, l'attività di ricerca di questo dottorato si è concentrata nell'analisi del loro ruolo quali:

- i) serbatoi di biodiversità lichenica;
- ii) barriere di diffusione degli inquinanti aerodispersi.

Per quanto riguarda la prima tematica di studio, l'indagine mira ad approfondire le conoscenze sulla presenza e distribuzione delle specie come suggerito dalle Direttive della Strategia Nazionale per la Biodiversità (SNB) (MATTM 2010) che raccomanda azioni mirate al completamento delle conoscenze finalizzate alla conservazione per le specie la cui presenza sul territorio è meno conosciuta come i licheni (Orlikowska *et al.* 2016). Attraverso l'uso dei licheni epifiti, si vuole inoltre contribuire alla definizione dei ruoli ecologici degli AFF (FAO & Plan Bleu 2018) affrontando una problematica di rilevanza internazionale quale è il crescente impatto sull'ambiente dell'inquinamento da elementi in traccia e da sostanze azotate (EEA Report 2018).



## 2. MATERIALI E METODI

### 2.1. Area di studio

La regione Molise è composta principalmente da territori montuosi (55%) e collinari (44%). La parte costiera, affacciata sul mare Adriatico, ha una estensione di 40 Km e risulta densamente urbanizzata mentre le aree più interne sono caratterizzate da una ampia copertura di boschi, con il 33,5 % coperto da foreste e altre terre boscate (Marchetti *et al.* 2018).

La provincia di Isernia comprende la quasi totalità delle montagne più alte della regione (i massicci del Matese e delle Mainarde) e confina con l'Abruzzo ed il Lazio con cui divide parte del territorio del Parco Nazionale d'Abruzzo, Lazio e Molise. La provincia di Campobasso, di contro, comprende le aree collinari, costiere e pianeggianti maggiormente impattate dall'attività umana (Sallustio *et al.* 2016). Le aree industriali e quelle urbane risultano confinate alle zone pianeggianti del territorio e separate da rilievi montuosi. Tale conformazione del territorio ha limitato notevolmente l'impatto antropico lasciando ampio spazio alla diffusione di una agricoltura di tipo tradizionale caratterizzata da piccole fattorie e un ridotto uso di fertilizzanti e altre sostanze chimiche.

Dal punto di vista climatico, il territorio molisano è caratterizzato da condizioni di continentalità via via più accentuate verso l'interno, dove la maggiore altitudine favorisce frequenti precipitazioni nevose (Paura & Abbate 1995).

Sotto il profilo lichenologico la regione Molise è interessata da 4 Unità Bioclimatiche (Nimis & Martellos 2017) individuate considerando i fattori ecologici in grado di influenzare la presenza e distribuzione dei licheni sul territorio nazionale:

- Mediterranea secca, limitata ad una stretta fascia lungo la costa;
- Submediterranea secca, la più rappresentata, che include le formazioni a querce caducifoglie;
- Montana, rappresentata dai boschi del Matese e dell'Alto Molise dominati dal faggio e dall'abete bianco;
- Oromediterranea, limitata alle vette più alte dell'Appennino molisano.

### 2.2. Definizione degli AFF

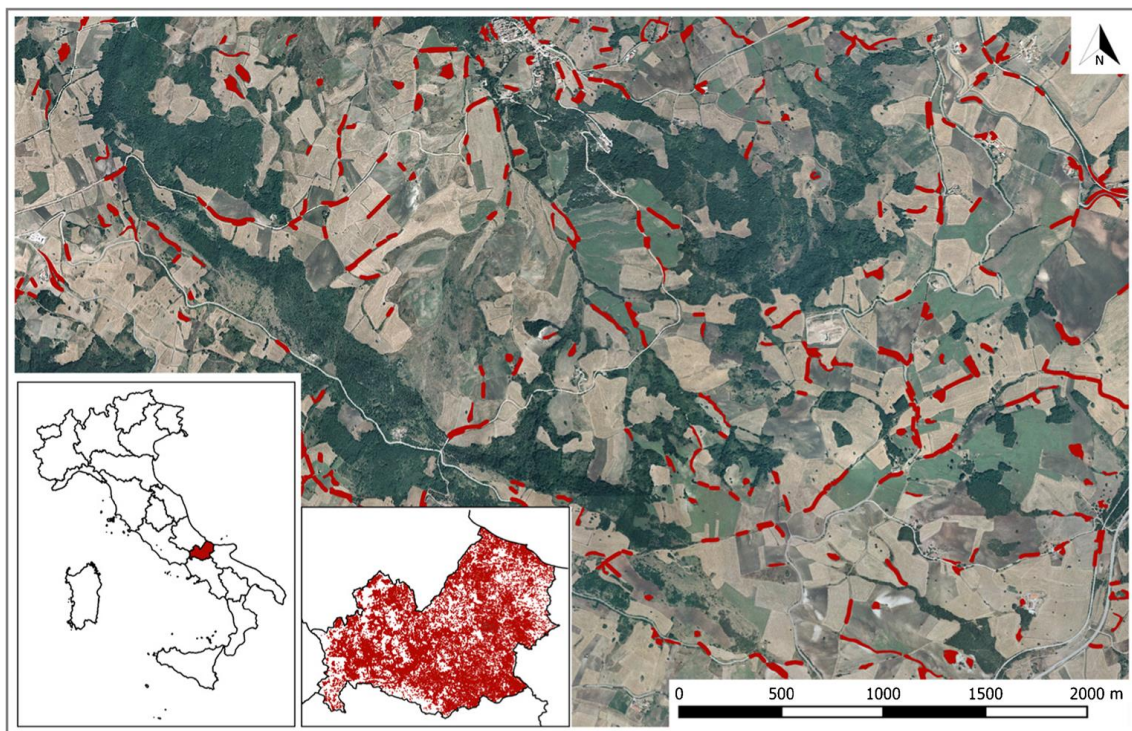
Una unità di AFF viene definita, in conformità con l'Inventario Nazionale delle Foreste italiane (INFC 2005), come un terreno boschivo con una superficie tra 500 e 5.000 m<sup>2</sup> o un filare alberato (cinture di protezione, frangivento, gallerie fluviali e formazioni lineari lungo i confini di proprietà, le strade e le ferrovie) con larghezza non superiore a 20 m.

In base alla definizione ufficiale (de Foresta *et al.* 2013) sono considerati AFF:

- boschetti (o gruppi di alberi) con superficie inferiore a 0,5 ha;
- alberi sparsi con altezza superiore a 5 m e densità inferiore al 5%;
- alberi sparsi con altezza inferiore a 5 m e densità inferiore a 10%;
- formazioni lineari (filari) di larghezza inferiore a 20 m.

### 2.3. Rete campionaria

Attraverso un campionamento stratificato a due fasi, realizzato sull'intera popolazione di AFF della regione Molise (Fig. 2) è stato estratto un campione di 47 plot, rappresentativo dei vari tipi su scala regionale (Fattorini *et al.* 2016).



*Figura 2. Rappresentazione esemplificativa degli AFF censiti nella Regione Molise. I gruppi di alberi classificati come AFF sono delimitati in rosso e in basso al centro viene riportata l'immagine dell'intera rete degli AFF della regione. Tratta da Marchetti et al. (2018).*

Il campionamento è stato realizzato tramite software GIS e fotointerpretazione su schermo di ortofoto aeree dell'intera area di studio (per maggiori dettagli si veda Marchetti *et al.* 2018). Sono state utilizzate immagini con 1 m di risoluzione geometrica in modo da permettere l'identificazione di tutti i piccoli gruppi di alberi. Ogni unità di AFF identificata è stata delineata manualmente sullo schermo e sono state definite le sue dimensioni e individuato il centroide. Successivamente sono state effettuate delle verifiche sul campo per identificare specie e

dimensioni degli alberi presenti. Nella maggior parte dei casi, le unità di AFF censite sono rappresentate da gruppi di latifoglie decidue all'interno di terreni coltivati e pascoli o lungo fiumi e piccoli corpi d'acqua.

Le principali caratteristiche degli AFF selezionati sono sintetizzate in Tab. 1 dove vengono riportate le seguenti informazioni: coordinate geografiche, altitudine, tipo (Filare/Boschetto), tipologia forestale prevalente, copertura arborea, uso del suolo prevalente e superfici artificiali. Per queste ultime viene riportata la presenza percentuale nella stazione e la tipologia di fonte di impatto prevalente: aree complesse, allevamenti, borghi. Per aree complesse si intendono quelle porzioni di territorio caratterizzate da una intensa urbanizzazione associata ad attività industriali e infrastrutture viarie di interesse regionale, per gli allevamenti sono state considerate le stalle di dimensioni medio-grandi, per i borghi sono stati utilizzati solo gli agglomerati urbani di estensione ridotta e circoscritta.

Nei casi in cui la classificazione per tipologia non è risultata applicabile viene riportata la dicitura NA.

*Tabella 1. Principali caratteristiche dei 47 AFF selezionati da Fattorini et al. (2016). ID: Identificativo della stazione, F: Filare, B: Boschetto, AC: Aree Complesse, AL: Allevamenti, BO: Borghi*

ID	Coordinate geografiche (UTM WGS84, zona 33)		Altitudine (m s.l.m.)	Tipo F/B	Tipologia forestale prevalente	Copertura arborea %	Uso del suolo prevalente	Superfici artificiali			
	Long.	Lat.						%	AC	AL	BO
1	467730	4580980	590	B	Arbusteto a rose, prugnolo e rovo	10-20	Boschi	0			
2	474552	4587150	670	F	Arbusteto a rose, prugnolo e rovo	> 50	Aree agricole	4		X	
3	487461	4588480	683	B	Pioppo-saliceto ripariale	> 50	Aree agricole	6		X	
4	485997	4589300	563	B	Cerreta mesofila	> 50	Aree agricole	6		X	
5	468842	4589320	578	B	Querceto a roverella mesoxerofilo	21-50	Aree agricole	4		X	

6	493707	4589710	780	F	Cerreta mesoxerofila	> 50	Aree agricole	1			
7	453757	4593260	520	B	Cerreta mesofila	> 50	Aree agricole	15	X		
8	485067	4593720	601	B	Latifoglie d'invasione miste e varie	> 50	Aree agricole	4			X
9	471914	4594960	742	B	Cerreta mesoxerofila	> 50	Aree agricole	3			X
10	426375	4595390	206	B	Pioppo-saliceto ripariale	> 50	Aree agricole	13	X		
11	478148	4595480	565	NA	Arbusteto a rose, prugnolo e rovo	0	Aree agricole	6			X
12	448790	4595580	670	F	Latifoglie d'invasione miste e varie	> 50	Aree agricole	2			X
13	480991	4595560	671	B	Latifoglie d'invasione miste e varie	> 50	Aree agricole	1			
14	487775	4596400	410	B	Querceto a roverella mesoxerofilo	> 50	Aree agricole	1			
15	429729	4597550	250	F	Pioppo-saliceto ripariale	> 50	Aree agricole	6	X		
16	449331	4597970	527	B	Pioppo-saliceto ripariale	> 50	Aree agricole	4	X		
17	475233	4598690	570	F	Querceto a roverella mesoxerofilo	21-50	Aree agricole	15	X		
18	483013	4600140	526	F	Querceto a roverella mesoxerofilo	21-50	Aree agricole	0			
19	452918	4600730	750	B	Pioppo-saliceto ripariale	> 50	Aree agricole	7			X
20	470042	4602050	625	F	Pioppo-saliceto ripariale	21-50	Aree agricole	35	X		
21	469804	4603160	590	B	Pioppo-saliceto ripariale	21-50	Aree agricole	11	X		

22	490726	4603290	455	B	Querceto a roverella termofilo	> 50	Aree agricole	1			
23	454341	4603710	885	F	Arbusteto a rose, prugnolo e rovo	21-50	Aree agricole	0			
24	435290	4603970	392	NA	NA	21-50	Aree agricole	13	X		
25	466042	4604020	772	B	Latifoglie d'invasione miste e varie	> 50	Aree agricole	9		X	
26	457809	4604240	707	NA	NA	10-20	Aree agricole	0			
27	428208	4605160	364	B	Pioppo-saliceto ripariale	21-50	Aree agricole	6			X
28	502900	4610130	235	B	Macchia mediterranea a Fillirea	21-50	Aree agricole	0			
29	472421	4610500	670	B	Pioppo-saliceto ripariale	21-50	Aree agricole	7			X
30	491464	4611360	360	NA	NA	0	Aree agricole	0			
31	483941	4616410	670	B	Latifoglie d'invasione miste e varie	> 5	Aree agricole	2			X
32	487173	4617700	765	B	Latifoglie d'invasione miste e varie	21-50	Aree agricole	2		X	
33	447793	4618440	925	F	Cerreta mesoxerofila	> 50	Superfici boscate	1			
34	491327	4618720	887	B	Arbusteto a ginestre	> 50	Aree agricole	1			
35	484194	4621910	352	F	Querceto a roverella termofilo	21-50	Aree agricole	1			
36	483978	4623430	402	B	Querceto a roverella secondario	21-50	Aree agricole	0			
37	441625	4627070	1075	F	Arbusteto a rose, prugnolo e rovo	10-20	Prati e pascoli	0			

38	482216	4630260	240	NA	Querceto a roverella termofilo	21-50	Aree agricole	0			
39	438564	4636730	860	F	Pioppo-saliceto ripariale	> 50	Prati e pascoli	5			X
40	475128	4637020	445	F	Latifoglie d'invasione miste e varie	> 50	Aree agricole	7			X
41	480044	4637070	351	B	Arbusteto a rose, prugnolo e rovo	21-50	Aree agricole	0			
42	479515	4638580	280	B	Querceto a roverella termofilo	> 50	Aree agricole	0			
43	481189	4648010	110	B	Querceto a roverella termofilo	21-50	Aree agricole	3	X		
44	487873	4649490	65	B	Robinieta-ailanteto	21-50	Aree agricole	3	X		
45	480848	4649850	85	F	NA	10-20	Aree agricole	1			
46	489441	4652550	46	F	Latifoglie d'invasione miste e varie	10-20	Aree agricole	4	X		
47	481428	4655330	18	B	NA	10-20	Aree agricole	3	X		

La localizzazione sul territorio regionale dei 47 plot organizzata è riportata in Fig. 3.

Le informazioni sull'uso del suolo sono desunte dalla carta 1:10.000 redatta dal Dipartimento di Bioscienze e Territorio dell'Università del Molise nel 2010 a partire dalla Carta forestale su basi Tipologiche della Regione Molise (2009) e successivamente integrata sulla base delle informazioni desunte durante la fotointerpretazione propedeutica allo studio degli AFF.





Figura 3. Distribuzione dei 47 plot di AFF sul territorio regionale.

## 2.4. Monitoraggio della diversità lichenica

### 2.4.1. Protocollo di campionamento

Al fine di rilevare la diversità lichenica degli AFF, è stato adottato un protocollo che rendesse idonei allo studio il maggior numero dei plot regionali selezionati, escludendo quelli inaccessibili perché, ad es., ricadenti in proprietà private.

In seguito ad una accurata verifica preliminare sul campo si è reso necessario optare per una analisi speditiva della diversità lichenica, in sostituzione delle metodologie di rilevamento dell'Indice di Biodiversità Lichenica (ANPA 2001) e del Lichen Diversity Value (CEN 2014) risultate inapplicabili data la scarsità di alberi idonei nei plot di studio.

Perché i dati risultassero confrontabili, è stata rilevata la diversità lichenica (DL) in tutti i plot che presentavano un minimo di tre alberi con circonferenza superiore o uguale a 40 cm, inclinazione del tronco inferiore a 20°, superficie disturbata inferiore al 20% del totale.

I rilievi hanno previsto la registrazione della presenza e frequenza delle specie licheniche epifite, nell'intervallo 0-200 cm dal suolo su: radici esposte, tronco e rami.

Per ciascun albero è stata redatta una scheda riassuntiva dove sono stati riportati:

- i parametri ambientali stazionali (coordinate geografiche, altitudine, esposizione, inclinazione del substrato, tipo di uso del suolo e di vegetazione),
- la specie dell'albero,
- la porzione rilevata (radici esposte, tronco, rami),
- l'inclinazione dell'albero,
- l'elenco delle specie presenti.

A ciascuna specie è stato attribuito un valore di abbondanza sulla base di una scala ordinale a 4 classi (Tallent-Halsell, 1994).

#### 2.4.2. *Identificazione delle specie licheniche*

Una prima identificazione delle specie è stata effettuata, ove possibile, direttamente in campo con l'ausilio di lenti d'ingrandimento (10x, 20x). La raccolta di campioni è stata limitata a talli non determinabili in campo poiché caratterizzati da elementi diagnostici microscopici. I campioni raccolti sono stati collocati in un congelatore a -20° C per una sterilizzazione preliminare e per una ottimale conservazione.

Come passaggio successivo è stata avviata la fase di laboratorio finalizzata alla identificazione chemotassonomica delle specie problematiche; per gli spot-test colorimetrici sono stati utilizzati: idrossido di potassio (K), ipoclorito di sodio (C) e parafenilendiammina (PD). Questa fase è stata condotta utilizzando uno stereo microscopio per l'analisi delle strutture macroscopiche (rizine, peli, ciglia, ecc.) ed un microscopio biologico per la determinazione, su sezioni sottili, dei caratteri microscopici (aschi, spore, parafisi, ecc.).

Per l'identificazione di alcuni campioni appartenenti al genere *Lecanora* è stata utilizzata la luce polarizzata al fine di individuare localizzazione e dimensioni dei granuli e cristalli presenti. Per l'identificazione di *Ochrolechia* spp. è stata utilizzata una lampada UV.

Per l'identificazione delle specie sono state utilizzate diverse chiavi generali, principalmente Clauzade & Roux (1985) e Smith *et al.* (2009), e monografie specifiche.

I campioni ritenuti di interesse sono conservati nell'erbario personale della scrivente (Erbario S. Caporale). Per la nomenclatura è stato seguito Nimis (2016).

#### 2.4.3. *Caratterizzazione bioecologica della flora lichenica*

Per la caratterizzazione bioecologica della flora lichenica si fa riferimento a Nimis (2016). Per ciascuna specie sono state riportate le principali caratteristiche biologiche (forma di crescita, substrato di crescita prevalente, fotobionte, strategia riproduttiva prevalente) e i valori degli indici

ecologici relativi al pH del substrato, luce, xerofitismo, eutrofizzazione e poleotolleranza. Sono considerate specie di pregio:

- specie nuove per la regione,
- specie minacciate di estinzione (Nascimbene *et al.* 2013b),
- licheni rari nelle fasce bioclimatiche in cui ricadono gli AFF censiti (fascia bioclimatica ‘submediterranea secca’ o ‘montana’) e specie ad affinità suboceanica (Nimis & Martellos 2017).

La rarità in Nimis & Martellos (2017) è espressa in 8 classi:

- er: estremamente raro,
- vr: molto raro,
- r: raro,
- rr: abbastanza raro,
- rc: abbastanza comune,
- c: comune,
- vc: molto comune,
- ec: estremamente comune.

Ai fini del presente studio vengono considerati rari solo i licheni ricompresi nelle prime tre categorie (er, vr, r) e i licheni considerati assenti (ab) in quegli ambienti.

Vengono considerati di pregio, inoltre, i licheni ad affinità suboceanica in quanto caratteristici del versante tirrenico della penisola e meno diffusi nell’Italia adriatica in cui le caratteristiche climatiche (e i popolamenti vegetali) risultano maggiormente continentali (Nimis & Tretiach 1995, 1999, 2004).

## 2.5. Bioindicazione degli inquinanti aerodispersi

Al fine di valutare la capacità degli AFF di schermare la diffusione degli inquinanti aerodispersi sono state utilizzate due tipologie di analisi mirate:

- all’individuazione delle risposte fisiologiche alle contaminazioni da sostanze azotate,
- alla valutazione del bioaccumulo di elementi in traccia. Tali contaminanti risultano tra le maggiori fonti di impatto presenti sul territorio e sono riconducibili alle principali attività antropiche presenti nella regione (Marchetti *et al.* 2006).

Per entrambe le tipologie, è possibile utilizzare due differenti approcci in relazione allo scopo della ricerca e alle possibilità di applicazione nell’area di studio. Il metodo dei licheni nativi, che prevede l’utilizzo di campioni raccolti *in situ*, è applicabile in aree dove le specie licheniche adatte sono presenti con una distribuzione spaziale omogenea e in quantità sufficiente in ogni sito

di campionamento. È principalmente applicato in studi di riferimento, mirati a quantificare per la prima volta le concentrazioni di elementi in traccia nei talli lichenici all'interno di un'area di studio. Il metodo dei trapianti di licheni, utilizzato maggiormente quando l'obiettivo è il rilevamento delle variazioni delle concentrazioni di elementi in traccia nel tempo, è applicabile nelle stesse condizioni del metodo dei licheni nativi, ma anche in aree:

- prive di licheni nativi (ad esempio all'interno del cosiddetto "deserto lichenico"),
- con una distribuzione irregolare di specie adatte,
- con quantità di campioni insufficienti per le analisi chimiche (Bargagli, 1998).

Dopo una valutazione preliminare sul campo, non avendo riscontrato *in situ* una presenza adeguata (per quantità e distribuzione) di licheni nativi idonei al campionamento, si è reso necessario procedere al trapianto della specie *Evernia prunastri* (L.) Ach., ritenuta, sulla base della letteratura di riferimento (Brunialti & Frati, 2014), la più idonea allo scopo per stato di protezione (assente), abbondanza nell'area di studio, facilità di identificazione.

La valutazione delle risposte fisiologiche ha interessato entrambi i partner della simbiosi lichenica:

- per valutare la vitalità del partner algale sono stati misurati il rapporto Fv/Fm, il contenuto di clorofilla *a*, clorofilla *b* e carotenoidi e la degradazione della clorofilla; (Pirintsos *et al.* 2009, 2011; Munzi *et al.* 2012),
- per valutare lo stato del partner fungino sono stati analizzati il contenuto di chitina (sostanza che si ritiene coinvolta nei meccanismi di tolleranza all'azoto nei licheni), il contenuto di proteine e ammonio legati alla disponibilità di sostanze azotate nell'ambiente (Munzi *et al.* 2011, 2012).

Per quanto riguarda il bioaccumulo sono stati determinate le concentrazioni nel tallo dei seguenti metalli: Al, V, Cr, Mn, Fe, Cu, Zn, As, Cd, Sb, Hg, Pb; con particolare attenzione ad arsenico, cadmio e piombo, monitorati a norma di legge (D. Lgs. 155/2010) per la loro pericolosità.

In base a quanto riportato in letteratura (Brunialti & Frati 2014) Al, Mn e Fe provengono principalmente da contaminazioni di tipo terrigeno; Cr, Cu, Zn, Pb, Cd, sono immessi in atmosfera principalmente dalle attività di tipo industriale e V e Sb sono utilizzati come marcatori di traffico veicolare.

### 2.5.1. Selezione delle stazioni

Al fine di valutare il ruolo degli AFF come barriera nei confronti della diffusione degli inquinanti azotati sono stati selezionati 15 plot dei 47 riportati in Tab. 1. Per la scelta si è fatto riferimento all'uso del suolo nell'intorno dell'AFF per un raggio di 1 km a partire dal suo

centroide. Sono stati selezionati i plot che, pur ricadenti in un'area con uso del suolo principalmente agricolo, presentavano in tale area i valori più elevati nella classe 'Superfici artificiali' (Tab. 1). Successivamente sono stati individuati 5 plot caratterizzati dalla prossimità a ciascuna delle 3 categorie di uso del suolo maggiormente antropizzate: industriale complesso (AC), zootecnico (AL), abitativo (BO).

La scelta delle stazioni è stata condizionata principalmente dalla morfologia dell'AFF e dal suo orientamento in relazione alla fonte di impatto prossimale: sono stati selezionati tutti gli AFF in cui potessero essere chiaramente individuati un lato esposto e un lato coperto. Sono state di conseguenza escluse le stazioni in cui non fosse evidenziabile una chiara direzionalità in relazione ad un'unica tipologia di fonte di impatto entro una distanza massima di 1 km. La Tab. 2 mostra le distanze dal centroide del nucleo di AFF con le attività antropiche prossimali e le principali caratteristiche delle fonti di impatto individuate per ciascuno dei plot selezionati.

*Tabella 2. Distanza e principali caratteristiche delle attività antropiche prossime ai plot di AFF selezionati per lo studio di bioaccumulo. AL: Allevamenti, BO: Borghi, AC: Aree Complesse.*

Plot	Distanza minima dalla fonte di impatto (m)	Tipologia fonte di impatto	Caratteristiche della fonte di impatto	Distanza dalle principali strade (m)	Tipologia strada
3	89,5	AL	Impianto zootecnico <50 capi <sup>#</sup>	314,0	Strada Statale
4	67,2	AL	Impianto zootecnico > 50 capi <sup>#</sup>	956,0	Strada Statale
5	38,0	AL	Impianto zootecnico >50 capi <sup>#</sup>	1059,0	Strada Provinciale
7	0,0	AC	Industriale, commerciale e abitativa (codice IT1403) <sup>§</sup>	1518,6	Strada Statale
8	173,3	BO	Nucleo abitato > 1000 abitanti <sup>*</sup>	18,5	Strada Provinciale
9	406,2	BO	Nucleo abitato > 1000 abitanti <sup>*</sup>	2252,4	Strada Provinciale
10	510,8	AC	Industriale, commerciale e abitativa (codice IT1403) <sup>§</sup>	362,3	Strada Statale
17	0,0	AC	Industriale, commerciale e abitativa (codice IT1403) <sup>§</sup>	469,2	Strada Provinciale
19	349,5	AL	Impianto zootecnico > 50 capi <sup>#</sup>	662,7	Strada Provinciale
21	94,9	AC	Industriale, commerciale e abitativa (codice IT1403) <sup>§</sup>	38,6	Strada Provinciale
25	33,4	AL	Impianto zootecnico >50 capi <sup>#</sup>	679,1	Strada Provinciale
29	415,9	BO	Nucleo abitato < 1000 abitanti <sup>*</sup>	201,8	Strada Statale
39	624,4	BO	Nucleo abitato < 1000 abitanti <sup>*</sup>	696,6	Strada Provinciale
40	251,6	BO	Nucleo abitato < 1000 abitanti <sup>*</sup>	205,4	Strada Provinciale
43	258,0	AC	Industriale, commerciale e abitativa (codice IT1404) <sup>§</sup>	351,9	Strada Provinciale

\*Fonte: censimento ISTAT 2017; <sup>#</sup>Dati da rilievo sul campo; <sup>§</sup>Fonte: zonizzazione ARPA Molise 2016.

### 2.5.2. Modalità di esposizione dei trapianti lichenici

I talli utilizzati per i trapianti, sono stati prelevati in un'area remota nella Riserva MaB Collemeluccio-Montedimezzo (area di background), omogenea sotto il profilo ecologico-ambientale, lontana da fonti di inquinamento (Ravera 2008, ARPA Molise 2012) e dove si rinvenivano specie sensibili all'impatto antropico quali *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm., *Gyalecta carneola* (Ach.) Hellb. e *Bacidia rosella* (Pers.) De Not. (Ravera *et al.* 2010). Il prelievo del materiale è stato effettuato in una radura circoscritta situata all'interno del bosco, situata nei pressi del centro visite della Riserva di Collemeluccio, delimitata in blu nell'immagine che segue (Fig. 4), con una estensione di circa 4 m<sup>2</sup> in una zona semi pianeggiante a dominanza di specie caducifoglie a portamento arbustivo situata ad una altitudine di 900 m s.l.m.

Il materiale è stato prelevato asportando porzioni di rami di *Crataegus monogyna* Jacq., *Acer campestre* L. e *Prunus spinosa* L. ad una altezza non inferiore ad 1 metro dal suolo per evitare contaminazioni terrigene (Adamo *et al.* 2008). I rami sono stati recisi in modo da non entrare in contatto diretto con i talli per evitare di danneggiarli e/o contaminarli con gli strumenti utilizzati per il taglio (cesoie e seghetto).

I rami prelevati sono stati inseriti in buste di carta per il trasporto e conservati a temperatura ambiente. I campioni, rappresentati da talli interi in quantità sufficiente a fornire il materiale necessario per le successive analisi sono stati assemblati, nell'arco delle 24 ore successive al prelievo. I trapianti sono stati allestiti legando con un filo di nylon, i talli lichenici su porzioni di ramo raccolti nell'area remota. In questa fase sono stati rimossi i talli danneggiati. Tutte fasi sono state eseguite indossando guanti in lattice.





*Figura 4. Area di prelievo del materiale per il trapianto.*

Una parte dei talli prelevati è stata contestualmente accantonata e conservata in un frigorifero per le analisi di controllo.

Il posizionamento dei campioni è stato effettuato entro 4 giorni dal prelievo (fine luglio 2017) seguendo un transetto perpendicolare all'origine della fonte di impatto individuata (area complessa, allevamento, borgo). I campioni sono stati ancorati ai rami esterni degli alberi marginali dell'AFF utilizzando delle fascette di plastica (Fig. 5). Per rendere confrontabile l'eventuale impatto della chioma sul trapianto sono state selezionate esclusivamente specie caducifoglie. Ogni trapianto è stato posizionato ad una altezza minima di 2,5 m dal suolo. In ciascuna delle stazioni selezionate, sono stati posizionati i talli necessari all'analisi in tre repliche dell'area esposta alla fonte di probabile impatto (sopravento) e dell'area situata alle spalle degli AFF (sottovento). L'attività di posizionamento si è svolta nell'arco di tre giorni (dal 24 al 26 luglio 2017). Il tempo di esposizione è stato definito sulla base delle indicazioni riportate in letteratura (Brunialti & Frati, 2014, Loppi & Paoli 2015).

I campioni sono stati ritirati dopo una esposizione di 90 giorni e riposti in sacchetti di carta sigillati recanti il codice della stazione e l'esposizione. Trasportati in un luogo caldo e asciutto



sono stati lasciati essiccare per circa 24 ore. Successivamente sono stati separati dai rami e inseriti in buste di plastica a chiusura ermetica per il trasporto nei laboratori di analisi. Tutte le fasi sono state eseguite a mano indossando guanti in lattice ed evitando l'utilizzo di strumenti metallici.



*Figura 5. Posizionamento dei trapianti sui rami degli alberi al margine degli AFF.*

### *2.5.3. Analisi delle risposte fisiologiche*

Entro una settimana dalla raccolta, i campioni sono stati trasportati presso i laboratori del “Centre for Ecology, Evolution and Environmental Changes” della Universidade de Lisboa



(Portogallo). In laboratorio i campioni sono stati ripuliti a mano, indossando guanti di lattice, per eliminare residui di corteccia e altre impurità e sono state eliminate le parti del tallo rovinate o necrotiche.

## **Fluorescenza**

Una parte dei talli è stata rivitalizzata con acqua distillata e lasciata riposare per una notte per procedere alle misurazioni a temperatura ambiente del rapporto Fv/Fm e di altri parametri di fluorescenza della clorofilla *a* con analizzatore Handy PEA (Photosynthetic Efficiency Analyzer, Hansatech) (Baker 2008; Maxwell & Johnson 2000).

La restante parte dei campioni è stata sottoposta a macinatura con un mulino a sfere di tungsteno (Retsch). I campioni polverizzati sono stati suddivisi in quote e sottoposti a pesatura di precisione per procedere alle fasi successive.

## **Pigmenti e degradazione della clorofilla**

Per l'analisi del contenuto di pigmenti si è proceduto all'estrazione della clorofilla utilizzando dimetilsolfossido (DMSO) addizionato a polivinilpirrolidone (PVP). Successivamente sono stati determinati il contenuto di clorofilla *a*, clorofilla *b* e carotenoidi e la degradazione della clorofilla misurando l'assorbanza di estratti crudi di lichene usando uno spettrometro UV-visible (Agilent 8453) a 665 (per la clorofilla *a*), 649 (per la clorofilla *b*), 480 (per i carotenoidi), 435 e 415 (per la misura della degradazione della clorofilla) nm (Barnes *et al.* 1992, Ronen & Galun 1984).

## **Chitina**

La chitina è stata estratta dal materiale polverizzato, sottoposto ad idrolisi acida, e analizzata utilizzando la cromatografia liquida ad alta prestazione (HPLC). La rilevazione è stata eseguita ad una lunghezza d'onda di 260 e 330 nm (Ekblad *et al.* 1996).

## **Proteine**

È stato determinato il contenuto di proteine utilizzando il metodo Bradford (Bačkor *et al.* 2006, Weissman *et al.* 2005) con albumina di siero bovino come standard.

## **Ammonio**

L'ammonio contenuto nei talli lichenici è stato estratto usando inizialmente NiCl<sub>2</sub> e successivamente H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Per la quantificazione è stata utilizzata la reazione di Berthelot e

misurando l'assorbanza con uno spettrometro UV-visible (Agilent 8453) a 665 nm (Munzi *et al.*, 2011).

#### 2.5.4. Bioaccumulo di elementi in traccia

Le analisi degli elementi in traccia sono state effettuate, in triplicato per ciascuna stazione, nei trapianti esposti nei 5 plot in prossimità delle Aree Complesse (Tab. 1).

In termini di zonizzazione del territorio molisano per la qualità dell'aria (D.G.R. n.375 del 1° agosto 2014), le zone in cui sono ricompresi i plot di AFF utilizzati per lo studio di bioaccumulo sono quelle riportate nella tabella che segue (Tab. 3).

*Tabella 3. Zonizzazione del territorio interessato dallo studio di bioaccumulo degli elementi in traccia (fonte: ARPA MOLISE 2016).*

ID	TIPO	IMPATTO EVIDENZIATO	Stabilimenti industriali prevalenti	Codice e descrizione zonizzazione ARPA Molise per gli inquinanti chimici
7	B	Nucleo industriale Bojano-Spinete Nucleo abitato (riscaldamento civile/residenziale) Traffico (auto e mezzi pesanti)	Aziende meccaniche Industria chimica Industria alimentare (con deposito fanghi di depurazione) Trattamento acque reflue	IT1403 - Tale Zona è costituita dal territorio del comune di Campobasso caratterizzato da elevata densità di popolazione con notevole numero di abitanti fluttuanti composto prevalentemente da lavoratori e studenti pendolari, presenza di stabilimenti industriali (presenza del nucleo industriale di Campobasso-Ripalimosani), artigianali, agro-alimentari o di servizio che, per potenzialità produttiva o numero, possono provocare inquinamento atmosferico ed orografia e aspetti climatici tipici di aree collinari con valori di piovosità media annua compresi tra i 700 mm e i 900 mm circa e da temperature medie annue di circa 0/5 °C e <u>carico emissivo alto</u> .  È, inoltre, caratterizzata da territori posti ad una quota compresa tra i 220 ed i 450 metri sul livello del mare. I settori di territorio ascrivibili a tale Zona sono contraddistinti da aree pianeggianti con valori di pendenza pressoché nulli, posti in adiacenza a versanti montuosi con
10	B	Nucleo industriale Pozzilli-Venafro Nucleo abitato (riscaldamento civile/residenziale) Traffico (auto e mezzi pesanti)	Aziende metalmeccaniche Inceneritore Cementificio Trattamento acque reflue	
17	F	Nucleo industriale Campobasso-Ripalimosani (esposizione SE)	Lavanderia industriale Aziende meccaniche	

		<p>Nucleo abitato (riscaldamento civile/residenziale)</p> <p>Traffico (auto e mezzi pesanti)</p>	<p>Stoccaggio e distribuzione carburanti</p> <p>Depuratore (colle calcare-colle arso)</p>	<p>pendenze mediamente maggiori dei 30°; situazione meteorologica sfavorevole per la dispersione degli inquinanti (velocità del vento limitata, frequenti casi di inversione termica, lunghi periodi di stabilità atmosferica caratterizzata da alta pressione); media densità abitativa (Comuni di Isernia, Venafro e Bojano), media concentrazione di attività industriali (Consorzi per lo sviluppo industriale di Campobasso-Bojano-Vinchiaturò e Isernia-Venafro) e di traffico autoveicolare (Strade Statali 85 e 17); <u>carico emissivo alto.</u></p>
21	B	<p>Nucleo industriale Campobasso-Ripalimosani (esposizione NW)</p> <p>Nucleo abitato (riscaldamento civile/residenziale)</p> <p>Traffico (auto e mezzi pesanti)</p>	<p>Industria alimentare</p> <p>Lavanderia industriale</p> <p>Aziende meccaniche</p> <p>Stoccaggio e distribuzione carburanti</p> <p>Depuratore (macchie)</p>	
43	B	<p>Nucleo industriale Montenero di Bisaccia-San Salvo</p> <p>Nucleo abitato (riscaldamento civile/residenziale)</p> <p>Traffico (auto e mezzi pesanti)</p>	<p>Industria tessile</p> <p>Lavanderia industriale</p> <p>Trattamento acque reflue</p> <p>Turbogas</p> <p>Impianto di verniciatura auto</p>	<p>IT1404 - Questa Zona è costituita da aree caratterizzate dai territori più densamente popolati nel periodo estivo per via del turismo balneare che ne fa quasi raddoppiare la popolazione, e, nel quale sono presenti stabilimenti industriali (Presenza del Consorzio per lo sviluppo industriale della Valle del Biferno), artigianali, agro-alimentari o di servizio che, per potenzialità produttiva o numero, possono provocare inquinamento atmosferico; da territori dei comuni confinanti nei quali è presente uno sviluppo industriale, antropico e turistico in grado di produrre inquinamento atmosferico; dai territori attraversati dall'asse autostradale A14 (Bologna-Bari) ed, infine, zona meteorologica di Piana Costiera con valori di piovosità media annua compresi tra i 600 mm e i 700 mm circa e da temperature medie annue di circa 7 °C; il regime anemometrico è rappresentato dalla presenza di brezze marine.</p>

La Fig. 6 riporta i grafici della distribuzione dei venti dedotta dai dati delle centraline della rete di monitoraggio di ARPA Molise più prossime ai plot di AFF selezionati per lo studio di bioaccumulo.

### Distribuzione provenienza dei venti

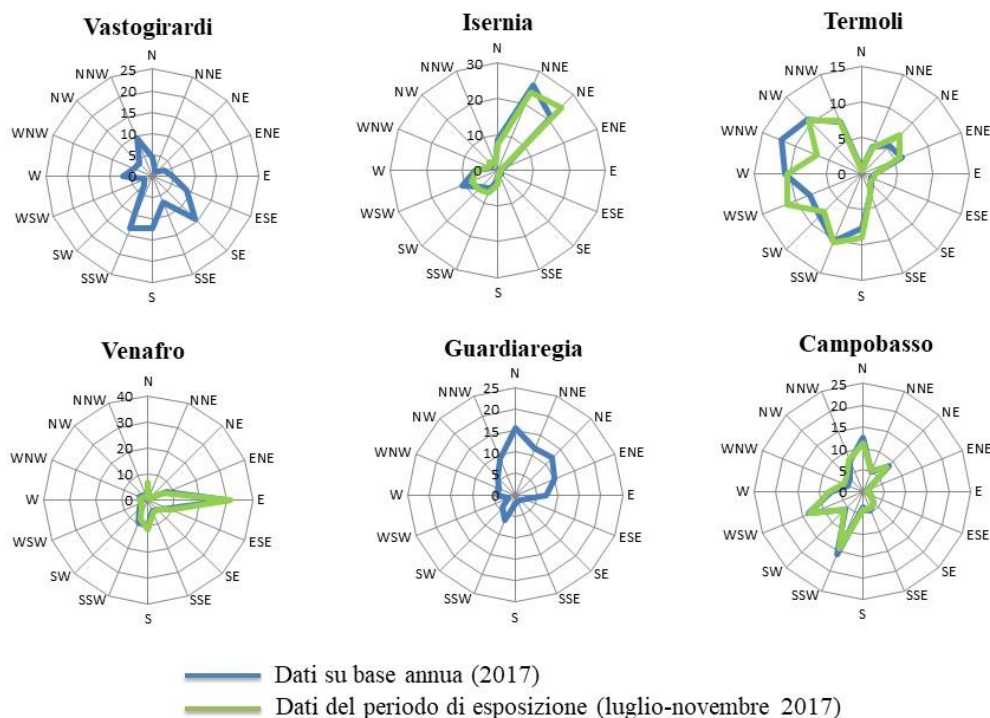


Figura 6. Distribuzione di provenienza dei venti. Nelle stazioni di Vastogirardi e Guardiaregia mancano i dati del periodo di esposizione (elaborazioni grafiche da dati forniti da ARPA Molise).

Una quota dei campioni precedentemente polverizzati presso i laboratori della Universidade de Lisboa (par. 2.4.2) è stata trasferita il 5 febbraio 2017 presso i laboratori dell'Università di Siena per procedere alle ulteriori analisi degli elementi in traccia.

I campioni sono stati trattati in sequenza con una miscela di acido nitrico, acqua ossigenata e acido fluoridrico (Paoli *et al.* 2011) e sottoposti a mineralizzazione ad alta temperatura (280° per 30 minuti). Successivamente sono state determinate concentrazioni di Al, Mn, Fe, V, Cr, Cu, Zn, As, Cd, Sb, Hg e Pb, tramite ICP-MS e confrontate con il materiale certificato (IAEA-336 'Evernia prunastri').

## 2.6. Analisi statistica

Al fine di valutare la capacità degli AFF di conservare la biodiversità lichenica e di fungere da barriera alla dispersione degli inquinanti nell'area di studio, i risultati del biomonitoraggio, sono stati sottoposti ad analisi statistiche univariate e multivariate e modelli non parametrici.

I dati sono stati elaborati utilizzando i programmi SPSS (vers. 20.0) e PC-ORD (vers. 4.34). Per evidenziare eventuali differenze statisticamente significative fra i lati esposto e coperto dei plot di studio e tra i tipi di AFF indagati (filari e boschetti) sono stati applicati i seguenti test non parametrici: Test U di Mann-Whitney e Test di Kolmogorov-Smirnov (p-value significativo se  $<0,05$ ). L'utilizzo di test di tipo non parametrico è giustificato dal fatto che le misure eseguite (in tre repliche per ciascuna esposizione) non raggiungono una numerosità campionaria tale da avere la certezza che le variabili in questione siano distribuite in modo normale.



### 3. RISULTATI

#### 3.1. Descrizione quali-quantitativa della flora lichenica epifitica

Sono stati effettuati i rilievi della diversità lichenica in un totale di 30 plot di AFF risultati idonei sulla base dei criteri descritti nel paragrafo 2.4.1. (Fig. 7).

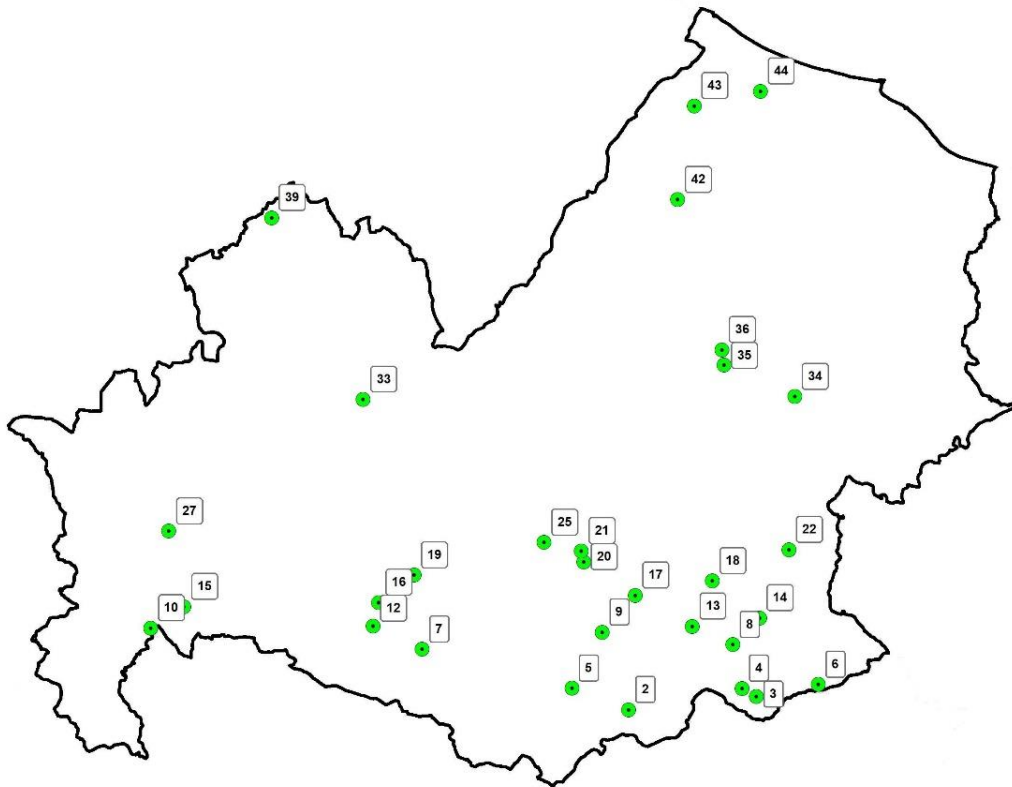


Figura 7. Distribuzione sul territorio regionale degli AFF risultati idonee ai fini dei rilievi floristici. La numerazione dei plot segue quella riportata in Tab. 1.

Lo studio della flora lichenica epifita ha permesso di identificare 108 *taxa* di funghi lichenizzati appartenenti a 60 generi di Ascomiceti. Si riporta di seguito l'elenco dei *taxa* identificati in ordine alfabetico. I licheni nuovi per la regione Molise sono indicati con il simbolo #. I licheni inseriti nella lista rossa nazionale dei licheni epifiti (Nascimbene *et al.* 2013b) sono indicati con il simbolo \* seguito dalla categoria di minaccia indicata tra parentesi. Le specie rinvenute sono attribuibili a 2 categorie: 'Near Threatened' (NT) e 'Least Concern' (LC). Accanto ad ogni specie è riportato il numero del plot (Tab. 1) e il tipo di albero su cui i licheni sono stati raccolti (abbreviazioni in Tab. 4). Sono inoltre indicate: le specie ad affinità suboceanica (Suboc.), la classe di rarità nelle fasce bioclimatiche montana (Mon) e submediterranea secca (SmedD) ed i valori di poleotolleranza (PT) come riportato in Nimis (2016).

Tabella 4. Specie di alberi utilizzati per i rilievi e loro acronimi.

Specie	Acronimo
<i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swingle	Aa
<i>Acer campestre</i> L.	Ac
<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.	Ag
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	Fe
<i>Fraxinus ornus</i> L.	Fr
<i>Juglans regia</i> L.	Jr
<i>Populus alba</i> L.	Pa
<i>Populus nigra</i> L.	Po
<i>Populus tremula</i> L.	Pt
<i>Prunus avium</i> L.	Pr
<i>Prunus dulcis</i> (Mill.) D.A. Webb	Pd
<i>Quercus cerris</i> L.	Qc
<i>Quercus pubescens</i> Willd.	Qp
<i>Quercus robur</i> L.	Qr
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	Rp
<i>Salix alba</i> L.	Sa
<i>Ulmus minor</i> Mill.	Um

### Lista dei taxa

*Acrocordia gemmata* (Ach.) A. Massal. var. *gemmata*, 7: su Qr. Suboc. Mon/vr, SmedD/r. PT 1.

# \* (LC) *Agonimia opuntiella* (Buschardt & Poelt) Vězda, 6: su Qc. Mon/er, SmedD/vr. PT 1.

*Alyxoria varia* (Pers.) Ertz & Tehler, 2, 4, 10, 16, 20, 27, 42, 43, 44: su Aa, Fe, Pa, Po, Qc, Qp, Sa. Mon/vr, SmedD/r. PT 1-2.

*Amandinea punctata* (Hoffm.) Coppins & Scheid., 15, 16: su Jr, Sa. Mon/r, SmedD/rc. PT 1-3.

*Anaptychia ciliaris* (L.) A. Massal., 4, 5, 9, 12, 13, 15, 19, 22, 33, 39: su Ac, Fe, Jr, Po, Qc, Qp, Rp, Um. Mon/rc, SmedD/r. PT 1-2.

*Arthonia atra* (Pers.) A. Schneid., 8, 10: su Qc, Qp. Mon/rr, SmedD/c. PT 1-2.

*Arthonia punctiformis* Ach., 8, 13: su Ac, Qc, Qp. Mon/rc, SmedD/rc. PT 1-2.

*Arthonia radiata* (Pers.) Ach., 4, 8, 10, 14, 16: su Ac, Ag, Fe, Pa, Qc, Qp. Mon/rc, SmedD/rc. PT 1-3.

# *Arthopyrenia analepta* (Ach.) A. Massal., 5, 6: su Qc, Qp. Mon/vr, SmedD/vr. PT 1.



\*(NT) *Arthopyrenia salicis* A. Massal., 10, 12, 14, 15, 16: su Ag, Jr, Pa, Qp, Sa. Suboc. Mon/vr, SmedD/er. PT 1.

*Athallia cerinella* (Nyl.) Arup, Frödén & Søchting, 2, 5, 6, 10, 12, 13, 16, 18, 19, 21, 21, 22, 27, 35, 36, 36, 39, 43, 44: su Aa, Ag, Fe, Pa, Po, Pt, Qc, Qp, Rp, Sa, Um. Mon/r, SmedD/rc. PT 1-2.

*Athallia cerinelloides* (Erichsen) Arup, Frödén & Søchting, 15: su Jr. Mon/r, SmedD/vr. PT 1-2.

*Athallia pyracea* (Ach.) Arup, Frödén & Søchting, 7, 9, 12, 16, 19, 34, 35: su Pa, Po, Qc, Qp, Qr, Sa. Mon/rr, SmedD/vc. PT 1-2.

*Bacidia arceutina* (Ach.) Rehm & Arnold, 3, 4: su Fe, Pt. Suboc. Mon/er, SmedD/vr. PT 1.

*Bacidia fraxinea* Lönnr., 2, 3, 4, 5, 9, 12, 16, 19, 20, 39, 42: su Ac, Fe, Po, Qc, Qp, Sa, Um. Suboc. Mon/vr, SmedD/er. PT 0.

\*(NT) *Bacidia rosella* (Pers.) De Not., 39: su Po. Suboc. Mon/er, SmedD/er. PT 0.

*Bacidia rubella* (Hoffm.) A. Massal., 2, 3, 7, 19: su Ac, Fe, Qp, Qr. Mon/er, SmedD/vr. PT 1-2.

\*(NT) *Buellia disciformis* (Fr.) Mudd, 2, 19: su Ac, Fe. Mon/rr, SmedD/er. PT 1.

*Caloplaca cerina* (Hedw.) Th. Fr. s.lat., 2, 5, 7, 9, 12, 15, 16, 19, 21, 22, 25, 27, 33, 35, 36, 43: su Ac, Fe, Jr, Pa, Po, Pt Qc, Qp, Qr, Sa. Mon/rr, SmedD/rc. PT 1-3.

*Caloplaca haematites* (Chaub.) Zwackh, 2, 6, 9, 12, 16, 21, 22, 25, 27, 33, 36: su Ac, Fe, Jr, Pa, Pt, Qc, Qp, Sa, Um. Mon/ab, SmedD/vr. PT 1-2.

*Caloplaca obscurella* (J. Lahm) Th. Fr, 9: su Ac, Qc, Qp. Mon/ab, SmedD/r. PT 1-2.

*Candelaria concolor* (Dicks.) Stein, 5, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 15, 16, 19, 25, 27, 33, 35, 39, 44: su Ag, Jr, Pa, Pr, Qc, Qp, Qr, Rp, Sa, Um. Mon/vr, SmedD/vc. PT 1-3.

*Candelariella reflexa* (Nyl.) Lettau, 6, 7, 12, 19, 44: su Pr, Qp, Qr. Mon/r, SmedD/vc. PT 1-3.

\*(NT) *Candelariella subdeflexa* (Nyl.) Lettau, 9, 18: su Ac, Qp. Mon/ab, SmedD/vr. PT 1-2.

*Candelariella xanthostigma* (Ach.) Lettau, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 12, 13, 16, 17, 19, 21, 22, 25, 33, 34, 35, 39, 40: su Aa, Ac, Fe, Pa, Pd, Po, Pr, Qc, Qp, Qr, Rp, Sa, Um. Mon/rc, SmedD/vc. PT 1-3.

\*(NT) *Catapyrenium psoromoides* (Borrer) R. Sant., 19: su Qp. Mon/er, SmedD/vr. PT 1.

*Catillaria nigroclavata* (Nyl.) J. Steiner, 2, 7, 9, 10, 12, 13, 16, 18, 19, 42: su Ac, Ag, Fe, Pa, Po, Qr, Qp, Qc, Rp, Sa. Mon/rr, SmedD/rc. PT 1-2.

*Coenogonium pineti* (Ach.) Lücking & Lumbsch, 4, 8: su Qc. Mon/vr, SmedD/r. PT 1-2.

*Collema furfuraceum* Du Rietz, 7, 12, 19, 42: su Qp, Qr. Suboc. Mon/er, SmedD/er. PT 1.

*Collema nigrescens* (Huds.) DC., 12: su Qp. Suboc. Mon/er, SmedD/vr. PT 1-2.

*Collema subnigrescens* Degel., 12: su Qp. Suboc. Mon/ab, SmedD/er. PT 1-2.

*Diplotomma alboatrum* (Hoffm.) Flot., 15, 16, 19, 20: su Ac, Jr, Po, Sa. Mon/er, SmedD/r. PT 1-2.

*Evernia prunastri* (L.) Ach., 4, 6, 9, 13, 33, 39: su Ac, Pr, Qc, Qp. Mon/vc, SmedD/rr. PT 1-2.

*Flavoparmelia caperata* (L.) Hale, 4, 5, 8, 9, 12, 13, 21, 25, 27, 44: su Pd, Qc, Qp, Qr. Mon/vr, SmedD/c. PT 1-2.

*Flavoparmelia soledians* (Nyl.) Hale, 6, 13, 22, 25, 27, 33, 34: su Pr, Qc, Qp. Mon/ab, SmedD/vr. PT 1-2.

*Fuscopannaria mediterranea* (Tav.) P.M. Jørg., 13: su Qp. Suboc. Mon/er, SmedD/er. PT 1.

\*(NT) *Gyalecta carneola* (Ach.) Hellb., 12, 17, 18, 20: su Po, Qp. Suboc. Mon/vr, SmedD/er. PT 0.

*Gyalecta truncigena* (Ach.) Hepp, 4, 7: su Fe, Qr. Suboc. Mon/er, SmedD/er. PT 0.

*Gyalolechia flavorubescens* (Huds.) Søchting, Frödén & Arup var. *flavorubescens*, 9, 12, 16, 19, 20, 39: su Ac, Po, Qp, Sa. Mon/rr, SmedD/rc. PT 1-2.

*Hyperphyscia adglutinata* (Flörke) H. Mayrhofer & Poelt, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 25, 27, 35, 36, 39, 42, 43, 44: su Aa, Ac, Ag, Fe, Jr, Pa, Pd, Po, Pr, Pt, Qc, Qp, Qr, Rp, Sa, Um. Mon/vr, SmedD/vc. PT 1-3.

*Hypogymnia physodes* (L.) Nyl., 33: su Qc, Qp. Mon/ec, SmedD/rc. PT 1-3.

*Lecania cyrtella* (Ach.) Th. Fr., 4, 19: su Fe, Po. Mon/rr, SmedD/vc. PT 1-3.

*Lecania cyrtellina* (Nyl.) Sandst., 9, 10, 15, 16: su Ac, Jr, Pa, Qc. Mon/r, SmedD/rr. PT 1-3.

*Lecania naegelii* (Hepp) Diederich & van den Boom, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 25, 27, 35, 36, 42: su Ac, Ag, Fe, Jr, Pa, Po, Pt, Qc, Qp, Rp, Sa, Um. Suboc. Mon/vr, SmedD/r. PT 1-2.

# *Lecanora albella* (Pers.) Ach., 19: su Po. Mon/rr, SmedD/vr. PT 1.

*Lecanora allophana* (Ach.) Nyl. f. *allophana*, 5, 6, 12, 13, 15, 16, 20, 21, 22, 25, 27, 33, 34, 39, 42: su Ac, Jr, Po, Pd, Pr, Pt, Qc, Qp, Sa. Mon/rr, SmedD/r. PT 1-2.

*Lecanora argentata* (Ach.) Malme, 15: su Jr. Mon/ec, SmedD/vr. PT 1-2.

*Lecanora carpineae* (L.) Vain., 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 13, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 25, 27, 33, 34, 36, 39: su Ac, Fe, Jr, Pd, Po, Pr, Qc, Qp, Rp, Sa, Um. Mon/ec, SmedD/ec. PT 1-3.

*Lecanora chlarotera* Nyl. subsp. *chlarotera*, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 22, 25, 27, 33, 34, 35, 36, 39, 42, 43, 44: su Aa, Ac, Fe, Jr, Pd, Po, Pr, Pt, Qc, Qp, Qr, Rp, Sa, Um. Mon/c, SmedD/ec. PT 1-3.

*Lecanora expallens* Ach., 9, 13: su Qc, Qp. Mon/vr, SmedD/c. PT 1-2.

*Lecidella elaeochroma* (Ach.) M. Choisy var. *elaeochroma* f. *elaeochroma*, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 25, 27, 33, 34, 35, 36, 39, 42, 43, 44: su Aa, Ac, Ag, Fe, Jr, Pa, Pd, Po, Pr, Pt, Qc, Qp, Rp, Sa, Um. Mon/rc, SmedD/rc. PT 1-3.

*Lepra albescens* (Huds.) Hafellner, 15, 42: su Jr, Qp. Mon/c, SmedD/r. PT 1-2.

*Lepra amara* (Ach.) Hafellner, 7, 9, 13, 17, 18, 22, 33: su Ac, Qc, Qp, Qr. Mon/vc, SmedD/c. PT 1-3.

*Lepraria* sp., 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 16, 21, 22, 25, 27, 33, 34: su Ac, Pa, Pd, Pr, Qc, Qp, Qr.

*Megaspora verrucosa* var. *mutabilis* (Ach.) Nimis & Cl. Roux, 12: su Qp. Mon/vr, SmedD/ab. PT 1.

*Melanelixia glabra* (Schaer.) O. Blanco, A. Crespo, Divakar, Essl., D. Hawksw. & Lumbsch, 2, 5, 6, 7, 9, 12, 13, 19, 21, 22, 25, 27, 33, 34, 35, 36, 39, 42: su Ac, Fe, Pd, Po, Pr, Qc, Qp, Qr, Rp. Mon/rr, SmedD/vc. PT 1-2.

*Melanelixia glabratula* (Lamy) Sandler & Arup, 6, 13: su Pr, Qc. Mon/ec, SmedD/vc. PT 1-3.

*Melanelixia subaurifera* (Nyl.) O. Blanco, A. Crespo, Divakar, Essl., D. Hawksw. & Lumbsch, 2, 4, 5, 9, 13, 22, 33, 34: su Qc, Qp. Mon/rc, SmedD/vc. PT 1-2.

*Melanohalea elegantula* (Zahlbr.) O. Blanco, A. Crespo, Divakar, Essl., D. Hawksw. & Lumbsch, 4, 9: su Qc, Qp. Mon/rc, SmedD/vr. PT 1.

*Melanohalea exasperata* (De Not.) O. Blanco, A. Crespo, Divakar, Essl., D. Hawksw. & Lumbsch, 6, 13: su Qc. Mon/rr, SmedD/rc. PT 1-2.

*Micarea prasina* Fr., 9: su Ac. Mon/rc, SmedD/rc. PT 1.

# *Mycocomrothelia confusa* D. Hawksw., 10: su Ac. Suboc. Mon/vr, SmedD/ab. PT 1.

*Myriolecis hagenii* (Ach.) Sliwa, Zhao Xin & Lumbsch, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 15, 16, 19, 20, 21, 25, 39: su Ac, Jr, Pa, Po, Pt, Qc, Qr, Rp, Sa. Mon/rr, SmedD/ec. PT 1-3.

*Naetrocymbe punctiformis* (Pers.) R.C. Harris, 13, 17, 20: su Qc, Qp, Rp, Sa. Mon/rc, SmedD/c. PT 1-2.

*Normandina pulchella* (Borrer) Nyl., 5, 12: su Qc, Qp. Suboc. Mon/r, SmedD/rr. PT 1-2.

*Ochrolechia arborea* (Kreyer) Almb., 12, 13: su Qc, Qp. Mon/vr, SmedD/rr. PT 1-2.

*Parmelia sulcata* Taylor, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 12, 13, 25, 27, 33, 34: su Ac, Pd, Pr, Qc, Qp. Mon/ec, SmedD/vc. PT 1-3.

*Parmelina quercina* (Willd.) Hale, 5, 6, 9, 12, 13, 34: su Qc, Qp. Mon/r, SmedD/rc. PT 1-2.

*Parmelina tiliacea* (Hoffm.) Hale, 2, 4, 5, 6, 7, 9, 12, 13, 17, 19, 22, 25, 33, 34, 36, 42: su Ac, Pd, Po, Pr, Qc, Qp, Qr, Um. Mon/rc, SmedD/c. PT 1-3.

*Parmotrema perlatum* (Huds.) M. Choisy, 6, 12, 13, 22, 27, 33, 34: su Pr, Qc, Qp. Mon/vr, SmedD/rr. PT 1-2.

*Pertusaria flavida* (DC.) J.R. Laundon, 33: su Qc. Mon/r, SmedD/vr. PT 1.

*Pertusaria leioplaca* (Ach.) DC., 2, 3, 4, 8, 13, 14: su Fe, Pt, Qc, Qp. Mon/vc, SmedD/rr. PT 1.

*Pertusaria pertusa* (L.) Tuck. var. *pertusa*, 22, 33: su Qc, Um. Mon/vr, SmedD/er. PT 1-2.

*Phaeophyscia ciliata* (Hoffm.) Moberg, 2, 5, 9, 12, 15, 19, 25, 39, 42: su Ac, Fe, Jr, Po, Qp. Mon/rr, SmedD/vr. PT 1-2.

*Phaeophyscia hirsuta* (Mereschk.) Essl., 2, 3, 4, 5, 6, 9, 12, 13, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 25, 33, 34, 35, 36, 39, 42, 43, 44: su Ac, Fe, Pa, Pd, Po, Pr, Pt, Qc, Qp, Rp, Sa, Um. Mon/er, SmedD/vr. PT 1-2.

*Phaeophyscia orbicularis* (Neck.) Moberg, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 12, 13, 15, 16, 17, 19, 20, 25, 35, 42, 43, 44: su Ac, Fe, Jr, Po, Pr, Qc, Qp, Qr, Rp, Sa, Um. Mon/r, SmedD/ec. PT 1-3.

*Phlyctis agelaea* (Ach.) Flot., 4: su Qc. Mon/er, SmedD/r. PT 1-2.

*Phlyctis argena* (Spreng.) Flot., 2, 4, 9, 12, 13: su Fe, Qc, Qp. Mon/vc, SmedD/c. PT 1-2.

*Physcia adscendens* H. Olivier, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 25, 27, 33, 34, 35, 36, 39, 42, 43, 44: su Aa, Ac, Ag, Fe, Jr, Pa, Pd, Po, Pr, Pt, Qc, Qp, Qr, Rp, Sa, Um. Mon/rc, SmedD/ec. PT 1-3.

*Physcia aipolia* (Humb.) Fürnr., 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 22, 25, 33, 34, 35, 36, 39, 42, 43: su Ac, Fe, Jr, Pd, Po, Pr, Qc, Qp, Qr, Rp, Um. Mon/rr, SmedD/c. PT 1-3.

*Physcia biziana* (A. Massal.) Zahlbr. var. *biziana*, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 22, 25, 34, 35, 36, 39, 42, 43, 44: su Aa, Ac, Fe, Jr, Pd, Po, Pr, Pt, Qc, Qp, Qr, Rp, Sa, Um. Mon/ab, SmedD/rc. PT 1-3.

*Physcia leptalea* (Ach.) DC., 2, 4, 5, 6, 8, 9, 12, 13, 15, 16, 18, 19, 22, 25, 33, 34, 42: su Ac, Fe, Jr, Pr, Qc, Qp, Rp, Sa. Mon/vr, SmedD/r. PT 1-2.

*Physcia tenella* (Scop.) DC., 5, 9, 12, 16, 19: su Qc, Qp, Sa. Mon/r, SmedD/rr. PT 1-2.

*Physciella chloantha* (Ach.) Essl., 5, 42: su Um, Qp. Mon/er, SmedD/rr. PT 1-2.

*Physconia distorta* (With.) J.R. Laundon, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 25, 27, 33, 34, 35, 36, 39, 42, 43, 44: su Aa, Ac, Fe, Pd, Po, Qc, Qp, Qr, Rp, Sa, Um. Mon/rr, SmedD/c. PT 1-3.

*Physconia enteroxantha* (Nyl.) Poelt, 6, 13: su Pr, Qc, Qp. Suboc. Mon/vr, SmedD/r. PT 1-2.

*Physconia grisea* (Lam.) Poelt subsp. *grisea*, 2, 3, 5, 6, 7, 9: su Ac, Fe, Pr, Qc, Qp, Qr. Mon/vr, SmedD/vc. PT 1-3.

*Physconia perisidiosa* (Erichsen) Moberg, 2, 4, 9, 12, 13, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 25, 34, 35, 36, 39, 42: su Ac, Fe, Pd, Po, Pr, Qc, Qp, Rp, Sa. Mon/r, SmedD/rr. PT 1-2.

*Physconia servitii* (Nádv.) Poelt, 2, 6, 7, 9, 12, 13, 17, 18, 19, 42: su Ac, Fe, Pr, Qc, Qp, Qr, Rp. Suboc. Mon/er, SmedD/er. PT 1.

*Physconia venusta* (Ach.) Poelt, 12, 13: su Qc, Qp. Mon/vc, SmedD/er. PT 1.

\*(LC) *Piccolia ochrophora* (Nyl.) Hafellner, 9, 12, 16, 18, 22, 25, 36, 42: su Pd, Qp, Sa. Suboc. Mon/ab, SmedD/er. PT 1-2.

*Pleurosticta acetabulum* (Neck.) Elix & Lumbsch, 2, 4, 5, 6, 7, 9, 12, 13, 17, 18, 19, 21, 22, 25, 33, 34, 35, 36, 39: su Ac, Fe, Jr, Pd, Po, Pr, Qc, Qp, Qr, Rp, Um. Mon/vc, SmedD/rc. PT 1-2.

*Porina aenea* (Wallr.) Zahlbr., 14: su Qp. Mon/r, SmedD/vr. PT 1.

*Pseudoschismatomma rufescens* (Pers.) Ertz & Tehler, 4: su Fe. Mon/rr, SmedD/r. PT 1.

*Punctelia borreri* (Sm.) Krog, 2, 5, 7, 12, 18, 19, 27, 42: su Qc, Qp, Qr. Suboc. Mon/er, SmedD/r. PT 1-2.

*Punctelia jeckeri* (Roum.) Kalb, 12: su Qp. Mon/vr, SmedD/rr. PT 1-3.

*Ramalina farinacea* (L.) Ach., 4, 13, 33: su Qc, Qp. Mon/vc, SmedD/r. PT 1-2.

*Ramalina fastigiata* (Pers.) Ach., 2, 4, 5, 6, 9, 13, 19, 21, 22, 25, 33, 34, 36, 39: su Ac, Fe, Po, Pr, Qc, Qp, Rp, Um. Mon/c, SmedD/rc. PT 1-2.

*Ramalina fraxinea* (L.) Ach., 2, 4, 6, 9, 12, 13: su Fe, Pr, Qc, Qp. Mon/rc, SmedD/vr. PT 1.

*Rinodina exigua* (Ach.) Gray, 5: su Ac. Mon/rr, SmedD/rc. PT 1-2.

*Rinodina pyrina* (Ach.) Arnold, 6: su Qc. Mon/rr, SmedD/rc. PT 1-2.

*Rinodina sophodes* (Ach.) A. Massal., 13: su Qc. Mon/ec, SmedD/rr. PT 1-2.

*Strigula affinis* (A. Massal.) R.C. Harris, 19: su Qp. Mon/r, SmedD/vr. PT 1-2.

# *Scytinium subtile* (Schrad.) Otálora, P.M. Jørg. & Wedin, 14: su Qp. Mon/r, SmedD/rr. PT 1-2.

*Scytinium teretiusculum* (Wallr.) Otálora, P.M. Jørg. & Wedin, 19, 42: su Qp. Mon/vr, SmedD/r. PT 1-2.

*Staurolemma omphalarioides* (Anzi) P.M. Jørg. & Henssen, 7, 12, 36: su Qp, Qr. Suboc. Mon/ab, SmedD/er. PT 1.

\*(NT) *Thelenella modesta* (Nyl.) Nyl., 5, 10: su Ac, Qc, Qp. Suboc. Mon/ab, SmedD/er. PT 1.

*Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr., 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 25, 27, 33, 34, 35, 36, 39, 42, 43, 44: su Aa, Ac, Ag, Fe, Jr, Pa, Pd, Po, Pr, Pt, Qc, Qp, Qr, Rp, Sa, Um. Mon/rc, SmedD/ec. PT 1-3.

### 3.1.1. Presenza di specie di pregio e confronto fra tipologie di AFF

Cinque specie (*Agonimia opuntiella*, *Arthopyrenia analepta*, *Lecanora albella*, *Mycocomrothelia confusa*, *Scytinium subtile*) risultano nuove per la regione Molise, nove sono incluse nella lista rossa nazionale dei licheni epifiti (7 NT, 2 LC) e ventidue presentano un range fitoclimatico di tipo suboceanico. Sessanta specie sono considerate rare nelle fasce bioclimatiche in cui ricadono i plot.

Nella Tab. 5 sono riportati i valori della ricchezza floristica totale per plot (totale specie) e vengono sintetizzati i dati di presenza delle specie di pregio per tipologia (specie nuove per la regione, specie minacciate, specie ad affinità suboceanica, specie rare, specie con valori dell'indice di poleotolleranza pari a 0 e 1) ed in totale.

La tabella completa con i risultati della caratterizzazione bioecologica per specie è riportata in Appendice (Tab. 1A).

Tabella 5. Presenza delle specie di pregio in ciascuno dei plot di AFF risultato idoneo al campionamento.

Plot	Nuove	Minacciate	Suboc.	Rare	PT 0-1	Specie di interesse	% di specie di interesse sul totale	Totale specie
2		1	5	12	5	14	38	37
3			3	5	3	6	32	19
4			5	14	7	16	41	39
5	1	1	5	10	3	11	29	38
6	2	1	4	11	4	12	30	40
7			6	7	5	7	23	30
8			1	3	1	4	22	18
9		2	5	13	5	15	32	47
10	1	2	4	5	3	5	31	16
12		3	13	20	9	23	45	51
13			6	12	5	14	28	50
14	1	1	2	3	3	5	38	13
15		1	2	10	1	10	42	24
16		2	5	10	2	11	31	35
17		1	4	4	2	5	26	19
18		3	6	8	2	9	41	22
19	1	2	6	16	6	17	38	45
20			3	7	1	8	29	28
21			1	3		3	14	21
22		1	4	9		11	33	33
25		1	3	8		9	25	36
27			3	6		7	24	29
33			1	9	1	9	20	44
34			2	8		8	20	40
35			2	2		3	12	25
36		1	4	5	1	6	21	28
39		1	3	8	2	8	28	29
42		1	7	13	3	14	36	39
43				2		2	10	21
44				2		2	10	21
<b>TOT</b>	<b>5</b>	<b>17</b>	<b>28</b>	<b>30</b>	<b>22</b>	<b>30</b>		

I plot con la più elevata ricchezza floristica sono il 12 e il 13 con rispettivamente 51 e 50 specie censite. In 5 plot su 30 (17%) sono presenti specie nuove per la regione, in 17 plot (57%) sono presenti specie minacciate, in 28 plot (93%) sono presenti specie ad affinità suboceanica e in



22 plot (73%) sono presenti specie con valori di poleotolleranza pari a 0 e 1. In tutti plot sono presenti specie ritenute rare nelle fasce fitoclimatiche di appartenenza.

Nella totalità delle stazioni sono state rilevate specie di pregio. Il maggior numero di specie di pregio in assoluto è stato riscontrato nei plot 12 (23 specie), 19 (17 specie) e 4 (16 specie). I plot con la maggiore incidenza di specie di pregio sul totale sono: il 12 (45%), il 15 (42%), il 4 e il 18 (41%).

Il grafico in Fig. 8 sintetizza l'incidenza delle specie di pregio sul totale per ciascun plot.

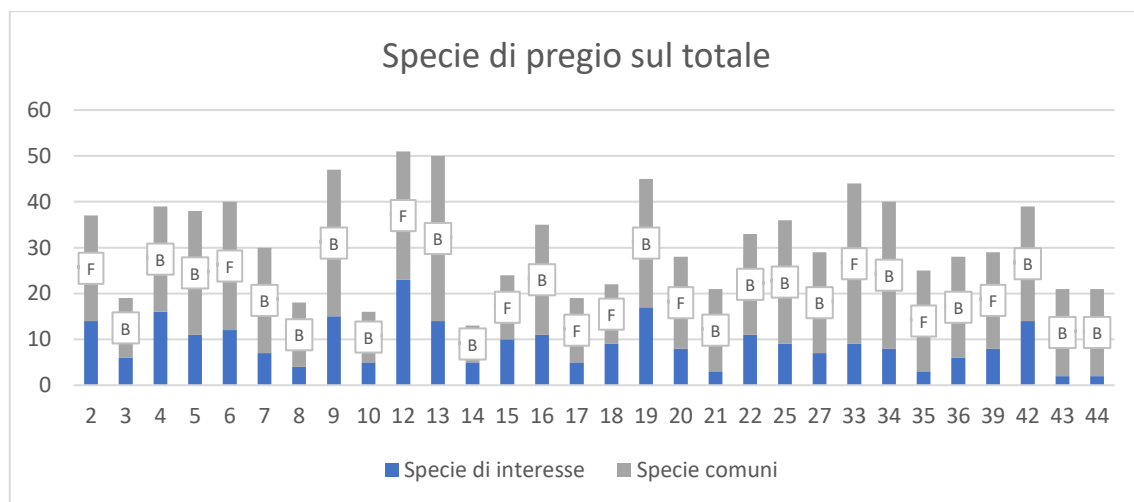
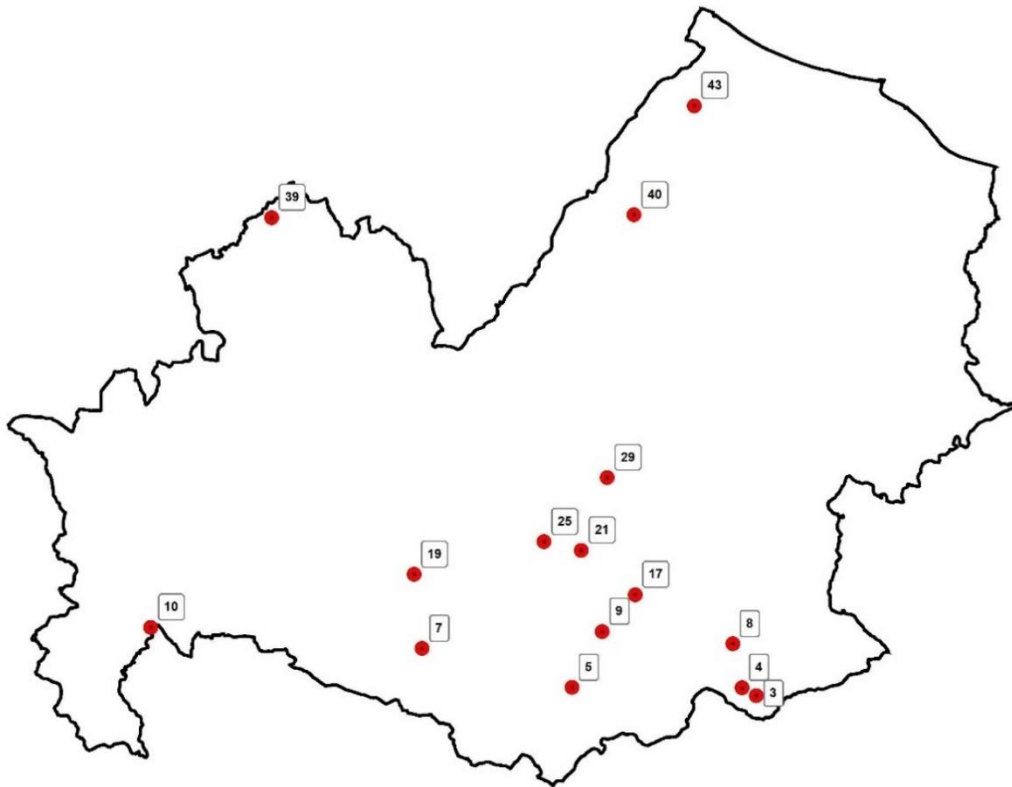


Figura 8. Incidenza delle specie di pregio sul totale delle specie. Nei riquadri sono riportati i tipi di AFF (F: Filare, B: Boschetto).

Per valutare le differenze in termini di ricchezza floristica in relazione ai tipi di AFF è stata effettuata, sulla matrice di presenza e frequenza di specie per plot (Appendice, Tab.2A), una Multi-Response Permutation Procedures (MRPP) utilizzando il software PC-ORD (Version 4.34) e applicando l'indice di similarità di Sorensen (Bray-Curtis). Tale procedura non ha evidenziato differenze statisticamente significative tra i tipi Filare e Boschetto.

### 3.2. Risposte fisiologiche alle contaminazioni da sostanze azotate

Sulla base dei criteri di selezione descritti nel paragrafo 2.5.1, sono stati individuati per lo studio delle risposte fisiologiche alle contaminazioni da sostanze azotate i 15 plot riportati in Fig. 9.



*Figura 9. Distribuzione sul territorio regionale dei plot selezionati per lo studio delle risposte fisiologiche alle contaminazioni da sostanze azotate.*

Durante le fasi di ritiro del materiale non sono stati rinvenuti i campioni in entrambe le esposizioni del plot 29 e nel lato esposto del plot 43. Nei paragrafi che seguono vengono illustrati i risultati delle analisi di laboratorio per ciascuna tipologia.

### **Fluorescenza**

I valori medi (Media  $\pm$  Deviazione Standard) dei parametri di fluorescenza della clorofilla *a*, intesi come rapporto Fv/Fm, sono riportati nella Tab. 6. Nella Fig. 10 sono visualizzati i risultati raggruppati per tipologia di fonte di impatto, la linea verde rappresenta il valore del campione di controllo ( $0,75 \pm 0,02$ ).

I valori del rapporto Fv/Fm misurati sui talli esposti alle varie tipologie di impatto antropico risultano, in generale, più bassi del controllo. Fa eccezione il plot 5 in cui i talli di entrambi i trapianti (lato esposto e lato coperto) mostrano valori superiori al controllo. Per quanto riguarda le esposizioni in 10 plot i valori del lato esposto sono inferiori ai valori del lato coperto.

Tabella 6. Valori di fluorescenza della clorofilla a ( $F_v/F_m$ ) nei talli analizzati.

plot	Esposto		Coperto	
	Ma	$\pm DS$	Ma	$\pm DS$
3	0,75	0,05	0,76	0,03
4	0,75	0,02	0,75	0,02
5	0,77	0,01	0,77	0,02
7	0,75	0,03	0,74	0,03
8	0,71	0,05	0,77	0,01
9	0,75	0,03	0,73	0,04
10	0,73	0,05	0,75	0,03
17	0,71	0,09	0,73	0,06
19	0,65	0,08	0,69	0,06
21	0,71	0,06	0,72	0,06
25	0,70	0,07	0,75	0,03
29	-	-	-	-
39	0,74	0,03	0,73	0,01
40	0,68	0,05	0,75	0,03
43	-	-	0,72	0,03

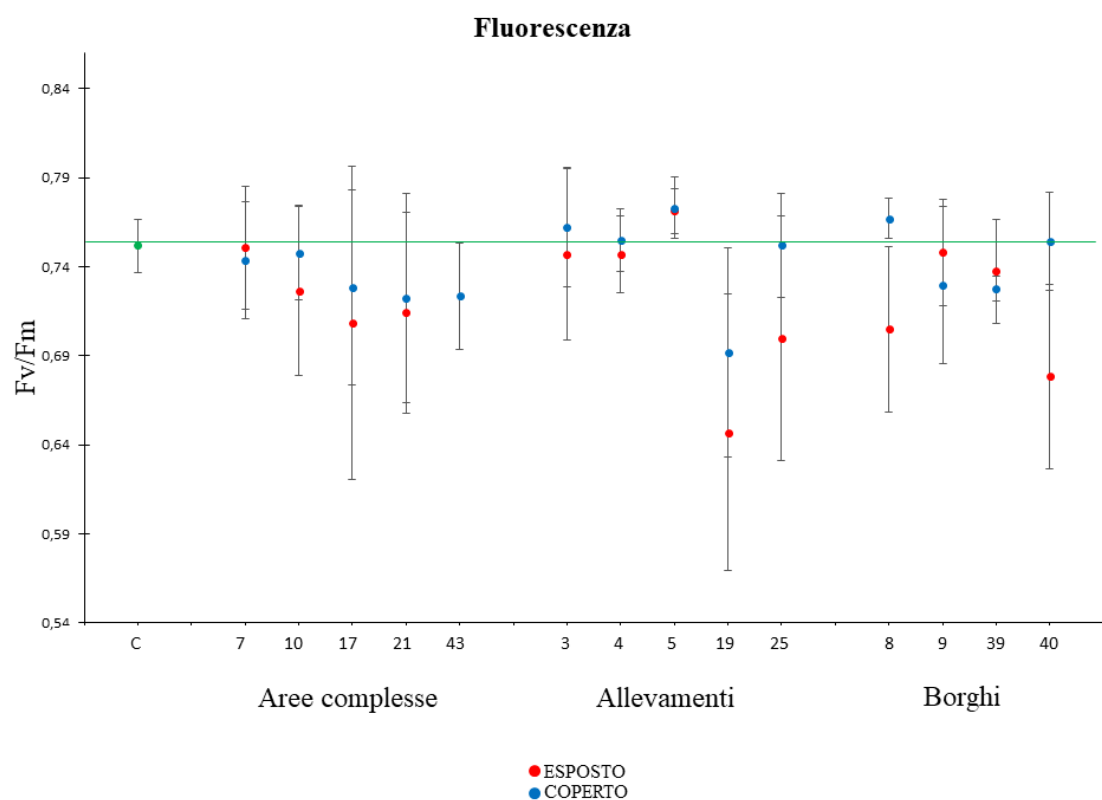


Figura 10. Valori di fluorescenza della clorofilla a raggruppati per tipologia di impatto.

## Pigmenti totali

L'analisi del contenuto di pigmenti totali (Media  $\pm$  Deviazione Standard) nei talli analizzati, ottenuto sommando le concentrazioni di Clorofilla *a*, Clorofilla *b* e Carotenoidi, ha evidenziato le concentrazioni riportate in Tab. 7. Nella Fig. 11 sono visualizzati i risultati raggruppati per tipologia di impatto, la linea verde rappresenta il valore del campione di controllo ( $1,59 \pm 0,31$ ).

Il contenuto totale di pigmenti risulta più elevato del valore di controllo nella maggior parte dei plot. Si discosta da questo andamento generale solo il plot 8 e parzialmente il 9 e il 19 (entrambi i valori risultano più bassi del controllo esclusivamente per il lato coperto). Il valore più elevato in assoluto è stato riscontrato nella stazione 19 (lato esposto). Per quanto riguarda le due esposizioni in 5 plot i valori del lato esposto sono più bassi di quelli del lato coperto.

*Tabella 7. Contenuto di pigmenti totali ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ ) nei talli analizzati.*

plot	Esposto		Coperto	
	Ma	$\pm\text{DS}$	Ma	$\pm\text{DS}$
3	1,85	0,60	2,18	0,15
4	1,92	0,33	2,02	0,34
5	1,91	0,15	1,62	0,25
7	2,52	0,32	2,31	0,19
8	1,39	0,19	1,37	0,24
9	1,63	0,16	1,26	0,07
10	1,92	0,38	2,00	0,12
17	2,27	0,25	1,81	0,30
19	2,74	0,17	1,44	0,52
21	1,81	0,34	2,00	0,49
25	2,26	0,59	2,00	0,19
29	-	-	-	-
39	1,73	0,33	1,97	0,22
40	2,11	0,56	2,06	0,13
43	-	-	1,87	0,22

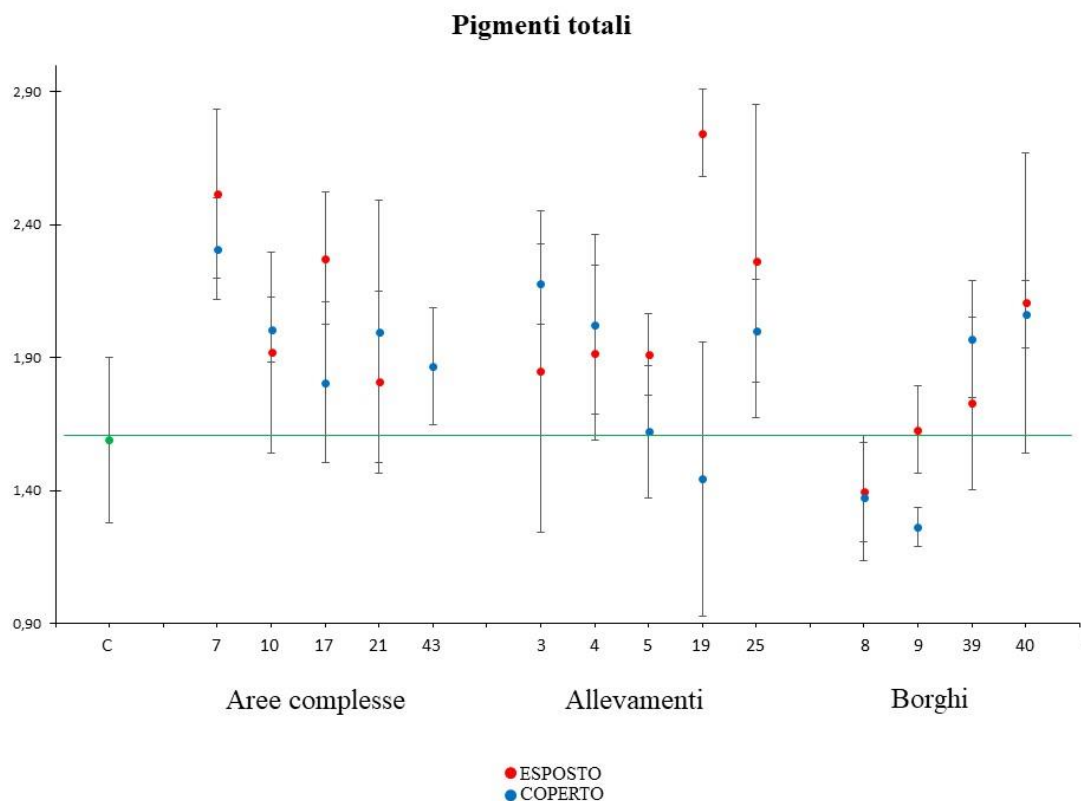


Figura 11. Valori del contenuto di pigmenti totali raggruppati per tipologia di impatto.

### Degradazione della clorofilla

I valori medi (Media  $\pm$  Deviazione Standard) ottenuti attraverso l'analisi della degradazione della clorofilla nei talli analizzati sono riportati nella Tab. 8. Nella Fig. 12 sono visualizzati i risultati raggruppati per tipologia di impatto, la linea verde rappresenta il valore del campione di controllo ( $1,13 \pm 0,03$ ).

I valori di degradazione della clorofilla mostrano un andamento irregolare nei confronti del controllo in tutte le tipologie di impatto analizzate. Per quanto riguarda le due esposizioni in 5 plot i valori del lato esposto sono più bassi di quelli del lato coperto.

Tabella 8. Valori di degradazione della clorofilla nei talli analizzati.

plot	Esposto		Coperto	
	Ma	$\pm$ DS	Ma	$\pm$ DS
3	1,24	0,04	1,20	0,06
4	1,18	0,02	1,22	0,12
5	1,20	0,04	1,15	0,04
7	1,22	0,03	1,25	0,06
8	1,11	0,04	1,10	0,02

9	1,16	0,03	1,06	0,03
10	1,11	0,03	1,11	0,06
17	1,13	0,09	1,10	0,08
19	1,07	0,04	1,03	0,09
21	0,99	0,06	1,08	0,09
25	1,04	0,02	1,03	0,03
29	-	-	-	-
39	1,03	0,03	1,08	0,02
40	1,05	0,06	1,09	0,03
43	-	-	1,02	0,05

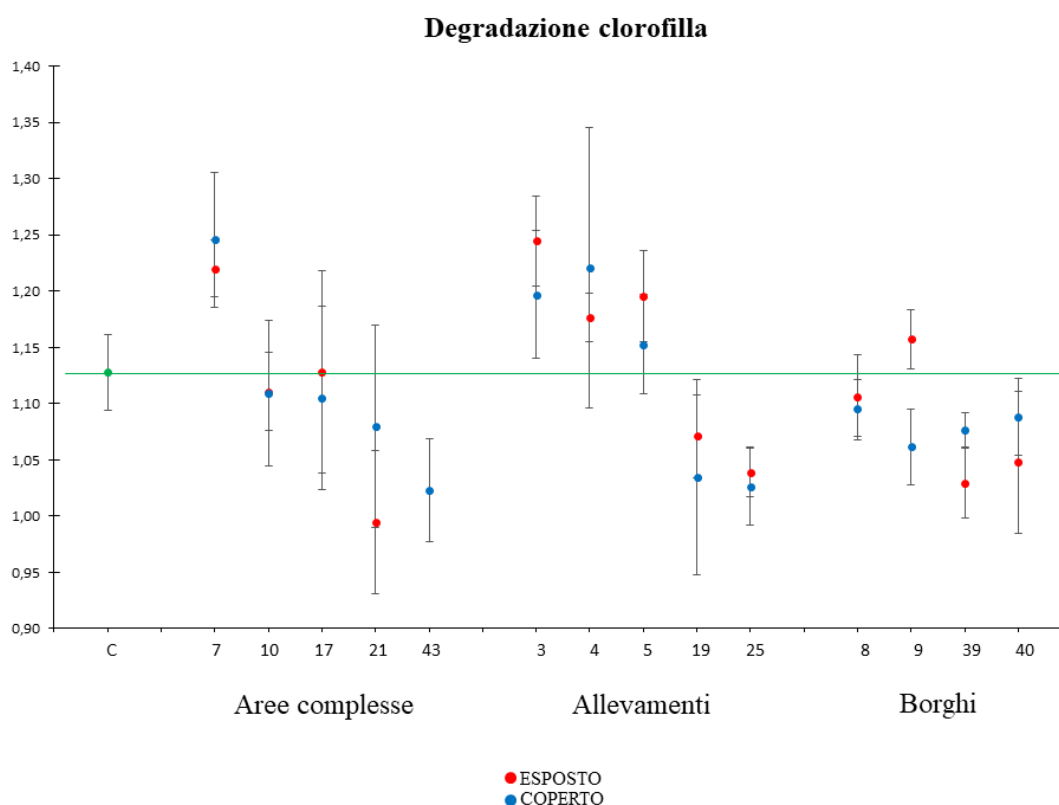


Figura 12. Valori di degradazione della clorofilla raggruppati per tipologia di impatto.

## Chitina

L'analisi del contenuto di chitina nei talli ha evidenziato le concentrazioni medie (Media  $\pm$  Deviazione Standard) riportate in Tab. 9. Nella Fig. 13 sono visualizzati i risultati raggruppati per tipologia di impatto, la linea verde rappresenta il valore del campione di controllo ( $11,4 \pm 4,1$ ).

Il contenuto di chitina nei talli esposti è superiore al valore di riferimento nella quasi totalità dei plot di AFF analizzati. Fanno eccezione il plot 3 e parzialmente il 4. Per quanto riguarda le due esposizioni in 4 plot i valori del lato esposto sono più bassi di quelli del lato coperto.

Tabella 9. Contenuto di chitina ( $\mu\text{g/ml}$ ) nei talli analizzati.

plot	Esposto		Coperto	
	Ma	$\pm\text{DS}$	Ma	$\pm\text{DS}$
3	10,4	1	10,3	1,8
4	10,2	1,2	23,8	2,5
5	83,2	16,7	41,8	5,3
7	20,6	2	23,6	0,6
8	85,5	4,1	64,1	6,3
9	70,1	9,4	69,8	1,4
10	20,4	5,2	21,3	2,4
17	22,4	5,6	16,7	0,5
19	55	12,8	60,7	5
21	49,2	14,9	55,5	5,2
25	33,7	0,8	20,8	1,5
29	-	-	-	-
39	75,9	29,7	69,7	10,5
40	60,1	6,3	42,9	10,1
43	-	-	60,9	9,4

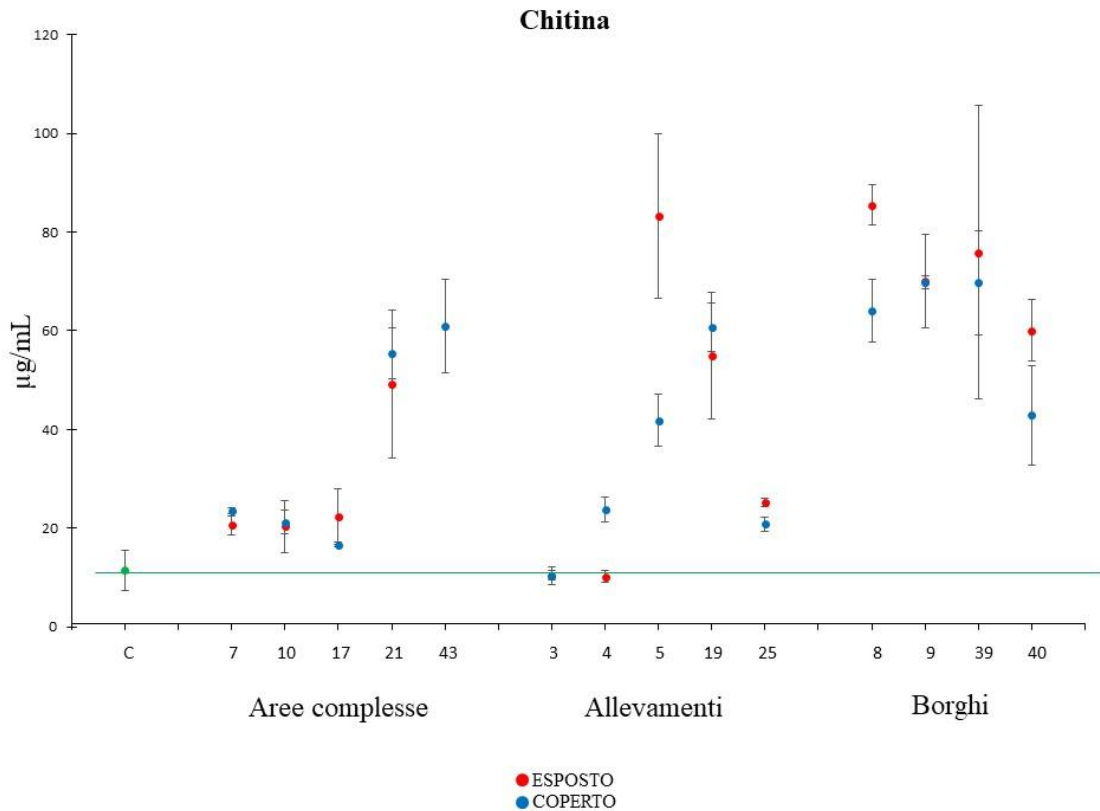


Figura 13. Valori del contenuto di chitina raggruppati per tipologia di impatto.

## Proteine

L'analisi del contenuto di proteine (Media  $\pm$  Deviazione Standard) nei talli analizzati ha evidenziato le concentrazioni riportate in Tab. 10. Nella Fig. 14 sono visualizzati i risultati raggruppati per tipologia di impatto, la linea verde rappresenta il valore del campione di controllo ( $0,83 \pm 0,10$ ).

I valori del contenuto di proteine mostrano un andamento irregolare rispetto al controllo, solo 6 plot mostrano valori superiori a quello di riferimento per entrambe le esposizioni. In 6 plot i valori del lato esposto sono inferiori a quelli del lato coperto.

*Tabella 10. Contenuto di proteine (mg/ml) nei talli analizzati.*

plot	Esposto		Coperto	
	Ma	$\pm$ DS	Ma	$\pm$ DS
3	1,19	0,15	1,21	0,20
4	1,10	0,07	0,92	0,27
5	0,48	0,20	0,96	0,08
7	1,20	0,06	1,21	0,10
8	1,60	0,10	1,15	0,31
9	0,46	0,02	0,80	0,08
10	0,98	0,10	1,24	0,16
17	0,63	0,05	0,87	0,09
19	0,56	0,03	1,05	0,14
21	1,17	0,19	0,82	0,13
25	1,38	0,10	0,72	0,10
29	-	-	-	-
39	1,43	0,26	1,43	0,52
40	0,84	0,01	1,12	0,08
43	-	-	0,69	0,06



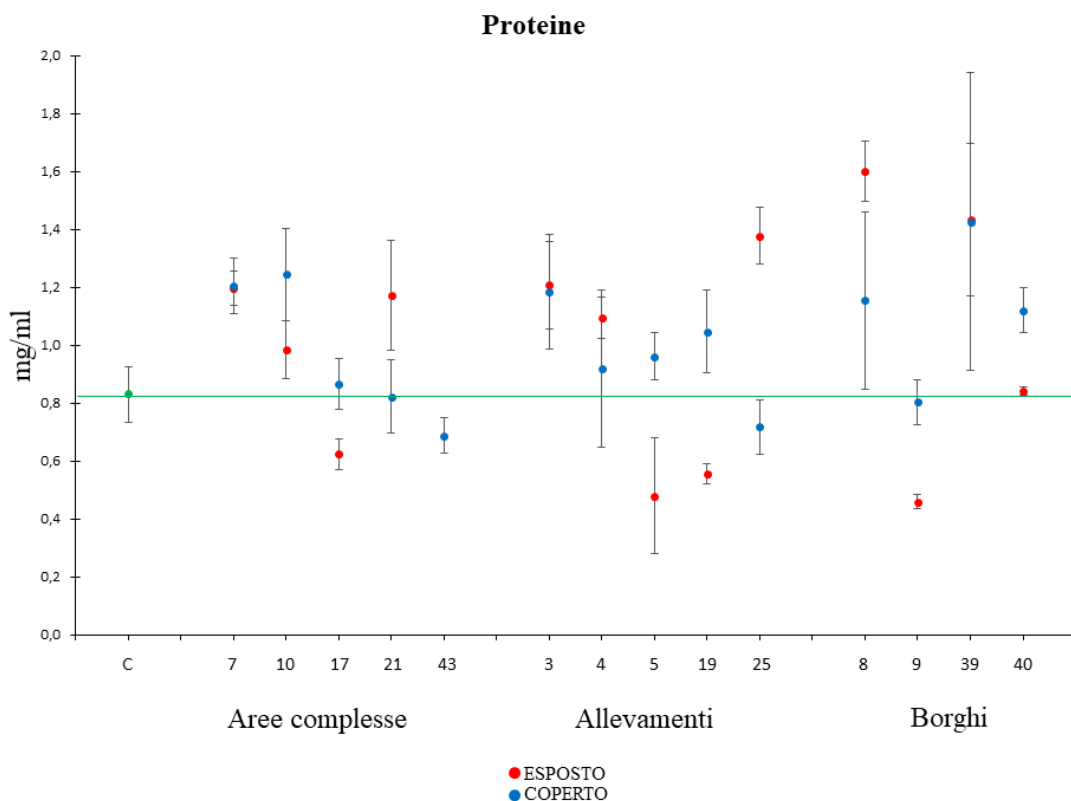


Figura 14. Valori del contenuto di proteine raggruppati per tipologia di impatto.

## Ammonio

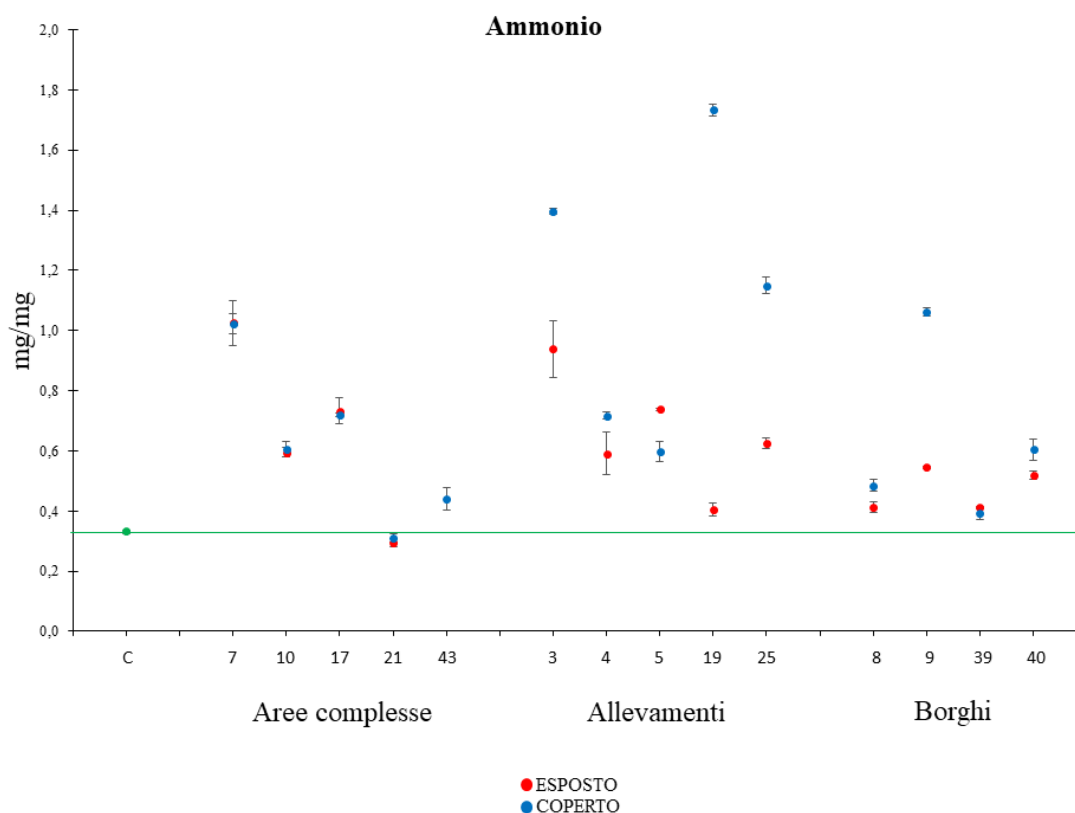
I valori medi (Media  $\pm$  Deviazione Standard) ottenuti attraverso l'analisi del contenuto di ammonio nei talli analizzati sono riportati nella Tab. 11. Nella Fig. 15 sono visualizzati i risultati raggruppati per tipologia di impatto, la linea verde rappresenta il valore del campione di controllo ( $0,33 \pm 0,01$ ).

Il contenuto di ammonio nei talli esposti risulta più alto del valore di controllo in tutti i plot fatta eccezione per il 21. Il dato più alto in assoluto è stato riscontrato nel plot 19 (lato coperto). Per quanto riguarda le due esposizioni in 7 plot i valori del lato esposto sono più bassi di quelli del lato coperto.

Tabella 11. Contenuto di ammonio ( $\mu\text{g/g}$ ) nei talli analizzati.

plot	Esposto		Coperto	
	Ma	$\pm\text{DS}$	Ma	$\pm\text{DS}$
3	0,94	0,09	1,40	0,01
4	0,59	0,07	0,72	0,01
5	0,74	0,00	0,60	0,03

7	1,03	0,07	1,02	0,03
8	0,41	0,02	0,49	0,02
9	0,55	0,00	1,06	0,01
10	0,60	0,02	0,61	0,03
17	0,73	0,04	0,72	0,01
19	0,41	0,02	1,73	0,02
21	0,29	0,01	0,31	0,01
25	0,62	0,02	1,15	0,03
29	-	-	-	-
39	0,41	0,00	0,39	0,02
40	0,52	0,01	0,60	0,04
43	-	-	0,44	0,04



*Figura 15. Valori del contenuto di ammonio raggruppati per tipologia di impatto.*

I dati ottenuti attraverso le analisi sopra descritte sono stati espressi, per facilitarne la comparazione, come rapporto tra il valore misurato nei campioni esposti alle diverse possibili fonti di impatto antropico ed il valore misurato nel campione di controllo. Vengono di seguito riportate le relative elaborazioni grafiche suddividendo le stazioni per tipologie di impatto omogenee: aree complesse, allevamenti e borghi.

Per le aree complesse (Fig. 16) i valori più elevati del rapporto Esposto/Controllo riguardano l'ammonio che risulta particolarmente elevato nel plot 7. Gli altri parametri misurati mostrano valori che non si discostano in modo evidente da quelli di controllo.

Negli allevamenti (Fig. 17) diventa ancora più accentuato il valore del rapporto Esposto/Coperto dell'ammonio che raggiunge il suo massimo assoluto nella stazione 19 (lato coperto).

Per quanto riguarda gli AFF situati in prossimità di borghi (Fig. 18) un unico valore si discosta nettamente dal controllo ed è rappresentato dal contenuto di ammonio nel plot 9 (lato coperto).

## Aree complesse

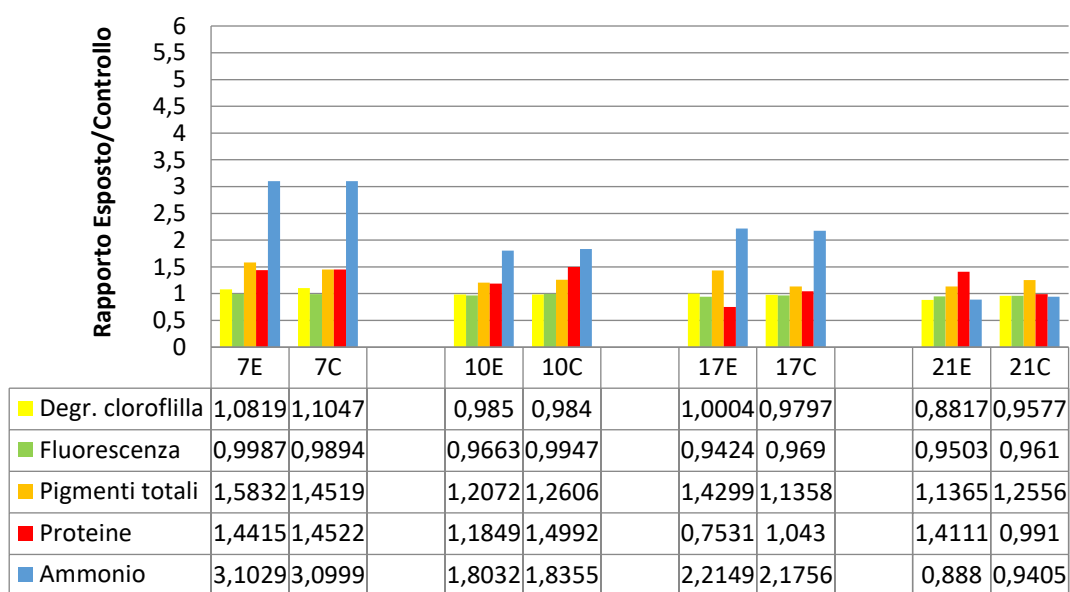


Figura 16. Valori del rapporto Esposto/Controllo nei plot di AFF individuati in aree complesse.

## Allevamenti

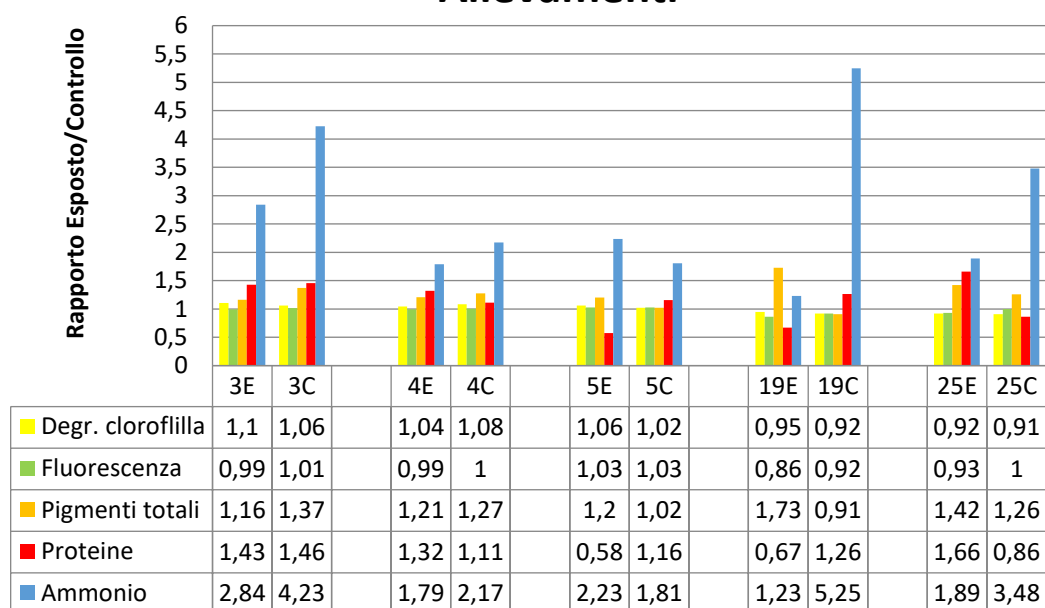


Figura 17. Valori del rapporto Esposto/Controllo nei plot di AFF individuati in prossimità di allevamenti.

## Borghi

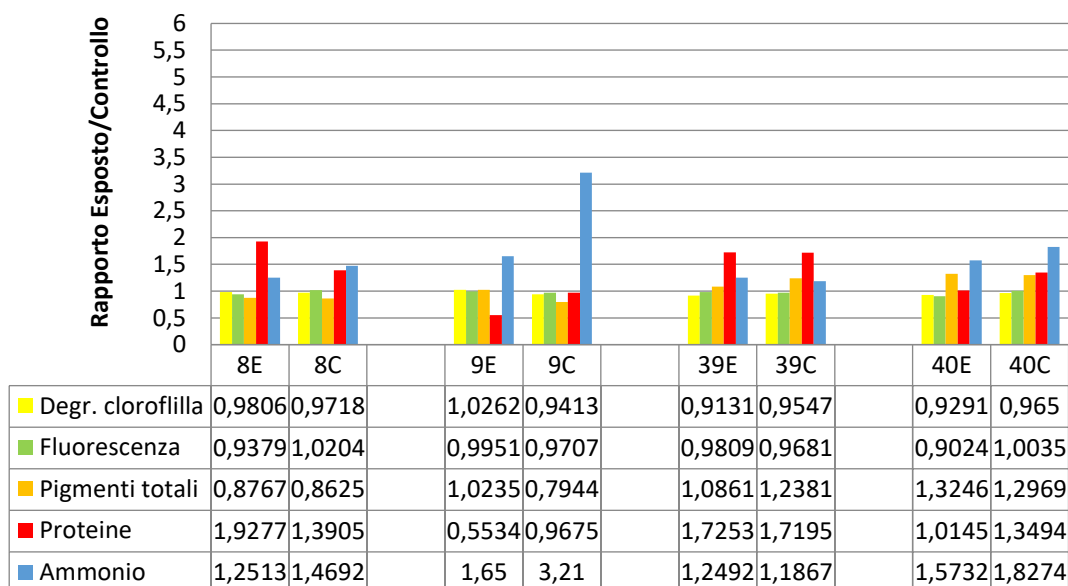


Figura 18. Valori del rapporto Esposto/Controllo nei plot di AFF individuati in prossimità di borghi.

### 3.2.1. Differenze tra esposizioni

Per valutare le differenze tra le esposizioni i Test non parametrici utilizzati sono: Test U di Mann-Whitney e Test di Kolmogorov-Smirnov (Software SPSS vers. 20.0, 2011 IBM corporation).

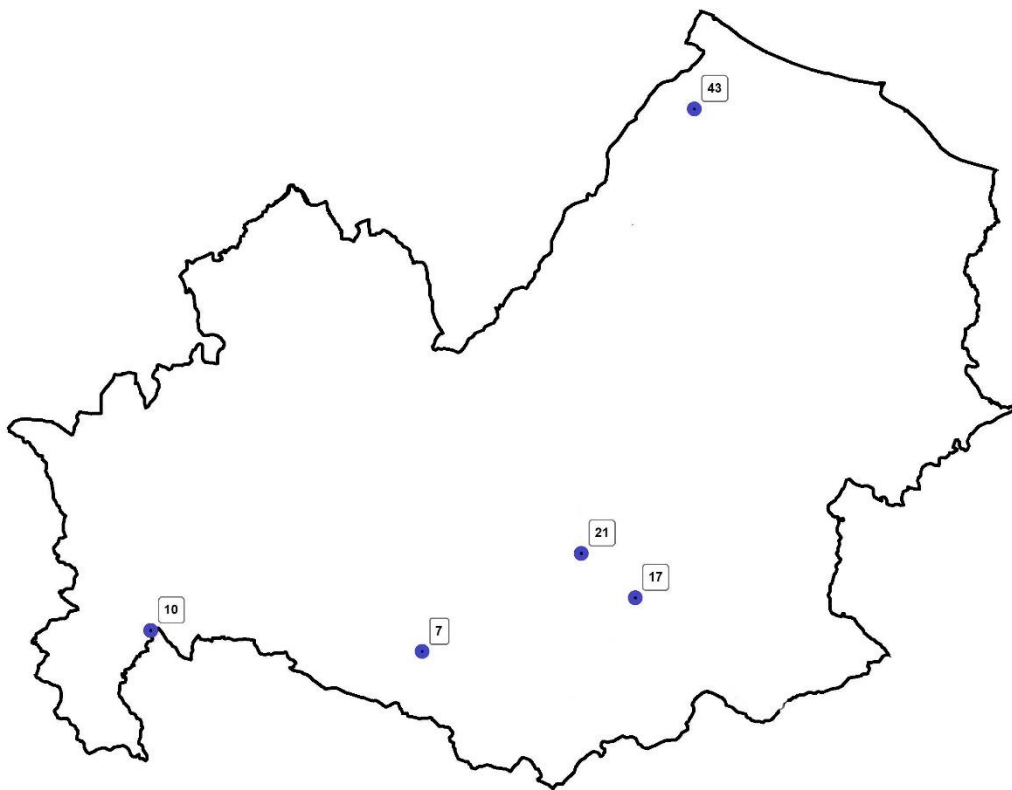
L'analisi dei dati ha evidenziato differenze statisticamente non significative ( $p > 0,05$ ) in relazione alle due esposizioni dei trapianti per tutti i parametri analizzati. Tutti i risultati sono riportati in Appendice (Tab. 3A).

I dati sono stati sottoposti altresì ad analisi statistica multivariata (ANOVA ad 1 e a 2 vie) da cui non sono emerse differenze significative tra le due esposizioni in relazione ai parametri misurati.

Le uniche differenze significative (Allegato 5A) sono tra i valori per plot e i tipi di impatti (aree complesse, allevamenti, borghi). La variazione del fattore impatti determina differenze significative per i pigmenti totali espressi *in toto* ovvero senza distinzione tra le esposizioni (considerando tutte e 6 le repliche di ciascun plot): i valori più elevati sono associabili alle aree complesse ed agli allevamenti e i più bassi ai borghi che risultano più simili ai valori di controllo. La variazione del fattore impatti determina differenze statisticamente significative anche per l'ammonio: i valori più alti sono associati agli allevamenti e i più bassi alle aree complesse e ai borghi; in questo caso questi ultimi hanno valori più prossimi al controllo.

### 3.3. Contaminazione da elementi in traccia

Nella Fig. 19 viene riportata la distribuzione sul territorio dei plot utilizzati per lo studio di bioaccumulo degli elementi in traccia.



*Figura 19. Distribuzione sul territorio regionale dei plot di AFF selezionati per il bioaccumulo di elementi in traccia*

Nei paragrafi che seguono vengono riportati i risultati delle analisi effettuate nei 5 plot di AFF selezionati, suddivise per elemento chimico.

## Alluminio (Al)

Nella Tab. 12 vengono riportati i valori del contenuto di Al nei plot di studio (Media  $\pm$  Deviazione Standard). Il grafico di Fig. 20 mostra l'andamento per esposizione. La linea verde indica il valore del campione di controllo (711,41 $\pm$ 34,15).

I valori sono in maggioranza inferiori al controllo. In un solo plot, il 21, i valori di entrambe esposizioni si trovano al di sopra del valore di riferimento.

Tabella 12. Contenuto di Al nei plot analizzati espresso in ppm.

plot	Esposto		Coperto	
	Ma	$\pm$ DS	Ma	$\pm$ DS
7	595,43	28,97	618,63	115,39
10	576,99	113,17	716,58	108,78
17	682,49	35,64	644,94	5,78
21	811,37	44,64	791,50	124,41
43	-	-	727,51	109,35

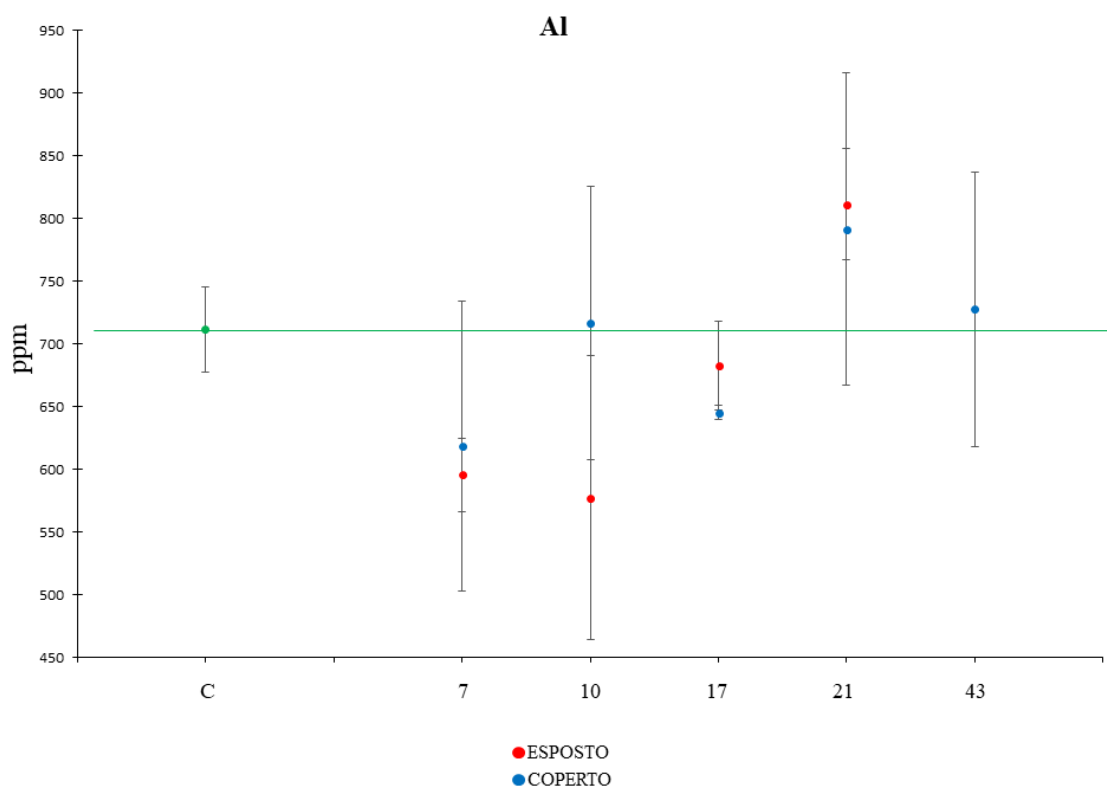


Figura 20. Contenuto di Al nei talli analizzati per lo studio di bioaccumulo.

## Vanadio (V)

Nella Tab. 13 vengono riportati i valori del contenuto di V nei plot di studio (Media  $\pm$  Deviazione Standard). Il grafico di Fig. 21 mostra l'andamento per esposizione. La linea verde indica il valore del campione di controllo (1,39 $\pm$ 0,14).

Tutti i valori, ad eccezione del lato coperto del plot 10, risultano inferiori al dato di riferimento. In tre plot i valori del lato esposto sono inferiori al coperto. I risultati suggeriscono un trend in perdita di vanadio in tutte le stazioni rispetto al controllo.

Tabella 13. Contenuto di V nei plot analizzati espresso in ppm.

plot	Esposto		Coperto	
	Ma	$\pm$ DS	Ma	$\pm$ DS
7	1,04	0,09	1,30	0,18
10	1,21	0,33	1,42	0,15
17	1,07	0,16	1,05	0,10
21	1,13	0,27	1,20	0,02
43	-	-	1,05	0,11

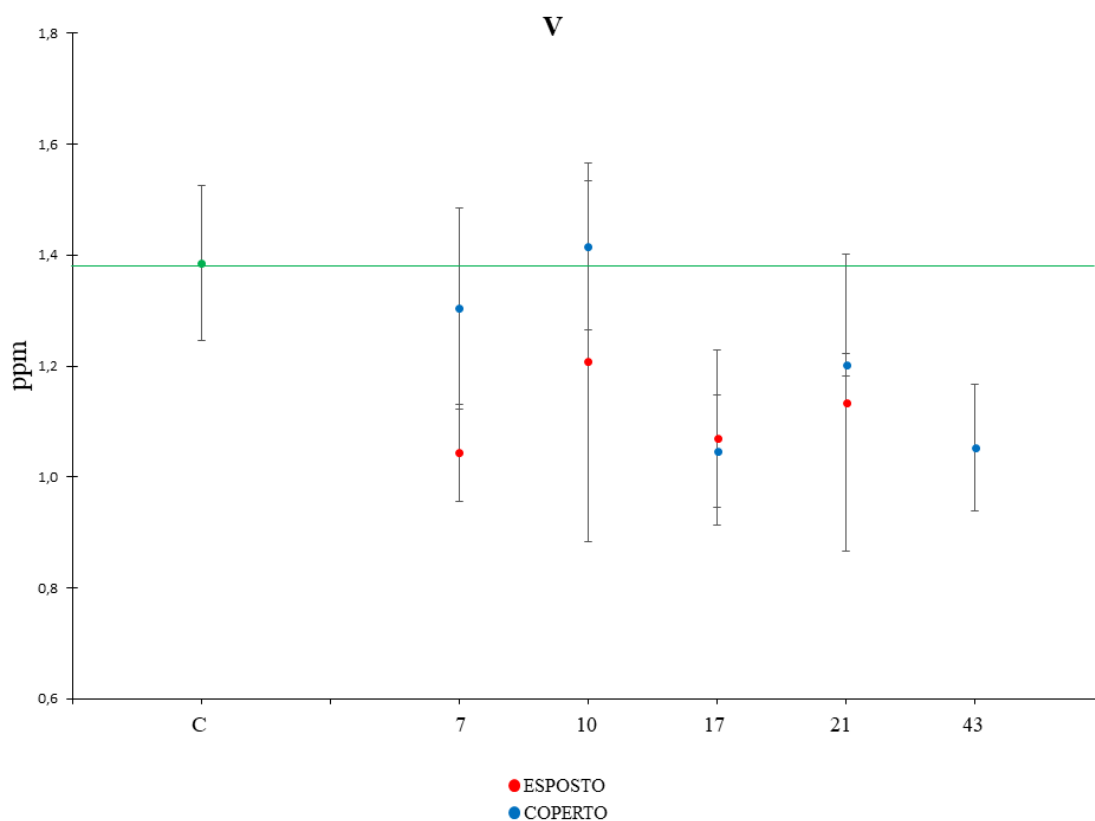


Figura 21. Contenuto di V nei talli analizzati per lo studio di bioaccumulo.



## Cromo (Cr)

Nella Tab. 14 vengono riportati i valori del contenuto di Cr nei plot di studio (Media  $\pm$  Deviazione Standard). Il grafico di Fig. 22 mostra l'andamento per esposizione. La linea verde indica il valore del campione di controllo (3,10 $\pm$ 0,51).

La maggior parte dei valori del cromo sono superiori a quello di riferimento, fanno eccezione il lato coperto del plot 17 che risulta più basso e il lato esposto dei plot 10 e 17 che risultano sostanzialmente uguali.

Tabella 14. Contenuto di Cr nei plot analizzati espresso in parti per milione (ppm).

plot	Esposto		Coperto	
	Ma	$\pm$ DS	Ma	$\pm$ DS
7	3,87	1,55	3,85	0,44
10	3,05	0,74	3,33	0,44
17	3,09	0,73	2,88	0,45
21	3,27	0,69	3,61	0,98
43	-	-	4,59	1,69

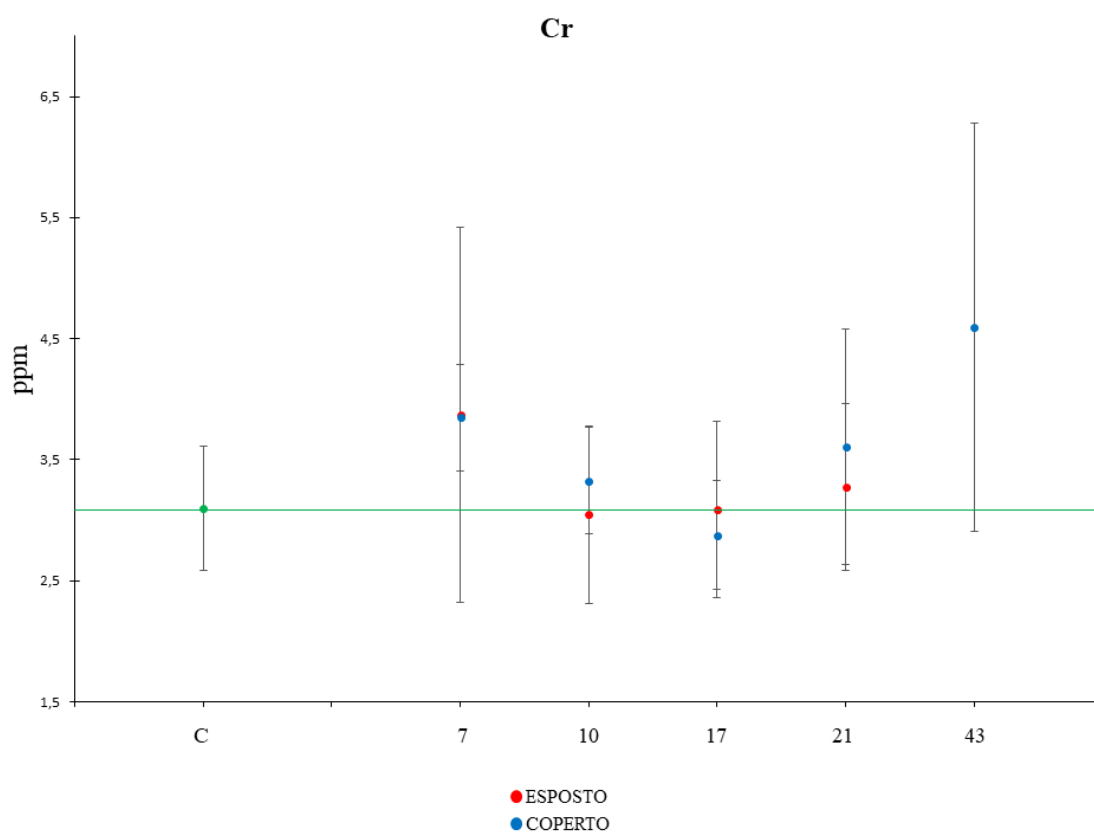


Figura 22. Contenuto di Cr nei talli analizzati per lo studio di bioaccumulo.

## Manganese (Mn)

Nella Tab. 15 vengono riportati i valori del contenuto di Mn nei plot di studio (Media  $\pm$  Deviazione Standard). Il grafico di Fig. 23 mostra l'andamento per esposizione. La linea verde indica il valore del campione di controllo (109,30 $\pm$ 21,91).

I valori di manganese mostrano un andamento irregolare nei plot. Solo tre campioni hanno valori superiori al controllo il lato esposto dei plot 7 e 17 e il lato coperto del plot 10.

Tabella 15. Contenuto di Mn nei plot analizzati espresso ppm.

plot	Esposto		Coperto	
	Ma	$\pm$ DS	Ma	$\pm$ DS
7	124,72	11,89	94,70	12,03
10	99,25	22,07	119,97	10,68
17	145,04	5,72	99,16	3,50
21	93,80	12,18	101,30	12,82
43	-	-	86,69	12,02

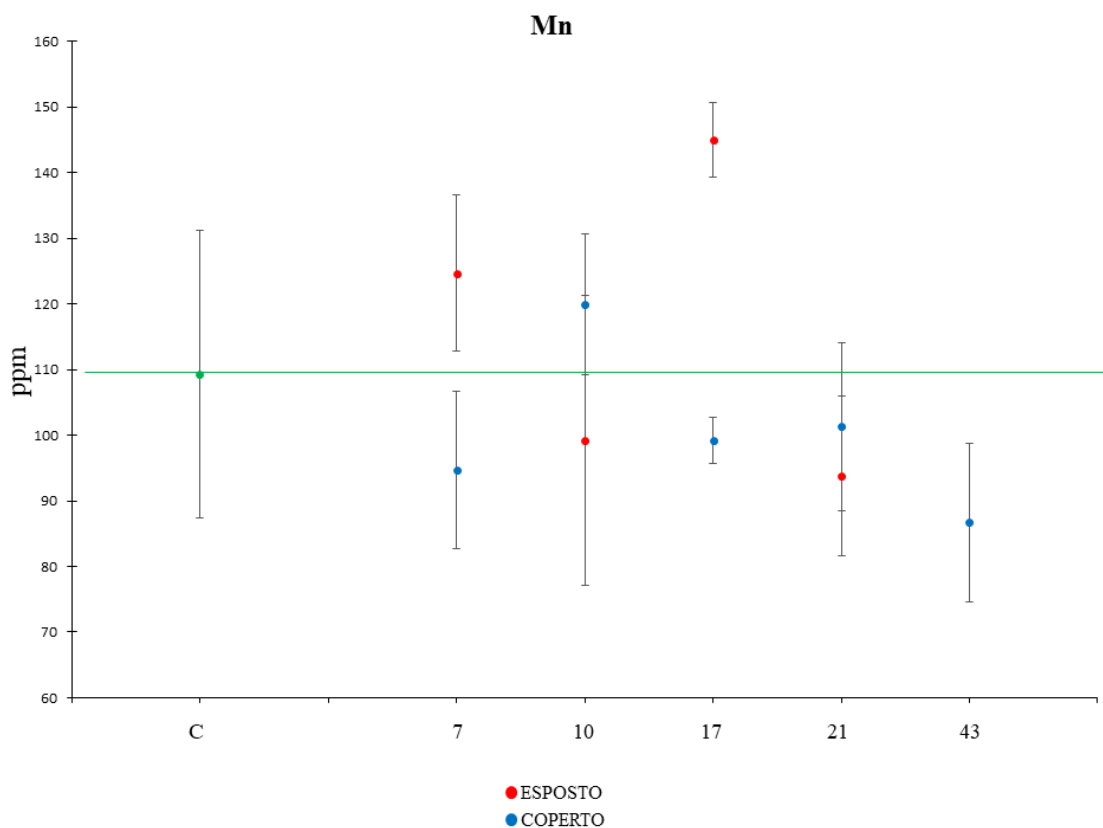


Figura 23. Contenuto di Mn nei talli analizzati per lo studio di bioaccumulo.

## Ferro (Fe)

Nella Tab. 16 vengono riportati i valori del contenuto di Fe nei plot di studio (Media  $\pm$  Deviazione Standard). Il grafico di Fig. 24 mostra l'andamento per esposizione. La linea verde indica il valore del campione di controllo (515,56 $\pm$ 45,07).

Tutti i valori del ferro risultano inferiori al controllo ad eccezione di uno, il lato coperto del plot 10.

Tabella 16. Contenuto di Fe nei plot analizzati espresso ppm.

plot	Esposto		Coperto	
	Ma	$\pm$ DS	Ma	$\pm$ DS
7	414,85	68,56	494,84	86,65
10	460,57	88,64	539,01	28,17
17	428,01	73,92	429,45	38,45
21	480,44	109,75	475,76	9,01
43	-	-	469,42	92,43

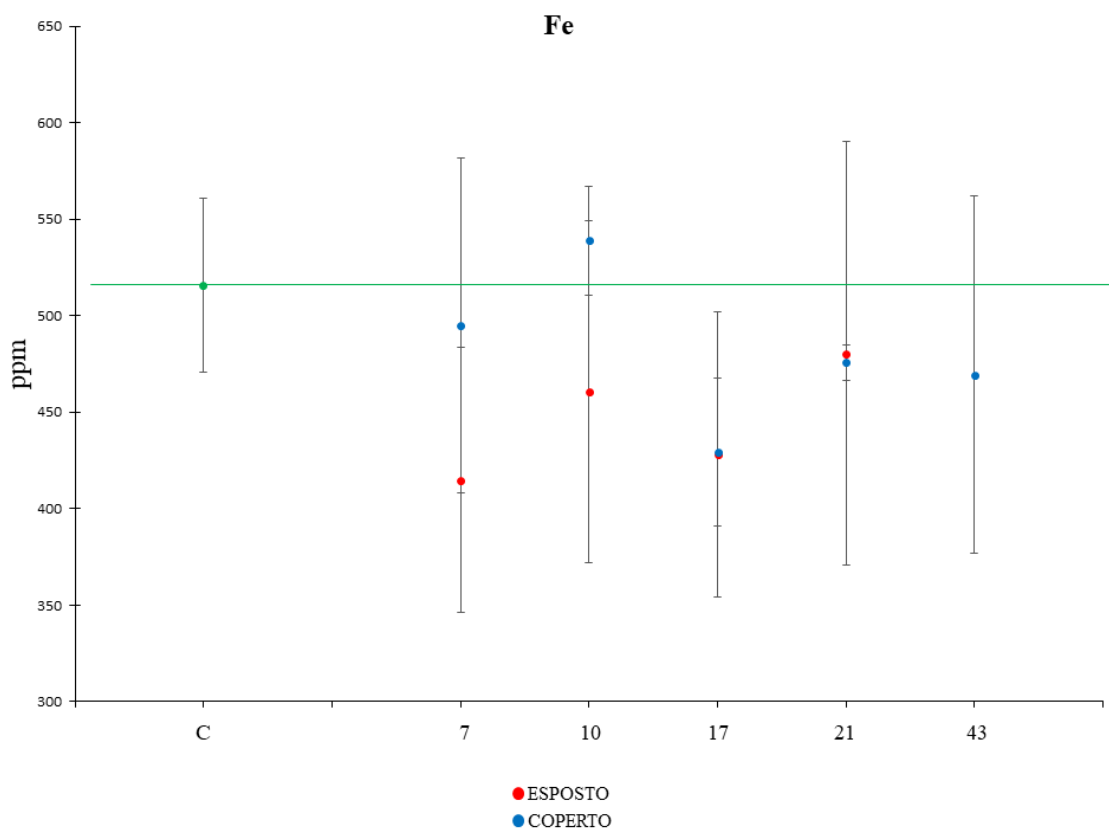


Figura 24. Contenuto di Fe nei talli analizzati per lo studio di bioaccumulo.

## Rame (Cu)

Nella Tab. 17 vengono riportati i valori del contenuto di Cu nei plot di studio (Media  $\pm$  Deviazione Standard). Il grafico di Fig. 25 mostra l'andamento per esposizione. La linea verde indica il valore del campione di controllo (5,22 $\pm$ 0,33).

Solo per tre campioni i valori di rame riscontrati nei talli lichenici risultano superiori al controllo: il lato coperto del plot 10 e le due esposizioni del plot 17.

Tabella 17. Contenuto di Cu nei plot analizzati espresso in ppm.

plot	Esposto		Coperto	
	Ma	$\pm$ DS	Ma	$\pm$ DS
7	4,47	0,73	5,64	1,26
10	5,05	0,74	4,91	0,74
17	5,77	0,58	5,59	0,21
21	4,32	0,42	4,64	0,32
43	-	-	4,98	0,38

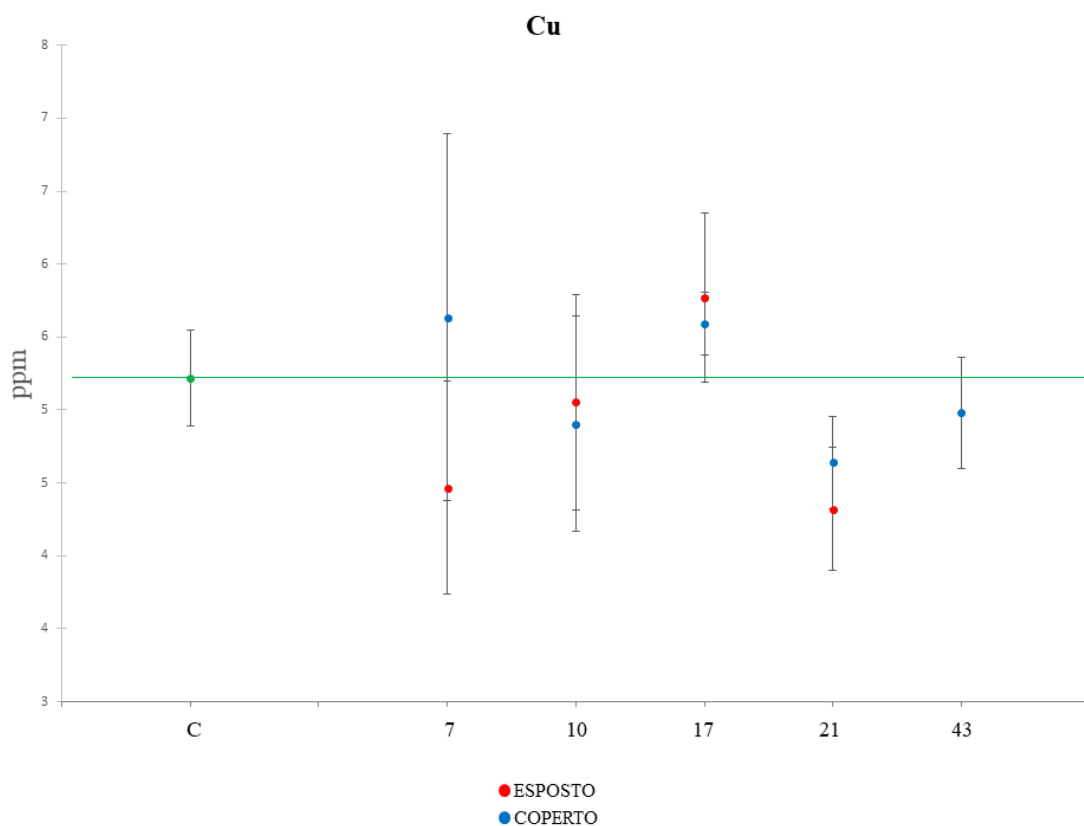


Figura 25. Contenuto di Cu nei talli analizzati per lo studio di bioaccumulo.

## Zinco (Zn)

Nella Tab. 18 vengono riportati i valori del contenuto di Zn nei plot di studio (Media  $\pm$  Deviazione Standard). Il grafico di Fig. 26 mostra l'andamento per esposizione. La linea verde indica il valore del campione di controllo (21,01 $\pm$ 5,05).

Tutti i campioni di talli esposti analizzati mostrano valori inferiori al controllo.

Tabella 18. Contenuto di Zn nei plot analizzati espresso in ppm.

plot	Esposto		Coperto	
	Ma	$\pm$ DS	Ma	$\pm$ S
7	18,94	0,88	18,72	0,63
10	20,86	2,67	20,22	3,57
17	18,00	0,20	19,58	0,77
21	16,02	0,56	17,22	0,95
43	-	-	19,65	2,91

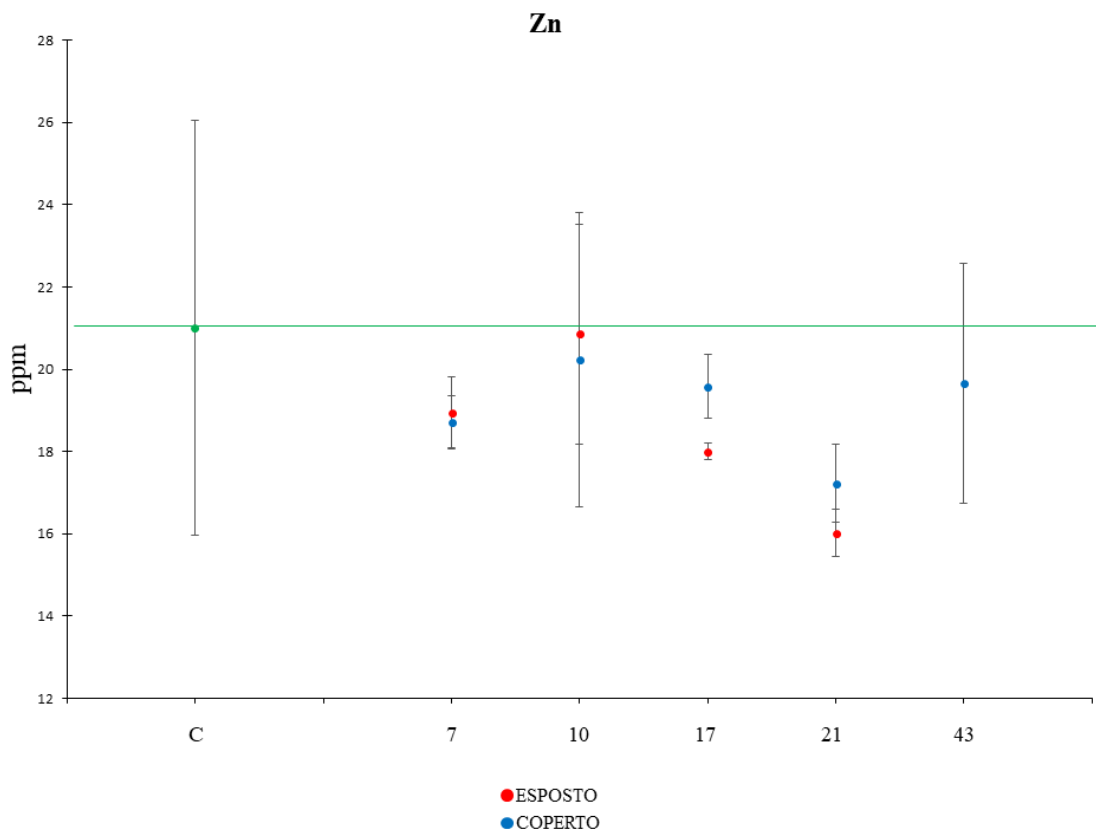


Figura 26. Contenuto di Zn nei talli analizzati per lo studio di bioaccumulo.

## Arsenico (As)

Nella Tab. 19 vengono riportati i valori del contenuto di As nei plot di studio (Media  $\pm$  Deviazione Standard). Il grafico di Fig. 27 mostra l'andamento per esposizione. La linea verde indica il valore del campione di controllo (0,21 $\pm$ 0,03).

In tutti i talli esposti i valori di arsenico risultano superiori al controllo, ad eccezione del lato esposto del plot 7 che ha un valore pressoché uguale.

Tabella 19. Contenuto di As nei plot analizzati espresso in ppm.

plot	Esposto		Coperto	
	Ma	$\pm$ DS	Ma	$\pm$ DS
7	0,18	0,03	0,54	0,59
10	2,98	1,86	3,07	2,99
17	3,42	4,12	0,63	0,04
21	1,43	0,58	1,00	0,14
43	-	-	2,27	0,51

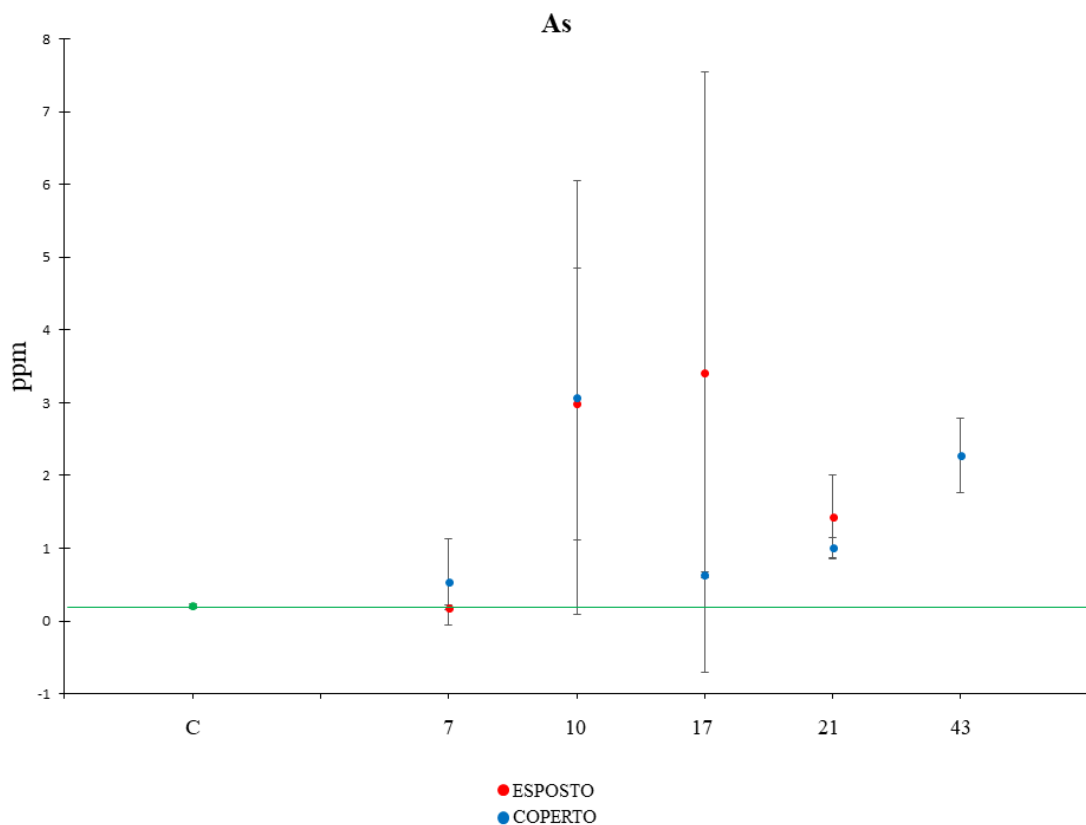


Figura 27. Contenuto di As nei talli analizzati per lo studio di bioaccumulo.

## Cadmio (Cd)

Nella Tab. 20 vengono riportati i valori del contenuto di Cd nei plot di studio (Media  $\pm$  Deviazione Standard). Il grafico di Fig. 28 mostra l'andamento per esposizione. La linea verde indica il valore del campione di controllo (0,10 $\pm$ 0,01).

Tutti i campioni esposti mostrano concentrazioni di cadmio superiori al controllo.

Tabella 20. Contenuto di Cd nei plot analizzati espresso in ppm.

plot	Esposto		Coperto	
	Ma	$\pm$ DS	Ma	$\pm$ DS
7	0,11	0,02	0,11	0,02
10	0,14	0,02	0,13	0,04
17	0,10	0,02	0,13	0,01
21	0,10	0,01	0,13	0,03
43	-	-	0,11	0,02

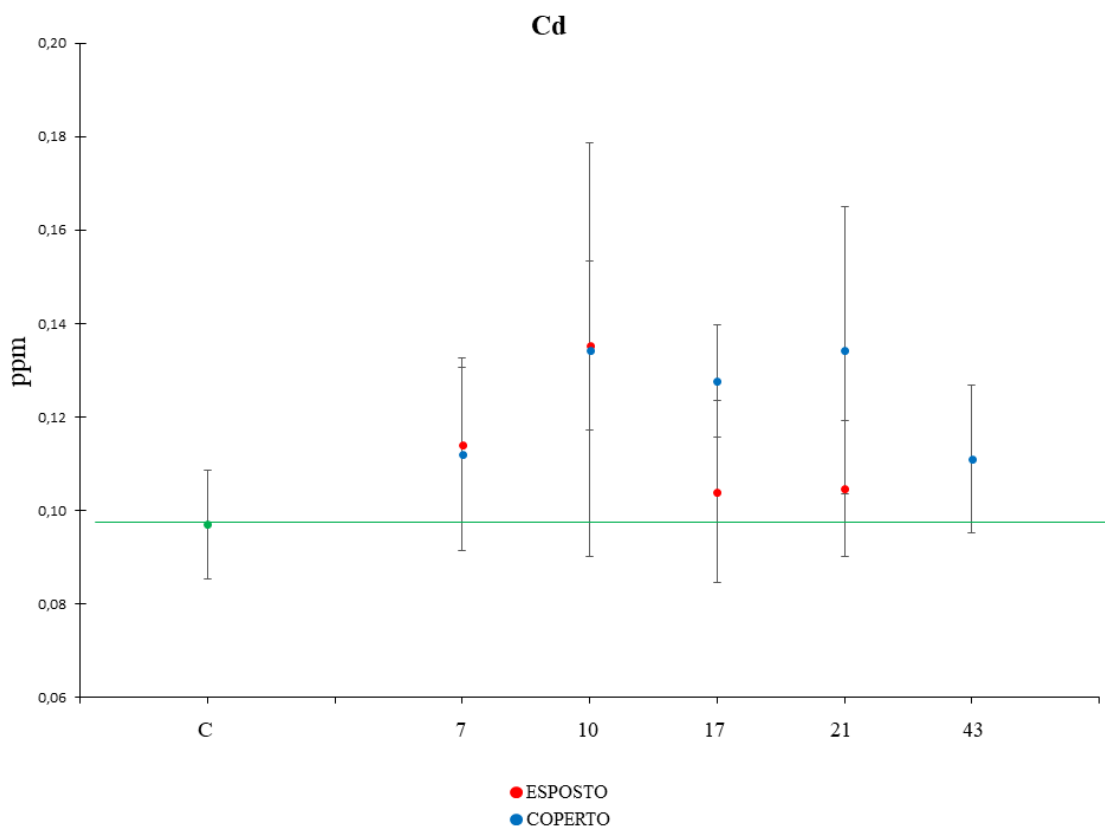


Figura 28. Contenuto di Cd nei talli analizzati per lo studio di bioaccumulo.

## Antimonio (Sb)

Nella Tab. 21 vengono riportati i valori del contenuto di Sb nei plot di studio (Media  $\pm$  Deviazione Standard). Il grafico di Fig. 29 mostra l'andamento per esposizione. La linea verde indica il valore del campione di controllo ( $0,07 \pm 0,02$ ).

I valori di antimonio sono in maggioranza superiori al controllo. Fanno eccezione le due esposizioni del plot 7 ed il lato coperto del plot 10.

Tabella 21. Contenuto di Sb nei plot analizzati espresso in ppm.

plot	Esposto		Coperto	
	Ma	$\pm$ DS	Ma	$\pm$ DS
7	0,06	0,01	0,06	0,01
10	0,07	0,01	0,07	0,01
17	0,08	0,04	0,10	0,01
21	0,10	0,01	0,13	0,01
43	-	-	0,11	0,01

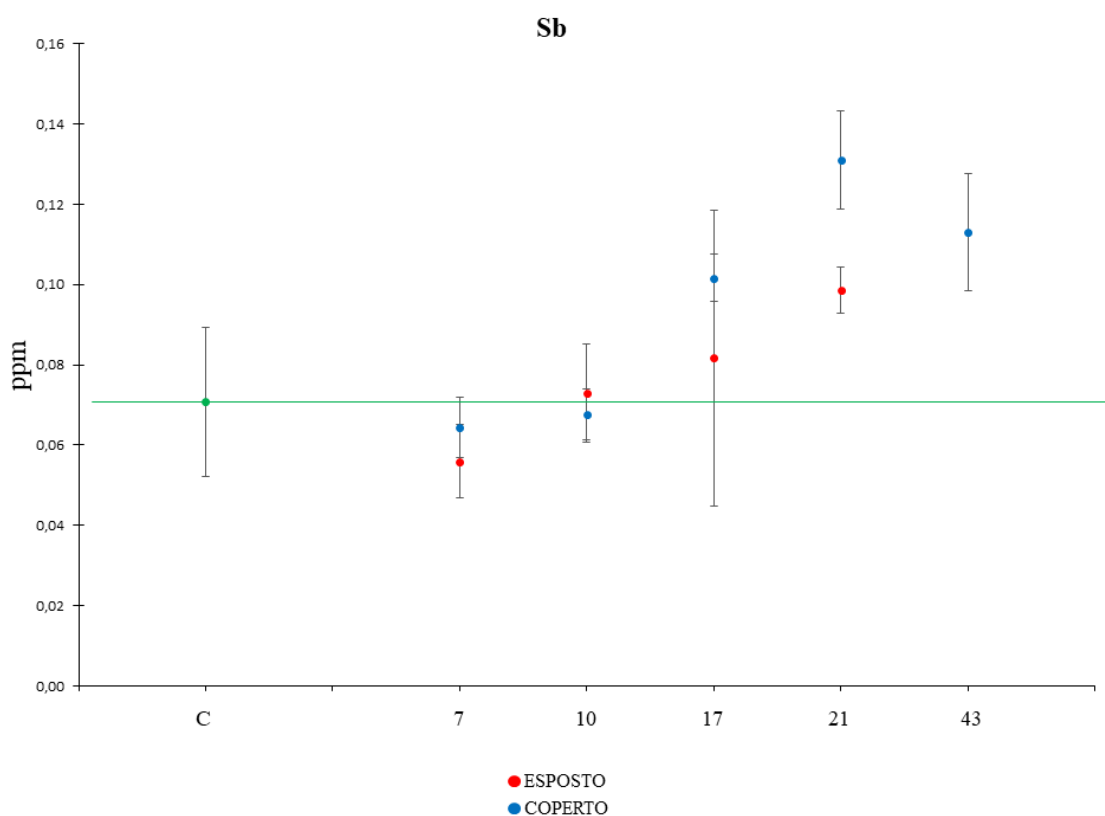


Figura 29. Contenuto di Sb nei talli analizzati per lo studio di bioaccumulo.



## Mercurio (Hg)

Nella Tab. 22 vengono riportati i valori del contenuto di Hg nei plot di studio (Media  $\pm$  Deviazione Standard). Il grafico di Fig. 30 mostra l'andamento per esposizione. La linea verde indica il valore del campione di controllo (0,10 $\pm$ 0,04).

Tutti i talli esposti mostrano valori di mercurio inferiori al controllo ad eccezione del lato coperto del plot 21.

Tabella 22. Contenuto di Hg nei plot analizzati espresso in ppm.

plot	Esposto		Coperto	
	Ma	$\pm$ DS	Ma	$\pm$ DS
7	0,07	0,01	0,08	0,01
10	0,08	0,02	0,07	0,02
17	0,08	0,03	0,07	0,01
21	0,04	0,01	0,22	0,27
43	-	-	0,07	0,01

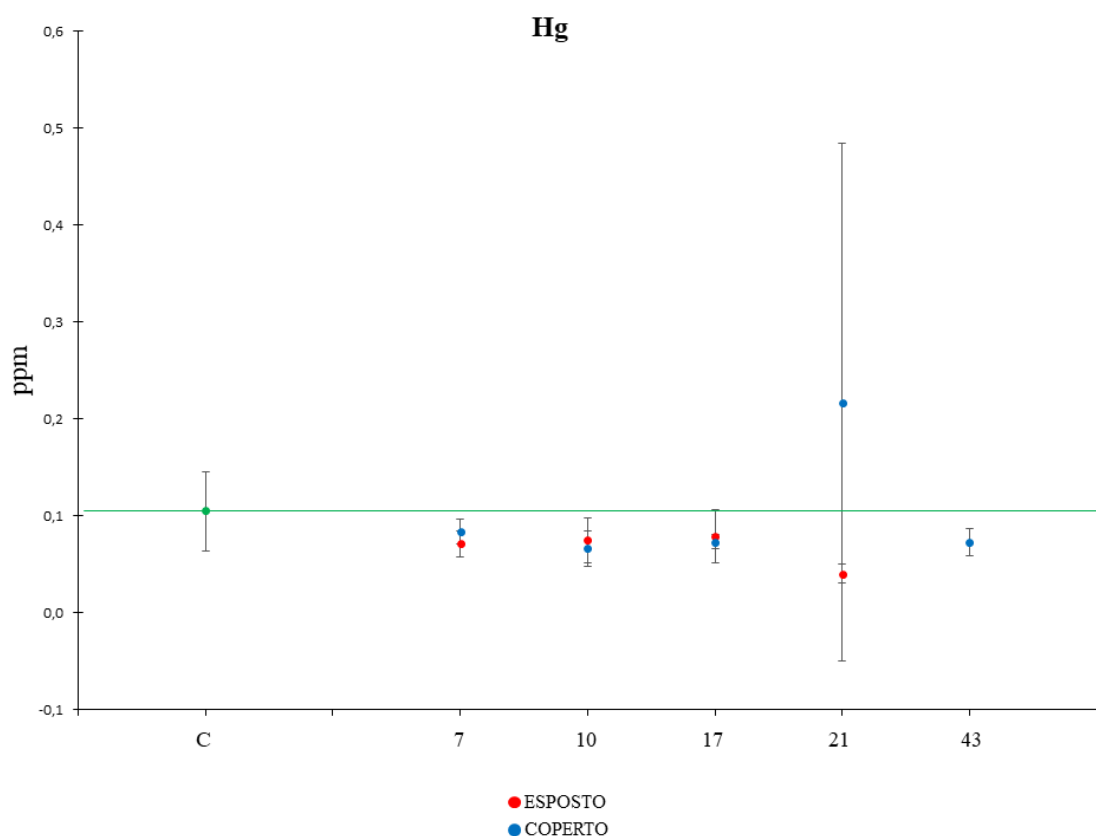


Figura 30. Contenuto di Hg nei talli analizzati per lo studio di bioaccumulo.

## Piombo (Pb)

Nella Tab. 23 vengono riportati i valori del contenuto di Pb nei plot di studio (Media  $\pm$  Deviazione Standard). Il grafico di Fig. 31 mostra l'andamento per esposizione. La linea verde indica il valore del campione di controllo (2,01 $\pm$ 0,12).

I talli analizzati mostrano valori di piombo in maggioranza superiori al controllo. Risultano piú bassi esclusivamente i valori riferiti al plot 7 per entrambe le esposizioni.

Tabella 23. Contenuto di Pb nei plot analizzati espresso in ppm.

plot	Esposto		Coperto	
	Ma	$\pm$ DS	Ma	$\pm$ DS
7	1,94	0,08	1,90	0,26
10	2,22	0,38	2,04	0,33
17	2,02	0,28	2,06	0,21
21	2,00	0,07	2,13	0,11
43	-	-	2,08	0,41

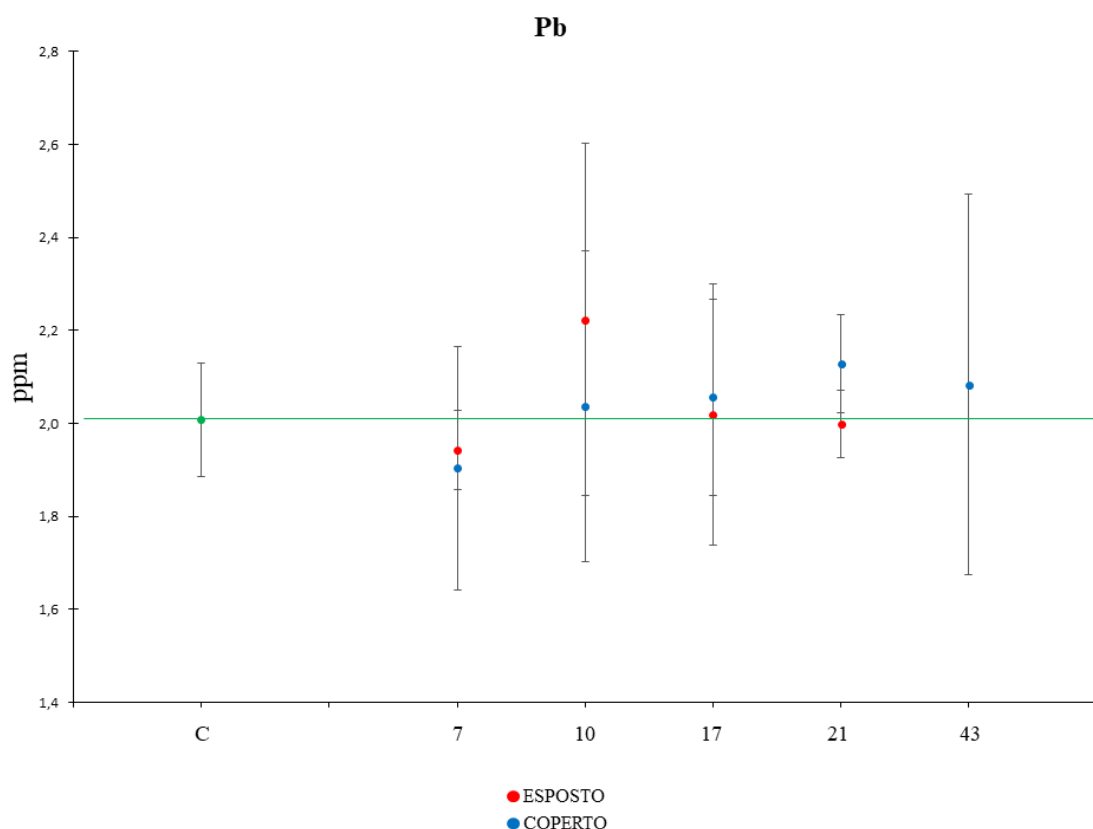


Figura 31. Contenuto di Pb nei talli analizzati per lo studio di bioaccumulo.

Per verificare l'effettivo accumulo di metalli in traccia in ciascun plot vengono riportate le concentrazioni medie per stazione (Tab. 24) espresse attraverso il rapporto tra i campioni esposti e campione di controllo (E/C ratio) e l'indice sintetico di bioaccumulo, seguendo Loppi *et al.* (in stampa), dove per bioaccumulo si intende  $E/C > 1$ .

Tabella 24. Valori di E/C ratio nei plot analizzati. Sono riportati in grassetto i valori che indicano il bioaccumulo per il parametro corrispondente.

<b>Plot</b>	<b>7</b>	<b>10</b>	<b>17</b>	<b>21</b>	<b>43</b>
<b>Al</b>	0,85	0,91	0,93	<b>1,13</b>	<b>1,02</b>
<b>V</b>	0,85	0,95	0,76	0,84	0,76
<b>Cr</b>	<b>1,25</b>	<b>1,03</b>	0,96	<b>1,11</b>	<b>1,48</b>
<b>Mn</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,12</b>	0,89	0,79
<b>Fe</b>	0,88	0,97	0,83	0,93	0,91
<b>Cu</b>	0,97	0,95	<b>1,09</b>	0,86	0,96
<b>Zn</b>	0,90	0,98	0,89	0,79	0,94
<b>As</b>	<b>1,74</b>	<b>14,62</b>	<b>9,79</b>	<b>5,87</b>	<b>10,98</b>
<b>Cd</b>	<b>1,16</b>	<b>1,39</b>	<b>1,19</b>	<b>1,23</b>	<b>1,14</b>
<b>Sb</b>	0,85	<b>1,00</b>	<b>1,30</b>	<b>1,63</b>	<b>1,60</b>
<b>Hg</b>	0,74	0,68	0,73	<b>1,23</b>	0,70
<b>Pb</b>	0,96	<b>1,06</b>	<b>1,02</b>	<b>1,03</b>	<b>1,04</b>

<b>Indice sintetico</b>	<b>1,03</b>	<b>1,10</b>	0,97	<b>1,01</b>	0,97
-------------------------	-------------	-------------	------	-------------	------

Gli elementi che risultano accumulati in tutte le stazioni sono l'arsenico e il cadmio, il primo mostra valori particolarmente elevati in 4 dei 5 plot studiati. Interessanti sono anche i valori relativi al cromo e al piombo (accumulo in 4 dei 5 plot). Dalla tabella emerge che in tutti i plot è presente un accumulo di almeno 4 elementi, e l'indice sintetico evidenzia che la maggiore contaminazione di elementi in traccia si ha nei plot 7, 10 e 21.

### 3.3.1. Differenze tra esposizioni

Per valutare le differenze tra le esposizioni i Test non parametrici utilizzati sono: Test U di Mann-Whitney e Test di Kolmogorov-Smirnov (Software SPSS vers. 20.0, 2011 IBM corporation). L'analisi statistica ha evidenziato differenze non significative tra lato esposto e lato coperto ( $p > 0,05$ ) sia considerando i vari metalli singolarmente sia la loro somma per esposizione. Tutti i risultati sono riportati in Appendice (Tab. 4A).



## DISCUSSIONE

Le 108 specie identificate corrispondono a più del 20% della flora regionale e circa il 40% dei licheni epifiti (Nimis 2016).

Cinque specie non sono state segnalate in precedenza per il Molise.

*Agonimia opuntiiella* è un lichene minutamente squamuloso, caratterizzato da propaguli segmentati con peli ialini. Questa specie generalmente colonizza la parte basale di vecchi alberi e si trova anche tra muschi e detrito vegetale su suolo o roccia; è una specie rara la cui distribuzione, secondo Nimis (2016), è poco conosciuta nella parte adriatica della penisola. Questo record, il più meridionale dell'Italia peninsulare, conferma i caratteri ecologici della specie. È inclusa nella lista rossa nazionale dei licheni epifiti (Nascimbene *et al.* 2013) come LC.

*Arthopyrenia analepta* è una specie crostosa riconosciuta come colonizzatrice precoce di alberi a corteccia liscia, la presenza di alghe nel tallo è facoltativa o probabilmente assente, è caratterizzata da un involucrello K+ verdastro, aschi più o meno cilindrici, ascospore per lo più 1-settate, clavate, con apici rotondi e marcatamente ristrette a livello del setto; ciascuna cellula spesso biguttulata, con un perisporio gelatinoso distinto. Ha una distribuzione discontinua lungo la penisola, probabilmente a causa della difficoltà di identificazione, finora non era stata mai segnalata nella parte meridionale dell'Italia adriatica.

*Lecanora albella* è un lichene crostoso, comune su scorza liscia con pH moderatamente acido in habitat umido-ombreggiati. È abbastanza simile alla più comune *L. carpinea*, dalla quale differisce per alcune reazioni colorimetriche (C- e PD+ rosso in *L. albella* vs C+ e PD± giallo in *L. carpinea*). È una specie anitrofila che si rinviene principalmente in habitat naturali e seminaturali. La sua scoperta in un contesto agricolo è meritevole di interesse in quanto conferma la natura tradizionale di questa attività nell'area.

*Mycomicrothelia confusa* è una specie crostosa, con un sottile tallo bianco-crema e numerosi periteci globosi neri, di solito si trova su alberi a scorza liscia, in habitat naturali o seminaturali. A dispetto della sua scarsa tolleranza all'eutrofizzazione e all'impatto antropico, la specie è stata rinvenuta in un plot in prossimità di una delle aree industriali più importanti della regione.

*Scytinium subtile* è un cianolichene squamuloso con un tallo grigio-bluastrò, tipico delle parti basali degli alberi secolari. Per questa specie sono riportati solo pochi, recenti, ritrovamenti in Italia (Nimis 2016), tra questi solo uno nel settore adriatico della penisola (Nimis & Tretiach 1999). Questo ritrovamento è il più meridionale della penisola italiana.

Come presumibile riscontrare in ambiente agricolo (Ruisi *et al.* 2005), i più rappresentati sono i licheni che appartengono al genere *Physcia sensu lato*: *Physconia* e *Physcia* contano rispettivamente 6 e 5 *taxa*.

Più della metà dei licheni trovati negli AFF investigati presenta un tallo crostoso e in generale la percentuale di specie a lobi stretti è alta comparata a quella della media italiana dei licheni epifiti (18% vs 8%). Questi dati potrebbero suggerire un'influenza del disturbo antropico sull'evoluzione della comunità lichenica e un impedimento alla colonizzazione di specie che presentano una maggiore superficie esposta (licheni fogliosi a lobi larghi e fruticosi).

La presenza di licheni ad ampia distribuzione è preponderante; la maggior parte delle specie è tipica di substrati da subacidi a sub-neutri (51%), ben esposti alla luce (43%), in ambienti non troppo aridi (49%). Il 25% delle specie ha dei range di tolleranza all'eutrofizzazione ampi, sono cioè euriecie rispetto a questo parametro, a fronte di un 12% di specie stenoecie.

Non mancano specie inserite nella lista rossa nazionale dei licheni epifiti (Nascimbene *et al.* 2013): *Agonimia opuntiella*, *Arthopyrenia salicis*, *Bacidia rosella*, *Buellia disciformis*, *Candelariella subdeflexa*, *Catapyrenium psoromoides*, *Gyalecta carneola*, *Piccolia ochrophora*, *Thelenella modesta*. Tutte queste specie mostrano un trend in declino probabilmente a causa della loro elevata sensibilità ai disturbi antropici (Nascimbene *et al.* 2013). In particolare, *Bacidia rosella* viene considerata una specie associata ad un habitat in declino: le foreste di latifoglie in ambienti ripari (Ek *et al.* 2002), un tipo di vegetazione azonale ma costantemente minacciata dall'impatto umano (Janssen *et al.* 2016).

Una delle specie trovate, *Catapyrenium psoromoides*, è stata anche utilizzata (Ravera *et al.* 2011) come specie guida per la definizione dell'elenco nazionale delle zone importanti delle piante (IPA).

In 28 plot su 30 sono state rinvenute specie ad affinità suboceanica, che corrispondono al 20% del totale. Queste presenze confermano il ruolo degli AFF come ambienti rifugio per queste specie che, attraverso queste cenosi, riescono a penetrare dal settore tirrenico alle parti più interne della penisola.

Molte delle 108 specie identificate negli AFF studiati coincidono con quelle elencate in studi mirati a caratterizzare i boschi vetusti del centro Italia. Delle 51 specie rilevate nei boschi vetusti molisani da Ravera *et al.* (2010) 30 specie, corrispondenti al 59% del totale, risultano comuni con gli AFF indagati. Nei boschi vetusti del Parco Nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga, in Abruzzo, sono stati rilevati 110 taxa lichenici (Corona *et al.* 2016) di cui 45, il 41%, in comune con quelle presenti negli AFF di studio. In particolare, 14 delle 30 specie ritenute rare negli AFF, sono state ritrovate anche nei boschi vetusti dell'Abruzzo e del Molise.

*Acrocordia gemmata* e *Buellia disciformis* sono state anche individuate come indicatrici di vetustà in uno studio condotto nei boschi della Campania (Blasi *et al.* 2010), assieme a *Alyxoria varia* (associata a boschi mauri) e *Physconia servitii* (legata a boschi gestiti).

È altrettanto interessante notare che, tra le specie rare trovate, alcune sono spesso associate a comunità di *Lobarion* (Barkman 1958, Rose 1988, Nascimbene *et al.* 2013) ad esempio, *Anaptychia ciliaris*, *Fuscopannaria mediterranea*, *Collema nigrescens*, *Gyalecta carneola*, *Normandina pulchella*, *Physconia venusta*.

Oltre la metà delle specie rilevate (60 specie corrispondenti al 56% del totale) secondo Nimis (2016) risultano da rare a estremamente rare nelle fasce bioclimatiche in cui sono state rinvenute (fascia montana e submediterranea secca).

Per quanto riguarda l'indice di poleotolleranza, 4 specie hanno un indice pari a 0 (*Bacidia fraxinea*, *B. rosella*, *Gyalecta carneola* e *G. truncigena*) e sono strettamente legate agli ambienti indisturbati e altre 23 specie (pari al 21% del totale) mostrano un indice pari a 1 e sono tipiche degli habitat naturali o seminaturali.

Questi risultati suggeriscono l'ipotesi che alcuni AFF possano rappresentare relitti, ormai isolati, di boschi che in passato erano più ampi e oggi sono scomparsi e prevalentemente sostituiti da campi coltivati.

L'analisi delle risposte fisiologiche dei talli di *E. prunastri* trapiantati nei plot di studio non ha mostrato differenze significative tra il lato esposto alla fonte di impatto antropico individuata e quello coperto dal nucleo di AFF. Rispetto ai valori noti, relativi alle risposte fisiologiche, si rileva che il valore di Fv/Fm nei plot analizzati risulta più alto di quelli riportati in letteratura sia in campo (Paoli *et al.* 2011, 2015) sia in laboratorio (Munzi *et al.* 2012) confermando la vitalità dei trapianti in tutti i plot di AFF studiati e l'assenza di segni evidenti di sofferenza.

Un tale risultato potrebbe essere imputato, in prima istanza, all'assenza di concentrazioni ecologicamente rilevanti di inquinanti azotati in grado di indurre nei talli meccanismi di difesa precoci nonostante tra le fonti di impatto considerate siano presenti gli allevamenti (vedi Munzi *et al.* 2012). Tuttavia, nonostante l'area di background sia remota, non è possibile escludere *a priori* una aumentata tolleranza dei talli lichenici trapiantati agli inquinanti azotati che potrebbe essere stata indotta da una presenza pregressa di tali composti (dovuta ad esempio al pascolamento) come già osservato per altre specie (Munzi *et al.* 2010).

L'analisi statistica ha evidenziato, viceversa, una differenza significativa nella risposta dei talli in relazione alle fonti di impatto per quel che riguarda i pigmenti totali (clorofilla *a*, clorofilla *b* e carotenoidi) e l'ammonio confermandone l'incidenza sui trapianti lichenici. In particolare, aumenta la produzione di pigmenti totali in relazione alle aree complesse rispetto alle altre due fonti di impatto mentre il contenuto di ammonio è maggiore nei plot prossimi agli allevamenti.

Come per le risposte fisiologiche anche per quanto riguarda il bioaccumulo di elementi in traccia, nelle aree complesse (plot 7, 10, 17, 21, 43), non si osservano differenze statisticamente

significative tra le due esposizioni e i rapporti tra i campioni trapiantati e la stazione di controllo (E/C ratio) mostrano una situazione per lo più riconducibile alla normale variazione associata al trapianto, con alcune interessanti eccezioni.

Rispetto ad un precedente lavoro realizzato in Molise da Paoli *et al.* (2015), con trapianti esposti per 6 mesi in diversi contesti ecologici negli intorno dell'area di Pozzilli, si evidenzia una coerenza con i valori rilevati per il rame, il cadmio, l'antimonio, il mercurio e il piombo. I valori di vanadio, manganese, cromo e, in particolare, l'arsenico risultano più elevati negli AFF studiati, incluso nel plot 10 prossimo all'area industriale, mentre l'unico valore più basso è quello del ferro.

Per quanto riguarda il cromo, vanadio e piombo la concentrazione non è coerente con quanto rinvenuto da Paoli *et al.* (2011) nell'area industriale di Termoli dove negli AFF i valori risultano più elevati esclusivamente per il cromo, incluso nel plot 43 prossimo all'area industriale, e più bassi per vanadio e piombo.

Rispetto a contesti rurali simili in centro Italia (Loppi & Frati 2006), si rinvengono valori di arsenico e cromo nettamente superiori.

Il numero di repliche utilizzate per lo studio, seppur limitato, è coerente con quanto riportato negli studi utilizzati per il confronto e non sembra incidere negativamente sui risultati.

L'analisi dei rapporti tra campioni esposti in relazione al controllo (E/C ratio) riferiti ai plot 'in toto', cioè prescindendo dall'esposizione, ha evidenziato un accumulo in tutti i siti.

I valori superiori si riscontrano nei plot 7 (Boiano), 10 (Pozzilli) e 21 (Campobasso) che confermano la maggiore pressione antropica nei pressi di queste aree rispetto ad alcuni tipi di contaminanti (primariamente l'arsenico) che non appaiono direttamente correlabili alle tipologie di impatto individuate.

In conclusione, in relazione alla capacità di alberi e nuclei boscati di intercettare gli inquinanti atmosferici, i risultati delle ricerche svolte non confermano quanto riportato da Nowak *et al.* (2014) e Bottalico *et al.* (2016) mentre concordano con Vieira *et al.* (2018) sul fatto che i tipi di vegetazione gestiti e meno complessi abbiano una minore capacità di intercettare le sostanze inquinanti.

La vitalità dei licheni evidenziata dai valori di Fv/Fm così come il basso livello di stress evidenziato nei talli trapiantati attraverso l'analisi degli altri parametri fisiologici, potrebbero essere imputati ad una limitata presenza di inquinanti nella regione, nel complesso scarsamente industrializzata e con una popolazione concentrata in tre nuclei principali (Marchetti *et al.* 2016).

Bisogna inoltre considerare l'importanza dei fattori orografici e meteorologici nelle aree di studio. Gli AFF utilizzati per l'analisi degli elementi in traccia (plot 7, 10, 17 e 21), rappresentano quasi esclusivamente le aree più densamente urbanizzate in cui sono presenti anche attività



industriali e una rete viaria di interesse regionale, confinate nelle zone pianeggianti e circondate da rilievi montuosi. Queste caratteristiche favoriscono un ristagno degli inquinanti nei pressi dei luoghi di origine e impediscono il rimescolamento dei bassi strati atmosferici operato dai venti (ARPA Molise 2016). Una simile interpretazione potrebbe spiegare in parte l'assenza di differenze nelle due esposizioni, anche a fronte di un bioaccumulo verificato.

Bisogna tener conto che nella scelta dei plot limitrofi ad aree antropizzate sono stati utilizzati come riferimento per la diffusione degli inquinanti i dati delle centraline di rilevamento più vicine ai plot di studio, tuttavia, in assenza di dati di distribuzione dei venti relativi ai singoli nuclei di AFF non possono essere escluse influenze locali, di natura geomorfologica e/o meteorologica, in grado modificarne le dinamiche a scala ridotta.

Una successiva ipotesi di lavoro per approfondire quanto descritto sul ruolo dei singoli AFF come barriere alla diffusione degli inquinanti, potrebbe prevedere un maggior numero di repliche e includere un confronto tra campioni esposti in ambiti diversi rispetto agli AFF. Si potrebbero, inoltre, prendere in considerazione diversi nuclei di alberi, individuando un transetto di plot, a distanza variabile dalla fonte di impatto, al fine di valutare un eventuale effetto schermante in parallelo tra più AFF. Da questo punto di vista il presente studio può essere inteso come un necessario punto di partenza per l'analisi dettagliata dei fattori che possono influenzare lo studio di questo importante servizio ecosistemico associato agli AFF ed a tutte le infrastrutture verdi presenti sul territorio.



## CONCLUSIONI

L'attività di ricerca di questo dottorato mirava a verificare il ruolo degli AFF quali serbatoi di biodiversità lichenica e barri alla diffusione degli inquinanti.

Per quanto riguarda il contributo alla conservazione della biodiversità lichenica è possibile affermare che, nonostante il disturbo nelle aree circostanti, dovuto principalmente alle attività agricole e l'estensione relativamente ridotta, gli AFF ospitano diverse specie di pregio e sostengono la funzionalità della rete ecologica regionale, poiché sono in grado di ospitare specie licheniche che altrimenti risulterebbero assenti come dimostrato dalle nuove segnalazioni regionali. Lo studio della flora lichenica epifita associata agli AFF ha evidenziato la capacità di queste formazioni arboree di ospitare specie di pregio rappresentando, indipendentemente dal loro tipo (filare o boschetto), microhabitat 'rifugio' per licheni rari e minacciati e isole di naturalità per le specie sensibili all'impatto antropico.

Lo studio degli AFF come barriere vegetali alla diffusione degli inquinanti aerodispersi, al contrario, non ha fornito chiare evidenze del ruolo svolto da queste formazioni per questo importante servizio ecosistemico.

L'analisi delle risposte fisiologiche non mostra differenze significative nell'impatto tra le due esposizioni (esposto e coperto rispetto alla fonte di impatto), mentre si evidenzia una differenza a livello di fonti di impatto.

Anche per quanto concerne gli elementi in traccia, nonostante in alcuni casi sia stato evidenziato un bioaccumulo, non sono state rilevate differenze significative tra le due esposizioni, suggerendo, almeno per quanto concerne le condizioni sperimentali, una scarsa capacità di schermatura operata dagli AFF. I risultati evidenziano, in particolare, un accumulo di arsenico che non sembrerebbe direttamente associabile alle fonti di impatto considerate e risulta meritevole di ulteriori approfondimenti.

Il disegno di campionamento ha evidenziato nel corso dello studio alcuni punti deboli che offrono degli spunti interessanti da considerare in un'ottica migliorativa per gli studi futuri, soprattutto in relazione all'utilizzo di modelli predittivi di dispersioni degli inquinanti.

D'altro canto, è altrettanto indispensabile che gli AFF vengano inseriti in una rete progettuale strutturata, per poterli considerare delle reali infrastrutture verdi, che abbia delle caratteristiche ben definite a cui attribuire dei servizi ecosistemici reali e verificabili, soprattutto in relazione alla diffusione degli inquinanti aerodispersi, e suggerisce la necessità di ulteriori studi mirati a questo scopo poiché gli spazi verdi non possono essere considerati tutti uguali 'a prescindere' ma devono essere caratterizzati singolarmente con un maggiore dettaglio per studiarne le potenzialità.



## BIBLIOGRAFIA

- Adamo P., Bargagli R., Giordano S., Modenesi P., Monaci F., Pittao E., Spagnuolo V., Tretiach M., 2008. Natural and pre-treatments induced variability in the chemical composition and morphology of lichens and mosses selected for active monitoring of airborne elements. *Environmental Pollution*, 152: 11-19.
- ANPA, 2001. I.B.L. - Indice di Biodiversità Lichenica. Manuali e Linee Guida 2/2001. 85 pp.
- ARPA Molise, 2012. Campagna di misura della qualità dell'aria del territorio interessato dalle ricadute dell'impianto Energonut, S.p.A. sito in Pozzilli (IS) tramite il laboratorio mobile e campionatori diffusivi passivi. 122 pp.
- ARPA Molise, 2016. Piano Regionale Integrato per la qualità dell'Aria in Molise – P.R.I.A.Mo. 100 pp.
- Bargagli, R., 1998, Trace Elements in Terrestrial Plants. An Ecophysiological Approach to Biomonitoring and Biorecovery. Berlin: Springer-Verlag. 324 pp.
- Barkman JJ., 1958. Phytosociology and ecology of cryptogamic epiphytes. Van Gorcum & Comp. Assen-Netherlands. 628 pp.
- Baruffo L., Zedda L., Elix JA., Tretiach M., 2006. A revision of the lichen genus *Lepraria* s.lat. in Italy. *Nova Hedwigia*, 83: 387-429.
- Barnes JD., Balaguer L., Manrique E., Elvira S., Davison AW., 1992. A reappraisal of the use of DMSO for the extraction and determination of chlorophylls a and b in lichens and higher plants. *Environ. Exp. Bot.*, 32: 85-100.
- Bačkor M., Pawlik-Skowrońska B., Tomko J., Bud'ová J., Sanità di Toppi L., 2006. Response to copper stress in aposymbiotically grown lichen mycobiont *Cladonia cristatella*: uptake, viability, ergosterol and production of non-protein thiols. *Mycol. Res.*, 110: 994-999.
- Baker NR., 2008. Chlorophyll Fluorescence A Probe of Photosynthesis In Vivo. *Annual Review of Plant Biology*, 59: 89-113.
- Bellefontaine R., Petit S., Pain-orcet M., Deleporte P., Bertault JG., 2002. Trees outside forests - Towards a better awareness. *FAO Conservation Guide*, 35. 234 pp.
- Blasi C., Marchetti M., Chiavetta U., Aleffi M., Audisio P., Azzella MM., Brunialti G., Capotorti G., Del Vico E., Lattanzi E., Persiani AM., Ravera S., Tilia A., Burrascano S., 2010. Multi-taxon and forest structure sampling for identification of indicators and monitoring of old-growth forest. *Plant Biosystems*, 144 (1): 160-170.

- Bottalico F., Chirici G., Giannetti F., De Marco A., Nocentini S., Paoletti E., Salbitano F., Sanesi G., Serenelli C., Travaglini D., 2016. Air pollution removal by green infrastructures and urban forests in the city of Florence. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 8: 243-251.
- Brackel von W., 2015. Lichenicolous fungi from Central Italy with notes on some remarkable hepaticolous, algicolous and lichenized fungi. *Herzogia*, 28: 212-218.
- Brackel von W., 2016. Preliminary checklist of the lichenicolous fungi of Italy. *Not. Soc. Lich. Ital.*, 29: 95-146.
- Brown N., Fischer B., 2012. *Trees outside woods*. The Woodland Trust. 24 pp.
- Brunialti G., Frati L., 2014. Bioaccumulation with lichens: the Italian experience. *International Journal of Environmental Studies*, 71: 15-26.
- Caporale S., Calabrese R., Piccoli F., 2011. *Notulae Cryptogamicae*, 9: *Petractis clausa*. *Inf. Bot. Ital.*, 43(1): 151.
- Caporale S., Giancola M., Guttová A., Paoli L., Ravera S., 2008. Lista floristica dei licheni molisani. In: Marchetti M., Marino D., Cannata G. (eds.): *Relazione sullo stato dell'ambiente della Regione Molise*, Univ. Molise, pp. 334-337.
- CEN, 2014. EN 16413:2014. Ambient air – Biomonitoring with lichens - Assessing epiphytic lichen diversity. CEN, Brussels. Direttiva 2010/75/UE - EUR-Lex - Europa.eu. 33 pp.
- Cerroni MG., Flagiello D., Giancola M., 2004. Bioaccumulo di metalli in traccia in *Xanthoria parietina*: il caso di Isernia (Molise). *Not. Soc. Lich. Ital.*, 17: 42-43.
- Clauzade G., Roux C., 1985. *Likenoj de Okcidentia Europo*. Illustrita determinlibro. *Bull. Soc. Bot. Centre-Ouest*, ns. 7, 893 pp.
- Cocozza C., Ravera S., Cherubini P., Lombardi F., Marchetti M., Tognetti R., 2016. Integrated biomonitoring of airborne pollutants over space and time using tree rings, bark, leaves and epiphytic lichens. *Urban Forestry & Urban Greening*, 17: 177-191.
- Corona PM., Biscaccianti AB., De Paulis S., Di Santo D., Giuliarelli D., Mattioli W., Portoghesi L., Ravera S., Ferrari B., 2016. *Boschi vetusti del Parco Nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga*. Collana 'Conoscere', Compagnia delle Foreste. 87 pp.
- Craighero T., 2010. Revisione tassonomica di alcuni gruppi critici del genere *Pertusaria* DC. (Ascomiceti lichenizzati) in Italia. Thesis. Fac. of Sciences, University of Trieste. 99 pp.

- Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n. 155, recante attuazione della Direttiva 2008/50 CEE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa.
- de Foresta H., Somarriba E., Temu A., Boulanger D., Feuilly H., Gauthier M., 2013. Towards the assessment of trees outside forests. Resources assessment working paper 183. FAO, Rome.
- Ek T., Suško U., Auzinš R., 2002. Inventory of woodland key habitats. Methodology. State Forest Service, Riga. 73 pp.
- Ekblad A., Näsholm T., 1996. Determination of chitin in fungi and mycorrhizal roots by an improved HPLC analysis of glucosamine. *Plant and Soil*, 178 (1): 29-35.
- EEA, 2018. Air Quality in Europe. Report 12/2018. European Environment Agency.
- FAO, 2001. Global Forest Resources Assessment 2000 (FRA 2000). Terms and definitions. Main report. FAO, Rome.
- FAO and Plan Bleu, 2018. State of Mediterranean Forests 2018. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome and Plan Bleu, Marseille, pp 51-71.
- Fattorini L., Puletti N., Chirici G., Corona P., Gazzarri C., Mura M., Marchetti M., 2016. Checking the performance of point and plot sampling on aerial photoimagery of a large-scale population of trees outside forests. *Can. J. For. Res.*, 46: 1264-1274.
- Ferretti M., Sanders T., Michel A. (Eds.), 2014. The Impact of Nitrogen Deposition and Ozone on the Sustainability of European Forests. ICP Forests 2014 Executive Report - The Condition of Forests in Europe. 28 pp.
- Fрати L., Giordani P., Brunialti G., Doria M., 2004. New and interesting species to Marche and Molise. *Webbia*, 59(2): 477-485.
- Garofalo R., Cocca MA., Aprile GG., Ricciardi M., 1999. Licheni dei monti del Sannio e della Daunia (Appennino Campano). *Allionia*, 36: 53-65.
- Genovesi V., Ravera S., 2014. Guida ai licheni del Giardino della Flora Appenninica di Capracotta. 163 pp.
- Giancola M., Flagiello D., Carnevale P., Cerroni MG., 2006. Valutazione della qualità dell'aria in alcune aree di interesse comunitario della provincia di Isernia mediante bioaccumulo di metalli in traccia in *Xanthoria parietina*. *Not. Soc. Lich. Ital.*, 19: 43.

- Guillerme S., Alet B., Briane G., Frédéric C., Maire E., 2009. L'arbre hors forêt en France. Diversité, usages et perspectives. *Revue Forestière Française*, 61(5): 543–560.
- Guttová A., Sosomová-Lihová J, Timdal E., Kučera J., Slovák M., Píknová K., Paoli L., 2014. First insights into genetic diversity and relationships of European taxa of *Solenopsora* (*Catillariaceae*, *Ascomycota*) with implications for their delimitation. *Bot. J. Linn. Soc.*, 176: 203-223.
- Idol T., Haggard J., Cox L., 2011. Ecosystem services from smallholder forestry and agroforestry in the tropics. In W. B. Campbell & S. L. Ortiz (Eds.), *Integrating agriculture, conservation and ecotourism: examples from the field*. Springer Netherlands, Dordrecht, 1: 209-270.
- INFC, 2005. Inventario nazionale delle foreste e dei serbatoi di carbonio. <http://www.sian.it/inventarioforestale/>. Accessed 28 March 2017.
- Janssen J.A.M., Rodwell J.S., Garcia Criado M., Gubbay S., Haynes T., Nieto A., Sanders N., Landucci F., Loidi J., Szymank A., Tahvanainen T., Valderrabano M., Acosta A., Aronsson M., Arts G., Attorre F., Bergmeier E., Bijlsma R-J., Bioret F., Biță-Nicolae C., Biurrun I., Calix M., Capelo J., Čarni A., Chytrý M., Dengler J., Dimopoulos P., Essl F., Gardfjell H., Gigante D., Giusso del Galdo G., Hajek M., Jansen F., Jansen J., Kapfer J., Mickolajczak A., Molina J.A., Molnar Z., Paternoster D., Piernik A., Poulin B., Renaux B., Schaminee J.H.J., Šumberova K., Toivonen H., Tonteri T., Tsiripidis I., Tzonev R., Valachovič M., 2016. European Red List of Habitats. Part 2. Terrestrial and freshwater habitats. European Union. Luxembourg. 44 pp.
- Loppi S., Frati L., 2006. Lichen diversity and lichen transplants as monitors of air pollution in a rural area of central Italy. *Environ. Monit. Assess.*, 114: 361-375.
- Loppi S., Paoli L., 2015. Comparison of the trace element content in transplants of the lichen *Evernia prunastri* and in bulk atmospheric deposition: a case study from a low polluted environment (C Italy). *Biologia*, 70(4): 460-466.
- Loppi S., Pozo K., Estellano V.H., Corsolini S., Sardella G., Paoli L., 2015. Accumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons by lichen transplants: Comparison with gas-phase passive air samplers. *Chemosphere*, 134: 39-43.
- Loppi S., Ravera S., Paoli L., in stampa. Coping with uncertainty in the assessment of atmospheric pollution with lichen transplants. *Environmental Forensics*.



- MAATM, 2010. Strategia Nazionale Biodiversità.  
[http://www.minambiente.it/export/sites/default/archivio/allegati/biodiversita/Strategia\\_Nazionale\\_per\\_la\\_Biodiversita.pdf](http://www.minambiente.it/export/sites/default/archivio/allegati/biodiversita/Strategia_Nazionale_per_la_Biodiversita.pdf).
- Marchetti M., Garfi V., Pisani C., Franceschi S., Marcheselli M., Corona P., Puletti N., Vizzarri M., di Cristofaro M., Ottaviano M., Fattorini L., 2018. Inference on forest attributes and ecological diversity of trees outside forest by a two-phase inventory. *Annals of Forest Science*, 75: 37.
- Marchetti M., Marino D., Cannata G. (eds.), 2016. Relazione sullo stato dell'ambiente della Regione Molise, Univ. Molise, pp. 334-337.
- Martellos S., Attorre F., Farcomeni A., Francesconi F., Pittao E., Tretiach M., 2014. Species distribution models backing taxa delimitation: the case of the lichen *Squamarina cartilaginea* in Italy. *Flora*, 209(12): 698-703.
- Maxwell K., Johnson GN., 2000. Chlorophyll Fluorescence - A Practical Guide. *Journal of Experimental Botany*, 51: 659-668.
- Munzi S., Loppi S., Cruz, C., Branquinho, C., 2011. Do lichens have “memory” of their native N environment? *Planta*, 233: 333-342.
- Munzi S., Paoli L., Fiorini E., Loppi S., 2012. Physiological response of the epiphytic lichen *Evernia prunastri* (L.) Ach. To ecologically relevant nitrogen concentrations. *Environmental Pollution*, 171: 25-29.
- Nascimbene J., Benesperi R., Brunialti G., Catalano I., Delle Vedove M., Grillo M., Isocrono D., Matteucci E., Potenza G., Puntillo D., Puntillo M., Ravera S., Rizzi G., Giordani P., 2013. Patterns and drivers of  $\beta$ -diversity and similarity of *Lobaria pulmonaria* communities in Italian forests. *J. Ecol.*, 101: 493-505.
- Nascimbene J., Brunialti G., Ravera S., Frati L., Caniglia G., 2010. Testing *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm. as an indicator of lichen conservation importance of Italian forests *Ecol. Indic.*, 10: 353-360.
- Nascimbene J., Fontana V., Spitale D., 2014. A multi-taxon approach reveals the effect of management intensity on biodiversity in Alpine larch grasslands. *Science of the total environment*, 487: 110-116.
- Nascimbene J., Nimis PL, Ravera S., 2013b. Evaluating the conservation status of epiphytic lichens of Italy: A red list. *Plant Biosyst.*, 147(4): 898-904.

- Nimis PL., 1993. The Lichens of Italy. An Annotated Catalogue. Mus. Reg. Sci. Nat. Torino. Monogr. XII. 897 pp.
- Nimis PL., 2016. The Lichens of Italy. A Second Annotated Catalogue. EUT, Trieste. 739 pp.
- Nimis PL., Martellos S., 2017. ITALIC - The Information System on Italian Lichens. Version 5.0. University of Trieste, Dept. of Biology, <http://dryades.units.it/italic> [accessed November 2018].
- Nimis PL., Tretiach M., 1995. The lichens of Italy. A phytoclimatic outline. *Crypt. Bot.*, 5: 199-208.
- Nimis PL., Tretiach M., 1999. Itinera Adriatica. Lichens from the eastern side of the Italian Peninsula. *Studia Geobot.*, 18: 51-106.
- Nimis PL., Tretiach M., 2004. Delimiting Tyrrhenian Italy: A lichen foray in the SW of the peninsula. *Bibl. Lichenol.*, 88: 456-478.
- Nowak DJ., Hirabayashi S., Bodine A., Greenfield E., 2014. Tree and forest effects on air quality and human health in the United States. *Environmental Pollution*, 193: 119-129.
- Orlikowska EH., Roberge JM., Blicharska M., Mikusiński G., 2016. Gaps in ecological research on the world's largest internationally coordinated network of protected areas: A review of Natura 2000. *Biological Conservation*, 200: 216–227.
- Ottaviano M., Tonti D., Di Martino P., Chirici G., Marchetti M., 2014. Influenza degli alberi fuori foresta sul paesaggio agro-forestale. In *Atti del II congresso internazionale di selvicoltura. Progettare il futuro per il settore forestale*, Firenze, 26-29 novembre 2014, Vol. 2, pp. 996–1003.
- Paletto A., Chincarini M., 2012. Heterogeneity of linear forest formations: differing potential for biodiversity conservation. A case study in Italy. *Agroforest Syst.*, 86: 83-93.
- Paletto A., De Natale F., Gasparini P., Morelli S., Tosi V., 2006. L'Inventario degli Alberi Fuori Foresta (IAFF) come strumento di analisi del paesaggio e supporto alle scelte di pianificazione territoriale. *Forest@*, 3(2): 253-266.
- Paoli L., Munzi S., Guttová A., Senko D., Sardella G., Loppi S., 2015. Lichens as suitable indicators of the biological effects of atmospheric pollutants around a municipal solid waste incinerator (S Italy). *Ecol. Indic.*, 52: 362-370.

- Paoli L., Pisani T., Guttová A., Sardella G., Loppi S., 2011. Physiological and chemical response of lichens transplanted in and around an industrial area of south Italy: Relationship with the lichen diversity. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 74: 650-657.
- Paura B., Abbate G., 1993. I Querceti a caducifoglie del Molise: primo contributo sulla sintassonomia e corologia. *Ann. Bot. (Roma) Studi sul territorio*, 51(10): 325-340.
- Pirintsos, S.A., Munzi, S., Loppi, S., Kotzabasis, K., 2009. Do polyamines alter the sensitivity of lichens to nitrogen stress? *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 72: 1331-1336.
- Pirintsos S.A., Paoli L., Loppi S., Kotzabasis K., 2011. Photosynthetic performance of lichen transplants as early indicator of climatic stress along an altitudinal gradient in the arid Mediterranean area. *Climatic Change*, 107: 305–328.
- Puntillo D., Puntillo M., 2009. Calicioid lichens and fungi of Italy: A State of the Art. *Flora Medit.*, 19: 251-260.
- Ravera S., 2008. Rete di Biomonitoraggio con i licheni epifiti. In: Marchetti M., Marino D., Cannata G. (a cura di), *Relazione sullo stato dell'ambiente della Regione Molise*. Università degli Studi del Molise. pp. 174:176.
- Ravera S., Azara C., Baragatti E., Paoli L., Genovesi V., Tretiach M., 2011b. *Notulae Cryptogamicae*, 11: *Teloschistes chrysophthalmus* (L.) Th. Fr. *Inf. Bot. Ital.*, 43(1): 152-153.
- Ravera S., Brunialti G., Azara C., Benesperi R., 2010b. *Notulae Cryptogamicae*, 7: *Lethariella intricata* (Moris) Krog. *Inf. Bot. Ital.*, 42(2): 575-576.
- Ravera S., Genovesi V., 2010. Guida alla conoscenza dell'Alto Molise: licheni ed habitat lichenici d'interesse conservazionistico. *Not. Soc. Lich. Ital.*, 23: 9-11.
- Ravera S., Genovesi V., 2012. *Studia Lichenologica in Italia Centrale*. VIII. Specie nuove ed interessanti per la Regione Molise. *Not. Soc. Lich. Ital.*, 25: 67.
- Ravera S., Genovesi V., Falasca A., Marchetti M., Chirici G., 2010. Lichen diversity of old-growth forests in Molise (Central-southern Italy). *Ital. Forest. Mont.*, 65(5): 505-517.
- Ravera S., Genovesi V., Fontana A., 2009. Characterization of the lichen flora growing on the Sannitic theatre of Pietrabbondante (Molise, Central Italy). *Proc. 4th Intern. Congr. on 'Science and Technology for the Safeguard of Cultural Heritage in the Mediterranean Basin'*, vol. 1. Cairo, Egypt, pp. 274- 278.

- Ravera S., Nimis PL., Brunialti G., Frati L., Isocrono D., Martellos S., Munzi S., Nascimbene J., Potenza G., Tretiach M., 2011. The role of lichens in selecting Important Plant Areas in Italy. *Fitosociologia*, 48(2): 145-153.
- Ronen R., Galun M., 1984. Pigment extraction from lichens with dimethylsulfoxide (DMSO) and estimation of chlorophyll degradation. *Environ.Exp.Bot.*, 24: 239–245.
- Rose, F., 1988. Phytogeographical and ecological aspects of Lobarion communities in Europe. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 96: 69-79.
- Rossi JP., Garcia J., Roques A., Rousselet J., 2015. Trees outside forests in agricultural landscapes: spatial distribution and impact on habitat connectivity for forest organisms. *Landscape Ecology*, Springer Verlag. 12 pp.
- Rossi JP., Rousselet J., 2016. The spatial distribution of trees outside forests in a large open-field region and its potential impact on habitat connectivity for forest insects. *Turkish Journal of Forestry*, 17: 62-64.
- Ruisi S., Zucconi L., Fornasier F., Paoli L., Frati L., Loppi S., 2005. Mapping environmental effects of agriculture with epiphytic lichens. *Israel Journal of Plant Sciences*, 53: 115–124.
- Sallustio L., di Cristofaro M., Hashmi M., Vizzarri M., Sitzia T., Lasserre B., Marchetti M., 2018. Evaluating the Contribution of Trees outside Forests and Small Open Areas to the Italian Landscape Diversification during the Last Decades. *Forests* 9: 701.
- Sallustio L., Munafo M., Riitano N., Lasserre B., Fattorini L., Marchetti M., 2016. Integration of land use and land cover inventories for landscape management and planning in Italy. *Environ Monit Assess*, 188: 48.
- Schnell, S. 2015. Integrating Trees Outside Forests into National Forest Inventories; Swedish University of Agricultural Sciences: Uppsala, Sweden, Volume 37.
- Schnell, S.; Kleinn, C.; Ståhl, G., 2015. Monitoring trees outside forests: A review. *Environ. Monit. Assess.*, 187.
- Sekercioglu C.H., 2012. Bird functional diversity and ecosystem services in tropical forests, agroforests and agricultural areas. *Journal of Ornithology*, 153(1): 153–161.
- Smith CW., Aptroot A., Coppins BJ., Fletcher A., Gilbert OL., James PW., Wolseley PA. (Eds), 2009. *The Lichens of Great Britain and Ireland*. The British Lichen Society, Department of Botany, The Natural History Museum, Cromwell Road, London. 1046 pp.

- Sodhi NS, Koh LP, Clements R, Wanger TC, Hill JK, Hamer, KC, Clough Y, Tscharntke T, Posa MRC, Lee TM. 2010. Conserving Southeast Asian forest biodiversity in human modified landscapes. *Biological Conservation*, 143: 2375-2384.
- Tallent-Halsell N.G. (ed.), 1994. *Forest Health Monitoring: Field Methods Guide*. EPA/620/R-94/027 U.S. Environmental Agency.
- Taylor G., Sinnett D., Freer-Smith P., 2011. Estimating the removal of atmospheric particulate pollution by the urban tree canopy of London, under current and future environments. *Landscape and Urban Planning*, 103(2): 129-138.
- Vieira J., Matos P., Mexia T., Silva P., Lopes N., Freitas C., Correia O., Santos-Reis M., Branquinho C., Pinho P., 2018. Green spaces are not all the same for the provision of air purification and climate regulation services: The case of urban parks. *Environmental Research*. 160: 306-313.
- Weissman L., Garty J., Hochman A., 2005. Characterization of Enzymatic Antioxidants in the Lichen *Ramalina lacera* and Their Response to Rehydration. *Appl. Environ. Microbiol.*, 71(11): 6508-6514.
- Zajączkowski J., Zajączkowski K., 2015. Trees Outside Forest in Poland. *Papers on Global Change*, 22: 53–61.



## **RINGRAZIAMENTI**

La realizzazione di questo progetto di ricerca è stata possibile grazie all'aiuto e alla collaborazione di numerose presone.

Un sentito ringraziamento va alla prof.ssa Stefania G. Scippa, al prof. Marco Marchetti e dott.ssa Silvana Munzi per avere accettato i ruoli di Tutor e co-Tutor e avermi offerto questa importante possibilità di approfondire le mie competenze.

Vorrei ringraziare, in particolare, la dott.ssa Sonia Ravera, per il prezioso aiuto lungo tutto il percorso di questo dottorato.

Un sincero ringraziamento va anche ai dipendenti di ARPA Molise, in particolare il dott. Carmine Tarasco, per i dati e le informazioni fornite.

Sono molto grata anche a tutti coloro i quali mi hanno supportata a vario titolo durante questi anni, che provo ad elencare in ordine alfabetico sperando di non dimenticare nessuno: Antonio Caporale, Biagio Salvatore, Catarina Gouveia, Giovanna Lanciani, Giuseppe Di Renzo, Immacolata Catalano, Luca Paoli, Lucio Lucadamo, Marcello Desiderio, Marco di Cristofaro, Marco Ottaviano, Massimiliano Rossi, Rodrigo Maia, Stefano Loppi.

L'ultimo ringraziamento, non per importanza, va alla prof.ssa Deborah Isocrono e alla prof.ssa Nicoletta Cannone per le loro utilissime revisioni e suggerimenti per i futuri approfondimenti.





## APPENDICE

TABELLA 1A. Caratterizzazione bioecologica delle specie. Abbreviazioni: specie minacciate: MIN; specie ad affinità suboceanica: Suboc; specie rare nella fascia montana: Mon.; specie rare nella fascia submediterranea secca: SmedD; poleotolleranza: PT; forma di crescita: FC; substrato di crescita prevalente: SP; fotobionte: AL; strategia riproduttiva prevalente: RIP; pH del substrato: pH; indice di luce: LU; xerofitismo: XE; eutrofizzazione: EU. Le abbreviazioni delle forme di crescita, substrato di crescita prevalente, fotobionte e strategia riproduttiva prevalente seguono Nimis (2016). Per le altre sigle si rimanda a quanto riportato nel testo: specie di alberi e categorie di minaccia (paragrafo 3.1), specie rare (paragrafo 2.4.3).

	Specie	Plot	Alberi	Nuove	MIN	Suboc	Mon	SmedD	PT	FC	SP	AL	RIP	pH	LU	XE	EU
1	<i>Acrocordia gemmata</i> (Ach.) A. Massal. var. <i>gemmata</i>	7	Qr			x	vr	r	1	C	E	Tr	S	2-3	2-3	2	1
2	<i>Agonimia opuntiella</i> (Buschardt & Poelt) Vězda	6	Qc	#	* (NT)		er	vr	1	Sq	-	Ch	S	3-4	3-4	3	1-3
3	<i>Alyxoria varia</i> (Pers.) Ertz & Tehler	2, 4, 10, 16, 20, 27, 42, 43, 44	Fe, Qc, Qp, Pa, Sa, Po, Aa				vr	r	1-2	C	E	Ch	S	2-3	2-3	2-3	1-2
4	<i>Amandinea punctata</i> (Hoffm.) Coppins & Scheid.	15, 16	Jr, Sa				r	rc	1-3	C	-	Ch	S	1-3	4-5	3-4	2-4
5	<i>Anaptychia ciliaris</i> (L.) A. Massal.	4, 5, 9, 12, 13, 15, 19, 22, 33, 39	Fe, Um, Ac, Qp, Jr, Qc, Rp, Po				rc	r	1-2	F	E	Ch	S	2-3	4-5	3	2-3
6	<i>Arthonia atra</i> (Pers.) A. Schneid.	8, 10	Qc, Qp, Ag				rr	c	1-2	C	E	Tr	S	2-3	2-4	2-3	1-2
7	<i>Arthonia punctiformis</i> Ach.	8, 13,	Qc, Ac, Qp				rc	rc	1-2	C	E	Tr	S	2-3	3-4	3-4	1
8	<i>Arthonia radiata</i> (Pers.) Ach.	4, 8, 10, 14, 16	Qc, Fe, Ac, Pa, Ag, Qp				rc	rc	1-3	C	E	Tr	S	2-3	3-4	2-3	1-3
9	<i>Arthopyrenia analepta</i> (Ach.) A. Massal.	5, 6	Qp, Qc	#			vr	vr	1	C	E	-	S	2-3	3-4	3-4	1

10	<i>Arthopyrenia salicis</i> A. Massal.	10, 12, 14, 15, 16	Qp, Jr, Pa, Ag, Sa		* (NT)	x	vr	er	1	C	E	Tr	S	2-3	2-4	2-3	1
11	<i>Athallia cerinella</i> (Nyl.) Arup, Frödén & Söchting	2, 5, 6, 10, 12, 13, 16, 18, 19, 21, 22, 27, 35, 36, 39, 43, 44	Fe, Qc, Qp, Rp, Pa, Ag, Sa, Po, Pt, Um, Aa				r	rc	1-2	C	E	Ch	S	2-3	4-5	3-4	3-4
12	<i>Athallia cerinelloides</i> (Erichsen) Arup, Frödén & Söchting	15	Jr				r	vr	1-2	C	E	Ch	S	3-4	4-5	3-4	4
13	<i>Athallia pyracea</i> (Ach.) Arup, Frödén & Söchting	7, 9, 12, 16, 19, 34, 35	Qr, Qp, Qc, Pa, Sa, Po				rr	vc	1-2	C	E	Ch	S	3-4	4-5	3-4	2-4
14	<i>Bacidia arceutina</i> (Ach.) Rehm & Arnold	3, 4	Pt, Fe			x	er	vr	1	C	E	Ch	S	2-3	3-4	2-3	1-2
15	<i>Bacidia fraxinea</i> Lönnr.	2, 3, 4, 5, 9, 12, 16, 19, 20, 39, 42	Fe, Ac, Um, Qp, Qc, Sa, Po			x	vr	er	0	C	E	Ch	S	2-3	3-4	2	1-2
16	<i>Bacidia rosella</i> (Pers.) De Not.	39	Po		* (NT)	x	er	er	0	C	E	Ch	S	2-3	3	1-2	1-3
17	<i>Bacidia rubella</i> (Hoffm.) A. Massal.	2, 3, 7, 19	Fe, Ac, Qr, Qp				er	vr	1-2	C	E	Ch	S	2-3	4	2-3	1-3
18	<i>Buellia disciformis</i> (Fr.) Mudd	2, 19	Fe, Ac		* (NT)		rr	er	1	C	E	Ch	S	1-2	3-4	2	1-2
19	<i>Caloplaca cerina</i> (Hedw.) Th. Fr. s.lat.	2, 5, 7, 9, 12, 15, 16, 19, 21, 22, 25, 27, 33, 35, 36, 43	Fe, Ac, Qc, Qr, Qp, Jr, Pa, Sa, Po, Pt				rr	rc	1-3	C	E	Ch	S	3-4	3-5	3-4	3-4
20	<i>Caloplaca haematites</i> (Chaub.) Zwackh	2, 6, 9, 12, 16, 21, 22, 25, 27, 33, 36	Fe, Qc, Qp, Ac, Pa, Sa, Pt, Um, Jr				ab	vr	1-2	C	E	Ch	S	3-4	4-5	4-5	2-3
21	<i>Caloplaca obscurella</i> (J. Lahm) Th. Fr.	9	Qp, Qc, Ac				ab	r	1-2	C	E	Ch	As	3	4	3	3-4
22	<i>Candelaria concolor</i> (Dicks.) Stein	5, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 15, 16, 19, 25, 27, 33, 35, 39, 44	Qp, Qc, Qr, Um, Jr, Rp, Pa, Ag, Sa, Pr				vr	vc	1-3	-	E	Ch	As	3-4	4-5	3-4	3-5
23	<i>Candelariella reflexa</i> (Nyl.) Lettau	6, 7, 12, 19, 44	Pr, Qr, Qp				r	vc	1-3	C	E	Ch	As	3-4	4-5	3	4-5
24	<i>Candelariella subdeflexa</i> (Nyl.) Lettau	9, 18	Qp, Ac		* (NT)		ab	vr	1-2	C	E	Ch	S	3	4	3	2-3

25	<i>Candelariella xanthostigma</i> (Ach.) Lettau	2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 12, 13, 16, 17, 19, 21, 22, 25, 33, 34, 35, 39, 44	Fe, Qp, Qc, Qr, Pr, Ac, Rp, Pa, Sa, Po, Um, Pd, Aa				rc	vc	1-3	C	-	Ch	S	2-3	3-5	3	2-3
26	<i>Catapyrenium psoromoides</i> (Borrer) R. Sant.	19	Qp		* (NT)		er	vr	1	Sq	E	Ch	S	3	3-4	2-3	1-2
27	<i>Catillaria nigroclavata</i> (Nyl.) J. Steiner	2, 7, 9, 10, 12, 13, 16, 18, 19, 42	Fe, Ac, Qr, Qp, Qc, Rp, Pa, Ag, Sa, Po				rr	rc	1-2	C	E	Ch	S	2-3	4	3	2-3
28	<i>Coenogonium pineti</i> (Ach.) Lücking & Lumbsch	4, 8	Qc				vr	r	1-2	C	-	Tr	S	1-3	2-3	1-3	1-2
29	<i>Collema furfuraceum</i> Du Rietz	7, 12, 19, 42	Qr, Qp,			x	er	er	1	F	E	Cy	Ai	2-3	3-4	2	1-3
30	<i>Collema nigrescens</i> (Huds.) DC.	12	Qp			x	er	vr	1-2	Fb	E	Cy	Ai	2-3	3-4	1-2	1-2
31	<i>Collema subnigrescens</i> Degel.	12	Qp			x	ab	er	1-2	Fb	E	Cy	S	3	3-4	2	2-3
32	<i>Diplotomma alboatrum</i> (Hoffm.) Flot.	15, 16, 19, 20	Jr, Sa, Ac, Po				er	r	1-2	C	E, S	Ch	S	3-4	4-5	4-5	3-4
33	<i>Evernia prunastri</i> (L.) Ach.	4, 6, 9, 13, 33, 39	Qc, Qp, Pr, Ac				vc	rr	1-2	F	E	Ch	As	1-3	3-5	2-3	1-3
34	<i>Flavoparmelia caperata</i> (L.) Hale	4, 5, 8, 9, 12, 13, 21, 25, 27, 44	Qc, Qr, Qp, Pd				vr	c	1-2	F	E	Ch	As	2-3	3-4	3	1-3
35	<i>Flavoparmelia soledians</i> (Nyl.) Hale	6, 13, 22, 25, 27, 33, 34	Qc, Qp, Pr				ab	vr	1-2	F	E	Ch	As	2-3	4-5	2-3	2-3
36	<i>Fuscopannaria mediterranea</i> (Tav.) P.M. Jørg.	13	Qp			x	er	er	1	Sq	E	Cy	As	3	3-4	2	1-2
37	<i>Gyalecta carneola</i> (Ach.) Hellb.	12, 17, 18, 20	Qp, Po		* (NT)	x	vr	er	0	C	E	T	S	2	2-3	1-2	1
38	<i>Gyalecta truncigena</i> (Ach.) Hepp	4, 7	Fe, Qr			x	er	er	0	C	E	T	S	2-3	3	1-2	1-2
39	<i>Gyalolechia flavorubescens</i> (Huds.) Søchting, Frödén & Arup var. <i>flavorubescens</i>	9, 12, 16, 19, 20, 39	Qp, Ac, Sa, Po				rr	rc	1-2	C	E	Ch	S	2-3	4-5	3	2-3

40	<i>Hyperphyscia adglutinata</i> (Flörke) H. Mayrhofer & Poelt	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 25, 27, 35, 36, 39, 42, 43, 44	Fe, Ac, Pt, Qp, Qc, Qr, Um, Pr, Jr, Rp, Pa, Ag, Sa, Po, Pd, Aa				vr	vc	1-3	Fn	E, S	Ch	As	3-5	4-5	3-4	3-5
41	<i>Hypogymnia physodes</i> (L.) Nyl.	33	Qc, Qp				ec	rc	1-3	Fn	E	Ch	As	1-3	3-4	2-3	1-2
42	<i>Lecania cyrtella</i> (Ach.) Th. Fr.	4, 19	Fe, Po				rr	vc	1-3	C	E	Ch	S	3	4-5	3-4	2-3
43	<i>Lecania cyrtellina</i> (Nyl.) Sandst.	9, 10, 15, 16	Jr, Qc, Ac, Pa, Ag				r	rr	1-3	C	E	Ch	S	3	4-5	3-4	2-3
44	<i>Lecania naegelii</i> (Hepp) Diederich & van den Boom	2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 25, 27, 35, 36, 42	Fe, Qc, Qp, Ac, Pt, Um, Jr, Rp, Pa, Ag, Sa, Po			x	vr	r	1-2	C	E	Ch	S	2-3	4	3	1-3
45	<i>Lecanora albella</i> (Pers.) Ach.	19	Po	#			rr	vr	1	C	E	Ch	S	1-2	3	2	1
46	<i>Lecanora allophana</i> (Ach.) Nyl. f. <i>allophana</i>	5, 6, 12, 13, 15, 16, 20, 21, 22, 25, 27, 33, 34, 39, 42	Qc, Ac, Pr, Qp, Jr, Sa, Po, Pt, Pd				rr	r	1-2	C	E	Ch	S	3	4-5	3-4	3
47	<i>Lecanora argentata</i> (Ach.) Malme	15	Jr				ec	vr	1-2	C	E	Ch	S	2-3	3-4	3	1-2
48	<i>Lecanora carpinea</i> (L.) Vain.	2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 13, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 25, 27, 33, 34, 36, 39	Fe, Qc, Qp, Ac, Jr, Rp, Sa, Po, Um, Pd, Pr				ec	ec	1-3	C	E	Ch	S	2-3	3-5	3-4	1-3
49	<i>Lecanora chlarotera</i> Nyl. subsp. <i>chlarotera</i>	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 22, 25, 27, 33, 34, 35, 36, 39, 42, 43, 44	Fe, Qc, Qp, Qr, Ac, Pt, Pr, Jr, Rp, Sa, Po, Um, Pd, Aa				c	ec	1-3	C	E	Ch	S	2-3	3-5	3-4	2-5
50	<i>Lecanora expallens</i> Ach.	9, 13	Qc, Qp				vr	c	1-2	C	E	Ch	As	1-2	3-4	2-3	1-2

51	<i>Lecidella elaeochroma</i> (Ach.) M. Choisy var. <i>elaeochroma</i> f. <i>elaeochroma</i>	2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 25, 27, 33, 34, 35, 36, 39, 42, 43, 44	Fe, Qc, Qp, Ac, Pt, Um, Pr, Jr, Rp, Ag, Pa, Sa, Po, Pd, Aa				rc	ec	1-3	C	E	Ch	S	2-4	3-5	2-5	2-4
52	<i>Lepra albescens</i> (Huds.) Hafellner	15, 42	Jr, Qp				c	r	1-2	C	E	Ch	As	2-3	3-4	2-3	1-3
53	<i>Lepra amara</i> (Ach.) Hafellner	7, 9, 13, 17, 18, 22, 33	Qr, Qp, Qc, Ac				vc	c	1-3	C	E	Ch	As	1-3	2-4	2-3	1-3
54	<i>Lepraria</i> sp.	2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 16, 21, 22, 25, 27, 33, 34	Qp, Qc, Qr, Ac, Pa, Pd, Pr							C							
55	<i>Megaspora verrucosa</i> var. <i>mutabilis</i> (Ach.) Nimis & Cl. Roux	12	Qp				vr	ab	1	C	E	Ch	S	3	4	3-4	2-3
56	<i>Melanelixia glabra</i> (Schaer.) O. Blanco, A. Crespo, Divakar, Essl., D. Hawksw. & Lumbsch	2, 5, 6, 7, 9, 12, 13, 19, 21, 22, 25, 27, 33, 34, 35, 36, 39, 42	Fe, Ac, Qc, Qp, Qr, Pr, Rp, Po, Pd				rr	vc	1-2	Fb	E	Ch	S	2-3	4-5	3-4	2-3
57	<i>Melanelixia glabrata</i> (Lamy) Sandler & Arup	6, 13	Pr, Qc				ec	vc	1-3	Fb	E	Ch	Ai	2-3	3-4	2-3	2-3
58	<i>Melanelixia subaurifera</i> (Nyl.) O. Blanco, A. Crespo, Divakar, Essl., D. Hawksw. & Lumbsch	2, 4, 5, 9, 13, 22, 33, 34	Qc, Qp				rc	vc	1-2	Fb	E	Ch	As	2-3	3-4	2-3	1-3
59	<i>Melanohalea elegantula</i> (Zahlbr.) O. Blanco, A. Crespo, Divakar, Essl., D. Hawksw. & Lumbsch	4, 9	Qc, Qp				rc	vr	1	Fb	E, S	Ch	Ai	2-3	3-4	3	2-3
60	<i>Melanohalea exasperata</i> (De Not.) O. Blanco, A. Crespo, Divakar, Essl., D. Hawksw. & Lumbsch	6, 13	Qc				rr	rc	1-2	Fb	E, S	Ch	S	2-3	4-5	3-4	2-3
61	<i>Micarea prasina</i> Fr.	9	Ac				rc	rc	1	C		Ch	S	1-2	2-3	2	1
62	<i>Mycomicrothelia confusa</i> D. Hawksw.	10	Ag	#		x	vr	ab	1	-	E		S	2-3	2-3	1-2	1-2

63	<i>Myriolecis hagenii</i> (Ach.) Sliwa, Zhao Xin & Lumbsch	6, 7, 8, 9, 10, 13, 15, 16, 19, 20, 21, 25, 39	Ac, Qc, Qr Jr, Rp, Pa, Sa, Po, Pt				rr	ec	1-3	C	E, S	Ch	S	3-5	4-5	3-5	2-4
64	<i>Naetrocymbe punctiformis</i> (Pers.) R.C. Harris	13, 17, 20	Qc, Qp, Rp, Sa				rc	c	1-2	C	E	-	S	2-3	3-5	3	1-2
65	<i>Normandina pulchella</i> (Borrer) Nyl.	5, 12	Qc, Qp			x	r	rr	1-2	Sq	E	Ch	As	2-3	3-4	2-3	1-3
66	<i>Ochrolechia arborea</i> (Kreyer) Almb.	12, 13	Qp, Qc				vr	rr	1-2	C	E	Ch	As	2	3-4	3	1-3
67	<i>Parmelia sulcata</i> Taylor	2, 3, 4, 5, 6, 9, 12, 13, 25, 27, 33, 34	Qc, Qp, Pr, Ac, Pd				ec	vc	1-3	Fb	E	Ch	As	1-3	3-5	2-3	1-3
68	<i>Parmelina quercina</i> (Willd.) Hale	5, 6, 9, 12, 13, 34	Qc, Qp				r	rc	1-2	Fb	E	Ch	S	2-3	4-5	3-4	2-3
69	<i>Parmelina tiliacea</i> (Hoffm.) Hale	2, 4, 5, 6, 7, 9, 12, 13, 17, 19, 22, 25, 33, 34, 36, 42	Qc, Qr, Qp, Pr, Ac, Po, Um, Pd				rc	c	1-3	Fb	E, S	Ch	Ai	2	3-4	3	2-3
70	<i>Parmotrema perlatum</i> (Huds.) M. Choisy	6, 12, 13, 22, 27, 33, 34	Pr, Qp, Qc			x	vr	rr	1-2	Fb	E	Ch	As	1-2	3-4	2-3	1-2
71	<i>Pertusaria flavida</i> (DC.) J.R. Laundon	33	Qc				r	vr	1	C	E	Ch	As	2-3	3-4	2	1-2
72	<i>Pertusaria leioplaca</i> (Ach.) DC.	2, 3, 4, 8, 13, 14	Qc, Qp, Pt, Fe				vc	rr	1	C	E	Ch	S	1-2	3-4	2-3	1-2
73	<i>Pertusaria pertusa</i> (L.) Tuck. var. <i>pertusa</i>	22, 33	Um, Qc				vr	er	1-2	C	E	Ch	S	2	3	2-3	1-2
74	<i>Phaeophyscia ciliata</i> (Hoffm.) Moberg	2, 5, 9, 12, 15, 19, 25, 39, 42	Fe, Qp, Ac, Jr, Po				rr	vr	1-2	Fn	E	Ch	S	2-3	4-5	3	3
75	<i>Phaeophyscia hirsuta</i> (Mereschk.) Essl.	2, 3, 4, 5, 6, 9, 12, 13, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 25, 33, 34, 35, 36, 39, 42, 43, 44	Fe, Qc, Qp, Pt, Ac, Um, Pr, Rp, Pa, Sa, Po, Pd				er	vr	1-2	Fn	E	Ch	As	3-4	4-5	3-4	3-4
76	<i>Phaeophyscia orbicularis</i> (Neck.) Moberg	2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 12, 13, 15, 16, 17, 19, 20, 25, 35, 42, 43, 44	Fe, Ac, Qp, Qc, Qr, Um, Pr, Jr, Rp, Sa, Po				r	ec	1-3	Fn	E, S	Ch	As	2-5	3-5	3-4	4-5

77	<i>Phlyctis agelaea</i> (Ach.) Flot.	4	Qc,				er	r	1-2	C	E	Ch	S	2-3	3	2-3	1-2
78	<i>Phlyctis argena</i> (Spreng.) Flot.	2, 4, 9, 12, 13	Fe, Qc, Qp				vc	c	1-2	C	E	Ch	As	1-2	2-3	2-3	1-2
79	<i>Physcia adscendens</i> H. Olivier	2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 25, 27, 33, 34, 35, 36, 39, 42, 43, 44	Fe, Ac, Pt, Qc, Qp, Qr, Fe, Um, Pr, Jr, Rp, Pa, Ag, Sa, Po, Pd, Aa				rc	ec	1-3	Fn	E, S	Ch	As	2-5	4-5	3-4	3-5
80	<i>Physcia aipolia</i> (Humb.) Fürnr.	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 22, 25, 33, 34, 35, 36, 39, 42, 43	Fe, Qc, Qp, Qr, Ac, Um, Pr, Jr, Rp, Po, Pd,				rr	c	1-3	Fn	E	Ch	S	2-3	4-5	3	3-4
81	<i>Physcia biziana</i> (A. Massal.) Zahlbr. var. <i>biziana</i>	2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 22, 25, 34, 35, 36, 39, 42, 43, 44	Fe, Qc, Qp, Qr, Pt, Ac, Um, Pr, Jr, Rp, Po, Sa, Pd, Aa				ab	rc	1-3	Fn	E	Ch	S	2-3	4-5	3-4	3-4
82	<i>Physcia leptalea</i> (Ach.) DC.	2, 4, 5, 6, 8, 9, 12, 13, 15, 16, 18, 19, 22, 25, 33, 34, 42	Ac, Fe, Qc, Qp, Pr, Jr, Rp, Sa				vr	r	1-2	Fn	E	Ch	S	2-4	4-5	3-4	2-3
83	<i>Physcia tenella</i> (Scop.) DC.	5, 9, 12, 16, 19	Qp, Qc, Sa				r	rr	1-2	Fn	E, S	Ch	As	2-4	4-5	3-4	3-4
84	<i>Physciella chloantha</i> (Ach.) Essl.	5, 42	Um, Qp				er	rr	1-2	Fn	E, S	Ch	As	3-5	3-4	3	3-4
85	<i>Physconia distorta</i> (With.) J.R. Laundon	2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 25, 27, 33, 34, 35, 36, 39, 42, 43, 44	Fe, Qc, Qp, Qr, Ac, Rp, Sa, Po, Pd, Um, Aa				rr	c	1-3	Fn	E	Ch	S	3-4	4-5	3-4	3-4
86	<i>Physconia enteroxantha</i> (Nyl.) Poelt	6, 13	Pr, Qp, Qc			x	vr	r	1-2	Fn	E, S	Ch	As	2-3	4-5	3	3-4
87	<i>Physconia grisea</i> (Lam.) Poelt subsp. <i>grisea</i>	2, 3, 5, 6, 7, 9	Fe, Qc, Qp, Qr, Ac, Pr,				vr	vc	1-3	Fn	E, S	Ch	As	3-4	3-5	3	4-5

88	<i>Physconia perisidiosa</i> (Erichsen) Moberg	2, 4, 9, 12, 13, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 25, 34, 35, 36, 39, 42	Qc, Qp, Fe, Ac, Rp, Sa, Po, Pd, Pr			x	r	rr	1-2	Fn	E	Ch	As	2-3	3-4	2-3	2-3
89	<i>Physconia servitii</i> (Nádv.) Poelt	2, 6, 7, 9, 12, 13, 17, 18, 19, 42	Fe, Pr, Qr, Qp, Qc, Ac, Rp			x	er	er	1	Fn	E	Ch	S	2-3	3-4	2-3	2-3
90	<i>Physconia venusta</i> (Ach.) Poelt	12, 13	Qp, Qc				vc	er	1	Fn	E	Ch	S	2-3	3-4	2	1-2
91	<i>Piccolia ochrophora</i> (Nyl.) Hafellner	9, 12, 16, 18, 22, 25, 36, 42	Qp, Sa, Pd		* (LC)	x	ab	er	1-2	C	E	Ch	S	2-3	2-4	2-3	2-3
92	<i>Pleurosticta acetabulum</i> (Neck.) Elix & Lumbsch	2, 4, 5, 6, 7, 9, 12, 13, 17, 18, 19, 21, 22, 25, 33, 34, 35, 36, 39	Fe, Qc, Qp, Qr, Ac, Pr, Rp, Po, Pd, Jr, Um				vc	rc	1-2	Fb	E	Ch	S	2-3	4-5	3-4	2-3
93	<i>Porina aenea</i> (Wallr.) Zahlbr.	14	Qp				r	vr	1	C	E	Tr	S	2-3	1-2	1-3	1
94	<i>Pseudoschismatomma rufescens</i> (Pers.) Ertz & Tehler	4	Fe				rr	r	1	C	E	Tr	S	2-3	2-3	1-2	1
95	<i>Punctelia borreri</i> (Sm.) Krog	2, 5, 7, 12, 18, 19, 27, 42	Qc, Qr, Qp			x	er	r	1-2	Fb	E	Ch	As	3	3-4	3	2-3
96	<i>Punctelia jeckeri</i> (Roum.) Kalb	12	Qp				vr	rr	1-3	Fb	E	Ch	As	2-4	3-4	3	1-3
97	<i>Ramalina farinacea</i> (L.) Ach.	4, 13, 33	Qc, Qp				vc	r	1-2	F	E	Ch	As	2-3	3-5	1-2	1-2
98	<i>Ramalina fastigiata</i> (Pers.) Ach.	2, 4, 5, 6, 9, 13, 19, 21, 22, 25, 33, 34, 36, 39	Fe, Qc, Qp, Ac, Pr, Rp, Po, Um				c	rc	1-2	F	E	Ch	S	2-3	3-5	2-3	1-3
99	<i>Ramalina fraxinea</i> (L.) Ach.	2, 4, 6, 9, 12, 13	Fe, Qc, Pr, Qp				rc	vr	1	F	E	Ch	S	2-3	4-5	2-3	2-3
100	<i>Rinodina exigua</i> (Ach.) Gray	5	Ac				rr	rc	1-2	C	E	Ch	S	1-2	3-5	3-4	3
101	<i>Rinodina pyrina</i> (Ach.) Arnold	6	Qc				rr	rc	1-2	C	E	Ch	S	2-3	4-5	3	2-3
102	<i>Rinodina sophodes</i> (Ach.) A. Massal.	13	Qc				ec	rr	1-2	C	E	Ch	S	2-3	4-5	3-4	1-2



103	<i>Strigula affinis</i> (A. Massal.) R.C. Harris	19	Qp, Ac				r	vr	1-2	C	E	T	S	2-3	3-4	3	2-3
104	<i>Scytinium subtile</i> (Schrad.) Otálora, P.M. Jørg. & Wedin	14	Qp	#			r	rr	1-2	Sq	E, S	Cy	S	3	4	2-3	1-3
105	<i>Scytinium teretiusculum</i> (Wallr.) Otálora, P.M. Jørg. & Wedin	19, 42	Qp				vr	r	1-2	Sq	-	Cy	Ai	2-3	3-4	2-3	1-3
106	<i>Staurolemma omphalarioides</i> (Anzi) P.M. Jørg. & Henssen	7, 12, 36	Qr, Qp,			x	ab	er	1	Fn	E	Cy	Ai	1-2	4	2	1-2
107	<i>Thelenella modesta</i> (Nyl.) Nyl.	5, 10	Qc, Qp, Ac, Pa		* (NT)	x	ab	er	1	C	E	Ch	S	2-3	3	2	1-2
108	<i>Xanthoria parietina</i> (L.) Th. Fr.	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 25, 27, 33, 34, 35, 36, 39, 42, 43, 44	Qc, Qp, Qr, Fe, Ac, Pt, Um, Pr, Jr, Rp, Pa, Ag, Sa, Po, Pd, Aa				rc	ec	1-3	Fb	E, S	Ch	S	2-4	3-5	3-4	3-4

TABELLA 2A. Specie e frequenze (%) per plot. F: filare, B: Boschetto. L'elenco delle specie segue quello riportato nel testo (Paragrafo 3.1).

Tipo Specie	F	F	F	F	F	F	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Ag	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0
Av	14	0	17	0	0	0	0	63	0	0	0	0	0	0	0
Amp	0	0	0	0	67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ac	0	0	0	25	33	0	0	13	22	0	0	18	20	0	50
Aa	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0	67	0	0	0	0
Arp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67	0	10	0	0
Ar	0	0	67	0	0	0	0	88	0	0	33	0	0	50	0
Ara	0	75	0	0	0	0	0	0	22	0	0	0	0	0	0
Ars	0	0	100	75	100	0	0	0	0	0	0	0	0	75	0
Aten	14	50	50	50	0	33	0	0	0	0	0	0	10	0	13
Atcs	0	0	0	0	100	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0
Apy	0	0	0	25	0	0	0	0	0	20	0	9	0	0	25
Ba	0	0	0	0	0	0	11	25	0	0	0	0	0	0	0
Bf	29	0	0	25	0	0	33	38	22	0	0	18	0	0	13
Baru	14	0	0	0	0	0	11	0	0	40	0	0	0	0	25
Bd	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
Cc	43	0	0	50	67	0	0	0	44	40	0	18	0	0	38
Ch	14	50	0	25	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0	13
Co	0	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	13
Ccn	0	50	33	25	67	0	0	0	56	20	0	18	10	0	50
Cr	0	25	0	75	0	0	0	0	56	100	0	0	0	0	38
Cs	0	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	9	0	0	0
Cx	29	75	0	100	0	0	22	13	0	40	0	82	60	0	63
Cp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
Cn	29	0	50	75	0	67	0	0	0	60	0	18	30	0	38
Cop	0	0	0	0	0	0	0	63	0	0	33	0	0	0	0

<b>Cof</b>	0	0	0	25	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	13
<b>Cos</b>	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Da</b>	0	0	0	0	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50
<b>Ep</b>	0	25	0	0	0	0	0	63	0	0	0	27	50	0	0
<b>Fc</b>	0	0	0	50	0	0	0	38	22	0	33	18	30	0	0
<b>Fs</b>	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0
<b>Fm</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0
<b>Gc</b>	0	0	0	75	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Gt</b>	0	0	0	0	0	0	0	13	0	20	0	0	0	0	0
<b>Gf</b>	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0	25
<b>Ha</b>	29	100	100	50	100	100	100	25	89	100	33	0	50	100	75
<b>LeCy</b>	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	38
<b>LeCn</b>	0	0	83	0	100	0	0	0	0	0	0	27	0	0	0
<b>Len</b>	71	25	83	75	33	33	56	50	78	0	67	45	60	25	50
<b>Lea</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
<b>Leal</b>	0	100	0	50	100	0	0	0	22	0	0	0	10	0	0
<b>Lear</b>	0	0	0	0	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Leca</b>	71	75	0	0	33	50	22	63	78	0	67	82	70	0	38
<b>Lech</b>	71	100	0	25	67	100	56	100	67	20	100	100	90	75	63
<b>Leex</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	60	0	0
<b>Leel</b>	71	100	17	75	67	83	78	100	100	0	100	91	100	75	88
<b>La</b>	0	0	0	0	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Lam</b>	0	0	0	0	0	17	0	0	0	20	0	18	40	0	0
<b>Lep</b>	14	25	0	50	0	0	0	38	22	40	67	64	20	0	0
<b>Mv</b>	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Mg</b>	71	75	0	100	0	0	0	0	33	80	0	82	70	0	75
<b>Mglb</b>	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0
<b>Ms</b>	14	0	0	0	0	0	0	63	33	0	0	9	40	0	0
<b>Mel</b>	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	18	0	0	0



<b>Pioc</b>	0	0	0	75	0	17	0	0	0	0	0	9	0	0	0
<b>Pla</b>	100	100	0	75	0	33	0	88	89	60	0	100	80	0	88
<b>Psr</b>	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0
<b>Pub</b>	14	0	0	25	0	17	0	0	22	100	0	0	0	0	13
<b>Puj</b>	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Rfa</b>	0	0	0	0	0	0	0	25	0	0	0	0	30	0	0
<b>Rfs</b>	86	100	0	0	0	0	0	100	44	0	0	91	80	0	38
<b>Rfx</b>	43	100	0	50	0	0	0	50	0	0	0	9	40	0	0
<b>Re</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0
<b>Rp</b>	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Rs</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0
<b>Sa</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
<b>Scs</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0
<b>Sct</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
<b>Som</b>	0	0	0	75	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0
<b>Thm</b>	0	0	33	0	0	0	0	0	44	0	0	0	0	0	0
<b>Xp</b>	100	100	83	100	100	100	89	100	100	100	33	91	90	75	100

TABELLA 3A. Analisi statistica parametri fisiologici. E: lato esposto, C: lato coperto.

Plot	Codice	Degradazione clorofilla	Fluorescenza	Pigmenti totali	Proteine	Chitina	Ammonio
<b>Controllo</b>	0	1,13	0,75	1,59	0,83	11,40	0,33
<b>7E</b>	1	1,22	0,75	2,52	1,20	20,6	1,03
<b>7C</b>	2	1,25	0,74	2,31	1,21	23,6	1,02
<b>10E</b>	1	1,11	0,73	1,92	0,98	20,4	0,6
<b>10C</b>	2	1,11	0,75	2,00	1,24	21,3	0,61
<b>17E</b>	1	1,13	0,71	2,27	0,63	22,4	0,73
<b>17C</b>	2	1,10	0,73	1,81	0,87	16,7	0,72
<b>21E</b>	1	0,99	0,71	1,81	1,17	49,2	0,29
<b>21C</b>	2	1,08	0,72	2,00	0,82	55,5	0,31
<b>3E</b>	1	1,24	0,75	1,85	1,19	10,4	0,94
<b>3C</b>	2	1,20	0,76	2,18	1,21	10,3	1,4
<b>4E</b>	1	1,18	0,75	1,92	1,10	10,2	0,59
<b>4C</b>	2	1,22	0,75	2,02	0,92	23,8	0,72
<b>5E</b>	1	1,20	0,77	1,91	0,48	83,2	0,74
<b>5C</b>	2	1,15	0,77	1,62	0,96	61,8	0,6
<b>19E</b>	1	1,07	0,65	2,74	0,56	55	0,41
<b>19C</b>	2	1,03	0,69	1,44	1,05	60,7	1,73
<b>25E</b>	1	1,04	0,70	2,26	1,38	33,7	0,62
<b>25C</b>	2	1,03	0,75	2,00	0,72	20,8	1,15
<b>8E</b>	1	1,11	0,71	1,39	1,60	85,5	0,41
<b>8C</b>	2	1,10	0,77	1,37	1,15	64,1	0,49
<b>9E</b>	1	1,16	0,75	1,63	0,46	70,1	0,55
<b>9C</b>	2	1,06	0,73	1,26	0,80	69,8	1,06
<b>39E</b>	1	1,03	0,74	1,73	1,43	75,9	0,41
<b>39C</b>	2	1,08	0,73	1,97	1,43	69,7	0,39
<b>40E</b>	1	1,05	0,68	2,11	0,84	60,1	0,52
<b>40C</b>	2	1,09	0,75	2,06	1,12	42,9	0,6
<b>Media totale</b>		1,12	0,73	1,93	1,02	43,76	0,72
<b>Media valori E</b>		1,12	0,72	2,00	1,00	45,90	0,60
<b>Media valori C</b>		1,11	0,74	1,85	1,04	41,62	0,83

TABELLA 4A. Analisi statistica metalli. Gli identificativi dei plot (ID) riportano nell'ordine: numero del plot, esposizione (E: lato esposto, C: lato coperto) e lettera attribuita alla replica del campione (A, B, C). Per le altre sigle si rimanda a quanto riportato nel testo (paragrafo 3.3).

Codice	ID	Al	V	Cr	Mn	Fe	Cu	Zn	As	Cd	Sb	Hg	Pb
1	7EA	0,85	0,71	0,98	1,18	0,77	0,74	0,90	0,92	1,26	0,65	0,83	0,92
1	7EB	0,87	0,83	1,83	1,02	0,95	1,01	0,94	1,01	1,29	0,91	0,60	0,97
1	7EC	0,79	0,73	0,95	1,23	0,69	0,82	0,86	0,70	0,98	0,82	0,61	1,01
1	7CA	0,76	0,86	1,26	0,83	0,86	1,17	0,88	0,99	0,95	0,91	0,94	0,87
1	7CB	0,79	0,87	1,38	0,99	0,86	0,81	0,87	0,91	1,37	0,81	0,69	0,87
1	7CC	1,06	1,09	1,10	0,78	1,15	1,27	0,92	5,90	1,14	1,02	0,78	1,10
	media	0,85	0,85	1,25	1,00	0,88	0,97	0,90	1,74	1,16	0,85	0,74	0,96
	IC low	0,78	0,75	1,03	0,86	0,76	0,79	0,87	0,83	1,03	0,74	0,65	0,90
	Ic upp	0,95	0,98	1,53	1,15	1,01	1,14	0,92	3,53	1,29	0,95	0,85	1,03
	valinterv.	0,17	0,23	0,51	0,29	0,25	0,35	0,05	2,70	0,25	0,21	0,20	0,13
	valinterv./2	0,09	0,12	0,25	0,14	0,13	0,17	0,03	1,35	0,13	0,10	0,10	0,07
	incertezza	0,10	0,14	0,20	0,14	0,14	0,18	0,03	0,78	0,11	0,12	0,14	0,07
2	10EA	0,67	1,14	1,21	0,90	1,08	1,00	1,04	21,70	1,61	1,13	0,78	1,24
2	10EB	0,78	0,79	1,01	0,71	0,87	1,09	1,09	4,35	1,31	1,13	0,90	1,19
2	10EC	0,98	0,69	0,74	1,12	0,74	0,81	0,85	17,18	1,27	0,83	0,47	0,89
2	10CA	0,89	0,98	1,09	1,05	1,03	1,00	1,09	6,48	1,06	0,92	0,47	1,11
2	10CB	1,18	0,94	1,21	1,04	1,00	0,78	0,77	31,51	1,91	0,89	0,62	0,82
2	10CC	0,95	1,14	0,93	1,21	1,10	1,04	1,02	6,53	1,19	1,06	0,81	1,12
	media	0,91	0,95	1,03	1,00	0,97	0,95	0,98	14,62	1,39	1,00	0,68	1,06
	IC low	0,77	0,81	0,88	0,86	0,86	0,85	0,87	6,50	1,17	0,89	0,54	0,93
	Ic upp	1,05	1,09	1,17	1,12	1,07	1,05	1,07	23,70	1,67	1,10	0,82	1,18
	valinterv.	0,28	0,28	0,29	0,27	0,21	0,19	0,20	17,20	0,50	0,20	0,28	0,26
	valinterv./2	0,14	0,14	0,14	0,13	0,11	0,10	0,10	8,60	0,25	0,10	0,14	0,13
	incertezza	0,15	0,15	0,14	0,13	0,11	0,10	0,10	0,59	0,18	0,10	0,21	0,12
3	17EA	1,02	0,65	0,83	1,34	0,67	1,23	0,85	39,50	1,00	0,79	0,56	0,99
3	17EB	0,92	0,88	1,27	1,37	0,94	1,01	0,86	5,66	0,92	0,92	0,64	0,87
3	17EC	0,94	0,79	0,89	1,27	0,88	1,08	0,86	4,39	1,30	1,75	1,05	1,15
3	17CA	0,90	0,81	1,00	0,87	0,89	1,11	0,95	2,97	1,31	1,47	0,64	1,14
3	17CB	0,90	0,67	0,76	0,94	0,75	1,08	0,89	2,93	1,20	1,34	0,77	0,95
3	17CC	0,92	0,78	1,03	0,91	0,86	1,03	0,95	3,28	1,44	1,50	0,69	0,98
	media	0,93	0,76	0,96	1,12	0,83	1,09	0,89	9,79	1,19	1,30	0,73	1,02
	IC low	0,91	0,70	0,83	0,92	0,75	1,03	0,86	3,14	1,03	1,00	0,61	0,93
	Ic upp	0,97	0,83	1,12	1,32	0,91	1,15	0,93	21,89	1,35	1,56	0,89	1,10
	valinterv.	0,06	0,14	0,29	0,40	0,16	0,12	0,08	18,75	0,32	0,57	0,27	0,17
	valinterv./2	0,03	0,07	0,15	0,20	0,08	0,06	0,04	9,38	0,16	0,28	0,14	0,09
	incertezza	0,03	0,09	0,15	0,18	0,10	0,06	0,04	0,96	0,13	0,22	0,19	0,09
4	21CA	0,96	0,87	1,53	1,01	0,94	0,96	0,87	5,00	1,73	1,95	5,03	1,10
4	21CB	1,30	0,85	0,94	0,98	0,93	0,85	0,79	5,43	1,11	1,95	0,64	1,00
4	21CC	1,07	0,88	1,03	0,79	0,90	0,86	0,80	4,12	1,31	1,66	0,56	1,08
4	21EA	1,11	0,74	0,83	0,73	0,82	0,81	0,73	3,66	1,14	1,49	0,29	1,02
4	21EB	1,21	1,04	1,28	0,92	1,18	0,76	0,78	8,50	1,19	1,37	0,40	0,95
4	21EC	1,10	0,67	1,06	0,93	0,80	0,92	0,77	8,55	0,91	1,33	0,47	1,01
	media	1,13	0,84	1,11	0,89	0,93	0,86	0,79	5,87	1,23	1,63	1,23	1,03
	IC low	1,03	0,74	0,94	0,81	0,84	0,80	0,76	4,40	1,03	1,41	0,38	0,98

	Ic upp	1,23	0,95	1,32	0,97	1,05	0,91	0,83	7,61	1,48	1,84	2,82	1,07
	valinterv.	0,19	0,21	0,38	0,16	0,22	0,11	0,07	3,21	0,45	0,43	2,44	0,09
	valinterv./2	0,10	0,10	0,19	0,08	0,11	0,05	0,04	1,61	0,23	0,22	1,22	0,04
	incertezza	0,09	0,12	0,17	0,09	0,12	0,06	0,05	0,27	0,18	0,13	0,99	0,04
<b>5</b>	43CA	0,93	0,85	2,06	0,92	1,12	1,03	1,09	9,87	1,11	1,81	0,82	1,27
<b>5</b>	43CB	1,20	0,69	1,42	0,72	0,78	0,88	0,83	13,81	1,32	1,58	0,55	0,88
<b>5</b>	43CC	0,94	0,74	0,97	0,74	0,83	0,95	0,88	9,25	1,00	1,40	0,72	0,96
	media	1,02	0,76	1,48	0,79	0,91	0,96	0,94	10,98	1,14	1,60	0,70	1,04
	IC low	0,93	0,71	1,12	0,73	0,80	0,91	0,85	9,46	1,04	1,46	0,61	0,91
	Ic upp	1,13	0,81	1,85	0,87	1,03	1,00	1,03	12,82	1,26	1,74	0,79	1,17
	valinterv.	0,20	0,11	0,72	0,14	0,23	0,10	0,18	3,36	0,22	0,27	0,18	0,26
	valinterv./2	0,10	0,05	0,36	0,07	0,12	0,05	0,09	1,68	0,11	0,14	0,09	0,13
	incertezza	0,10	0,07	0,24	0,09	0,13	0,05	0,10	0,15	0,10	0,09	0,13	0,13



*ALLEGATO 5A. Risultati dell'analisi statistica ANOVA. Abbreviazioni: tipologia di fonte di impatto (AC= aree complesse, AL= allevamenti, BO= borghi); esposizione (E: lato esposto, C: lato coperto), numero progressivo attribuito alla somma delle repliche per esposizione (1, 2, 3).*

**ANOVA a 2 VIE**

**log(x+1)**

**General Linear Model**

**Pigmenti totali versus Trattamenti; Esposizione**

Factor	Type	Levels	Values
Trattamenti	fixed	3	AC; AL; BO
Esposizione	fixed	6	C1; E1; C2; E2; C3; E3

Analysis of Variance for **Pigmenti totali**, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Trattamenti	2	0,047639	0,047639	0,023820	6,50	0,003
Esposizione	3	0,013619	0,013619	0,004540	1,24	0,302
Error	72	0,263929	0,263929	0,003666		
Total	77	0,325187				

S = 0,0605449 R-Sq = 18,84% R-Sq(adj) = 13,20%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Trattamenti	N	Mean	Grouping
AC	24	0,4856	A
AL	30	0,4714	A
BO	24	0,4257	B

Means that do not share a letter are significantly different.

### Ammonio versus Trattamenti; Esposizione

Factor	Type	Levels	Values
Trattamenti	fixed	3	AC; AL; BO
Esposizione	fixed	6	C1; E1; C2; E2; C3; E3

Analysis of Variance for **Ammonio**, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Trattamenti	2	0,088102	0,088102	0,044051	9,98	0,000
Esposizione	3	0,084864	0,084864	0,028288	6,41	0,001
Error	72	0,317804	0,317804	0,004414		
Total	77	0,490770				

S = 0,0664375 R-Sq = 35,24% R-Sq(adj) = 30,75%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Trattamenti	N	Mean	Grouping
AL	30	0,2673	A
AC	24	0,2155	B
BO	24	0,1882	B

Means that do not share a letter are significantly different.