

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II



DIPARTIMENTO DI AGRARIA

DOTTORATO DI RICERCA IN:
VALORIZZAZIONE E GESTIONE DELLE RISORSE AGRO-FORESTALI

XXVI CICLO

**ANALISI DELLA FLORA LICHENICA
IN FORMAZIONI FORESTALI IN AREA MEDITERRANEA**

COORDINATORE

Prof. Guido D'Urso

DOTTORANDA

Immacolata Catalano

TUTOR

Dott.ssa Giuseppa Grazia Aprile

Anno 2011/2014

*“..... ogni individuo opera in modo da
massimizzare il suo utile.”*

(R. Lucchetti)

INDICE

RIASSUNTO	5
1.1 INTRODUZIONE	7
1.2 GLI HABITAT PRIORITARI INDAGATI	9
1.2.1 FORMAZIONI A <i>JUNIPERUS SPP.</i>	9
1.2.2 FORMAZIONI A <i>PINUS PINEA E/O PINUS PINASTER</i>	11
1.3 IMPORTANZA DEI LICHENI EPIFITI	13
1.4 STATO DELLE CONOSCENZE	14
1.5 OBIETTIVI DEL LAVORO	15
CAPITOLO 2	16
2.1 AREA DI STUDIO	16
CAPITOLO 3	21
MATERIALI E METODI	21
3.1 CHECK-LIST	21
3.2 STUDIO DELLA POPOLAZIONE DI <i>SEIOPHORA VILLOSA</i>	23
3.3 FORMAZIONI FORESTALI: DISEGNO DI CAMPIONAMENTO E RILIEVO IN CAMPO	26
3.4 ANALISI DEI DATI	29
3.4.1 POPOLAZIONE DI <i>SEIOPHORA VILLOSA</i>	29
3.4.2 FORMAZIONI FORESTALI	29
CAPITOLO 4	31
RISULTATI	31
4.1 CHECK-LIST	31
4.1.2 CARATTERIZZAZIONE BIOLOGICA	31
4.1.3 CARATTERIZZAZIONE ECOLOGICA	33
4.1.4 COROLOGIA	35
4.2 POPOLAZIONE DI <i>SEIOPHORA VILLOSA</i>	38
4.3 FORMAZIONI FORESTALI ARBUSTIVE	41
4.3.1 COMPOSIZIONE COMUNITÀ	41
4.3.2 RICCHEZZA SPECIFICA E DISTANZA DAL MARE	45
4.3.3 INFLUENZA DEL SUBSTRATO SULLE COMUNITÀ EPIFITE	47
4.4 FORMAZIONI FORESTALI BOSCHIVE	49
4.4.1 COMPOSIZIONE COMUNITÀ	49
4.4.2 RICCHEZZA SPECIFICA E DISTANZA DAL MARE	52

CAPITOLO 5	54
DISCUSSIONI	54
5.1 CHECK-LIST	54
5.2 POPOLAZIONE DI <i>SEIROPHORA VILLOSA</i>	54
5.4 FORMAZIONI FORESTALI ARBUSTIVE	55
5.4.1 COMPOSIZIONE COMUNITÀ	56
5.4.2 RICCHEZZA SPECIFICA E DISTANZA DAL MARE	57
5.4.3 INFLUENZA DEL SUBSTRATO SULLE COMUNITÀ EPIFITE	58
5.5 FORMAZIONI FORESTALI BOSCHIVE	59
5.5.1 COMPOSIZIONE COMUNITÀ	60
5.4.2 RICCHEZZA SPECIFICA E DISTANZA DAL MARE	61
CAPITOLO 6	62
CONCLUSIONI	62
BIBLIOGRAFIA	64

RIASSUNTO

Gli ambienti costieri rappresentano sistemi naturali molto complessi e con un equilibrio particolarmente fragile. L'intensa antropizzazione delle coste a fini turistici rappresenta uno dei fattori di rischio più elevati per la stabilità dei litorali; infatti negli ultimi decenni la vegetazione tipica è stata alterata da un susseguirsi di residenze private, strutture balneari e villaggi turistici. La conseguenza è stata una progressiva frammentazione e degradazione degli ambienti costieri, con la necessità di adottare adeguate misure di gestione. Gli habitat costieri sono inseriti nella direttiva 92/43/CEE che traccia le principali linee per le politiche di conservazione della biodiversità nell'Unione Europea e individua a questo scopo le principali specie vegetali e animali e gli habitat da tutelare. Esiste però una sorta di "rumore di fondo" poiché nella direttiva le briofite, i funghi e i licheni sono scarsamente considerati. Ciò è in aperto contrasto rispetto all'importanza di questi *taxa*, poiché spesso la loro presenza è fondamentale nel bilancio complessivo delle comunità. Pochi sono gli autori che hanno analizzato le componenti licheniche di questi ambienti, e in particolare gli studi sui licheni epifiti degli habitat prioritari "Dune costiere con *Juniperus* spp." e "Dune con foreste di *Pinus* pinea e/o *Pinus pinaster*", sono scarsissimi. Al fine di colmare queste lacune, lo scopo di questo progetto di dottorato è stato quello di approfondire le conoscenze lichenologiche di questi habitat, che, anche se in maniera frammentaria, ricadono in tre Siti di Importanza Comunitaria della provincia di Caserta (Campania, NE).

A tal fine, durante le indagini di campo, per ogni località esplorata, sono stati realizzati transetti ortogonali alla linea di battigia nei quali sono state rilevate le comunità licheniche epifite associate ai due tipi di formazioni forestali. Inoltre, in relazione al ritrovamento di una popolazione isolata di *Seiophora villosa*, è stata condotta un'indagine supplementare, rivolta, in particolare, a comprendere come i fattori ambientali e antropici possano averne condizionato la distribuzione in quest'area. I dati riguardanti *Seiophora villosa* sono stati analizzati tramite elaborazioni basate su metodiche di statistica multivariata ed in particolare cluster analysis. Invece, le differenze nella composizione delle comunità tra i tre SIC sono state testate mediante un'analisi MRPP (Multi Response Permutation Procedures). I pattern di composizione specifica sono stati valutati mediante l'NMDS (Non-Metric Multidimensional Scaling). Infine è stata usata anche l'Analisi delle Specie Indicatrici (ISA, *Indicator Species Analysis*), già largamente impiegata nello studio delle comunità ecologiche, per

determinare come ogni specie sia fortemente associata con una delle aree studiate, e serve a descrivere le differenze nella composizione e nella frequenza delle specie nei tre siti. Una regressione lineare semplice è stata usata per descrivere la relazione tra la ricchezza specifica di ogni sito, con la distanza dal mare. È stata anche effettuata un ANOVA per valutare l'influenza della specie arbustiva sulla ricchezza di specie. I confronti risultati significativamente differenti sono stati ulteriormente indagati tramite test di Tukey.

L'analisi dei cluster ha evidenziato 11 specie maggiormente associate a *S. villosa* e ritrovate per lo più sugli stessi substrati di crescita (*Juniperus* e *Phyllirea*) della specie indagata. Tra queste, alcune sono a distribuzione suboceanica e tipiche di habitat indisturbati. Nel caso delle formazioni a *Juniperus* la MRPP e l'NMDS hanno mostrato una sovrapposizione delle comunità dei tre siti abbastanza ampia, mentre nelle formazioni a *Pinus* sp., le comunità sono meglio distribuite. In ogni caso l'ISA ha messo in evidenza un pool di specie caratteristiche per ogni area. L'ANOVA conferma che la diversità di substrato nelle formazioni arbustive dei vari plot indagati potrebbe influenzare, come succede di solito per le specie arboree nei boschi, positivamente la diversità lichenica: più diversità di substrato, maggiore diversità di specie.

In conclusione, lo studio condotto in questo lavoro sulle comunità licheniche epifite di ambienti così particolari, potrebbe essere una base nell'acquisizione di informazioni utilizzabili nei piani di gestione forestale per la conservazione della biodiversità.

CAPITOLO 1

1.1 Introduzione

Oggi, non esistono aree del nostro pianeta che non siano state cambiate direttamente o indirettamente dalle attività umane. L'emergere dei cambiamenti climatici indotti dall'uomo come una minaccia per la biodiversità (Root *et al.*, 2003; Rosenzweig *et al.*, 2008; Ellis & Coppins, 2009), aggiunge ulteriore complessità ecologica ad un quadro esistente già particolarmente delicato, come ad esempio l'inquinamento, la perdita e la degradazione degli habitat (Tilman *et al.*, 1994; Wilson & Provan, 2003; Hooper *et al.*, 2005; Ellis & Coppins, 2009). In questo contesto l'importanza assunta dalla gestione ambientale ha portato alla crescente esigenza di esaminare gli effetti delle attività umane e dei cambiamenti da esse indotti sugli ecosistemi naturali (Dalle Vedove *et al.*, 2004; Aragón *et al.*, 2010).

Secondo la definizione della CBD (Convention on Biological Diversity, 1992) per "diversità biologica" si intende la varietà tra organismi viventi colonizzanti i più svariati ecosistemi, sia terrestri che acquatici. Importante inoltre, non è solo la diversità delle specie in un dato ecosistema, ma anche la diversità intraspecifica, cioè quella presente tra gli individui di una specie, e quella ecosistemica, cioè relativa agli ambienti in cui vivono gli organismi e al modo in cui questi interagiscono fra di loro e con l'ambiente circostante. Conoscere questa differenziazione tra i tipi di diversità è essenziale ai fini della conservazione della biodiversità stessa (Zedda, 2013).

Considerato che la biodiversità vegetale mediterranea è fortemente minacciata da cambiamenti ambientali provocati dalle attuali dinamiche socio-economiche e di utilizzo di uso del suolo ad esse associate, e poiché l'Italia è in Europa e nel bacino del Mediterraneo uno dei paesi più ricchi in specie e con un elevato numero di endemismi, è necessario attuare urgentemente misure di conservazione, onde evitare un impoverimento di biodiversità con ripercussioni su scala mondiale (Rossi *et al.*, 2013).

Tra le principali cause, che in maggiore o minore misura, compromettono la sopravvivenza di alcune specie, c'è la frammentazione e la distruzione di alcuni habitat come conseguenza delle attività umane (Fahrig, 2003; Martínez *et al.*, 2011).

Gli ambienti costieri rivestono notevole importanza in una nazione prevalentemente insulare come la nostra Penisola, che vanta ben oltre 7.500 km di coste, 4.500 dei quali costituiti da coste basse (Gruppo Nazionale per la Ricerca sull'Ambiente Costiero, 2006), sabbiose-ghiaiose. Le coste italiane presentano un notevole valore paesaggistico-

ambientale e sono caratterizzate da un'elevata biodiversità determinata dalla posizione geografica della penisola posta al centro del Mare Mediterraneo. La notevole variabilità climatica e geomorfologica che caratterizza l'Italia, la tipologia dei substrati e il corrispondente profilo pedogenetico, oltre agli altri parametri ambientali più spiccatamente locali, (es. ventosità) hanno contribuito alla diversificazione della vegetazione costiera (Izzi, 2007). Tali ambienti rappresentano sistemi naturali molto complessi e sono caratterizzati da un forte stress ambientale e con un equilibrio particolarmente delicato; infatti a causa della presenza di elementi abiotici fortemente limitanti si viene a creare un gradiente ecologico, che si estende dal mare verso l'entroterra, lungo una breve distanza, che determina differenti tipi di vegetazione (Acosta *et al.*, 1998; Del Vecchio *et al.*, 2006; Prisco *et al.*, 2012).

Se però da un lato questi ecosistemi rappresentano, su scala mondiale, ambienti particolarmente interessanti sotto un profilo ecologico e paesaggistico, dall'altro essi sono tra i più vulnerabili e seriamente minacciati (Blasi *et al.*, 2000; Carranza *et al.*, 2008). L'intensa antropizzazione delle coste a fini turistici rappresenta uno dei fattori di rischio più elevati per la stabilità dei litorali, soprattutto in quelle aree caratterizzate un tempo dalla presenza di dune sabbiose, la cui vegetazione tipica è stata sostituita da un susseguirsi di residenze private, di villaggi turistici e strutture alberghiere (La Rocca, 2004; Kerbiriou *et al.*, 2008; De Luca *et al.*, 2011). Inoltre l'esposizione di questi ambienti a molteplici fattori di disturbo, spesso combinati tra loro, quali l'inquinamento delle acque costiere, il dragaggio dei fondali sabbiosi prospicienti la costa (Ciccarelli *et al.*, 2012), la realizzazione di aree portuali, gli incendi e lo sfruttamento industriale, agricolo e commerciale del territorio hanno contribuito fortemente alla generalizzata frammentazione degli ecosistemi dunali costieri e alla loro progressiva degradazione creando un'urgente necessità di appropriate strategie di intervento, di salvaguardia e di monitoraggio (D'Alessandro & La Monica 1999; Fierro 2004; La Rocca, 2004).

Questi habitat sono inseriti nella direttiva 92/43/CEE (Biondi *et al.*, 2009) che traccia le principali linee per le politiche di conservazione della biodiversità nell'Unione Europea e individua a questo scopo le principali specie vegetali e animali e gli habitat da tutelare. Esiste però una sorta di “rumore di fondo” poiché nella direttiva le briofite, i funghi e i licheni sono scarsamente considerati (Rhind *et al.*, 1999; Ravera *et al.*, 2011; Nascimbene *et al.*, 2013b). Ciò è in aperto contrasto rispetto all'importanza di questi *taxa*, poiché per alcuni habitat in termini di dinamiche ecologiche la loro presenza (ricchezza specifica, presenza di specie rare o minacciate) (Martellos *et al.*, 2004;

Nascimbene *et al.*, 2006a, b) è fondamentale nel bilancio complessivo delle comunità (Bragaloni & Rea, 1997; Cogoni *et al.*, 2011). Infatti i licheni ed i funghi svolgono negli ecosistemi dunali un ruolo di primaria importanza nella facilitazione della colonizzazione da parte delle fanerogame favorendo la stabilizzazione della duna. Per questo l'analisi della componente lichenica e fungina di queste aree è particolarmente rilevante ai fini delle strategie di conservazione.

Tra i 17 habitat costieri inseriti in tale direttiva (Carranza *et al.*, 2008), le “Dune costiere con *Juniperus* spp.” (codice habitat 2250) e le “Dune con foreste di *Pinus pinea* e/o *Pinus pinaster*” (codice habitat 2270), sono stati oggetto di studio nel presente lavoro di dottorato.

1.2 Gli habitat prioritari indagati

1.2.1 Formazioni a *Juniperus* spp.

Il ginepreto è un tipo di vegetazione di boscaglia dominata da specie appartenenti al genere *Juniperus* che, in situazioni non disturbate, si insedia sulla duna consolidata (Fig. 1) insieme ad altri arbusti tipici della macchia mediterranea (ad es. *Phyllirea* sp., *Pistacia* sp.).



Fig. 1 - Schema di una costa bassa sabbiosa in assenza di fattori di disturbo (disegno da IZZI, 2007).

A questo tipo di vegetazione si associano quasi sempre formazioni arbustive della *Quercetea ilicis* Br.-Bl. (1936) 1947 che raramente raggiungono condizioni di climax con la presenza di selve litoranee. In area mediterranea la formazione tipica delle dune più arretrate, in condizioni di climax, è rappresentata dalla lecceta che nelle zone più meridionali può essere sostituita dalla sughereta, mentre le aree più temperate dell'alto

Adriatico e delle coste tirreniche presentano querceti caducifogli misti a *Quercus robur* L., *Quercus frainetto* Ten. e *Quercus cerris* L. (Pignatti, 2002). Però nella stragrande maggioranza dei casi si assiste in Italia ad una situazione di “disclimax” della duna consolidata per la presenza di impianti artificiali, alcuni dei quali molto antichi, a *Pinus pinea* L., *Pinus halepensis* Mill., *P. pinaster* Aiton o ad *Eucalyptus* sp.pl. (Scalia, 1982; La Rocca, 2004).

A livello europeo l'Italia ospita l'areale maggiore per questi habitat, seguita da Spagna e Francia (Picchi, 2008). Le specie caratteristiche di questi habitat sono principalmente *Juniperus communis* L. sulle dune costiere termo-atlantiche dell'Europa centrale e settentrionale (Gran Bretagna, Danimarca), mentre in Europa meridionale dominano altre specie:

- *Juniperus oxycedrus* L. ssp. *macrocarpa* in Portogallo, Spagna, Francia, Italia, Grecia, Albania e Bulgaria;

- *Juniperus phoenicia* L. ssp. *turbinata* (Guss) (= *J.lycia*, *J.phoenicea* ssp. *Lycia*) in Italia, Spagna e Portogallo (ICN, 2007; EEA, 2007).

Gli habitat rappresentati dalle dune costiere con *Juniperus* spp. sono ritenuti prioritari perché sono aree con un alto valore di biodiversità oltre a quello visivo paesaggistico e ricreativo (Picchi, 2008). Le specie vegetali presenti in questi siti hanno la funzione di bloccare e stabilizzare la sabbia che costituisce la duna. Con i detriti vegetali che producono contribuiscono alla formazione del suolo della duna e, anche grazie alla copertura ai raggi solari che garantiscono con la propria chioma, creano a sua volta altre aree di biodiversità (Gallego Fernandez & Diaz Barradas, 1997). E' necessario ribadire inoltre che i gineprei stessi rappresentano delle nicchie ecologiche per molte specie animali (ad es. McLachlan, 1991; Muñoz-Reinoso, 2003; 2004), di macromiceti (ad es. Marchetti & Franchi, 1993; Contu & La Rocca, 1999; Antonini & Antonini, 2002; La Rocca, 2004) e licheni (ad es. Zedda & Sipman, 2001; Aragón *et al.*, 2004; Benesperi & Ravera, 2011; Benesperi *et al.*, 2013).

Purtroppo, il continuo sfruttamento dei litorali, soprattutto ai fini turistici, ha portato ad una frammentazione delle formazioni a ginepro (Fig. 2), creando patches isolati di diverse dimensioni (Muñoz-Reinoso, 2003).



Fig. 2 – SIC Pineta Foce del Garigliano: habitat a *Juniperus* spp., fortemente frammentato.

1.2.2 Formazioni a *Pinus pinea* e/o *Pinus pinaster*

Il litorale tirrenico dalla Liguria fino alla Campania è spesso costeggiato da pinete (Giacomini & Fenaroli, 1958), talvolta dell'estensione di centinaia o migliaia di ettari, talora di superfici limitatissime ed imprigionate nei contesti urbani. In ogni caso queste formazioni assumono sempre particolare importanza, sia per la tutela del territorio, sia per la salvaguardia dei valori ambientali sociali e turistici dei luoghi (Bonuccelli, 2006). Nella maggior parte dei casi non si tratta di formazioni naturali, ma di rimboschimenti artificiali. Le poche pinete ritenute naturali si trovano in Sardegna e sono rappresentate da delle formazioni a *Pinus halepensis* e a *Pinus pinea*. Quindi la maggior parte delle pinete sono state impiantate dall'uomo in epoche diverse e in certe circostanze hanno assunto un considerevole valore ecosistemico (Furlan, 2013). Uno dei principali problemi associati a questi habitat è sempre di natura antropica; infatti l'interruzione delle pratiche di taglio degli arbusti e delle attività pastorali provoca il reinsediarsi delle specie autoctone che impediscono la riproduzione dei pini e quindi l'avvio di un processo di sostituzione (Figg. 3, 4) (Bonuccelli, 2006; Furlan, 2013).

L'habitat "Dune con foreste di *Pinus pinea* e/o *P. pinaster*" è uno dei più problematici per gli aspetti di tutela. Infatti se si parla in termini ecologici e di protezione degli habitat costieri questi tipi di cenosi antropiche non hanno sempre avuto un effetto positivo, per esempio accelerando i processi di erosione. Per questi motivi la conservazione deve concentrarsi sulle situazioni considerate autoctone e non su quelle

artificiali collocate in zone potenziali per le formazioni forestali della classe *Quercetalia ilicis* Br.-Bl. ex Molinier 1934. Infine non sono oggetto di tutela i rimboschimenti effettuati in zone inopportune e in posizioni più avanzate a livello dei segmenti dunali dove potrebbero instaurarsi delle formazioni tipicamente psammofile (Biondi *et al.*, 2009).



Fig. 3 – SIC Pineta Foce del Garigliano: elevata presenza di pini morti, dovuta soprattutto al forte impatto antropico e agli incendi di natura dolosa.



Fig. 4 – SIC Riserva Naturale Foce Volturno – Costa di Licola: elevata presenza di pini morti, dovuta al taglio abusivo (per procurarsi legna da ardere) e ad incendi dolosi.

1.3 Importanza dei licheni epifiti

I licheni, come tutti gli altri organismi, svolgono funzioni ecologiche importantissime negli ecosistemi. Anche se rappresentano solo una piccola parte della biomassa degli ecosistemi forestali temperati (Lang *et al.*, 1980; Gauslaa *et al.*, 2008; Rawat *et al.*, 2011), giocano un ruolo fondamentale nei cicli del carbonio e dell'azoto tramite i processi della fotosintesi e azotofissazione (Henriksson & Simu, 1971; Seneviratne & Indrasena, 2006).

La simbiosi lichenica è una associazione estremamente complessa tra organismi diversi che ha origine circa 400 milioni di anni fa. La lichenizzazione si è evoluta indipendentemente e molteplici volte nel regno Funghi, culminando nella classe *Lecanoromycetes* con il maggior numero di specie (Muggia, 2013). Questi organismi, derivanti dall'unione di un fungo (il micobionte, generalmente un ascomicete) e una o più popolazioni di alghe verdi e/o cianobatteri (il fotobionte), endosimbionti extracellulari, danno origine a talli con morfologie molto peculiari (Honegger, 1991; Nash III, 1996). Poiché, a differenza delle piante superiori, sono sprovvisti di apparato radicale, aperture stomatiche e cuticola, il loro metabolismo è strettamente correlato alle deposizioni secche e umide dell'atmosfera (Kershaw, 1985; Bargagli, 1998). Tali organismi incrementano la complessità strutturale, modificano i regimi idrici del manto boscoso, influenzano il ciclo dei nutrienti e forniscono un habitat e il cibo per molti animali (Rhoades, 1995; Pettersson *et al.*, 1995; Aptroot & Berg, 2004; Brunialti, 2007).

In particolare, i licheni epifiti, sono organismi strettamente dipendenti dal substrato su cui vivono. Il loro ciclo vitale è legato agli alberi (o arbusti), sia per quanto riguarda la specie (non tutti gli alberi o arbusti sono adatti per la colonizzazione), sia per quanto riguarda l'età dell'albero (la crescita dell'albero implica un incremento della rugosità e di crepe nella corteccia, che ne favoriscono la colonizzazione e lo sviluppo) (Snäll *et al.*, 2003; 2005; Martínez *et al.*, 2010). Sono organismi sessili a lungo ciclo vitale, la cui riproduzione avviene o per via sessuata, tramite la produzione di ascospore da parte del micobionte, o per via asessuata, tramite la formazione di propaguli vegetativi, contenenti entrambi i partner del consorzio; in entrambi i casi la dispersione è affidata al vento, all'acqua o agli animali (Heinken *et al.*, 2007). A causa del loro basso potere di dispersione (Galun, 1988; Nash III, 1996), questi organismi sono particolarmente sensibili alla frammentazione dei boschi e alle pratiche selvicolturali (ad es. Johansson,

2008; Nascimbene *et al.*, 2007; Aragón *et al.*, 2010). Infatti, questa alterazione, produce una riduzione nella disponibilità di substrato da colonizzare, e cambiamenti delle condizioni microclimatiche del sito (Hilmo & Sæstad, 2001) inducendo quindi una variazione nella composizione delle comunità licheniche (Martínez *et al.*, 2010). Quindi la relazione tra i licheni e l'ambiente è condizionata, oltre che dai fattori macro e micro ambientali (Giordani, 2006), anche da *fattori di disturbo*, in particolare quelli di origine antropica.

1.4 Stato delle conoscenze

Il primo passo nella conoscenza del patrimonio naturalistico di un territorio è la redazione di elenchi il più dettagliati possibile degli organismi presenti, i quali determinano quella che viene comunemente chiamata "biodiversità" (Ravera & Genovesi, 2008). Come già detto, tra gli habitat che presentano elevati hotspot in termini di biodiversità ci sono le dune costiere e le aree forestali litoranee, per i quali sono stati effettuati molti studi sulla componente vascolare e animale (ad es. McLachlan, 1991; Acosta *et al.*, 2000a; Acosta *et al.*, 2003). Sulla flora lichenica, invece, i contributi relativi a questi habitat, sono ancora pochi o comunque frammentari e riferiti ad altre tipologie di studio (ad es. Nimis & Schiavon, 1986; Alonso & Egea, 1994; Alonso & Egea 1995; Gallego Fernández & Diaz Barradas, 1997; Nimis & Tretiach, 1999; Durini & Medagli, 2002; 2004; Grillo & Caniglia, 2004; Loppi *et al.*, 2004; June & Roze, 2005; Potenza *et al.*, 2010; Zedda *et al.*, 2010; Cogoni *et al.*, 2011; Benesperi *et al.*, 2013). Infatti nonostante lo straordinario incremento nelle conoscenze relativa all'ecologia e alla distribuzione della componente lichenica negli ecosistemi, solo recentemente i licheni sono stato oggetto di misure di conservazione da parte degli enti nazionali e internazionali (Ravera & Genovesi, 2008; Rossi *et al.*, 2013). Inoltre, mentre esistono numerosi studi sulle comunità licheniche epifite dei boschi (ad es. Zedda, 2002; Beryman & McCune B., 2006; Mattucci *et al.*, 2012), non si hanno notizie per le formazioni forestali degli habitat litoranei tirrenici.

Nelle aree indagate, nel corso dell'ultimo decennio, sono stati effettuati diversi studi sulla componente briologica (Aleffi & Esposito, 2005) e vascolare (Esposito & Strumia, 2010). In particolare, nella Riserva Statale di Castel Volturno sono state analizzate le dinamiche di ricolonizzazione post incendio da parte di briofite (Esposito *et al.*, 1998; Esposito *et al.*, 1999).

Per quanto riguarda le notizie sulla flora lichenica della costa della provincia di Caserta, queste sono davvero scarse, probabilmente sia perché in passato era un territorio malsano, sia perché l'attenzione dei Botanici napoletani del XIX secolo era rivolta soprattutto alla flora delle piante superiori. Nicola Terracciano nelle sue opere “*Peregrinazioni botaniche fatte per disposizione della Deputazione provinciale di Terra di Lavoro*” (1873-1875), segnala solo un lichene, *Cladonia endiviaefolia* (oggi *Cladonia convoluta*), tra la zona da “Pontammare a Castelvolturmo”. Allo stato attuale è presente una notula crittogamica (Catalano & Aprile, 2011) riferita al ritrovamento di *Seiophora villosa* (Ach.) Frödén, e un primo elenco floristico della Riserva Statale di Castel Volturmo (Catalano & Aprile, in press).

1.5 Obiettivi del lavoro

Scopo di questo progetto di dottorato è stato quello di analizzare la diversità biologica della componente lichenica in alcuni habitat prioritari costieri. Sono stati messi in relazione i dati attinenti alla loro distribuzione e alla loro frequenza con la vegetazione fanerogama e più in generale con il tipo di gestione delle aree indagate, al fine di fornire elementi utili per i piani di gestione territoriale. In particolare si è posta l'attenzione sui seguenti obiettivi:

- colmare, almeno in parte, un'antica lacuna nelle conoscenze naturalistiche delle aree litoranee italiane e aggiornare il quadro della flora lichenica campana.
- caratterizzare le comunità licheniche epifite associate ad una popolazione di *Seiophora villosa* in una delle aree indagate;
- analizzare le comunità licheniche epifite associate alle formazioni forestali a *Juniperus* spp.
- correlare, nel caso delle formazioni arbustive, la ricchezza di specie e la composizione delle comunità licheniche epifite, al tipo di substrato;
- analizzare le comunità licheniche epifite associate alle formazioni forestali litoranee;
- indagare l'influenza della mare distanza dal mare sulla ricchezza specifica.

CAPITOLO 2

2.1 Area di studio

Per perseguire gli obiettivi sopra descritti sono state indagate le seguenti aree litoranee della Regione Campania, ricadenti tutte Siti di Importanza Comunitaria (SIC) (Figg.5,6,7,8):

- I) SIC-IT8010019 “Pineta Foce del Garigliano” (si estende lungo la costa per quasi 2 km, per un totale di 80 ha)
- II) SIC-IT8010020 “Riserva Naturale Foce Volturno – Costa di Licola” (si estende lungo la costa per meno di 2 km, per un totale di 90 ha)
- III) SIC-IT8030018 “Riserva Statale di Castel Volturno”, loc. Ischitella (si estende lungo la costa per quasi 5 km, per un totale di 268 ha).

Per semplicità di lettura, i tre siti, durante tutta la stesura della tesi, verranno denominati come: I) Garigliano; II) Castel Volturno; III) Ischitella.

Le aree esplorate, inserite in tre differenti Siti di Importanza Comunitaria, ricadono tutte lungo il litorale *domitio* nella provincia di Caserta. Da un punto di vista geologico, il litorale costituisce il margine della Piana Campana, un *graben* costiero plio-pleistocenico limitato dai rilievi carbonatici dei Monti Aurunci (a nord-ovest), dei Monti di Caserta (M.Maggiore, a nord), di Avella (a nord-est) e dei Monti Lattari (a sud) e colmato da potenti coltri di materiali alluvionali dei Fiumi Volturno e Garigliano e da depositi piroclastici dei complessi vulcanici di Roccamonfina e dei Campi Flegrei (Ippolito *et al.*, 1973; Cinque *et al.*, 2000; Gatto, 2001; D’Ambra *et al.*, 2005). Ricerche condotte sulla dinamica e l’evoluzione le litorale *domitio*, in corrispondenza del fiume Volturno, hanno evidenziato che ad una generale fase di progradazione intervenuta dal XVII secolo ha fatto seguito alla fine del XX secolo un marcato arretramento soprattutto in corrispondenza dell’area della foce (Cocco & De Pippo, 1988; D’Ambra *et al.*, 2005) La fascia litoranea posta a Nord di Napoli e ricadente nel comprensorio del Comune di Castel Volturno e di Cellole in provincia di Caserta rappresenta, per estensione, regolarità ed uniformità della morfologia costiera, un suggestivo quadro naturale, contraddistinto dalla presenza di una vegetazione tipica dei litorali sabbiosi tirrenici con formazioni forestali dominate da *Pinus pinea*, *Pinus halepensis* e *Quercus ilex* L., e macchie retrodunali caratterizzate dalla presenza di *Juniperus oxycedrus*, *Phyllirea angustifolia* L., *Pistacia lentiscus* L., *Rosmarinus officinalis* L. (Buonanno *et al.*, 1993;

Esposito *et al.*, 1999; Croce *et al.*, 2009; Strumia *et al.*, 2010) e altre specie tipiche della macchia mediterranea; la copertura delle formazioni forestali e arbustive della macchia è localmente interrotta da aree aperte dominate da piante erbacee e briofite (Esposito *et al.*, 1998; Aleffi & Esposito, 2005). Tali formazioni, che un tempo si estendevano in modo ininterrotto lungo tutto il tratto di costa, sono state ampiamente ridotte a partire dagli anni '60 (Zumbolo, 2012).

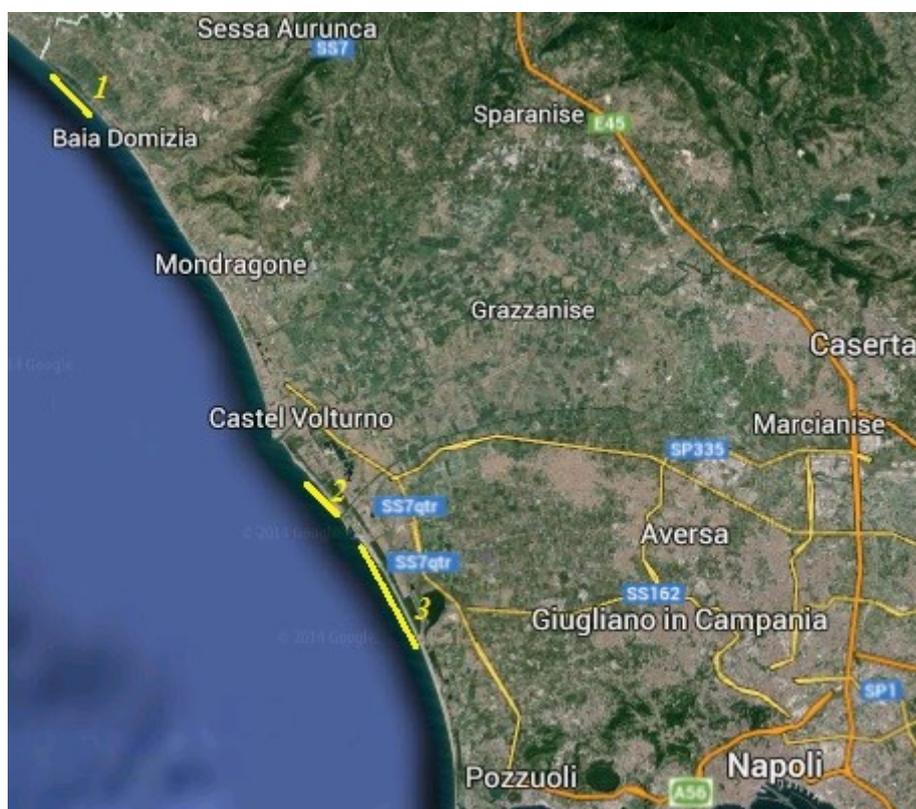
Nel Comune di Castel Volturno, la fascia che dovrebbe essere potenzialmente occupata dalla duna mobile è ormai praticamente assente poiché stravolta dalla presenza di stabilimenti balneari (Gatto, 2001). Infatti all'inizio degli anni '60, il preesistente equilibrio secolare che trovava la sua più elevata rappresentazione paesaggistica nell'attuale Riserva Statale di Castel Volturno, venne compromesso dalla sprovveduta opera di edificazione selvaggia che cominciava a prosperare in questa zona. A partire da quel momento la fascia costiera ha subito, soprattutto nella zona compresa tra la Pineta di Castel Volturno e la Riserva di Ischitella, radicali modificazioni in conseguenza dell'intensa urbanizzazione e della realizzazione delle opere portuali e di difesa costiera. In particolare, nell'area della località Ischitella, a sud della foce del fiume Volturno, la situazione è stata ancora più disastrosa: ampi cordoni dunari e oltre 4 km di pineta sono stati completamente distrutti per far posto ad una urbanizzazione intensiva di tipo turistico a cui ha fatto seguito la costruzione di grossi condomini (Gatto, 2001; Zumbolo, 2012).

Per quanto riguarda il tratto della Pineta del Garigliano, studi recenti hanno confermato che quest'area è oggi affetta da un forte processo di erosione costiera da un lato dovuto a fattori naturali dall'altro a fattori umani (Pennetta *et al.*, 2011); inoltre a causa di questi mutamenti, la vegetazione vascolare non riesce a manifestarsi in maniera tipica, risultando chiaramente discontinua e priva di alcuni elementi caratterizzanti. Pur tuttavia, è possibile individuare i principali consorzi vegetali come ad esempio diverse associazioni che rientrano nelle componenti ambientali dell'habitat "Dune costiere con *Juniperus* spp." e rimboschimenti a "*Pinus pinea* e *Pinus pinaster*" (Croce *et al.*, 2009; Iamónico, 2010).

Da tenere presente che nei primi due siti, con ingresso libero, le pinete sono fortemente degradate sia perché sottoposte spesso ad incendi di natura dolosa sia perché meta di raccoglitori di tartufi che durante la raccolta con mezzi inadeguati (rastrelli, zappe) provocano danni all'assetto della pineta.



a



b

Fig. 5 – Regione Campania (a) e particolare della localizzazione lungo la costa (b). 1) SIC Pineta Foce del Garigliano; 2) SIC Riserva Naturale Foce Volturno – Costa di Licola; 3) Riserva Statale Castel Volturno, loc. Ischitella.

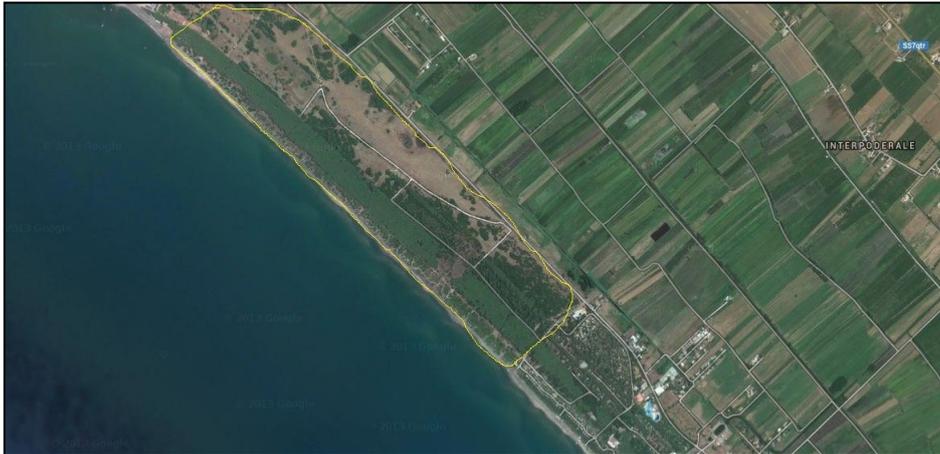


Fig. 6 – SIC Pineta Foce del Garigliano.



Fig. 7 – SIC Riserva Naturale Foce Volturno – Costa di Licola.

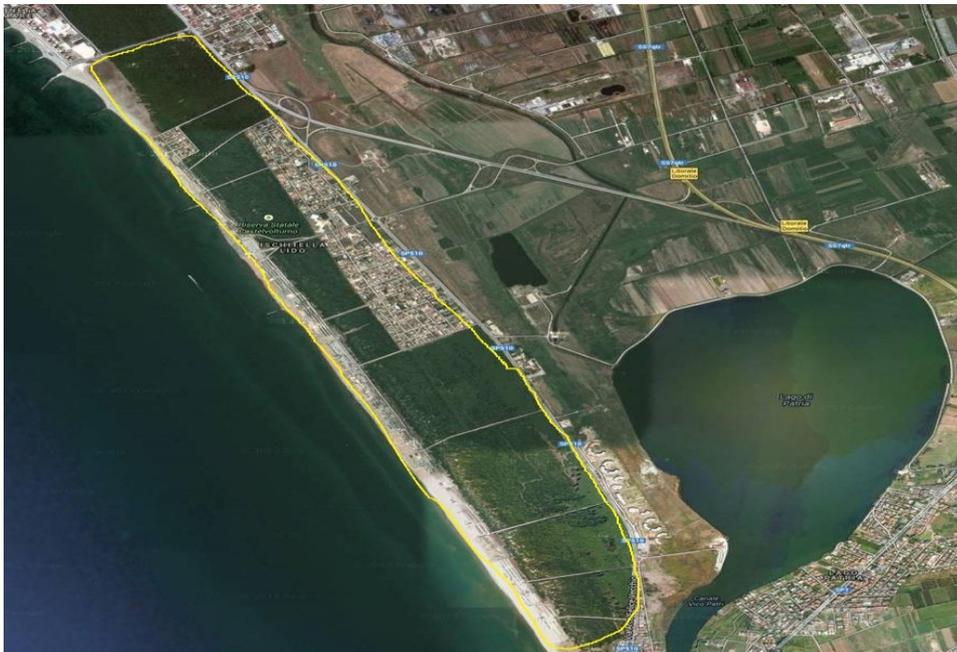


Fig. 8 – SIC Riserva Statale Castel Volturno, loc. Ischitella.

Il clima dell'area è tipicamente mediterraneo, con una temperatura media annua di 13,6 ° C e una piovosità media di 761 mm (stazione meteorologica di Ischitella, 15 m slm, 1999/2011). Le precipitazioni si verificano soprattutto in autunno e in inverno mentre in estate sono minime (Esposito *et al.* 1998; Catalano *et al.*, 2012). Facendo riferimento alla classificazione bioclimatica di Nimis & Martellos (2008) le aree ricadono nel tipo umido mediterraneo (Fig. 9).

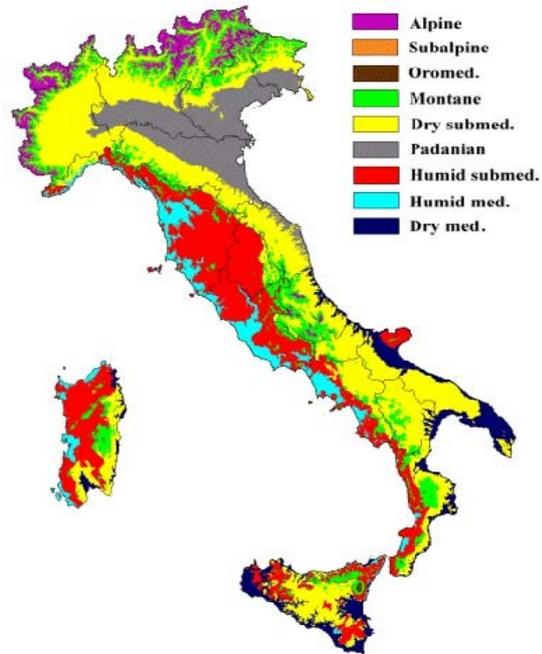


Fig. 9- Fasce bioclimatiche (Nimis & Martellos, 2008).

CAPITOLO 3

Materiali e metodi

3.1 Check-list

L'elenco floristico stilato nel seguente lavoro, è frutto di diverse raccolte effettuate nelle tre aree indagate durante il periodo Aprile 2011 – Dicembre 2013. Vi sono elencate tutte le entità in ordine alfabetico seguite da sintetiche informazioni sul substrato, sulla forma di crescita, sul tipo di riproduzione, sul fotobionte, e sul livello di rarità (Tab.1). Tutte le notizie, a parte il substrato, sono state ricavate dal DB *ITALIC* (Nimis & Martellos, 2008). Per quel che attiene la rarità, essa è espressa dal parametro denominato “rarity/commonness”, che ha 9 livelli e che viene assegnato per ognuna delle 9 regioni bioclimatiche d'Italia (Nascimbene, 2006). I valori vengono calcolati sulla base di:

- a) numero dei campioni presenti nell'erbario lichenologico triestino (TSB) come percentuale sul totale della regione bioclimatica;
- b) numero di citazioni in letteratura;
- c) “expert judgement” in casi particolari e controversi.

La classe “estremamente raro” viene assegnata solo a taxa noti per meno di 5 stazioni e/o che non sono riportati in letteratura negli ultimi anni, con l'esclusione di quelli descritti di recente o con una posizione tassonomica controversa (Nascimbene *et al.*, 2013a). In questo lavoro sono state considerate solo le classi “estremamente raro” (er), “molto raro” (vr) e “raro” (r), le quali sono state accorpate in un'unica categoria “Specie Rare”.

Anche per i gruppi fitoclimatici e per le interpretazioni ecologiche sulla base di indici ecologici si è fatto riferimento a Nimis & Martellos (2008).

Gli indici ecologici, che più correttamente dovrebbero essere chiamati “valori indicatori ecologici” (*ecological indicator values*), sono delle espressioni numeriche dell'ampiezza ecologica di una data specie rispetto ad un dato fattore ecologico. Essi possono essere espressi o da un solo numero, che indica l'optimum ecologico di una specie relativo ad un parametro, o da più numeri su una scala ordinale, che indicano il suo spettro di tolleranza ecologica. I valori del primo tipo sono stati proposti per i licheni dell'Europa Centrale da Wirth (1991), mentre quelli del secondo tipo sono disponibili per tutte le specie di licheni d'Italia nel sistema informativo *ITALIC* (ANPA, 2001) (Fig.10). Tali indici permettono la distinzione tra specie che resistono ad ampie

variazioni delle condizioni ambientali (eurioiche) e specie che possono sopravvivere solo in un ristretto intervallo di condizioni ecologiche (stenoiche) che possono fornire utili informazioni per interpretare l'influsso di diversi parametri ecologici sulle variazioni di composizione della vegetazione lichenica tra stazioni o gruppi di stazioni (Badin & Nimis, 1996). Questi sono:

(a) pH del substrato (1= su substrati molto acidi; 2= su substrati acidi; 3= su substrati da subacidi a subneutri; 4= su substrati leggermente basici; 5= su substrati basici);

(b) di eutrofizzazione (1= nessuna eutrofizzazione; 2= eutrofizzazione molto debole; 3= eutrofizzazione media; 4= eutrofizzazione leggermente alta; 5= eutrofizzazione alta);

(c) di luce (1= siti molto ombreggiati; 2= siti ombreggiati; 3= siti con abbondante luce diffusa, ma scarsa irradiazione diretta; 4= siti esposti al sole, ma senza una irradiazione solare estrema; 5= siti con alta irradiazione solare diretta);

(d) di umidità (1= specie igrofittiche; 2= specie piuttosto igrofittiche; 3= specie mesofittiche; 4= specie xerofittica (in zone da moderatamente secche a secche); 5= specie molto xerofittiche).

(e) di poleofobia (1= specie che ricorrono in aree molto disturbate, incluse grandi città; 2= Specie che ricorrono in aree moderatamente disturbate (aree agricole, piccoli centri); 3= specie che ricorrono in habitat naturali o seminaturali; 4= specie che ricorrono esclusivamente su vecchi alberi in foreste mature e indisturbate).

ITALIC
The Informatics System on Italian Lichens
version 4.0 - 2009

Ramalina canariensis J. Steiner
Osterr. bot. Z., p. 3, 1904

Synonymy: *Ramalina macromis* f. *laciniata* Wense, *Ramalina macromis* f. *monophylla* Wense, *Ramalina macromis* v. *saesiaeformis* Wense

It is present in the following regions (Click here for a map with observations):
N - Lig (Vicente & al. 2000), C - Tosc (Piller 1997; Pignoni & Loggi 1999), Laz (Gignone & Pignoni 1995; Marnati & Ravera 2003; Sar (Zedda 2002), S - Camp (Nimis & Tietach 2004), Pugl (Nimis & Tietach 1999), Bas (Pozner & Fasconi 2005; Fasconi & al. 2004; Pozner 2006), Cal (Pantillo & Vozza 1994; Puntillo 1995), Si (Nimis & al. 1994; Orzuelo & Salvo 1994; Orzuelo & al. 1999; Caccagna & al. 2002; Gelfo & Cariglia 2004; Cariglia & al. 2005).

References (type author's name):

Click here to view the pictures of this taxon

Click here to search the TSB Herbarium for samples of this taxon

Legend:

- Not present
- Extremely rare
- Very rare
- Rare
- Rather rare
- Rather common
- Common
- Very common
- Extremely common

Epiphytic:
Plumboset: Green algae other than Trentopohlia
Growth form: Fruticosa
Reproductive strategy: Mainly asexual, by soredia or soredia-like structures, e.g. bilobed
Poleophoby: 2 to 2

Ecology:

- pH of the substrata: very acid (1) to subneutral (3)
- in sun-exposed sites, but avoiding extreme solar irradiation (4) to sites with very high direct solar irradiation (5)
- humidity requirements: rather hygrophilic (2)
- in sites with very weak eutrophication (2) to sites with rather high eutrophication (4)
- in the eu-mediterranean belt (1)

Note: a mediterranean-atlantic species, found on the branches of limetal shrubs and small trees in maquis vegetation subject to humid maritime winds.

Commonness-rarity status:

- Alpine Italy: absent
- Subalpine Italy: absent
- Oro-mediterranean Italy: absent
- Mountain Italy: absent
- Padanian Italy: absent
- Dry sub-mediterranean Italy: absent
- Dry mediterranean Italy: very rare
- Humid sub-mediterranean Italy: rare
- Humid mediterranean Italy: rather common

[Back](#)

Fig. 10 – Esempio di una scheda di ITALIC.

Quando possibile, la determinazione delle specie è stata eseguita direttamente in campo utilizzando lenti d'ingrandimento 10x-20x. I campioni di licheni di dubbia determinazione invece, sono stati raccolti in campo e identificati in laboratorio. Per l'identificazione delle specie è stato usato uno stereo microscopio Leica EZ4 (ingrandimento 35x). Per l'osservazione della sezione dei talli e dei corpi fruttiferi, si è usato un microscopio ottico Leica DM S2 con diversi ingrandimenti, x4, x10, x40, x100 (obiettivo ad immersione x1000).

Anche i licheni, come le piante superiori, producono metaboliti secondari, però a differenza di queste ultime, questi composti vengono accumulati sotto forma di cristalli sulle pareti delle ife fungine. Le sostanze licheniche sono prodotte dal micobionte, la cui attività può dipendere da fattori intrinseci quali l'età del tallo, o fattori estinseci, quali le caratteristiche ecologiche e microclimatiche dell'habitat; alcune sostanze tuttavia sono specie-specifiche, e la loro presenza può essere utilizzata ai fini tassonomici (Baruffo *et al.*, 2001). Tra le soluzioni maggiormente utilizzate in lichenologia, ed anche in questo lavoro, abbiamo: K= KOH (in H₂O), C= NaOCl (in H₂O) e la Pd= Parafenildiammina (in alcool).

Per la determinazione dei campioni si è fatto riferimento alle seguenti chiavi analitiche: Clauzade & Roux (1985); Nimis (1987; 1992); Nimis & Bolognini (1993); Wirth (1995); Nimis & Martellos (2004). Per la nomenclatura ci si è attenuti a Nimis & Martellos (2008). Le specie nuove per la Campania sono evidenziate da un asterisco, mentre quelle nuove per il Sud Italia da un pallino.

3.2 Studio della popolazione di *Seiophora villosa*

Nel bacino del Mediterraneo, gli habitat costieri a *Juniperus* spp. ospitano una particolare comunità lichenica caratterizzata dalla presenza del macrolichene *Seiophora villosa* (Ach.) Frödén e di altre specie (*Teloschisto-Tornabeniopsisidatum atlanticae* Nimis & Schiavon 1986) con una distribuzione prevalentemente mediterranea (Nimis & Schiavon 1986; Nimis, 1988; Benesperi & Ravera, 2011; Benesperi *et al.*, 2013).

Seiophora villosa (Fig. 11) è una specie lichenica minacciata, di cui si hanno poche segnalazioni in Italia (Campania, Toscana, Lazio, Sardegna e Isole Pelagie). In Europa, questa specie è nota solo per le isole Baleari, in particolare Formentera, Ibiza e Maiorca (Salvà *et al.*, 2010). Recenti studi hanno dimostrato che questa specie potrebbe essere considerata un buon indicatore di continuità (Benesperi *et al.*, 2013), poiché sembra

colonizzare in modo preferenziale rami di arbusti esposti verso il mare (Benesperi & Ravera, 2011), soprattutto nell'ambito di formazioni a *Juniperus* spp. Ultimamente, questo *taxa* seguendo la metodologia utilizzata dall'Unione Internazionale per la Conservazione della Natura (IUCN, 2013) è stato inserito tra le “Non Policy Species” per l'Italia (Rossi *et al.*, 2013).



Fig. 11 – Talli di *Seiophora villosa* nella riserva Statale di Castel Volturno, loc. Ischitella

Scopo di questa parte della tesi è stato quello di analizzare la distribuzione di questa specie all'interno della riserva, e caratterizzare le comunità licheniche epifite ad essa associata. Nelle aree indagate, *Seiophora villosa* è stata ritrovata solo nella Riserva Statale di Castel Volturno (loc. Ischitella) (Catalano & Aprile, 2011), l'unica a gestione integrale.

In quest'area sono stati selezionati 3 stand (A, B e C) per un totale di 15 ettari rilevati (Fig. 12), in cui è presente una simile vegetazione vascolare, ma un diverso livello di disturbo antropico, specialmente se si fa riferimento agli incendi (Fig. 13).

Dopo una serie di sopralluoghi si è optato per un campionamento random. All'interno delle tre aree sono stati selezionati 23 plot di 600 m² (30 m x 20 m), rispettivamente: 10 nello stand A, 7 nello stand B e 6 nello stand C. Il campionamento è stato effettuato su quattro specie di arbusti più abbondanti nelle tre aree: *Cistus* sp., *Rosmarinus officinalis*, *Phyllirea angustifolia* e *Juniperus oxycedrus*. In ogni plot sono stati campionati 8 arbusti (due per specie); su ogni arbusto si sono scelti 5 rametti di 50 cm e si è contata la frequenza lichenica (0-5).

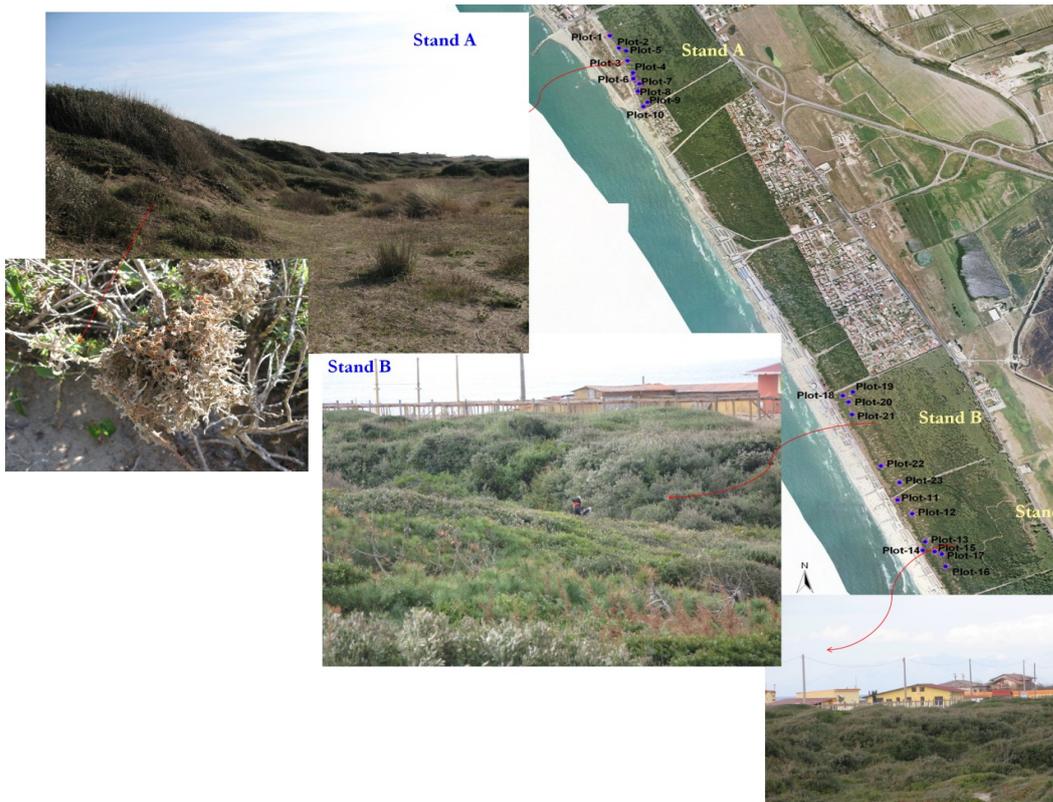


Fig. 12 – Stand selezionati per il censimento di *Seiophora villosa* nella Riserva Statale di Castel Volturno (loc. Ischitella).

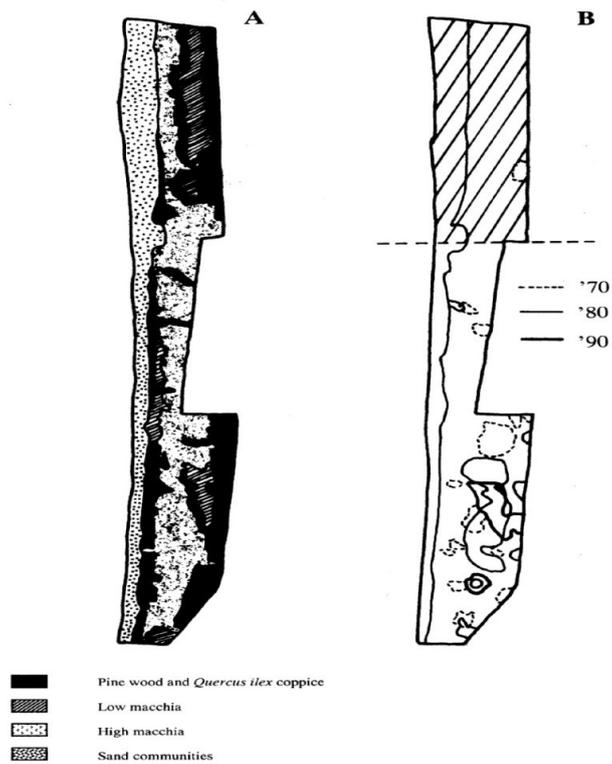


Fig. 13 – Mappa della vegetazione (A) e mappa degli incendi degli ultimi quarant'anni (B) nella Riserva Statale di Castel Volturno (modificato da Aleffi & Esposito, 2005).

3.3 Formazioni forestali: disegno di campionamento e rilievo in campo

La popolazione statistica di riferimento è costituita da licheni epifiti che colonizzano i rami degli arbusti presenti sulla duna consolidata e i tronchi degli alberi dei boschi litoranei. Le indagini di campo sono state effettuate durante il periodo Aprile 2011 – Dicembre 2013; per ogni località esplorata, sono stati realizzati transetti ortogonali alla linea di battigia, distanti circa 200-250 m l'uno dall'altro lungo la linea di costa.

Per ogni transetto sono stati individuati plot di 20 m x 20 m (Fig. 14), a distanza di 30 m l'uno dall'altro. Al momento del rilevamento ogni plot è stato delimitato da uno spago colorato fissato a quattro picchetti, posti ai quattro vertici.



Fig. 14 – Esempio schema di campionamento per la selezione dei plot.

Nel caso delle formazioni arbustive, per ogni plot, si è proceduto come segue:

- individuazione del centroide del plot con relativa georeferenziazione tramite GPS utilizzato in modalità tridimensionale secondo il metodo statico (way point) e calcolo della media della posizione;
- rilevamento di 8 arbusti più vicini al centro (con un'altezza dal suolo ≥ 60 cm); su ogni arbusto si sono selezionati 5 rametti di 50 cm su cui è stata valutata la frequenza di tutte le specie presenti utilizzando una scala di sei livelli (0-5) (Fig. 15);

Inoltre sono state annotate altre variabili:

- numero degli arbusti presenti nel plot;
- numero delle specie arbustive presenti nel plot;

- altezza media degli arbusti;
- distanza media tra gli arbusti;

Gli arbusti selezionati appartengono alle seguenti specie: *Juniperus oxycedrus*, *Phyllirea angustifolia*, *Pistacia lentiscus*, *Rosmarinus officinalis*, *Cistus* sp. e *Quercus ilex*.

In totale sono stati individuati 226 plot:

- I. Pineta Foce del Garigliano, 52 plot di cui 27 privi di vegetazione arbustiva;
- II. Pineta Castel Volturno, 44 plot di cui 27 privi di vegetazione arbustiva;
- III. Riserva statale di Castel Volturno, loc. Ischitella, 76 plot.



Fig. 15 – Rilievo licheni epifiti su rametti di arbusti in macchia mediterranea

Nel caso delle formazioni boschive, per ogni plot, si è proceduto come segue:

- individuazione del centroide del plot con relativa georeferenziazione tramite GPS, utilizzato in modalità tridimensionale secondo il metodo statico (way point) e calcolo della media della posizione;
- rilevamento dei 6 alberi più vicini al centro (circonferenza ≥ 40 cm). In particolare, i licheni sono stati rilevati secondo una metodologia standardizzata a livello europeo e impiegata nel campo del biomonitoraggio tramite i licheni epifiti (Asta *et al.*, 2002) e per studi di biodiversità degli ecosistemi forestali

(Will-Wolff *et al.*, 2002; Giordani, 2012; Nascimbene *et al.*, 2013a). Questa metodica prevede l'impiego di una griglia di rilevamento composta da 4 subunità di 10x50 cm suddivise in 5 parti uguali (Fig. 16). Ciascuna subunità va apposta sul tronco ai 4 punti cardinali ad una altezza di 100 cm da terra; in caso di parti del tronco non adatte (es. ferite, nodi, ecc.) le subunità sono state spostate al massimo di 20°. La frequenza dei licheni viene annotata per ogni maglia della griglia e può variare tra 0 e 20.

Sono state annotate altre variabili:

- numero degli arbusti e alberi presenti nel plot;
- numero delle specie arbustive e arboree presenti nel plot;
- circonferenza degli alberi;
- distanza media tra gli alberi;

Gli alberi selezionati sono esemplari di *Pinus* spp. e *Quercus ilex*.

In totale sono stati individuati 151 plot:

- I. Pineta Foce del Garigliano, 18 plot;
- II. Pineta Castel Volturno, 54 plot;
- III. Riserva Statale di Castel Volturno, loc. Ischitella, 79 plot.



Fig. 16 – Reticolo di campionamento posizionato sui quattro versanti del tronco; dettaglio della maglia di campionamento.

Per la determinazione delle specie si veda il paragrafo sui materiali e metodi “Check-list”.

3.4 Analisi dei dati

3.4.1 Popolazione di *Seiophora villosa*

Un’analisi statistica descrittiva è stata fatta usando il software SPSS 13.0. I dati floristici sono stati analizzati tramite elaborazioni basate su metodiche di statistica multivariata (Podani, 2007) ed in particolare analisi di classificazione (cluster analysis). Il software utilizzato è stato SYN-TAX 2000. Tali dati sono stati organizzati in una matrice delle specie e dei singoli rilievi dei diversi plot, realizzata considerando per ogni specie il valore di frequenza per singolo arbusto. La cluster analysis è stata eseguita secondo la metodica *group average link* (UPGMA) con distanza sulla corda per dati binari come coefficiente di dissimilarità, al fine di individuare i dendrogrammi di classificazione delle specie. Inoltre, per ogni sito e per ogni substrato indagato, sono state calcolate le percentuali di frequenza delle specie licheniche.

3.4.2 Formazioni forestali

Le differenze nella composizione delle comunità tra i tre SIC sono state testate mediante un’analisi MRPP (multi response permutation procedures) presente nel programma PC-ORD (McCune & Mefford, 1999). Si sono utilizzati confronti multipli a coppie per testare le differenze tra ciascun sito e gli altri. Questo test stima un parametro A che varia tra 0 e 1. Più elevato è il valore di A più forti sono le differenze tra i gruppi. Il pattern di composizione specifica è stato valutato anche mediante l’NMDS (non-metric multidimensional scaling) (McCune & Grace, 2002) seguendo la procedura standard impostata su PC-ORD (McCune & Mefford, 1999) basata sul coefficiente di Sørensen come misura di distanza. La soluzione finale ottenuta ha due dimensioni e un livello di stress del 21% e una instabilità molto bassa (<0.005) nel caso delle formazioni arbustive, e livello di stress del 20% e una instabilità bassa (<0.005) nel caso delle formazioni boschive. Con quest’analisi sono stati valutati anche i pattern di composizione specifica a livello di arbusto. La soluzione finale ottenuta ha due dimensioni e un livello di stress dell’ 8% e un’alta stabilità (<0.001). L’Analisi delle Specie Indicatrici (ISA, *Indicator Species Analysis*; Dufrière & Legendre, 1997), già largamente impiegata nello studio delle comunità ecologiche è stata usata per determinare come ogni specie è fortemente associata con una delle aree studiate e serve a descrivere le differenze nella composizione e nella frequenza delle specie nei tre siti.

L'analisi è stata condotta su dati di presenza/assenza, trasformati in valori di frequenza, che rispetto a quelli di copertura, sono meno condizionati da fluttuazioni temporali e da fattori arbitrari (Bruehlheide, 2000; Terzi *et al.*, 2010). Per ogni specie, il Valore indicatore (IV) varia da 0 (nessuna indicazione) a 100 (massima indicazione). La significatività statistica del IV è stata valutata mediante il test Monte Carlo, con 10000 permutazioni. L'ISA e il test Monte Carlo sono stati eseguiti usando il programma PC-ORD (McCune & Mefford, 1999).

È stata applicata una regressione lineare semplice per descrivere la relazione tra la ricchezza specifica di ogni sito, e quella totale, con la distanza dal mare.

È stata effettuata un ANOVA (utilizzando i dati aggregati, ovvero il numero medio di specie per area per specie arbustiva) per valutare l'influenza della specie arbustiva sulla ricchezza di specie. I confronti risultati significativamente differenti sono stati ulteriormente indagati tramite test di Tukey. Un valore di $p < 0.05$ è stato considerato significativo.

Inoltre, come già fatto per il paragrafo sulla check-list, sono state create delle liste in cui sono elencate tutte le specie in ordine alfabetico; per tutte le entità censite sono state date sintetiche informazioni sulla forma di crescita, sul tipo di riproduzione, sul fotobionte, e sul livello di rarità.

CAPITOLO 4

RISULTATI

4.1 Check-list

In totale sono stati registrati 56 *taxa* infragenerici ascrivibili a 33 generi (Tab.1); di questi, 33 sono stati ritrovati nel sito del Garigliano, 31 in quello di Castel Volturno e 56 ad Ischitella. Tra queste specie, *Caloplaca aegatica*, *Parmotrema hypoleucinum* e *Seiophora villosa* (Catalano & Aprile, 2011), sono nuove segnalazioni per la Campania, mentre un'altra, *Lecanora strobilina*, è nuova per il Sud Italia. Inoltre sono state confermate le presenze per questa regione di alcune specie (*Cladonia foliacea*, *Lecanora lividocinerea*, *Pyrrhospora quernea* e *Rinodina roboris*), per le quali si avevano solo vecchie segnalazioni (Jatta, 1909-1911). La lista comprende quattro entità inserite nelle recenti Red List dei licheni italiani da proteggere (Nascimbene *et al.*, 2013b; Rossi *et al.*, 2013). Delle specie censite, quasi il 20% rientra nella categoria "Specie Rare". Le caratteristiche morfologiche, biologiche ed ecologiche sono di seguito descritte.

4.1.2 Caratterizzazione biologica

Forme di crescita – Per quanto concerne le forme di crescita, parametro che fornisce informazioni sul tipo di colonizzazione, in tutti e tre i siti, prevalgono le forme crostose, mentre in minore percentuale sono presenti licheni con crescita foliosa, fruticosa e leprosa; le forme squamulose si ritrovano solo nella Riserva di Ischitella (Fig. 17a).

Strategie riproduttive – La maggior parte dei licheni si riproduce per via sessuata tramite la formazione di ascospore, mentre le specie sorediate sono maggiori nella Pineta del Garigliano dove in percentuale la presenza di forme fogliose è maggiore che nelle altre due aree; poche specie si riproducono per frammentazione e non sono stati ritrovati licheni con riproduzione asessuata tramite isidi (Fig.17b).

Fotobionte – I partner algali più rappresentativi sono le alghe verdi non appartenenti al genere *Trentepohlia* (Fig.17c). Licheni con cianobatteri (*Collema tenax*), con alghe trentepohlioidi (*Graphis scripta* e *Opegrapha atra*) o nessun partner algale (*Naetrocymbe punctiformis*) sono una esigua minoranza.

Substrato – Le forme epifite (Garigliano 87,88%, Castel Volturno 83,87 %, Ischitella 83,93) sono molto più abbondanti di quelle terricole (Garigliano 12,12%, Castel Volturno 16,13 %, Ischitella 16,07%); questa prevalenza è dovuta al fatto che mentre la

vegetazione arbustiva-boschiva è relativamente ben sviluppata nell'ambito dei tre SIC, gli affioramenti di sabbia e terreno, sono meno numerosi.

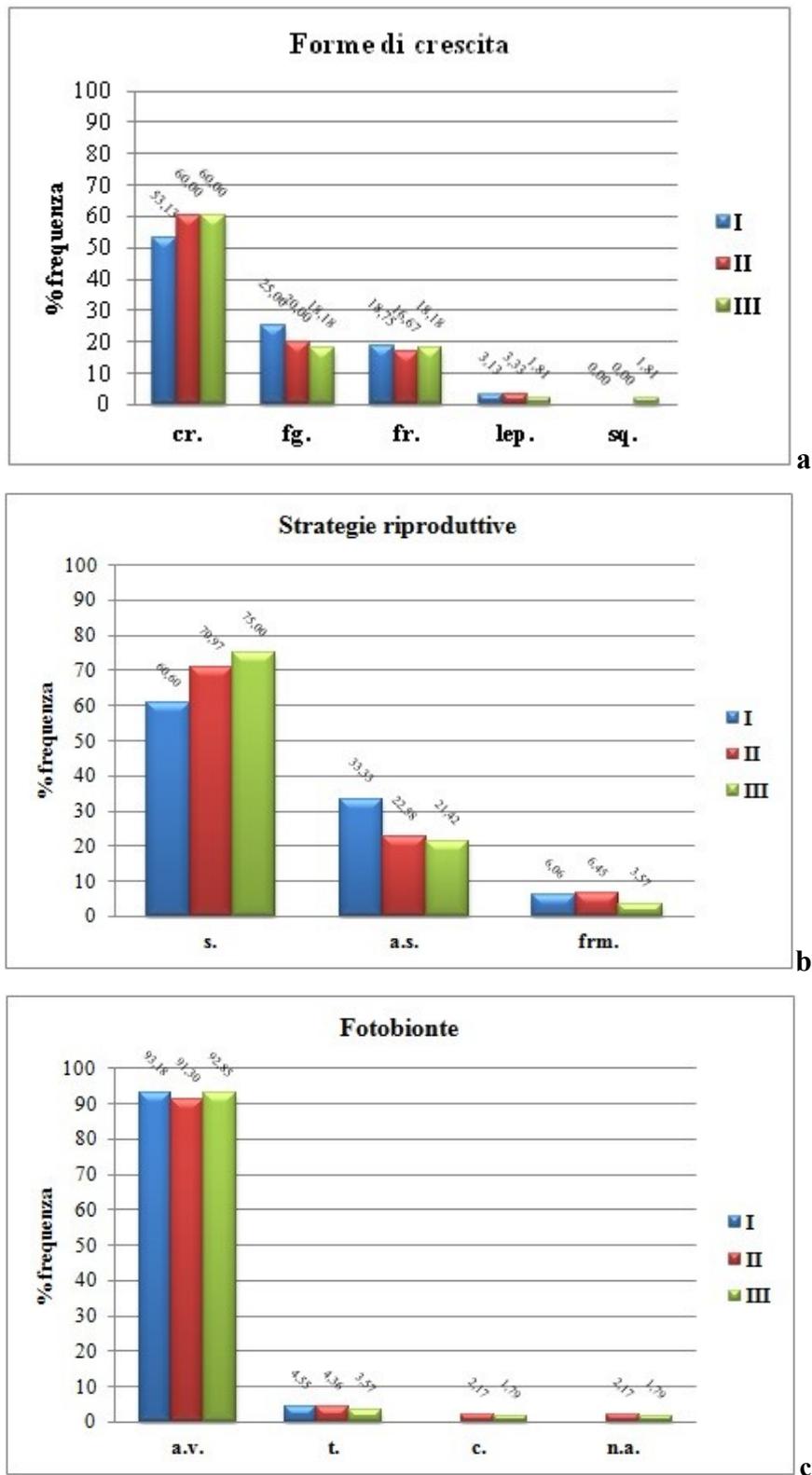


Fig. 17 – Indici biologici: I) Garigliano; II) Castel Volturno; III) Ischitella. a) Forme di crescita: cr.= crostoso; fg.= foglioso; fr.= fruticoso; lep. = leproso; sq.= squamuloso. b) Strategie riproduttive: s.= sessuata; a.s.= a sessuata per soreddi; frm.= frammentazione. c) Fotobionte: a.v.= alga verde non trentepohlioidae; t.= *Trentepohlia* sp.; c.=cianobatteri; n.a.= nessuna alga.

4.1.3 Caratterizzazione ecologica

Dall'elaborazione degli indici ecologici sono stati creati grafici relativi all'indice di pH, di fotofitismo (Fig. 18 a, b), di igrofitismo, di eutrofizzazione e di poleofobia (Figg. 19 a,b,c). Da questi si evince che la flora censita preferisce substrati da piuttosto acidi a moderatamente basici; gran parte delle specie è per lo più da mesofitica-xerofitica con preferenza per habitat con spazi aperti e luce solare diretta. Sia l'indice di eutrofizzazione sia quello di poleofobia indicano specie che tollerano habitat poco eutrofizzati e scarsamente antropizzati.

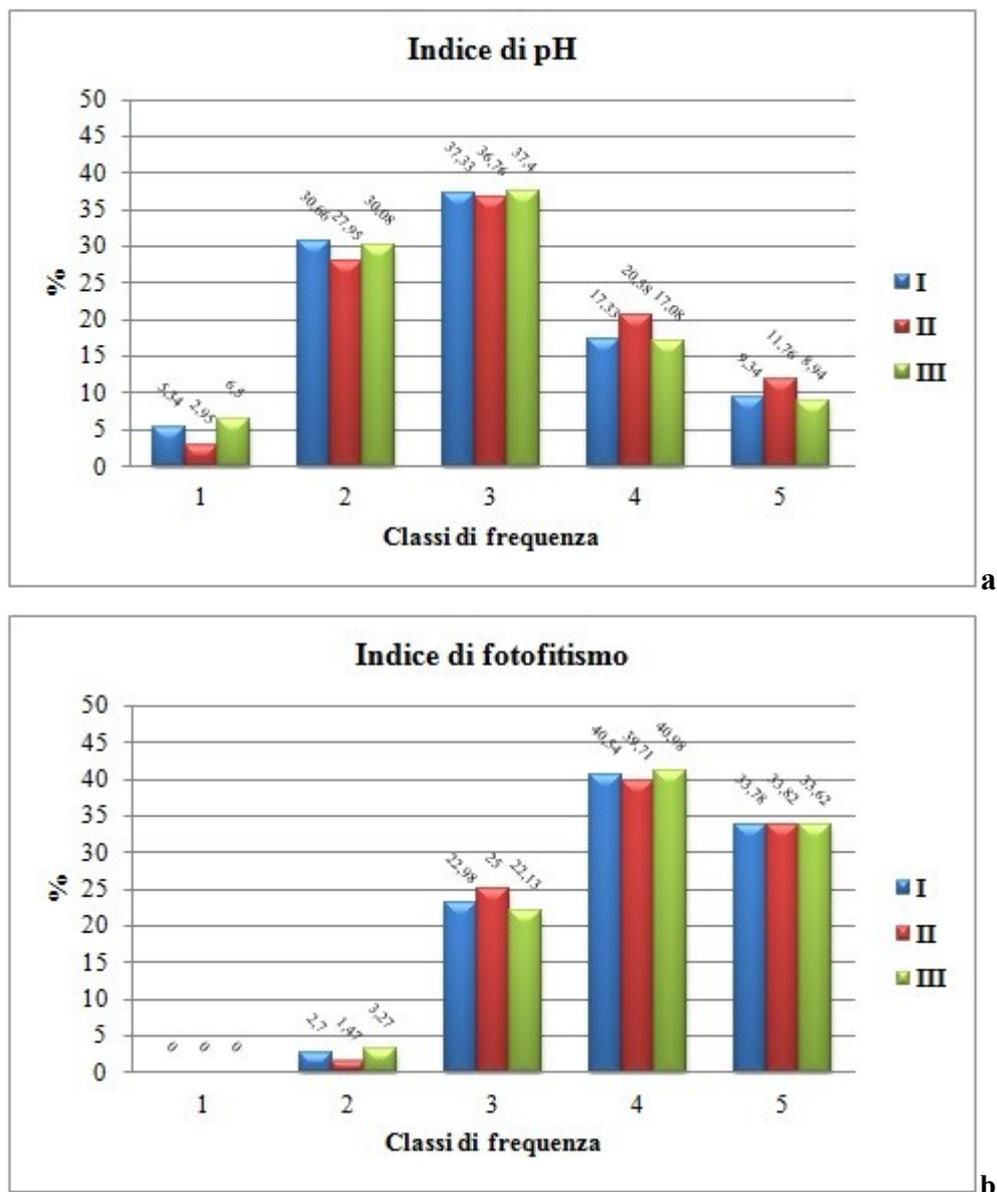
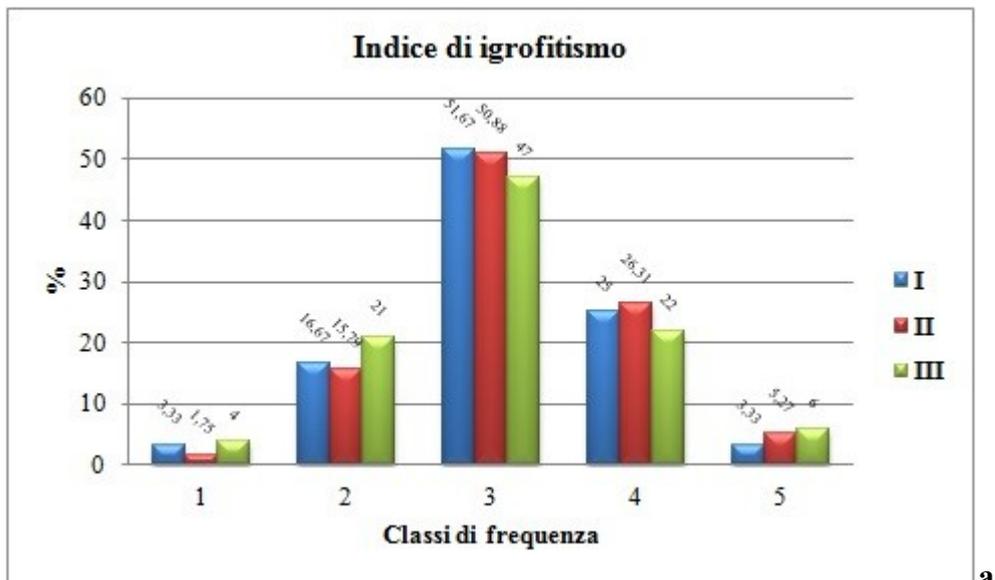
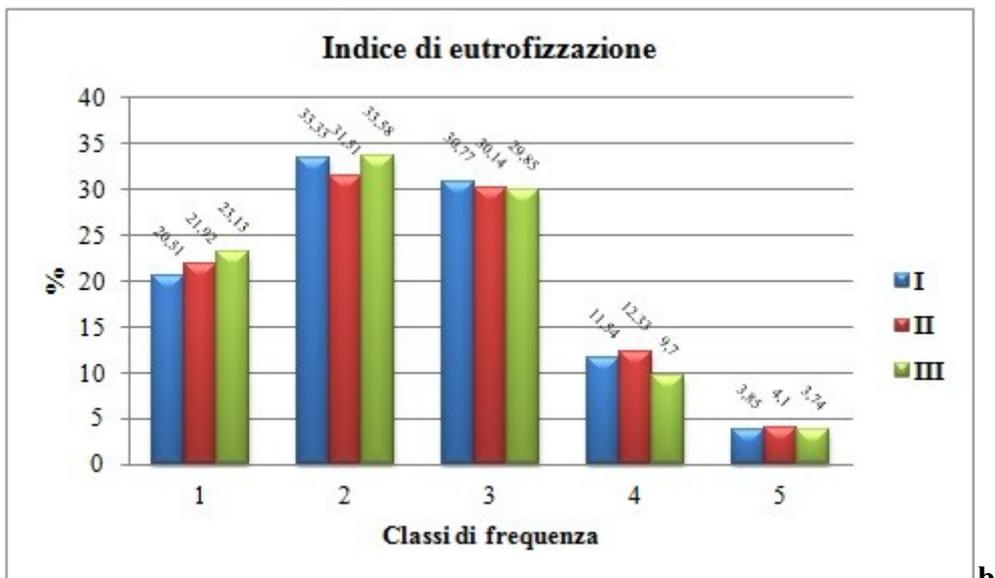


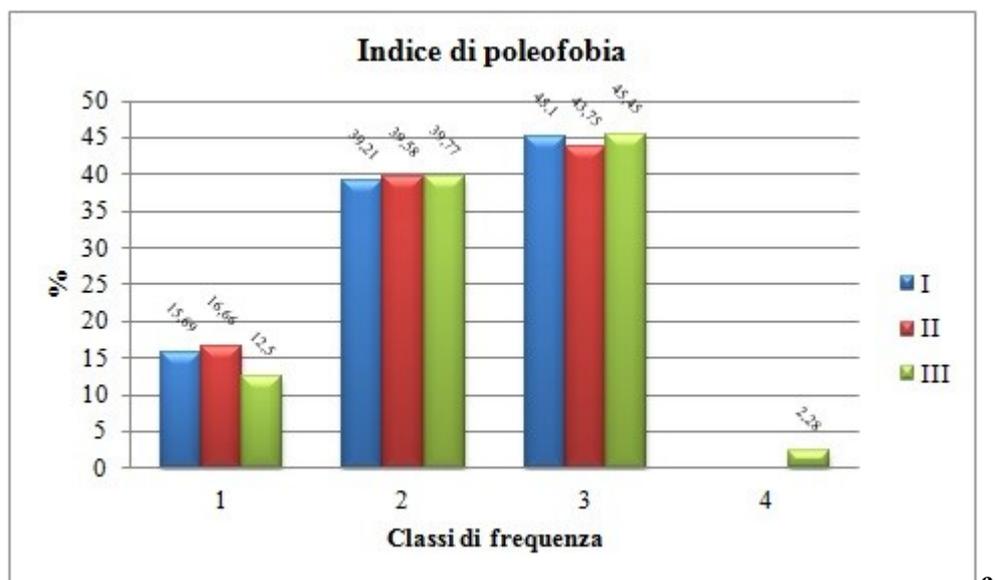
Fig. 18 – Indici di pH (a) e di fotofitismo (b)



a



b



c

Fig. 19 – Indici di igrofitismo (a), eutrofizzazione (b), poleofobia (c).

4.1.4 Corologia

Lo spettro corologico mostra un'ampia percentuale di specie temperate s.l. in tutte e tre le aree, mentre la presenza di specie suboceaniche, mediterranee e sub tropicali è nettamente minore. (Fig. 20)

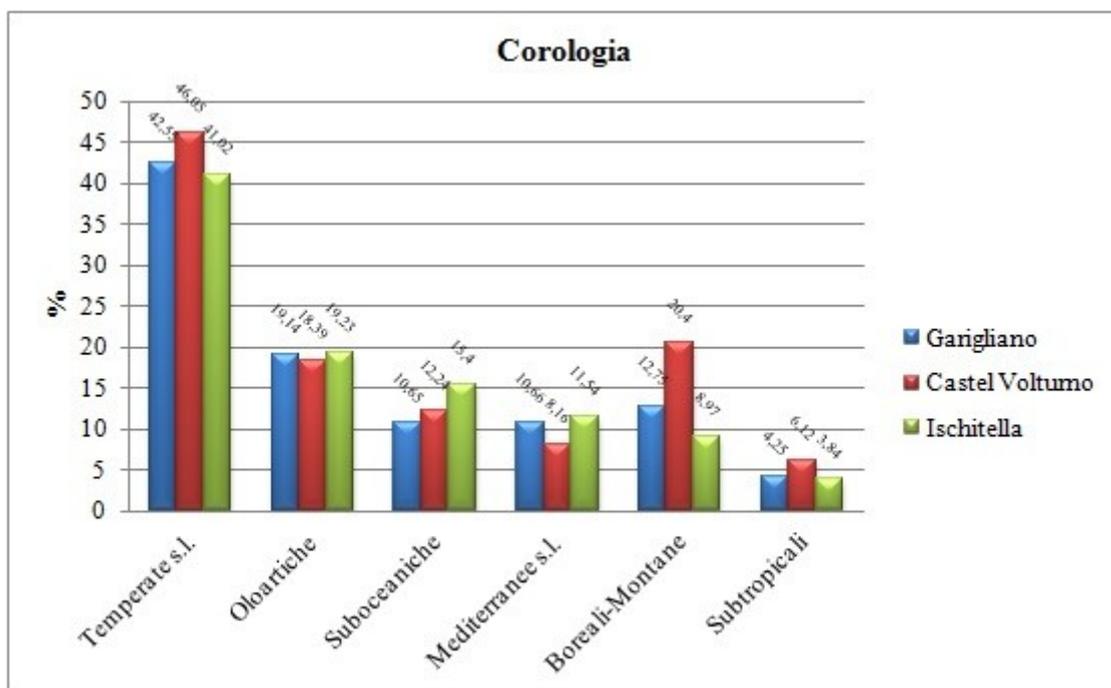


Fig. 20 – Spettri fitoclimatici delle varie specie nei tre SIC.

Tab. 1 – Lista delle specie trovate nei tre siti.

Specie	Sub.	Gr.	Rip.	Fotob.	I	II	III	Rarità	NRS
<i>Amandinea punctata</i> (Hoffm.) Coppins & Scheid.	C, J, P, Ph, Pl, Pyl, R, Q	cr.	s.	a.v			•	c	
<i>Bacidia rubella</i> (Hoffm.) A. Massal.	C, J, Ph, Pl, Pyl, R	cr.	s.	a.v		•	•	r	
<i>Bacidina phacodes</i> (Körb.) Vězda	C, P, Ph, P, Ph, R	cr.	s.	a.v		•	•	r	
* <i>Caloplaca aegatica</i> Giralt, Nimis & Poelt	C, J, P, Ph, Pl, Pyl, R, Q	cr.	s.	a.v	•	•	•	r	
<i>Caloplaca cerina</i> (Hedw.) Th. Fr. v. <i>cerina</i> (Hedw.) Th. Fr.	C, J, P, Ph, Pl, Pyl, R	cr.	s.	a.v	•	•	•	c	
<i>Caloplaca cerinella</i> (Nyl.) Flagey	C, J, P, Ph, Pl, Pyl, R, Q	cr.	s.	a.v	•	•	•	c	
<i>Caloplaca ferruginea</i> (Huds.) Th. Fr.	J, Pl, Pyl, Q	cr.	s.	a.v			•	rc	
<i>Caloplaca pyracea</i> (Ach.) Th. Fr.	C, J, P, Ph, Pl, Pyl, R, Q	cr.	s.	a.v	•	•	•	rc	
<i>Candelariella xanthostigma</i> (Ach.) Lettau	C, J, P, R,	cr.	s.	a.v	•	•	•	rc	
<i>Catillaria nigroclavata</i> (Nyl.) Schuler	C, J, P, Ph, Pl, Pyl, R, Q	cr.	s.	a.v	•		•	c	
<i>Chrysotrix candelaris</i> (L.) J.R.Laundon	P	lp.	a.s.	a.v	•	•	•	c	
<i>Cladonia convoluta</i> (Lam.) Anders	S,M	fr.	frm.	a.v	•	•	•	vc	
<i>Cladonia foliacea</i> (Huds.) Willd.	S,M	fr.	frm.	a.v	•	•	•	rc	
<i>Cladonia pocillum</i> (Ach.) O.J. Rich.	S,M	fr.	s.	a.v			•	ec	
<i>Cladonia pyxidata</i> (L.) Hoffm.	S,M	fr.	s.	a.v			•	ec	
<i>Cladonia rangiformis</i> Hoffm.	S,M	fr.	s.	a.v	•	•	•	ec	
<i>Cladonia subrangiformis</i> Sandst.	S,M	fr.	s.	a.v	•	•	•	rc	
<i>Collema tenax</i> (Sw.) Ach.	S	fg.	s.	c.		•	•	ec	
<i>Dimerella pineti</i> (Ach.) Vězda	P, Q	cr.	s.	a.v			•	r	
<i>Diploicia canescens</i> (Dicks.) A.Massal.	C, J, P, Ph, Pl, Pyl, R, Q	cr.	a.s.	a.v	•	•	•	rc	
<i>Diploschistes muscorum</i> (Scop.) R.Sant.	M	cr.	s.	a.v			•	vr	
<i>Diplotomma alboatrum</i> (Hoffm.) Flot.	J	cr.	s.	a.v			•	rr	
<i>Evernia prunastri</i> (L.) Ach.	C, J, P, Ph, Pl, Pyl, R	fr.	a.s.	a.v	•		•	rc	
<i>Flavoparmelia caperata</i> (L.) Hale	P, Ph, Pl, Pyl, R, Q	fg.	a.s.	a.v	•	•	•	vc	
<i>Graphis scripta</i> (L.) Ach.	C, J, P, Ph, Pl, Pyl, R, Q	cr.	s.	t.	•	•	•	rr	
<i>Hyperphyscia adglutinata</i> (Flörke) H.Mayrhofer & Poelt	C, J, P, Ph, Pl, Pyl, R, Q	fg.	a.s.	a.v	•	•	•	ec	
<i>Lecanora chlarotera</i> Nyl.	C, J, P, Ph, Pl, Pyl, R, Q	cr.	s.	a.v	•	•	•	ec	
<i>Lecanora hagenii</i> (Ach.) Ach.	C, J, Ph, Pl, Pyl, R, Q	cr.	s.	a.v	•	•	•	c	
<i>Lecanora horiza</i> (Ach.) Linds.	C, J, P, Ph, Pl, Pyl, R, Q	cr.	s.	a.v	•	•	•	c	
<i>Lecanora lividocinerea</i> Bagl.	C, J, Pl, Pyl, R	cr.	s.	a.v	•		•	vr	#
<i>Lecanora sambuci</i> (Pers.) Nyl.		cr.	s.	a.v		•	•	rr	

Specie	Sub.	Gr.	Rip.	Fotob.	I	II	III	Rarità	Red List
<i>Lecanora strobilina</i> (Spreng.) Kieff.	J, P, Ph, R, Q	cr.	s.	a.v	•	•	•	vr	
<i>Lecidella elaeochroma</i> (Ach.) M.Choisy	C, J, P, Ph, Pl, Pyl, R, Q	cr.	s.	a.v	•	•	•	ec	
<i>Naetrocymbe punctiformis</i> (Pers.) R.C.Harris	J, Pl, Pyl, Q	fnl.	s.	n.a.	•	•	•	rr	
<i>Opegrapha atra</i> Pers.	P, Q	cr.	s.	t.			•	vc	
<i>Parmelia sulcata</i> Taylor	Pyl, Q	fg.	a.s.	a.v	•		•	ec	
* <i>Parmotrema hypoleucinum</i> (J.Steiner) Hale	P, Ph	fg.	a.s.	a.v	•		•	er	#
<i>Parmotrema perlatum</i> (Huds.) M.Choisy	P, Q	fg.	a.s.	a.v	•	•	•	vc	
<i>Pertusaria heterochroa</i> (Müll.Arg.) Erichsen	Q	cr.	s.	a.v			•	c	
<i>Pertusaria hymenea</i> (Ach.) Schaer.	Q	cr.	s.	a.v			•	c	
<i>Pertusaria leioplaca</i> DC.	Pyl, Q	cr.	s.	a.v			•	rr	
<i>Pertusaria pertusa</i> (Weigel) Tuck.	Pyl, Q	cr.	s.	a.v			•	rc	
<i>Physcia adscendens</i> (Fr.) H.Olivier	C, J, P, Ph, Pl, Pyl, R, Q	fg.	a.s.	a.v	•	•	•	ec	
<i>Physcia leptalea</i> (Ach.) DC.	C, J, P, Ph, Pl, Pyl, R, Q	fg.	s.	a.v			•	rc	
<i>Punctelia subrudecta</i> (Nyl.) Krog	P, Ph, Pyl, R	fg.	a.s.	a.v	•		•	vc	
<i>Pyrrhospora quernei</i> (Dicks.) Körb.	J, Pyl	cr.	s.	a.v			•	c	
<i>Ramalina canariensis</i> J.Steiner	C, J, P, Ph, Pl, Pyl, R	fr.	a.s.	a.v	•	•	•	rc	
<i>Ramalina lacera</i> (With.) J.R.Laundon	C, J, R	fr.	a.s.	a.v			•	r	
<i>Rinodina exigua</i> (Ach.) Gray	C, J, P, Ph, Pl, Pyl, R, Q	cr.	s.	a.v	•	•	•	c	
<i>Rinodina pyrina</i> (Ach.) Arnold	C, J, P, Ph, Pl, Pyl, R, Q	cr.	s.	a.v	•	•	•	rc	
<i>Rinodina roboris</i> (Nyl.) Arnold	J	cr.	s.	a.v			•	er	#
<i>Rinodina sophodes</i> (Ach.) A.Massal.	C, J, P, Ph, Pl, Pyl, R, Q	cr.	s.	a.v	•	•	•	rr	
* <i>Seiophora villosa</i> (Ach.) Frödén	C, J, P, Ph, Pl, Pyl, R	fr.	s.	a.v			•	er	#
<i>Tephromela atra</i> (Huds.) Hafellner v. <i>torulosa</i> (Flot.) Hafellner	J, Pyl	cr.	s.	a.v			•	rr	
<i>Toninia sedifolia</i> (Scop.) Timdal	S	sq.	s.	a.v			•	c	
<i>Xanthoria parietina</i> (L.) Th.Fr.	C, J, P, Ph, Pl, Pyl, R, Q	fg.	s.	a.v	•	•	•	ec	

1) **Substrati di crescita** (Sub.): *Cistus* sp. = C; *Juniperus oxycedrus* L. subs. *macrocarpa* = J; *Phyllirea angustifolia* L. = Pyl; *Pinus halepensis* Mill. = Ph; *Pinus* sp. = P; *Pistacia lentiscus* L. = Pl; *Quercus ilex* L. subs. *ilex* = Q; *Rosmarinus officinalis* L. = R; Sabbia = S; Muschi = M. 2) **Forma di crescita** (Gr.): cr. = crostoso; fg. = foglioso; fr. = fruticoso; sq. = squamuloso; fnl. = fungo non lichenizzato; lp. = leproso. 3) **Riproduzione** (Rip.): s. = sessuata; a.s. = a sessuata tramite soredi; frm. = frammentazione. 4) **Fotobionte** (Fotob.): a.v. = alga verde non trentepolioidi; t. = alga verde appartenente al genere *Trentepohlia*, c. = cianobatteri; n.a. = nessuna alga. 5) **Sito**: I = Garigliano; II = Castel Volturno; III = Ischitella. 6) **Rarità**: a = assente; er = estremamente raro; vr = molto raro; r = raro; rr = piuttosto raro; rc = piuttosto comune; c = comune; vc = molto comune; ec = estremamente comune. 7) **NRS**: specie rare a livello nazionale (Nascimbene et al., 2013).

4.2 Popolazione di *Seiophora villosa*

In totale nei tre stand sono stati trovati 28 *taxa*. *Seiophora villosa* è stata trovata solo nello stand A. Anche se la specie non è stata rinvenuta negli altri stand, questi siti sembrano ospitare un subset di specie presenti nel sito A. Inoltre lo stand A è quello più ricco di specie, con 25 *taxa* ritrovati, seguito dallo stand B (24 *taxa*) e dallo stand C (17 *taxa*). Da notare che per la maggior parte delle specie, la frequenza tende a decrescere nei tre stand ($A > B > C$) seguendo un certo gradiente di disturbo (Tab. 2).

Tab. 2 – Frequenza percentuale totale delle specie nei tre stand.

Specie	Frequenza		
	A	B	C
<i>Amandinea punctata</i> (Hoffm.) Coppins & Scheid.	2%	3%	2%
<i>Bacidia rubella</i> (Hoffm.) A.Massal.	14%	13%	4%
<i>Caloplaca aegatica</i> Giralt, Nimis & Poelt	26%	18%	16%
<i>Caloplaca cerina</i> (Hedw.) Th.Fr. var. <i>cerina</i>	2%	2%	0%
<i>Caloplaca cerinella</i> (Nyl.) Flagey	3%	5%	0%
<i>Caloplaca ferruginea</i> (Huds.) Th. Fr.*	7%	1%	1%
<i>Caloplaca pyracea</i> (Ach.) Th.Fr.	19%	29%	16%
<i>Catillaria nigroclavata</i> (Nyl.) Schuler	1%	3%	0%
<i>Diploicia canescens</i> (Dickson) Massal.	45%	48%	45%
<i>Diplotomma alboatrum</i> (Hoffm.) Flot.	7%	0%	0%
<i>Evernia prunastri</i> (L.) Ach.	0%	4%	0%
<i>Flavoparmelia caperata</i> (L.) Hale	3%	1%	0%
<i>Graphis scripta</i> (L.) Ach.	0%	13%	3%
<i>Lecanora chlarotera</i> Nyl.	16%	14%	1%
<i>Lecanora lividocinerea</i> Bagl.	22%	20%	10%
<i>Lecanora sambuci</i> (Pers.) Nyl.	2%	1%	1%
<i>Lecidella elaeochroma</i> (Ach.) M. Choisy	36%	30%	28%
<i>Naetrocymbe punctiformis</i> (Pers.) R.C.Harris.	4%	2%	0%
<i>Pertusaria pertusa</i> (Weigel) Tuck.	0%	10%	2%
<i>Physcia adscendens</i> (Fr.) H. Olivier	22%	33%	36%
<i>Physcia leptalea</i> (Ach.) DC.	4%	3%	0%
<i>Pyrrhospora quernea</i> (Dicks.) Körb.	5%	0%	0%
<i>Ramalina canariensis</i> J. Steiner	31%	28%	11%
<i>Rinodina pyrina</i> (Ach.) Arnold	8%	13%	4%
<i>Rinodina sophodes</i> (Ach.) A. Massal.	9%	7%	6%
<i>Seiophora villosa</i> (Ach.) Frödén	42%	0%	0%
<i>Tephromela atra</i> (Huds.) Hafellner v. <i>atra</i>	2%	0%	0%
<i>Xanthoria parietina</i> (L.) Th. Fr	45%	85%	88%

Se consideriamo solo lo stand A, notiamo che la massima frequenza di *Seiophora villosa* è stata trovata in prossimità della parte centrale del sito (Fig. 21), alla massima

distanza dalle strade di accesso al mare e dove la copertura vascolare è più matura e continua. *Juniperus* e *Phyllirea* risultano le specie arbustive maggiormente colonizzate da *S. villosa* (Fig. 22), mentre solo alcuni individui di *Rosmarinus* e *Cistus* sembrano avere un hotspot di questa specie.

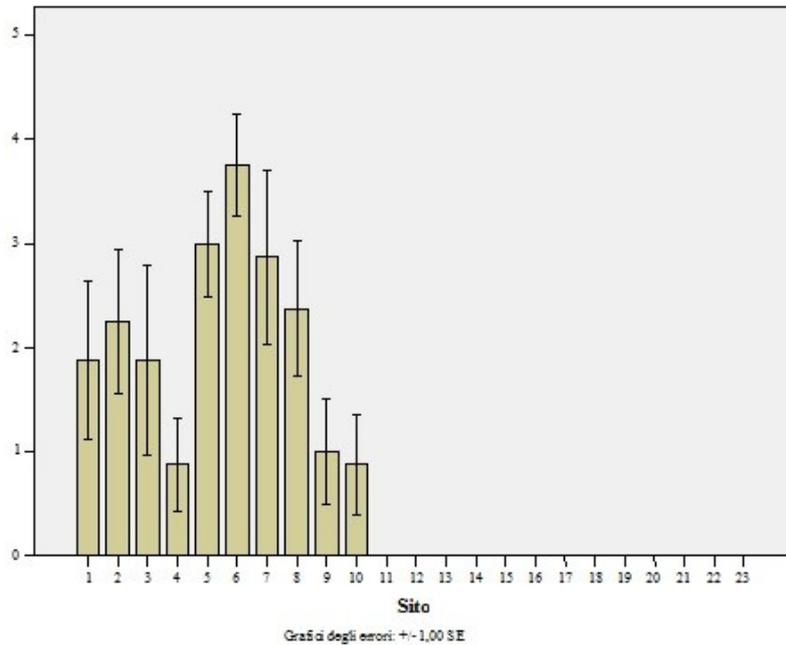


Fig. 21 – Distribuzione di *S. villosa* nei vari plot. Le barre rappresentano media±errore standard .

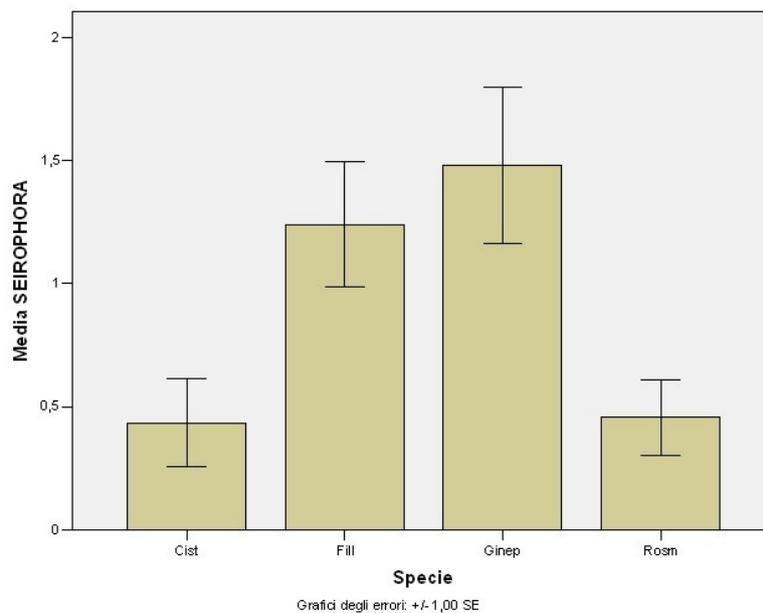


Fig. 22 – Substrati maggiormente colonizzati da *S. villosa*. Le barre rappresentano media±errore standard.

Per ogni substrato indagato, in ogni stand, sono state elaborate le percentuali di frequenza delle specie censite (Tab. 3).

Tab. 3 - Frequenza delle specie sui diversi sustrati nei tre stand.

Specie	Juniperus			Phyllirea			Cistus			Rosmarinus		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
<i>Amandinea punctata</i> (Hoffm.) Coppins & Scheid.	1%	0%	1%	5%	7%	0%	0%	3%	6%	2%	0%	0%
<i>Bacidia rubella</i> (Hoffm.) A.Massal.	49%	25%	16%	0%	0%	0%	0%	13%	0%	5%	13%	0%
<i>Caloplaca aegatica</i> Giralt, Nimis & Poelt	35%	15%	33%	35%	23%	29%	20%	3%	13%	15%	32%	13%
<i>Caloplaca cerina</i> (Hedw.) Th.Fr. var. <i>cerina</i>	1%	3%	0%	6%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	3%	0%
<i>Caloplaca cerinella</i> (Nyl.) Flagey	4%	7%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	0%	0%
<i>Caloplaca ferruginea</i> (Huds.) Th. Fr.*	22%	3%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	5%	0%	0%
<i>Caloplaca pyracea</i> (Ach.) Th.Fr.	19%	3%	20%	28%	12%	10%	16%	13%	29%	13%	13%	7%
<i>Catillaria nigroclavata</i> (Nyl.) Schuler	0%	7%	0%	1%	0%	0%	2%	0%	0%	0%	3%	0%
<i>Diploicia canescens</i> (Dickson) Massal.	59%	50%	24%	39%	58%	0%	46%	30%	43%	37%	53%	50%
<i>Diplotomma alboatrum</i> (Hoffm.) Flot.	27%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%
<i>Evernia prunastri</i> (L.) Ach.	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	17%	0%
<i>Flavoparmelia caperata</i> (L.) Hale	0%	0%	0%	3%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<i>Graphis scripta</i> (L.) Ach.	0%	0%	0%	0%	50%	13%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<i>Lecanora chlarotera</i> Nyl.	28%	38%	0%	12%	7%	0%	13%	3%	0%	10%	7%	3%
<i>Lecanora lividocinerea</i> Bagl.	33%	33%	24%	14%	12%	0%	21%	12%	17%	19%	25%	0%
<i>Lecanora sambuci</i> (Pers.) Nyl.	0%	0%	1%	0%	0%	0%	1%	1%	1%	0%	2%	0%
<i>Lecidella elaeochroma</i> (Ach.) M. Choisy	28%	27%	29%	45%	17%	16%	38%	47%	37%	32%	30%	29%
<i>Naetrocymbe punctiformis</i> (Pers.) R.C.Harris.	0%	0%	0%	11%	8%	0%	0%	0%	0%	5%	0%	0%
<i>Pertusaria pertusa</i> (Weigel) Tuck.	0%	0%	0%	0%	42%	7%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<i>Physcia adscendens</i> (Fr.) H. Olivier	0%	3%	4%	12%	22%	27%	33%	62%	36%	43%	53%	59%
<i>Physcia leptalea</i> (Ach.) DC.	0%	10%	0%	3%	3%	0%	5%	0%	0%	6%	0%	0%
<i>Pyrrhospora quernea</i> (Dicks.) Körb.	21%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<i>Ramalina canariensis</i> J. Steiner	36%	2%	3%	30%	5%	3%	28%	58%	43%	28%	47%	46%
<i>Rinodina pyrina</i> (Ach.) Arnold	29%	35%	17%	4%	17%	0%	0%	4%	3%	0%	0%	0%
<i>Rinodina sophodes</i> (Ach.) A. Massal.	30%	25%	23%	6%	3%	1%	0%	0%	1%	0%	0%	0%
<i>Seirophora villosa</i> (Ach.) Frödén	68%	0%	0%	57%	0%	0%	20%	0%	0%	21%	0%	0%
<i>Tephromela atra</i> (Huds.) Hafellner v. <i>atra</i>	9%	0%	0%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<i>Xanthoria parietina</i> (L.) Th. Fr	26%	67%	41%	44%	80%	59%	56%	98%	83%	54%	97%	89%

In genere, le specie licheniche maggiormente frequenti nei tre stand sono *Xanthoria parietina*, *Diploicia canescens*, *Ramalina canariensis* e *Lecidella elaeochroma*, tipiche di comunità appartenenti allo *Xanthorion parietinae* Ochsner 1928 (Barkman, 1958). Poiché lo scopo del nostro lavoro era quello di caratterizzare le comunità licheniche epifite associate a *Seiophora villosa*, è stata eseguita una cluster analysis sulla submatrice delle specie dei rilievi dello stand A (Fig. 23).

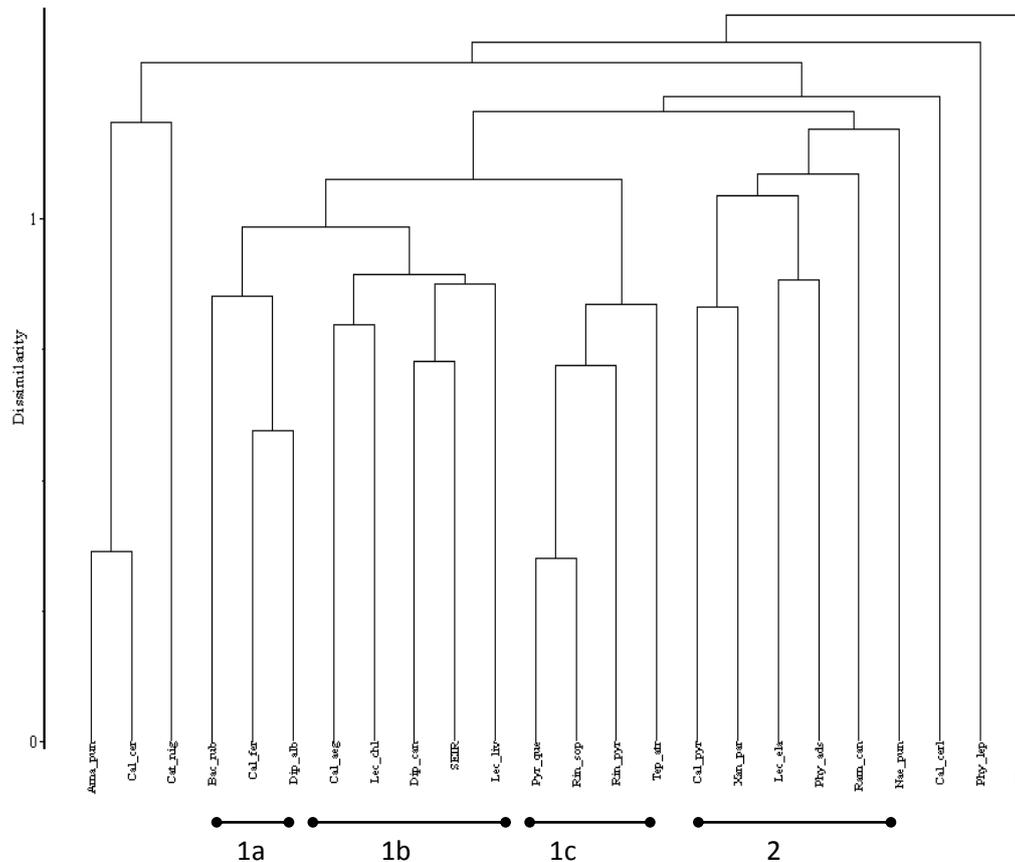


Fig. 23 – Dendrogramma delle specie licheniche rinvenute nello stand A, effettuato secondo il legame medio e la distanza sulla corda. I sottocluster 1a, 1b e 1c rappresentano le specie associate a *S. villosa*, mentre quelle sottocluster 2 sono ad essa negativamente correlate.

4.3 Formazioni forestali arbustive

4.3.1 Composizione comunità

Nelle tre aree di studio, sono state censite in totale 43 specie (Tab. 4). I generi più rappresentativi sono stati: *Lecanora* (6 specie), *Caloplaca* (5 specie), e *Pertusaria* (4 specie). Otto ricadono nella categoria “raro Specie Rare” (18% delle specie totali): *Bacidia rubella*, *Bacidina phacodes*, *Caloplaca aegatica*, *Lecanora lividocinerea*, *Lecanora strobilina*, *Ramalina lacera*, *Rinodina roboris* e *Seiophora villosa*. Tre di

queste sono state trovate solo nel sito di Ischitella, due solo nei siti di Castel Volturno e Ischitella, una solo nel sito del Garigliano e nel sito di Ischitella, mentre due sono comuni a tutti e tre i siti. In totale prevalgono le forme crostose (73,80%) mentre le forme fogliose e fruticose sono rispettivamente il 16,67% e il 9,53%. Il 79,07% delle specie si riproduce per via sessuata tramite la produzione di ascospore e il 20,93% tramite la formazione di propaguli vegetativi (soredi). La maggior parte dei licheni ha come fotobionte un'alga verde non trentepohliode (95,24%), mentre in minor misura sono presenti specie con *Trentepohlia* (4,76%).

La maggior parte delle specie censite nei tre siti preferisce substrati da subacidi a moderatamente basici. Sono per lo più specie che amano ampi spazi aperti e con un'elevata irradiazione solare diretta; tollerano livelli di eutrofizzazione da moderatamente bassi ad abbastanza alti. Anche se una buona parte è tipica di habitat moderatamente disturbati sono comunque presenti, soprattutto nel sito di Ischitella specie di habitat indisturbati.

Considerando il numero totale di specie censite nei tre siti, 23 sono state ritrovate nel sito del Garigliano, 21 nel sito di Castel Volturno e 41 nel sito di Ischitella. Circa il 40% ricorre in tutte e tre le aree, e la specie più abbondante è *Xanthoria parietina* (Tab. 4).

Per ogni sito l'Analisi delle Specie Indicatrici ha rivelato alcune specie tipiche (Tab. 4): *Caloplaca aegatica*, *Caloplaca cerinella*, *Hyperphyscia adglutinata*, *Lecanora chlarotera*, *Lecanora hagenii*, *Lecanora horiza*, *Rinodina pyrina* e *Rinodina sophodes* per il Garigliano; *Caloplaca ferruginea* e *Pertusaria leioplaca* per Ischitella; nessuna specie per Castel Volturno.

Tab. 4 – Lista specie per formazioni arbustive.

Specie	Gr	Rip	Foto	Val pH	Ind L	Ecol				NRS	Rarità	Freq. nei siti (%)			IV	Siti
						H	E	P	1			2	3			
<i>Amandinea punctata</i> (Hoffm.) Coppins & Scheid.	cr.	s.	a.v	1-3	4-5	3-4	2-4	1-3		c	0	0	5	5.3	3	
<i>Bacidia rubella</i> (Hoffm.) A. Massal.	cr.	s.	a.v	2-3	4	2-3	1-3	2-3		r	0	6	21	15.1	3	
<i>Bacidina phacodes</i> (Körb.) Vězda	cr.	s.	a.v	2	3	2	1	3		r	0	0	14	14.5	3	
<i>Caloplaca aegatica</i> Giralt, Nimis & Poelt	cr.	s.	a.v	3	4-5	2	2-3	3		r	44	6	22	26.6*	1	
<i>Caloplaca cerina</i> (Hedw.) Th. Fr. v. <i>cerina</i> (Hedw.) Th. Fr.	cr.	s.	a.v	3-4	3-5	3-4	3-4	1-3		c	12	12	7	6.4	1	
<i>Caloplaca cerinella</i> (Nyl.) Flagey	cr.	s.	a.v	3-4	4-5	3-4	3-4	2-3		c	92	35	46	57.9**	1	
<i>Caloplaca ferruginea</i> (Huds.) Th. Fr.	cr.	s.	a.v	2-3	4-5	3	1-3	2-3		rc	0	0	28	27.6**	3	
<i>Caloplaca pyracea</i> (Ach.) Th. Fr.	cr.	s.	a.v	3-4	4-5	3-4	2-4	2-3		rc	96	71	67	35.6	1	
<i>Candelariella xanthostigma</i> (Ach.) Lettau	cr.	s.	a.v	2-3	3-5	3	2-3	1-3		rc	8	18	0	9.0	2	
<i>Catillaria nigroclavata</i> (Nyl.) Schuler	cr.	s.	a.v	2-3	4	3	2-3	2-3		c	32	0	16	17.9	1	
<i>Diploicia canescens</i> (Dicks.) A.Massal.	cr.	a.s.	a.v	3-5	3-5	2-3	2-4	2-3		rc	48	47	50	20.8	3	
<i>Diplotomma alboatrum</i> (Hoffm.) Flot.	cr.	s.	a.v	3-4	4-5	4-5	3-4	2-3		rr	0	0	1	1.3	3	
<i>Evernia prunastri</i> (L.) Ach.	fr.	a.s.	a.v	1-3	3-5	2-3	1-3	2-3		rc	4	0	8	6.9	3	
<i>Flavoparmelia caperata</i> (L.) Hale	fg.	a.s.	a.v	2-3	3-4	3	1-3	1-3		vc	0	0	11	10.5	3	
<i>Graphis scripta</i> (L.) Ach.	cr.	s.	t.	2-3	2-3	2-3	1-2	2-3		rr	32	29	38	18.9	3	
<i>Hyperphyscia adglutinata</i> (Flörke) H.Mayrhofer & Poelt	fg.	a.s.	a.v	3-5	4-5	3-4	3-5	1-3		ec	44	24	12	31.6**	1	
<i>Lecanora chlarotera</i> Nyl.	cr.	s.	a.v	2-3	3-5	3-4	2-5	1-3		ec	88	71	59	39.0*	1	
<i>Lecanora hagenii</i> (Ach.) Ach.	cr.	s.	a.v	3-5	4-5	3-5	2-4	1-3		c	76	12	36	47.8**	1	
<i>Lecanora horiza</i> (Ach.) Linds.	cr.	s.	a.v	2-3	4-5	3-4	2-3	2-3		c	52	12	5	40.6**	1	
<i>Lecanora lividocinerea</i> Bagl.	cr.	s.	a.v	3	4-5	3	3	3		vr	4	0	12	11.2	3	
<i>Lecanora sambuci</i> (Pers.) Nyl.	cr.	s.	a.v	3-4	3-5	3	1-3	2-3		rr	0	18	0	17.6	2	
<i>Lecanora strobilina</i> (Spreng.) Kieff.	cr.	s.	a.v	1-2	3	2-3	1	3		vr	8	12	3	4.5	1	

<i>Lecidella elaeochroma</i> (Ach.) M.Choisy	cr.	s.	a.v	2-4	3-5	2-5	2-4	1-3		ec	88	71	78	32.1	1
<i>Naetrocymbe punctiformis</i> (Pers.) R.C.Harris	fnl.	s.	n.a.	2-3	3-5	3	1-2	2-3		c	4	0	7	5.5	3
<i>Opegrapha atra</i> Pers.	cr.	s.	t.	2-3	2-4	2-3	1-2	2-3		vc	0	0	3	2.6	3
<i>Parmelia sulcata</i> Taylor	fg.	a.s.	a.v	1-3	3-5	2-3	1-3	1-3		ec	0	0	8	7.9	3
<i>Pertusaria heterochroa</i> (Müll.Arg.) Erichsen	cr.	s.	a.v	2-3	4-5	2-3	1-3	2-3		c	0	0	11	10.5	3
<i>Pertusaria hymenea</i> (Ach.) Schaer.	cr.	s.	a.v	2-3	4-5	2-3	1-2	2-3		c	0	0	22	22.4	3
<i>Pertusaria leioplaca</i> DC.	cr.	s.	a.v	2	2-3	2-3	1-2	2-3		rr	0	0	37	36.8**	3
<i>Pertusaria pertusa</i> (Weigel) Tuck.	cr.	s.	a.v	2	3	2-3	1-2	2-3		rc	0	0	17	17.1	3
<i>Physcia adscendens</i> (Fr.) H.Olivier	fg.	a.s.	a.v	3-5	4-5	3-4	3-5	1-3		ec	92	71	71	31.2	1
<i>Physcia leptalea</i> (Ach.) DC.	fg.	s.	a.v	2-4	4-5	3-4	2-3	2-3		rc	0	0	8	7.9	3
<i>Punctelia subrudecta</i> (Nyl.) Krog	fg.	a.s.	a.v	2-4	3-4	3	1-3	1-3		vc	0	0	1	1.3	3
<i>Pyrrhospora quernea</i> (Dicks.) Körb.	cr.	s.	a.v	2	4-5	2	2-3	1-2		c	0	0	3	2.6	3
<i>Ramalina canariensis</i> J.Steiner	fr.	a.s.	a.v	1-3	4-5	2	2-4	2-3		rc	16	41	41	20.8	3
<i>Ramalina lacera</i> (With.) J.R.Laundon	fr.	a.s.	a.v	2-3	4-5	1-2	2-3	3		r	0	0	5	5.3	3
<i>Rinodina exigua</i> (Ach.) Gray	cr.	s.	a.v	2	3-5	3-4	3	2-3		c	36	18	18	18.5	1
<i>Rinodina pyrina</i> (Ach.) Arnold	cr.	s.	a.v	2-3	4-5	3	2-3	2-3		rc	64	47	29	39.7**	1
<i>Rinodina roboris</i> (Nyl.) Arnold	cr.	s.	a.v	2	3-4	2	1-2	4	•	er	0	0	1	1.3	3
<i>Rinodina sophodes</i> (Ach.) A.Massal.	cr.	s.	a.v	2-3	4-5	3-4	1-2	2-3		rr	60	47	24	30.6*	1
<i>Seiophora villosa</i> (Ach.) Frödén	fr.	s.	a.v	2-3	4-5	2-4	2-3	4	•	er	0	0	3	2.6	3
<i>Tephromela atra</i> (Huds.) Hafellner v. <i>torulosa</i> (Flot.) Hafellner	cr.	s.	a.v	2-3	3-4	3	1-2	2-3		rr	0	0	1	1.3	3
<i>Xanthoria parietina</i> (L.) Th.Fr.	fg.	s.	a.v	2-4	3-5	3-4	3-4	1-3		ec	96	100	76	39.0	1

Caratteristiche delle specie: Forma di crescita(Gr.): crostosa (cr.), foliosa (fg.), fruticosa (fr.), fungo non lichenizzato(fn.l);

Riproduzione (Rip.): sessuata con produzione di ascospore (s), asessuata per soreddi (a.s). Fotobionte (Foto.): a.v (alga verde non trentepolioide), t. (alga verde appartenente al genere *Trentepohlia*)

Valori degli indici ecologici: pH: pH del substrato, L: affinità per la luce, H: affinità per l'umidità, E: tolleranza all'eutrofizzazione, P: poleofobia.

NRS: Specie rare a livello nazionale (Nascimbene *et al.*, 2013a)

IV: Massimo Valore Indicatore

* significatività del valore indicatore della specie con $P < 0.05$

** significatività del valore indicatore della specie con $P < 0.01$

Nell'ordinamento NMDS (Fig. 24) i due assi rappresentano l'80,4% della variabilità in composizione specifica (36,5% asse 1; 43,9% asse 2). Ci sono differenze di composizione tra i tre siti (MRPP, $A= 0.059$, $p < 0.001$); differenze un po' più pronunciate si hanno tra il Garigliano e Ischitella (MRPP, $A= 0.059$, $p < 0.001$) e tra il Garigliano e Castel Volturno (MRPP, $A= 0.085$, $p < 0.001$) mentre sono meno pronunciate tra Castel Volturno e Ischitella (MRPP, $A= 0.01$, $p < 0.02$). Tuttavia un valore basso del parametro A dalla MRPP e l'interpretazione del plot NMDS indicano una sovrapposizione abbastanza ampia delle comunità (Berryman & McCune 2006) tra le aree.

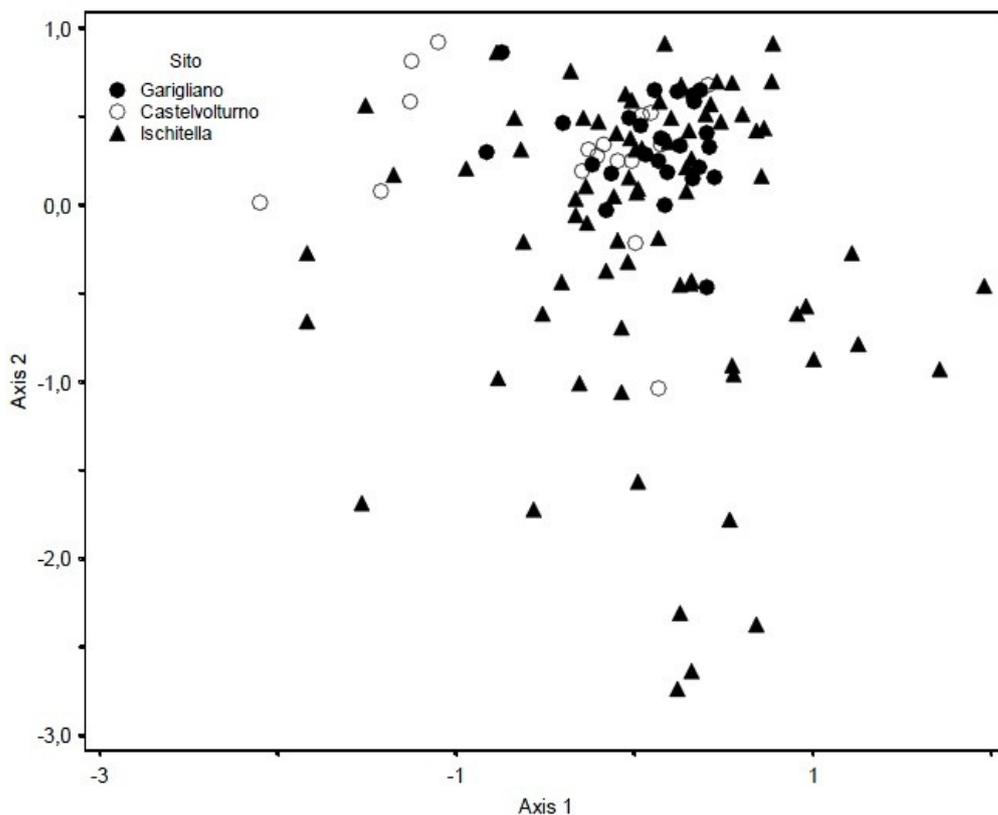


Fig. 24 - Ordinanza dei plot nello spazio sulla base dei risultati dell'NMDS. I plot appartenenti ai tre siti sono indicati con diversi simboli .

4.3.2 Ricchezza specifica e distanza dal mare

Esiste una correlazione negativa tra la ricchezza specifica e la distanza dal mare. I trend sono rappresentati da funzioni lineari (Figg. 25, 26):

- Garigliano, $R^2 = 0.403$, $p < 0.01$
- Castel Volturno, $R^2 = 0.070$, $p < 0.01$
- Ischitella, $R^2 = 0.203$, $p < 0.01$

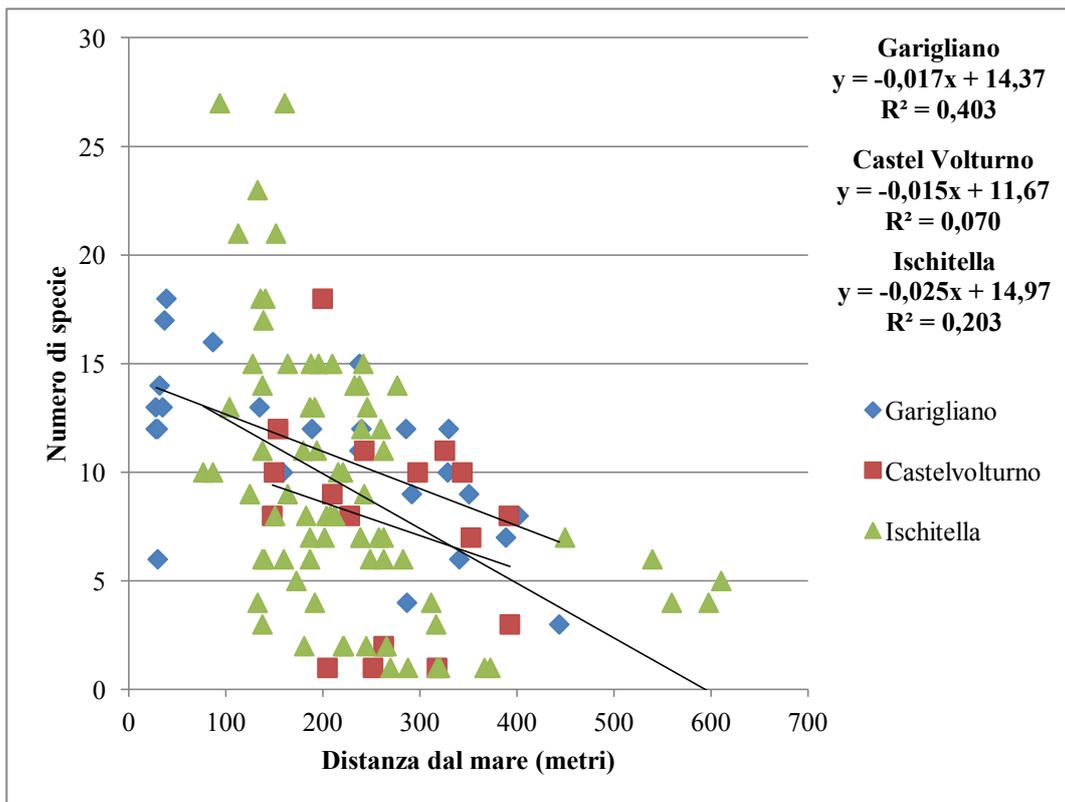


Fig. 25 – Correlazione tra la ricchezza specifica e la distanza dal mare per sito.

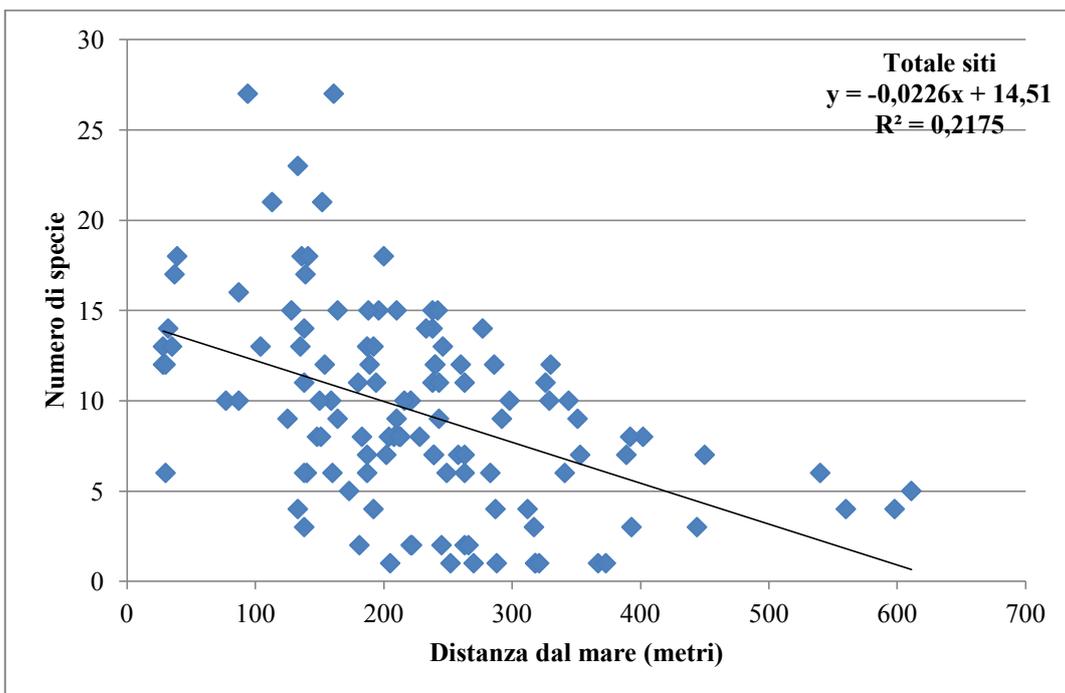


Fig. 26 – Correlazione tra la ricchezza specifica totale e la distanza dal mare.

4.3.3 Influenza del substrato sulle comunità epifite

Nell'ordinamento NMDS (Fig. 27) i due assi rappresentano 94,2% della variabilità in composizione specifica (37,1% asse 1; 57,1% asse 2). Si vede che cisto, ginepro, rosmarino e in parte lentisco hanno popolamenti simili, mentre fillirea e leccio sono diversi dagli altri. L'analisi MRPP conferma quanto sopra con differenze significative tra le specie (MRPP, $A = 0.272$, $p < 0.001$).

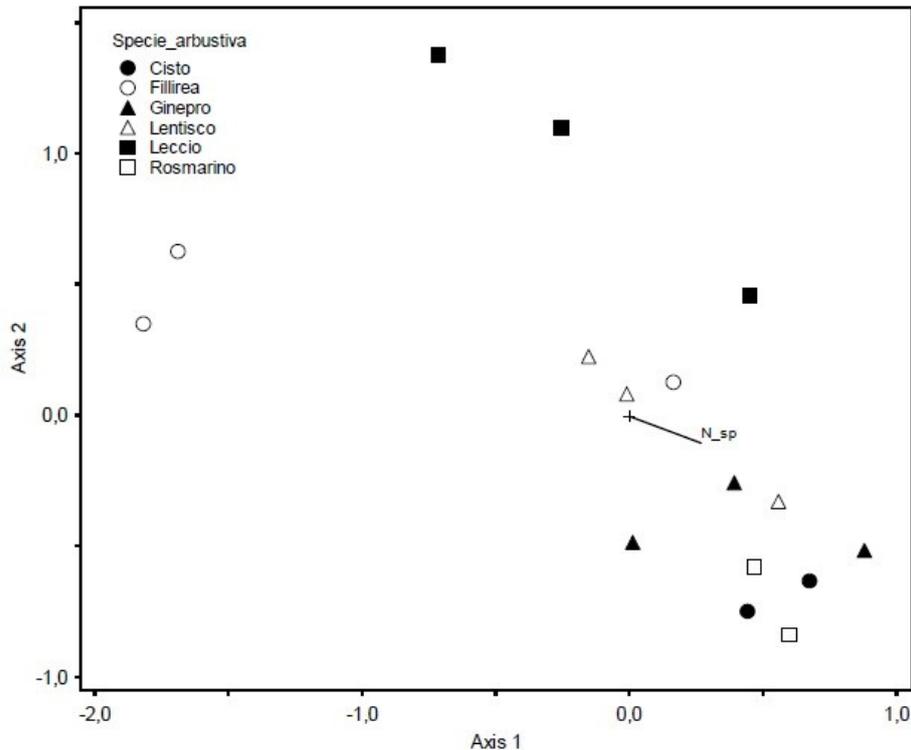


Fig. 27 – Ordinamento delle specie arbustive sulla base dei risultati dell'NMDS. Le specie arbustive sono indicate con diversi simboli.

Per ogni area è stata calcolata la media delle specie per substrato indagato (Fig. 28). Nel sito del Garigliano, sono stati selezionati solo quattro tipi di substrato, ginepro, fillirea, lentisco e leccio, poiché gli unici presenti; tra questi, quello maggiormente colonizzato, è risultato il ginepro. Nelle altre due aree invece, i substrati più colonizzati sono stati cisto e rosmarino. Il leccio, in tutte e tre le aree è quello che presenta il minor numero di specie.

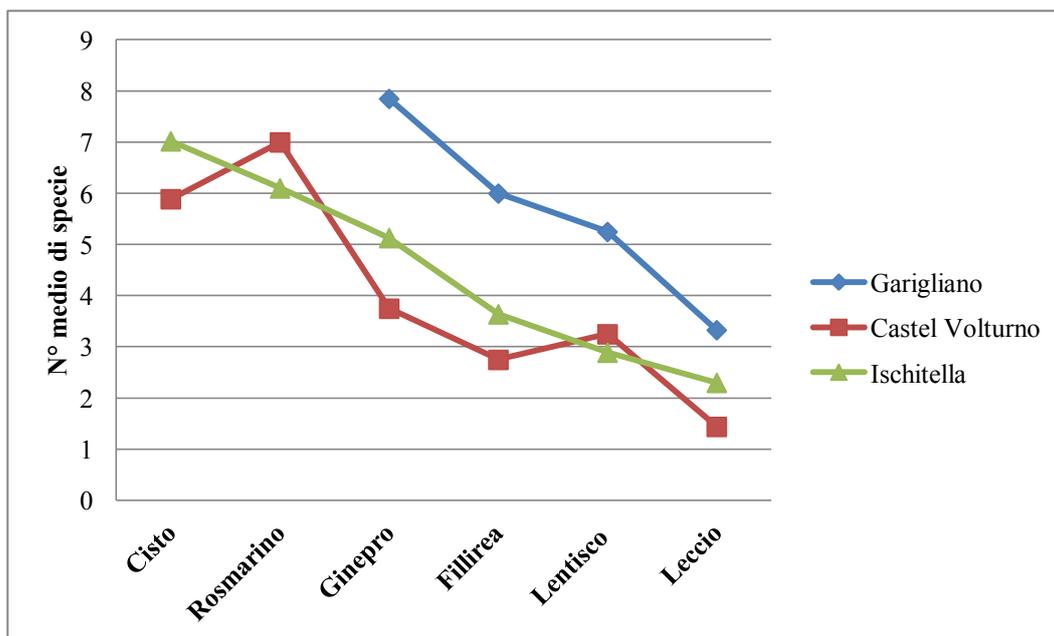


Fig. 28 - Numero medio di specie licheniche per arbusto.

L'ANOVA ha evidenziato differenze significative di ricchezza specifica tra i diversi arbusti (Ta. 5). Il test a coppie (Tukey) indica che cisto e rosmarino sono i substrati più ricchi di specie, mentre il leccio è il più povero (Tab. 6).

Tab. 5 – I risultati dell'ANOVA effettuati comparando la ricchezza di specie a livello di substrato arbustivo nei tre SIC.

Effetto	G.di libertà	Ricchezza di specie per substrato			
		SS	MS	F	P
Substrato	5	35,05	7,01	3,04	< 0,005
Errore	10	20,41	2,04		

Tab. 6 – Risultati del test di Tukey per comparazioni multiple (media± errore standard). Valori indicati con differenti lettere (a, b, c, d) sono significativamente differenti con $p < 0.05$

Substrato	N° Specie	Numero medio di specie
Fillirea	38	4,13 ± 1,68a,b
Ginepro	35	5,58 ± 1,29a,c
Lentisco	32	3,8 ± 1,27a,d
Rosmarino	31	6,55 ± 0,64a
-Cisto	29	6,46 ± 0,8a
Leccio	29	2,36 ± 0,95b,c,d

4.4 Formazioni forestali boschive

4.4.1 Composizione comunità

Nelle tre aree di studio, durante il periodo di campionamento, sono state censite in totale 38 specie (Tab. 7). I generi più rappresentativi sono stati: *Lecanora* (5 specie) e *Caloplaca* (4 specie). Quattro ricadono nella categoria “Specie Rare” (10,52% delle specie totali): *Bacidina phacodes*, *Dimerella pineti*, *Lecanora strobilina* e *Parmotrema hypoleucinum*. Due di queste sono state trovate solo nel sito di Ischitella, una solo nei siti del Garigliano e di Ischitella e una solo nel sito di Castel Volturno e di Ischitella. In totale prevalgono le forme crostose (67,57%), seguite dalle forme fogliose (24,32%), fruticose (5,41%) e leprose (2,70%). Il 71,05% delle specie si riproduce per via sessuata tramite la produzione di ascospore e il 20,93% tramite la formazione di propaguli vegetativi (soredi). La maggior parte dei licheni ha come fotobionte un'alga verde non trentepohliode (95,24%), mentre in minor misura sono presenti specie con *Trentepohlia* (4,76%).

La maggior parte delle specie censite preferisce substrati da subacidi a moderatamente basici. Sono per lo più specie meso-eliofile e meso-xerofile, che tollerano livelli di eutrofizzazione da moderatamente bassi ad abbastanza alti. Anche se una buona parte è tipica di habitat moderatamente disturbati sono comunque presenti, soprattutto nel sito di Ischitella, specie di habitat indisturbati.

Considerando il numero totale di specie censite nei tre siti, 20 sono state ritrovate nel sito del Garigliano, 11 nel sito di Castel Volturno e 34 nel sito di Ischitella. Circa il 26% ricorre in tutte e tre le aree.

Per ogni sito l'Analisi delle Specie Indicatrici ha rivelato alcune specie tipiche delle diverse aree studiate (Tab. 7): *Caloplaca cerinella*, *Caloplaca pyracea*, *Chrysothrix candelaris*, *Flavoparmelia caperata*, *Parmelia sulcata*, *Parmotrema hypoleucinum*, *Physcia adscendens* e *Punctelia subrudecta* per il Garigliano; *Caloplaca cerina*, *Diploicia canescens*, *Hyperphyscia adglutinata* e *Lecanora chlarotera* per Castel Volturno; *Catillaria nigroclavata*, *Graphis scripta* e *Xanthoria parietina* per Ischitella.

Tab. 7 – Lista specie boschi formazioni boschive.

Specie	Gr	Rip	Foto	Valori		Indici			Ecolog.			NRS	Rarità	Freq.nei siti (%)			IV	Siti
				pH	L	H	E	P	1	2	3							
<i>Amandinea punctata</i> (Hoffm.) Coppins & Scheid.	cr.	s.	a.v	1-3	4-5	3-4	2-4	1-3	c	0	0	20	20.3	3				
<i>Bacidina phacodes</i> (Körb.) Vězda	cr.	s.	a.v	2	3	2	1	3	r	0	78	16	74.6**	2				
<i>Caloplaca cerina</i> (Hedw.) Th. Fr. v. <i>cerina</i> (Hedw.) Th. Fr.	cr.	s.	a.v	3-4	3-5	3-4	3-4	1-3	c	0	0	5	5.1	3				
<i>Caloplaca cerinella</i> (Nyl.) Flagey	cr.	s.	a.v	3-4	4-5	3-4	3-4	2-3	c	83	24	35	36.2**	1				
<i>Caloplaca ferruginea</i> (Huds.) Th. Fr.	cr.	s.	a.v	2-3	4-5	3	1-3	2-3	rc	0	0	4	3.8	3				
<i>Caloplaca pyracea</i> (Ach.) Th. Fr.	cr.	s.	a.v	3-4	4-5	3-4	2-4	2-3	rc	89	13	29	43.7**	1				
<i>Candelariella xanthostigma</i> (Ach.) Lettau	cr.	s.	a.v	2-3	3-5	3	2-3	1-3	rc	44	7	22	13.7	3				
<i>Catillaria nigroclavata</i> (Nyl.) Schuler	cr.	s.	a.v	2-3	4	3	2-3	2-3	c	17	0	46	41.4**	3				
<i>Chrysotrix candelaris</i> (L.) J.R.Laundon	lp.	a.s.	a.v	1-2	3	1-3	1	2-3		100	52	11	58.6**	1				
<i>Dimerella pineti</i> (Ach.) Vězda	cr.	s.	a.v	1	2-3	1-3	1-2	2-3		0	0	16	16.5	3				
<i>Diploicia canescens</i> (Dicks.) A.Massal.	cr.	a.s.	a.v	3-5	3-5	2-3	2-4	2-3	rc	72	70	22	52.8**	2				
<i>Evernia prunastri</i> (L.) Ach.	fr.	a.s.	a.v	1-3	3-5	2-3	1-3	2-3	rc	11	0	0	11.1	1				
<i>Flavoparmelia caperata</i> (L.) Hale	fg.	a.s.	a.v	2-3	3-4	3	1-3	1-3	vc	50	0	9	34.4**	1				
<i>Graphis scripta</i> (L.) Ach.	cr.	s.	t.	2-3	2-3	2-3	1-2	2-3	rr	28	0	75	63.4**	3				
<i>Hyperphyscia adglutinata</i> (Flörke) H.Mayrhofer & Poelt	fg.	a.s.	a.v	3-5	4-5	3-4	3-5	1-3	ec	0	42	11	42.1**	2				
<i>Lecanora chlarotera</i> Nyl.	cr.	s.	a.v	2-3	3-5	3-4	2-5	1-3	ec	61	54	38	31.8*	2				
<i>Lecanora hagenii</i> (Ach.) Ach.	cr.	s.	a.v	3-5	4-5	3-5	2-4	1-3	c	0	0	1	1.3	3				
<i>Lecanora horiza</i> (Ach.) Linds.	cr.	s.	a.v	2-3	4-5	3-4	2-3	2-3	c	6	2	0	2.4	1				
<i>Lecanora sambuci</i> (Pers.) Nyl.	cr.	s.	a.v	3-4	3-5	3	1-3	2-3	rr	0	2	0	1.9	2				
<i>Lecanora strobilina</i> (Spreng.) Kieff.	cr.	s.	a.v	1-2	3	2-3	1	3	vr	0	0	10	10.1	3				
<i>Lecidella elaeochroma</i> (Ach.) M.Choisy	cr.	s.	a.v	2-4	3-5	2-5	2-4	1-3	ec	94	43	68	25.5	1				
<i>Naetrocymbe punctiformis</i> (Pers.) R.C.Harris	fnl.	s.	n.a.	2-3	3-5	3	1-2	2-3	c	11	0	24	13.6	3				
<i>Opegrapha atra</i> Pers.	cr.	s.	t.	2-3	2-4	2-3	1-2	2-3	vc	0	0	20	20.3	3				
<i>Parmelia sulcata</i> Taylor	fg.	a.s.	a.v	1-3	3-5	2-3	1-3	1-3	ec	94	0	15	84.7**	1				

<i>°Parmotrema hypoleucinum</i>	fg.	a.s.	a.v	2-3	4-5	1-2	1-2	3	•	er	61	0	3	60.3**	1
<i>Parmotrema perlatum</i> (Huds.) M.Choisy	fg.	a.s.	a.v	2	3-4	2-3	1-2	2-3		vc	22	0	18	10.2	3
<i>Pertusaria heterochroa</i>	cr.	s.	a.v	2-3	4-5	2-3	1-3	2-3		c	0	0	9	8.9	3
<i>Pertusaria hymenea</i> (Ach.) Schaer.	cr.	s.	a.v	2-3	4-5	2-3	1-2	2-3		c	0	0	14	13.9	3
<i>Pertusaria leioplaca</i> DC.	cr.	s.	a.v	2	2-3	2-3	1-2	2-3		rr	0	0	22	21.5	3
<i>Pertusaria pertusa</i> (Weigel) Tuck.	cr.	s.	a.v	2	3	2-3	1-2	2-3		rc	0	0	22	21.5	3
<i>Physcia adscendens</i> (Fr.) H.Olivier	fg.	a.s.	a.v	3-5	4-5	3-4	3-5	1-3		ec	100	26	56	44.1**	1
<i>Physcia leptalea</i> (Ach.) DC.	fg.	s.	a.v	2-4	4-5	3-4	2-3	2-3		rc	0	0	3	2.5	3
<i>Punctelia subrudecta</i> (Nyl.) Krog	fg.	a.s.	a.v	2-4	3-4	3	1-3	1-3		vc	44	0	19	26.6**	1
<i>Ramalina canariensis</i> J.Steiner	fr.	a.s.	a.v	1-3	4-5	2	2-4	2-3		rc	11	20	6	17.9	2
<i>Rinodina exigua</i> (Ach.) Gray	cr.	s.	a.v	2	3-5	3-4	3	2-3		c	0	0	10	10.1	3
<i>Rinodina pyrina</i> (Ach.) Arnold	cr.	s.	a.v	2-3	4-5	3	2-3	2-3		rc	0	0	10	10.1	3
<i>Rinodina sophodes</i> (Ach.) A.Massal.	cr.	s.	a.v	2-3	4-5	3-4	1-2	2-3		rr	0	0	13	12.7	3
<i>Xanthoria parietina</i> (L.) Th.Fr.	fg.	s.	a.v	2-4	3-5	3-4	3-4	1-3		ec	56	13	49	27.6**	3

Caratteristiche delle specie: Forma di crescita(Gr.): crostosa (cr.), foliosa (fg.), fruticosa (fr.), fungo non lichenizzato(fnl.); Riproduzione (Rip.): sessuata con produzione di ascospore (s), asessuata per soreli (a.s). Fotobionte (Foto): a.v (alga verde non trentepolioide), t. (alga verde appartenente al genere *Trentepohlia*)

Valori degli indici ecologici: pH: pH del substrato, L: affinità per la luce, H: affinità per l'umidità, E: tolleranza all'eutrofizzazione, P: poleofobia.

NRS: Specie rare a livello nazionale (Nascimbene *et al.*, 2013a)

IV: Massimo Valore Indicatore

* significatività del valore indicatore della specie con $P < 0.05$

** significatività del valore indicatore della specie con $P < 0.01$

Nell'ordinamento NMDS (Fig. 29) i due assi rappresentano l'66,7% della variabilità in composizione specifica (33,2% asse 1; 49,9% asse 2). Ci sono marcate differenze di composizione tra i tre siti (MRPP, $A = 0.331$, $p < 0.001$); differenze più pronunciate si hanno sia tra Castel Volturno e Ischitella (MRPP, $A = 0.281$, $p < 0.001$), sia tra il Garigliano e il Castel Volturno (MRPP, $A = 0.286$, $p < 0.001$) sia tra il Garigliano e Ischitella (MRPP, $A = 0.129$, $p < 0.001$). Il valore non troppo basso del parametro A dalla MRPP e l'interpretazione del plot NMDS indicano una non eccessiva sovrapposizione delle comunità tra le aree. La ricchezza specifica è positivamente correlata, per quanto riguarda Ischitella, alla circonferenza media degli alberi e al numero di arbusti e specie arboree per plot.

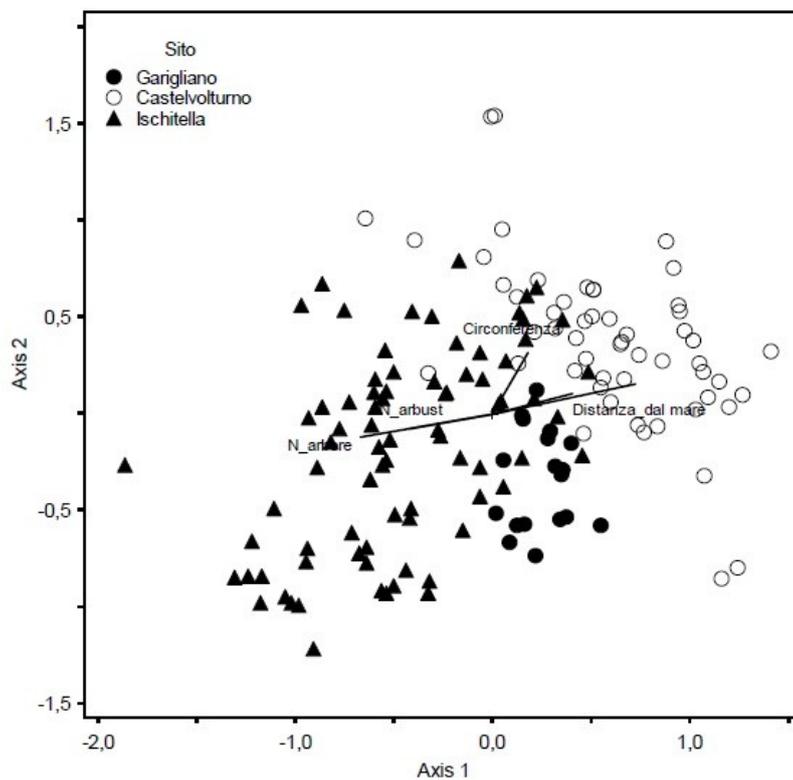


Fig. 29 – Ordineamento dei plot nello spazio sulla base dei risultati dell'NMDS. I plot appartenenti ai tre siti sono indicati con diversi simboli.

4.4.2 Ricchezza specifica e distanza dal mare

Per il sito del Garigliano e quello di Castel Volturno esiste una correlazione negativa tra la ricchezza specifica e la distanza dal mare; questa relazione non risulta per il sito di Ischitella. I trend sono rappresentati da funzioni lineari (Figg. 30, 31):

- Garigliano, $R^2 = 0.205$, $p < 0.01$
- Castel Volturno, $R^2 = 0.000$, $p < 0.01$
- Ischitella, $R^2 = 0.263$, $p < 0.01$

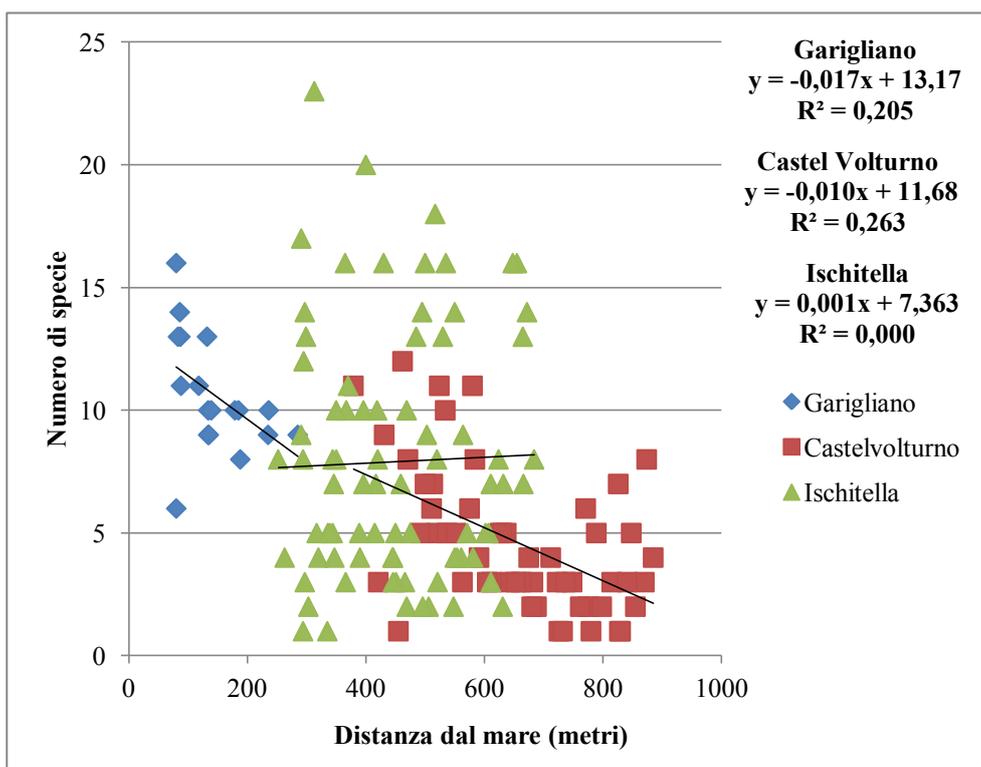


Fig. 30 – Correlazione tra la ricchezza specifica e la distanza dal mare per sito.

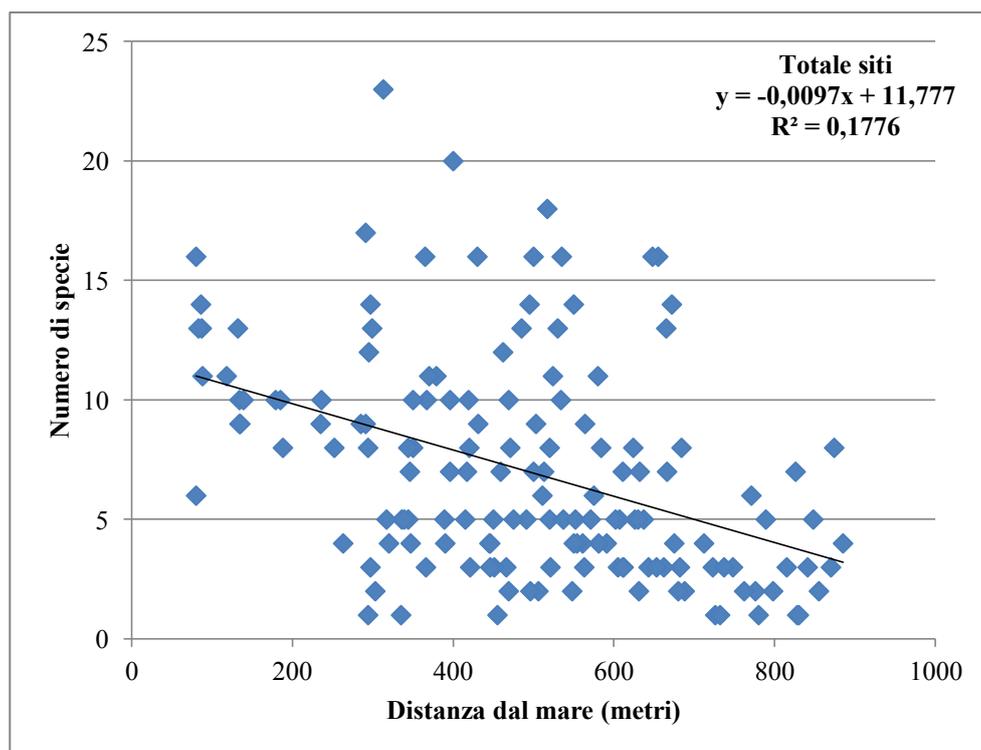


Fig. 31 – Correlazione tra la ricchezza specifica totale e la distanza dal mare.

CAPITOLO 5

DISCUSSIONI

5.1 Check-list

Lo studio condotto in questi tre anni lungo il litorale *domitio*, ha contribuito ad incrementare le conoscenze lichenologiche della regione Campania e in particolare ha fornito ulteriori informazioni sulle specie licheniche tipiche di habitat costieri. Dall'analisi dei dati relativi agli indici ecologici dei licheni censiti, risulta una piena concordanza sia con le condizioni pedoclimatiche abbastanza estreme degli habitat considerati, sia con la tipologia dei substrati considerati. Per i gruppi fitoclimatici risulta che la maggior parte dei licheni presenti in tutte e tre le aree sia da ascrivere al gruppo delle specie temperate s.l., seguita da una discreta percentuale di specie licheniche a distribuzione suboceanica e mediterranea. La presenza di "Specie Rare", in particolare ad Ischitella, sembra confermare l'importanza degli habitat prioritari a *Juniperus* sp. e a *Pinus* sp., soprattutto per la crescita dei licheni epifiti.

5.2 Popolazione di *Seiophora villosa*

Seiophora villosa è stata recentemente inserita nella Red list dei licheni italiani da proteggere (Nascimbene *et al.*, 2013b; Rossi *et al.*, 2013), proprio perché relegata ad habitat altrettanto prioritari, quali le formazioni a *Juniperus* spp. Un recente studio effettuato da Benesperi *et al.* (2013) ha analizzato i popolamenti di questa specie lungo le coste della Toscana, mettendo in evidenza la sua assenza in ginepreti disturbati. I risultati del nostro studio sembrano confermare quanto dimostrato da questi autori, poiché anche nell'area indagata la popolazione di *S. villosa* è particolarmente ridotta e relegata ad habitat indisturbati. Infatti, questa specie è stata ritrovata solo nella Riserva di Ischitella (l'unica a gestione integrale), e in particolare in un'area soggetta ad una più bassa pressione antropica, ad assenza di incendi, e maggiormente esposta ai venti umidi provenienti da mare. Queste condizioni sono da correlare alla presenza di una duna mobile ancora ben sviluppata ed all'assenza di strutture balneari permanenti. Nei plot che ricadono nella parte centrale dello stand A (Fig. 21), la frequenza di questa specie è più alta, ciò potrebbe essere spiegato dal fatto che in generale i siti posti ai margini di un bosco differiscono da quelli più centrali, sia per l'esposizione alla luce, sia per il regime dei venti, parametri questi che influenzano l'umidità (Esseen & Renhorn, 1998; Glenn *et al.*, 1998). Inoltre, nel nostro caso, anche la vicinanza alle strade di accesso al mare, e

quindi sottoposte a transito veicolare, può influire negativamente sulla presenza di questa specie.

Le percentuali di frequenza di tutte le specie nei tre stand mostrano che per alcune di esse questa diminuisce drasticamente, dallo stand A allo stand C; per altre, come ad esempio *Physcia adscendens*, *Ramalina canariensis* e *Xanthoria parietina*, è vero il contrario.

L'analisi dei cluster ha evidenziato 11 specie maggiormente associate a *S. villosa* (Fig. 23) raggruppate nei sottocluster 1a, 1b e 1c e ritrovate per lo più sugli stessi substrati di crescita (*Juniperus* e *Phyllirea*) della specie indagata (Tab. 3). Tra queste, *Lecanora lividocinerea*, *Bacidia rubella* e *Pyrrhospora quernei* sono a distribuzione suboceanica e tipiche di habitat indisturbati. Invece le specie del sottocluster 2, meno associate a *S. villosa*, sono caratterizzate dall'aver ampi range di distribuzione, una notevole tolleranza al disturbo antropico, e colonizzano soprattutto rami di *Cistus* e *Rosmarinus*. Dalle percentuali di frequenza delle specie sui substrati nei tre stand, risulta come le compagne di *S. villosa* evidenziate dalla cluster si ritrovano, in percentuale minore, anche negli altri stand sempre sugli stessi substrati; di contro le specie del sottocluster 2, a parità di substrato, aumentano notevolmente. A questo punto, se consideriamo la vasta opera di bonifica dei litorali paludosi avvenuta attorno agli anni '50 (Esposito & Strumia, 2010), si può ipotizzare che la distribuzione di questa specie in quest'area sia stata drasticamente ridotta a causa delle continue opere di modifica di questi habitat.

5.4 Formazioni forestali arbustive

Molti studi hanno analizzato la componente lichenica epifita dei boschi (ad es. Gauslaa, 1995; Brunialti *et al.*, 2010; Matteucci *et al.*, 2012; Nascimbene *et al.*, 2010; Nascimbene *et al.*, 2013a), soprattutto in relazione agli effetti della gestione forestale (ad es. Neitlich & McCune, 1997; Dettki & Esseen, 2003; Nascimbene *et al.*, 2007). Pochi sono invece i lavori che hanno studiato le comunità licheniche delle formazioni arbustive in relazione alla gestione (Rosso, 2000) o alle dinamiche di ricolonizzazione post incendio (Longán *et al.*, 1999). In particolare, le formazioni arbustive delle coste tirreniche, sono state scarsamente indagate dal punto di vista lichenologico (Nimis & Schiavon, 1986; Benesperi *et al.*, 2013) nonostante l'evidente interesse legato alla presenza di specie peculiari o di interesse conservazionistico (Benesperi *et al.* 2013; Nascimbene *et al.*, 2013b).

Come si evince dai risultati, la diversità, la frequenza e la composizione delle comunità licheniche epifite delle tre aree, presentano sostanziali differenze; questo è sicuramente correlato al tipo di gestione delle stesse. Infatti mentre nel sito di Ischitella, la zonazione della vegetazione dal mare verso l'entroterra è stata ben preservata, negli altri due siti l'assenza o la ripetizione di una o più fasce di vegetazione e di specie arbustive lungo il transetto, sembrano una naturale conseguenza degli interventi antropici in esse operati (Acosta *et al.*, 2000a; Acosta *et al.*, 2000b; La Rocca, 2004)

5.4.1 Composizione comunità

Anche se la MRPP indica una sovrapposizione delle comunità tra le aree, queste presentano comunque delle differenze che vengono messe in evidenza dall'Indicator Species Analysis (ISA).

L'ISA del sito del Garigliano include otto specie: sette ad ampia distribuzione ecologica (*Caloplaca cerinella*, *Hyperphyscia adglutinata*, *Lecanora chlarotera*, *Lecanora hagenii*, *Lecanora horiza*, *Rinodina pyrina* e *Rinodina sophodes*) e una, *Caloplaca aegatica*, tipicamente costiera con distribuzione prettamente suboceanica. Il primo gruppo comprende specie che prediligono aree assolate e aperte e rientrano in comunità dello *Xanthorion parietinae*. Poiché resistono bene sia in ambienti eutrofizzati che antropizzati, queste specie possono essere considerate dei buoni indicatori di disturbo di habitat forestali (Zedda, 2002). *Caloplaca aegatica* invece cresce su differenti tipi di alberi e arbusti, specialmente in ambito di specie tipiche di macchia mediterranea come ad esempio *Quercus ilex*, *Pistacia* sp. e *Juniperus* sp, con optimum lungo la costa in aree umide soggette a venti umidi marini (Zedda, 2002). Le specie licheniche di cui sopra, sono comuni anche al sito di Ischitella, solo che in quest'ultimo hanno una frequenza nettamente minore. L'ISA del sito di Ischitella include due specie, *Caloplaca ferruginea* e *Pertusaria leioplaca*; la prima ha l'optimum in boschi di querce in aree prevalentemente mediterranee-submediterranee e solitamente assente da aree altamente disturbate (Nimis & Martellos, 2008); questo potrebbe essere messo in relazione alla maggiore complessità della copertura vegetale di quest'area (Buonanno *et al.*, 1993). Anche *Pertusaria leioplaca* colonizza soprattutto la corteccia liscia di vari alberi e arbusti (latifoglie), tipica di ambiente mediterraneo e ristretta a situazioni particolarmente umide. La loro presenza in questo sito potrebbe indicare una dinamica successionale della vegetazione vascolare più matura, meno disturbata e un ambiente più umido perché, anche se i licheni sono generalmente caratterizzati dall'aver range di

distribuzione molto ampi, queste specie presentano una maggiore sensibilità ad alcuni fattori, come proprio l'umidità dell'aria (Nimis & Losi, 1984; Nimis & Schiavon, 1986; Nimis & Tretiach, 1999; Nimis & Tretiach, 2004). In quest'area sono state censite altre 9 entità, non evidenziate dall'ISA, ma che risultano esclusive del sito in oggetto. Tra queste la maggior parte rientra nel genere *Pertusaria* che comprende specie di licheni crostosi pionieri su scorza liscia, che generalmente si ritrovano nell'ambito di boschi, mentre sono rare in ambienti antropizzati. E' da evidenziare la presenza di *Pertusaria heterochroa*, a distribuzione mediterranea-atlantica, tipica di aree umide costiere con vegetazione mediterranea, (Zedda, 2002). Invece, specie come *Flavoparmelia caperata* e *Parmelia sulcata* che sono tra le più comuni nelle foreste temperate caducifoglie d'Italia (Castello & Skert, 2005; Matteucci *et al.*, 2012), sono state trovate nei plot più interni, dove la macchia bassa spesso si mescola ad elementi di macchia alta in evoluzione. Tali risultati sembrano confermare che la successione ecologica dei licheni procede di pari passo con quella della componente vascolare. La presenza esclusiva in questo sito di specie rare a livello nazionale, relegate ad habitat costieri come ad esempio *Lecanora lividocinerea* (ritrovata anche nel sito del Garigliano) *Ramalina lacera* e *Seiophora villosa* riflette probabilmente il tipo di gestione dell'area. Quindi è evidente come questi dati mostrano come le formazioni arbustive a *Juniperus* sp., ritenute importanti per la conservazione di specie animali e vegetali, lo siano anche per alcune specie licheniche rare a livello nazionale. L'ISA di Castel volturno invece non ha evidenziato nessuna specie caratteristica. Le comunità censite sono tutte caratterizzate da specie ad ampio spettro ecologico e tolleranti livelli di antropizzazione abbastanza elevati.

5.4.2 Ricchezza specifica e distanza dal mare

Solitamente, le fitocenosi che colonizzano le coste sabbiose sono fortemente influenzate dalle caratteristiche fisiche e microtopografiche del sistema dunale, collocandosi in questi habitat lungo un gradiente complesso che si sviluppa a partire dalla linea di battigia, procedendo verso l'entroterra, perpendicolarmente alla linea di costa (Izzi, 2007).

I principali fattori naturali che comportano la variazione della composizione floristica sono la distanza dal mare, la natura geologica del substrato, l'esposizione al sole e ai venti (Acosta *et al.*, 2003; Buffa *et al.*, 2012). Oltre alle esigenze ecologiche e ai fattori topografici, ad influenzare la distribuzione spaziale delle comunità vi sono anche i

fenomeni di erosione naturale e l'intervento antropico, che determinano non solo variazioni nella composizione floristica, ma anche modificazioni sulla struttura della vegetazione (Izzi, 2007).

Anche dai nostri risultati, le specie licheniche epifite mostrano una zonazione lungo questo gradiente mare-entroterra, che da un lato sembra dipendere dalla struttura della copertura vascolare e dall'altro dalla vicinanza al mare e dal suo aerosol. Questa situazione è più evidente nel sito della Pineta del Garigliano poiché è quello con una maggiore erosione costiera e quindi con una distanza minore dalla linea di battigia. Anche se meno evidente, la stessa tendenza si può osservare negli altri due siti. Questo risultato, apparentemente in contrasto con la flora vascolare, che solitamente mostra un trend inverso, è giustificato sia per l'ecologia di quelle specie strettamente legate all'ambiente costiero, sia per la morfologia delle altre specie. Infatti l'elevata percentuale di forme crostose nelle diverse aree indagate, potrebbe essere giustificata dalla maggiore resistenza di questa forma di crescita agli stress ambientali (in questo caso la vicinanza al mare), legata alla minore superficie di scambio rispetto alle forme fogliose e fruticose, e quindi ad una più spiccata idrorepellenza, cosa che limita l'assorbimento delle sostanze in essa disciolte (Tretiach & Brown, 1995; Lange & Green, 2008; Cataldo, 2010; Giordani *et al.*, 2012).

Anche l'elevata presenza di specie che si riproducono in modo sessuato potrebbe essere giustificata dal fatto che solitamente la maggior parte delle specie crostose si riproduce per via asessuata e inoltre le ascospore sono più resistenti nei confronti di condizioni ambientali sfavorevoli e di conseguenza possono essere conservate all'interno degli aschi fino a quando le condizioni diventano opportune per la dispersione e la successiva germinazione (Dyer *et al.*, 1992; Ruisi, 2008).

A supporto di questa ipotesi si può riportare lo studio di Nash III & Lange (1988) sulla tolleranza di alcune specie licheniche epifite alla salinità dell'aerosol marino. I loro risultati indicano che la sensibilità al sale potrebbe giocare un ruolo rilevante nel controllo della variazione delle comunità licheniche lungo un gradiente mare-entroterra.

5.4.3 Influenza del substrato sulle comunità epifite

Il tronco degli alberi crea un ampio spettro di microhabitat per la vegetazione epifita. I fattori fisici e biotici che interagiscono a creare questi ambienti sono stati ampiamente discussi già da Barkman (1958) e ripresi in molti studi ecologici (Gauslaa & Holien, 1998; Loppi & Frati, 2004). Gradienti verticali e orizzontali di luce, acqua e temperatura

dipendono dalla direzione del tronco, dall'esposizione e dall'altezza dal suolo. La durezza della corteccia, la tessitura, la capacità di ritenzione idrica e l'acidità variano tra le diverse specie arboree ed anche nell'ambito della stessa specie in base all'età (Peard, 1983). Anche altri fattori ambientali, come ad esempio la disponibilità di luce, sono importanti per la crescita dei licheni epifiti (Palmqvist & Sundberg, 2000; Loppi & Frati, 2004).

I nostri dati evidenziano un maggior numero di specie nel terzo sito; questo potrebbe essere spiegato dalla maggiore disponibilità di specie arbustive dovute, forse, ad una maggiore estensione dell'area rispetto alle altre.

Cisto e rosmarino ospitano un maggior numero di specie e quindi si presentano come substrati ideali per l'insediamento dei licheni; questo è confermato anche da Longán *et al.* (1999), i quali hanno dimostrato che questi arbusti giocano un ruolo pionieristico in aree incendiate, infatti hanno tassi di crescita molto rapidi e un tipo di struttura della corteccia e della chioma che permette l'istaurarsi di microhabitat ideali per la colonizzazione lichenica. Tra le specie maggiormente associate a questi arbusti ritroviamo *Bacidia rubella*, *Physcia adscendens*, *Ramalina canariensis* e *Xanthoria parietina*. Leccio e ginepro invece ospitano un numero minore di specie ma a questi tipi di substrati sono associate specie di habitat più maturi. Quindi si può supporre che la presenza di particolari specie legate a un particolare tipo di substrato è da considerarsi un fattore chiave per la colonizzazione di specie meno ubiquitarie.

5.5 Formazioni forestali boschive

Le comunità licheniche epifite dei boschi sono state ampiamente studiate (ad es. Gauslaa, 1995; Brunialti *et al.*, 2010; Matteucci *et al.*, 2012; Nascimbene *et al.*, 2010; Nascimbene *et al.*, 2013a). In particolare, poiché i licheni epifiti sono molto sensibili a diversi tipi di disturbo sono stati spesso utilizzati come indicatori delle caratteristiche strutturali del bosco in relazione agli impatti delle pratiche selvicolturali (ad es. Will-Wolf & Scheidegger, 2002; Brunialti, 2007). Numerosi studi sono stati effettuati nelle foreste boreali (ad es. Pettersson *et al.*, 1995; Hilmo & Såstad, 2001; Gauslaa, 2008; Johansson, 2008) e anche in molte tipologie boschive della nostra penisola, come: peccete, abieteti, faggete, quercete e castagneti (ad es. Loppi *et al.*, 1999; Matteucci *et al.*, 2012). Sono state indagate anche le comunità licheniche epifite di formazioni a robinia pseudacacia (Nascimbene *et al.*, 2012), una pianta aliena invasiva che sta sostituendo man mano le formazioni boschive autoctone. Nonostante la gran mole di

informazioni, non esistono studi specifici sulle comunità licheniche epifite delle pinete litoranee tirreniche (*Pinus pinea* e *Pinus pinaster*), in contrasto invece con quelle delle leccete che sono state maggiormente investigate (Zedda, 2002). I nostri risultati mostrano che ci sono differenze significative di composizione tra i tre siti; d'altra parte i siti del Garigliano e di Castel Volturno, sono rimboschimenti di pino puri, mentre il sito di Ischitella presenta formazioni forestali con rinnovazione a *Quercus ilex* dominante e un denso sottobosco dominato da arbusti di *Phyllirea*, *Pistacia*, ecc.

5.5.1 Composizione comunità

La MRPP indica che le comunità delle tre aree sono ben distinte tra di loro, e queste differenze sono state messe in evidenza dall'Indicator Species Analysis (ISA). L'ISA del Garigliano include otto specie: sette ad ampia distribuzione ecologica (*Caloplaca cerinella*, *Caloplaca pyracea*, *Chrysothrix candelaris*, *Flavoparmelia caperata*, *Parmelia sulcata*, *Physcia adscendens* e *Punctelia subrudecta*) e una, *Parmotrema hypoleucinum*, strettamente tirrenica, e che solitamente colonizza rami di arbusti e alberi della macchia mediterranea. Il primo gruppo comprende molte specie a tallo foglioso e con strategia riproduttiva asessuata, in netto contrasto con quanto ritrovato sugli arbusti. Questo ad ulteriore conferma che anche per le forme di crescita si segue un certo gradiente ecologico mare-entroterra. Invece *Parmotrema hypoleucinum*, nell'area indagata, è stata trovata soprattutto su tronchi di *Pinus pinea* maggiormente esposti a sud e nei plot più vicini al mare. Questo set di specie messe in evidenza dalla ISA ben si correla con la struttura della pineta. Infatti il bosco indagato, di natura artificiale, è rappresentato da una fustaia coetanea monoplana di pino domestico (Iamónico, 2010). La struttura è condizionata dall'eccessiva densità di piante causata dalla mancanza di interventi selvicolturali (diradamenti e spalcatore) oltre che dall'azione dei venti marini. L'ISA di Castel Volturno invece include cinque specie: quattro tipiche di ambienti disturbati (*Caloplaca cerina*, *Diploicia canescens*, *Hyperphyscia adglutinata* e *Lecanora chlarotera*) e una *Bacidina phacodes* spesso associata a specie arboree sempreverdi, che secondo Zedda (2002) preferisce il tronco di alberi maturi, in siti con un clima particolarmente umido. Questi dati sembrerebbero contrastanti poiché mentre da un lato sono state evidenziate specie con ampi valori di poleofobia, *Bacidina phacodes* presenta un valore di poleofobia pari a 3. Se si analizza la presenza e la frequenza di queste specie nei vari plot, osserviamo che il primo gruppo è quello maggiormente rappresentativo dei plot più vicino al mare e sottoposti ad una maggiore

esposizione alla luce e ad un maggiore disturbo antropico, mentre *Bacidina phacodes* è stata trovata nei plot più interni della pineta e meno frequentati. Anche in questo caso, la struttura del bosco simile a quella del sito uno sembra giustificare la presenza di queste specie. L'ISA di Ischitella comprende tre specie: due ad ampia distribuzione ecologica (*Catillaria nigroclavata* e *Xanthoria parietina*), e una, *Graphis scripta* ristretta ad habitat più umidi. Le prime sono state ritrovate nei plot ai margini della riserva adiacenti alle strade, e su tronchi di pino esposti al sole, in concordanza con la loro maggiore eliofilia e l'alta tolleranza nei confronti del disturbo antropico. L'ultima invece è tipica di boschi caducifoglie, tende a colonizzare alberi con scorza liscia e la si ritrova solitamente in ambienti più sciafili; infatti tale specie è stata ritrovata soprattutto su giovani esemplari di leccio nei plot più interni, i quali presentano una struttura della copertura arborea più fitta. Inoltre, sono state censite 15 specie, non evidenziate dall'ISA, ma esclusive solo di questo sito. Tra queste, particolarmente rilevanti, sono *Dimerella pineti*, *Opegrapha atra*, e diverse Pertusarie, le quali solitamente sono tipiche di boschi più maturi.

5.4.2 Ricchezza specifica e distanza dal mare

Nel sito del Garigliano e di Castel Voltuno la ricchezza specifica aumenta avvicinandosi al mare, come già evidenziato per le comunità arbustive. In questo caso però la spiegazione potrebbe essere legata alla maggiore irradiazione solare diretta che i tronchi dei pini ricevono poiché posizionati al margine con le formazioni arbustive a *Juniperus*. Infatti, in accordo con altri autori (Kenkel & Bradfield, 1986; Loppi & Frati, 2004), l'intensità della luce è uno dei parametri che maggiormente influiscono sulla diversità lichenica. Proseguendo poi verso i plot più interni la ricchezza specifica decresce drasticamente, in corrispondenza di una maggiore copertura fogliare.

Nel sito di Ischitella non c'è alcun tipo di correlazione tra la ricchezza di specie e la distanza dal mare. Questo perché in questo sito il passaggio tra i vari stadi vegetazionali è continuo e quindi non si vengono a creare le stesse condizioni di illuminazione degli altri siti.

CAPITOLO 6

CONCLUSIONI

I risultati di questa tesi, pur presentando un quadro complesso e non privo di criticità, contribuiscono a definire una serie di punti fermi a sostegno dell'importanza della protezione di alcuni habitat per la conservazione di specie rare, concetto ripetutamente richiamato nel corso della trattazione.

Questo lavoro ha contribuito ad analizzare, da un punto di vista lichenologico, due degli habitat costieri maggiormente minacciati dalle attività antropiche. Infatti i nostri dati hanno permesso di caratterizzare le comunità licheniche epifite di questi particolari ecosistemi e di evidenziarne il tipo di composizione. Ad una prima analisi i risultati sembrano confermare la stretta relazione esistente tra numero di specie e tipo di gestione dell'area. Da questo studio sono emersi alcuni aspetti particolarmente interessanti:

- le comunità licheniche epifite degli habitat a *Juniperus* sp. mostrano una composizione diversa in base al tipo di SIC indagato, questo sicuramente da correlare al tipo di gestione dell'area esaminata. Per quanto riguarda i siti del Garigliano e di Castel Volturno, la componente floristica è caratterizzata da specie ad ampia distribuzione, e che testimoniano il forte grado di antropizzazione dell'area. In particolare in queste aree non solo è stato trovato un minor numero di specie, ma anche la loro frequenza è particolarmente bassa. I motivi di questa alterazione possono essere ricondotti principalmente a modificazioni nelle fitocenosi, le quali influiscono sulle comunità epifite. Infatti tutta l'area presenta un evidente impatto antropico dovuto presumibilmente alle attività balneari, che creano comunque una discontinuità nelle comunità vascolari. La situazione è diversa per il sito di Ischitella, dove la presenza di un buon numero di entità rare e di particolare interesse conservazionistico, sembrerebbe testimoniare un'area meno disturbata e con una certa continuità del tipo di vegetazione. Dal tipo di elaborazione effettuata sono state messe in evidenza specie caratteristiche di ogni sito, che ben si correlano con il tipo di struttura della vegetazione vascolare a cui sono associate. Infatti, è ormai noto che la disponibilità e la diversità di substrato sono un fattore di primaria importanza per la colonizzazione da parte delle specie epifite. Anche nei plot indagati, come già messo in evidenza da studi effettuati tra comunità licheniche epifite e specie arboree nei boschi (ad es. [Nascimbene et al., 2009](#)), la presenza di un maggior numero di specie arbustive influenza positivamente la diversità

lichenica. I risultati mostrano anche come le comunità licheniche epifite, nelle tre aree, presentano un diverso tipo di zonazione dal mare verso l'entroterra, che come abbiamo già detto, da un lato è giustificato dalla diversità nella componente vascolare, dall'altro dalla vicinanza al mare. Infatti la presenza di venti umidi e l'effetto dell'aerosol marino sembrano avere un ruolo importantissimo sulla struttura delle comunità. In tutti e tre i siti si osserva una maggiore presenza di specie sui rami degli arbusti più vicini al mare, e un decremento sugli arbusti più interni. Da notare che anche la morfologia del tallo delle specie censite cambia lungo questo gradiente. Questo conferma come, la composizione delle comunità licheniche sia strettamente legata a diverse condizioni ambientali;

- anche se tutti i siti presentano rimboschimenti di *Pinus pinea* e/o *Pinus pinaster* (che ad Ischitella si mescolano a boschi a *Quercus ilex*), e quindi boschi con una forte componente antropica, le comunità epifite indagate presentano sostanziali differenze. Per quanto riguarda i siti del Garigliano e di Castel Volturno, caratterizzati da rimboschimenti di pino puri è presente una flora lichenica molto povera, e limitata a quegli alberi maggiormente esposti alla luce solare. Il sito di Ischitella invece presenta un maggior numero di specie ma associate soprattutto agli esemplari di giovani lecci in esso presenti. Anche in questo caso, come per le formazioni arbustive, è stata evidenziata una correlazione negativa tra la ricchezza specifica e la distanza dal mare.

In genere un'alta biodiversità è considerata importante nei piani di gestione per la conservazione di aree protette, anche se molto spesso la sua interpretazione è soggetta a molte difficoltà. Infatti, in aree con varie forme di disturbo possono coesistere un misto di specie di molte comunità con un conseguente aumento del numero di specie totali rispetto a quelle degli habitat inalterati (Hambler, 2004). Quindi la ricchezza di specie non sempre ci aiuta a valutare lo stato di conservazione di un sito, se non sono comunque presenti specie endemiche o minacciate (Aragón, 2013).

In ultima analisi sembra che la conservazione dei licheni sia strettamente legata alla conservazione dei loro habitat. Infatti come mostrato dai nostri risultati molte specie licheniche diventano rare, perché è il loro habitat ad essere distrutto, soprattutto dalla attività umane. A tale proposito, la presenza nel sito di Ischitella, di un subset di specie di ambienti indisturbati e di *Seiophora villosa*, potrebbe avvalorare la possibilità di usare, in quest'area tali specie come buoni indicatori di biodiversità lichenica, soprattutto considerando il loro particolare interesse conservazionistico.

BIBLIOGRAFIA

- Acosta A., Anzellotti I., Blasi C. & Stanisci A., 1998. *Sequenza fitotopografica nella duna costiera del Parco Nazionale del Circeo*. In: Stanisci, A. & Zerunian, S. (eds.). *Flora e Vegetazione del Parco Nazionale del Circeo* pp. 169-179. Ministero per le Politiche Agricole.
- Acosta A., Blasi C. & Stanisci A., 2000b. *Spatial connectivity and boundary patterns in coastal dune vegetation in the Circeo National Park, Central Italy*. *Journal of Vegetation Science* 11: 149-154.
- Acosta A., Blasi C., Esposito S. & Stanisci A., 2000a. *Analisi della vegetazione delle dune costiere del Lazio centro-meridionale*. *Inform. Bot. Ital.*, 32 (1): 5-10.
- Acosta A., Stanisci A., Ercole S. & Blasi C., 2003. *Sandy coastal landscape of the Lazio region (Central Italy)*. *Phytocoenologia*, 33: 715-726.
- Aleffi M. & Esposito A., 2005. *The Bryoflora of Castel Volturno Nature Reserve (S-Italy) as indicator of environmental factors of disturbance*. *Flora Mediterranea*, 15: 669-682.
- Alonso F.L. & Egea J.M., 1994. *Líquenes calcícolas y terrícolas de algunas localidades costeras de Marruecos*. *Acta Botanica Malacitana*, 19: 51-61.
- Alonso F.L. & Egea J.M., 1995. *Líquenes calcícolas y terrícolas de algunas localidades costeras de Portugal*. *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)*, 5: 39-48.
- ANPA, 2001. *I.B.L. Indice di Biodiversità Lichenica*. Dipartimento Stato dell'Ambiente, Controlli e Sistemi informativi, Manuali e Linee Guida 2/2001.
- Antonini D. & Antonini M., 2002. *Macromiceti nuovi, rari o specifici della regione mediterranea*. *Fungi non delineati, Parte XXII*, Edizioni Candusso: 1-72.
- Aptroot A. & Berg M. P. , 2004. *Collembola help lichens in competition with algae*. *Lichenologist*, 36 (2): 167-169.

- Aragón G., Belinchón R., Martínez I. & Prieto M., 2013. *Estimating epiphytic lichen richness by single familie in Mediterranean forests*. *Forest Ecology and Management*, 310: 187-193.
- Aragón G., López R. & Martinez I., 2010. *Effects of Mediterranean dehesa management on epiphytic lichens*. *Science of the Total Environment*, 409: 116-122.
- Aragón G., Sarrión F.J. & Martínez I., 2004. *Epiphytic lichens on Juniperus oxycedrus L. in the Iberian Peninsula*. *Nova Hedwigia*, 78 (1-2): 45-56.
- Asta J., Erhardt W., Ferretti M., Fornasier F., Kirschbaum U., Nimis P.L., *et al.*, 2002. *Mapping lichen diversity as an indicator of environmental quality*. In: Nimis PL, Scheidegger C, Wolseley P, editors. *Monitoring with lichens – monitoring lichens*. Dordrecht: Kluwer Academic Press. pp. 273–279.
- Badin G. & Nimis P.L., 1996. *Biodiversity of epiphytic lichens and air quality in the province of Gorizia (NE Italy)*. *Studia Geobot.*, 15: 73-89.
- Bargagli R., 1998. *Trace elements in terrestrial plants: an ecophysiological approach to biomonitoring and biorecovery*. Springer, Verlag.
- Barkman J.J., 1958. *Phytosociology and Ecology of Cryptogamic Epiphytes*. Van Gorgum, Assen, Netherlands.
- Baruffo L., Tretiach M., Zedda L. & Leuckert C. 2001. *Sostanze licheniche: come riconoscerle e perché*. *Notiziario Società Lichenologica Italiana*, 14: 9-36.
- Benesperi R. & Ravera S., 2011. *Seiophora villosa (Ach.) Frödén. Schede per una Lista Rossa della Flora vascolare e crittogamica Italiana*. *Informatore Botanico Italiano*, 43 (2): 381-458.
- Benesperi R., Lastrucci L. & Nascimbene J., 2013. *Human Disturbance Threats the Red-Listed Macrolichen Seiophora villosa (Ach.) Frödén in Coastal Juniperus Habitats: Evidence From Western Peninsular Italy*. *Environmental Management*, 52 (4): 939-945.
- Berryman S. & McCune B., 2006. *Epiphytic lichens along gradients in topography and stand structure in western Oregon, USA*. *Pac. Northwest Fungi*, 1: 1-38.

- Biondi E., Blasi C., Burrascano S., Casavecchia S., Copiz R., Del Vico E., *et al.*, 2009. *Italian Interpretation Manual of the 92/43/EEC directive Habitats*. Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare. <http://vnr.unipg.it/habitat/index.jsp>.
- Blasi C., Carranza M.L., Frondoni R. & Rosati L., 2000. *Ecosystem classification and mapping: a proposal for Italian landscapes*. *Applied Vegetation Science*, 3: 233-242.
- Bonuccelli A., 2006. *Pinete litoranee tirreniche, storia, attualità e modalità di perpetuazione*. Atti convegno "Le pinete litoranee", Cervia 31 marzo 2006.
- Bragaloni M. & Rea E., 1997. *Funghi vescicolo-arbuscolari delle dune sabbiose: loro utilizzo per il mantenimento dell'ecosistema dunale e dei suoli in sistemi sostenibili*. *Bollettino Associazione Micologica Ecologica Romana*, 40: 3-10.
- Bruelheide H., 2000. *A new measure of fidelity and its application to defining species groups*. *Journal Vegetation Science*, 11: 167-178.
- Brunialti G., 2007. *Influenza della gestione forestale e della tipologia di bosco sulla diversità dei licheni epifiti. Sviluppo di un metodo per il monitoraggio*. *Notiziario Società Lichenologica Italiana*, 20: 81-99.
- Brunialti G., Frati L., Aleffi M., Marignani M., Rosati L., Burrascano S. & Ravera S., 2010. *Lichens and bryophytes as indicators of old-growth features in Mediterranean forests*. *Plant Biosystems*: 1–13, iFirst Article
- Buffa G., Fantinato E. & Pizzo L., 2012. *Effects of Disturbance on Sandy Coastal Ecosystems of N-Adriatic Coasts (Italy)*. In *Biodiversity Enrichment in a Diverse World*, Dr. Gbolagade Akeem Lameed (Ed.), ISBN: 978-953-51-0718-7, InTech, DOI: 10.5772/48473.
- Buonanno M., Esposito A. & Mazzoleni S., 1993. *La vegetazione della Riserva Naturale di Castelvoturno (Prov. di Caserta)*. *Giorn. Bot. Ital.*, 127 (3): 712.
- Carranza M.L., Acosta A.T.R., Stanisci A., Pirone G. & Ciaschetti G., 2008. *Ecosystem classification for EU habitat distribution assessment in sandy coastal environments: An application in central Italy*. *Environmental Monitoring Assessment.*, 140: 99-107.

- Castello M. & Skert N., 2005. *Evaluation of lichen diversity as an indicator of environmental quality in the North Adriatic submediterranean region*. Science of the Total Environment, 336 (1-3): 201-214,
- Catalano I. & Aprile G.G., 2011. *Notulae cryptogamicae*. Informatore Botanico Italiano, 43 (1): 151.
- Catalano I. & Aprile G.G., in press. *Licheni*. In: Esposito A., Zumbolo A. (eds.). La Riserva Naturale di Castel Volturno. Caratteri storici, naturalistici e gestionali. CFS - Ufficio Territoriale per la Biodiversità, Seconda Università di Napoli.
- Catalano I., Mingo A., Migliozi A., Benesperi R. & Aprile G.G., 2012. *Lichen biodiversity and human impact on dunal ecosystem: a case study on the distribution of the rare lichen species Seirophora villosa in the forest reserve of Castelvolturno (Caserta, Southern Italy)*. In: Atti IV Simposio Internazionale “Il monitoraggio costiero mediterraneo: problematiche e tecniche di misura”, pp. 373-380.
- Cataldo D., 2010. *I licheni epifiti dei SIC “Bosco del Flascio” e “Rocche di Roccella Valdemone”, (Sicilia, nord orientale): interpretazione ecologica e chiavi analitiche*. Tesi di Dottorato: 1-145.
- Ciccarelli D., Bacaro G. & Chiarucci A., 2012. *Coastline dune vegetation dynamics: evidence of no stability*. Folia Geobot., DOI 10.1007/s12224-011-9118-5.
- Cinque A., Ascione A. & Caiazza C., 2000. *Distribuzione spazio temporale e caratterizzazione della fogliazione quaternaria in Appennino meridionale*. In: Galdini F., Meletti C. & Melez A. (a cura di), Le ricerche del GNDT nel campo della pericolosità sismica (1996-1999), CNR-GNDT, Spec. Publ., 203-218, Roma.
- Clauzade G. & Roux C., 1985. *Likenoj de Okcidenta Europo*. Bull. de la Soc. Bot. du Centre-ouest, Nouvelle Série, Numéro Spécial, 7.
- Cocco E. & De Filippo T., 1988. *Tendenze evolutive e dinamiche delle spiagge della Campania e della Lucania*. Mem. Soc. Geo. It., 41:195-204, 5ff.
- Cogoni A., Brundu G. & Zedda L., 2011. *Diversity and ecology of terricolous bryophyte and lichen communities in coastal areas of Sardinia (Italy)*. Nova Hedwigia, 92 (1-2): 159-175.

Contu M. & La Rocca S., 1999. *Funghi della zona mediterranea insulare italiana*. Funghi non delineati, Parte IX, Edizioni Candusso : 1-48.

Convention on Biological Diversity (CBD), 1992. <http://www.cbd.int/convention/text/>

Croce A., Strumia S. & Esposito A., 2009. *Contribution to the floristic and vegetation knowledge of Garigliano estuary area (CE, Southern Italy)*. "Biodiversity hotspots in the Mediterranean Area". 45th International Congress of SISV & FIP – Cagliari 22-24 /25 – 29 June 2009: 274.

D'Alessandro L. & La Monica G.B., 1999. *Rischio per erosione dei litorali Italiani*. Atti dei Convegni Lincei, 154: 251-256.

D'Ambra G., Petriccione M., Ruberti D., Strumia S. & Vigliotti M., 2005. *Analisi multidisciplinare delle dinamiche dei caratteri fisici, antropici e vegetazionali nella Piana Campana (CE)*. Atti della 9^a Conferenza Nazionale ASITA. 15 -18 novembre 2005, Catania. http://www.asita.it/Sito_ASITA_2005/ASITA2005.htm

Dalle Vedove M., Nascimbene J. & Piutti E., 2004. *I licheni del Cansiglio, Biomonitoraggio e Gestione selvicolturale*. Veneto Agricoltura, Azienda Regionale per i settori agricolo, forestale ed agroalimentare, Legnaro (Pd).

De Luca E., Novelli C., Barbato F., Menegoni P., Iannetta M. & Nascetti G., 2011. *Coastal dune systems and disturbance factors: monitoring and analysis in central Italy*. Environmental Monitoring Assessment, 183: 437-450.

Del Vecchio S., Carboni M., Izzi C.F. & Acosta, A., 2006. *Analisi delle strategie adattative della vegetazione costiera psammofila del Lazio settentrionale*. In: Atti del XVI Congresso della Società Italiana di Ecologia.

Dettki H. & Esseen P.A., 2003. *Modelling long-term effects of forest management on epiphytic lichens in northern Sweden*. Forest Ecology and Management, 175: 223-238.

Dufrêne M. & Legendre P., 1997. *Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach*. Ecological Monographs, 67: 345-366.

Durini M. & Medagli P., 2002. *Contributo alla conoscenza floristica dei licheni italiani: Florula lichenica della costa di Nardò e Porto Cesareo-LE*. Thalassia Salentina, 26: 19-30.

- Durini M. & Medagli P., 2004. *Contributo alla conoscenza floristica dei licheni italiani: Florula Lichenica del tratto costiero adriatico salentino Torre Rinalda - Le Cesine (Le)*. Thalassia Salentina, 27: 131-139.
- Dyer P.S., Ingram D.S. & Johnstone K., 1992. *The control of sexual morphogenesis in the Ascomycotina*. Biological Reviews, 67: 421-458.
- EEA - European Environment Agency, 2007. EUNIS Biodiversity Database.
- Ellis C.J. & Coppins B.J., 2009. *Quantifying the role of multiple landscape-scale drivers controlling epiphyte composition and richness in a conservation priority habitat (juniper scrub)*. Biological Conservation, 142: 1291-1301.
- Esposito A, Mazzoleni S. & Strumia S., 1999. *Post-fire bryophyte dynamics in Mediterranean vegetation*. Journal of Vegetation Science, 10: 261-268.
- Esposito A. & Strumia S., 2010. *Conservazione e ripristino di habitat dunali nei siti delle Province di Cagliari, Matera, Caserta*. All. PR 1 A1 CE, Relazione Gennaio-settembre, 2010. Progetto PROVIDUNE (LIFELIFE07/NAT/IT/000519) SIC Pineta della Foce del Garigliano (IT8010019).
- Esposito A., Strumia, S., Buonanno, M., Castaldo-Cobianchi, R. & Mazzoleni, S. 1998. *Analysis of bryophyte dynamics after fires of pine woodlands and Mediterranean macchia, southern Italy*. In: Trabaud, L. (ed.), Fire management and landscape ecology. Fairfield: 77-85.
- Esseen P.A. & Renhorn K.E., 1998. *Edge effects on an epiphytic lichen in fragmented forest*. Conservation Biology, 12 (6): 1307-1317.
- Fahrig L., 2003. *Effects of habitat fragmentation on biodiversity*. Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics, 34: 487-515.
- Fierro G., 2004. *Il degrado dei litorali*. Atti dei Convegni Lincei, 205: 37-50.
- Furlan A., 2013. *Il ruolo della struttura del paesaggio nella diversità floristica: il caso di studio della pianura veneta orientale*. Tesi di Laurea: 1-118.

Gallego Fernandez J.B. & Diaz Barradas M.C., 1997. *Lichens as indicators of a perturbation/stability gradient in the Asperillo dunes, SW Spain*. Journal of Coastal Conservation, 3: 113-118.

Galun M., 1988. *Lichenization*. In: CRC Handbook of Lichenology, Volume II. Galun, M., ed. CRC Press, Boca Raton: 153–169.

Gatto A., 2001. *La costa di Pinetamare-Ischitella: Aspetti naturalistici ed ambientali*. WWF Italia, Sezione locale Contea Normanna.

Gauslaa Y. & Holien H., 1998. *Acidity of boreal Picea abies-canopy lichens and their substratum, modified by local soils and airborne acidic depositions*. Flora 193: 249–257.

Gauslaa Y., 1995. *The Lobarion, an epiphytic community of ancient forests threatened by acid rain*. The Lichenologist, 27(1): 59-76.

Gauslaa Y., Lie M. & Ohlson M., 2008. *Epiphytic lichen biomass in a boreal Norway spruce forest*. The Lichenologist, 40 (3): 257-266.

Giacomini V. & Fenaroli L., 1958. *La flora*. Conosci l'Italia Volume II. Touring Club Italiano.

Giordani P., 2006. *Variables influencing the distribution of epiphytic lichens in heterogeneous areas: A case study for Liguria, NW Italy*. Journal of Vegetation Science, 17: 195-206.

Giordani P., 2012. *Assessing the effects of forest management on epiphytic lichens in coppiced forests using different indicators*. Plant Biosystems, 1-10, iFirst Article

Giordani P., Brunialti G., Bacaro G. & Nascimbene J., 2012. *Functional traits of epiphytic lichens as potential indicators of environmental conditions in forest ecosystems*. Ecological Indicators, 18: 413–420

Glenn M.G., Webb S.L. & Cole M.S., 1998. *Forest integrity at anthropogenic edges: air pollution disrupts bioindicators*. Environmental Monitoring and Assessment, 51(1-2): 163-169.

Grillo M. & Caniglia G., 2004. *Licheni terricoli di aree costiere della Sicilia Sud Orientale: primo contributo*. Notiziario Società Lichenologica Italiana, 17: 64-65.

Gruppo Nazionale per la ricerca sull'ambiente costiero, 2006. *Lo stato dei litorali italiani*. Studi Costieri, 10:1-174.

Hambler C., 2004. *Conservation*. Cambridge University Press, Cambridge.

Heinken T., Rohner M-S. & Hoppert, M. 2007. *Red wood ants (Formica rufa group) disperse bryophyte and lichen fragments on a local scale*. Nova Hedwigia, 131: 147-163.

Henriksson E. & Simu B., 1971. *Nitrogen fixation by lichens*. Oikos, 22: 119-121.

Hilmo O. & Såstad S.M. 2001. *Colonization of old-forest lichens in a young and an old boreal Picea abies forest: an experimental approach*. Biological Conservation, 102: 251-259.

Honegger R., 1991. *Functional aspects of the lichen symbiosis*. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 42: 553-578.

Hooper D.U., Chapin III F.S., Ewel J.J., Hector A., Inchausti P., Lavorel S., Lawton J.H., et al., 2005. *Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge*. Ecological Monographs, 75(1): 3-35.

Iamónico D., 2010. *Flora e vegetazione*. Piano di Gestione dei Siti Natura 2000: “Pineta della Foce del Garigliano” (cod. IT8010019), “Vulcano di Roccamonfina” (cod.IT8010022) , Fiume Garigliano” (cod. IT8010029).

ICN, 2007. *Plano Sectorial da Rede Natura 2000 – habitats naturais – 2250 *Dunas litorais com Juniperus spp*. Instituto da Conservação da Natureza, Portugal.

Ippolito F., Ortolani F. & Russo M., 1973. *Struttura marginale tirrenica dell'Appennino campano; reinterpretazione di dati di antiche ricerche di idrocarburi*. Mem. Soc. Geol. It., 12: 127-250.

IUCN, 2013. *Guidelines for using the IUCN Red List Categories and Criteria*. Version 10. Prepared by the Standards and Petitions Subcommittee. Downloadable from: <http://www.iucnredlist.org/documents/RedListGuidelines.pdf>

- Izzi C.F., 2007. *Diversità floristica e funzionale della vegetazione dunale costiera dell'Italia centrale e della Francia sud-occidentale*. Tesi di Dottorato:1-320.
- Johansson P., 2008. *Consequences of disturbance on epiphytic lichens in boreal and near boreal forests*. *Biological Conservation*, 141: 1933-1944.
- Jun R. & Rozé f., 2005. *Monitoring Bryophytes and lichens dynamics in sand dunes: example on the French Atlantic coast*. In: Herrier J.-L., J. Mees, A. Salman, J. Seys, H. Van Nieuwenhuysse and I. Dobbelaere (Eds)., *Proceedings 'Dunes and Estuaries 2005' – International Conference on Nature Restoration Practices in European Coastal Habitats*, Koksijde, Belgium, 19-23 September 2005: p. 291-313.
- Kenkel N.C. & Bradfield G.E., 1986. *Epiphytic vegetation on Acer macrophyllum: a multivariate study of species-habitat relationships*. *Vegetatio*, 68: 43-53.
- Kerbiriou C., Leviol I., Jiguet F. & Julliard R., 2008. *The impact of frequentation on coastal vegetation in a biosphere reserve*. *Journal of Environmental Management*, 88: 715-728.
- Kershaw K.A., 1985. *Physiological ecology of lichens*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- La Rocca S., 2004. *Censimento e mappatura dei macromiceti delle dune costiere della sicilia e confronto con i popolamenti del bacino del mediterraneo*. Tesi di Dottorato: 1-301.
- Lang G.E., Reiners W.A. & Pike L.H., 1980. *Structure and biomass dynamics of epiphytic lichen communities of balsam fir forests in New Hampshire*. *Ecology*, 61(3): 541-550.
- Lange O.L. & Green T.G.A., 2008. *Diel and seasonal courses of ambient carbon dioxide concentration and their effect on productivity of the epilithic lichen Lecanora muralis in a temperate, suburban habitat*. *The Lichenologist*, 40(5): 449-462.
- Longán A., Gaya E. & Gómez-Bolea A., 1999. *Post-fire colonization of a mediterranean forest stand by epiphytic lichens*. *The Lichenologist*, 31(4): 389-395.

- Loppi S. & Frati L., 2004. *Influence of tree substrate on the diversity of epiphytic lichens: comparison between Tilia platyphyllos and Quercus ilex (Central Italy)*. The Bryologist, 107 (3): 340-344.
- Loppi S., Bonini I. & De Dominicis V., 1999. *Epiphytic lichens and bryophytes of forest ecosystems in Tuscany (central Italy)*. Cryptogamie, Mycol., 20 (2): 127-135.
- Loppi S., Boscagli A. & De Dominicis V., 2004. *Ecology of soil lichens from Pliocene clay badlands of central Italy in relation to geomorphology and vascular vegetation*. Catena, 55 (1): 1-15.
- Marchetti M. & Franchi P., 1993. *Ascomiceti delle dune del litorale toscano*. Riv. Micol., 36(2): 115-136.
- Martellos S., Nascimbene J. & Nimis P.L., 2004. *I licheni delle Alpi: biodiversità e conservazione*. Report APAT, 45/2004: 176-186.
- Martínez I., Bellinchón R., Otárola M.G., Aragón G., Prieto M. & Escudero A., 2011. *Efectos de la fragmentación de los bosques sobre los líquenes epífitos en la Región Mediterránea*. Ecosistemas, 20(2): 54-67.
- Matteucci E., Benesperi R., Giordani P., Piervittori R. & Isocrono D., 2012. *Epiphytic lichen communities in chestnut stands in Central-North Italy*. Biologia, 67/1: 61-70
- McCune B. & Grace J.B., 2002. *Analysis of ecological communities*. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, US
- McCune B. & Mefford M.J., 1999. *Multivariate analysis of ecological data, version 4.25*. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, US.
- McLachlan A., 1991. *Ecology of coastal dune fauna*. Journal of Arid Environments, 21: 229-243.
- Muggia L., 2013. *Licheni: nuovi ecosistemi in esplorazione*. Notiziario Società Lichenologica Italiana, 26: 100-102.
- Muñoz-Reinoso J. C., 2003. *Juniperus oxycedrus spp. macrocarpa in Spain: Ecology and conservation problems*. Journal of Coastal Conservation, 9: 113-122.

Muñoz-Reinoso J. C., 2004. *Diversity of maritime juniper woodlands*. Forest Ecology and Management, 192 (2-3): 267-276.

Nascimbene J., Benesperi R., Brunialti G., Catalano I., Dalle Vedove M., Grillo M., Isocrono D., Matteucci E., Potenza G., Puntillo D., Puntillo M., Ravera S., Rizzi G. & Giordani P., 2013a. *Patterns and drivers of β -diversity and similarity of *Lobaria pulmonaria* communities in Italian forests*. Journal of Ecology, doi: 10.1111/1365-2745.12050.

Nascimbene J., Marini L. & Nimis P.L., 2007. *Influence of forest management on epiphytic lichens in a temperate beech forest of northern Italy*. Forest Ecology and Management, 247: 43-47.

Nascimbene J., Marini L. & Nimis P.L., 2009. *Influence of tree species on epiphytic macrolichens in temperate mixed forest in northern Italy*. Ca. J. For. Res., 39: 785-791.

Nascimbene J., Marini L. & Nimis P.L., 2010. *Epiphytic lichen diversity in old-growth and managed *Picea abies* stands in Alpine spruce forests*. Forest Ecology and Management, 260, 603–609.

Nascimbene J., Nimis P.L. & Benesperi R., 2012. *Mature non-native black-locust (*Robinia pseudoacacia* L.) forest does not regain the lichen diversity of the natural forest*. Science of the Total Environment, 421–422: 197–202.

Nascimbene J., Nimis P.L. & Ravera S., 2013b. *Evaluating the conservation status of epiphytic lichens of Italy: A red list*. Plant Biosystems, 1-7. <http://dx.doi.org/10.1080/11263504.2012.748101>.

Nascimbene, 2006. *Indagine lichenologiche*. Comune di Danta di Cadore, Progetto LIFE “Salvaguardia e valorizzazione delle torbiere di Danta di Cadore”, Azione A1 “Elaborazione di un piano particolare di intervento”.

Nash III T.H. & Lange O.L., 1988. *Responses of lichens to salinity: concentration and time-course relationships and variability among Californian species*. New-Phytol., 109: 361-367.

Nash III T.H., 1996. *Lichen biology*. Cambridge University Press, Cambridge: 1-315.

- Neitlich P.N. & McCune B., 1997. *Hotspots of epiphytic lichen diversity in two young managed forests*. *Conserv. Biol.*, 11: 172–182.
- Nimis P.L. & Bolognini G., 1993. *Chiavi analitiche del genere Lecanora Ach. in Italia*. *Notiziario Società Lichenologica Italiana*, 6: 29-46.
- Nimis P.L. & Losi L., 1984. *Lichens as phytoclimatical indicators in the trieste Karst. gortania*, 5: 63-80.
- Nimis P.L. & Martellos S., 2004. *Keys to the lichens of Italy. I Terricolous species*. Le guide di Dryades 1 – Serie Licheni I. Edizioni Goliardiche. Trieste.
- Nimis P.L. & Martellos S., 2008. *ITALIC - The Information System on Italian Lichens*. Version 4.0. University of Trieste, Dept. of Biology, IN4. 0/1. (<http://dbiodbs.univ.trieste.it/>).
- Nimis P.L. & Schiavon L., 1986. *The epiphytic lichen vegetation of the tyrrhenian coasts in central Italy*. *Annali di Botanica (Roma)*, 44: 39-67.
- Nimis P.L. & Tretiach M., 1999. *Itinera Adriatica. Lichens from the eastern side of the Italian Peninsula*. *Studia Geobot.*, 18: 5-106.
- Nimis P.L. & Tretiach M., 2004. *Delimiting Tyrrhenian Italy: A lichen foray in the SW part of the peninsula*. *Bibliotheca Lichenologica*, 88: 465-478.
- Nimis P.L., 1987. *I macrolicheni d'Italia. Chiavi analitiche per la determinazione*. Gortania-Atti Museo Friul. Storia Nat.: 101-220.
- Nimis P.L., 1988. *Contributi alle conoscenze floristiche sui licheni d'Italia. II: flora lichenica della Tenuta di Castelporziano (Roma)*. *Braun-Blanquetia*, 2: 223-238.
- Nimis P.L., 1992. *Chiavi analitiche del genere Caloplaca Th. Fr. in Italia*. *Notiziario Società Lichenologica Italiana*, 5: 9-28.
- Palmqvist K. & Sundberg B., 2000. *Light use efficiency of dry matter gain in five macrolichens: relative impact of microclimate conditions and species-specific traits*. *Plant, Cell and Environment*, 23: 1-14.
- Peard J.L., 19683. *Distribution of corticolous noncrustose lichens on trunks of rocky mountain Juniperus in boulder county, Colorado*. *The Bryologist*, 86 (3): 244-250.

- Pennetta M., Corbelli V., Esposito P., Gattullo V. & Nappi R., 2011. *Environmental Impact of Coastal Dunes in the Area Located to the Left of the Garigliano River Mouth (Campanya, Italy)*. Journal of Coastal Research, 61: 421-427.
- Pettersson R.B., Ball J.P., Renhorn K.E., Esseen P.A. & Sjöberg K., 1995. *Invertebrate communities in boreal forest canopies as influenced by forestry and lichens with implications for passerine birds*. Biological Conservation, 74: 57-63.
- Picchi S., 2008. *Management of Natura 2000 habitats*. 2250 *Coastal dunes with *Juniperus spp.* European Commission.
- Pignatti S., 2002. *La vegetazione delle spiagge*. in AA. VV., Dune e spiagge sabbiose. Ambienti fra terra e mare. – Quaderni Habitat 4, Museo Friulano di Storia Naturale, Udine: 43-61.
- Podani J., 2007. *Analisi ed esplorazione multivariata dei dati in ecologia e biologia*. Liguori editore Napoli.
- Potenza G., Fascetti S., Ravera S. & Puntillo D., 2010. *Lichens from sandy dune habitats on the Ionian coast (Basilicata, southern Italy)*. Cryptogamie, Mycologie, 31(1): 59-65.
- Prisco I., Acosta A.T.R. & Ercole S., 2012. *An overview of the Italian coastal dune eu habitats*. Ann. Bot. (Roma), 2: 39-48.
- Ravera S. & Genovesi V., 2008. *Analisi lichenologia nella piana del Fibreno*. Atti della prima giornata di studio, “Tutela e conservazione dell’ecosistema acquatico, Lago di Posta Fibreno Area SIC/ZPS IT6050015.
- Ravera S., Nimis P.L., 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) suppl. 1: 145-153.
- Rawat S., Upreti D.K. & Singh R. P., 2011. *Estimation of epiphytic lichen litter fall biomass in three temperate forests of Chamoli district, Uttarakhand, India*. Tropical Ecology, 52(2): 193-200.
- Rhind P.M. & Jones P.S., 1999. *The floristics and conservation status of sand-dune communities in Wales*. Journal of Coastal Conservation, 5: 31-42.

- Rhoades F.M., 1995. *Nonvascular epiphytes in forest canopies: worldwide distribution, abundance and ecological roles*. In: *Forest Canopies*. (Eds): M.D. Lowman and N.M. Nadkarni. Academic Press: 353-408.
- Root T.L., Price J.T., Hall K.R., Schneider S.H., Rosenzweig C. & Pounds J.A., 2003. *Fingerprints of global warming on wild plants and animals*. *Nature*, 421: 57-70.
- Rosenzweig C., Karoly D., Vicarelli M., Neofotis p., Wu Q., Casassa G., Menzel A., Root T.L., Estrella n., Seguin B., tryjanowski P., liu C., Rawlins S. & Imeson A., 2008. *Attributing physical and biological impacts to anthropogenic climate change*. *Nature*, 453: 353-357.
- Rossi G., Montagnani C., Gargano D., Peruzzi L., Abeli T., Ravera S., Cogoni A., Fenu G., Magrini S., Gennai M., Foggi B., Wagensommer R.P., Venturella G., Blasi C., Raimondo F.M., Orsenigo S., (eds.), 2013. *Lista rossa della flora d'Italia. 1. Policy species e altre specie minacciate*. Comitato Italiano IUCN e Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del Mare.
- Rosso A.L., 2000. *Shrub epiphyte communities in relation to stand management in forests of western Oregon*. Tesi di Dottorato: 1-139.
- Ruisi S., 2008. *Studi molecolari su licheni antartici e microrganismi associati*. Tesi di Dottorato: 1-184.
- Salvà G., Montero E., Ravera S., Benesperi R. & Barreno E., 2010. *IUCN red list categories and criteria of the lichen *Seirophora Villosa* for Spain and Italy*. *Notiziario Società Lichenologica Italiana*, 23: 53.
- Scalia C., 1982. *La vegetazione delle dune costiere italiane*. In AA. VV., *I litorali sabbiosi. Quaderni sulla "Struttura delle zoocenosi terrestri"*. 3. Ambienti mediterranei 1. Le Coste Sabbiose. – Consiglio Nazionale delle Ricerche, Roma: 9-25.
- Seneviratne G. & Indrasena IK., 2006. *Nitrogen fixation in lichens is important for improved rock weathering*. *J. Biosci.*, 31 (5): 639-643.
- Snäll T., Ehrlén J. & Rydin H. 2005. *Colonization-extinction dynamics of an epiphyte metapopulation in a dynamic landscape*. *Ecology*, 86: 106-115.

- Snäll T., Ribeiro P.J. & Rydin H., 2003. *Spatial occurrence and colonisations in patch-tracking metapopulations: local conditions versus dispersal*. *Oikos*, 103: 566-578.
- Strumia S., Croce A., De Luca P. & Esposito A., 2010. *Vegetation analysis of coastal vegetation in the "Pineta della foce del Garigliano" Nature2000 Site (CE, Southern Italy) for management and restoration purpose*.- Atti 46° Congresso SISV. Pavia, 17-19 febbraio 2010: 93.
- Terracciano N., 1872-75. *Relazioni intorno alle peregrinazioni botaniche fatte per disposizione della Deputazione provinciale di Terra di Lavoro*. Nobile e C. Caserta.
- Terzi M., Di Pietro R. & D'Amico F.S., 2010. *Analisi delle Specie Indicatrici applicata alle comunità a *Stipa austroitalica* Martinovsky e relative problematiche sintassonomiche*. *Fitociologia*, 47 (1): 3-29.
- Tilman D., May R.M., Lehman C.L. & Nowak M. A., 1994. *Habitat destruction and the extinction debt*. *Nature*, 371: 65-66.
- Tretiach M. & Brown D.H., 1995. *Morphological and physiological differences between epilithic and epiphytic populations of the lichen *Parmelia pastillifera**. *Annals of Botany*, 75: 627-632.
- Will-Wolf S. & Scheidegger C., 2002. *Monitoring lichen diversity and ecosystem function. An Introduction*. In: Nimis P.L., Scheidegger C. & Wolseley P. (eds.). *Monitoring with Lichens – Monitoring Lichens*. Kluwer, Dordrecht, pp. 143-145.
- Wilson P. J. & Provan J., 2003. *Effect of habitat fragmentation on levels and patterns of genetic diversity in natural populations of the peat moss *Polytrichum commune**. *Proc. R. Soc. Lond. B*, 270: 881–886.
- Wirth V., 1991. *Zeigerwerte von Flechten*. In: Ellenberg, H. et al. (eds.): *Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa*. *Scripta Geobotanica*, 18: 215-237.
- Wirth V., 1995. *Die Flechten Baden-Württembergs*. Vol. 1 e 2. Ulmer, Stuttgart.
- Zedda L. & Sipman H., 2001. *Lichens and lichenicolous fungi on *Juniperus oxycedrus* in Campus Su Disterru (Sardinia, Italy)*. *Bocconea*, 13: 309-328.

Zedda L., 2002. *The epiphytic lichens on Quercus in Sardinia (Italy) and their value as ecological indicators*. Englera, 24: 1-457.

Zedda L., 2013. *Biodiversità: perché sono importanti i licheni?* Notiziario Società Lichenologica Italiana, 26: 103-112.

Zedda L., Cogoni A., Flore F. & Brundu G., 2010. *Effects of alien plants and man-made disturbance on soil-growing bryophyte and lichen diversity in coastal areas of Sardinia (Italy)*. Plant Biosystems, 144: 547–562.

Zumbolo A., 2012. *Bonifica e riqualificazione di un'area demaniale costiera*. Silvae, Anno VII n. 15/18: 203-212.