



Università degli Studi di Milano – Bicocca
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELL'AMBIENTE E DELLA TERRA

Corso di Laurea in
Scienze e Tecnologie per l'Ambiente

Diversità e composizione delle comunità di
Carabidae nella Riserva Naturale
“Torbiere del Sebino”

Relatore:

Prof. Luciano Bani

Correlatori:

Prof. Enrico Ruzzier

Dott. Stefano Aguzzi

Prova finale di Laurea di:

Luca Naoni

Matricola:

830425

Indice

Capitolo 1- Introduzione	3
Capitolo 2 - Materiali e metodi.....	4
2.1 Area di studio	4
2.2 Trappole	6
2.3 Piano di campionamento	6
2.4 Analisi statistiche	7
Capitolo 3 – Risultati	9
3.1 Dati ottenuti dal piano di campionamento	9
3.2 Modelli per lo studio della Densità Attiva	14
3.3 Modelli per lo studio della ricchezza in specie	16
3.4 Modelli per lo studio della diversità	18
Capitolo 4 – Conclusioni	23
Ringraziamenti	25
Bibliografia	26

Introduzione

Con circa 300.000 specie diverse suddivise in 82 famiglie (EPPO Global Database, 2021), quello dei Coleoptera (Coleoptera Linnaeus, 1758) è l'ordine animale più importante per numero di specie.

All'interno di questo ordine troviamo i Carabidae (Carabidae Latreille, 1802), una numerosa famiglia di cui sono state identificate più di 35.000 specie nel mondo, di cui solo in Italia se ne contano circa 1300 (Vigna Taglianti, 1993).

I Coleotteri Carabidi sono un gruppo di insetti che vive a livello del suolo, per la maggior parte sono predatori e hanno un ciclo vitale annuale (Pizzolotto & Brandmayr, 1998). Sono dei buoni corridori, molti di essi sono atteri e in alcune specie le elitre sono saldate offrendo così una protezione supplementare (Chinery, 1998) pur impedendo il volo. Normalmente questi insetti sono facilmente riconoscibili: l'aspetto generale di un Carabide è quello di un coleottero dalla forma ovale più o meno allungata, protorace solitamente più stretto delle elitre, provvisti di lunghe zampe cursorie adatte alla corsa e di antenne filiformi e moniliformi di undici articoli. Le diverse specie presentano livree che possono essere anche molto sgargianti e con riflessi metallici, mentre in altri casi sono colori scuri e poco evidenti. Le elitre presentano una serie di striature, possono avere inoltre una microscultura caratteristica composta da pori e solchi oppure presentare macchie di diversi colori (Cosimi & Rossi, 2019).

Pur essendo in maggioranza predatori, nella famiglia troviamo esemplari con adattamenti morfologici molto diversi tra loro, che sono legati al tipo di attività trofica della specie. La forma più diffusa è quella dei predatori olfatti-tattili, che presentano occhi poco sviluppati, attività prevalentemente notturna e scelta della preda non specializzata. Esistono però altre varianti morfologiche, come i predatori visivi con occhi ben sviluppati e con attività diurna, altri hanno invece sviluppato la cicrizzazione, ovvero l'allungamento e assottigliamento della parte anteriore del corpo per la predazione di Gasteropodi (Cosimi & Rossi, 2019).

Nel complesso, esiste una vastissima gamma di specializzazioni alimentari e alcune di esse sono ancora oggi poco conosciute (Brandmayr et al., 2005).

I Carabidi rappresentano un elemento importante nella rete alimentare (sono predatori di piccoli invertebrati e fanno parte della dieta di anfibi, rettili, uccelli e piccoli mammiferi) e si distribuiscono nell'ambiente secondo chiare preferenze di habitat (Pizzolotto & Brandmayr, 1998). Per questi motivi i Carabidi vengono spesso utilizzati come bioindicatori in studi in cui le indagini si concentrano soprattutto sulla risposta delle specie alla variazione delle condizioni ambientali. In letteratura non sono pochi gli esempi di studi sia su ecosistemi naturali sia su agroecosistemi (Cosimi & Rossi, 2019) che valutano la risposta delle comunità di questi animali a fattori ambientali e antropici.

L'obiettivo di questo elaborato è quello di caratterizzare le comunità di Coleotteri Carabidi all'interno della Riserva Naturale delle Torbiere del Sebino e valutare la distribuzione sia temporale che spaziale in modo da capire quali sono i fattori che le influenzano in modo significativo.

Questo scritto è il risultato di uno studio condotto congiuntamente all'attività di stage curriculare che ha previsto l'attività di raccolta degli esemplari sul campo, estesa su un arco temporale di circa 2 mesi tra aprile e giugno 2021, la successiva loro determinazione specifica e una analisi preliminare dei dati finalizzata alla realizzazione della presente prova finale.

Capitolo 2

Materiali e metodi

2.1 AREA DI STUDIO

La Riserva Naturale delle Torbiere del Sebino si estende per circa 360 ha e rientra nei comuni di Corte Franca, Iseo e Provaglio d'Iseo, gode dello stato di “zona umida di importanza internazionale” secondo la Convenzione di Ramsar, Zona Speciale di Conservazione (ZSC) e Zona di Protezione Speciale (ZPS) nell’ambito della Rete Natura 2000, è quindi un’area prioritaria per la biodiversità nella Pianura Padana lombarda.

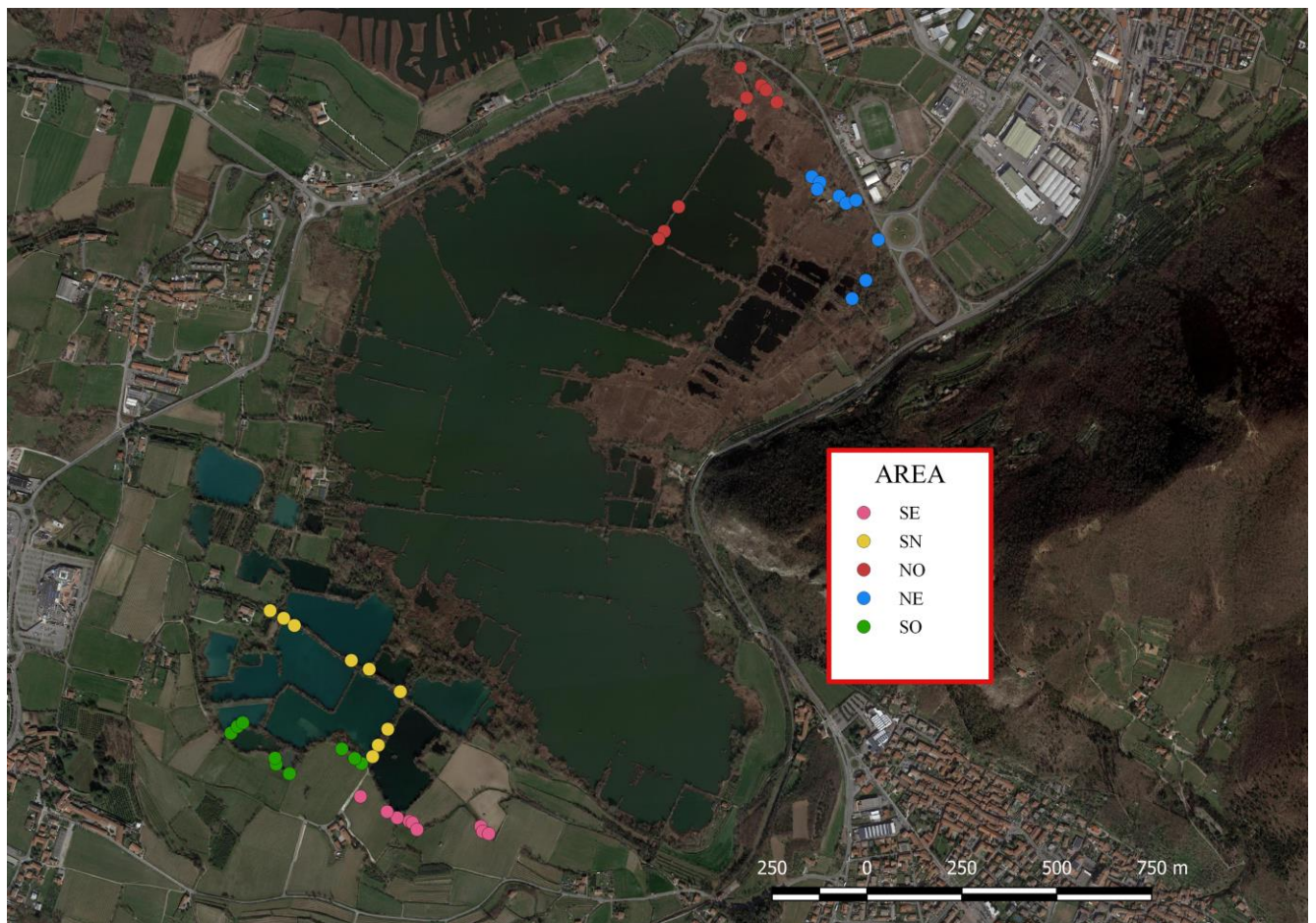


Figura 1: Mappa della Riserva Naturale delle Torbiere del Sebino con posizione delle trappole.

Vista dall’alto la riserva si presenta suddivisa in vasche di una forma più o meno regolare, questo perché nel XIX e XX secolo era utilizzata per l’estrazione della torba, utilizzata all’epoca per diversi scopi, dal riscaldamento domestico all’alimentazione dei treni della ferrovia Brescia-Iseo-Edolo.

Lo sfruttamento è continuato fino agli anni ’50, quando ormai il paesaggio della zona era completamente trasformato e con lui anche la fauna presente.

In quest’area è infatti presente un’importante varietà di specie pregiate e di interesse comunitario, alcune delle quali a rischio estinzione (Capelli, 2014).

Gli habitat sono di tipo acquatico-palustri, in cui troviamo una vegetazione tipica degli ambienti umidi, come giunchi (*Juncus effusus*), cannuce di palude (*Phragmites australis*), violette d'acqua (*Hottonia palustris*) e vari tipi di Carici di ripa, gli alberi ad alto fusto più comuni sono pioppi, salici e platani.

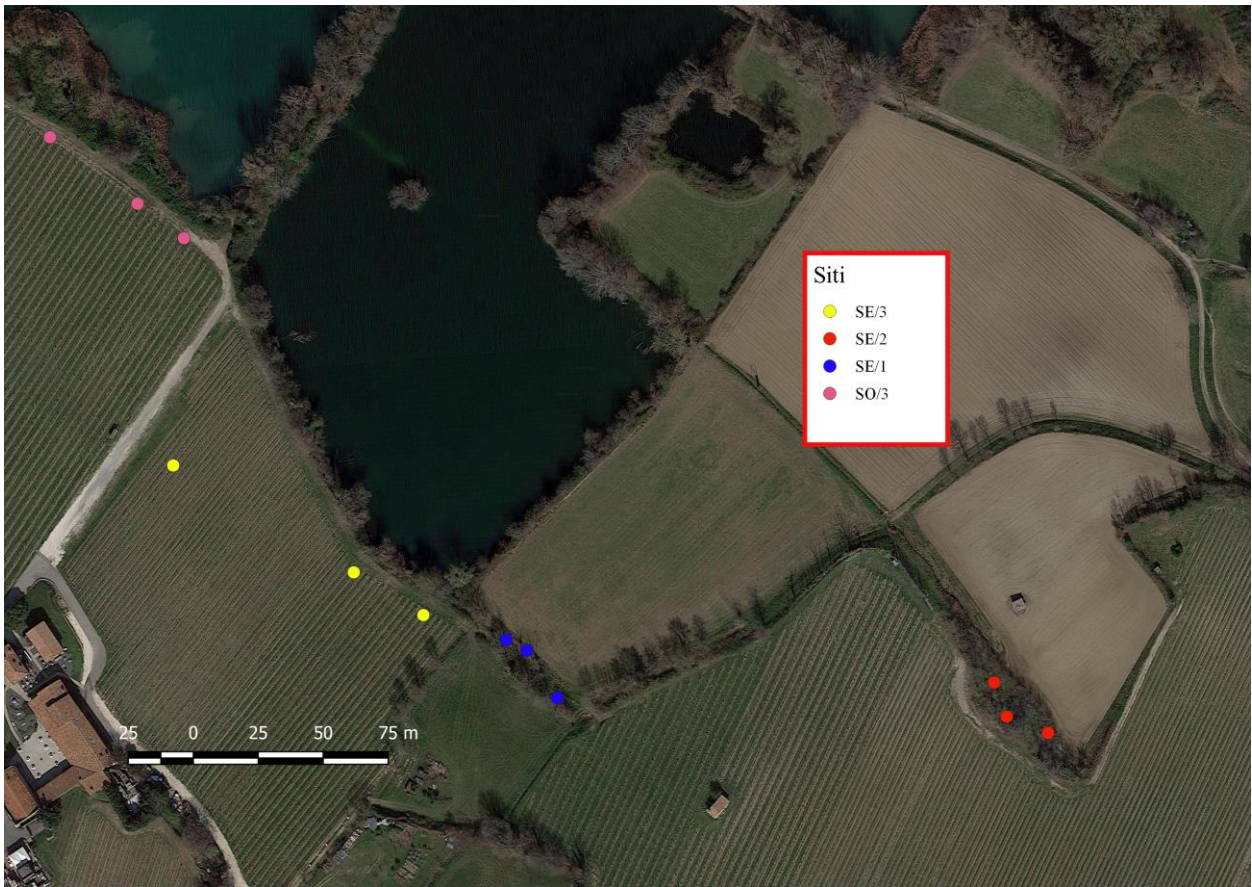


Figura 2: posizione dei siti appartenenti all'area SE e del sito SO/3.

Parte delle trappole sono state posizionate oltre il confine nella riserva, in un terreno di proprietà dell'azienda vinicola Bersi Serlini Franciacorta destinato alla coltivazione della vite. In particolare i due siti che si trovano nei vigneti sono il SO/3 e il SE/3, visibili nella figura 2, mentre i siti SE/1 e SE/2 si trovano rispettivamente al limite di un prato e in un boschetto compreso tra un campo coltivato e un vigneto.

2.2 TRAPPOLE

Le trappole utilizzate sono del tipo “pitfall trap” (Figura 3), ovvero semplici trappole a caduta costituite da due bicchieri di plastica inseriti l’uno nell’altro (al fine di facilitare l’estrazione contenuto in fase di raccolta) del diametro di circa 8 cm che sono stati interrati nel suolo fino all’orlo avendo cura di colmare qualsiasi vuoto tra il bordo superiore del bicchiere e il terreno (la presenza di vuoti potrebbe rendere più difficoltoso il passaggio dell’animale dal terreno alla trappola a caduta, compromettendone l’efficacia di cattura).

Per facilitare il processo di messa in posa è stato utilizzato un carotatore per bulbi dello stesso diametro.

La trappola viene poi coperta con una lastra di plastica 15 x 15 cm leggermente sollevata in modo da permettere il passaggio dei carabidi e allo stesso tempo proteggere il contenuto dalla fauna insettivora e dalla pioggia.

Sulla superficie dei pannelli di plastica è riportato il codice identificativo univoco della trappola a cui sono associate le sue coordinate e le caratteristiche dell’ambiente che la circonda.

Le trappole sono state posizionate pensando anche alla possibilità che venissero involontariamente distrutte dai visitatori della riserva, per questo motivo la maggior parte sono state messe in punti difficilmente raggiungibili e nascosti dalla vegetazione (anche questo non è comunque bastato ad evitare che alcune di esse venissero manomesse).



Figura 3: Esempio di trappola innescata.

2.3 PIANO DI CAMPIONAMENTO

Per valutare le comunità di carabidi presenti nella riserva è stato effettuato un piano di campionamento comprendente cinque diverse aree, in ognuna delle quali sono state identificati tre siti. In ciascun sito sono state collocate tre trappole a caduta piuttosto ravvicinate (entro 10 m circa) in modo da limitare i possibili effetti stocastici nella catture in ciascun sito e limitare l’effetto dovuto all’eventualità che qualche trappola andasse persa. In totale sono state quindi dislocate 45 trappole.

All’interno dei bicchieri è stata messa una soluzione costituita per l’80% da acqua e per il 20% da aceto di vino bianco (utilizzato sia a scopo attrattivo che conservativo), saturando la soluzione con del sale grosso che, come l’aceto, serve a preservare il campione durante il periodo di posa.

L’uso dell’aceto come attrattivo per questi coleotteri è noto in letteratura, alcune specie come *Calathus fuscipes graecus* (Dejean, 1831) sono particolarmente sensibili mentre altre come

quelle appartenenti al genere *Amara* (Bonelli, 1810) non dimostrano alcuna preferenza per questo attrattivo, in generale possiamo però dire che le trappole innescate con l'aceto forniscono più catture di quelle contenenti solo acqua (Allegro & Dulla, 2008).

La raccolta del contenuto della trappole è stata fatta dopo 10-16 giorni dall'innescamento, secondo il calendario riportato nella tabella 1, e i campioni sono stati conservati dentro delle provette del tipo "falcon" in alcool isopropilico.

Sessione	Data di innesco	Data di raccolta
1	26/04/2021	05/05/2021
2	05/05/2021	20/05/2021
3	20/05/2021	05/06/2021
4	05/06/2021	20/06/2021

Tabella 1: Date di innesco e di raccolta delle trappole.

2.4 ANALISI STATISTICHE

I dati ottenuti dal piano di campionamento sono stati organizzati in un database in cui per ogni trappola troviamo le specie catturate, il numero di esemplari, la sex ratio, le coordinate e delle informazioni sull'ambiente circostante.

Dato che il periodo di innesco non è stato il medesimo per tutte le sessioni, è stato utilizzato un indice definito "densità attiva" che tiene conto sia della possibilità che una o più trappole siano state disattivate o comunque andate perse, sia che il tempo di posa non sia lo stesso in tutte le sessioni. In questo modo il numero di individui viene commisurato allo sforzo di campionamento. Per quanto riguarda lo studio del numero di individui trovati in ciascun sito la formula è la seguente:

$$\text{Peso del sito} = \frac{\text{Numero di trappole effettivamente attive per sito} \times \text{giorni di attività}}{30 \text{ (considerando 10 giorni per ogni trappola per set di 3 trappole)}}$$

Quindi, la densità attiva è data dal rapporto degli individui catturati in ciascun sito diviso il peso del sito di trappolaggio. L'assunto che regge la suddetta relazione è che all'aumentare dell'sforzo di campionamento aumenti linearmente il numero di individui catturati.

Se questo assunto può essere considerato adeguato per quanto riguarda la stima del numero di individui catturati, non può esserlo per il numero di specie. Infatti, è lecito assumere che il tasso di specie che cade nelle trappole diminuisca con il passare dei giorni. Per tale motivo lo sforzo di campionamento, ovvero il peso di ciascun sito utilizzato per le analisi riguardanti le specie, è stato il logaritmo del peso del sito.

Per quanto riguarda lo studio della diversità specifica sono stati utilizzati l'indice di Shannon, l'indice di Simpson e l'*evenness*.

Sono tutti indici matematici di diversità di specie che ci danno informazioni più dettagliate sulle comunità rispetto alla semplice ricchezza in specie (Smith & Smith, 2017).

L'indice di Simpson misura la probabilità che due individui scelti in modo casuale in un campione appartengano alla stessa specie, viene solitamente indicato con D:

$$D = \sum p_i^2$$

Con p_i si intende la proporzione del totale degli individui nella comunità appartenenti alla specie i .

I valori in questo caso variano da 0 a 1, nel caso di minor diversità possibile abbiamo una sola specie presente e il valore di questo indice è 1 (aumenta al diminuire della biodiversità).

L'*evenness* misura l'equiripartizione, cioè come sono ripartiti gli individui nelle varie specie del campione e viene indicato con E_D :

$$E_D = \frac{(1 / D)}{S}$$

In cui D è l'indice di Simpson e S è la ricchezza in specie, intesa come il numero totale di specie nel campione analizzato.

In questo caso i valori vanno da 0 a 1, dove 1 rappresenta l'equiripartizione completa, ovvero il caso in cui tutte le specie sono rappresentate dallo stesso numero di individui.

L'indice di Shannon (noto anche come indice di Shannon-Weiner) viene indicato con H ed è un indice della diversità molto utilizzato:

$$H = -\sum (p_i) (\log_2 p_i)$$

In cui p_i rappresenta la proporzione del totale degli individui appartenenti alla specie i .

Capitolo 3

Risultati

3.1 DATI OTTENUTI DAL PIANO DI CAMPIONAMENTO

Il piano di campionamento ha portato alla cattura di 1339 carabidi appartenenti a 35 specie.

S	Tribù	Specie	Area
1	Pterostichini	<i>Abax continuus</i> (Heer, 1841)	NE, NO, SE, SN, SO
2	Pterostichini	<i>Abax fiorii</i> (Jakobson, 1907)	NE
3	Platynini	<i>Agonum afrum</i> (Duftschmid, 1812)	NE, SE
4	Platynini	<i>Agonum duftschmidi</i> (Schmidt 1994)	NE, SE
5	Platynini	<i>Agonum hypocrita</i> (Apfelbeck, 1904)	NE
6	Platynini	<i>Anchomenus dorsalis</i> (Pontoppidan, 1763)	NO, SE, SO
7	Anisodactylini	<i>Anisodactylus intermedius</i> (Dejean, 1829)	NE
8	Brachinini	<i>Brachinus crepitans</i> (Linnaeus, 1758)	SE
9	Brachinini	<i>Brachinus explodens</i> (Duftschmid, 1812)	SN
10	Brachinini	<i>Brachinus sclopeta</i> (Fabricius 1792)	NO, SE
11	Pterostichini	<i>Calathus fuscipes graecus</i> (Dejean, 1831)	NE, NO, SE, SN, SO
12	Pterostichini	<i>Calathus micropterus</i> (Duftschmid, 1812)	SN
13	Carabini	<i>Carabus granulatus interstitialis</i> (Duftschmid, 1812)	NE, NO, SE, SN, SO
14	Chlaeniini	<i>Chlaeniellus vestitus</i> (Paykull, 1790)	SE
15	Chlaeniini	<i>Chlaeniellus nitidulus</i> (Schrank, 1781)	SN
16	Harpalini	<i>Harpalus affinis</i> (Schrank, 1781)	SO
17	Harpalini	<i>Harpalus atratus</i> (Latreille, 1804)	NE, NO
18	Harpalini	<i>Harpalus dimidiatus</i> (P. Rossi, 1790)	SE, SO
19	Harpalini	<i>Harpalus distinguendus</i> (Duftschmid, 1812)	SE, SO
20	Harpalini	<i>Harpalus fuscipalpis</i> (Sturm, 1818)	SE
21	Harpalini	<i>Harpalus honestus</i> (Duftschmid, 1812)	SE, SN, SO
22	Harpalini	<i>Harpalus rufipes</i> (De Geer, 1774)	SE, SO
23	Nebriini	<i>Leistus fulvibarbis</i> (Dejean, 1826)	SE
24	Platynini	<i>Limodromus assimilis</i> (Paykull, 1790)	NO
25	Platynini	<i>Limodromus krynickii</i> (Sperk, 1835)	NE, NO
26	Nebriini	<i>Nebria brevicollis</i> (Fabricius, 1792)	NE, SE, SN, SO
27	Oodini	<i>Oodes helopioides</i> (Fabricius, 1792)	NE, NO, SE
28	Platynini	<i>Paranchus albipes</i> (Fabricius, 1796)	NO, SN
29	Perigonini	<i>Perigona nigriceps</i> (Dejean, 1831)	SO
30	Pterostichini	<i>Pterostichus aterrimus</i> (Herbst, 1784)	NE
31	Pterostichini	<i>Pterostichus gracilis</i> (Dejean, 1828)	NE
32	Pterostichini	<i>Pterostichus melas</i> (Creutzer, 1799)	NE, SE, SN, SO
33	Pterostichini	<i>Pterostichus micans</i> (Heer, 1841)	NE, SE, SN
34	Pterostichini	<i>Pterostichus niger niger</i> (Schaller, 1783)	NE, NO, SE, SN, SO
35	Pterostichini	<i>Pterostichus nigrita / rhaeticus</i> (Paykull, 1790 / Heer, 1837)	NE, NO, SE, SN

Tabella 2: Elenco delle specie presenti nella Riserva e area di cattura.

Il numero di specie catturate considerando tutte le sessioni, varia da un minimo di 12 specie per l'area NO ad un massimo di 21 specie per l'area SE (figura 4). L'area con il valore di ricchezza in specie più elevato rappresenta l'interfaccia della Riserva con dei vigneti e campi coltivati.

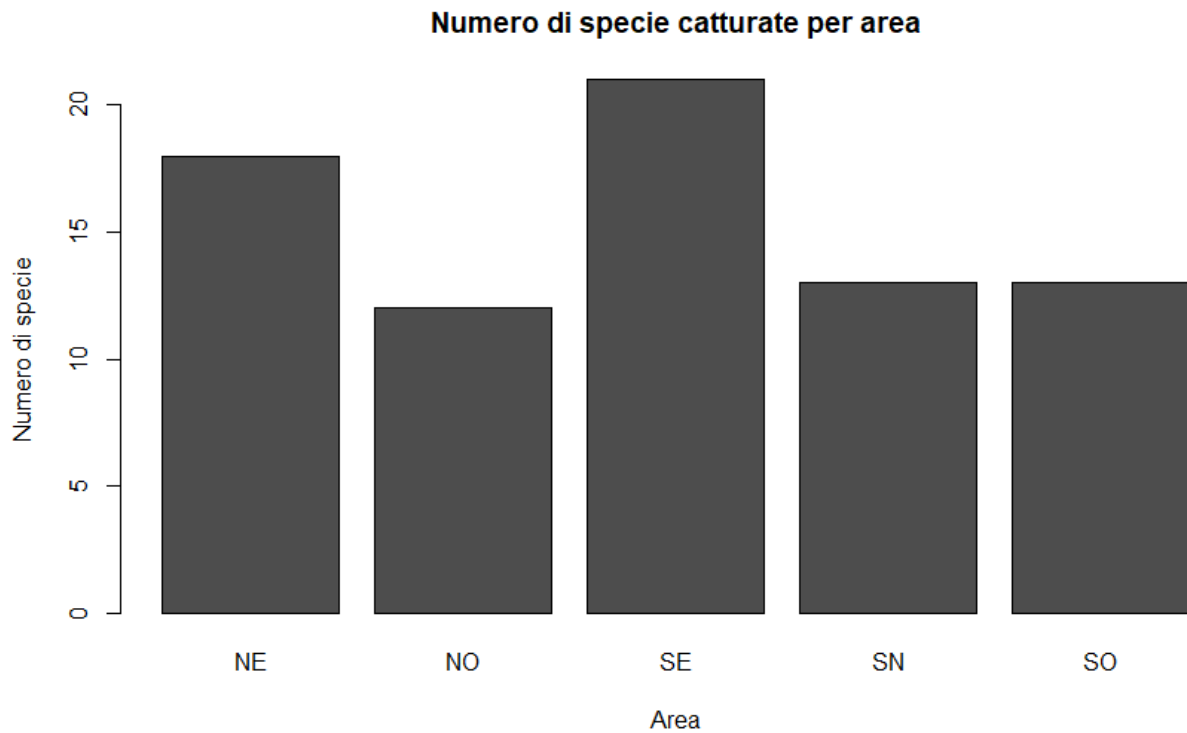


Figura 4: Numero di specie catturate in ogni area.

La figura 5 evidenzia come la numerosità di specie catturate non sia omogenea tra le aree. In determinate sessioni, alcune aree hanno portato alla cattura di un numero ridotto di specie.

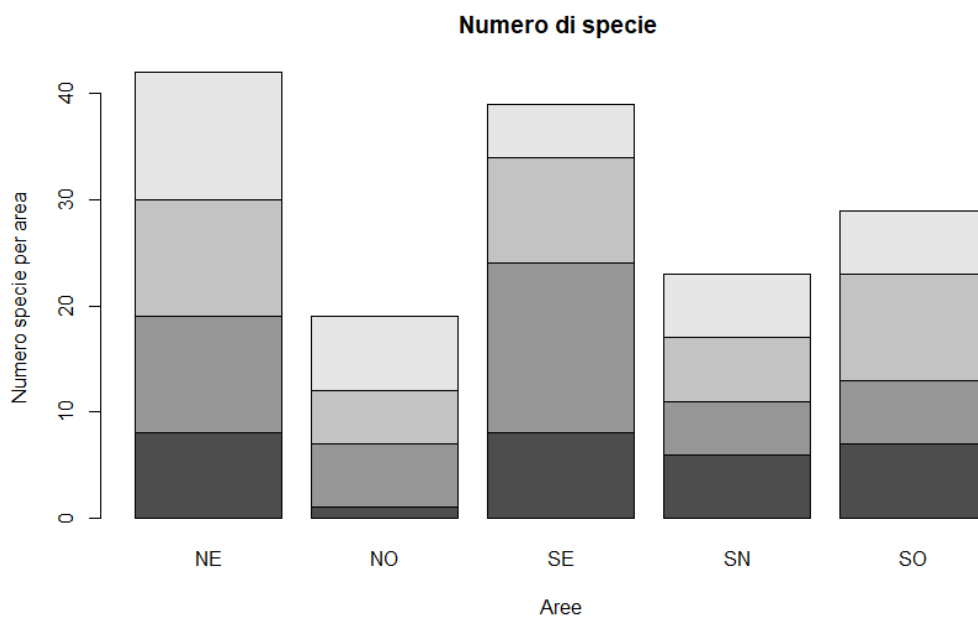


Figura 5: Numero di specie catturate per area durante ogni sessione (le diverse tonalità di grigio denotano una diversa sessione di trappolaggio).

Si può notare che il valore più basso nella prima e nella terza sessione è appartenente all'area a Nord-Ovest, un percorso lungo il quale le trappole sono state posizionate in un prato e in un sentiero circondato dall'acqua che porta alla torretta di osservazione della riserva. Il fattore acqua quando parliamo della Riserva può essere inteso anche come isolamento, dato che questi coleotteri non sono adatti al volo e il brachitterismo e l'atterismo sono comuni in queste specie.

Area	Numero complessivo di catture
NE	212
NO	214
SE	564
SN	75
SO	274
TOT	1339

Tabella 3: Numero totale di catture per ogni area.

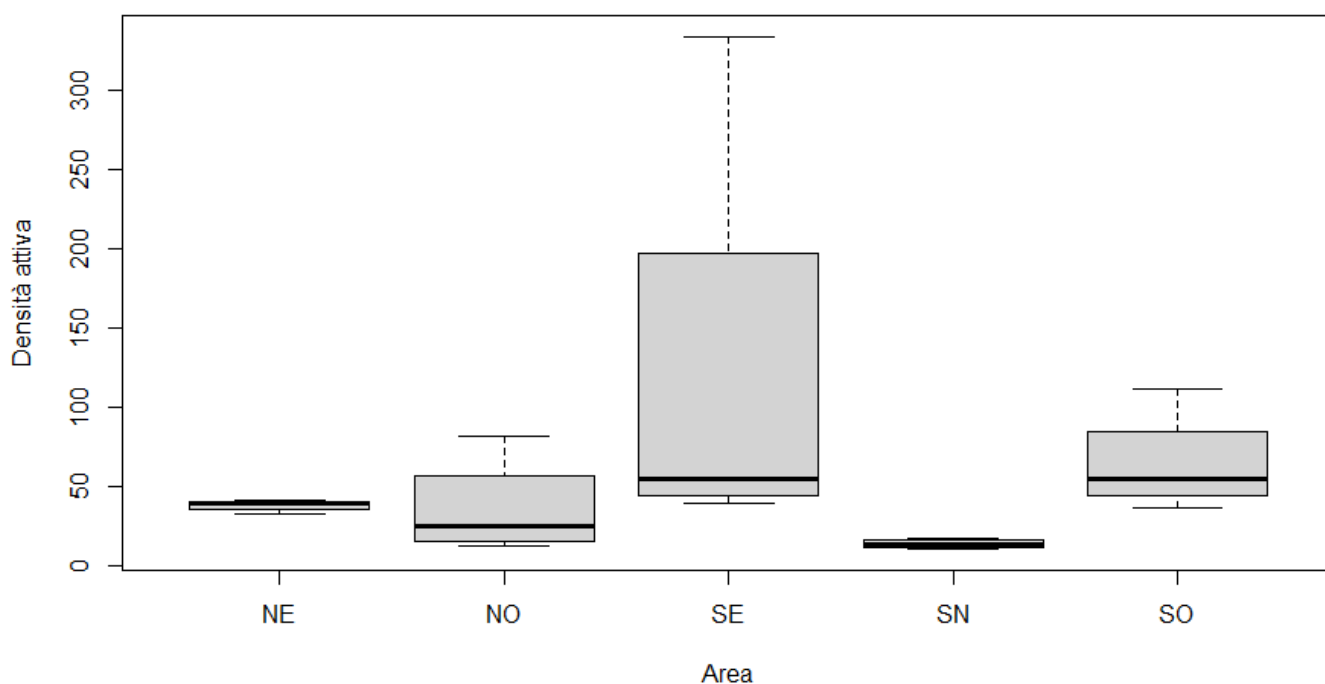


Figura 6: Densità attiva per area.

Come possiamo vedere dalla figura 6 i valori di Densità Attiva, considerando le 4 sessioni di trappolaggio, sono molto bassi nell'area SN. Quest'area comprende un percorso circondato per la maggior parte dall'acqua e in cui le rive sono molto strette; è inoltre l'unica parte della riserva che è possibile attraversare in bicicletta quindi il terreno risulta molto battuto. L'area SE invece mostra un valore mediano più alto al pari con SO, inoltre il valore massimo di Densità attiva raggiunto da quest'area è molto superiore alle altre.

La motivazione che si nasconde nel dato anomalo dell'area SE la possiamo ricercare nel sito SE/3 che si trova al margine della riserva, in un'interfaccia tra l'ambiente di torbiera e alcuni vigneti; nello specifico questo set di tre trappole è stato posto all'inizio di tre filari di vite, nel terreno smosso dalle lavorazioni.

<i>Sessione</i>	<i>Numero di individui</i>	<i>Numero di specie</i>
1	21	5
2	45	8
3	72	5
4	350	3

Tabella 4: Numero totale di individui e specie nel sito SE/3 nelle quattro sessioni.

Il dato più anomalo sono i 350 individui della quarta sessione, che si suddividono in tre sole specie, ovvero *Pterostichus melas* (Creutzer, 1799), *Calathus fuscipes graecus* (Dejean, 1831) e *Harpalus dimidiatus* (P. Rossi, 1790).

<i>Specie</i>	<i>Numero di individui</i>
<i>Pterostichus melas</i>	345
<i>Calathus fuscipes graecus</i>	2
<i>Harpalus dimidiatus</i>	3

Tabella 5: Numero di individui per ogni specie nel sito SE/3.

Nella tabella 8 sono riportate le specie e il numero di individui trovati nella quarta sessione di trappolaggio, in cui due trappole su tre sono rimaste attive.

Sia il numero di individui che la Densità Attiva sono alti rispetto agli altri risultati e in queste due trappole sono state trovate solo tre specie, di cui circa il 98,5% appartengono alla specie *Pterostichus melas*.

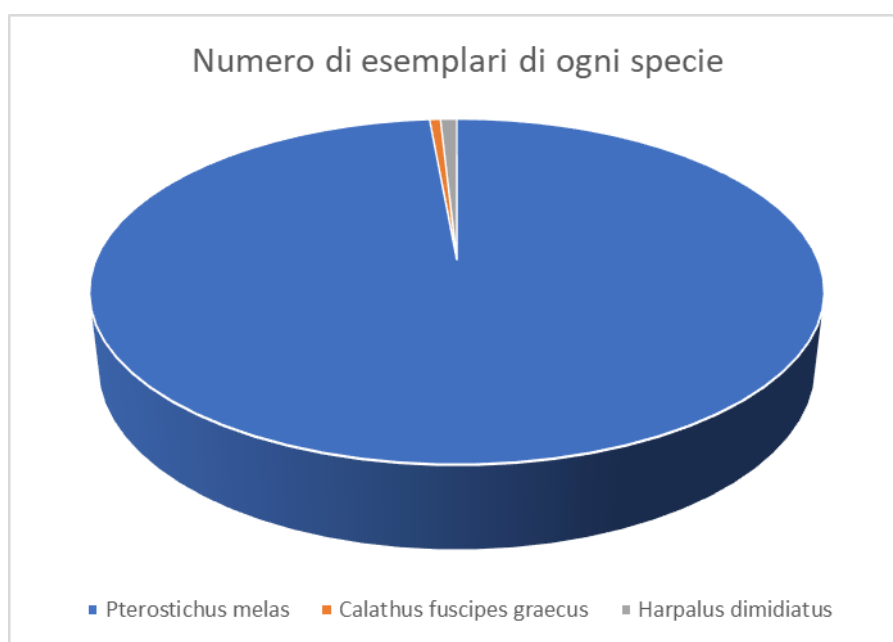


Figura 7: Composizione in specie nel sito SE/3 durante la quarta sessione di trappolaggio.

Questo tipo di distribuzione, in cui abbiamo un'abbondanza molto forte di individui di una sola specie è stata rinvenuta solo in questo sito e solo nella quarta sessione.

Sono dati compatibili con la situazione degli agroecosistemi, in cui una specie che non risente dei trattamenti e delle lavorazioni effettuate aumenta in modo consistente a causa della scarsa competizione interspecifica, mentre le altre risultano poco presenti.

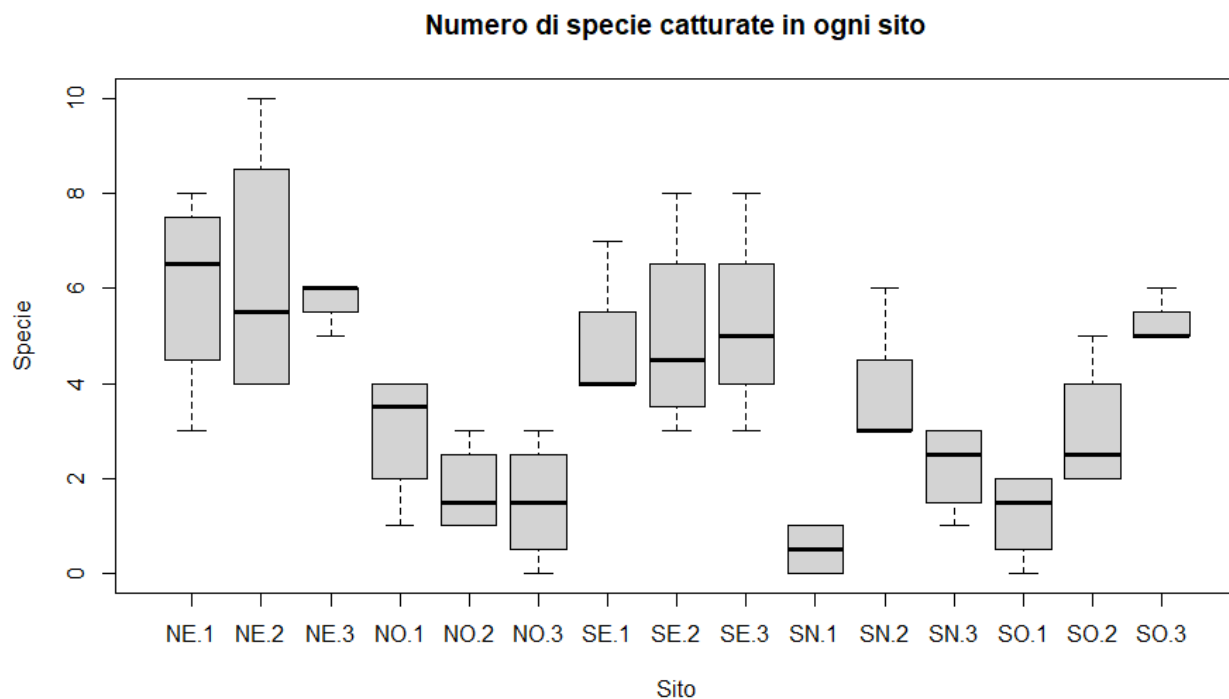


Figura 8.a : Box plot del numero di specie trovate per ogni sito nelle quattro sessioni.

Numero di specie catturate per sito considerando il logaritmo dello sforzo di campionamento.

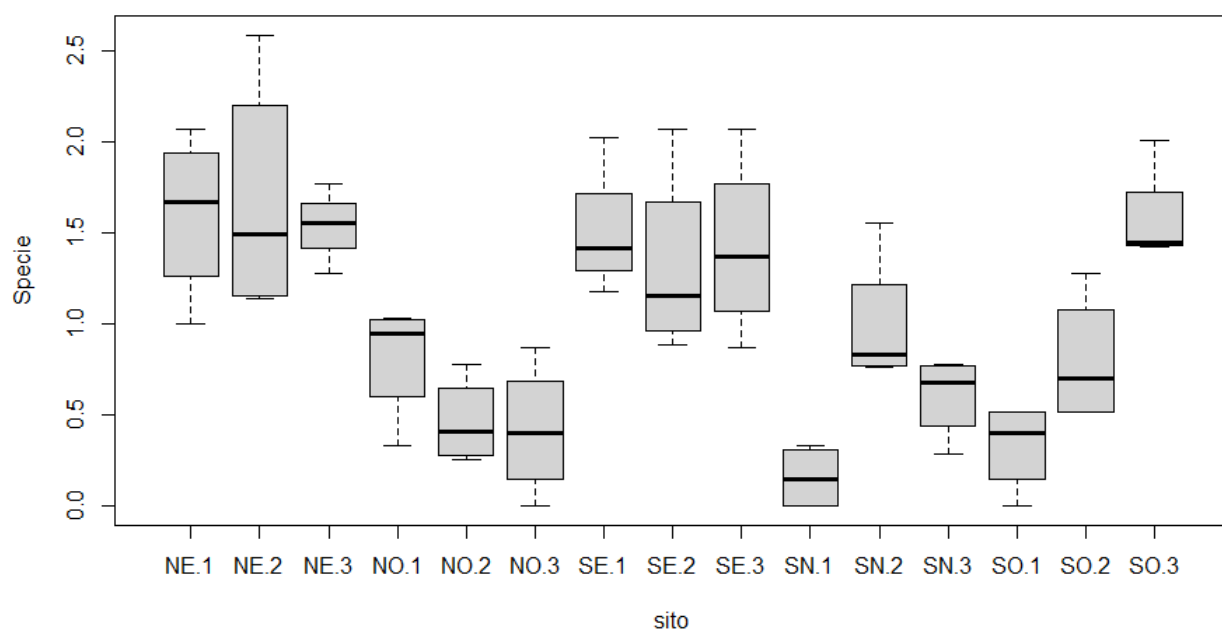


Figura 8.b: Box plot del numero di specie utilizzando l'andamento logaritmico per la cattura di nuove specie.

Come spiegato nel capitolo 2.3 nel grafico 8.a vediamo il box plot delle specie catturate in ogni sito mentre nell'8.b la stessa informazione è rapportata al numero di trappole attive al diverso numero di giorni di attività, possiamo vedere che l'andamento generale non viene sconvolto, ma alcuni dati cambiano sensibilmente.

I siti con valori più bassi per quanto riguarda la ricchezza in specie sono i siti NO, SN e SO ad eccezione del SO/3 che come per SE/3 era posto direttamente all'inizio di un vigneto. I valori più alti li troviamo invece nei siti NE, posti nel confine a nord della riserva, e SE, al confine sud, in cui ci troviamo nell'interfaccia tra la riserva, campi coltivati e vigneti. I siti NO ricordiamo che sono posti lungo il sentiero che porta alla torretta di osservazione e hanno un isolamento piuttosto marcato, ad eccezione di NO/3 che si trova in un prato.

Possiamo inoltre notare come in alcune aree i siti tendano a dare valori molto diversi tra loro, mentre in altre i siti sono più costanti. In particolare, le aree SN e SO sono quelle con i siti meno simili tra loro.

Bisogna considerare che i siti in queste aree sono quelli riportati nella figura 1 e che, come è stato descritto nel capitolo 2.1, si trovano sul confine della Riserva e alcune trappole sono, anche se di poco, fuori dai suoi territori. In queste aree in cui gli agroecosistemi e gli habitat della riserva vanno a sovrapporsi una differenza spaziale anche non significativa può portare a delle variazioni importanti nel numero di specie catturate.

3.2 MODELLI PER LO STUDIO DELLA DENSITÀ ATTIVA

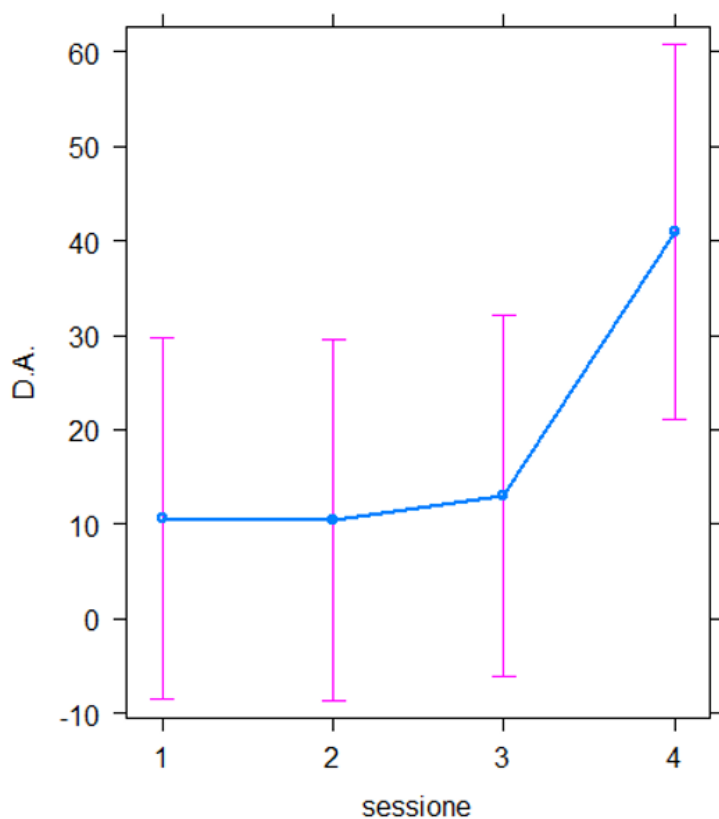
Per avere un quadro completo delle comunità di Carabidi presenti all'interno della Riserva sono stati utilizzati diversi modelli che mostrano l'andamento della Densità Attiva e della diversità al variare di covariate ambientali quali il tipo di uso del suolo nell'intorno della (a questo scopo è stata valutata la tipologia di uso in un intorno di raggio di 25 m per ciascuna trappola).

Covariate	Stima	Errore standard	T value	Pr (> t)
Intercetta	14.5226	48.5539	0.299	0.882
Sessione 2	-0.1625	13.7392	-0.012	0.990
Sessione 3	2.3902	13.7392	0.174	0.860
Sessione 4	30.3163	14.0200	2.162	0.032
Prato	-10.4510	36.0682	-0.290	0.982
Vigneto	66.0381	18.1873	3.631	<0.001
Bosco	-9.9665	23.9274	-0.417	0.850

Tabella 6: Variazione della D.A. in rapporto alle covariate temporali e all'uso del suolo.

Uno degli effetti più rilevanti per quanto riguarda la variazione della Densità Attiva è il periodo di campionamento, si può notare infatti come l'ultima sessione, che include il periodo compreso tra il 5/06/2021 e il 20/06/2021 (tabella 1), mostri valori molto più alti rispetto a tutte le altre sessioni (figura 9.a)

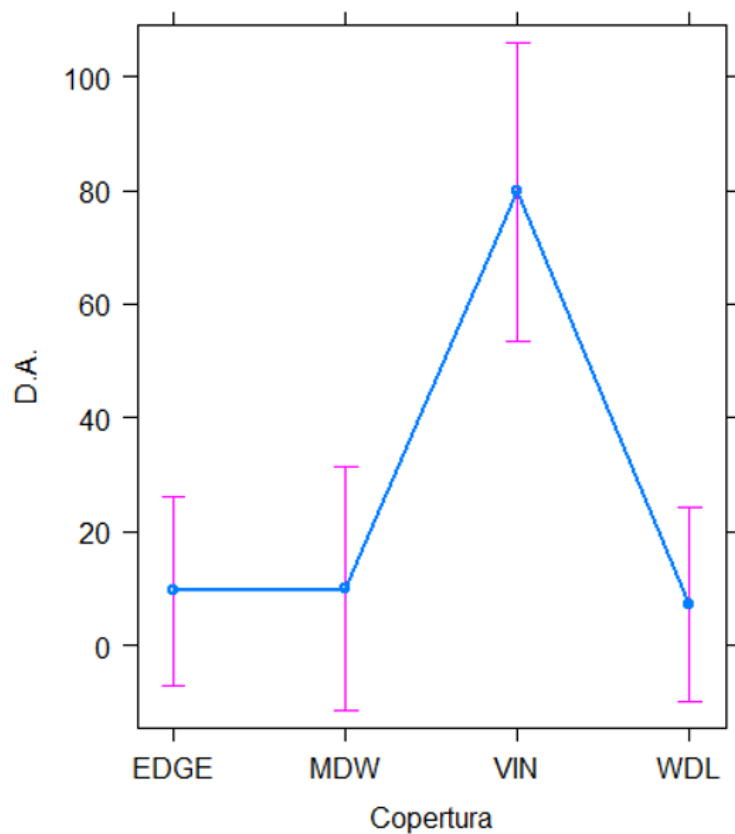
effetto della sessione



Nel mese di giugno il numero di individui attivi della comunità di Coleotteri Carabidi aumenta significativamente.

Figura 9.a: Effetto del periodo di campionamento sulla densità attiva.

Tipo di sfruttamento del suolo



Per quanto riguarda la relazione tra la densità attiva e il tipo di utilizzo del suolo (figura 9.b), in cui risulta chiaro come l'ambiente più influente nei confronti della Densità Attiva sia il vigneto.

Come abbiamo già visto in precedenza, nell'ultima sessione le catture nel vigneto sono state molto più alte rispetto agli altri siti e questo grafico lo conferma come una covariata significativa per il numero di catture.

- WDL: Bosco
- VIN: Vigneto
- EDGE: Margine
- MDW: Prato

Figura 9.b: Relazione tra la densità attiva e il tipo di copertura del suolo.

3.3 MODELLI PER LO STUDIO DELLA RICCHEZZA IN SPECIE

Sono stati identificati tre fattori che influenzano la ricchezza in specie nella Riserva in modo significativo e sono l'isolamento dovuto all'acqua, la numerosità di habitat e il tipo di ambiente in cui erano posizionate le trappole.

Covariate	Stima	Errore standard	T value	Pr ($> t $)
Intercetta	2.4201	0.6256	3.868	<0.001
Isolamento	-1.9163	0.5225	-3.668	<0.001
Numero di habitat	-0.2156	0.1284	-1.678	0.0992
Prato	-0.8399	0.4741	-1.772	0.0822
Vigneto	0.4743	0.2394	1.981	0.052
Bosco	-0.4406	0.3144	-1.402	0.167

Tabella 7: Variazione del numero di specie (log) considerando le covariate ambientali e di isolamento.

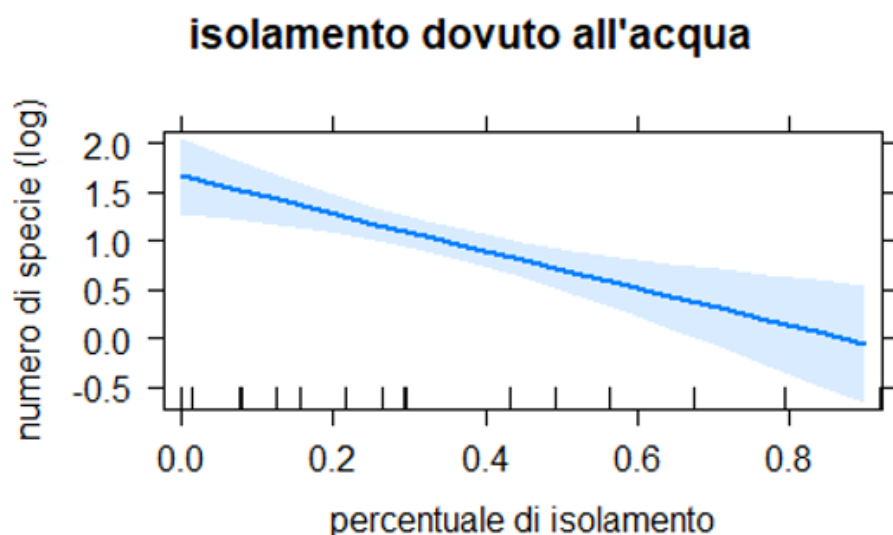


Figura 10.a: Relazione tra numero di specie (pesato per lo sforzo di campionamento) e isolamento.

La figura 10.a si mette in relazione il numero di specie (viene usato l'andamento logaritmico spiegato nel capitolo 2.3) e la percentuale di superficie coperta dall'acqua. Dato che gran parte delle specie di Carabidi sono attere (senza ali adatte al volo) o brachittere (con ali ridotte) la percentuale di suolo non calpestabile è una barriera difficilmente sormontabile. Per questo motivo non è strano che all'aumentare della superficie coperta dall'acqua diminuiscano le specie catturate.

Anche il tipo di sfruttamento del suolo influisce sul numero di specie presenti in un sito, possiamo infatti notare dalla figura 10.b che il margine e il vigneto portano con loro un numero di specie maggiore rispetto al bosco e al prato.

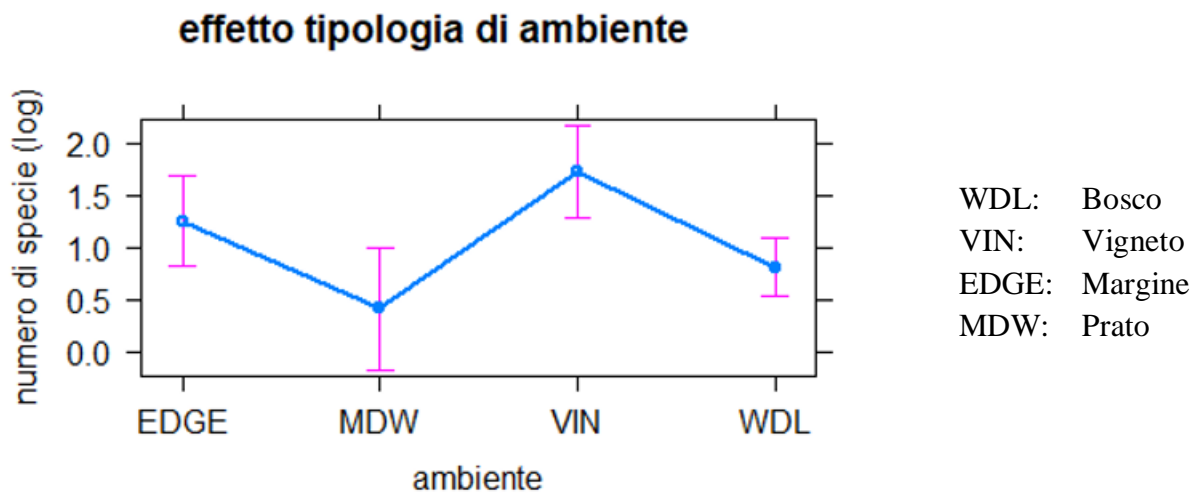


Figura 10.b: Influenza del tipo di ambiente con il numero di specie (log).

Un altro fattore che influenza negativamente il numero di specie catturate è NH, ovvero la numerosità di habitat, considerata come numero di tipologie di uso del suolo.

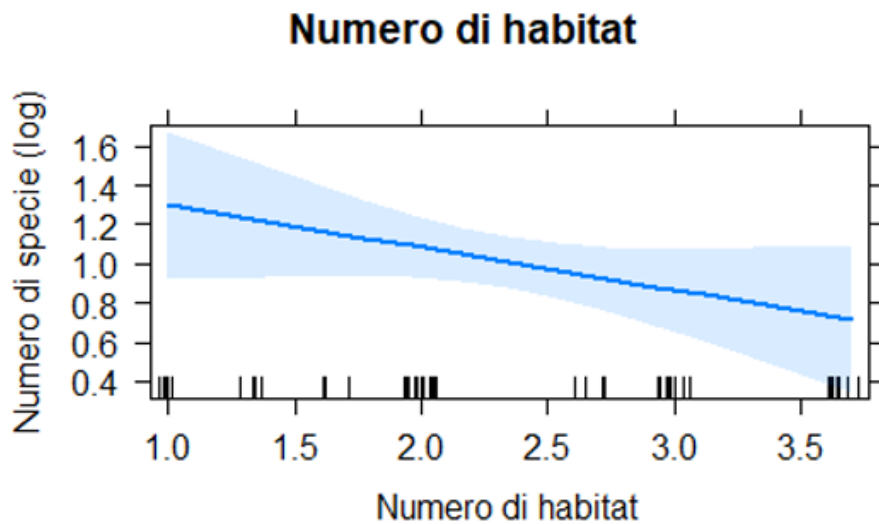


Figura 10.c: Effetto del numero di habitat sul numero di specie (log).

3.4 MODELLI PER LO STUDIO DELLA DIVERSITÀ

Gli indici per la diversità in specie che sono stati utilizzati sono l'indice di Simpson, l'indice di Shannon e l'*evenness* (equiripartizione), e danno nel complesso un'idea di come siano distribuiti gli individui all'interno delle specie delle comunità di Carabidi nella Riserva.

Iniziando con l'indice di Shannon abbiamo un andamento influenzato dalla sessione di trappolaggio e dall'isolamento.

Covariate	Stima	Errore standard	T value	Pr (> t)
Intercetta	1.12373	0.14254	7.883	<0.001
Sessione 2	0.48340	0.17630	2.742	0.008
Sessione 3	0.27219	0.17302	1.573	0.122
Sessione 4	0.08697	0.17628	0.493	0.624
Isolamento	-1.24173	0.22566	-5.503	<0.001

Tabella 8: Rapporto tra Indice di Simpson e covariate temporali e di isolamento.

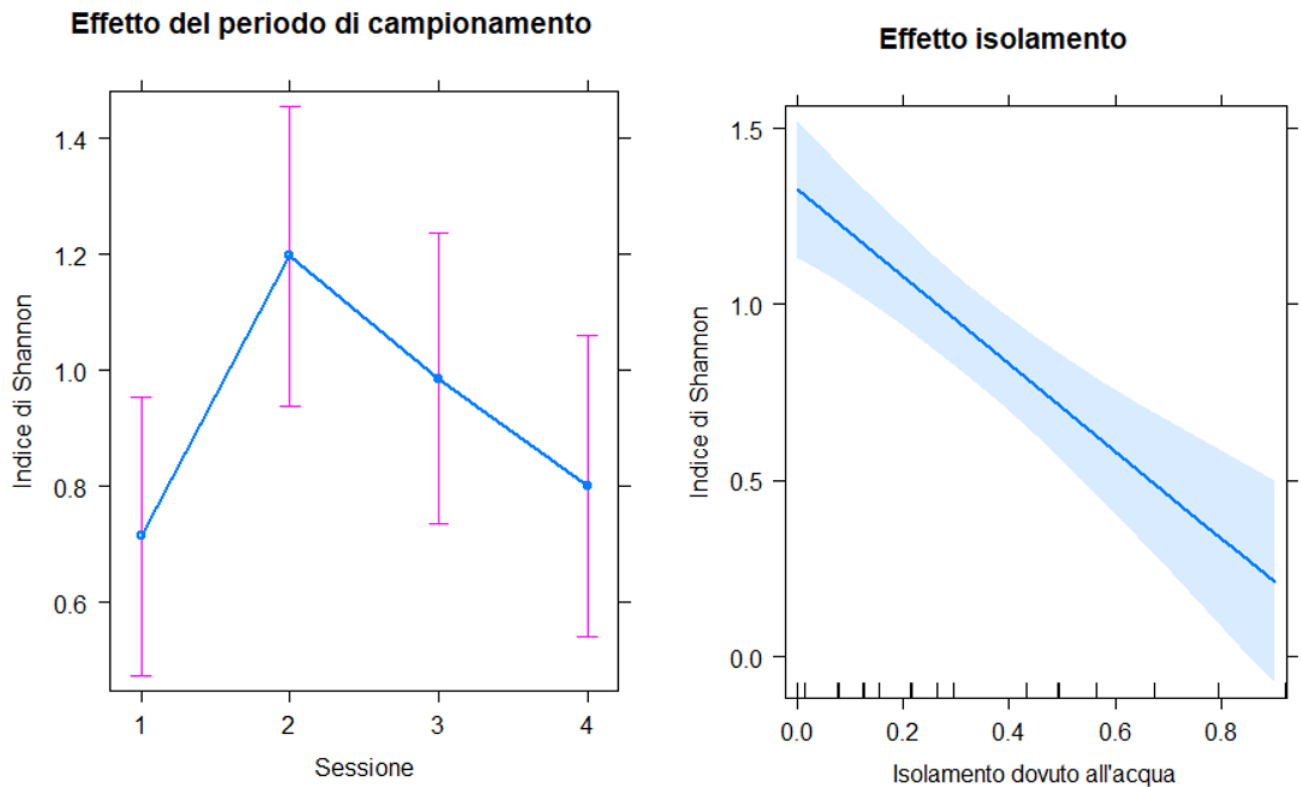


Figura 11: Andamento dell'indice di Shannon: a) nelle quattro sessioni di trappolaggio. b) in relazione all'isolamento.

L'indice di Shannon è un indice matematico molto utilizzato per la valutazione della diversità nelle comunità, considera sia la ricchezza in specie sia equiripartizione degli individui.

Quando il valore è 0 ci troviamo nella condizione in cui tutti gli individui appartengono alla stessa specie, quindi non c'è diversità, mentre il valore massimo è dato da:

$$H_{max} = \log_2 S$$

In cui S è il numero totale di specie.

Nel nostro caso H_{\max} vale circa 5,13, ed è la situazione in cui tutte le specie sono presenti con lo stesso numero di individui.

Dalla figura 11.a si vede come la sessione con un livello di diversità ed equiripartizione maggiore è la seconda, ovvero quella con il periodo di posa compreso tra il 5/05/2021 e il 20/05/2021.

L'effetto della sessione, come visto prima nei grafici 5 e 9.a, influenza il numero di catture ma non la ricchezza in specie, per questo motivo la quarta sessione anche se con un numero di individui catturati molto maggiore non ha portato un aumento della diversità e dell'equiripartizione.

L'altro elemento che influenza questo dato è l'isolamento dovuto all'acqua, l'aumento della superficie non calpestabile diminuisce infatti il numero di individui che riescono ad accedere al sito, favorendo così solo alcune specie.

Nel capitolo 2.3 abbiamo visto che l'*evenness* è un indice che fornisce indicazioni sull'equiripartizione e può essere calcolato utilizzando l'indice di Simpson, in realtà può essere calcolato anche utilizzando l'indice di Shannon con la seguente formula:

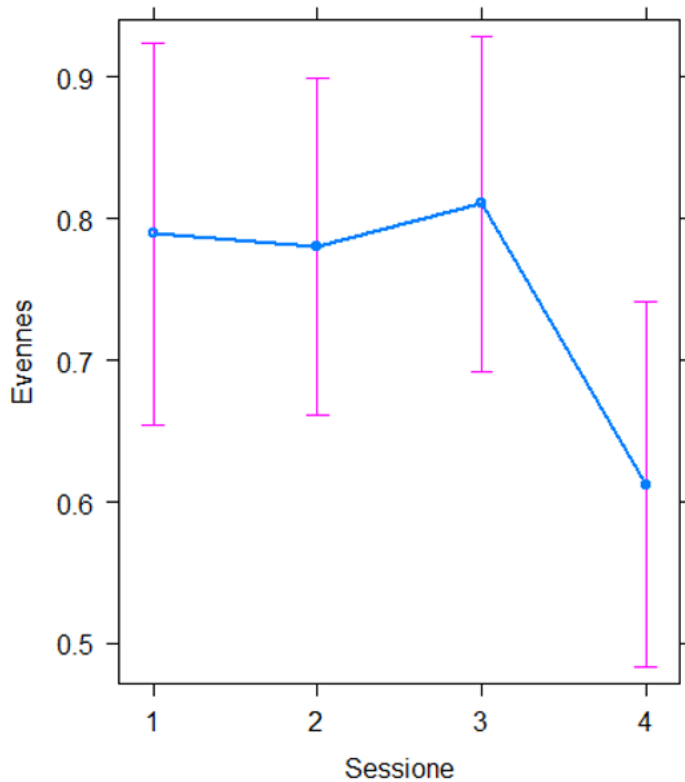
$$E_H = \frac{H}{H_{\max}}$$

Covariate	Stima	Errore standard	T value	Pr (> t)
(Intercetta)	0.668918	0.082484	8.110	<0.001
Sessione 2	-0.009074	0.089063	-0.102	0.919
Sessione 3	0.021057	0.089124	0.236	0.814
Sessione 4	-0.176765	0.092436	-1.912	0.063
Prato	0.161426	0.089281	1.808	0.078
Vigneto	-0.018313	0.094980	-0.193	0.848
Bosco	0.261070	0.079102	3.300	0.002

Tabella 9: Relazione tra l'*evenness* e le covariate temporali e ambientali.

È bene ricordare che i valori di *evenness* vanno da 0 a 1, dove 1 rappresenta l'equiripartizione completa.

Effetto della sessione su Evennes



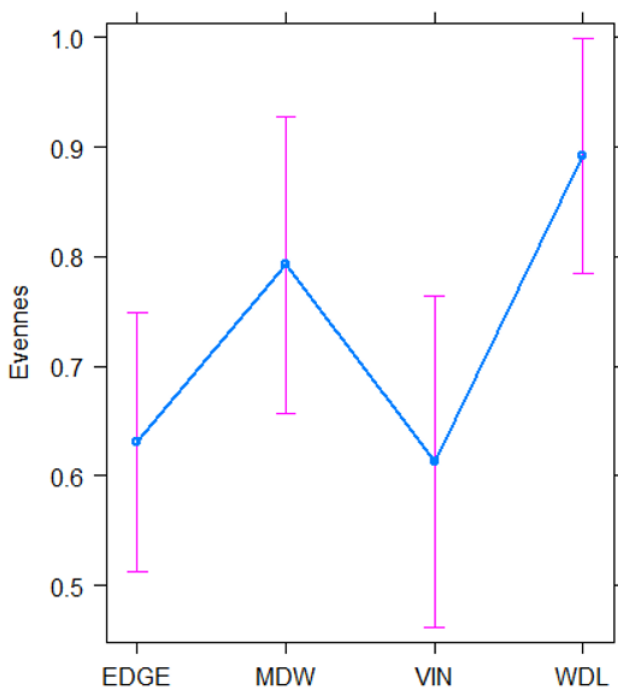
L'equiripartizione ha sicuramente risentito del risultato del sito SE/3 durante la quarta sessione, che come abbiamo visto nel capitolo 3.1 ha portato alla cattura di molti esemplari di *Pterostichus melas* mentre le altre specie erano rappresentate solo da due o tre individui.

Non sorprende quindi che l'ultima sessione di trappolaggio abbia valori di equiripartizione più bassi rispetto alle altre.

Figura 12.a: Relazione tra evenness e sessione di trappolaggio.

Il tipo di ambiente che invece è risultato più favorevole per l'equiripartizione è il bosco. Nei capitoli precedenti abbiamo visto questo ambiente non ha un forte effetto sulla Densità Attiva o sul numero di specie totale, ma allo stesso tempo le specie presenti hanno un buon livello di equiripartizione.

Effetto del tipo di ambiente su evennes



I valori più bassi li troviamo invece sul margine e nel vigneto, che, come detto più volte, è molto influenzato dalla quarta sessione di trappolaggio che diminuisce fortemente questo indice.

- WDL: Bosco
- VIN: Vigneto
- EDGE: Margine
- MDW: Prato

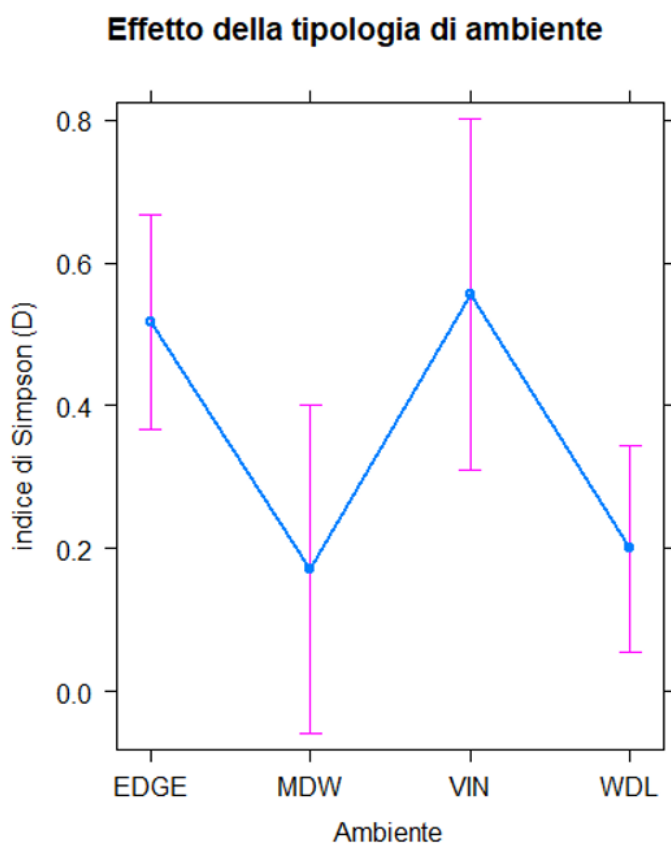
Figura 12.b: Relazione tra evenness e posizione della trappola.

Per ultimo affrontiamo l'indice di Simpson che misura la probabilità che due individui presi in modo casuale nel campione appartengano alla stessa specie.

In questo caso se ci troviamo in una situazione di assenza di diversità (una sola specie) il valore è 1. Questo indice diminuisce all'aumentare della diversità all'interno della comunità, con un valore massimo di 1 e minimo di 0.

Covariate	Stima	Errore standard	T value	Pr (> t)
(intercetta)	0.72059	0.18648	3.864	<0.001
Numero di habitat	-0.08578	0.06285	-1.365	0.178
Prato	-0.34543	0.14820	-2.331	0.024
Vigneto	0.03999	0.13405	0.298	0.767
Bosco	-0.31657	0.10513	-3.011	0.004

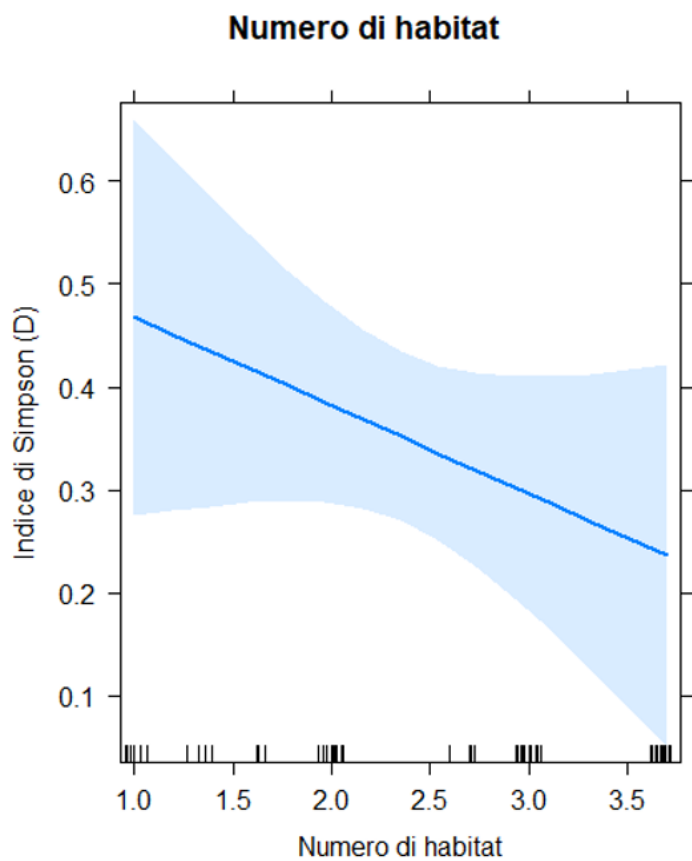
Tabella 10: Andamento dell'indice di Simpson in rapporto alle covariate ambientali e il numero di habitat.



Vediamo come l'indice risulta più basso nel bosco e nel prato (quindi livelli più alti di diversità), mentre nel caso del margine e particolarmente nel vigneto la diversità è più scarsa.

Questo grafico riporta lo stesso andamento che abbiamo visto nel grafico 12.b per l'equiripartizione, anche se in questo caso lo vediamo opposto dato che questo indice diminuisce all'aumentare delle diversità.

Figura 13.a: Relazione tra indice di Simpson e utilizzo del suolo nell'area circostante la trappola.



Anche il numero di habitat che circondano la trappola ha una relazione con questo dato, possiamo infatti vedere dal grafico come aumentando questo valore il grado di diversità tende ad aumentare.

Figura 13.b: Relazione tra indice di Simpson e numero di habitat.

CAPITOLO 4

Conclusioni

L'obiettivo di questo elaborato è quello di realizzare una prima caratterizzazione delle comunità di Coleotteri Carabidi presenti all'interno della Riserva Naturale delle Torbiere del Sebino.

Il piano di campionamento faunistico durato circa due mesi ha fornito un campione di 1339 esemplari appartenenti a 35 specie. Non è facile confrontare questo dato con altri studi nella regione, date le peculiari caratteristiche geomorfologiche della zona in cui si trova la Riserva Naturale, valutando però sia la regione Lombardia che la Pianura Padana troviamo studi sulla carabidofauna di diverse aree, tra cui il Parco Regionale del Ticino, in cui in cui la ricchezza in specie del bosco Siro Negri è di 27 specie (Gobbi et al., 2007), un area agricola con risaie e habitat ripristinati nei comuni di Lacchiarella (MI) e Giussago (PV) (98 specie) (Pilon et al., 2013), alcuni pioppeti nel Piemonte meridionale (55 specie) (Casale et al., 1993) e dei parchi milanesi Boscoincittà e Parco delle cave (60 specie) (Pilon et al., 2010).

Molti di questi studi mostrano una ricchezza in specie maggiore, ma sono il risultato di piani di campionamento durati molti mesi distribuiti in più anni (il campionamento nell'area agricola nella Pianura Padana è durato da aprile-maggio a novembre negli anni 2009 e 2010, nei pioppeti piemontesi è durato due anni e nei due parchi milanesi tra aprile e ottobre nel 2002, 2003, 2004). Non possiamo dire che la ricchezza in specie di questa riserva si limiti a 35 specie, dato che servirebbe un piano di campionamento più esteso dal punto di vista temporale e non sappiamo come questo dato possa variare con il susseguirsi delle stagioni.

Il numero di specie catturate è comunque soddisfacente per permetterci di capire quali fattori siano più rilevanti per la diversità delle comunità nella riserva.

Le informazioni che ci interessavano erano principalmente riguardanti i fattori ambientali che potevano influenzare la composizione e l'abbondanza delle comunità, oltre alla loro distribuzione spaziale e temporale, per questo motivo sono stati utilizzati diversi indici di diversità in specie e modelli matematici utili allo studio dell'abbondanza di individui e specie.

La Densità Attiva è l'indice che è stato usato per valutare l'abbondanza di individui di Carabidi nelle cinque aree indagate. L'area SE è quella che ha fornito il campione più massiccio dal punto di vista delle catture, ma non per quanto riguarda la diversità, il numero di individui catturati infatti non ha le stesse proporzioni con il numero delle specie catturate che abbiamo in altre aree.

I fattori determinanti sono risultati essere il periodo di campionamento (ovvero le sessioni in cui sono state effettuate le catture) con un significativo aumento delle catture nel mese di giugno, e il tipo di uso del suolo, in particolar modo l'ambiente che ha influenzato maggiormente le catture è il vigneto.

La ricchezza in specie è risultata essere dipendente dalla componente isolamento, intesa come percentuale di area intorno alla trappola coperta da acqua, ostacolo difficilmente superabile da questi insetti che sono in gran parte brachitteri o atteri; l'aumento dell'isolamento causa infatti una diminuzione nel numero di specie catturate.

I tre indici matematici utilizzati per lo studio della diversità sono l'indice di Shannon, l'indice di Simpson e l'equiripartizione (*evenness*).

Questi indici hanno portato a risultati coerenti tra loro, e i principali fattori che influenzano la diversità e l'equiripartizione sono l'isolamento, il periodo di campionamento, il tipo di ambiente in cui si trovavano le trappole. La sessione che ha portato con sé valori di diversità più alti è la

seconda, nonostante non sia quella con il numero maggiore di catture. L'indice di Shannon ha dimostrato come l'isolamento sia uno dei fattori principali che contribuiscono alla diminuzione della diversità. Il vigneto, che ha portato alla cattura di un campione molto abbondante di esemplari, ha livelli bassi di equiripartizione e diversità, mentre il bosco e il prato hanno registrato i valori più alti.

Ringraziamenti

Ci tengo a ringraziare tutte le persone che mi hanno supportato durante il mio percorso.

Ringrazio i professori che mi hanno seguito in questi anni, in particolar modo al Prof. Luciano Bani che si è rivelato un relatore paziente e disponibile.

Ringrazio la World Biodiversity Association che mi ha permesso di svolgere lo stage curricolare e i miei correlatori Enrico Ruzzier e Stefano Aguzzi che mi hanno dato consigli e tutto l'aiuto necessario durante questo progetto.

Ringrazio l'azienda Bersi Serlini Franciacorta che mi ha permesso di entrare nei suoi terreni per svolgere le mie analisi e l'ente per la gestione della Riserva Naturale "Torbiere del Sebino" che oltre a permettermi di sfruttare le strutture della Riserva mi ha sempre trattato con disponibilità e simpatia, un particolare ringraziamento va a Stefania Lancini, che mi ha dato una mano importante nelle lunghe giornate a identificare carabidi.

Ringrazio la mia famiglia, mio fratello e i miei genitori che hanno fatto grandi sacrifici e che mi hanno sempre supportato e spinto a continuare.

Per ultima ma non per importanza tutta la Disagio, compagni di sventure e di esperienze, persone uniche e speciali che da anni mi sono vicine e che per anni mi accompagneranno.

Grazie a tutti

Bibliografia

- Allegro G., Dulla M. *Efficienza attrattiva dell'aceto di vino nei confronti dei Carabidi (Coleoptera, Carabidae) in campionamenti con trappole a caduta*, Rivista Piemontese di Storia naturale, 29: 211-224, 2008.
- Brandmayr P., Zetto T. e Pizzolotto R. *I Coleotteri Carabidi per la valutazione ambientale e la conservazione della biodiversità. Manuale operativo*. APAT, Manuali e Linee Guida, 34/2005
- Capelli S. *Torbiere del Sebino, guida alla visita*. Ente per la Gestione della Riserva Naturale "Torbiere del Sebino". Tipografia Camuna S.p.A, Breno (BS), 2014.
- Casale A., Giachino P., Allegro G., Della Beffa G., Picco F. *Comunità di Carabidae (Coleoptera) in pioppeti del Piemonte meridionale*, Rivista Piemontese di Storia naturale, 14, 1993: 149-170.
- Chinery M. *Field guide insects of Britain and Northern Europe*. Franco Muzzio editore, Roma, edizione aggiornata e rinnovata del 1998.
- Cosimi S., Rossi E. *I Coleotteri Carabidi come bioindicatori nell'agroecosistema: un caso di studio all'interno del Centro Interdipartimentale di Ricerche Agro-ambientali "E. Avanzi", Dipartimeto CDSL "G.Scaramuzzi"- Sez Entomologia Agraria, Università di Pisa, 2019.*
- EPPO (2021) EPPO Global Database (available online)
- Gobbi M., Groppali R, Sartori F. *La cenosi a Coleotteri Carabidi (Arthropoda, Insecta) del bosco Siro Negri (Parco Regionale del Ticino, Lombardia)*, Natura bresciana, 35: 125-130, 2007.
- Pilon N., Cardarelli E., Bogliani G. *Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) of rice field banks and restored habitats in an agricultural area of the Po Plain (Lombardy, Italy)*, Biodiversity Data Journal, 2013.
- Pilon N., Zoia S., Trotta A. *Artropodofauna dei parchi milanesi Boscoincittà e Parco delle Cave (Araneae; Coleoptera Carabidae, Staphylinidae, Leiodidae)*, Atti Soc. it. Sci. nat. Museo civ. Stor. nat. Milano, 151 (II): 217-228, luglio 2010.
- Pizzolotto R., Brandmayr P. *Coleotteri Carabidi e comunità animali: due direzioni per la gestione delle risorse naturali*. In "Filogenesi e sistematica dei Carabidi". Atti della Accademia Nazionale di Entomologia, Rendiconti, 46: 353-362.
- Smith M., Smith R. *Elementi di ecologia*, nona edizione. Pearson Italia, Milano-Torino, 2017.
- Vigna Taglianti A., Casale A., Brandmayr P., Giorgio Colombetta. *Insecta Coleoptera Carabidae (Carabini, Cychrini, Trechini, Abacetini, Stomini, Pterostichini) in Checklist e distribuzione della fauna Italiana, 10.000 specie terrestri e delle acque interne di Ruffo S., Stoch F. Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona, 2.serie.*