



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FIRENZE

Tesi di Laurea triennale in Scienze Naturali

**Studio pilota sull'importanza delle radure di
crinale per i Lepidotteri diurni nel Parco
Nazionale delle Foreste Casentinesi**

Relatore: Dr. Leonardo Dapporto

Candidato: Claudio Sbaraglia

Anno Accademico 2018/2019

ABSTRACT

La perdita di habitat e lo sfruttamento intensivo dei campi da pascolo contribuiscono fortemente alla diminuzione di biodiversità di molte specie animali, lepidotteri inclusi. Il problema dell'eccessivo sviluppo forestale nei Parchi Nazionali Italiani mette a rischio diverse specie di farfalle. Con la perdita delle radure infatti, si ha la riduzione di un gran numero di piante nutrici erbacee strettamente legate allo sviluppo di un gran numero di specie di farfalle. Se a questo fenomeno aggiungiamo i cambiamenti climatici che agiscono sulla temperatura e quindi sui micro-ambienti delle radure appenniniche, risulta prevedibile come in pochi anni le popolazioni di farfalle potranno risultare sensibilmente ridotte. Il presente studio ha avuto come scopo quello di valutare quantitativamente e qualitativamente le comunità di farfalle delle radure di crinale del Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi. In particolare, si è studiata la popolazione della specie più carismatica delle radure, il Papilionidae *Parnassius mnemosyne*. Lo studio ha dimostrato che le aree con grande superficie sono quelle maggiormente ricche di specie e ha dimostrato inoltre la forte relazione con l'altitudine in cui si trovavano le varie aree. Inoltre, dato il forte annidamento delle comunità, si prevede che l'eventuale chiusura delle aree comporterà la scomparsa delle specie meno frequenti. Inoltre, anche se preliminari, i dati raccolti su *P. mnemosyne* confermano una situazione piuttosto critica della popolazione di questa specie protetta dalla Direttiva Habitat 92/43/CEE. Queste informazioni, soprattutto se supportate da dati più cospicui che saranno raccolti nelle prossime stagioni, potranno essere utilizzate per una più corretta gestione forestale e forniranno inoltre utili indicazioni al Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi per la salvaguardia delle radure.

Sommario

<i>1-INTRODUZIONE</i>	5
<i>1.1 Panoramica farfalle in Italia</i>	5
<i>1.2 Parnassius mnemosyne</i>	7
<i>CAPITOLO 2 - PARCO NAZIONALE DELLE FORESTE CASENTINESI, DEL MONTE FALTERONA E CAMPIGNA</i>	9
2.1 Inquadramento geografico del parco.....	9
2.2 Geologia	9
2.3 Clima.....	10
2.4 Vegetazione.....	10
<i>CAPITOLO 3- MATERIALI E METODI</i>	12
<i>CAPITOLO 4 - RISULTATI</i>	15
<i>CAPITOLO 5 - DISCUSSIONE</i>	20
<i>CAPITOLO 6 – BIBLIOGRAFIA</i>	22
<i>7 – APPENDICE</i>	26

1-INTRODUZIONE

1.1 Panoramica farfalle in Italia

Molte specie di farfalle tropicali si sono evolute in ambienti forestali dove sono ampiamente distribuite. Al contrario, la maggior parte dei ropaloceri europei sono adattati a habitat di ambienti aperti, praticoli o ecotonali. Per questa ragione è bene noto che i ropaloceri italiani sono tipicamente legati ad ambienti prativi o di transizione e solo di rado ad ambienti forestali stabili (Balletto et al. 2016 L'Italia è il paese più ricco di lepidotteri tra tutti gli stati europei. Molte sono le ragioni di questa ricchezza. In Italia, gli effetti di degradamento dell'habitat e dell'agricoltura intensiva sono stati di minor rilievo rispetto ai Paesi centro-nordesteuropei, sulla diversità e numero di specie delle farfalle (Balletto, Kudrna,1985).

Vi sono diversi fattori che hanno favorito lo sviluppo demografico delle farfalle in Italia; in primo luogo la morfologia del Paese ha spinto le popolazioni umane ad alta densità verso la pianura e le coste (Balletto, Kudrna,1985), lasciando le aree montane e collinari relativamente intatte e poco abitate (Balletto, Kudrna,1985). Queste aree hanno contribuito a rendere i lepidotteri diurni meno suscettibili alle pressioni antropogeniche. Altro fattore rilevante è dato dalla grande ricchezza di specie in fauna e flora che ha permesso una significativa resistenza alle negative pressioni antropiche (Balletto, Kudrna,1985). L'Italia è un *hotspot* riconosciuto di biodiversità grazie alle elevate presenza di migliaia di specie endemiche di piante vascolari (Myers et al. 2000). La conservazione della biodiversità in Italia ha un ruolo molto importante poiché comprende il 37% del totale della fauna euro-mediterranea (Balletto et al. 2007). Complessivamente circa il 10% della fauna italiana è endemica del nostro Paese (Blasi et al. 2005) e le farfalle non fanno eccezione (Balletto, Kudrna,1985).

In Italia possiamo suddividere le farfalle in due gruppi ecologici quali specie che vivono in regioni alpine/sub-alpine e specie che vivono alle basse altitudini. Le aree montane sono in genere più ricche di specie. Diverse sono le cause di questo fenomeno. Vi sono diversi fattori che hanno inoltre favorito lo sviluppo demografico delle farfalle in Italia; in primo luogo la morfologia del Paese ha spinto le popolazioni umane verso la pianura e le coste, lasciando le aree montane e collinari relativamente intatte e poco abitate. Altro fattore rilevante è la grande ricchezza di specie in fauna e

flora che permettono la coesistenza di molte specie specializzate su risorse vegetali diversi.

La tendenza demografica delle popolazioni di farfalle italiane risulta essere per il 90% stabile e solo un 9% delle specie risulta in declino (Balletto et.al 2016, fig.4). Gli habitat maggiormente interessati da fenomeni di estinzioni di farfalle sono prati umidi particolarmente intrisi d'acqua, come i molinieti, e le formazioni rocciose di vario genere (Balletto et al. 2016, fig.5).

Il Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi per le sue caratteristiche non presenta una fauna ricca di lepidotteri diurni poiché per la maggior parte della sua superficie si estende l'orizzonte delle foreste appenniniche e solo nelle radure di crinale si riscontra l'inizio di un orizzonte alpino prativo, dove tipicamente si incontra il maggior numero di specie di farfalle a causa delle zone più fresche e umide con una vegetazione più varia (Tontini et al. 2013, Dapporto et al. 2014). Questo è il caso delle radure di crinale nelle quali si trovano farfalle di particolare interesse, protette dalla *Direttiva Habitat europea* e tra queste vi è *Parnassius mnemosyne*.

Il Parco ha subito una forte deforestazione durante il periodo della Seconda guerra mondiale (1938-1945) e, successivamente, una forte riforestazione naturale e antropica che ha causato la chiusura e la scomparsa delle radure di crinale. Se il fenomeno dovesse proseguire in tale direzione potrebbe comportare una fortissima riduzione delle specie di farfalle. Difatti sia la ben nota relazione area-specie sia la teoria insulare di MacArthur-Wilson si basano sull'evidenza che il tasso di estinzione delle specie aumenta al diminuire della dimensione dell'isola (MacArthur & Wilson, 1963).

All'interno del Parco possiamo individuare due diversi gruppi di specie in base al tipo di habitat usato. Le specie che vivono nelle zone alpine e sub-alpine sono connesse ai biotopi nel loro climax, stadio evolutivo finale di un ecosistema, a eccezione di alcune specie endemiche abitanti di pendii pietrosi (Balletto, Kudrna,1985).

Le foreste rappresentano l'unico climax nei livelli vegetazionali montani alle basse altitudini e solo poche specie di farfalle vivono esclusivamente all'interno di esse (Balletto, Kudrna,1985), mentre la maggior parte trascorre lo stadio adulto sulle chiome degli alberi dove si rifugiano scappando da un pericolo e scendono a terra per cibarsi su particolari fiori attrattivi o per la ovodeposizione su piante specifiche (Balletto, Kudrna,1985). Questo ecotipo di farfalle viene chiamato nemorale e ne sono tipici esempi *Limenitis reducta*, *Argynnis paphia*, *Pararge aegeria*, *Celastrina argiolus*, largamente diffuse in tutta Europa (Balletto, Kudrna,1985). Solo poche

specie nemorali vivono la maggior parte del loro tempo a livello del suolo (*Erebia aethiops*, *E. ligea*, *Pararge aegeria*) (Balletto, Kudrna,1985).

Le specie subnemorali sono anch'esse largamente diffuse in tutta Europa ad eccezione di alcuni endemismi insulari (Balletto, Kudrna,1985). Prediligono le radure formatesi all'interno della foresta, causate da incendi o cedimenti di antichi alberi, e mantenute grazie ai pascoli di ruminanti (Balletto, Kudrna,1985). Le radure si possono formare come conseguenza delle azioni antropogeniche quali il disboscamento per la produzione di legname o la coltivazione di ortaggi, come il cavolo, che attira una specie particolarmente diffusa in Italia ed Europa, *Pieris brassicae*. Alcuni studi hanno mostrato l'importanza delle aree aperte in ambiente forestale per la conservazione delle farfalle in Europa orientale (Konvička, Kuras, 1999), e uno stretto rapporto tra la loro estensione e il numero di specie presenti (Krauss et al. 2003, Öckinger et al. 2012).

Scopo di questa tesi è di condurre un monitoraggio pilota per poter valutare quale sia l'importanza della superficie delle radure di sommità sulla diversità delle farfalle del Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi, provando a prevedere l'intensità dei cambiamenti delle aree per le popolazioni di lepidotteri. Durante la raccolta dei dati sul campo abbiamo condotto molteplici studi sulla biodiversità della fauna di lepidotteri diurni e nello specifico ci siamo interessati di *Parnassius mnemosyne*, specie protetta e particolarmente sensibile alla riduzione delle radure all'interno del Parco Nazionale. Prima di approfondire l'analisi dei dati raccolti sul campo per la stesura della seguente tesi, è necessaria una descrizione del Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi e delle specie di farfalle di maggior interesse conservazionistico presenti nella fauna del Parco.

1.2 *Parnassius mnemosyne*

L'habitat tipico delle specie del genere *Parnassius* consta di pendii erbosi e ben esposti, collinari e montuosi, con altitudini molto variabili a seconda della specie. Alcune di esse hanno colonizzato le vette della catena montuosa dell'Himalaya. L'areale di distribuzione del genere *Parnassius* comprende la regione Palearctica e qualche zona di quella Neartica (Weiss,1991, 1995).

Parnassius mnemosyne (Linnaeus, 1758) è una specie di ropalocero univoltino appartenente alla Famiglia Papilionidae, che vive in aree aperte all'interno di foreste decidue (Konvicka, Kuras, 1999; Meier et al. 2005). In Italia *P. mnemosyne* vive in zone collinari o montane tra 600 e 1800m di quota in ambienti forestali mesofili con habitat di radura, di fondamentale importanza per questa specie sia a livello larvale, dove si trova la pianta nutrice del genere *Corydalis*, sia da adulto per l'accoppiamento e l'oviposizione (Descimon & Napolitano 1993; Konvicka & Kuras 1999; Bergström 2005; Kuusemets et al. 2005). Il periodo di sfarfallamento va da maggio agli inizi di agosto (Bonelli et al. 2013). La deposizione delle uova avviene vicino alla parte ipogea della pianta nutrice, poiché le parti epigee sono secche durante il periodo estivo (Bonelli et al. 2013). Lo svernamento di solito avviene allo stadio di larva neoformata o larva giovane (Bonelli et al. 2013).

Dati genetici evidenziano che il centro di dispersione della specie *P. mnemosyne* era situato in Europa centro-orientale circa 65000 anni fa durante il massimo glaciale Würmiano (Gratton et al., 2008). La presenza di distinte linee genetiche nella Penisola Ellenica, Balcanica, Europa orientale e la regione alpina orientale, suggeriscono una successiva frammentazione delle varie popolazioni che si può osservare ancora ai giorni nostri. Il globale riscaldamento post-glaciale ha limitato le popolazioni di *P. mnemosyne* alle zone montuose, alla ricerca di habitat freschi e umidi (Gratton, M.K. Konopinski, Sbordonì, 2008) nell'area mediterranea. Durante l'Ultimo Massimo Glaciale (22.000-14.000 anni fa) si ebbe l'isolamento genetico delle popolazioni in vari rifugi del centro Europa (Gratton, M.K. Konopinski, Sbordonì, 2008). Questi eventi furono caratterizzati da importanti casi di effetto fondatore durante l'espansione post-glaciale, iniziata dalle zone più settentrionali dell'Europa man mano che la calotta glaciale si ritirava (Nichols & Hewitt 1994; Ibrahim et al. 1996). È possibile intuire come sia estremamente importante la conservazione delle radure alle aree montane per la sopravvivenza del relitto pleistocenico *P. mnemosyne*. La causa principale di estinzione di *P. mnemosyne* è la riforestazione che tende a chiudere le radure dove avvengono gli accoppiamenti (Vlasanek, Konvicka, 2009). Attualmente è valutata come specie a minor preoccupazione (LC) dalla IUCN secondo la lista rossa dei ropaloceri italiani, pubblicata nel 2016 ma la specie è inserita nella direttiva Habitat 92/43/CEE della comunità Europea e per questo protetta da leggi comunitarie e italiane.

CAPITOLO 2 - PARCO NAZIONALE DELLE FORESTE CASENTINESI, DEL MONTE FALTERONA E CAMPIGNA

2.1 Inquadramento geografico del parco

Il parco si estende lungo la dorsale appenninica tosco-romagnola, che presenta una maggior ripidità lungo il versante romagnolo rispetto al versante toscano. La sua estensione è di circa 36.000 ha, suddivisi fra le regioni Emilia-Romagna e Toscana, comprendenti le province di Forlì-Cesena, Arezzo e Firenze. La massima altitudine che si raggiunge nel territorio del Parco è la vetta del Monte Falco (1658 m); le quote più basse si trovano a Ponte sul Biforcio in Toscana (500 m circa) e sul Torrente Bidente di Corniolo (440 m) in Romagna.

2.2 Geologia

Il territorio del Parco Nazionale presenta un assetto geologico abbastanza omogeneo lungo il versante romagnolo, caratterizzato dalla Successione Romagnola (formazione Marnoso-Arenacea). Per quanto riguarda il versante toscano invece la situazione risulta essere più eterogenea, avendo come formazioni rocciose la Scaglia Toscana, Arenarie del Monte Falterona e Marne di Vicchio. Le formazioni sono composte prevalentemente da rocce argillose e calcaree, le quali sono soggette ad erosione e danno luogo a caverne e cascate tipiche del Parco Nazionale.

La maggior parte dei suoli sono classificati come bruno-acido, tipico di climi temperati con abbondanza di umidità che permette l'ossidazione del ferro conferendo il colore bruno al suolo. La sua composizione prevalente è arenacea-marnosa e può formare varie associazioni vegetali come foreste decidue e boschi misti.

2.3 Clima

Il clima delle foreste è tendenzialmente oceanico, con estati relativamente fresche e umide, molto favorevole per una rigogliosa vegetazione forestale. Per quanto riguarda i dati climatici si fa riferimento alle stazioni di Camaldoli Eremo (1111 m) e Campigna (1068 m). Per la stazione di Camaldoli, nel periodo 1961-1990, cui questi dati fanno riferimento, la media delle temperature è +0.6 ° nel mese più freddo e 17,9° nel mese più caldo. Nella località di Campigna le medie registrate sono -1,8° nel mese più freddo e 21,6° nel mese più caldo. La piovosità media annua è di 1668 mm con 151 giorni piovosi a Camaldoli e di 1807 mm con 113 giorni piovosi a Campigna. Molto importante per la copertura vegetale è la piovosità del trimestre estivo (giugno, luglio, agosto), che in questa area è discretamente elevata. A Camaldoli la piovosità estiva è di 255 mm con 27 giorni piovosi, e 241 mm con 19 giorni piovosi a Campigna.

I venti dominanti provengono da Nord-Est e da Sud-Ovest e sul crinale possono assumere violenza eccezionale. I venti da Sud-Ovest sono i principali responsabili dell'alta piovosità, soprattutto sul versante toscano. Sono molto frequenti le nebbie e le giornate umide. Nella classificazione del Pavari, le stazioni di Camaldoli e Campigna rientrano nella zona fitoclimatica del Fagetum, sottozona calda.

La sottozona fredda dovrebbe trovarsi più o meno oltre i 1200-1300 m, sia nel versante toscano sia in quello romagnolo. Alle altitudini minori delle foreste (650 m circa) ci si trova nella sottozona calda del Castanetum.

2.4 Vegetazione

Di particolare interesse sono le faggete vetuste all'interno della Riserva integrale di Sasso Fratino, prima Riserva integrale istituita in Italia nel 1959 per un totale di 782 ha. Entrate a far parte della lista del patrimonio mondiale dell'UNESCO il 7 luglio 2017, insieme ad altre faggete vetuste europee. Grazie alla collaborazione dell'Università della Tuscia, oggi sappiamo che i faggi all'interno della foresta hanno oltre 500 anni di età rendendo Sasso Fratino una delle faggete vetuste più antiche di tutto l'Emisfero Boreale (www.parcforestecasentinesi.it/it/natura/le-foreste-patrimonio-dellumanita)

All'interno del Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi possiamo trovare le seguenti tipologie di boschi:

- Abetine

Si tratta di boschi artificiali rappresentati da una sola specie arborea, l'Abete bianco (Viciani, Agostini, 2008). Ricoprono una vasta area all'interno del parco nella fascia montana inferiore e sono diffusi principalmente nella zona di Camaldoli, Campigna e Badia Prataglia.

- Faggete

Queste foreste sono composte dal genere *Fagus*, tipico della fascia più alta della foresta. La maggior parte di esse è formata da fustaie relativamente giovani per l'intenso sfruttamento del legname, soprattutto agli inizi del '900.

Il bosco ceduo di faggio, oggi avviato verso l'altofusto, è il più diffuso.

- Boschi misti

Sono Boschi naturali composti da varie specie arboree. La loro fascia altitudinale è compresa tra gli 800 e i 1300 metri s.l.m. al di sotto della fascia della faggeta.

Le specie arboree dominante sono ancora Abete e Faggio ma vi sono anche Frassino, Tiglio, Olmo, Tasso, Cerro e Rovere tra le più importanti. Per la vegetazione arbustiva possiamo incontrare il Biancospino, Ligustro, Sanguinella come elementi più diffusi.

- Cerrete

Boschi dominati dal Cerro con pochi ostrieti, mentre nei siti più umidi è presente l'abete bianco. Si trovano nella zona a bassa altitudine delle foreste decidue temperate.

- Castagneti

Questo tipo di bosco ceduo oggi risulta essere molto diffuso a causa dell'uomo nelle zone non protette poiché era alla base dell'alimentazione degli abitanti delle montagne. All'interno del parco risulta essere limitato ad alcune zone nei pressi di Camaldoli e Badia a Prataglia.

- Prati e Pascoli

La superficie coperta da prati e pascoli risulta essere ridotta. Alle alte altitudini vi sono praterie naturali o seminaturali, mentre le praterie ad altitudine minore sono abbandonate e un tempo dovevano essere ricoperte da vegetazione arborea. Le praterie di montagna sono dominate dai generi erbacei *Festuca* e *Nardus*, mentre nelle praterie submontane e collinari sono dominate dai generi *Bromus* o *Brachypodium* (Viciani, Agostini, 2008).

CAPITOLO 3- MATERIALI E METODI

Il campionamento dei lepidotteri è stato compiuto dal 24 al 30 giugno 2018. Questo periodo è riportato in letteratura come il picco della stagione di accoppiamento e ovodeposizione di *P. mnemosyne* (Dapporto et al. 2004 e letteratura contenuta). Le migliori condizioni per la riuscita di un buon monitoraggio di lepidotteri diurni sono: clima sereno e ridotta intensità del vento. Queste condizioni metereologiche si sono verificate in quattro dei sette giorni di campionamento, riducendo fortemente la mole dei dati raccolti. In condizioni di pioggia o vento forte le farfalle tendono a ripararsi nella vegetazione arborea o a rimanere ancorate allo strato erboso delle praterie, rendendone impossibile il monitoraggio. Il miglior momento della giornata per effettuare raccolte dati di lepidotteri diurni si verifica dalla tarda mattinata fino a metà pomeriggio, quando la temperatura è sufficientemente alta per garantire la completa attività muscolare. Per la cattura dei lepidotteri diurni abbiamo utilizzato retini entomologici.

I transetti forniscono informazioni sulla distribuzione spaziale qualitativa e quantitativa delle specie, in funzione dei vari fattori limitanti; se ripetuto a distanza di tempo, può fornire dati sui cambiamenti nella comunità. Nei tipici transetti di tipo Pollard (Pollard, 1977) si eseguono camminate di circa un chilometro contando gli avvistamenti di farfalle che entrano nell'area davanti all'osservatore tra 2,5 metri da entrambi i lati del corpo e 5 metri avanti.

Questo metodo è poco utile per le piccole aree di radura del parco e in questo caso si è adottato un campionamento per area. In pratica, l'area è stata percorsa nella sua interezza da un percorso non lineare e gli esemplari sono stati contati. Successivamente l'area è stata ispezionata per altri due minuti in cerca di specie non osservate in precedenza per cui veniva registrato il solo dato di occorrenza. Per ogni raccolta in ogni area quindi si ottenevano due tipi di dati: qualitativo e quantitativo.

Nome Area	Numero Specie	Superficie area(m ²)	Distanza area più grande vicina(m)	Quota(m)
1A	22	88201	0	1538
1B	17	1235	195	1380
2B	1	77	/	/
4B	17	854	776	1459
5B	10	500	556	1493
7B	13	592	194	1489
8B	26	5193	2574	1515
1C	28	12492	152	1378
2C	29	8601	7424	1345
3C	25	2201	345	1332
1D	9	1257	116	1637
2D	9	5212	1742	1650
3D	11	626	19	1655
4D	17	1889	300	1571
5D	10	4000	580	1484
6D	6	391	38	1485

Tab.1 Elenco parametri delle aree campionate. In questa tabella sono rappresentati i fattori presi in considerazione per lo studio.

Lo studio della popolazione di *Parnassius mnemosyne* è stato eseguito tramite il metodo di cattura-ricattura. Questo metodo consiste nella marcatura dell'individuo catturato su una delle ali tramite un pennarello. Ogni individuo marcato viene rilasciato e nelle giornate successive avviene il conteggio degli esemplari ricatturati e la marcatura di eventuali individui non ancora marcati. Tramite appropriato trattamento statistico, questo metodo permette di valutare il numero di individui nella popolazione e contemporaneamente l'intervallo di spostamento della popolazione nei giorni successivi alla cattura. Questa valutazione però, richiede un numero sufficientemente alto di osservazioni.



Fig.1 Illustrazione di una radura selezionata per il monitoraggio

Le comunità delle farfalle delle radure di crinale sono state valutate per due fenomeni:

- 1) La relazione area specie
- 2) Il grado di annidamento

Insieme questi due fattori possono spiegare con molta efficacia quale sia la dipendenza tra la ricchezza delle comunità e l'estensione delle radure e quali siano le specie a maggior rischio di estinzione locale per la perdita di superficie delle medesime.

Relazione area specie

la relazione area specie è una delle leggi più verificate in biologia e assume una forma lineare quando area e numero di specie siano trasformate logaritmicamente. Nonostante ciò l'area del biotopo non è la sola variabile che ne determina la ricchezza, nel caso delle radure di crinale abbiamo misurato per ogni area anche la distanza minima dalla radura più grande di questa e la sua altitudine come variabili indipendenti addizionali.

Il logaritmo del numero di specie è stato correlato con il logaritmo dell'area, il logaritmo della distanza minima dall'area maggiore e il logaritmo della quota tramite regressione multipla utilizzando la funzione "lm" di R.

Annidamento delle comunità

Il NODF (*Nestedness metric based on overlap and decreasing fill*) è un indice che misura il livello di annidamento di una serie di comunità. Il valore è basso per comunità poco annidate e alto per comunità molto annidate. È possibile verificare se il valore di NODF indichi una serie di comunità significativamente annidate utilizzando appropriati modelli nulli. In pratica, mantenendo per ogni area il numero di specie osservate, si scambiano per un certo numero di volte le specie raccolte e si calcola il NODF di tali comunità casuali. Il confronto tra il valore del NODF osservato con quello ottenuto dai modelli nulli casuali provvede una stima di quanto la comunità osservata presenti o meno un grado di annidamento simile a quelli prodotti da iterazioni casuali. Nel nostro caso sono state usate la funzione "nestednodf" del pacchetto R "vegan" per calcolare il valore di NODF e la funzione "oecosimu" dello stesso pacchetto per calcolare i 1000 modelli nulli e compararli col dato osservato.

CAPITOLO 4 - RISULTATI

I dati raccolti sul campo durante il periodo di campionamento sono riportati in questo capitolo mediante tabelle e grafici per spiegare le caratteristiche di ogni area non boscata valutata. Per ogni radura abbiamo misurato superficie, quota e distanza dall'area più grande vicina (Tabella 1 e Fig.2 e Fig.3 per la localizzazione).



Fig.2 Panoramica delle radure oggetto di studio lungo il crinale Tosco-Romagnolo.

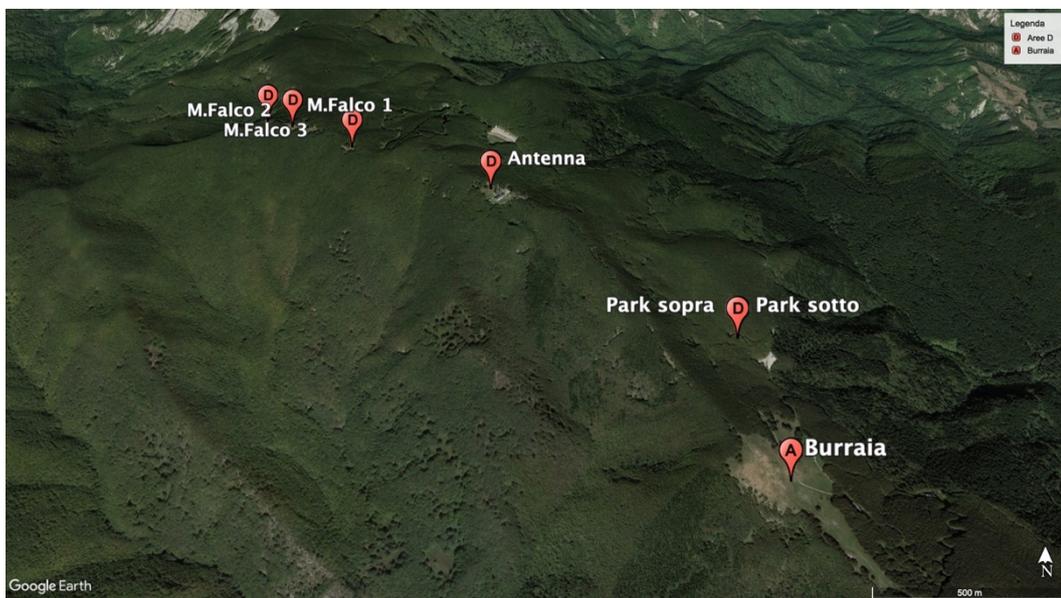


Fig.3 Panoramica delle radure oggetto di studio nella parte della Burraia e Monte Falco.

Marcatura e ricattura *P. mnemosyne*

Durante i giorni di campionamento sono stati individuati 8 esemplari di *P. mnemosyne* nelle radure selezionate. Come è possibile vedere dal grafico 3 si può notare che il trend delle catture risulta in diminuzione con il passare dei giorni, a significare che la popolazione della specie probabilmente era già in declino nei giorni di campionamento. Per i futuri monitoraggi è consigliabile anticipare i giorni di campionamenti come suggeriscono i dati ottenuti dal presente monitoraggio pilota.

Nome individuo	G1	G3	G4	G5	G6
1.1	■	■	■		
1.2	■				
1.3	■			■	
1.4	■	■	■		
8.1	■		■		
8.2	■	■		■	
1C1	■				
1C2	■	■	■	■	■
1C3	■	■		■	■

Tab.2 Tabella illustrante le catture e le ricatture dei vari esemplari di *P.mnemosyne* nei giorni di campionamento riportate in colore rosso.

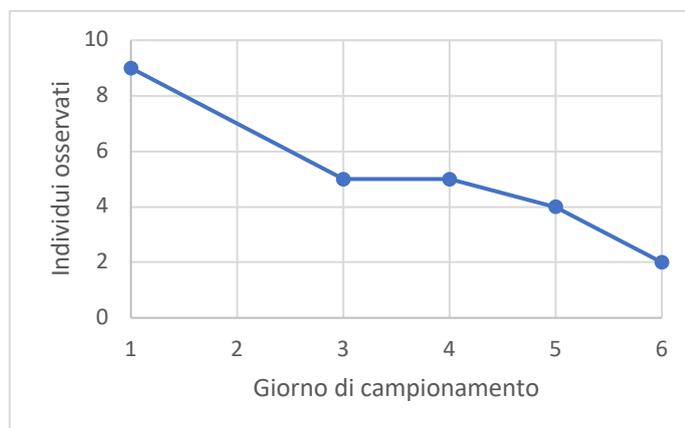


Fig.4 Grafico che mostra il trend decrescente nelle osservazioni degli esemplari di *P. mnemosyne*. Il primo giorno di campionamento mostra il maggior numero di esemplari individuati e via via si osserva una progressiva diminuzione degli avvistamenti.

Modellizzazione della ricchezza delle aree

Nonostante il numero relativamente ridotto di aree analizzate (16) la regressione multipla ha evidenziato una relazione positiva tra ricchezza di specie osservate e la loro area (Tab.5) e una relazione negativa con la quota (Tab.4). La distanza minima dall'area più ricca non ha mostrato un effetto significativo.

	Estimate	Standard Error	t	P
(Intercept)	25.518	9.988	2.555	0.027
Log (Area)	0.186	0.063	2.973	0.013
Log (Distanza)	0.031	0.044	0.690	0.505
Log (Quota)	-3.343	1.342	-2.492	0.030

Tab.3 Risultato della regressione multipla sul numero di specie osservate in ogni radura studiata.

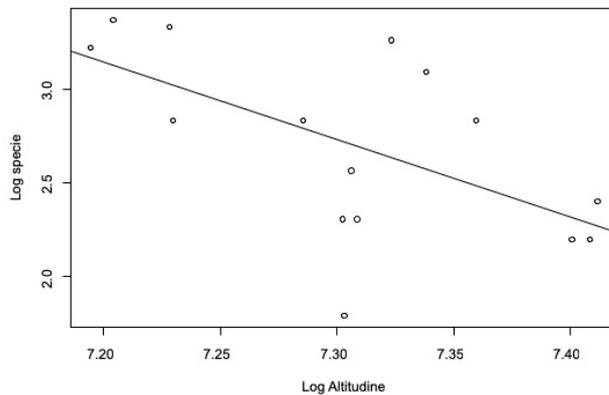


Fig.5 Grafico della regressione multipla su scala logaritmica che mette in relazione la ricchezza di specie con la quota delle radure di crinale campionate. La quota delle aree risulta essere un parametro negativo per la ricchezza di specie poiché la maggior concentrazione di specie è stata riscontrata in bassa quota.

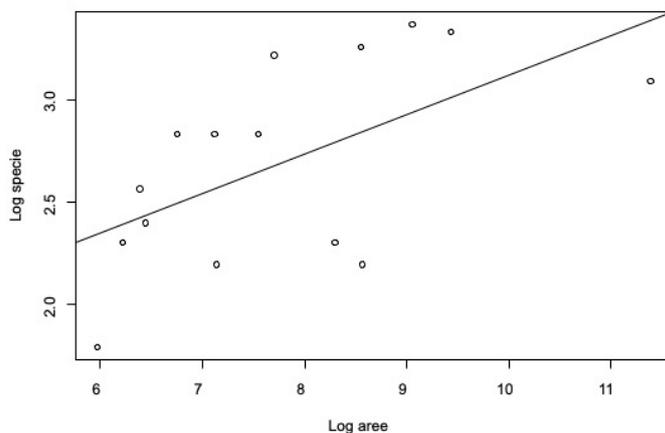


Fig.6 Grafico della regressione multipla che su scala logaritmica che mette in relazione la ricchezza di specie con le aree aperte selezionate. Le aree con maggior superficie presentano il maggior numero di specie.

Annidamento delle comunità

Il valore di NODF osservato (63.072) risulta essere piuttosto alto, indice di comunità discretamente annidate. In effetti nessuno dei 1000 modelli nulli ha prodotto un valore così alto con comunità organizzate a caso, ritornando un valore di P pari a 0.001. In figura 4 si può osservare la tendenza delle comunità a essere annidate, ma anche un gran numero di spazi vuoti nel settore in alto a sinistra (specie attese che non sono state registrate) e un numero ridotto di specie nel settore quasi vuoto in basso a destra (specie osservate e non attese in quelle aree).

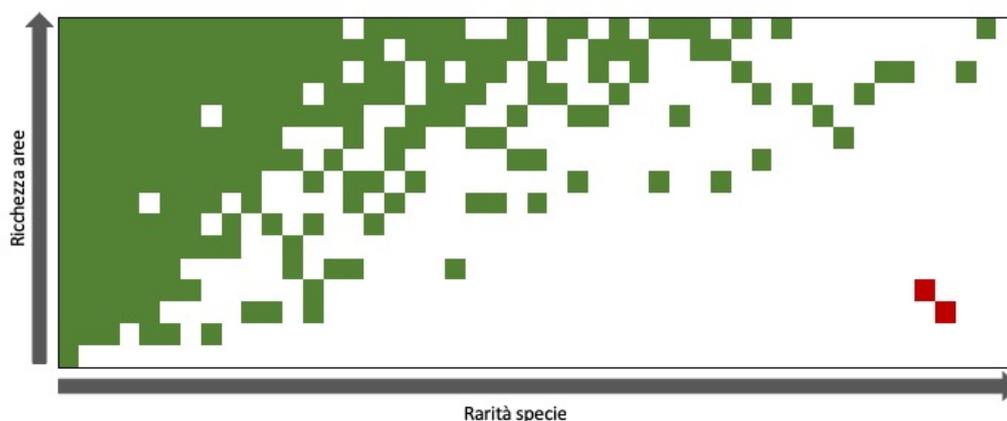


Fig.7 Grafico che indica il livello di annidamento delle comunità di lepidotteri studiate. I quadrati segnati in rosso rappresentano due specie rare (*Plebejus idas* e *Carcharodus flocciferus*) presenti in radure piccole povere di specie, per questo motivo subiscono meno gli effetti di perdita di habitat. Le altre specie, che si trovano in alto a destra, sono maggiormente soggette al fenomeno di chiusura delle radure.

	statistic	mean	2.50%	50%	97.50%	P
NODF	63.072	40.246	37.354	40.247	43.006	0.001

Tab.4 Tabella che riporta i valori di NODF calcolati mediante il modello a valore nullo.

CAPITOLO 5 - DISCUSSIONE

Le praterie e zone aperte sono di fondamentale importanza per la crescita e sviluppo di molte farfalle poiché consentono l'instaurarsi di una grande varietà di specie vegetali in stretta connessione con il ciclo vitale dei lepidotteri diurni. Altro fattore importante per il corretto funzionamento metabolico delle farfalle è la temperatura, maggiore nelle praterie esposte rispetto alle foreste umide. La maggior parte delle comunità di farfalle dipendono da ambienti di origine seminaturale, mantenuti da costanti fenomeni di disturbo antropico come lo sfalcio di prati o pascoli (Balletto et al. 2016).

La relazione area specie risulta particolarmente importante in questo studio e conferma che all'aumentare della superficie dell'area aumenta la ricchezza di specie. L'altro fattore decisivo sulla ricchezza delle specie è la quota in cui si trovano le radure il quale, nel nostro caso, risulta essere un effetto negativo in quanto l'optimum per le altitudini analizzate è la metà di luglio. Molte specie di alta quota dovevano ancora sfarfallare, mentre alle basse altitudini molte delle specie si trovavano già in volo.

Un altro fattore determinante per capire le comunità delle radure è il forte annidamento registrato, il quale permette di prevedere quali farfalle occuperanno le varie aree seguendo un ordine piuttosto preciso. Il numero di vuoti presente in Fig.4 dimostra la necessità di nuove sessioni di monitoraggio nei prossimi anni, in modo da completare le informazioni sulla comunità di lepidotteri all'interno delle radure di crinale del Parco Nazionale. La tendenza di specie poco comuni a presentarsi solo nelle aree aperte di maggior superficie è un dato innegabile fra le specie, che fanno parte di questo contingente a rischio di diminuzione per la perdita di aree prative dovuta al rimboschimento. Tra queste vi è *P. mnemosyne* trovata in sole 4 aree tra le più grandi di quelle esistenti nella ristretta fascia di quota tra 1300m e 1500m con l'esclusione, apparentemente inspiegabile, della più grande area aperta de La Burraia.

Si evidenzia un ridotto numero di esemplari di *P. mnemosyne* e il progressivo diminuire delle rilevazioni durante i giorni di campionamento, probabilmente dovuto alla ridotta popolazione della specie e alla stagione di volo ormai al termine.

Bisogna tener presente che il periodo di sfarfallamento di questa specie è relativamente breve, circa 5-6 giorni (Vlasanek, Konvicka, 2009). Questo fatto crea un problema non indifferente, cioè il fatto che sia stata avvistata una popolazione a basse altitudini in

fase calante e nessun esemplare alle quote più alte dove avrebbero dovuto trovarsi popolazioni in fase di volo meno avanzata.

Risulta difficile ipotizzare che al 30 giugno la specie avesse completamente esaurito il periodo di volo a 1300-1500 metri ma non avesse ancora iniziato a volare alle quote appena più alte. Una ipotesi può essere che le popolazioni in alta quota abbiano subito una estinzione locale e nella popolazione a quota inferiore il numero di individui sia diminuito drasticamente negli ultimi anni. Serviranno monitoraggi continui in futuro per poter individuare lo stato effettivo della popolazione di *P. mnemosyne*.

Note per la conservazione dei lepidotteri delle radure del Parco

Storicamente viene associata l'idea della riforestazione come un processo naturale positivo per la maggior parte della fauna locale, mentre le praterie incolte vengono percepite dalla popolazione come uno stato degradato e nocivo per la biodiversità locale. Nel caso specifico dei lepidotteri è vero il contrario e la grande riforestazione avvenuta a partire dagli anni '50 del secolo scorso ha contribuito all'estinzione o riduzione delle popolazioni di moltissime specie di ropaloceri diurni nel Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi. La Lista Rossa dei ropaloceri diurni ha inserito la riforestazione dei pascoli come grave minaccia per la conservazione della biodiversità, a testimonianza della grande influenza che questo fenomeno esercita sulla fauna e flora locale (Balletto et al. 2016). In Italia una sola specie si è estinta (*Lycaena helle*) mentre 142 specie di lepidotteri diurni hanno subito estinzioni locali (Bonelli et al. 2011), il 50% dei casi è avvenuta nel periodo 1900-1950 (Balletto et al. 2016).

La relazione area specie e la forte tendenza all'annidamento fornisce l'idea della presenza di faune altamente deterministiche, cioè è possibile prevedere non solo quante specie siano presenti in una radura di una determinata superficie, ma anche quali specie occuperanno aree sempre più grandi. D'altro canto, è possibile prevedere quali specie potrebbero essere perse con la progressiva scomparsa delle radure. Questa influisce drasticamente sulle specie rare che si trovano nelle aree grandi (in alto a destra, Fig.4), tra cui l'elemento caratterizzante di queste comunità è rappresentata dal carismatico *Parnassius mnemosyne*. Questo studio pilota, che necessiterà di un ampliamento delle raccolte almeno per un'altra stagione primaverile-estivo, potrà produrre le evidenze necessarie a una gestione forestale attenta a mantenere, se non allargare, le radure di crinale per beneficiare la comunità di lepidotteri diurni del Parco Nazionale.

CAPITOLO 6 – BIBLIOGRAFIA

Balletto, E., Bonelli, S., Barbero, F., Casacci, L.P., Sbordoni, V., Dapporto, L., Scalercio, S., Zilli, A., Battistoni, A., Teofili, C., Rondinini, C. (compilatori). 2015. Lista Rossa IUCN delle Farfalle Italiane - Ropaloceri. Comitato Italiano IUCN e Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Roma

Balletto, E., O. Kudrna, 1985. Some aspects of the conservation of butterflies in Italy, with recommendations for a future strategy, in: Bollettino Società entomologica Italiana, Genova, 117 (1-3): 39-59.

Balletto, E., S. Bonelli & L. Cassulo. 2007. Insecta Lepidoptera Papilionoidea. In: S. Ruffo e F. Stoch (Eds) "Checklist and Distribution of the Italian Fauna. 10.000 terrestrial and inland water species 2nd and revised edition" Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona, 2° serie, Sez. Scienze della Vita. 17: 257- 261, tav. 280.

Berström A., 2005. Oviposition site preferences of the threatened butterfly *Parnassius mnemosyne*- implications for conservation, Journal of insect conservation, volume 9, issue 1, pp 21-27.

Blasi, C., L. Boitani, S. La Posta, F. Manes & M. Marchetti. 2005. Stato della biodiversità in Italia. Contributo alla strategia nazionale per la biodiversità. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio. Direzione per la protezione della natura.

Dapporto L., Fiorini G., Fiumi G., Flamigni C., 2004 - I macrolepidotteri del Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi, del Monte Falterona e di Campigna (Lepidoptera). Memorie della Società entomologica italiana, 83 (1): 179-248.

Dapporto, L., S. Fattorini, R. Vodač, V. Dincă & R. Vila. 2014. Biogeography of western Mediterranean butterflies: combining turnover and nestedness components of faunal dissimilarity. Journal of Biogeography 41:1639-1650.

Descimon, H., M. Napolitano, 1993. Enzyme polymorphism, wing pattern variability, and geographical isolation in an endangered butterfly species in: *Biological Conservation*, vol.66, Issue 2, pages 117-123.

Gratton P., M.K. Konopiski, V.Sbordoni. Pleistocene evolutionary history of the Clouded Apollo (*Parnassius mnemosyne*): genetic signatures of climate cycles and a 'time-dependent' mitochondrial substitution rate, in: *Molecular Ecology* (2008)17, 4248–4262.

Ibrahim K.M, Nichols RA, Hewitt GM (1996) Spatial patterns of genetic variation generated by different forms of dispersal during range expansion. *Heredity*, 77, 282–291.

Konvička, M., T. Kuras, 1999. Population structure, behavior and selection of oviposition sites of an endangered butterfly, *Parnassius mnemosyne*, in Litovelské Pomoraví, Czech Republic. *Journal of insect conservation*, 3, 211-223.

Krauss, J., Steffan-Dewenter, I. & Tschardt, T. 2003. How does landscape context contribute to effects of habitat fragmentation on diversity and population density of butterflies? *Journal of Biogeography* 30: 889–900.

Kuusemets, V., K. Meier, J. Luig, A. Liivamägi, 2005. Habitat and landscape structure requirements of Clouded Apollo (*Parnassius mnemosyne*), *Studies on the Ecology and Conservation of Butterflies in Europe*, vol.1: General Concepts and Case Studies, pp 18-21.

MacArthur R.H., Wilson E.O., 1963. An equilibrium theory of insular zoogeography, *International Journal of Organic Evolution*, The Society for the Study of Evolution, vol.17, N.4

Meier, K., Kuusemets, V., Luig, J. & Mander, Ü. 2005: Riparian buffer zones as elements of ecological networks: Case study on *Parnassius mnemosyne* distribution in Estonia. — *Ecological Engineering* 24: 531–537.

Myers, N., R. A. Mittermeier, C. G. Mittermeier, G. A. da Fonseca & J. Kent. 2000. Biodiversity hot spots for conservation priorities. *Nature*, 403:853–858.

Nichols RA, Hewitt GM (1994) The genetic consequences of long distance dispersal during colonization. *Heredity*, **72**, 312–317.

Öckinger, E., Bergman, KO., Franzén, M., Kadlec, T., Krauss, J., Kuussaari, M., Pöyry, J., Smith H.G., Steffan-Dewenter, I. & Bommarco, R. 2012. The landscape matrix modifies the effect of habitat fragmentation in grassland butterflies. *Landscape Ecology* 27: 121–131.

Pollard, E., 1977. A method for assessing changes in the abundance of butterflies. *Journal of Biological Conservation*, Vol.12, issue 2, pp.115-134

S. Bonelli, E. Balletto, V. Rovelli, M. A. Bologna, M. Zapparoli, 2016. *Parnassius mnemosyne* (Linnaeus, 1758) (mnemosine). In: Stoch F., Genovesi P. (ed.), Manuali per il monitoraggio di specie e habitat di interesse comunitario (Direttiva 92/43/CEE) in Italia: specie animali. ISPRA, Serie Manuali e linee guida, 141/2016.

Schultz, C.B., Chang, G.C., 1998. Challenges in insect conservation: Managing fluctuating populations in disturbed habitats, in: *Conservation Biology*. Springer, pp. 228–254.

Stoch F., Genovesi P. (ed.), 2016. Manuali per il monitoraggio di specie e habitat di interesse comunitario (Direttiva 92/43/CEE) in Italia: specie animali. ISPRA, Serie Manuali e linee guida, 141/2016.

Tontini, L., S. Castellano, S. Bonelli & E. Balletto. 2000. Patterns of Butterfly Diversity Above the Timberline in the Italian Alps and Apennines - In G. Grabherr, C. Corner, L. Nagy and D.B.A.Thompson (Eds) - *Alpine Biodiversity in Europe*. Springer Verlag.

Viciani, D., N. Agostini, 2008. La carta della vegetazione del Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi, Monte Falterona e Campigna (Appennino Tosco-Romagnolo): Note illustrative, *Quad. Studi Nat. Romagna*, 27 ISSN 1123-6787

Vlasanek, P., D. Hauck, M. Konvička, 2009. Adult sex ratio in the *Parnassius mnemosyne* butterfly: effects of survival, migration, And weather, *Israel Journal of Ecology & Evolution*, vol.55, pp. 233-252

Weiss, J.C., 1991. The Parnassiinae of the World. Part 1. Sciences Nat, Venette, France. p.

Sitografia:

Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi

<https://www.parcoforestecasentinesi.it/it/natura/biodiversita/la-geologia>

<https://www.parcoforestecasentinesi.it/it/natura/le-foreste-patrimonio-dellumanita>

7 – APPENDICE

	1A	2A	3A	4A	1B	2B	4B	5B	7B	8B	1C	2C	3C	1D	2D	3D	4D	5D	6D
<i>Aglais io</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Aporia crataegi</i>	2	5	3	0	1	0	3	1	1	0	8	4	22	2	0	1	1	0	0
<i>Aporia urticae</i>	0	2	0	0	0	0	0	0	0	3	5	4	0	1	4	4	4	0	0
<i>Argynnis aglaja</i>	8	2	1	2	0	0	2	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
<i>Argynnis niobe</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Aricia agestis</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0
<i>Boloria euphrosyne</i>	4	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Brenthis daphne</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Carcharodus alceae</i>	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	1	0	0	0	0	0	0
<i>Celastrina argiolus</i>	0	1	2	1	3	0	1	0	1	4	4	6	8	0	0	0	1	0	0
<i>Charcharodus flocciferus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Coenonympha arcania</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Coenonympha pamphilus</i>	17	19	1	0	0	0	0	0	0	0	0	19	1	0	0	0	0	2	0
<i>Colias alfajariensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Colias croceus</i>	10	18	12	0	4	0	13	2	3	12	32	35	34	2	3	2	13	4	0
<i>Cyaniris semiargus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Erebia ligea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Erynnis tages</i>	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Euchloe ausonia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gonepteryx rhamni</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Issoria lathonia</i>	1	0	1	0	0	0	1	0	0	3	0	2	1	0	1	1	0	0	0
<i>Lasiommata maera</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0	0	3	1	0	0
<i>Lasiommata megera</i>	0	0	0	0	0	0	1	1	0	4	1	1	4	0	0	0	1	0	1
<i>Leptotes pirithous</i>	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0
<i>Limenitis reducta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lycaena phlaeas</i>	5	2	0	1	6	0	2	1	0	6	2	9	11	1	1	1	4	0	1
<i>Maniola jurtina</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Melanargia galathea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

<i>Melitaea athalia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Melitaea cinxia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Melitaea didyma</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Melitaea nevadensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Melitaea phoebe</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ochlodes sylvanus</i>	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
<i>Ochlodes venata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
<i>Pararge aegeria</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Parnassius mnemosyne</i>	0	0	0	0	2	0	0	0	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pieris brassicae</i>	11	4	6	2	8	0	12	3	10	21	14	27	34	2	2	4	6	6	2
<i>Pieris napi</i>	26	8	11	21	132	14	63	33	96	202	224	285	255	10	7	12	58	15	35
<i>Pieris rapae</i>	15	10	11	7	42	0	12	4	9	30	24	15	25	5	6	1	19	8	4
<i>Plebejus idas</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Polygonia c album</i>	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	3	0	0	0	1	1	0
<i>Polyommatus icarus</i>	0	5	2	1	1	0	2	0	0	2	8	14	8	0	0	1	4	0	0
<i>Ponthia edusa</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	5	3	1	8	0	0	0	0	1	0
<i>Pyrgus malvoides</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Vanessa atalanta</i>	3	0	0	1	2	0	0	2	1	2	4	1	3	1	0	1	1	1	1
<i>Vanessa cardui</i>	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	1	0	0

Tab.7 Tabella illustrante la quantità di esemplari catturati nelle aree di studiate selezionate, l'area A viene riportata con le sue suddivisioni.