

Indagine sulle farfalle (Lepidoptera, Papilionoidea) delle Torbiere del Sebino

Introduzione

La Riserva Naturale Torbiere del Sebino (RNTS) è un'area umida tra le più importanti del Nord Italia. Nonostante questo, solo alcuni dei gruppi di esseri viventi presenti in essa vengono studiati con regolarità. Tra questi, vi sono soprattutto gli uccelli, le piante e i pesci. Su questi tre gruppi ogni anno viene fatta una relazione condotta da esperti finanziati dall'ente gestore. Sugli insetti, che probabilmente sono il gruppo più importante di animali in termini di abbondanza, ricchezza e importanza negli ecosistemi, non vengono fatte indagini regolari. Perciò ho deciso di fare uno studio sulle farfalle (Lepidoptera, Papilionoidea) presenti nelle Torbiere del Sebino. A tal fine ho usato il metodo dell'European Monitoring Butterfly Scheme (eBMS), che utilizza la tecnica dei transetti.

Materiali e metodi

Ho disposto tre transetti nella RNTS di lunghezza compresa tra i 580,39 e 718,18 metri, sui sentieri percorribili a piedi. Uno nell'area Nord Est, uno nell'area Sud e uno nell'area Nord Ovest

I transetti sono stati suddivisi in sezioni, di lunghezza compresa tra i 66,65 e 445,2 metri, i cui limiti corrispondono a dove l'habitat principale cambia in maniera significativa, all'interno di un cubo di 5x5x5 metri disposto immediatamente davanti all'osservatore. Il Transetto Est comprende 5 sezioni (TE1-TE5), il transetto Sud 5 sezioni (TS1-TS5) e il transetto Ovest 3 sezioni (TO1-TO3). Per organizzare i transetti sono stato aiutato da Federica Paradiso, una coordinatrice dell'eBMS del Nord Italia.

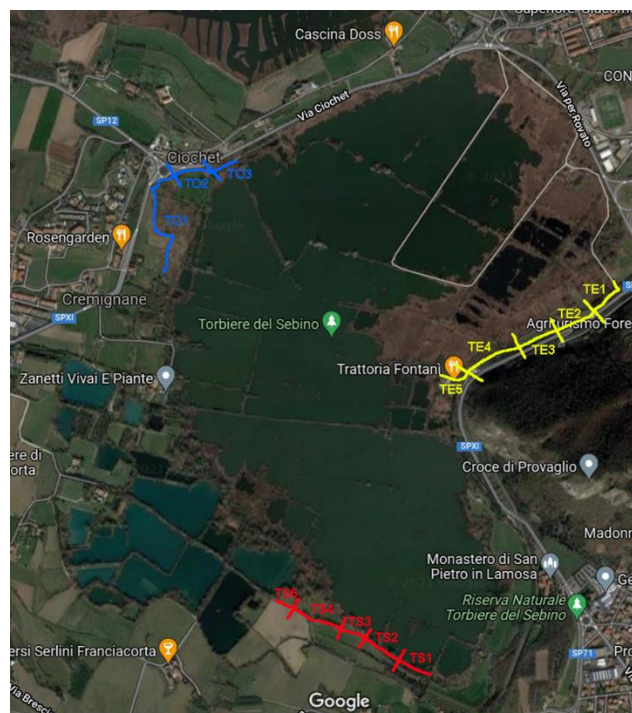


Figura 1 Uno screenshot dell'area della Lama come vista da Google Maps, su cui sono stati disegnati i tre transetti e le loro sezioni

Il cubo di 5x5x5 metri corrisponde allo spazio all'interno del quale vengono campionate le farfalle, attraverso il conteggio e l'identificazione. Il campionamento viene effettuato solo in condizioni meteorologiche idonee, cioè quando la temperatura è maggiore o uguale a 18 °C, oppure se è compresa tra i 13 e i 17 °C e la copertura nuvolosa è uguale o minore al 50%. I campionamenti sono stati tutti effettuati tra le 9.30 e le 16.30, orari in cui le farfalle sono più attive. I campionamenti devono essere fatti tra i mesi di Aprile e Settembre, periodo in cui le farfalle sono più presenti. Bisogna anche annotare l'ora e le condizioni meteorologiche, cioè la copertura nuvolosa (in percentuale), la temperatura (in °C) e l'intensità del vento (secondo la scala Beaufort) all'inizio e alla fine di ogni transetto. L'osservatore può fermarsi per fare foto o per identificare le farfalle, ma non può contare le farfalle che vede mentre è fermo o che sono dietro di lui, per evitare di sovrastimare la loro abbondanza (Sevilleja et al. 2019).

Sono state effettuate 7 visite tra il 22/07/2021 e il 27/09/2021 per fare i campionamenti standardizzati. Il transetto Est è stato campionato 7 volte, il transetto Ovest 4 volte e il transetto Sud 5 volte. Per identificare le farfalle sono state usate, oltre all'identificazione visiva, foto tramite la macchina fotografica Panasonic Lumix FZ82, alcune fonti bibliografiche (Dapporto & Casnati 2008, Tolman & Lewington 2014) e un retino entomologico, per il cui utilizzo è stata richiesta l'autorizzazione all'Ente Gestore. Il retino è stato utilizzato solo nelle ultime tre uscite, a partire dall'uscita del 15/09/2021. Il retino è stato utilizzato solo quando l'identificazione non era possibile in altro modo, e le farfalle catturate con il retino non sono mai state manipolate direttamente, per evitare possibili danni fisici. Infine, anche molti utenti della piattaforma di Citizen Science iNaturalist sono stati di aiuto nell'identificazione.



Figura 2 Il retino entomologico utilizzato in parte dei campionamenti. Possiede un manico telescopico, in modo da facilitare la cattura delle farfalle.



Figura 3 Un individuo di Cupido argiades, catturato con il retino entomologico il 15/09/2021 all'interno dell'area di studio.

Per quanto riguarda gli habitat, per ogni sezione ho stimato a occhio le percentuali dei vari habitat comprese nel cubo immaginario di 5x5x5 metri, escludendo la parte del sentiero priva di vegetazione. Sono stati individuati così 7 habitat principali (ecotono, prato, bosco, arbusteto, coltivazioni e canneto). Sia gli ecotoni che le coltivazioni sono stati a loro volta divisi in tre habitat in base al tipo di vegetazione dominante (arborea, arbustiva o erbacea), ottenendo così 11 habitat in totale. Sono stati considerati ecotoni erbacei le vegetazioni erbacee ruderali ai margini del sentiero e le altre vegetazioni erbacee (escludendo i canneti e le coltivazioni erbacee) che non erano considerabili prati; ecotoni arbustivi arbusti isolati, l'edera che cresce a livello del suolo e piante legnose che ricoprono le recinzioni; ecotoni arborei gli alberi isolati o filari di alberi che non formano un vero e proprio "bosco", mancando di struttura tridimensionale.

Transetto	Lunghezza (m)	Ecotono	Ecotono arboreo	Ecotono arbustivo	Ecotono erbaceo	Prato	Bosco	Arbusteto	Strada	Coltivazione	Coltivazione erbacea	Coltivazione arbustiva	Coltivazione arborea	Canneto
TS1	69,18	30	0	20	10	0	70	0	0	0	0	0	0	0
TS2	199,5	45	30	5	10	10	25	15	0	0	0	0	0	5
TS3	66,65	20	5	5	10	60	0	20	0	0	0	0	0	0
TS4	169,4	40	25	5	10	30	5	25	0	0	0	0	0	0
TS5	75,66	30	5	5	20	60	0	10	0	0	0	0	0	0
TO1	445,2	45	20	5	20	0	15	30	0	10	0	5	5	0
TO2	105,2	20	0	0	20	50	0	15	15	0	0	0	0	0
TO3	88,03	30	15	0	15	0	5	60	0	0	0	0	0	5
TE1	149,2	45	15	5	25	0	10	35	0	10	10	0	0	0
TE2	128,5	40	0	0	40	10	0	10	15	25	0	25	0	0
TE3	148,6	25	0	5	20	35	0	15	0	25	0	0	25	0
TE4	193,1	25	10	5	10	0	0	50	0	25	0	0	25	0
TE5	98,78	35	15	0	20	55	0	10	0	0	0	0	0	0

Figura 4 Tabella in cui sono riportate le lunghezze dei transetti e le percentuali stimate dei singoli habitat.

I dati sono stati riportati su una tabella Excel apposita, e sono stati elaborati tramite il software di statistica R, e la sua estensione chiamata Rstudio. Nella tabella Excel sono stati calcolati i valori di densità lineare per ogni taxon (a livello specifico, generico e di famiglia) dividendo il numero di individui osservati per la lunghezza delle sezioni dei transetti, e questo valore è stato usato al posto del semplice numero di esemplari nelle elaborazioni statistiche, per evitare che le abbondanze fossero influenzate dalla differente lunghezza delle sezioni dei transetti. Visto che i valori di temperatura, quantità percentuale di sole, intensità del vento e l'orario sono stati segnati solo all'inizio e alla fine dei transetti, i valori all'inizio di ogni sezione che non fosse la prima sono stati interpolati, tenendo conto della lunghezza dei transetti. È stata effettuata l'analisi della regressione per osservare quali specie hanno preferenze per determinati tipi di habitat, e quali taxa sono più o meno influenzati dalle variabili ambientali. Sono stati ottenuti i P-value (p), per ottenere eventuali relazioni significative tra taxa e habitat o variabili ambientali. Per ogni sezione effettuata dei transetti è stata calcolata la densità lineare di specie, di genere e di famiglia, ottenuta dividendo il numero di specie, di generi e di famiglie ottenuta a ogni campionamento per la lunghezza delle sezioni.

Per indagare meglio la diversità delle farfalle, è stato anche calcolato l'indice di Shannon Wiener all'interno delle singole sezioni e quello totale.

Infine, per capire se il fatto che in alcuni campionamenti è stato usato il retino mentre in altri no abbia influito sulle analisi, è stata condotta un'analisi statistica. Essa ha preveduto il calcolo della percentuale di identificazione a livello specifico delle farfalle nelle varie sezioni effettuate in entrambe le condizioni di lavoro, e in seguito un t-test per mettere a confronto i due diversi metodi di campionamento.

Risultati e discussione

Su un totale di 26 specie, 22 generi e 5 famiglie viste nell'area di studio dall'autore di questa relazione, durante i campionamenti standardizzati sono state rilevate farfalle appartenenti a 16 specie, 14 generi e 4 famiglie. Le uniche famiglie di farfalle non rilevate durante i campionamenti sono state i Papilionidae e i Riodinidae. Di quest'ultima famiglia è presente una sola specie in Europa, *Hamearis lucina*, che in Italia preferisce le aree collinari e montane. La famiglia Papilionidae è stata rilevata al di fuori dei transetti, con alcuni avvistamenti della specie *Iphiclides podalirius*. Tutte le specie viste dall'autore di questa relazione viste nell'area di studio non sono considerate a rischio estinzione poiché sono considerate "Least Concern" nelle liste rosse globali, europee e italiane. *Cacyreus marshalli* (Figura 7) è invece valutata come "non applicabile" nella lista rossa europea e italiana, perché alloctona. Nonostante la mancanza di specie in via di estinzione,

4 specie osservate hanno un trend di diminuzione della popolazione a livello europeo secondo la IUCN. Tra queste, 2 sono state campionate durante lo svolgimento dei transetti (*Leptotes pirithous* e *Pieris manni*). *C. marshalli*, che si sta diffondendo in Europa, ha invece un trend in aumento, mentre il trend di tutte le altre specie è stabile (Van Swaay et al. 2010, Balletto et al. 2015).

FAMIGLIA	SPECIE	TREND	Nind
HESPERIIDAE	<i>Carcharodus alceae</i>	S	0
HESPERIIDAE	<i>Ochlodes sylvanus</i> *	S	4
HESPERIIDAE	<i>Pyrgus armoricanus</i>	S	0
LYCAENIDAE	<i>Aricia agestis</i>	S	0
LYCAENIDAE	<i>Cacyreus marshalli</i>	I	0
LYCAENIDAE	<i>Celastrina argiolus</i> *	S	6
LYCAENIDAE	<i>Cupido argiades</i> *	S	2
LYCAENIDAE	<i>Leptotes pirithous</i> *	D	1
LYCAENIDAE	<i>Lycaena phlaeas</i> *	S	9
LYCAENIDAE	<i>Polyommatus icarus</i> *	S	8
LYCAENIDAE	<i>Polyommatus thersites</i>	D	0
NYMPHALIDAE	<i>Aglais io</i> *	S	1
NYMPHALIDAE	<i>Apatura ilia</i>	S	0
NYMPHALIDAE	<i>Argynnis paphia</i> *	S	1
NYMPHALIDAE	<i>Coenonympha pamphilus</i>	S	0
NYMPHALIDAE	<i>Lasiommata megera</i>	S	0
NYMPHALIDAE	<i>Melitaea didyma</i> *	S	1
NYMPHALIDAE	<i>Minois dryas</i>	D	0
NYMPHALIDAE	<i>Pararge aegeria</i>	S	0
NYMPHALIDAE	<i>Polygonia c-album</i> *	S	1
NYMPHALIDAE	<i>Vanessa atalanta</i> *	S	2
PAPILIONIDAE	<i>Iphioides podalirius</i>	S	0
PIERIDAE	<i>Colias croceus</i> *	S	14
PIERIDAE	<i>Pieris manni</i> *	D	1
PIERIDAE	<i>Pieris napi</i> *	S	6
PIERIDAE	<i>Pieris rapae</i> *	S	1

Figura 5 Specie di farfalle osservate dall'autore della relazione nell'area di studio. Le specie con l'asterisco sono state rilevate all'interno dei campionamenti standardizzati. D = trend della popolazione europea in diminuzione; S = trend della popolazione europea stabile; I = trend della popolazione europea in aumento. N_{ind} = numero di individui campionati.



Figura 6 Un individuo di *Leptotes pirithous* (Lycaenidae), una specie in diminuzione in Europa osservata nella RNTS il 27/09/2021.

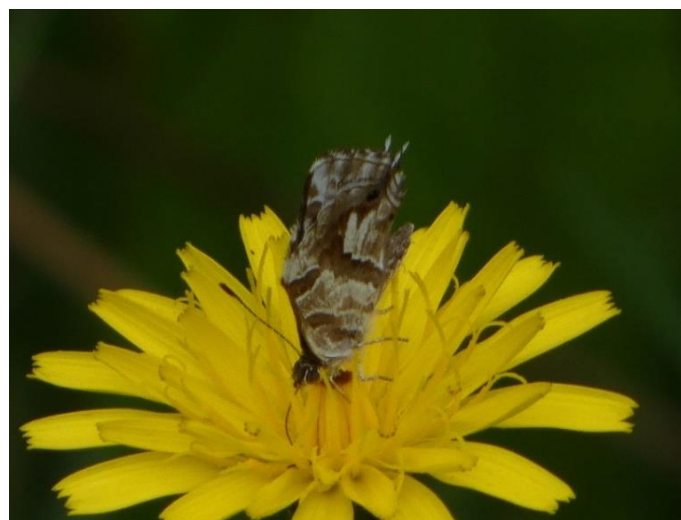


Figura 7 Un individuo di *Cacyreus marshalli* (Lycaenidae), una specie alloctona di farfalla osservata nella RNTS il 7/10/2021.

La densità delle farfalle rilevata durante i transetti è risultata essere compresa tra gli 0 e gli 0,1806 individui al metro.

Le famiglie con la densità media maggiore sono i Lycaenidae e i Pieridae, con valori rispettivamente di circa 0,008576 e 0,008105 individui al metro. Nonostante le densità di queste due famiglie siano simili, è possibile che i Lycaenidae abbiano una densità reale maggiore rispetto a quella osservata, visto che essi sono di dimensioni mediamente inferiori rispetto ai Pieridae e che quindi sono più difficili da avvistare. La famiglia dei Nymphalidae ha una densità osservata di meno della metà, con circa 0,003303 individui al metro. Molto probabilmente anche la densità reale degli Hesperidae, la famiglia con la densità osservata più bassa con 0,000937 individui ogni metro, è sottostimata di molto, visto che, eccetto per la specie *Ochlodes sylvanus* (Figura 32), gli esponenti di questa specie osservati nell'area di studio hanno dimensioni molto ridotte, inferiori anche a quelle dei Lycaenidae. Oltre a questo, gli Hesperidae hanno anche livree più mimetiche rispetto a quelle delle altre famiglie (Dapporto & Casnati 2008). La mediana di tutte le famiglie è uguale a 0,

e ciò significa che è stato più comune non incontrare nessun individuo delle singole famiglie che incontrarlo. La mediana generale è invece uguale a 0,00967, che essendo maggiore di 0 testimonia il fatto che nelle singole sezioni è stato più comune incontrare una farfalla rispetto a non incontrarla.

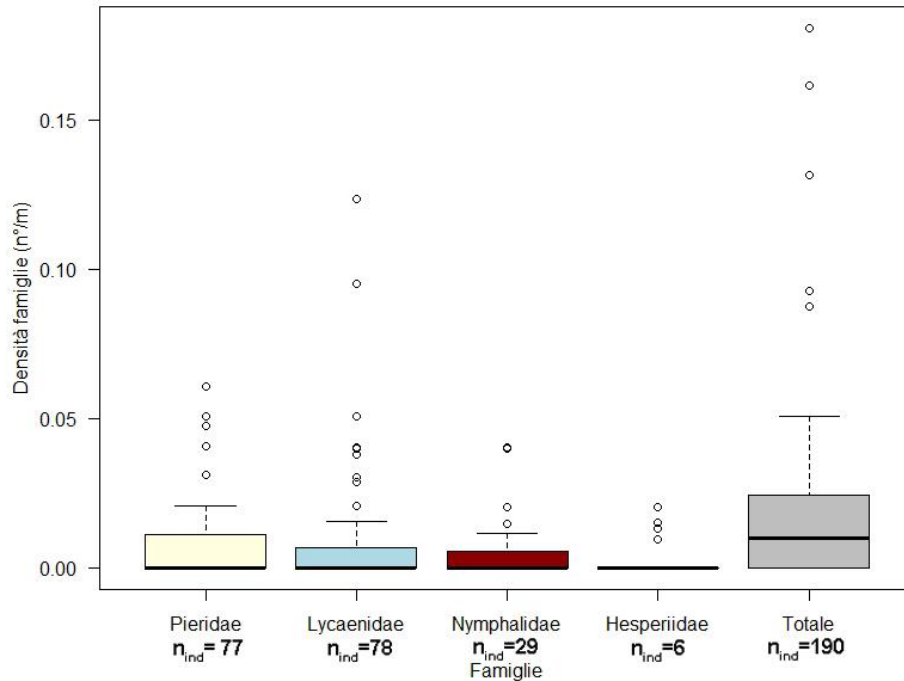


Figura 8 Boxplot delle densità lineari delle famiglie di farfalle campionate durante i transetti. Le linee nere nei box rappresentano il valore mediano, i box rappresentano l'intervallo tra il 25° e il 75° percentile, le due barre al di fuori dei box l'intervallo tra il 5° e il 95° percentile, e i punti al di fuori di queste ultime i valori sotto il 5° o sopra il 95° percentile, chiamati "outlier". È anche riportato il numero di individui campionato per ogni taxon, insieme a quello totale.

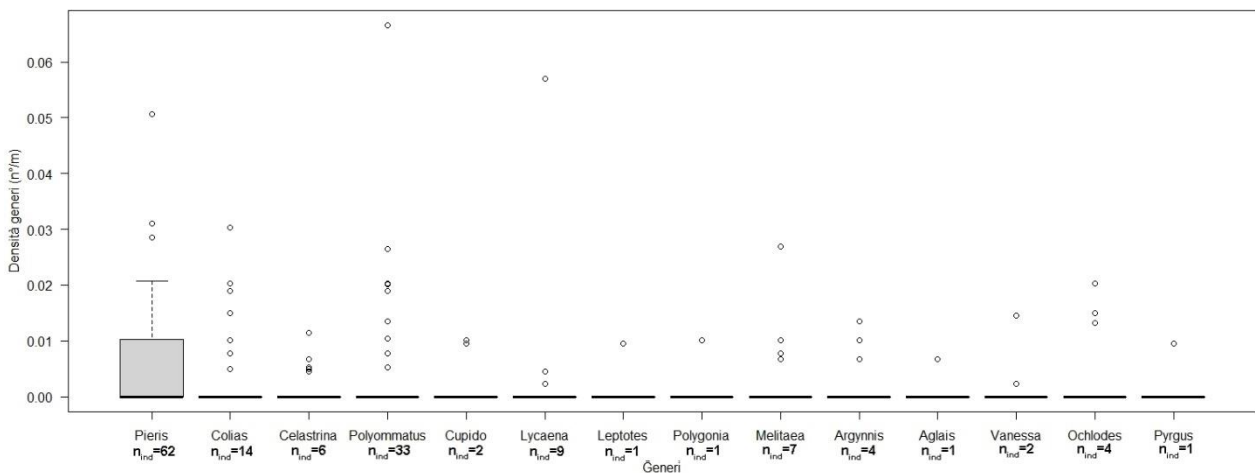


Figura 9 Boxplot delle densità lineari dei generi di farfalle campionate durante i transetti. Le linee nere nei box rappresentano il valore mediano, i box rappresentano l'intervallo tra il 50° e il 75° percentile, la barra al di fuori dei box l'intervallo tra il 75° e il 95° percentile, e i punti al di fuori di queste ultime i valori sopra il 95° percentile, chiamati "outlier". È anche riportato il numero di individui campionato per ogni genere.

Per quanto riguarda la ricchezza, le famiglie Nymphalidae e Lycaenidae sono quelle con più specie osservate durante i campionamenti, con ben 5 specie e 5 generi, di Pieridae sono state identificate 4 specie e 2 generi, mentre di Hesperidae solo 2 specie e 2 generi.

L'indice di diversità di Shannon è risultato essere compreso tra 0 e 1,423, mentre il calcolo dell'indice di Shannon totale dell'area di studio ha restituito un valore di 1,5063.

Su 190 individui campionati, ne sono stati identificati 147 almeno a livello di genere, e tra questi 58 individui a livello di specie.

Il fatto che il retino entomologico sia stato usato solo in alcuni campionamenti non sembra aver influito sull'analisi. Infatti, non ci sono differenze significative ($p > 0,05$) nella percentuale di identificazione a livello di specie con o senza l'uso del retino entomologico. Visto che il retino è generalmente considerato utile nell'aiutare nelle identificazioni, ci si potrebbe aspettare che usando il retino la percentuale di farfalle identificate a livello specifico sarebbe stata maggiore in modo significativo. Ciò non è avvenuto, e le possibili spiegazioni dietro a questo fenomeno sono la relativamente scarsa presenza di specie facilmente confondibili e la scarsa esperienza e abilità dell'operatore nell'utilizzo del retino stesso e nell'identificazione delle farfalle. Delle 108 farfalle campionate nelle uscite in cui è stato usato il retino, infatti, solo 20 sono state effettivamente catturate con il retino. Tuttavia, a questo proposito ritengo opportuno precisare che in alcuni casi ho deciso volontariamente di non usare il retino, soprattutto quando l'esemplare di farfalla era facilmente identificabile a vista o facilmente fotografabile. In aggiunta, tra le 20 farfalle catturate con il retino, solo 10 sono state identificate a livello specifico. Tra le farfalle che sono risultate più difficili da identificare a livello specifico ci sono anche quelle dei generi più comuni da osservare, *Pieris* e *Polyommatus*, di cui ne sono state identificate a livello specifico rispettivamente solo il 12,9 % (8 identificazioni su 62 individui campionati) e il 24,2 % (8 identificazioni su 33 individui campionati). Questo perché l'identificazione di questi taxa si basa su caratteri non sempre osservabili in modo facile, come la presenza o estensione di macchie presenti sulle ali delle farfalle, la cui possibilità di osservazione dipende anche da come l'insetto sta tenendo le ali nel momento del campionamento.

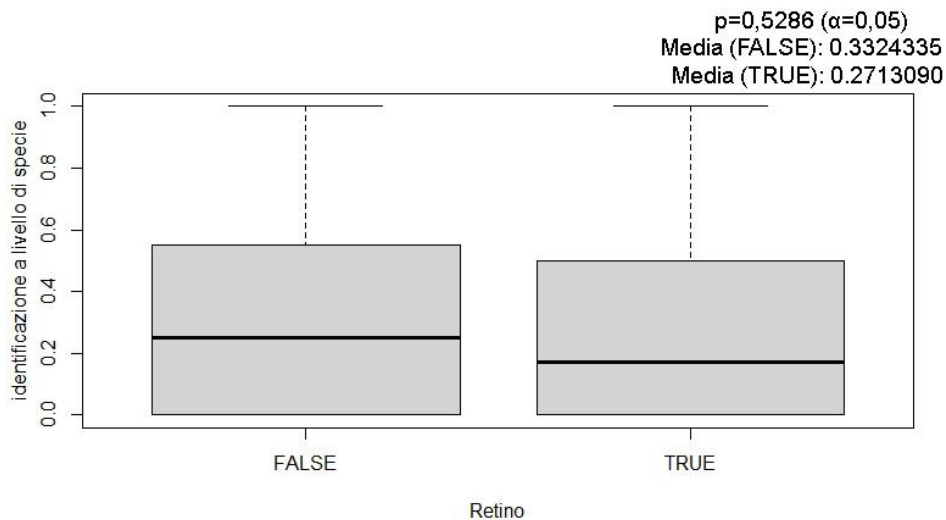


Figura 10 Boxplot delle % (1=100%) di identificazioni a livello specifico delle farfalle campionate durante i transetti, con o senza retino entomologico. Le linee nere nei box rappresentano il valore mediano, i box rappresentano l'intervallo tra il 25° e il 75° percentile, la barra al di fuori dei box l'intervallo tra il 75° e il 95° percentile. Sono riportati il P-value (p) e la media della % di identificazioni a livello specifico quando il retino è stato usato (TRUE) oppure no (FALSE).

Per quanto riguarda le variabili ambientali, sono state notate alcune correlazioni significative. L'unico taxon la cui densità varia significativamente ($p < 0,05$) in base al giorno dell'anno è *Celastrina argiolus* (Figura 33), la cui densità diminuisce con l'avanzamento della stagione. Nonostante la poca affidabilità di questo risultato dovuta al piccolo numero di esemplari campionati, esso è in accordo con le fonti bibliografiche (Tolman &

Lewington 2014, Bellmann 2019) secondo cui il periodo di attività degli adulti finisce ad Agosto. Tuttavia, in disaccordo con le informazioni trovate, ne è stato campionato un esemplare tardivo il 22 di Settembre.

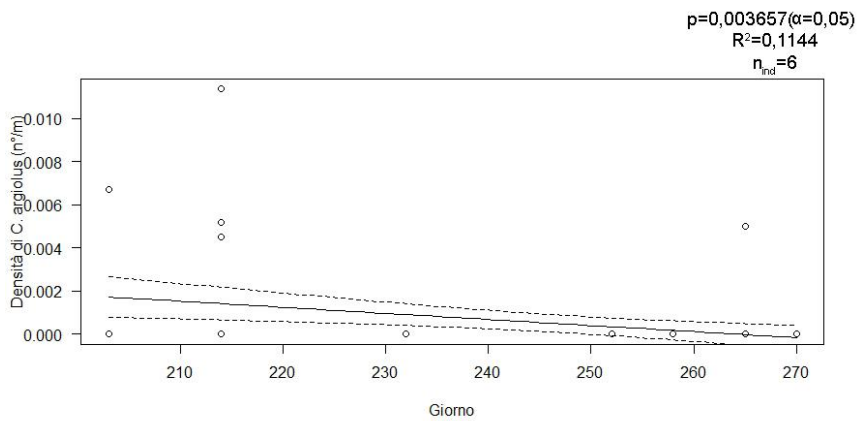


Figura 11 Grafico che mette in relazione il giorno dell'anno con la densità di *Celastrina argiolus*. Sono rappresentate la linea di tendenza e gli intervalli di confidenza. Sono riportati il P-value (p), il coefficiente di correlazione di Pearson (R^2) e il numero di individui campionati del taxon in questione (n_{ind}).

Al momento della giornata in cui viene fatto il campionamento è legato il genere *Pieris* e la famiglia Pieridae, la cui densità aumenta significativamente ($p < 0,05$) con l'avanzamento della giornata, relativamente agli orari in cui sono stati fatti i campionamenti (tutti tra le 9.30 e le 16.30). Anche la diversità (indice di Shannon) di tutte le farfalle aumenta in modo simile.

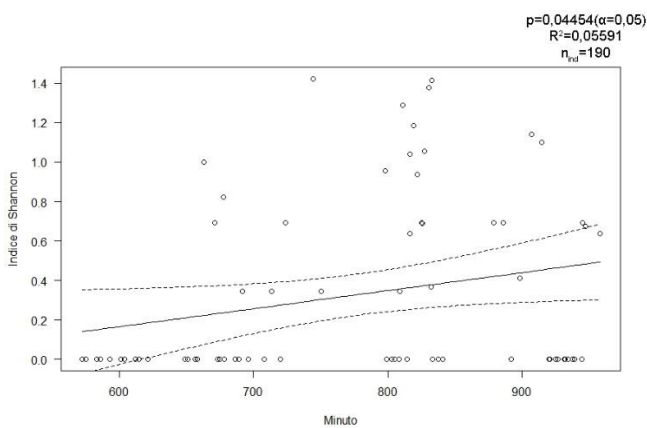


Figura 12 Grafico che mette in relazione il minuto del giorno in cui è iniziato il campionamento di una sezione con l'indice di Shannon. Sono rappresentate la linea di tendenza e gli intervalli di confidenza. Sono riportati il P-value (p), il coefficiente di correlazione di Pearson (R^2) e il numero di individui campionati del taxon in questione (n_{ind}).

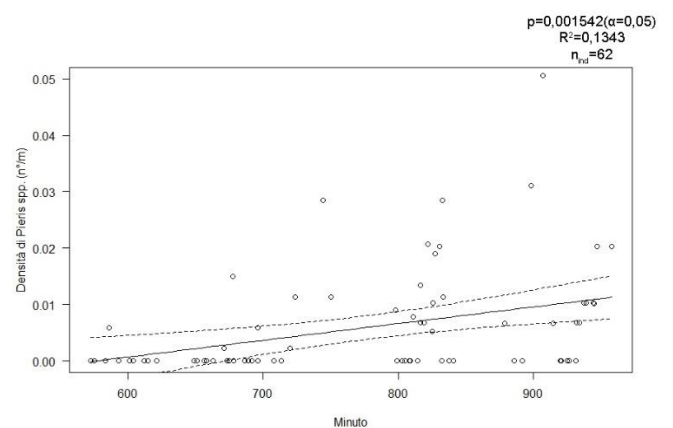


Figura 13 Grafico che mette in relazione il minuto del giorno in cui è iniziato il campionamento di una sezione con la densità di *Pieris* spp. Sono rappresentate la linea di tendenza e gli intervalli di confidenza. Sono riportati il P-value (p), il coefficiente di correlazione di Pearson (R^2) e il numero di individui campionati del taxon in questione (n_{ind}).

Pieris e l'indice di Shannon sono legati anche alla temperatura. Alla temperatura sono anche legati il genere *Melitaea* e tutti i Nymphalidae, la cui densità aumenta significativamente ($p < 0,05$) all'aumentare di quest'ultima.

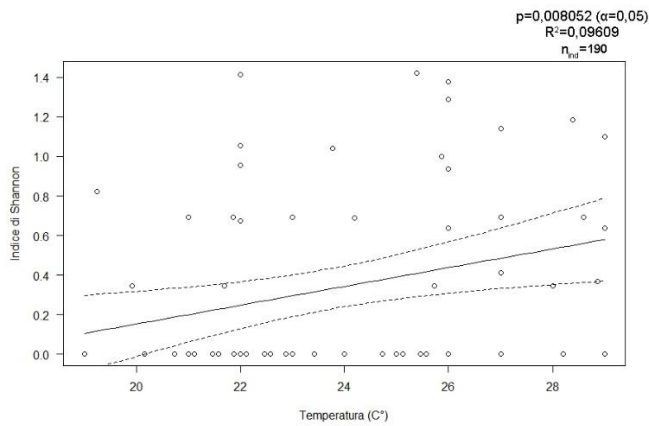


Figura 14 Grafico che mette in relazione la temperatura con l'indice di Shannon. Sono rappresentate la linea di tendenza e gli intervalli di confidenza. Sono riportati il P-value (p), il coefficiente di correlazione di Pearson (R^2) e il numero di individui campionati del taxon in questione (n_{ind}).

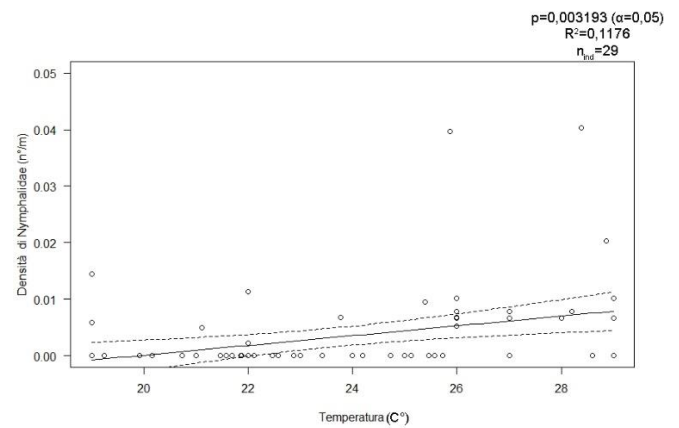


Figura 15 Grafico che mette in relazione la temperatura con la densità dei Nymphalidae. Sono rappresentate la linea di tendenza e gli intervalli di confidenza. Sono riportati il P-value (p), il coefficiente di correlazione di Pearson (R^2) e il numero di individui campionati del taxon in questione (n_{ind}).

La densità dei Nymphalidae è anche correlata positivamente e significativamente ($p < 0,05$) alla quantità percentuale di sole (cielo terso, 100 % - % di copertura nuvolosa). È risaputo infatti che i Nymphalidae preferiscono luoghi assolati (Dapporto & Casnati 2008).

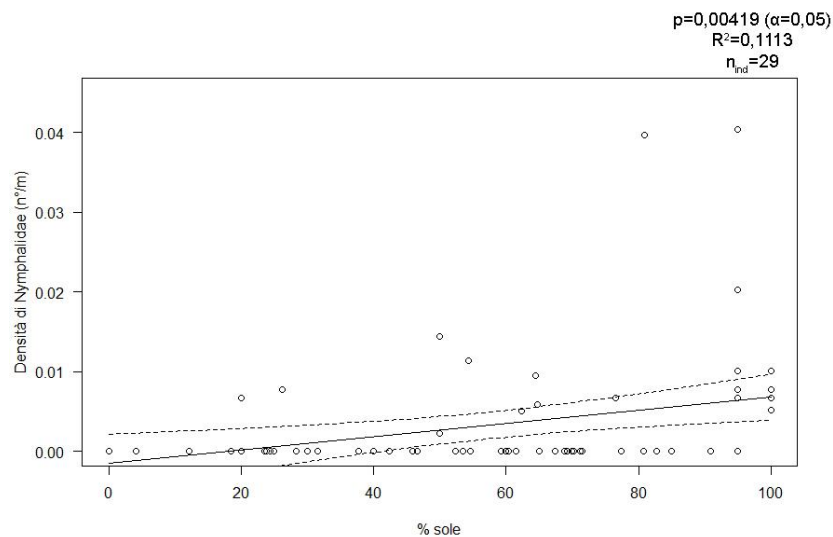


Figura 16 Grafico che mette in relazione la presenza percentuale di sole con la densità dei Nymphalidae. Sono rappresentate la linea di tendenza e gli intervalli di confidenza. Sono riportati il P-value (p), il coefficiente di correlazione di Pearson (R^2) e il numero di individui campionati del taxon in questione (n_{ind}).

Gli ambienti ecotonali sembrano sfavorire le farfalle, almeno in linea generale. Infatti, sia la densità totale che quella di specie, generi e famiglie sembrano negativamente correlate ($p < 0,05$) alla quantità percentuale di ecotono. Tra i vari taxale famiglie Pieridae e Lycaenidae, i generi *Polyommatus* e *Pieris* e la specie *Polyommatus icarus* sembrano essere quelli più sfavoriti dalla presenza di questo tipo di ambiente. Questo risultato è in contrasto con una delle fonti bibliografiche (Balletto et al. 2015), secondo cui gli ambienti transizionali sono quelli favoriti da gran parte delle farfalle italiane. Forse questo contrasto dipende da come è stato definito l'ecotono in questa analisi.

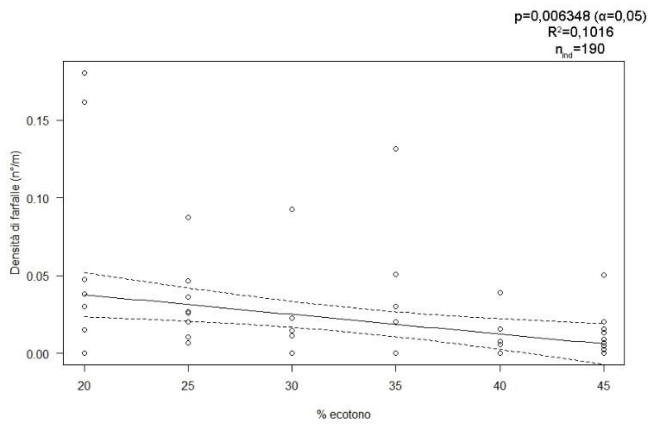


Figura 17 Grafico che mette in relazione la presenza percentuale di ecotono con la densità di farfalle. Sono rappresentate la linea di tendenza e gli intervalli di confidenza. Sono riportati il P-value (p), il coefficiente di correlazione di Pearson (R^2) e il numero di individui campionati del taxon in questione (n_{ind}).

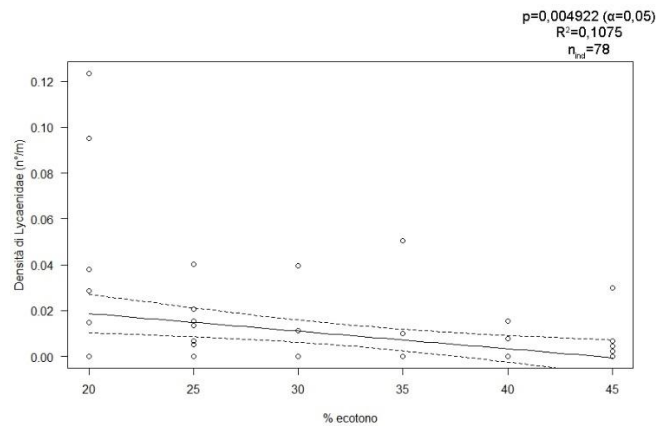


Figura 18 Grafico che mette in relazione la presenza percentuale di ecotono con la densità dei Lycaenidae. Sono rappresentate la linea di tendenza e gli intervalli di confidenza. Sono riportati il P-value (p), il coefficiente di correlazione di Pearson (R^2) e il numero di individui campionati del taxon in questione (n_{ind}).

Dividendo l'ecotono nelle sue componenti arboree, arbustive e erbacee, possiamo notare alcuni pattern. L'ecotono arbustivo sembra essere quello più sfavorevole per le farfalle. Infatti, la densità, l'indice di Shannon e la densità di famiglie sono significativamente ($p < 0,05$) più basse al crescere di tale habitat. Tra i singoli taxa, *Colias croceus* e *Pieris* sembrano essere quelli più sfavoriti. *Vanessa atalanta* invece è significativamente ($p < 0,05$) più abbondante all'aumentare di questo habitat. Tuttavia, il bassissimo numero di individui campionati di questa specie ($n_{ind}=2$) invita a diffidare di questo risultato. Il generale effetto negativo sulle farfalle potrebbe non essere un effetto diretto, ma semplicemente una conseguenza del fatto che gli ecotoni arbustivi sono significativamente correlati alla presenza di habitat boschivi, che come vedremo in seguito hanno effetti negativi per quanto riguarda le farfalle in generale.

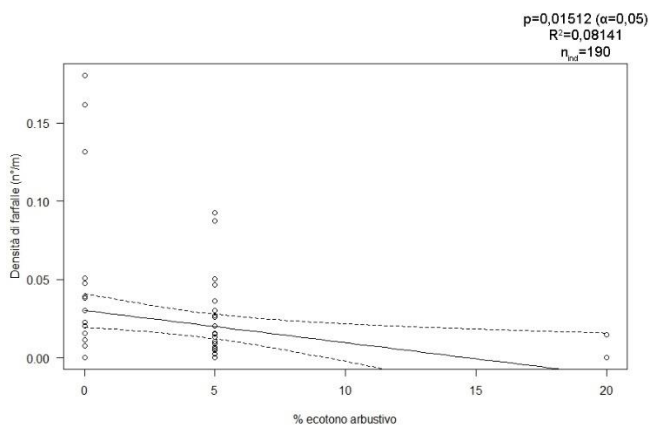


Figura 19 Grafico che mette in relazione la presenza percentuale di ecotono arbustivo con la densità di farfalle. Sono rappresentate la linea di tendenza e gli intervalli di confidenza. Sono riportati il P-value (p), il coefficiente di correlazione di Pearson (R^2) e il numero di individui campionati del taxon in questione (n_{ind}).

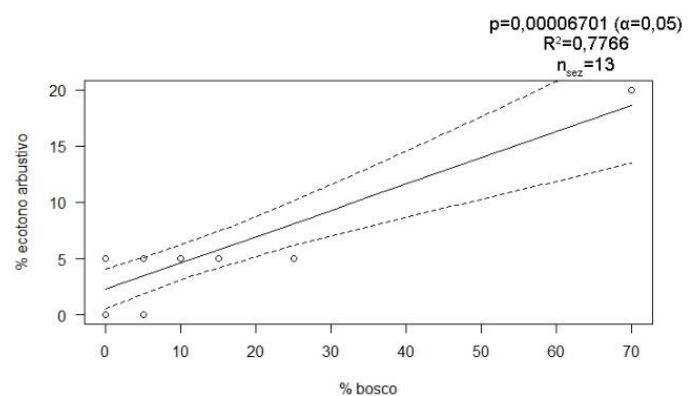


Figura 20 Grafico che mette in relazione la presenza percentuale di bosco con la presenza percentuale di ecotono arbustivo nelle sezioni dei transetti. Sono rappresentate la linea di tendenza e gli intervalli di confidenza. Sono riportati il P-value (p), il coefficiente di correlazione di Pearson (R^2) e il numero di sezioni totale (n_{sez}).

All'ecotono arboreo è correlato negativamente la specie *Polyommatus icarus* e in generale l'intero genere *Polyommatus*.

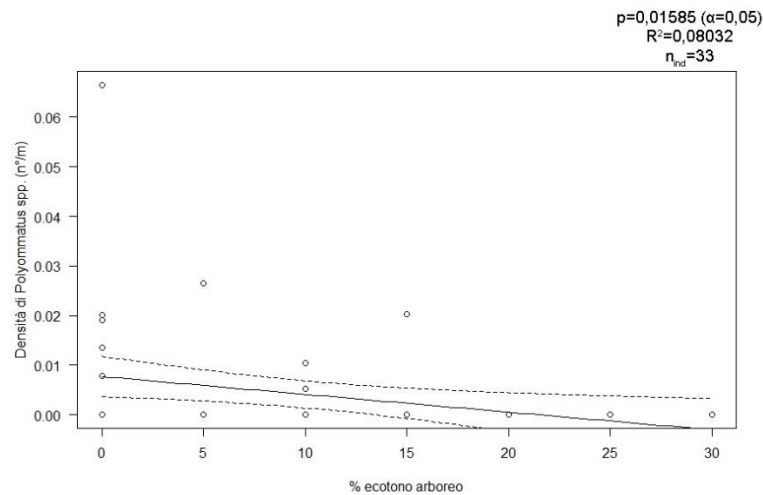


Figura 21 Grafico che mette in relazione la presenza percentuale di ecotono arboreo con la densità di *Polyommatus* spp.. Sono rappresentate la linea di tendenza e gli intervalli di confidenza. Sono riportati il P-value (p), il coefficiente di correlazione di Pearson (R^2) e il numero di individui campionati del taxon in questione (n_{ind}).

L'ecotono erbaceo, invece, non sembra avere effetti negativi o positivi sull'abbondanza, densità e diversità delle farfalle all'interno dell'area di studio.

Nei prati è possibile osservare un aumento significativo ($p < 0,05$) del numero di farfalle (densità) e della loro ricchezza specifica (densità di specie), dovuta probabilmente alla presenza di numerosi fiori o infiorescenze che possono essere visitati da esse. Tra i taxa campionati significativamente ($p < 0,05$) legati alla presenza di prati troviamo le specie *Colias croceus*, *Ochlodes sylvanus*, il genere *Polyommatus* e le famiglie Pieridae e Hesperidae. Il numero di esemplari campionati delle specie *C. croceus* e *O. sylvanus* è relativamente basso ($n_{ind}=14$ e $n_{ind}=4$) ma la bibliografia è in gran parte concorde con queste preferenze ambientali (Dapporto & Casnati 2008, Tolman & Lewington 2014, Bellmann 2019). Al contrario, l'abbondanza di *Celastrina argiolus* ($n_{ind}=6$) sembra essere negativamente influenzata ($p < 0,05$) dalla presenza di prati. Come vedremo, questa specie sembra avere altre propensioni ambientali.

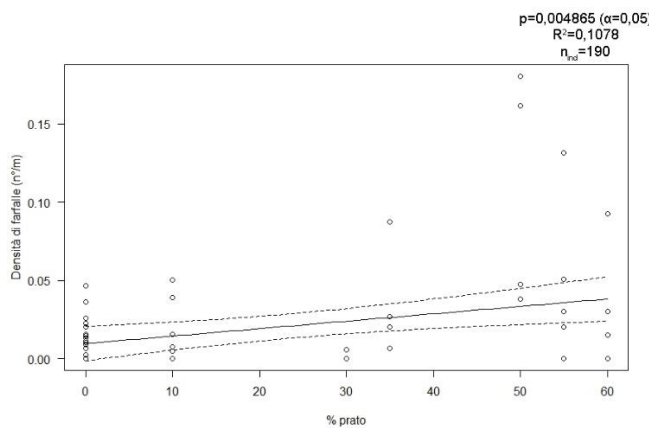


Figura 22 Grafico che mette in relazione la presenza percentuale di prato con la densità di farfalle. Sono rappresentate la linea di tendenza e gli intervalli di confidenza. Sono riportati il P-value (p), il coefficiente di correlazione di Pearson (R^2) e il numero di individui campionati del taxon in questione (n_{ind}).

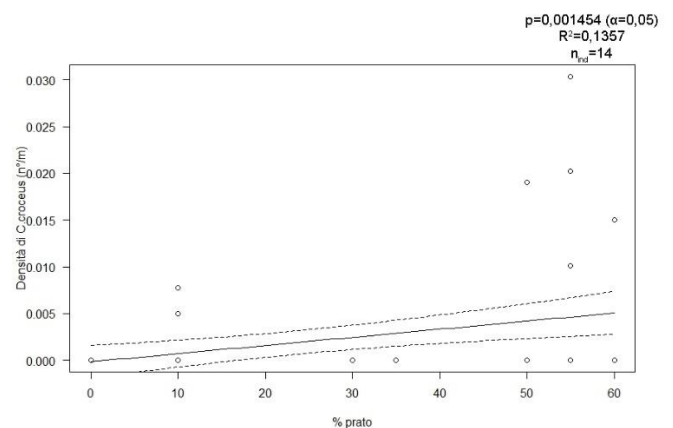


Figura 23 Grafico che mette in relazione la presenza percentuale di prato con la densità di *Colias croceus*. Sono rappresentate la linea di tendenza e gli intervalli di confidenza. Sono riportati il P-value (p), il coefficiente di correlazione di Pearson (R^2) e il numero di individui campionati del taxon in questione (n_{ind}).

La presenza di formazioni arbustive non pare avere effetti particolari sulla diversità, ricchezza e abbondanza di farfalle in generale. Nonostante questo, ci sono due specie che sono favorite significativamente ($p < 0,05$) dalla presenza di arbusti: esse sono *Celastrina argiolus* e *Pieris napi*. Nonostante il basso numero di individui campionati per entrambe le specie ($n_{ind}=6$) le fonti bibliografiche (Dapporto & casnati 2008, Tolman & Lewington 2014) portano a ritenere validi questi risultati. *C. argiolus*, infatti, è solita vivere in aree cespugliose

e le sue uova sono spesso deposte su piante del genere *Rubus*, che sono tra le componenti più diffuse degli arbusteti dell'area di studio. *P. napi* non è invece particolarmente legata a *Rubus spp.*, ma tra le specie del genere *Pieris* presenti nell'area è quella che più si adatta a posti ombrosi e umidi come gli arbusteti, aiutata dalle venature scure sulle ali che favoriscono l'assorbimento di calore a dispetto della minor luce solare ricevuta (Dapporto & Casnati 2008, Tolman & Lewington 2014).

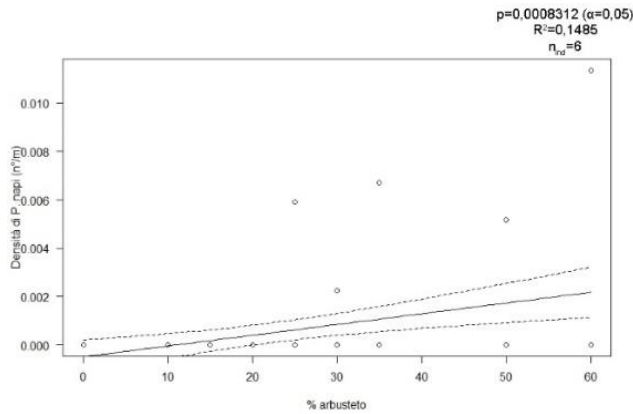


Figura 24 Grafico che mette in relazione la presenza percentuale di arbusteti con la densità di *Pieris napi*. Sono rappresentate la linea di tendenza e gli intervalli di confidenza. Sono riportati il P-value (p), il coefficiente di correlazione di Pearson (R^2) e il numero di individui campionati del taxon in questione (n_{ind}).

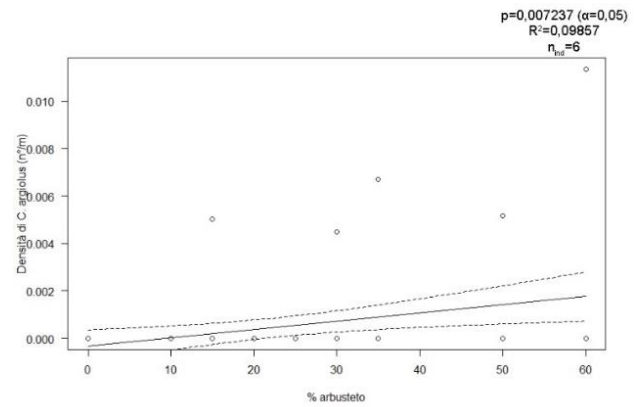


Figura 25 Grafico che mette in relazione la presenza percentuale di strada con la densità di *Celastrina argiolus*. Sono rappresentate la linea di tendenza e gli intervalli di confidenza. Sono riportati il P-value (p), il coefficiente di correlazione di Pearson (R^2) e il numero di individui campionati del taxon in questione (n_{ind}).

La presenza di boschi ha un effetto negativo generale ($p < 0,05$) sulla presenza delle farfalle, in termini di densità di specie e famiglie, e diversità (indice di Shannon). Sia i Pieridae che il genere *Pieris* sembrano essere i più sfavoriti dalla presenza di questi ambienti. La densità di *Vanessa atalanta* è significativamente più alta ($p < 0,05$) in presenza di più superficie boschiva, ma, come spiegato precedentemente, il basso numero di individui campionati ($n_{ind}=2$) rende questo risultato poco affidabile. In conferma di questa poca affidabilità, infatti, intervengono le fonti consultate, secondo cui *V. atalanta* è una specie molto adattabile che frequenta moltissimi tipi di habitat (Dapporto & Casnati 2008, Tolman & Lewington 2014, Bellmann 2019). Non sembra quindi una specie legata ai boschi e i risultati ottenuti potrebbero essere semplicemente un effetto del caso.

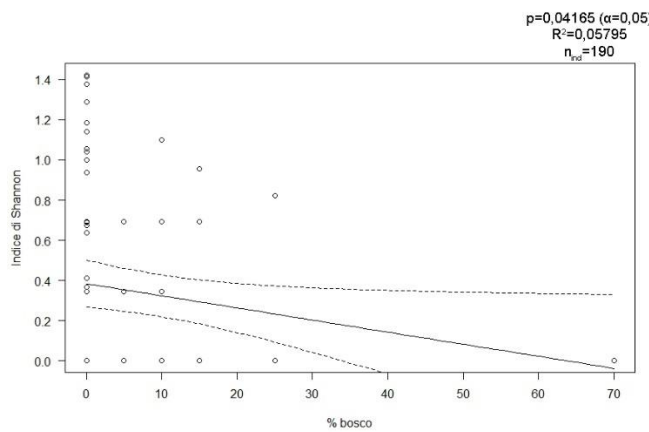


Figura 26 Grafico che mette in relazione la presenza percentuale di bosco con l'indice di Shannon. Sono rappresentate la linea di tendenza e gli intervalli di confidenza. Sono riportati il P-value (p), il coefficiente di correlazione di Pearson (R^2) e il numero di individui campionati del taxon in questione (n_{ind}).

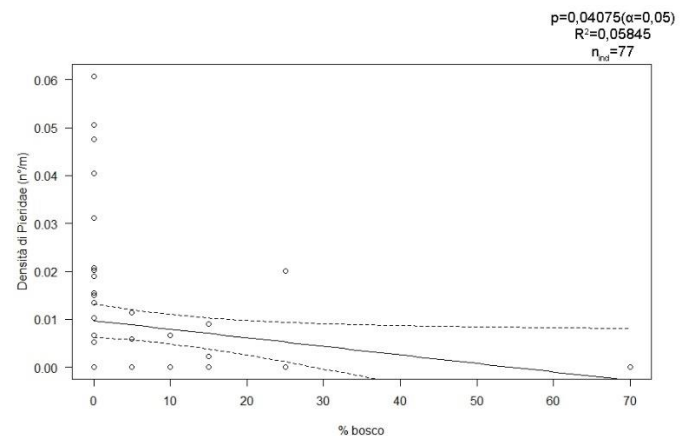


Figura 27 Grafico che mette in relazione la presenza percentuale di bosco con la densità dei Pieridae. Sono rappresentate la linea di tendenza e gli intervalli di confidenza. Sono riportati il P-value (p), il coefficiente di correlazione di Pearson (R^2) e il numero di individui campionati del taxon in questione (n_{ind}).

In modo alquanto inaspettato, la presenza della strada sembra favorire ($p < 0,05$) la presenza delle farfalle in generale (densità) ma anche di alcuni taxa: i Lycaenidae e più in particolare il genere *Polyommatus* e le specie

Polyommatus icarus e *Lycaena phlaeas*. Questo strano risultato potrebbe essere semplicemente causato dal fatto che nella sezione 2 del Transetto Ovest, è presente un prato ricco di piante fiorite (tra cui sono molto comuni *Medicago sativa*, *Centaurea* sp. e *Achillea* spp.) che favorisce la presenza diffusa di questi taxa. In particolare, molti taxa (*Polyommatus icarus*, *Cupido argiades*, *Leptotes pirithous*, *Pieris* spp., *Colias croceus*, *Ochlodes sylvanus*, *Pyrgus armoricanus*, *Iphiclides podalirius*) sono stati osservati nutrirsi di nettare di *M. sativa* nell'area di studio, sia all'interno che al di fuori dei campionamenti e di questa sezione, a tal punto che una parte non indifferente delle foto fatte alle farfalle dell'area di studio sono state scattate mentre esse si nutrivano su questa specie. *M. sativa* è anche un'importante pianta nutrice per i bruchi di alcune specie osservate (*Celastrina argiolus*, *Cupido argiades*, *Colias croceus*) (Tolman & Lewington 2014). Il prato menzionato in precedenza è situato a circa 3 metri da una strada molto trafficata e testimonia che i taxa favoriti possono prosperare in situazioni di elevato disturbo antropico se le condizioni sono giuste. Al contrario, in un'altra sezione (transetto Est, sezione 2) in cui è presente la strada ma non un prato, la densità di questi gruppi tassonomici è notevolmente più bassa.

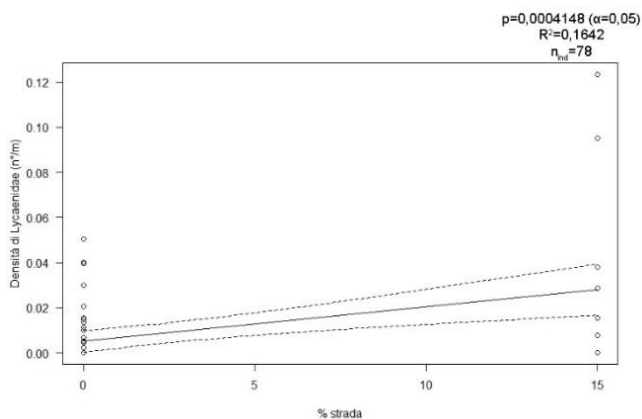


Figura 28 Grafico che mette in relazione la presenza percentuale di strada con la densità dei Lycaenidae. Sono rappresentate la linea di tendenza e gli intervalli di confidenza. Sono riportati il P-value (p), il coefficiente di correlazione di Pearson (R^2) e il numero di individui campionati del taxon in questione (n_{ind}).



Figura 29 Il prato della sezione 2 del transetto Ovest. Nonostante sia a circa 3 metri da una strada molto trafficata, è favorevole a moltissime farfalle, tra cui quelli della famiglia Lycaenidae.

La presenza di coltivazioni e dei suoi sottotipi non sembra favorire o sfavorire le farfalle in generale e nessun taxon in particolare.

Il taxon la cui abbondanza è più legata ($p<0,05$) alla presenza dei canneti è *Celastrina argiolus*. Questo risultato è probabilmente dovuto al fatto che i canneti sono generalmente adiacenti agli arbusteti (ma la correlazione non è significativa), habitat prediletto da *C. argiolus*, come mostrato precedentemente.

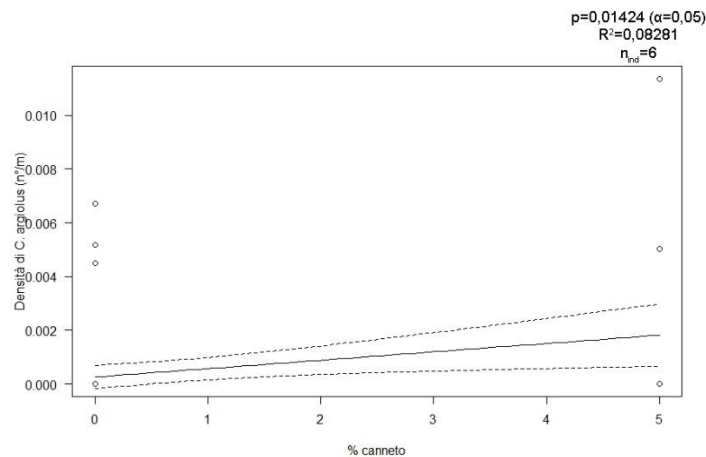


Figura 30 Grafico che mette in relazione la presenza percentuale di canneto con la densità di *C. argiolus*. Sono rappresentate la linea di tendenza e gli intervalli di confidenza. Sono riportati il P-value (p), il coefficiente di correlazione di Pearson (R^2) e il numero di individui campionati del taxon in questione (n_{ind}).

Conclusioni, criticità e prospettive

L'analisi delle farfalle della RNTS ha portato al riconoscimento di 26 specie di farfalle, di cui nessuna protetta da leggi nazionali e internazionali e nessuna minacciata di estinzione. 10 di queste (*Pyrgus armoricanus*, *Aricia agestis*, *Cacyreus marshalli*, *Leptotes pirithous*, *Lycaena phlaeas*, *Polyommatus thersites*, *Coenonympha pamphilus*, *Lasiommata megera*, *Colias croceus*, *Pieris manni*), stando alla piattaforma iNaturalist, non erano mai state osservate nell'area di studio. Sono state osservate 4 specie in diminuzione in Europa, di cui 3 non erano mai state segnalate in precedenza (*Polyommatus thersites*, *Leptotes pirithous*, *Pieris manni*). È anche stata osservata per la prima volta nella RNTS una specie alloctona, in espansione sia in Italia che in Europa: *Cacyreus marshalli* (Van Swaay et al. 2010, Balletto et al. 2015). Questo studio rimarca l'importanza degli habitat aperti come i prati per la presenza di numerosi taxa di farfalle (*Colias croceus*, *Ochlodes sylvanus*, *Polyommatus* spp., Pieridae, Hesperidae) per cui sarebbe molto importante per il mantenimento della diversità delle farfalle evitare l'abbandono di tali prati e continuare a gestirli come è stato fatto finora. In particolare, i prati in cui *Medicago sativa* costituisce una parte importante della vegetazione sembrano essere particolarmente importanti per molte specie di farfalle, che sono state osservate nutrirsi sui fiori di tale pianta, ma anche per lo sviluppo di alcune specie. È quindi ritenuto cruciale continuare a gestire i prati in modo che questa specie sia presente in maniera cospicua almeno in parte di essi. Un altro tipo di ambiente diverso dai prati, quello degli arbusteti, favorisce la presenza di *Celastrina argiolus* e *Pieris napi*, specie che preferiscono ambienti più riparati. Per queste due specie è quindi importante il mantenimento di questi ambienti. Gli ecotoni e i boschi, invece, sembrano essere sfavorevoli alle farfalle, i primi soprattutto in quanto a densità e i secondi in quanto a diversità. La presenza di coltivazioni, infine, non ha effetti né negativi né positivi sulle farfalle dell'area di studio.

Il campionamento effettuato con i transetti non è stato ottimale per studiare le farfalle dell'area di studio per alcuni motivi. In primo luogo, non è stato effettuato lungo tutto il periodo di maggiore attività delle farfalle (da Aprile a Settembre), ma solo tra Luglio e Settembre, e quindi è possibile che alcune specie non siano state avvistate per questo motivo. In linea teorica, sarebbe ottimale compiere 2 o 3 campionamenti al mese tra Aprile e Settembre, in modo da coprire in maniera più omogenea il periodo di maggiore attività di questi Lepidotteri. Inoltre, il basso numero di campionamenti ha permesso di campionare solo un basso numero di individui, soprattutto per quanto riguarda le specie relativamente meno comuni, o più difficilmente identificabili, e quindi di ottenere meno dati significativi. Un'altra criticità è quella del parziale uso del retino entomologico, il cui uso non ha però apparentemente causato miglioramenti significativi nell'identificazione delle farfalle campionate. Infine, è probabile che anche il fatto che l'operatore fosse alle prime armi con un campionamento di questo tipo e con lo studio delle farfalle potrebbe aver portato a una minor qualità dei dati. Sulla piattaforma iNaturalist sono riportate osservazioni di tipo Research Grade di altre

12 specie di farfalle (*Pyrgus malvoides*, *Scolitantides orion*, *Aglais urticae*, *Argynnis adippe*, *Libythea celtis*, *Limenitis reducta*, *Maniola jurtina*, *Melanargia galathea*, *Melitaea celadussa*, *Anthocharis cardamines*, *Gonepteryx rhamni*, *Pieris brassicae*) nella RNTS oltre a quelle riportate in questo studio. La mancata osservazione di queste specie è probabilmente dovuta al periodo di campionamento che non ha incluso tutto il periodo di maggior attività delle farfalle, al relativamente ridotto sforzo di campionamento, alla scarsa esperienza dell'operatore o alla bassa densità di queste specie.

Futuri studi sulle farfalle dell'area di studio dovrebbero essere effettuati lungo tutto il periodo di attività delle farfalle, con lo stesso metodo di campionamento (usando sempre il retino entomologico) e campionando più volte e a intervalli più regolari. In tal modo sarà probabilmente possibile scoprire nuove specie e avere un quadro più chiaro sulle specie di farfalle che vivono nella RNTS e quali preferenze ambientali esse hanno, riuscendo ad avere anche dati più significativi sulle specie relativamente più rare.



Figura 31 Una femmina di *Pieris mannii* (Pieridae), una specie in diminuzione in Europa catturata con il retino entomologico il 27/09/2021. La forma della macchia sull'apice alare e il margine esterno dritto della macchia superiore al centro della pagina superiore dell'ala anteriore non lasciano dubbi sull'identificazione a livello specifico.



Figura 33 Una femmina di *Celastrina argiolus* (Lycaenidae), osservata nell'area di studio il 22/07/2021. Questa specie è relativamente facile da osservare nell'area di studio al margine di formazioni arbustive dominate da *Rubus* sp.



Figura 32 Un individuo di *Ochlodes sylvanus* (Hesperidae), osservato nell'area di studio il 22/09/2021. Questa è stata la specie appartenente alla famiglia Hesperidae più facile da osservare, probabilmente per le dimensioni maggiori rispetto alle altre specie della sua famiglia osservate nell'area di studio.

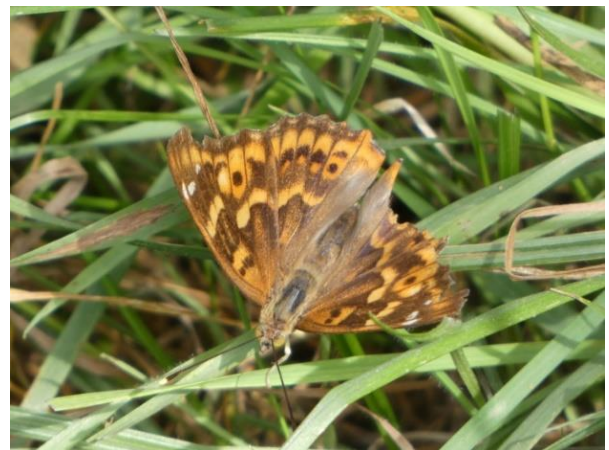


Figura 34 Un individuo di *Apatura ilia* (Nymphalidae), osservato nell'area di studio il 15/09/2021. Questa specie è legata ai boschi ripariali planiziali, e quindi è tipica di molte aree con abbondante presenza d'acqua, come la RNTS. Tuttavia, non è mai stata campionata durante i transetti.

Materiali supplementari

La tabella Excel su cui i dati sono stati riportati e sono state calcolate le densità e l'indice di Shannon, e il file di Rstudio su cui i dati sono stati elaborati sono disponibili al link https://drive.google.com/drive/folders/1T4dGLj4v1a1V2Qu_V9CvRs1KUqqHLEE-?usp=sharing, insieme al file Word in cui è riportato il nome completo delle variabili casuali riportato negli altri due file sotto forma di abbreviazioni. Tutte le osservazioni personali delle farfalle fatte nella RNTS sono visibili al link https://www.inaturalist.org/observations?place_id=any&project_id=torbiere-del-sebino&taxon_id=47224&user_id=gabriele_lagrasta&verifiable=any

Presenza di *Euplagia quadripunctaria* nella RNTS

Durante le visite alla Riserva effettuate per il monitoraggio delle farfalle si è anche cercato di osservare la falena *Euplagia quadripunctaria* (Erebidae), una specie protetta dall'allegato II della Direttiva Habitat 92/43/CEE. La specie è stata osservata per la prima volta nella RNTS nel 2014, e queste osservazioni sono risultate essere le prime di questa specie in un SIC in provincia di Brescia (De Pascalis & Ilahiane 2015). Secondo la piattaforma iNaturalist, la specie è stata di nuovo osservata nella Riserva nel 2018 e nel 2020 (https://www.inaturalist.org/observations?nelat=45.66096817166794&nelng=10.101176380121615&place_id=any&swlat=45.62796543665825&swlng=9.982636393688153&taxon_id=118936&verifiable=any).

Personalmente, ho cercato attivamente di osservare questa specie soprattutto sulle piante della specie *Eupatorium cannabinum* (Asteraceae) presenti lungo il sentiero o al massimo due metri da esso (distanza oltre la quale non ero autorizzato ad andare), una delle specie più importanti per l'alimentazione di questa falena, soprattutto allo stadio adulto (Gobbi et al. 2007). Tale metodo non ha avuto successo, in quanto non sono riuscito a osservare nessun individuo con questa tecnica. Tuttavia, sono riuscito comunque a osservare un individuo sul percorso Nord il 22 Settembre 2021, a poche centinaia di metri a Nord rispetto alla trattoria Funtani (coordinate: 45.646202°N, 10.036816°E). L'osservazione è avvenuta mentre stavo svolgendo il transetto di campionamento delle farfalle, all'inizio della sezione 4 del transetto Est. Quando l'esemplare è stato avvistato era già in volo, e nonostante avessi il retino entomologico in mano non sono riuscito a catturarlo, con la falena che si è rifugiata tra le foglie di un gelso nelle vicinanze. Per questo motivo, non sono riuscito a documentare fotograficamente l'osservazione. Nelle vicinanze, all'interno dell'arbusteto presente a Ovest rispetto al sentiero e dominato da *Sambucus ebulus*, è presente un non molto esteso ma folto gruppo di *E. cannabinum*. Nonostante questa specie di pianta sia presente nella RNTS, essa sembra esserlo in maniera molto localizzata e irregolare. Anche per questo motivo, nonostante la presenza di *E. quadripunctaria* nella RNTS sia più che confermata, si ritiene probabile che non sia presente un altissimo numero di esemplari, e ciò potrebbe spiegare la relativa difficoltà della sua osservazione. È altamente probabile che, favorendo in diversi modi tale pianta all'interno della RNTS, la popolazione di questo interessante lepidottero possa aumentare in maniera significativa.

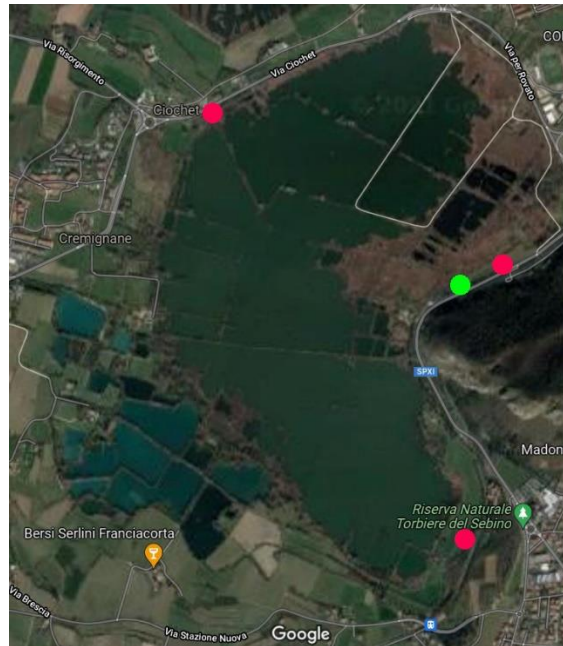


Figura 35 I punti (in rosso e verde) lungo i sentieri della RNTS in cui è stata accertata personalmente la presenza della specie *Eupatorium cannabinum*. Il punto verde corrisponde a dove è stata osservata la falena *Euplagia quadripunctaria*. Fonte mappa: Google Maps.

Bibliografia e sitografia

- Balletto, E., Bonelli, S., Barbero, F., Casacci, L.P., Sbordoni, V., Dapporto, L., Scalercio, S., Zilli, A., Battistoni, A., Teofili, C., Rondinini, C. (2015). Lista Rossa IUCN delle farfalle Italiane - Ropaloceri. Comitato Italiano IUCN e Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Roma.
- Bellmann, H. (2019). Guida agli insetti d’Europa. Ricca Editore.
- Dapporto, L., Casnati, O. (2008). Le Farfalle dell’Arcipelago Toscano. Parco Nazionale Arcipelago Toscano
- De Pascalis, F. Ilahiane, L. (2015). Presenza di *Euplagia quadripunctaria* (Poda, 1761) nel SIC-ZPS “Torbiere del Sebino”. *Natura Bresciana, Ann. Mus. Civ. Sc. Nat. Brescia*, 2015, 39: 265-266.
- Gobbi, M., Lencioni, V., Priore, C. (2007). “*Rosalia*? Assente... *Euplagia*? Presente! Indagine conoscitiva sulla presenza del coleottero *Rosalia alpina* e del lepidottero *Euplagia quadripunctaria* nei SIC del Parco Naturale Adamello- Brenta. *Natura Alpina* 12; 31-40.
- Sevilleja, C., G., Van Swaay, C., A., M., Bourn, N., Collins, S., Settele, J., Warren, M., S., Wynhoff, I., Roy, D., B. (2019). Butterfly Transect Counts: Manual to monitor butterflies. Report VS2019.016, Butterfly Conservation Europe & De Vlinderstichting/Dutch Butterfly Conservation, Wageningen.
- Tolman, T., Lewington, R. (2014). Guida alle farfalle d’Europa e Nord Africa. Ricca Editore
- Van Swaay, C., Cuttelod, A., Collins, S., Maes, D., López Munguira, M., Šašić, M., Settele, J., Verovnik, R., Verstrael, T., Warren, M., Wiemers, M. and Wynhof, I. (2010). European Red List of Butterflies Luxembourg: Publications Office of the European Union.

<https://www.iucnredlist.org/>

<http://www.farfalleitalia.it/>

<https://www.inaturalist.org/>

http://vnr.unipg.it/sunlife/specie_animale-dettagli.php?id=7

<http://www.lifewetflyamphibia.eu/il-progetto/specie-target.html?id=98>

