



Università degli Studi di Padova

Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali

Dipartimento di Agronomia, Animali, Alimenti, Risorse Naturali e Ambiente

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN SCIENZE FORESTALI E AMBIENTALI

Confronto tra comunità di impollinatori in boschi planiziali relitti e di nuovo impianto

Relatore:

Prof. Lorenzo Marini

Correlatrice:

Dott.ssa Elena Gazzea

Laureando:

Davide Gobbo

Numero di matricola:

2028734

Anno accademico 2022/2023

SOMMARIO

| | |
|--|----|
| RIASSUNTO | 4 |
| ABSTRACT | 5 |
| 1. INTRODUZIONE | 6 |
| 1.1 IMPORTANZA DEGLI IMPOLLINATORI E CAUSE DEL LORO DECLINO..... | 6 |
| 1.2 I BOSCHI PLANIZIALI..... | 6 |
| 1.3 MISURE DI COMPENSAZIONE ECOLOGICA..... | 7 |
| 1.4 OBIETTIVI E IPOTESI..... | 9 |
| 2. MATERIALI E METODI | 10 |
| 2.1 SITI DI CAMPIONAMENTO..... | 10 |
| 2.2 RACCOLTA DATI..... | 10 |
| 3. RISULTATI | 13 |
| 3.1 RISULTATI GENERALI..... | 13 |
| 3.2 RELAZIONI TRA IMPOLLINATORI E VARIABILI AMBIENTALI..... | 23 |
| 4. DISCUSSIONE | 35 |
| 4.1 SIRFIDI..... | 35 |
| 4.2 APOIDEI..... | 36 |
| 4.3 LEPIDOTTERI..... | 37 |
| 5. CONCLUSIONI | 38 |
| BIBLIOGRAFIA | 39 |
| SITOGRAFIA | 40 |

RIASSUNTO

Gli insetti impollinatori svolgono un ruolo importante all'interno degli ecosistemi e la loro presenza porta a notevoli benefici in agricoltura. Tuttavia, il loro numero è in diminuzione e questo è riconducibile alla riduzione della superficie di habitat idonei e l'intensificazione dell'agricoltura. In Italia, lo strumento che consente di arginare la perdita di habitat è principalmente la compensazione ambientale in siti Natura 2000 e in caso di riduzione di superficie boscata (d.lgs. n. 34 del 2018). Questo strumento consente di ricreare gli habitat che vengono distrutti a causa dell'utilizzo antropico del territorio. Il presente elaborato, dopo un'introduzione generale sugli impollinatori e sui principali strumenti di tutela degli habitat, si concentra sull'importanza dei boschi planiziali per le comunità di insetti impollinatori. Nello specifico, lo scopo di questo lavoro è quello di verificare se i siti di bosco di nuovo impianto, creati per effetto della compensazione ambientale, possano tutelare le comunità di impollinatori e se ci siano differenze con i boschi relitti. Sono stati selezionati 34 siti di campionamento suddivisi in 17 siti di bosco planiziale relitto e 17 siti di bosco planiziale di nuovo impianto. In questi siti si è proceduto a campionare insetti impollinatori e a misurare le caratteristiche ambientali ritenute più rilevanti per la presenza di impollinatori. Il presente lavoro si concentra su tre gruppi di impollinatori: apoidei, sirfidi e lepidotteri. Si è proceduto all'analisi degli insetti impollinatori campionati mettendo in relazione la loro biodiversità con le caratteristiche ambientali del bosco, per vedere quali variabili ambientali avessero una maggiore importanza sulla comunità degli insetti impollinatori. Le analisi hanno evidenziato una minore abbondanza di insetti impollinatori nei boschi di nuovo impianto rispetto ai boschi relitti. Inoltre, nei boschi relitti è stato campionato un numero maggiore di specie di sirfidi. Tuttavia, le analisi suggeriscono che l'abbondanza di insetti impollinatori nei siti di nuovo impianto cresce con l'età dell'impianto. Infine, la copertura florale è risultata essere una variabile importante per l'abbondanza di individui appartenenti a tutti gli ordini di impollinatori studiati, sia nei boschi relitti che nei siti di nuovo impianto.

ABSTRACT

Insect pollinators have a major role in many ecosystems and their presence greatly benefits agriculture. However, due to habitat loss and the intensification of agriculture, their diversity is currently declining. In Italy, the main measure adopted to limit the loss of habitats is biodiversity offsetting in Natura 2000 sites and in the case of forest surface reduction, as stated by d.lgs. n. 34 of 2018. Biodiversity offsetting allows to compensate for the habitats destroyed by human activities. This thesis, after reviewing the importance of pollinators and the main biodiversity conservation measures, focuses on the importance of plain forests and their role in sustaining the pollinator community. The aim of this thesis is to study whether offset plain forests can effectively sustain the pollinator community and if there are biodiversity differences with old-growth forests. A total of 34 forest sites were selected, divided in 17 old-growth plain forest and 17 reforested offset sites. In these sites we sampled the pollinator community and measured the main environmental characteristics of the forest. We focused on three major groups of pollinator insects: bees, hoverflies, and butterflies. The biodiversity of sampled pollinators was analyzed in relation to the measured environmental variables, to see which forest characteristics are more important for insect pollinators. The analyses showed a lower abundance of pollinators in offset forest sites compared to old-growth forests. Moreover, old-growth forests showed a higher number of hoverfly species. However, the analyses suggested that pollinator abundance increases with increasing age of offset sites. Lastly, flower cover was an important variable influencing the abundance of all pollinator taxa studied, both in old-growth forests and in reforested sites.

1. INTRODUZIONE

1.1 IMPORTANZA DEGLI IMPOLLINATORI E CAUSE DEL LORO DECLINO

Gli insetti impollinatori svolgono un ruolo cruciale all'interno degli ecosistemi e la loro conservazione è un elemento chiave per il mantenimento della biodiversità. Molte piante dipendono interamente da questi insetti per moltiplicarsi e l'assenza di impollinazione porterebbe a una scomparsa delle specie vegetali connesse con conseguente declino delle specie animali. Nel mondo le piante che usano gli animali come vettore di impollinazione sono l'87,5% (Ollerton et al. 2011) e specialmente le specie vegetali utilizzate in agricoltura beneficiano dell'impollinazione da parte degli insetti. Si stima infatti che la produzione di semi e frutti, quando l'impollinazione è ad opera degli insetti impollinatori, aumenta del 75% (Ollerton et al. 2011). Tuttavia, le comunità di insetti impollinatori sono in calo specialmente negli ambienti agricoli dove la semplificazione del paesaggio ha portato alla scomparsa di ecosistemi che servono al supporto delle specie di insetti impollinatori. Da decenni si è assistito a un calo delle popolazioni di insetti impollinatori specialmente per le specie del genere *Bombus* e di api solitarie (Proesmans et al. 2019). La diminuzione delle popolazioni di insetti impollinatori è riconducibile all'intensificazione dell'agricoltura, con un utilizzo sempre maggiore di agrofarmaci. Un'altra causa del declino degli impollinatori è il cambio di utilizzo del suolo. Infatti, c'è stata una riduzione delle superfici dedicate ad habitat semi-naturali e la scomparsa di elementi tipici del paesaggio agricolo passato come siepi e fasce inerbite.

1.2 I BOSCHI PLANIZIALI

In Europa le foreste hanno subito da sempre una riduzione e una frammentazione della loro superficie a causa dell'uso agricolo del territorio. Nel Nord-Est Italia la situazione è la medesima che nel resto d'Europa. Qui la riduzione delle superfici boscate ha portato alla creazione di isolate macchie forestali di differenti caratteristiche, come età e composizione specifica, in una matrice territoriale prevalentemente agricola. Le macchie forestali presenti spesso sono molto diverse tra di loro, a partire dall'età. Questo tipo di boschi presenta età molto diverse in quanto sono presenti popolamenti relitti con piante vetuste e popolamenti di nuovo impianto. Questa differenza comporta una differenza anche sul tipo di struttura dei vari boschi. I boschi giovani sono prevalentemente nuovi impianti perché il fenomeno di abbandono dei terreni agricoli con successiva ricolonizzazione da parte del bosco non è avvenuta in questi territori. In questo tipo di boschi si può vedere facilmente l'intervento antropico, in quanto la struttura è solitamente lineare e le specie che sono state messe a dimora non sono molte e tutte le piante sono circa coetanee. Questi boschi forniscono molti servizi ecosistemici, in particolare regolano i cicli dei nutrienti (Decocq et al. 2016) e la loro riduzione o distruzione influenza il corretto funzionamento dell'ecosistema. La storia di queste formazioni di bosco planiziale insieme alle caratteristiche del singolo sito influenzano il tipo di biodiversità presente. Il fatto che un bosco sia storico oppure derivi da un impianto recente su un terreno agricolo è la prima distinzione. I boschi storici (relitti) hanno infatti comunità di insetti impollinatori più sviluppate con specie che necessitano di ambienti forestali maturi. Viceversa, i boschi di nuovo impianto hanno invece caratteristiche che li rendono idonei a specie più generaliste e quindi tendono ad avere un numero complessivo di specie minore.

Oltre all'uso storico del suolo anche altre caratteristiche influenzano la biodiversità, come l'isolamento da altre macchie di bosco planiziale e la superficie. I boschi storici detti relitti sono una piccola parte della superficie coperta da boschi planiziali del Nord-Est Italia. Spesso queste superfici sono state erose dall'uso agricolo del territorio che ha portato alla creazione di macchie isolate di bosco planiziale con margini ben definiti. Talvolta, la lunghezza di questi boschi supera come dimensione la larghezza, estremizzando l'effetto margine. Nonostante ciò, i boschi planiziali relitti sono molto importanti per la biodiversità e spesso rappresentano delle oasi per la biodiversità in un paesaggio semplificato. Questo tipo di boschi, infatti, presenta comunità di insetti impollinatori più complesse e ci sono relazioni specifiche tra pianta e insetto. Le macchie di bosco planiziale costituiscono quindi una delle poche oasi di biodiversità presenti nel paesaggio intensamente agricolo del nord-est Italia. Oltre al foraggiamento il bosco riesce a soddisfare diverse esigenze degli insetti impollinatori. In dettaglio, gli insetti impollinatori, specialmente le api solitarie, hanno bisogno di siti in cui nidificare e in cui alimentarsi. I boschi di pianura forniscono un habitat in cui le varie specie possono trovare siti di nidificazione (Ulyshen et al. 2023). Questo è dovuto a vari elementi dei boschi planiziali come, specialmente nei boschi relitti, la presenza di legno morto che funge da sito di nidificazione di varie specie di insetti impollinatori come la *Volucella inflata* F. . Oltre alle specie che nidificano su cavità del legno morto ci sono anche le specie di api che nidificano al suolo. Queste specie necessitano di terreno nudo per creare i loro nidi nel suolo, perciò rilevare le coperture è un buon indice per capire se il tipo di bosco sia adatto ad ospitare questo tipo di specie. Alcune specie di api hanno un comportamento cleptoparassita, ovvero utilizzano un nido di un'altra specie per riprodursi. Questo comportamento necessita di una comunità di insetti sviluppata in quanto queste specie sono ospite-specifiche. Inoltre, gli insetti impollinatori necessitano di un sito di alimentazione che sia nelle vicinanze di quello di nidificazione. Dunque, la presenza di un sottobosco ricco di specie vegetali con fioriture adatte alle diverse specie di insetti è un elemento chiave. La posizione del bosco è importante in quanto se nei dintorni sono presenti altri habitat semi-naturali o colture agrarie con fioriture abbondanti si crea un perfetto connubio tra sito di nidificazione e sito di alimentazione, rendendo ancora più importante il ruolo dei boschi planiziali in un contesto di agricoltura intensiva.

La famiglia dei sirfidi presenta delle differenze, rispetto a quella degli apoidei, per quanto riguarda le caratteristiche dei siti di alimentazione: le larve, nutrendosi solitamente di afidi anziché di polline sono meno legate alle fioriture. Di conseguenza molte specie non sono particolarmente legate ad habitat semi-naturali ma invece trovano più facilmente un habitat idoneo in terreni agricoli con colture in atto. Tuttavia, esistono specie che sono tipiche di ambienti boschivi e umidi e che necessitano di abbondante legno morto per riprodursi come la precedentemente citata *Volucella inflata* e *Sphiximorpha subsessilis* I.

1.3 MISURE DI COMPENSAZIONE ECOLOGICA

L'impatto che le attività antropiche hanno sul territorio è un fatto ormai comprovato. Il cambio d'uso del suolo è una delle attività che più impatta sul territorio, in particolare sul paesaggio e sulla biodiversità. Il cambio d'uso del suolo è un fenomeno che in certe regioni del mondo è il primo responsabile per la

deforestazione e la perdita di biodiversità. In Europa la Rete Natura 2000 comprende tutti gli habitat e le specie tutelate dalla direttiva Habitat e dalla direttiva Uccelli. Ad oggi il 18,6 % della superficie dell'Unione Europea è tutelato dalla Rete Natura 2000. In Italia la superficie terrestre tutelata da questo sistema è di 57363 km² che coprono il 19,1 % della superficie nazionale (Commissione europea). Questo strumento consente di tutelare gli habitat e le specie definite prioritarie e contrastare la perdita di biodiversità. Nonostante l'impiego di questo strumento la perdita di biodiversità non si è arrestata ed è quindi necessario implementare anche altri strumenti. Le compensazioni ambientali sono un ulteriore strumento che permette di tutelare gli habitat e la biodiversità. Questo strumento è l'ultima opzione in base alla gerarchia della mitigazione (Rega et al. 2013) e consiste nella ricreazione dell'ambiente disturbato dalle attività antropiche in altre zone. Il principio generale con cui viene applicato questo strumento è che non ci siano perdite nette di biodiversità ma ci siano preferibilmente dei guadagni netti di biodiversità (Rega et al. 2013). Stabilire questo guadagno di biodiversità non è semplice quindi un indicatore spesso usato è la superficie, ovvero si usa il rapporto tra la superficie soggetta a compensazione e quella persa. Questo rapporto è ottimale quando è maggiore di 1.

Per ottimizzare le compensazioni ambientali è quindi necessario che queste vengano implementate nella pianificazione territoriale. In Italia le compensazioni ambientali sono utilizzate per interventi che impattano i siti natura 2000 o per la riduzione di superficie boscata. Nel primo caso, infatti, le procedure di VInCA stabiliscono chiaramente che nel caso non sia possibile mitigare gli effetti di attività antropiche su siti Natura 2000 la compensazione ambientale è l'unica soluzione. Infatti, in base a quanto previsto dall'Unione Europea, la valutazione di incidenza ambientale viene applicata a tutti i piani territoriali, di settore e urbanistici. In particolare, le misure compensative previste in questo caso sono:

- il ripristino dell'habitat in modo da perseguire gli obiettivi di conservazione;
- la creazione di un nuovo habitat di superficie proporzionale a quella persa, sia su un nuovo sito sia tramite ampliamento del sito già esistente;
- il miglioramento dell'habitat rimanente sempre in maniera proporzionale a quanto perso a causa dell'intervento antropico;
- individuazione e proposta di un nuovo sito.

Nel caso di riduzione di superficie boscata si fa riferimento al d.lgs. n. 34 del 2018, detto anche "Testo Unico in materia di Foreste e Filieri forestali" il cui acronimo è TUFF. In particolare, l'articolo n. 8 disciplina la trasformazione del bosco e le opere compensative. Questa parte è quella che più interessa il presente elaborato. Nel comma 4 dell'articolo 8 sono elencate le misure compensative in caso di trasformazione della superficie forestale non indirizzata verso la gestione forestale. Queste misure possono cambiare da regione a regione ma generalmente sono:

- Miglioramento e restauro dei boschi esistenti
- Rimboschimenti o creazione di nuovi boschi su terreni con basso coefficiente di boscosità
- Sistemazioni idraulico-forestali o idraulico-agrarie e infrastrutture forestali

- Prevenzione di incendi boschivi e di rischi naturali e antropici
- Altre opere, azioni o servizi compensativi di utilità forestale.

Le azioni compensative sono a cura e a spese a chi richiede la trasformazione del bosco, che deve anche produrre un progetto in cui viene spiegato l'intervento e il tipo di compensazione ambientale. Questo elaborato viene presentato alla regione che individua poi le aree idonee alla compensazione.

In Italia la compensazione ambientale resta comunque un problema in quanto storicamente la pianificazione si è concentrata più sull'individuazione e la tutela delle aree con elevato valore ecologico. La compensazione e la mitigazione sono state sempre prese poco in considerazione specialmente per le aree agricole (Rega et al. 2013). Ad oggi gli unici due strumenti di cui è dotata l'Italia per la compensazione ecologica sono i due precedentemente citati. Anche se negli ultimi anni la compensazione ecologica è stata utilizzata più frequentemente risulta da studi come siano tuttora presenti mancanze per quanto riguarda il design della compensazione e il monitoraggio successivo alla realizzazione (Rega et al. 2013). Le compensazioni ecologiche soffrono il fatto che non ci sia ad ora un sistema internazionale unico per il monitoraggio e per la misurazione dei benefici prodotti dalla compensazione. La compensazione ecologica può essere infatti un sistema per bloccare la perdita di biodiversità ma bisogna che questo fatto sia supportato da dati che lo provino (Josefsson et al. 2021).

1.4 OBIETTIVI E IPOTESI

Il presente elaborato mira a determinare se ci siano delle differenze tra i boschi planiziali relitti e i boschi planiziali di nuovo impianto per quanto riguarda la biodiversità degli impollinatori. Si vogliono individuare delle caratteristiche dei boschi di nuovo impianto che possano rivestire un ruolo chiave per la tutela della biodiversità, per verificare come lo strumento di compensazione ambientale possa essere impiegato per la conservazione degli impollinatori. In base alla precedente ricerca bibliografica ci si può aspettare che i siti con maggior abbondanza di specie siano i siti di bosco planiziale relitto, mentre la maggior abbondanza di impollinatori sarà nei boschi di nuovo impianto. Si ipotizza inoltre che i due fattori che ricoprono un ruolo prioritario per le comunità di impollinatori siano la quantità di fiori e la luce che penetra nel bosco.

2. MATERIALI E METODI

2.1 SITI DI CAMPIONAMENTO

I siti di campionamento sono stati selezionati tra i vari frammenti di foresta planiziale presente nel nord-est Italia, in particolare nelle regioni del Veneto e del Friuli Venezia-Giulia. Questi boschi sono inseriti in un territorio agricolo con zone urbanizzate di piccole e medie dimensioni.

Sono stati selezionati un totale di 34 siti di campionamento, suddivisi in 17 siti di foresta vetusta e 17 siti di nuovo impianto. La vegetazione arborea presente è tipica delle formazioni di pianura, le specie più abbondanti sono *Quercus robur L.*, *Carpinus betulus L.*, *Populus alba L.*, *Acer campestre L.*, *Fraxinus angustifolia V.*, *Corylus avellana L.*, *Ulmus minor M.*, *Crataegus monogyna J.*. La superficie di questi boschi varia da circa un 1 fino a 164 ettari.

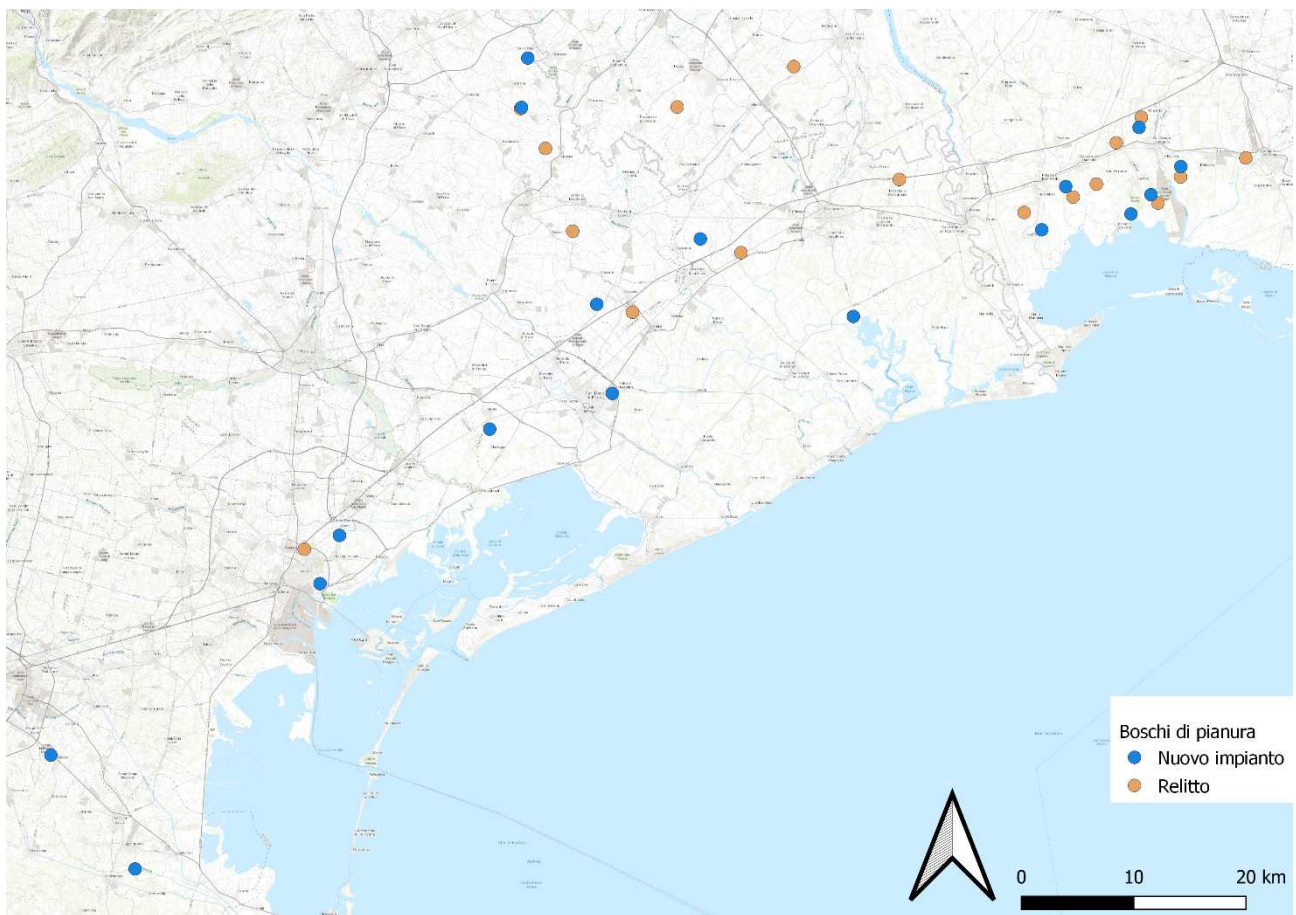


Figura 1 Mappa dei siti di campionamento dove i punti blu sono i boschi di nuovo impianto e i puntini arancioni sono i boschi relitti

2.2 RACCOLTA DATI

In ogni sito di campionamento selezionato è stato eseguito un transetto a tempo fisso per la rilevazione degli insetti impollinatori presenti. Il transetto fisso è la tecnica più indicata per questo tipo di ricerca, in quanto è una delle più adottate per gli studi di associazione piante-impollinatori ed è la più idonea per il campionamento della famiglia dei sirfidi. Questo tipo di tecnica consiste nel posizionare una linea fissa in cui

gli esemplari vengono individuati e catturati mentre si cammina per la durata del campionamento. Il transetto è stato posizionato lungo la lunghezza maggiore del sito, e con una durata di 5 minuti per ogni sub-unità per un totale di 40 minuti circa. Questa operazione è stata ripetuta per 3 volte in periodi diversi durante la stagione di campionamento, dal 28 aprile al 25 giugno 2022. L'ordine dei siti di campionamento è stato variato tra un giro e i successivi. In questo modo si è evitato di avere sempre lo stesso orario durante il campionamento. Si è cercato di campionare solo in presenza di condizioni meteo stabili, in alcuni casi si è anche campionato con parziale copertura nuvolosa del cielo e con vento; tuttavia, essendo il transetto all'interno dell'area boscata l'effetto di disturbo del vento è stato mitigato. Si è scelto di utilizzare queste condizioni meteo (prevalenza di sole e assenza di vento) perché sono le migliori per campionare gli insetti impollinatori e per avere quindi il maggior numero di specie e individui catturati, permettendo una migliore descrizione dell'abbondanza di specie e di individui del sito.

Gli insetti catturati sono stati conservati in provette con una soluzione al 70% di etanolo, in laboratorio sono stati poi suddivisi in macro-gruppi (lepidotteri, sirfidi e apoidei) e poi spillati. I singoli macro gruppi sono stati poi inviati ad esperti per l'identificazione a livello di specie.

Durante il campionamento oltre alla cattura degli insetti impollinatori sono stati raccolti anche altri dati relativi al sito di campionamento. In ogni sito è stato segnato l'orario di inizio e di fine per tutti e tre i giri di campionamento, sono state segnate le condizioni meteo e la presenza di vento con una stima dell'intensità. I campionamenti sono stati tutti fatti in condizione di assenza o quasi di vento e durante un orario compreso tra le 9 e le 19.

Per descrivere le caratteristiche generali del sito di campionamento si è deciso di dare un indice di copertura per ogni tipo di copertura vegetazionale, in particolare lungo il transetto viene effettuata una valutazione delle specie vegetali, suddivise e descritte nei seguenti parametri: "copertura monocotiledoni", "copertura dicotiledoni", "copertura di arbusti e alberi" e "copertura floreale". I vari tipi di copertura servono per dare una descrizione vegetazionale del sito indicando una copertura stimata ad occhio che va da 0 a 100. Molto importante è la copertura floreale, in quanto è una delle caratteristiche più interessanti per gli impollinatori. Un'altra caratteristica stazionale rilevata è la copertura delle chiome, in particolare questo dato è stato misurato tramite l'app GLAMA per tre volte lungo ogni sub transetto. L'app GLAMA è utilizzata per calcolare la copertura delle chiome a partire da una foto in formato jpeg. Il software, dopo un iniziale calibrazione, utilizza le foto scattate dalla fotocamera del cellulare per fornire una stima della copertura delle chiome nel punto in cui è stata scattata la foto.

Per le specie del genere *Bombus* e per l'ape mellifera è previsto il riconoscimento a vista e solo per specie non identificabili la cattura e la successiva identificazione in laboratorio. Anche per molti lepidotteri diurni è previsto il riconoscimento a vista in quanto di non facile cattura.

Lungo il transetto è stato fatto un rilievo botanico ovvero sono state identificate le specie di alberi e di piante in fiore, in modo da poter rilevare se ci fossero delle preferenze da parte degli impollinatori a favore di

particolari specie vegetali. Sono state identificate le piante in fiore e per quelle non identificabili sul campo si è preso un campione per l'identificazione in laboratorio. Per le specie arboree si è proceduto a identificare la specie e a dare un indice di biomassa, in modo da descrivere la composizione arborea e per individuare le specie dominanti. Queste operazioni sono state fatte per ogni sub-unità del transetto, ma il rilievo delle specie arboree è stato fatto solo durante il primo giro di campionamento a differenza delle specie in fiore che sono state rilevate in tutti i giri di campionamento.

3. RISULTATI

3.1 RISULTATI GENERALI

In totale durante l'intero periodo di campionamento sono stati catturati e identificati a livello di specie o morfospecie 2831 individui. I 2831 individui sono suddivisi in 1504 catture nei 17 siti di bosco relitto e 1327 catture nei 17 siti di bosco di nuovo impianto. Come si vede nella Figura 2 nei siti di bosco relitto le catture sono state maggiori sia per il gruppo degli apoidei sia per i lepidotteri mentre le catture del gruppo dei sirfidi sono state maggiori nei siti di nuovo impianto. La specie più catturata nei siti di bosco di nuovo impianto è *Episyrphus balteatus* De G., che è una specie di sirfide molto comune nei boschi di pianura. Anche nei siti di bosco relitto la specie con maggior numero di individui catturati e identificati è *Episyrphus balteatus* come si vede in figura 4. Il numero di specie di sirfidi catturate è stato maggiore nei siti di bosco planiziale relitto, come si vede in figura 5.

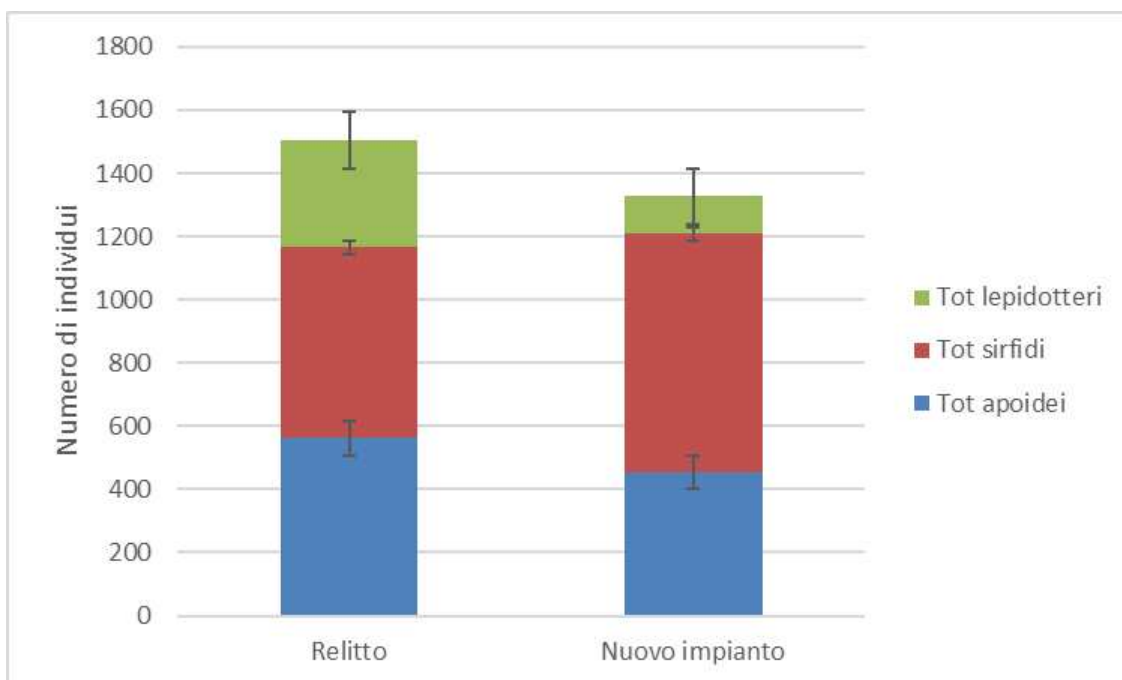


Figura 2 Totale impollinatori catturati suddivisi nei 3 macro gruppi.

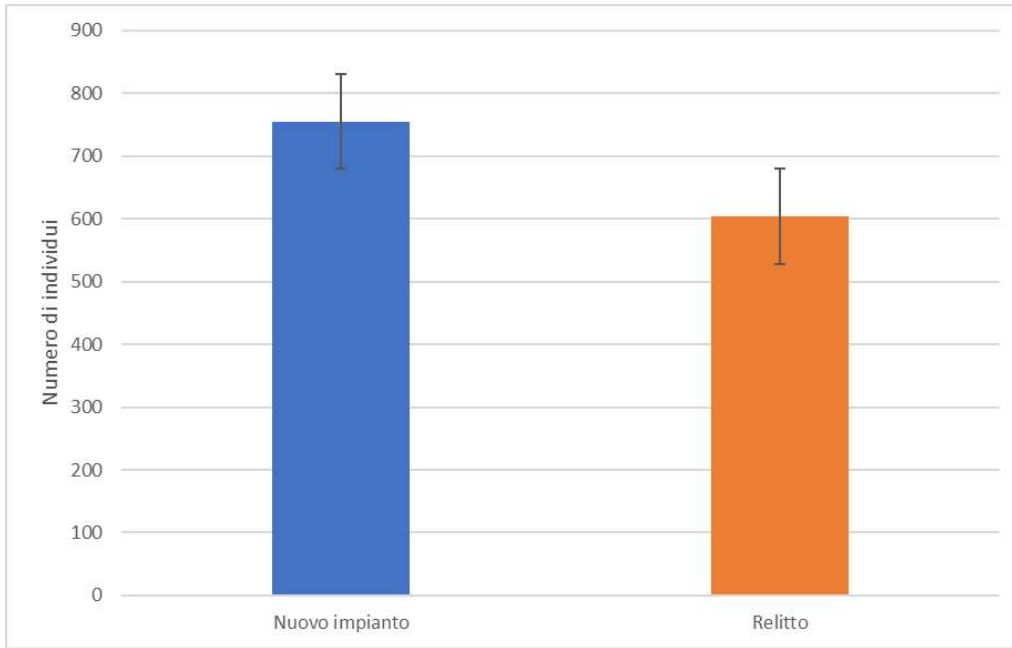


Figura 3 Differenza tra il totale di sirfidi catturati nei siti di bosco di nuovo impianto e nei siti di bosco relitto.

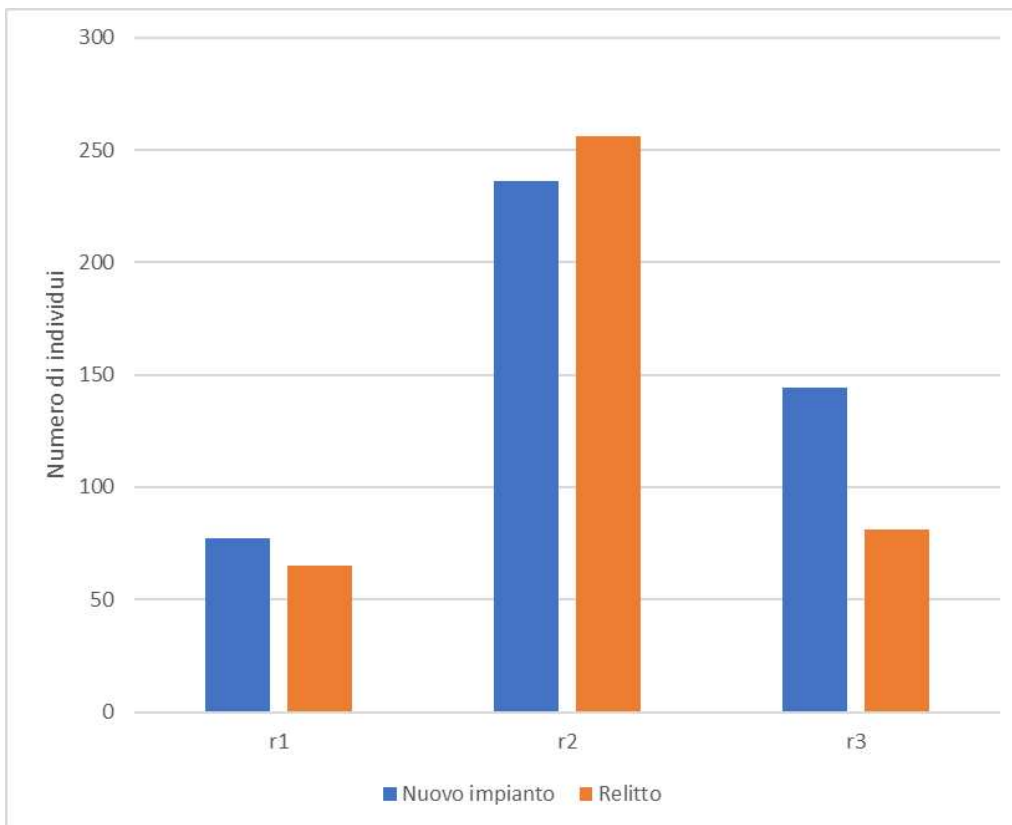


Figura 4 Catture di *Episyrrhus balteatus* nei 3 giri di campionamento suddivisi tra relitto e nuovo impianto

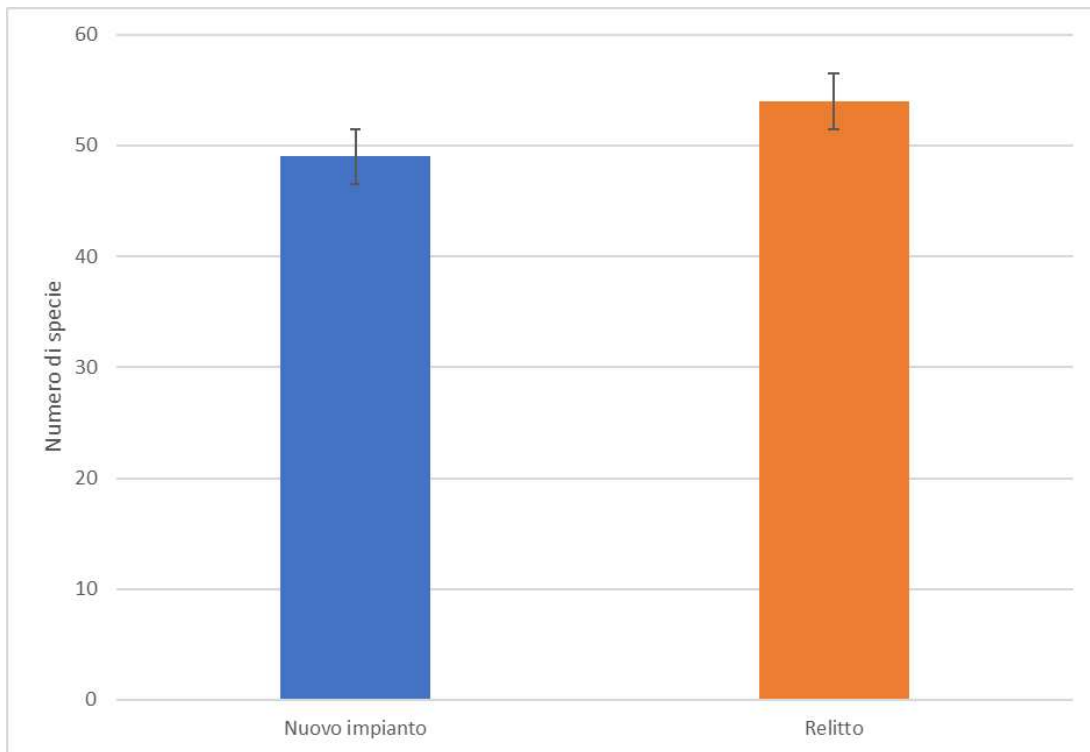


Figura 5 Numero di specie di sirfidi catturate nei siti di bosco di nuovo impianto e di bosco relitto

In base ai dati raccolti il gruppo dei lepidotteri è quello con una più marcata differenza tra il numero degli individui raccolti. Nei siti di bosco relitto il numero di individui raccolti è più del doppio rispetto ai siti di bosco di nuovo impianto. Nello specifico sono due le specie che più contribuiscono al numero di catture nelle due diverse tipologie di bosco, per i boschi relitti la specie *Amata phegea* L. con 243 individui riconosciuti in campo o raccolti e per i boschi di nuovo impianto la specie *Pararge aegeria* L. con 60 individui riconosciuti in campo o raccolti. Come si vede in figura 1 il numero di catture è aumentato negli ultimi giri di campionamento in particolare per la specie *Amata phegea*. Il numero di specie catturate è maggiore nei siti di bosco planiziale di nuovo impianto rispetto a quelli di bosco relitto, in particolare come si vede in figura 7 la differenza è di 4 specie non raccolte nei siti di bosco relitto.

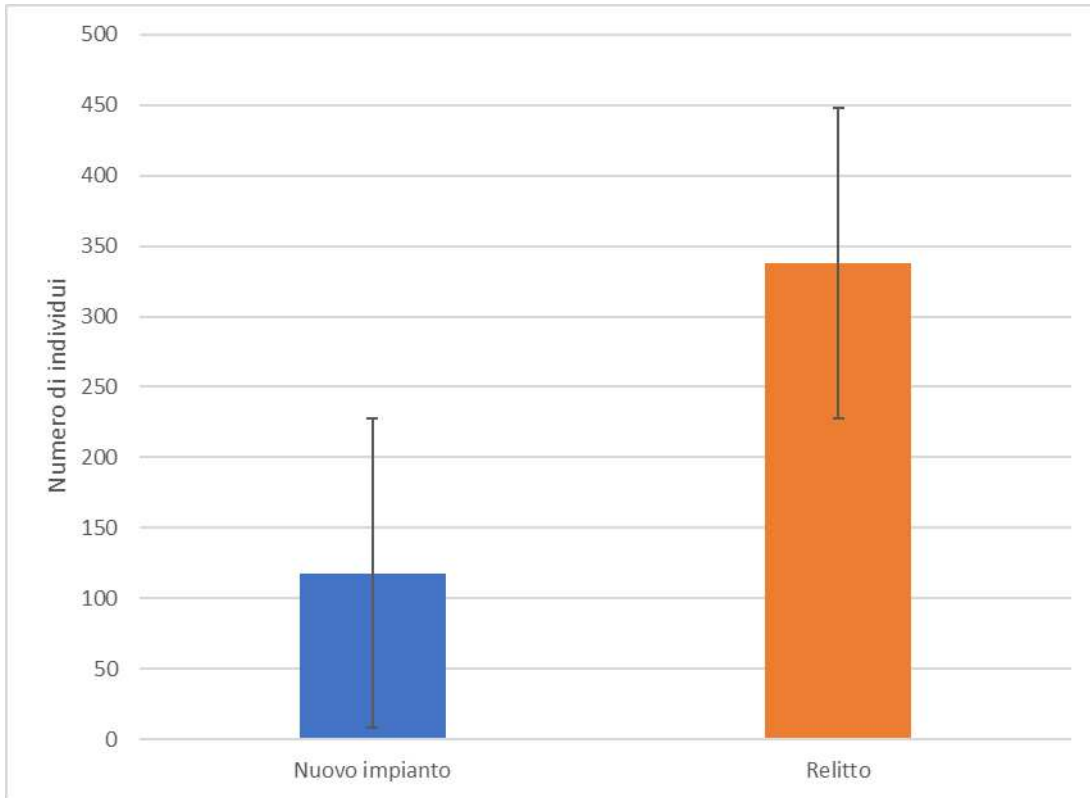


Figura 6 Totale numero di catture di lepidotteri nei siti di bosco di nuovo impianto e di bosco relitto

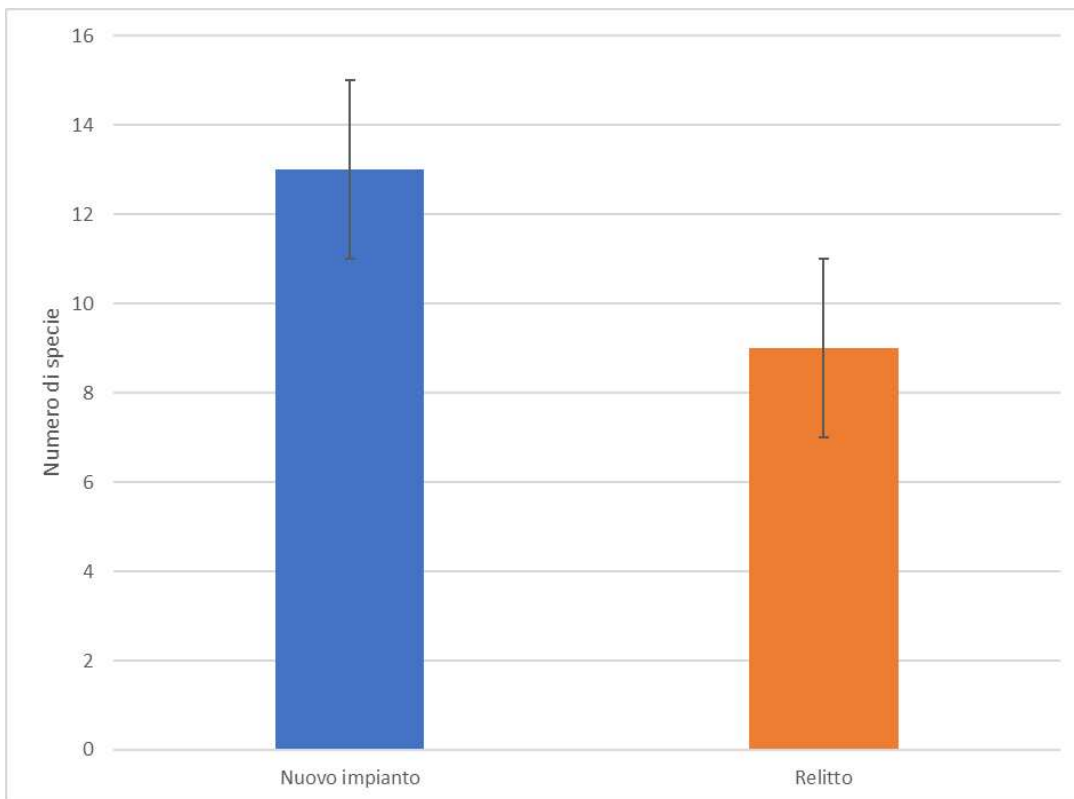


Figura 7 Numero di specie di lepidotteri catturate nei siti di bosco di nuovo impianto e di bosco relitto

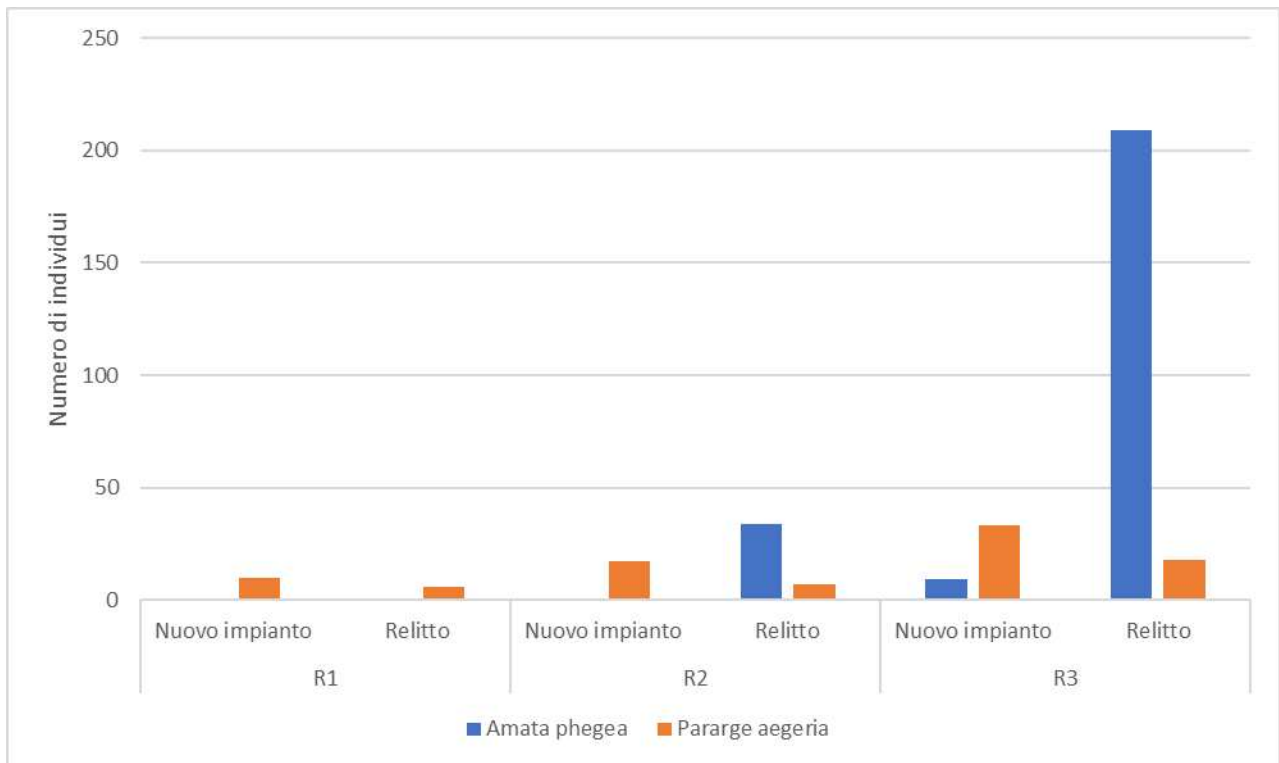


Figura 8 Numero di catture delle 2 specie più abbondanti nei 3 giri di campionamento

Per il gruppo degli apoidei le catture sono state maggiori nei siti di bosco relitto, e la specie con più catture o identificazioni sul campo è *Apis mellifera L.* sia per i siti di bosco relitto sia per i siti di bosco di nuovo impianto. Per le specie del genere *Bombus* i dati arrivano maggiormente dai siti di bosco relitto, lì le catture e individuazioni sul campo sono state più del doppio rispetto ai siti di bosco di nuovo impianto. Nei boschi relitti sono state identificate 6 specie con un totale di 92 individui, mentre nei siti di bosco di nuovo impianto sono state identificate 4 specie con un totale di 44 individui. Come si vede in figura 12 la differenza tra numero di specie catturate e identificate tra i siti di bosco pianiziale e i siti di bosco relitto non è particolarmente marcata, ma i due tipi di siti differiscono di sole 2 specie.

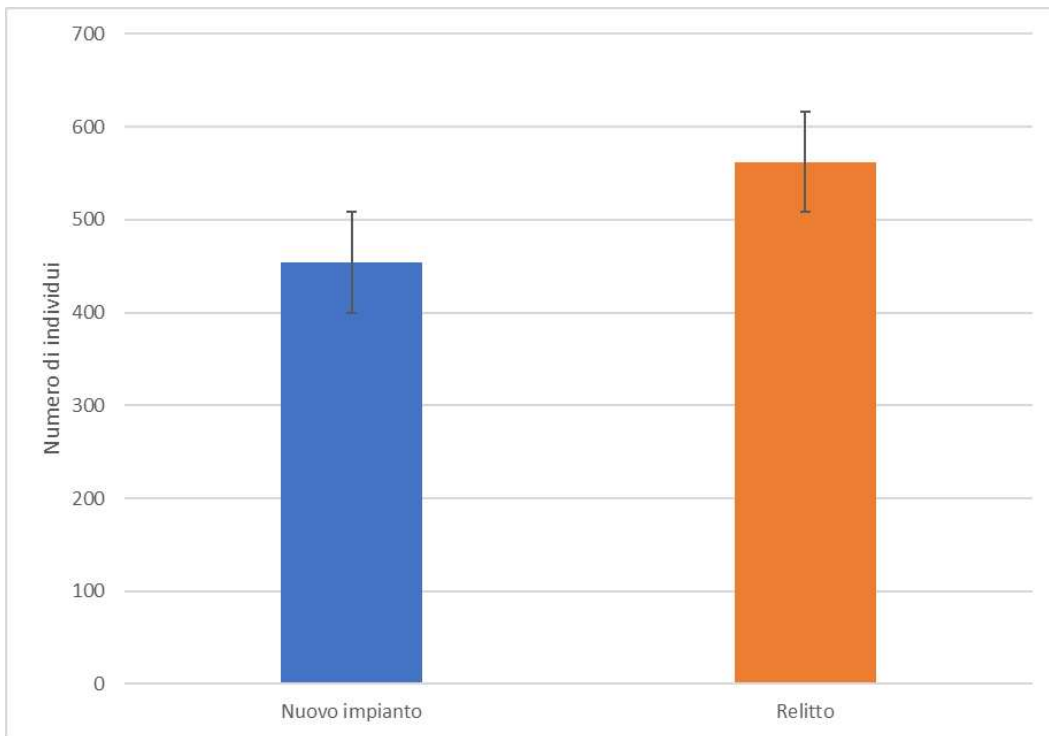


Figura 9: numero di apoidei catturati nei siti di bosco di nuovo impianto e di bosco relitto

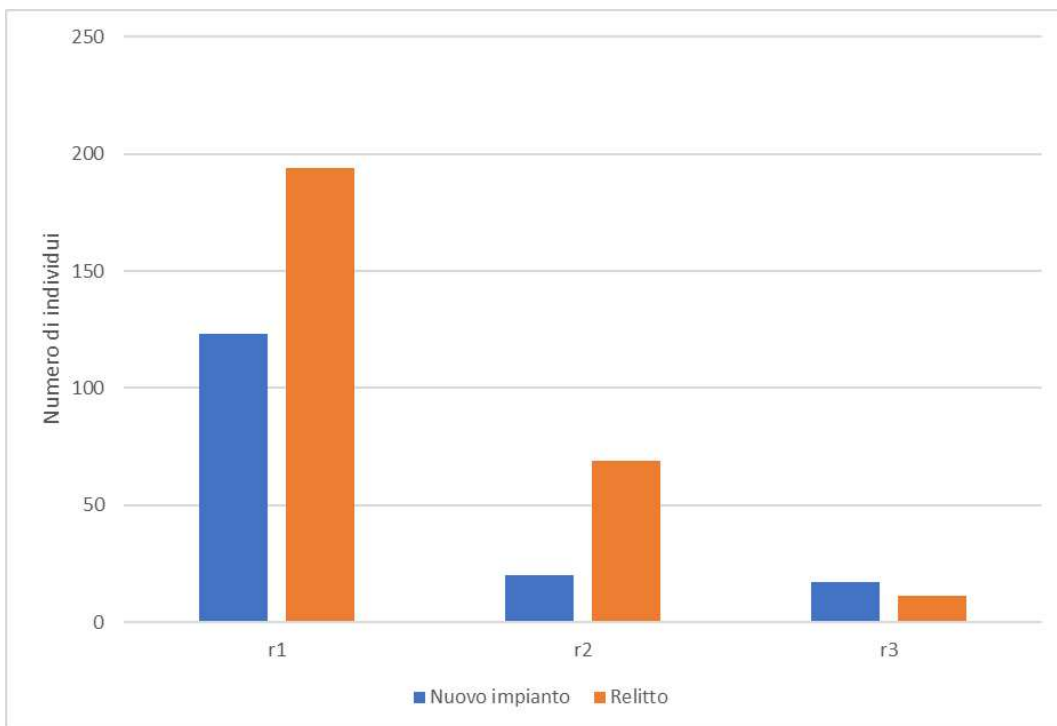


Figura 10 Numero di Apis mellifera catturate nei 3 giri di campionamento sia per i boschi di nuovo impianto sia per i boschi relitti

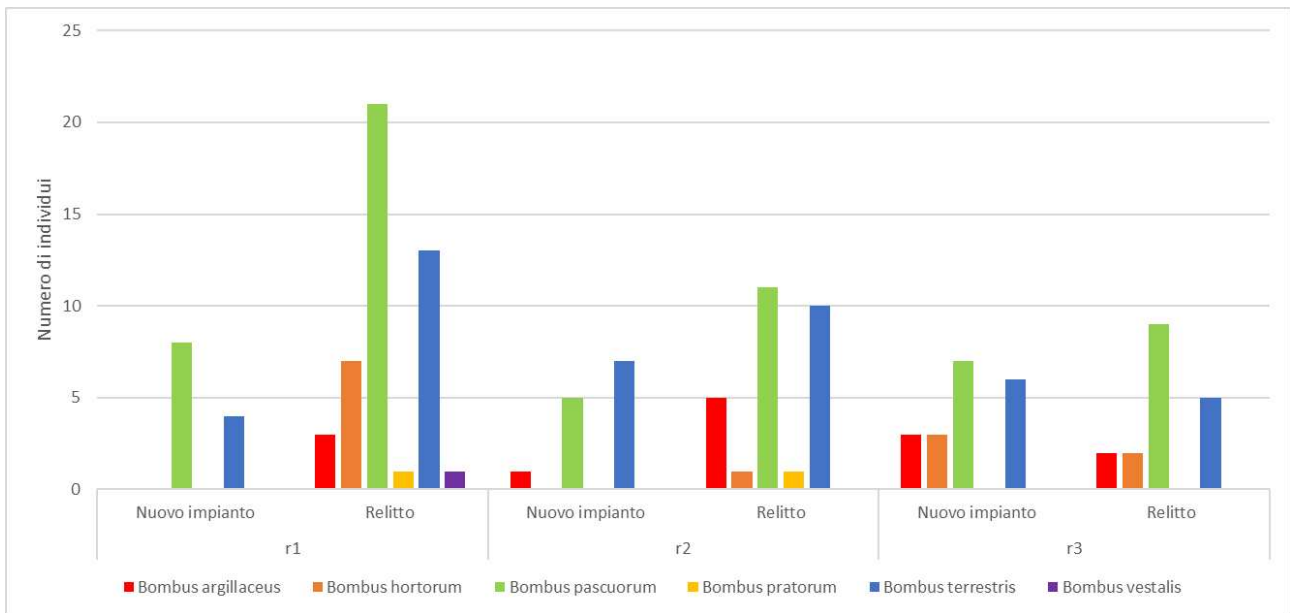


Figura 11 Catture del genere *Bombus* suddivise per i 3 giri di campionamento e per il tipo di sito

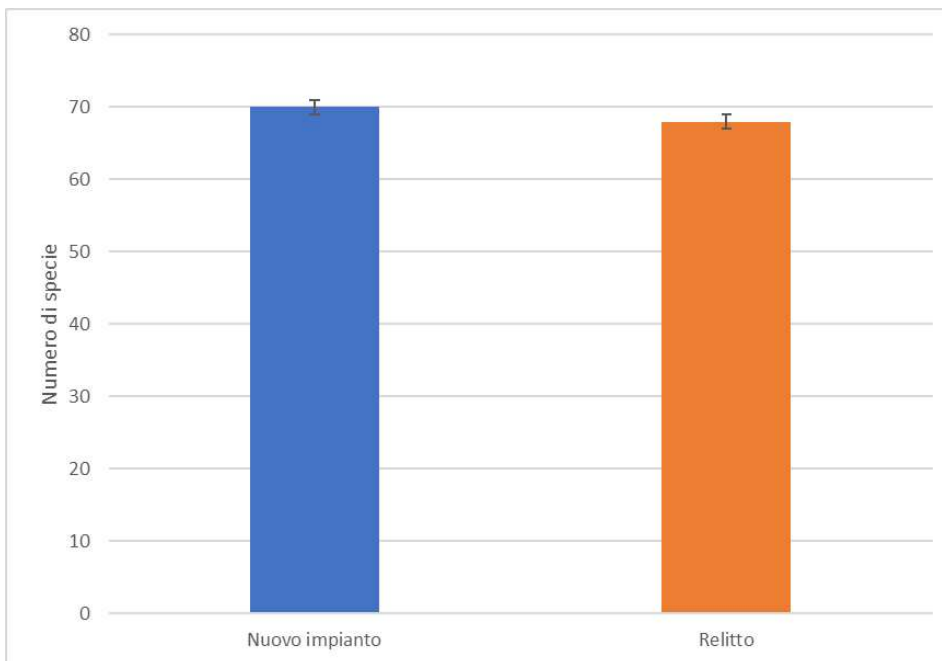


Figura 12 Numero di specie catturate di apoidei nei siti di bosco di nuovo impianto e di bosco relitto

Durante il campionamento sono state riconosciute 36 specie arboree nei siti di bosco pianiziale di nuovo impianto di cui le principali 13 sono state raffigurate in figura 10, in particolare sono state scelte le specie di cui è stato rilevato in campo una biomassa significativa. Le specie in fiore rilevate sono state 58 e le più abbondanti sono state *Crataegus monogyna*, *Rubus caesius* e *Rubus ulmifolius*. Su 24 di queste specie sono stati raccolti insetti impollinatori, in particolare sono state effettuate catture principalmente su *Rubus caesius* e *Cornus sanguinea*.

Per quanto riguarda i siti di bosco planiziale relitto sono state identificate 28 specie di piante arboree, di cui le 9 più rilevanti per la descrizione della composizione del bosco sono riportate in figura 11. Le specie in fiore che sono state rilevate sono 61 e le più abbondanti sono *Allium ursinum*, *Geranium nodosus*, *Lamium galeobdolon* e *Rubus caesius*. Su 20 di queste specie sono stati catturati insetti impollinatori in particolare su *Allium ursinum* e *Lamium galeobdolon*.

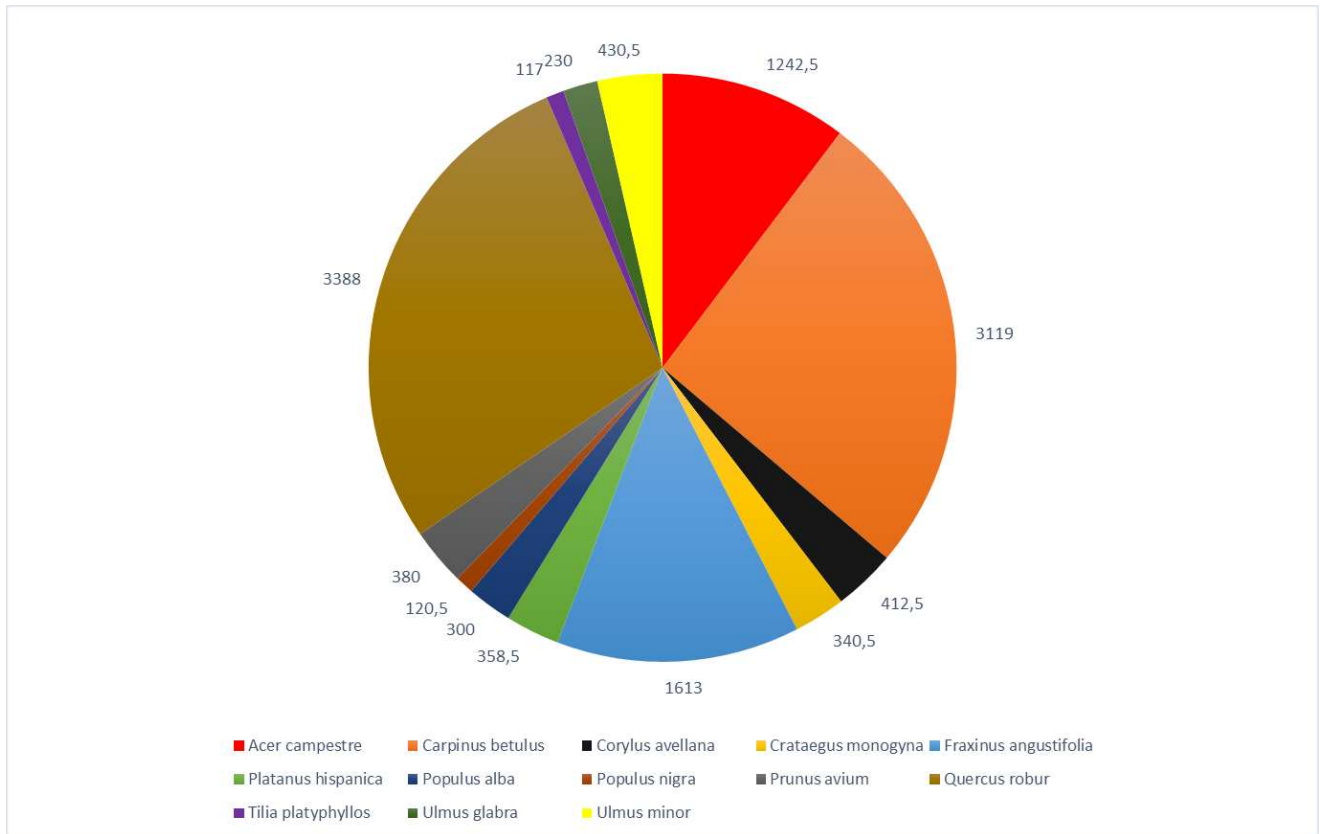


Figura 13 Specie arboree identificate nei siti di bosco planiziale di nuovo impianto con indicata la biomassa rilevata in campo

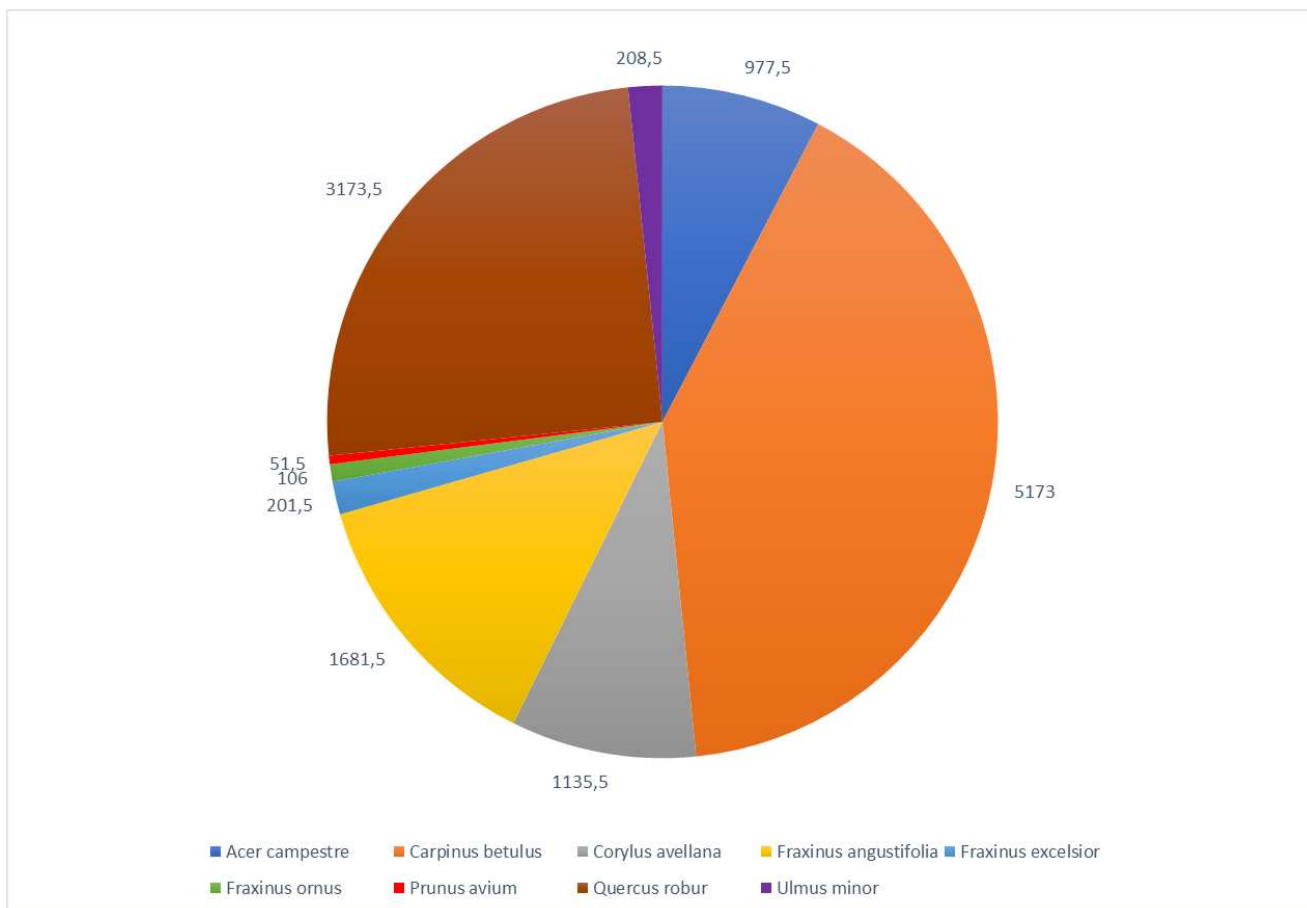


Figura 14 Specie arboree identificate nei siti di bosco planiziale relitto con indicata la biomassa rilevata in campo

Le coperture floreali rilevate presentano una certa variabilità specialmente nei siti di bosco planiziale relitto, così come si vede in figura 12. In particolare, i siti di bosco planiziale relitto presentano una maggior copertura floreale con alcuni siti particolarmente fioriti.

La copertura delle chiome presenta una maggiore variabilità nei siti di bosco planiziale di nuovo impianto, in particolare come si vede in figura 16 la copertura delle chiome tende ad avere un valore minore nei siti di nuovo impianto rispetto ai siti di bosco planiziale relitto.

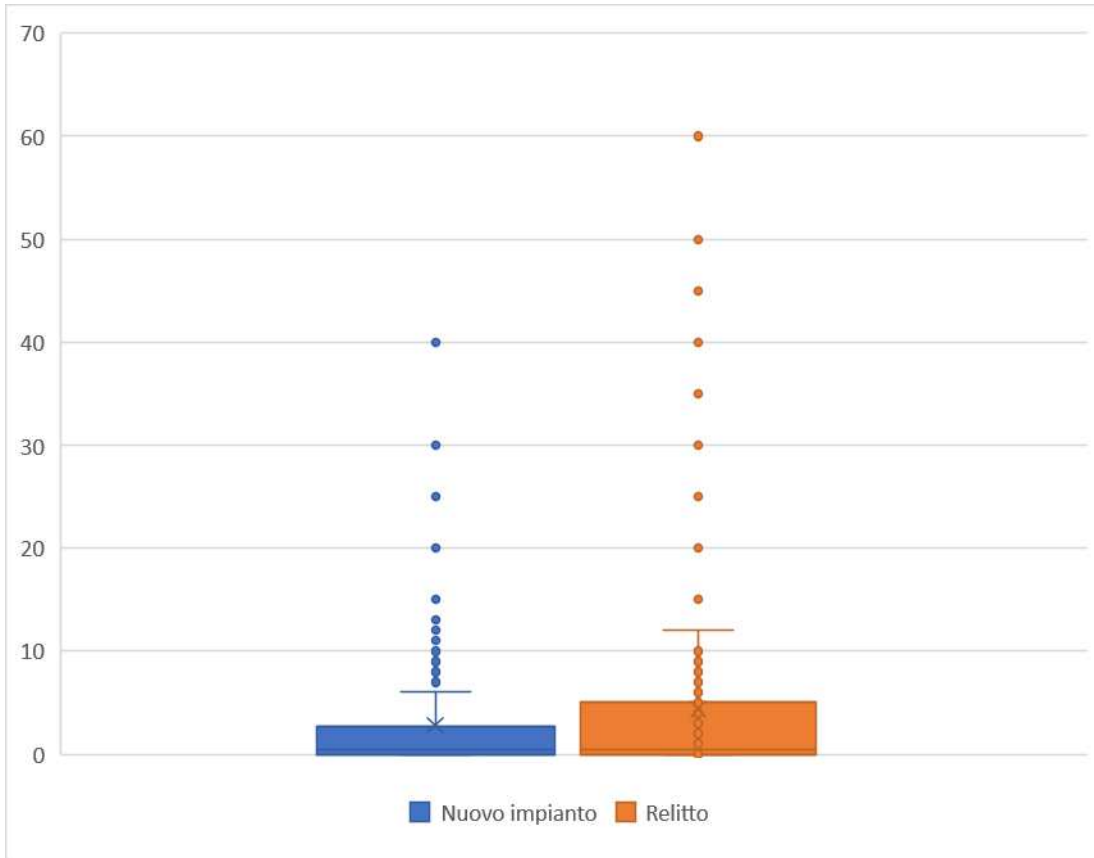


Figura 15 Distribuzione della copertura florale tra i siti di bosco planiziale relitti e di nuovo impianto

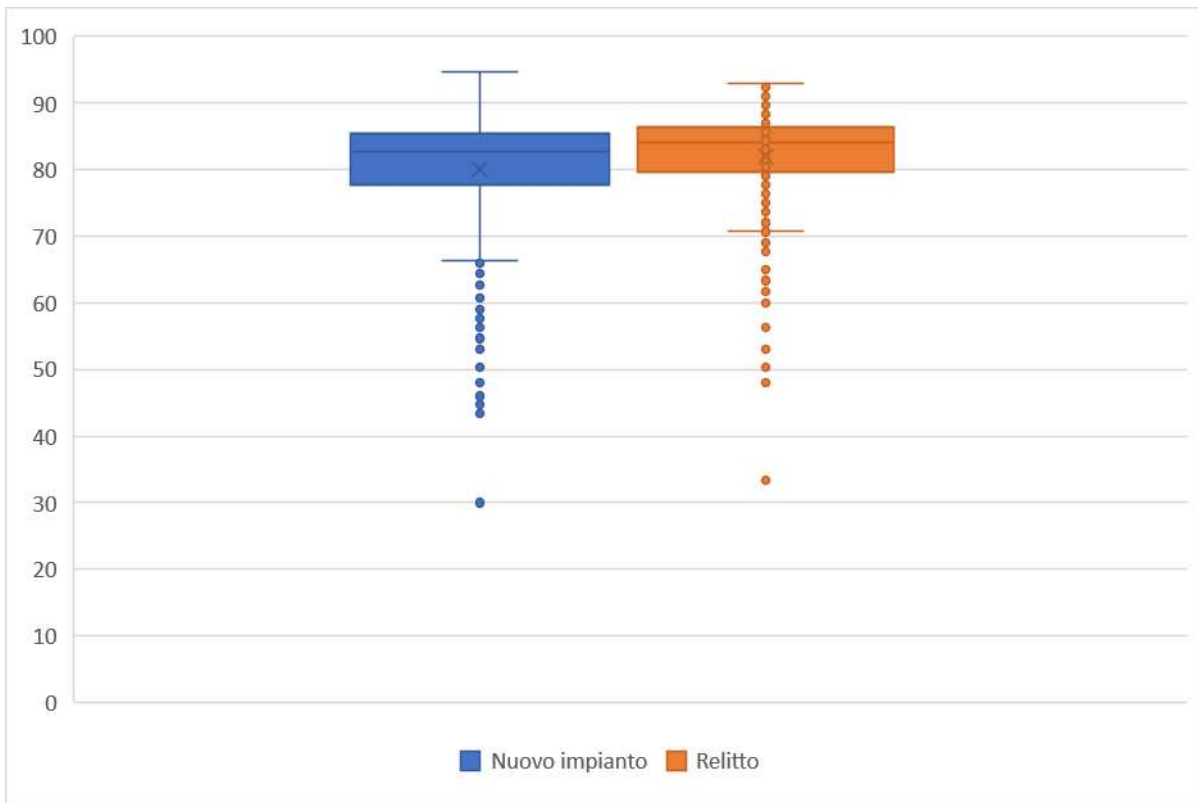


Figura 16 Distribuzione della copertura delle chiome tra i siti di bosco planiziale relitti e di nuovo impianto

3.2 RELAZIONI TRA IMPOLLINATORI E VARIABILI AMBIENTALI

Come si vede in figura 17 è stato messo in relazione il numero totale di insetti impollinatori catturati nei siti di bosco planiziale di nuovo impianto con l'anno di creazione di quel sito. È stato fatto poi un lavoro nel dettaglio con lepidotteri, sirfidi e apoidei come si vede in figura 18, 19 e 20. Dopodiché è stato fatto il confronto tra gli impollinatori catturati e la superficie dei siti sia per i boschi di nuovo impianto sia per i boschi relitti ma non si è riscontrata alcuna relazione.

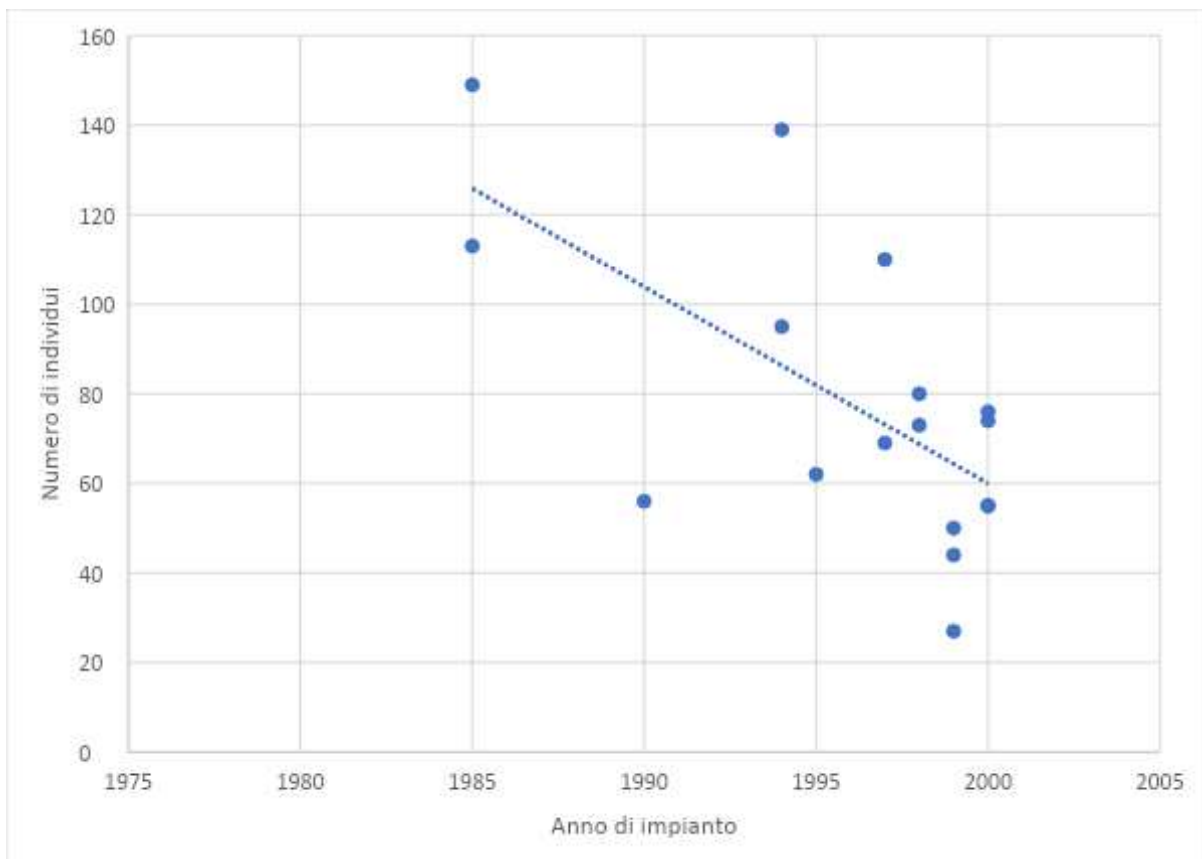


Figura 17 Numero di impollinatori catturati per i differenti anni di impianto dei nuovi boschi

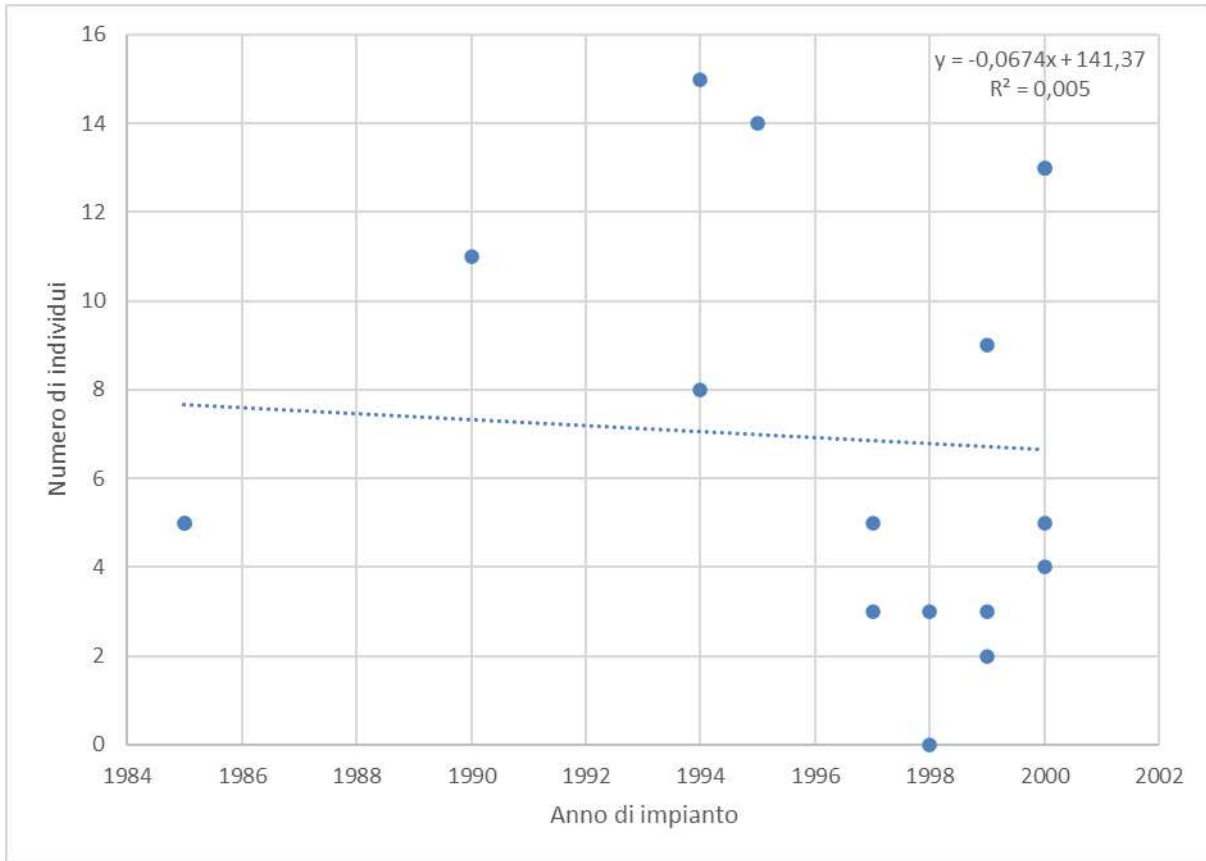


Figura 18 Numero di lepidotteri catturati per i differenti anni di impianto dei boschi di nuovo impianto

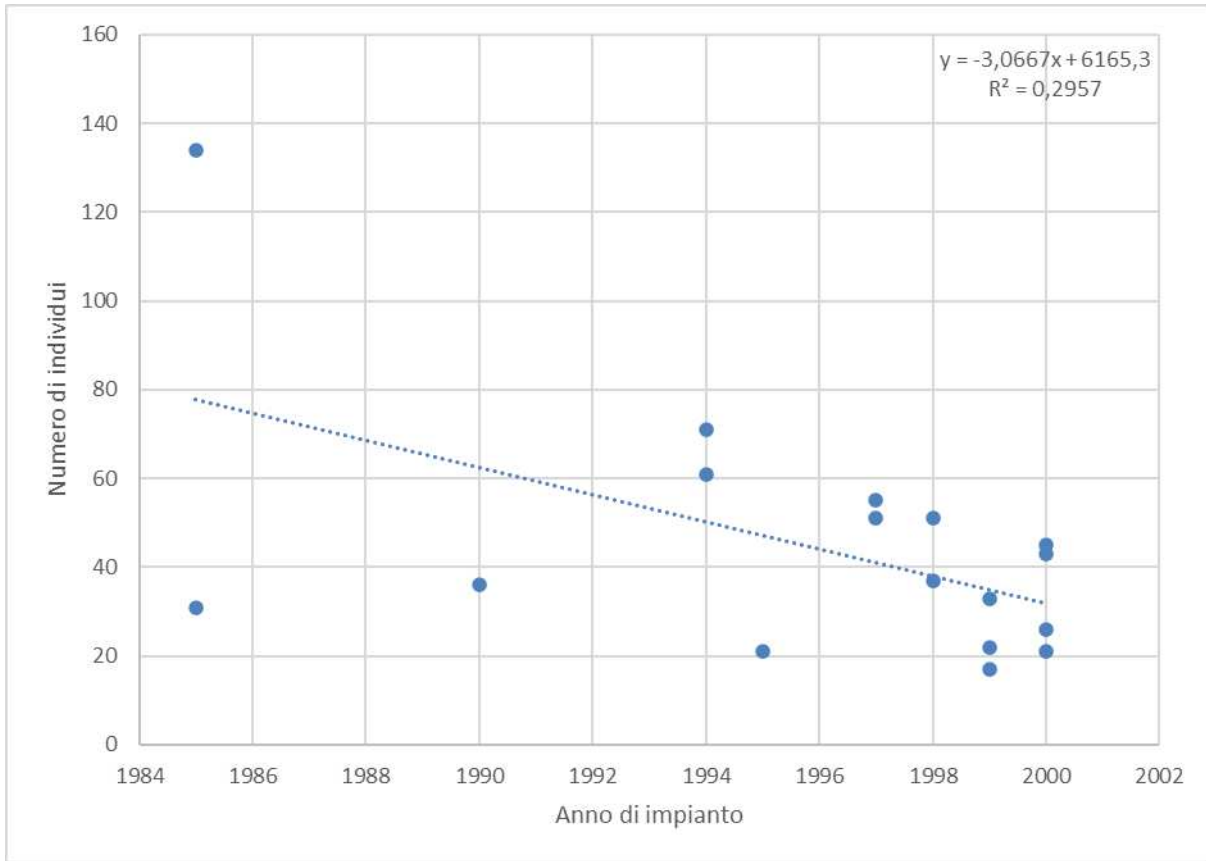


Figura 19 Numero di sirfidi catturati per i vari anni di impianto dei boschi di nuovo impianto

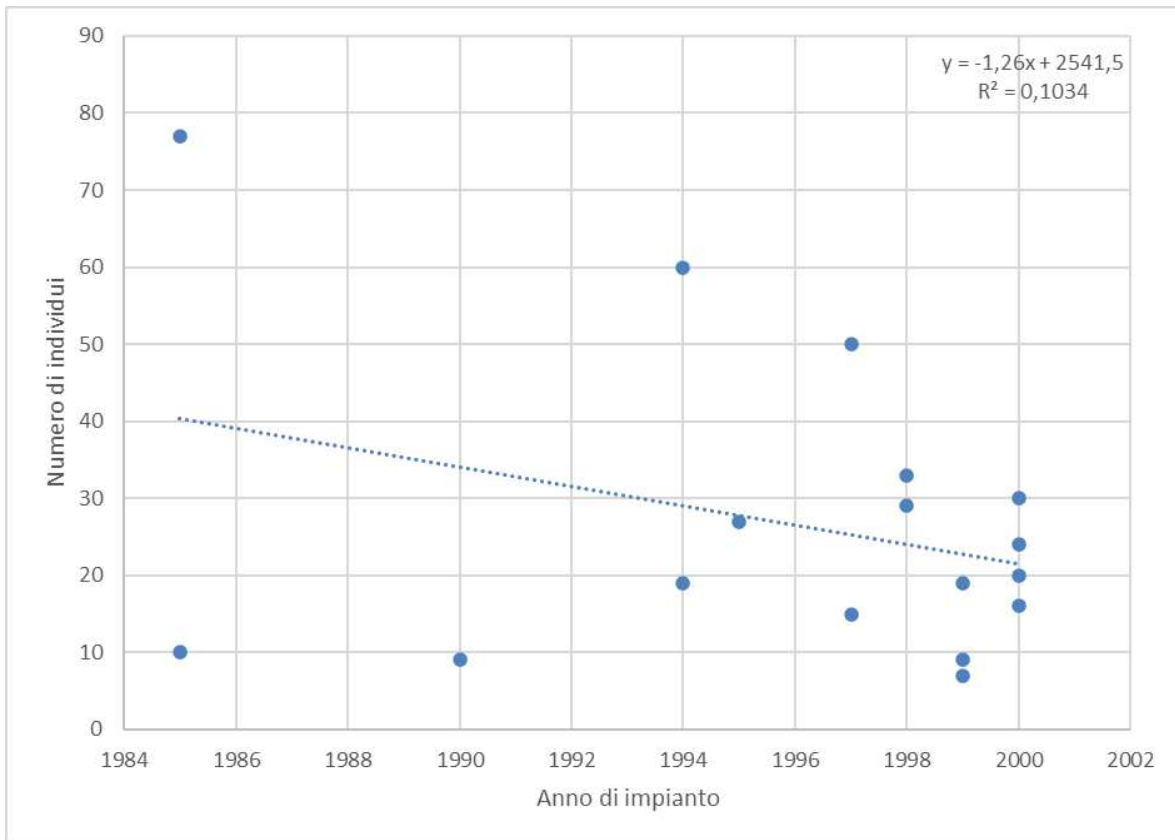


Figura 20 Numero di apoidei catturati per i vari anni di impianto dei boschi di nuovo impianto

Un'ulteriore analisi dei dati è stata confrontare i siti, suddivisi in boschi relitti e boschi di nuovo impianto, con la copertura floreale media rilevata. Prima con il totale degli impollinatori rilevati come si vede in figura 21 e 22. Dopodiché è stato fatto lo stesso tipo di analisi con relativi grafici di dettaglio per i vari gruppi come si vede in figura 23, 24 e 25 per i siti di bosco planiziale di nuovo impianto e in figura 26, 27 e 28 per i siti di bosco relitto.

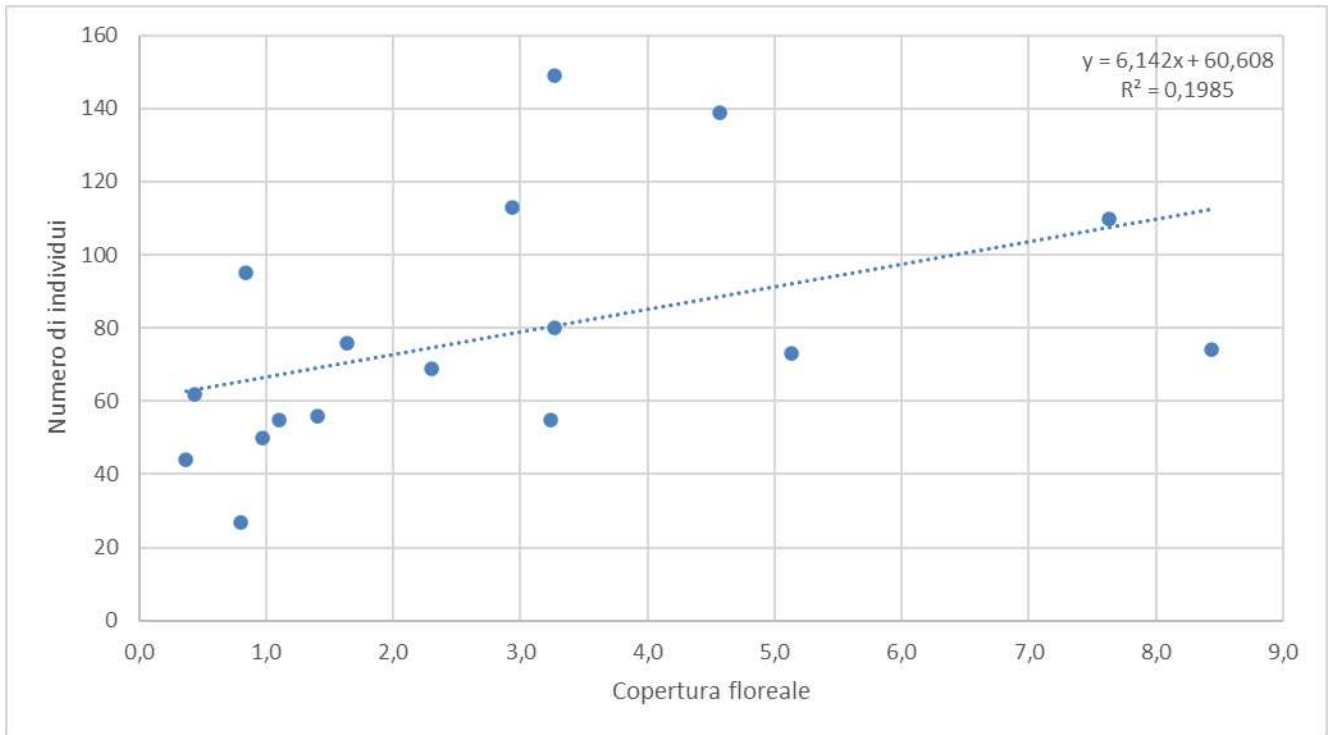


Figura 21 Numero di catture di impollinatori per la copertura floreale dei boschi di nuovo impianto

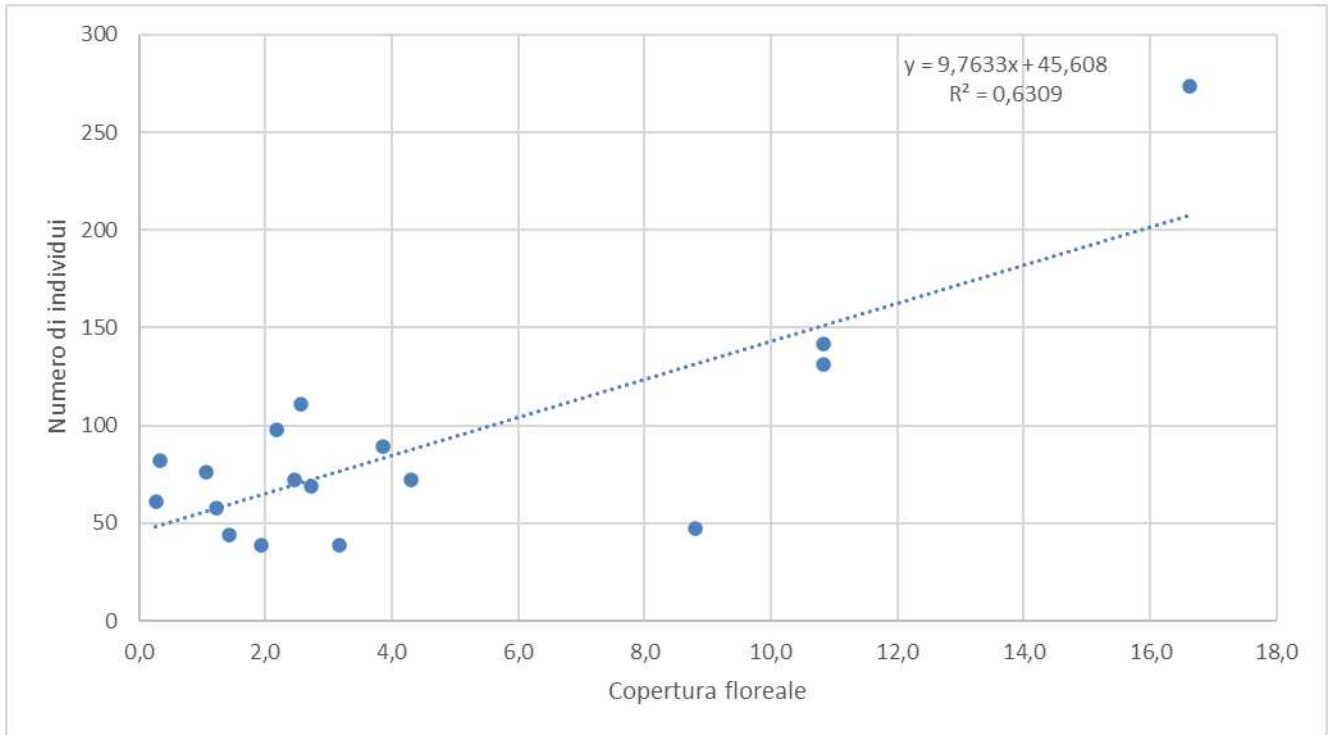


Figura 22 Numero di catture di impollinatori per la copertura floreale dei boschi relitti

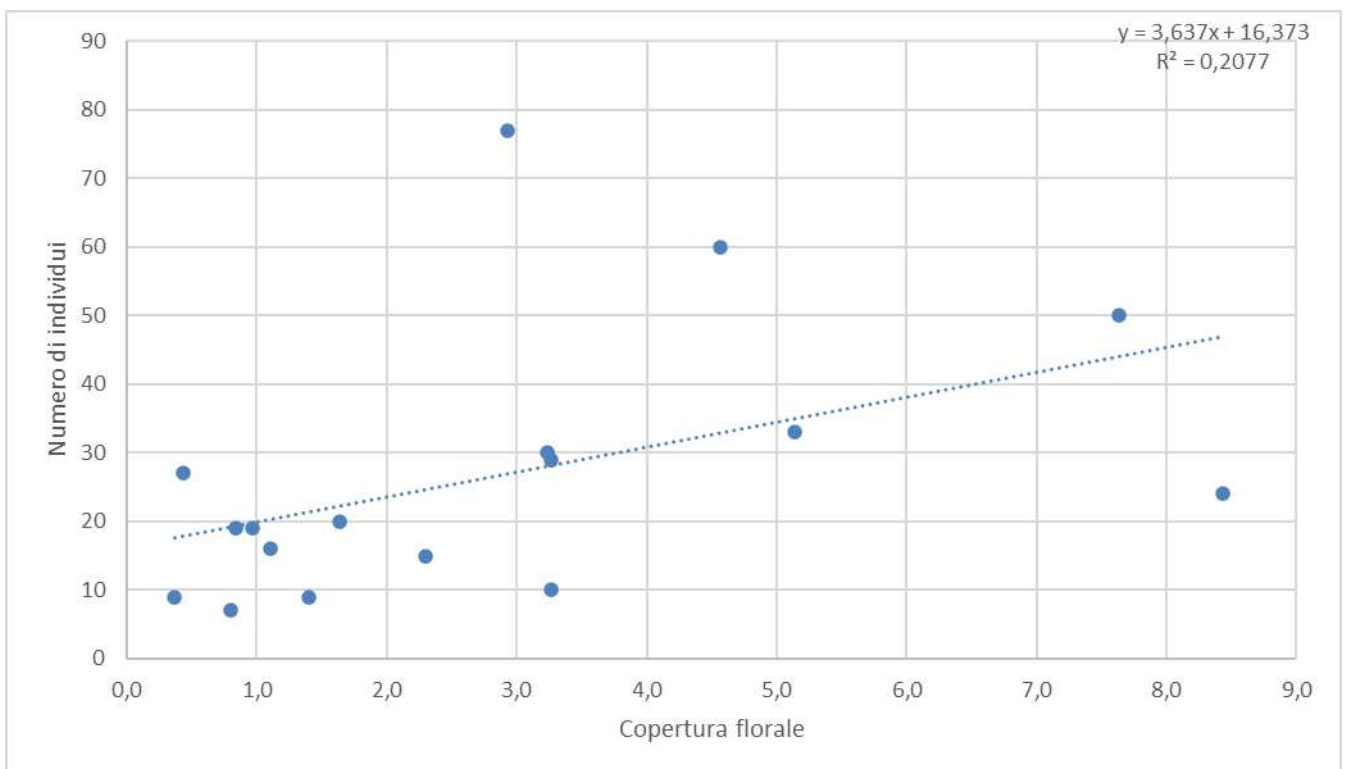


Figura 23 Numero di catture di apoidei per la copertura floreale dei boschi di nuovo impianto

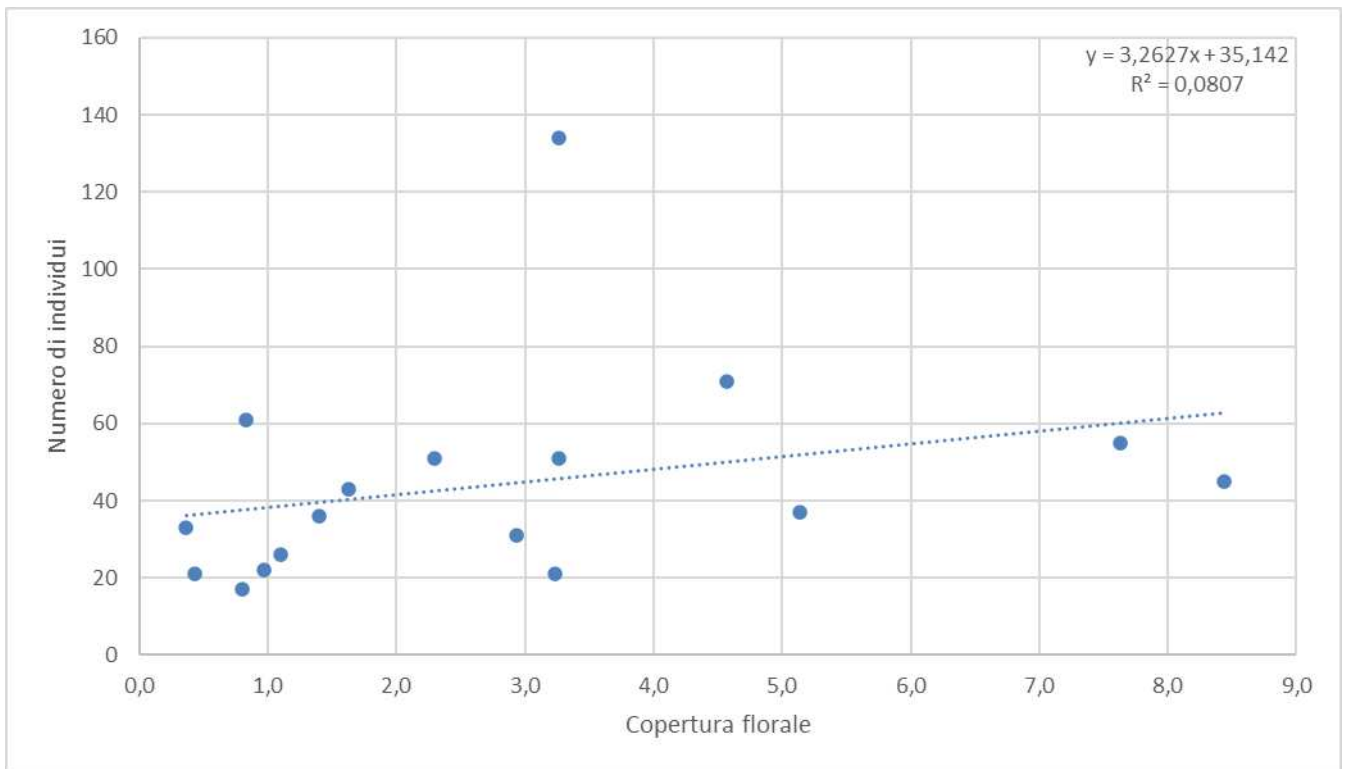


Figura 24 Numero di catture di sirfidi per la copertura florale dei boschi di nuovo impianto

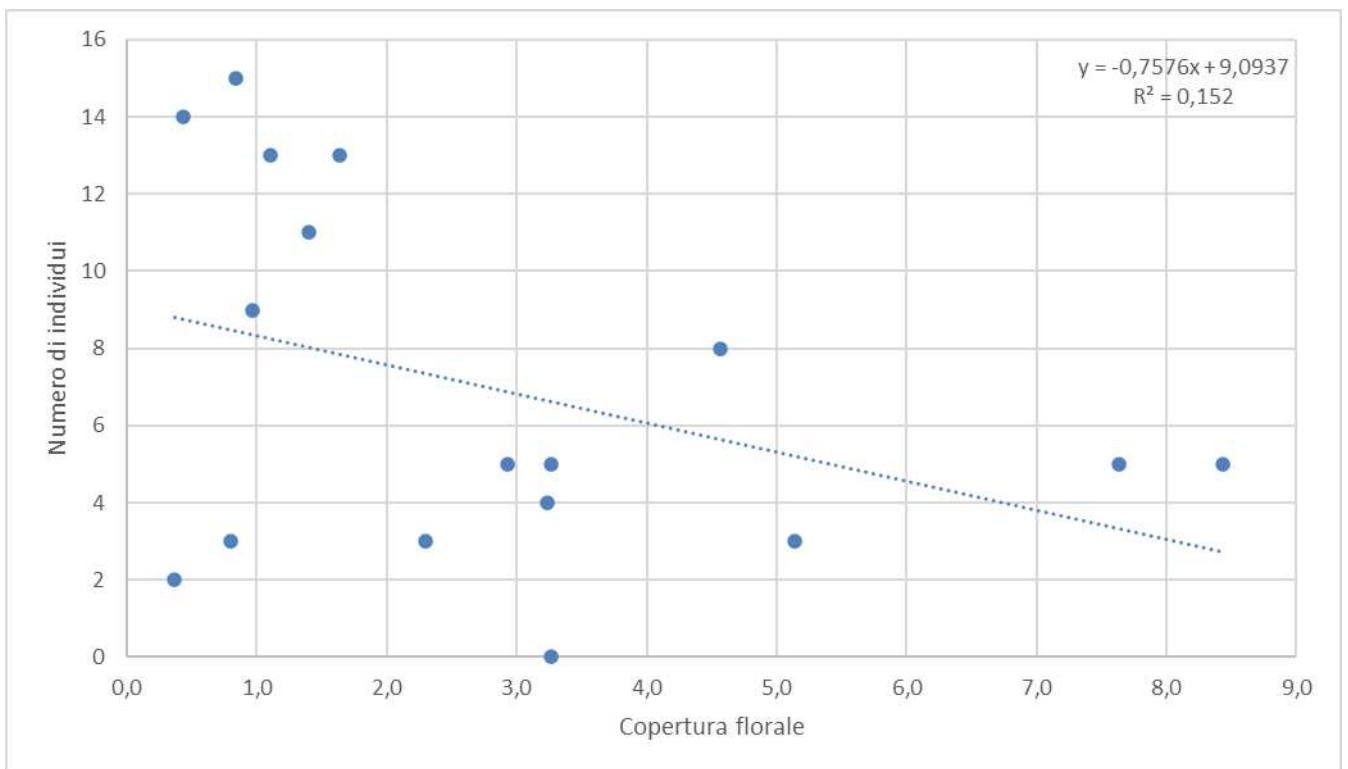


Figura 25 Numero di catture di lepidotteri per la copertura florale dei boschi di nuovo impianto

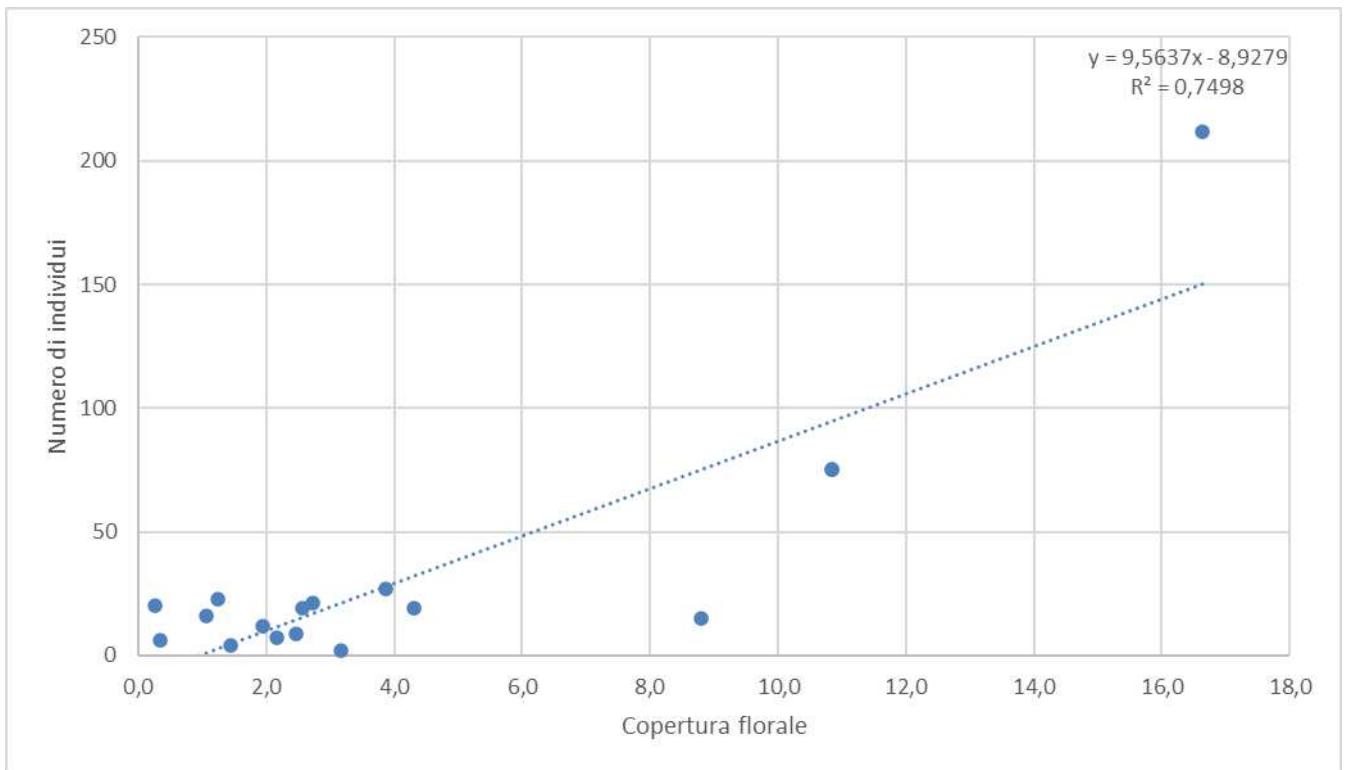


Figura 26 Numero di catture di apoidei per la copertura florale dei boschi relitti

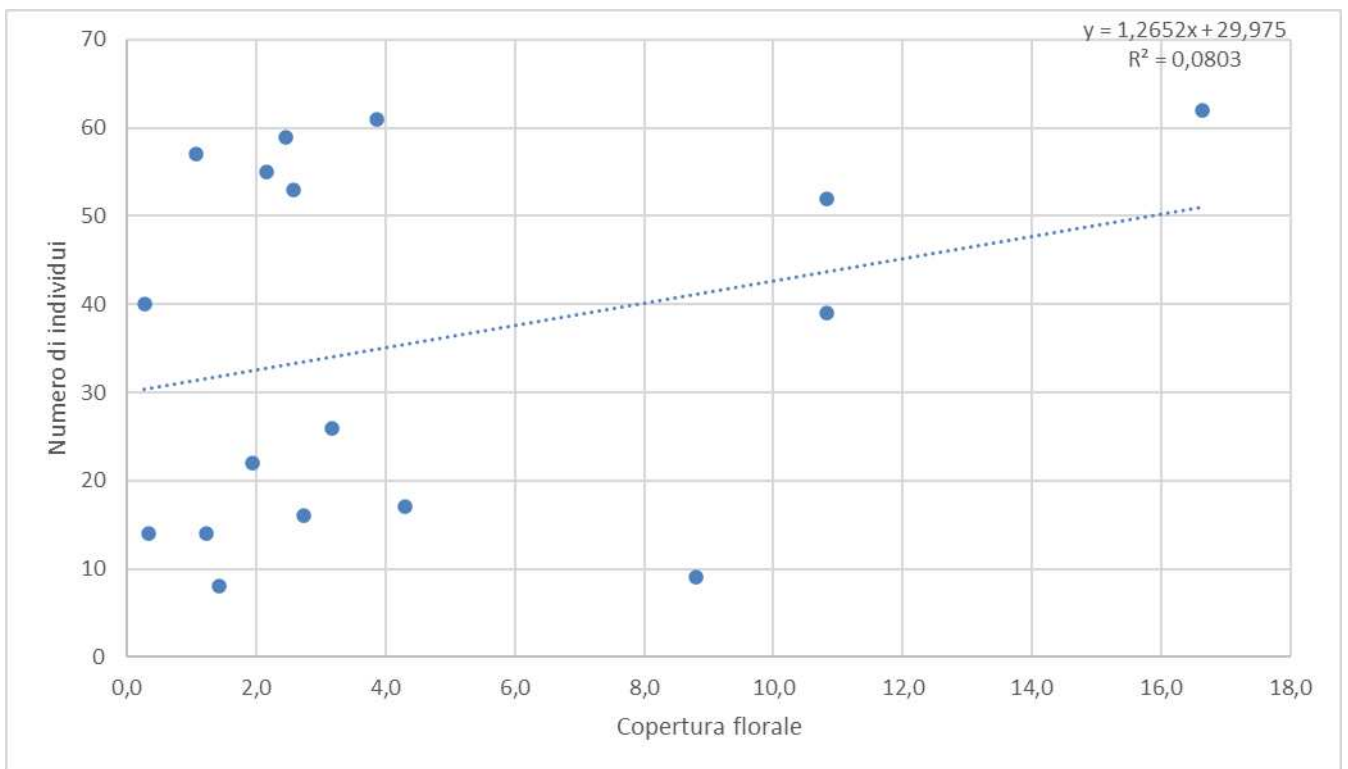


Figura 27 Numero di catture di sirfidi per la copertura florale dei boschi relitti

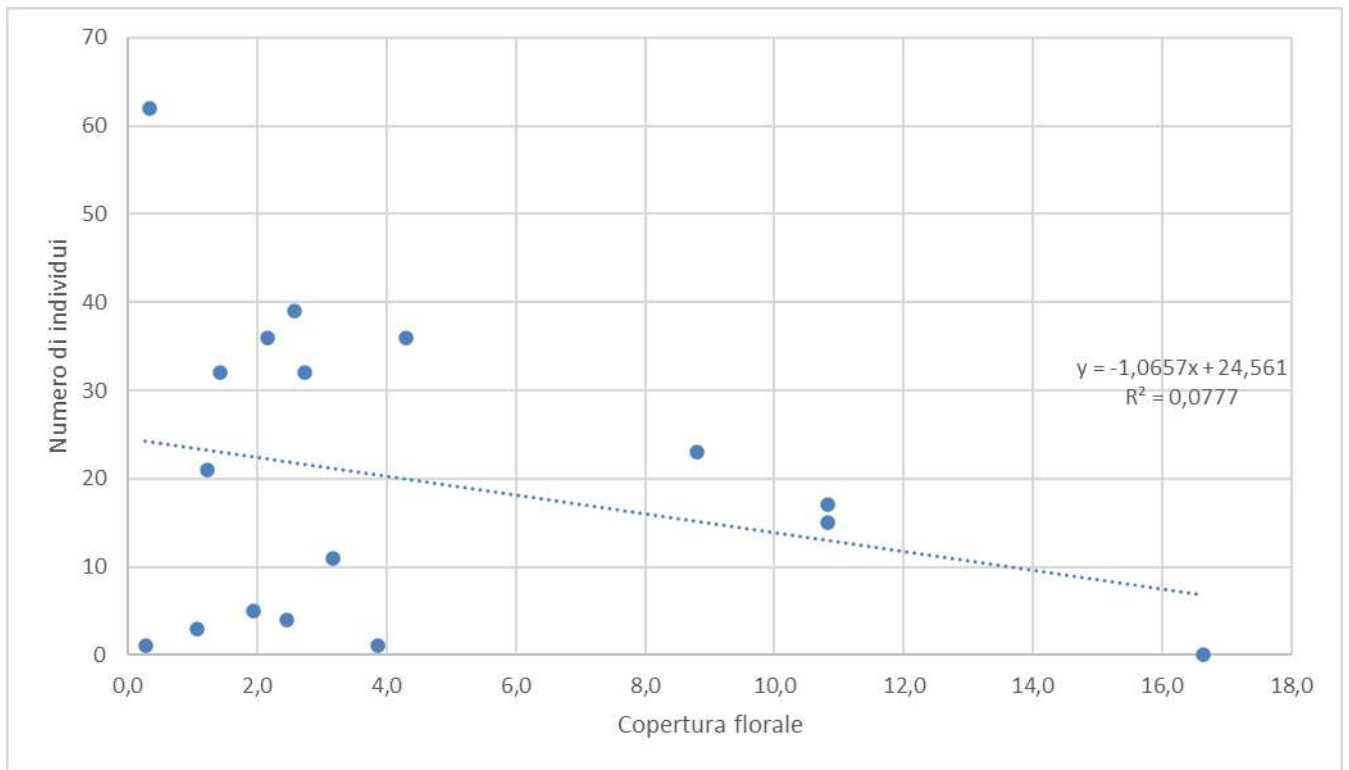


Figura 28 Numero di catture di lepidotteri per la copertura floreale dei boschi relitti

Lo stesso tipo di analisi è stato fatto utilizzando la copertura delle chiome al posto della copertura floreale. Prima è stato fatto un confronto utilizzando gli impollinatori totali catturati con la media delle coperture per i boschi di nuovo impianto e per i boschi relitti come si può vedere in figura 29 e 30. Dopodiché è stata fatta un'analisi di dettaglio per i vari gruppi per i boschi di nuovo impianto come in figura 31, 32 e 33 e poi per i boschi relitti come in figura 34, 35 e 36.

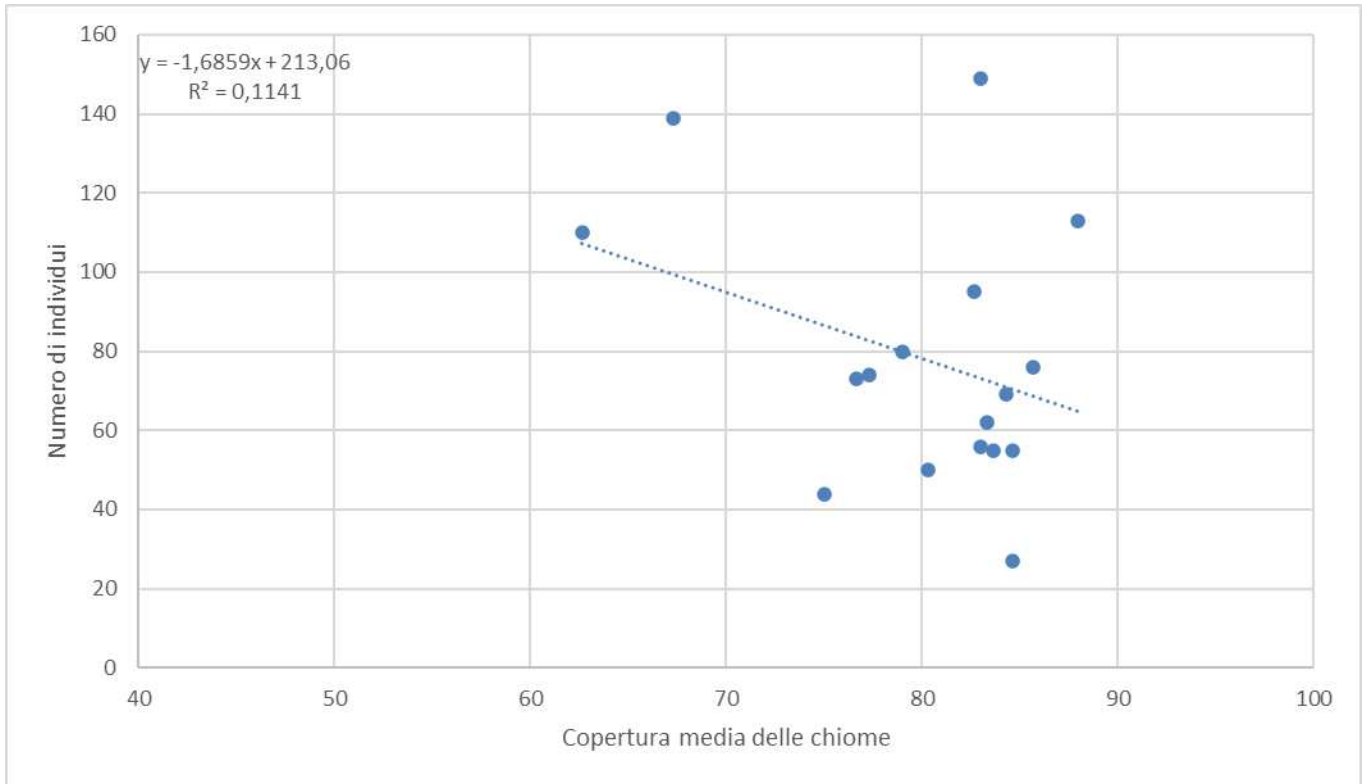


Figura 29 Numero di impollinatori catturati per la copertura media delle chiome per i boschi di nuovo impianto

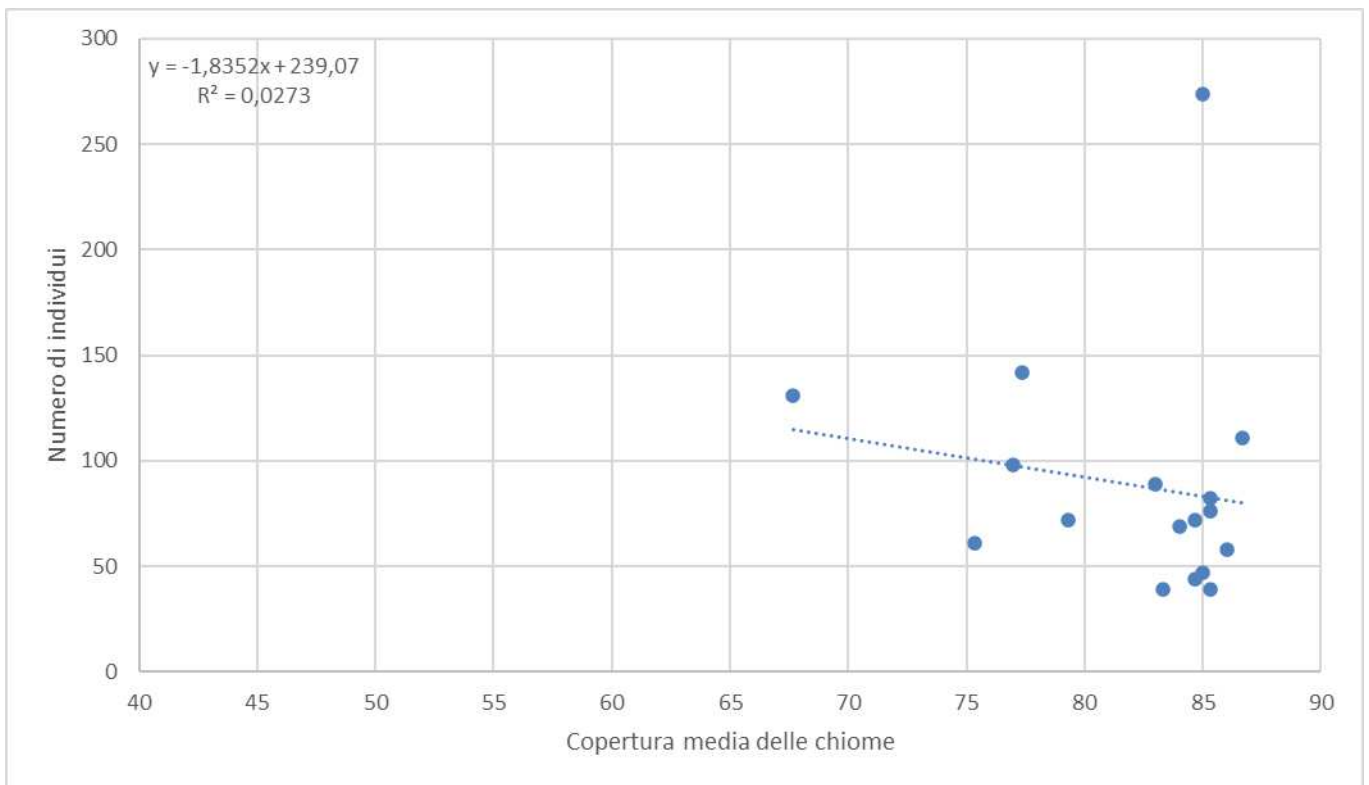


Figura 30 Numero di impollinatori catturati per la copertura media delle chiome per i boschi relitti

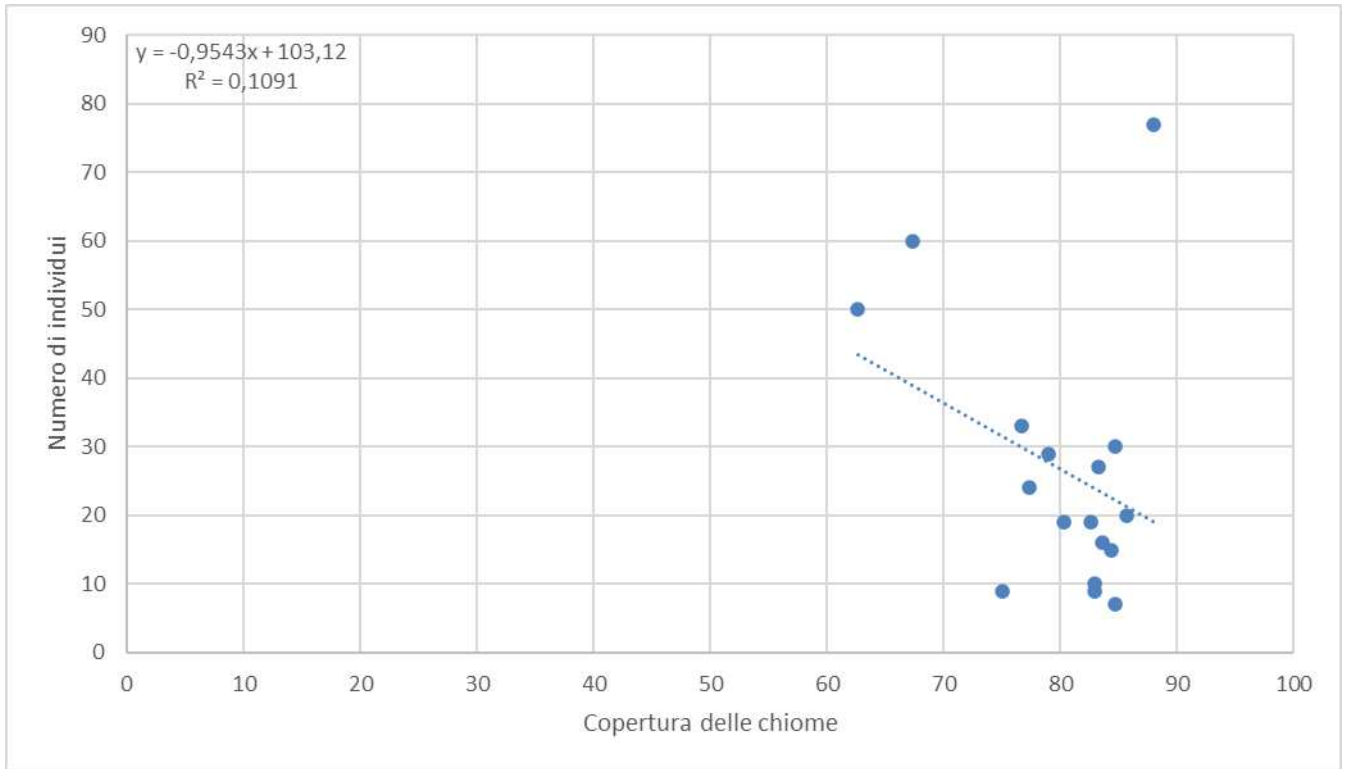


Figura 31 Numero di apoidei catturati per la copertura media delle chiome nei siti di bosco di nuovo impianto

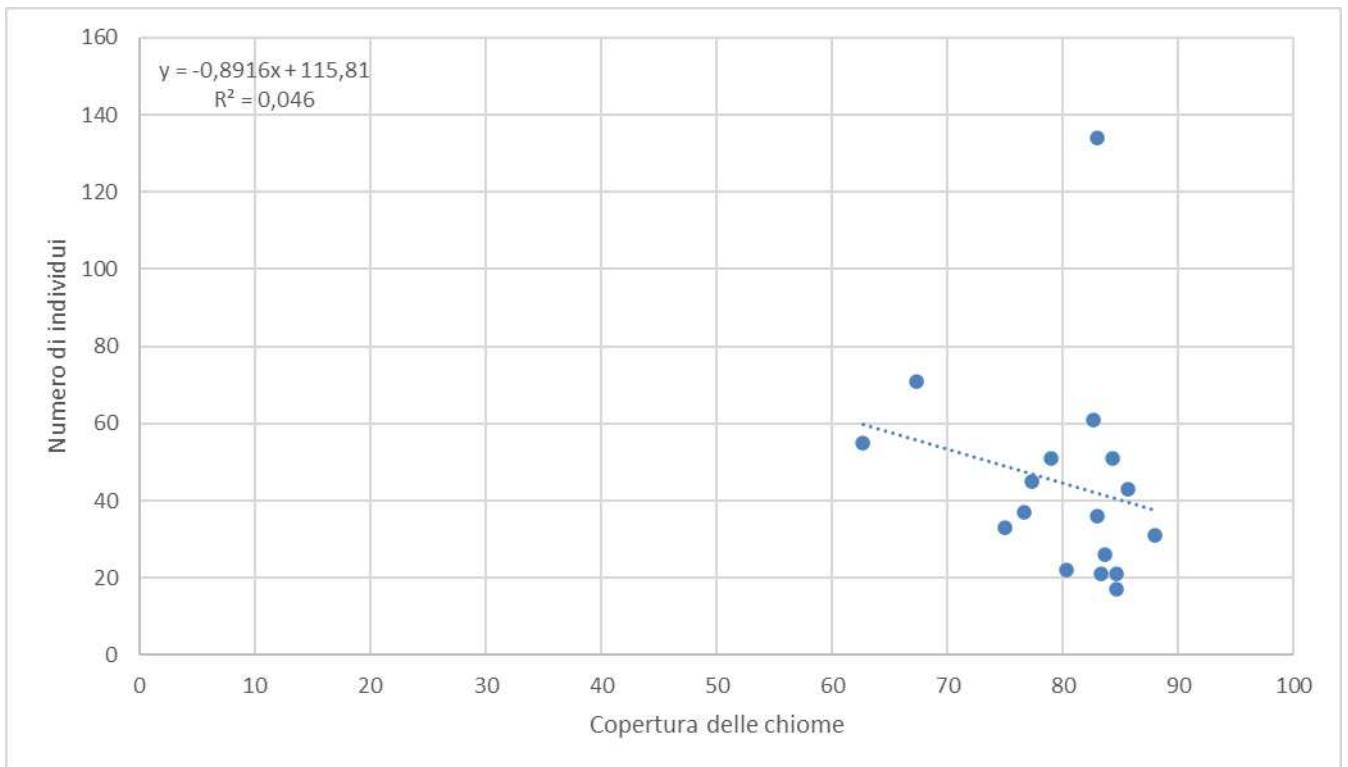


Figura 32 Numero di sirfidi catturati per la copertura media delle chiome nei siti di bosco di nuovo impianto

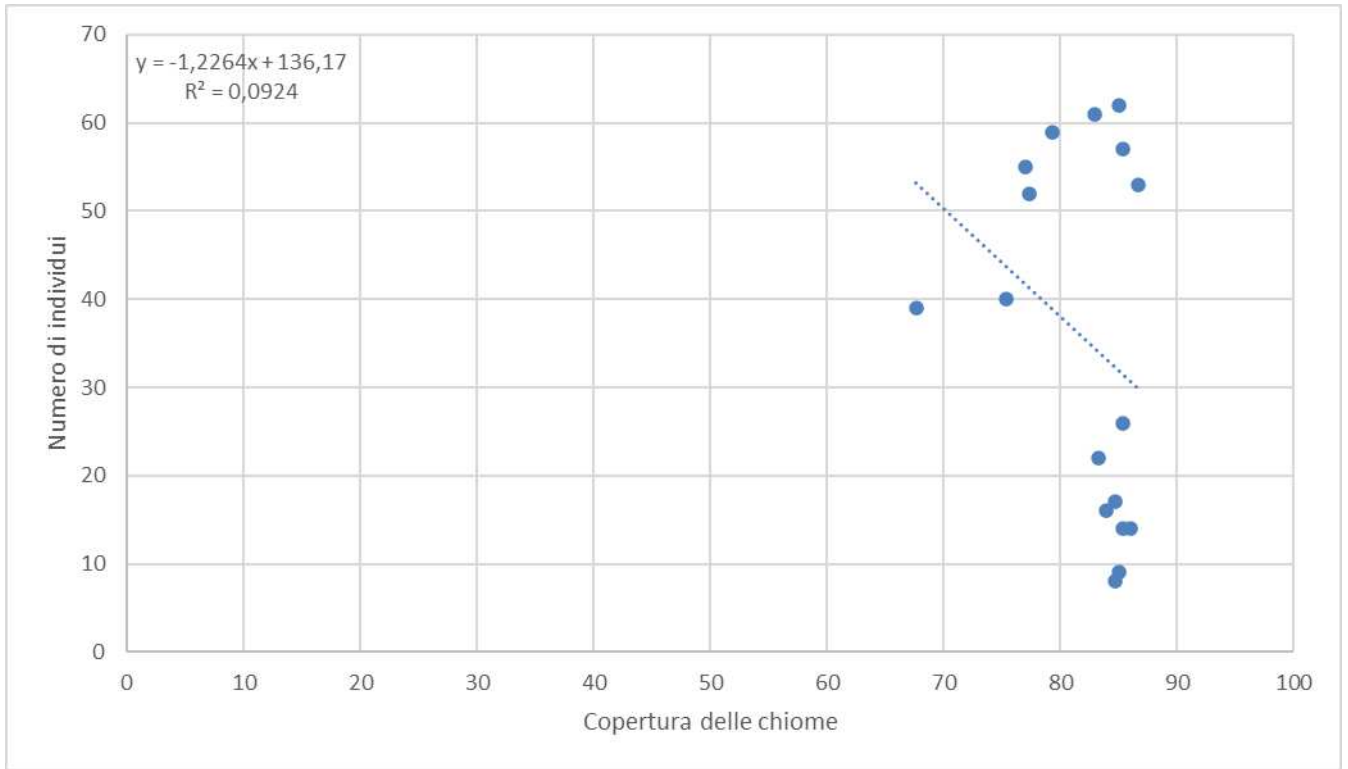


Figura 35 Numero di sirfidi catturati per la copertura media delle chiome nei siti di bosco relitto

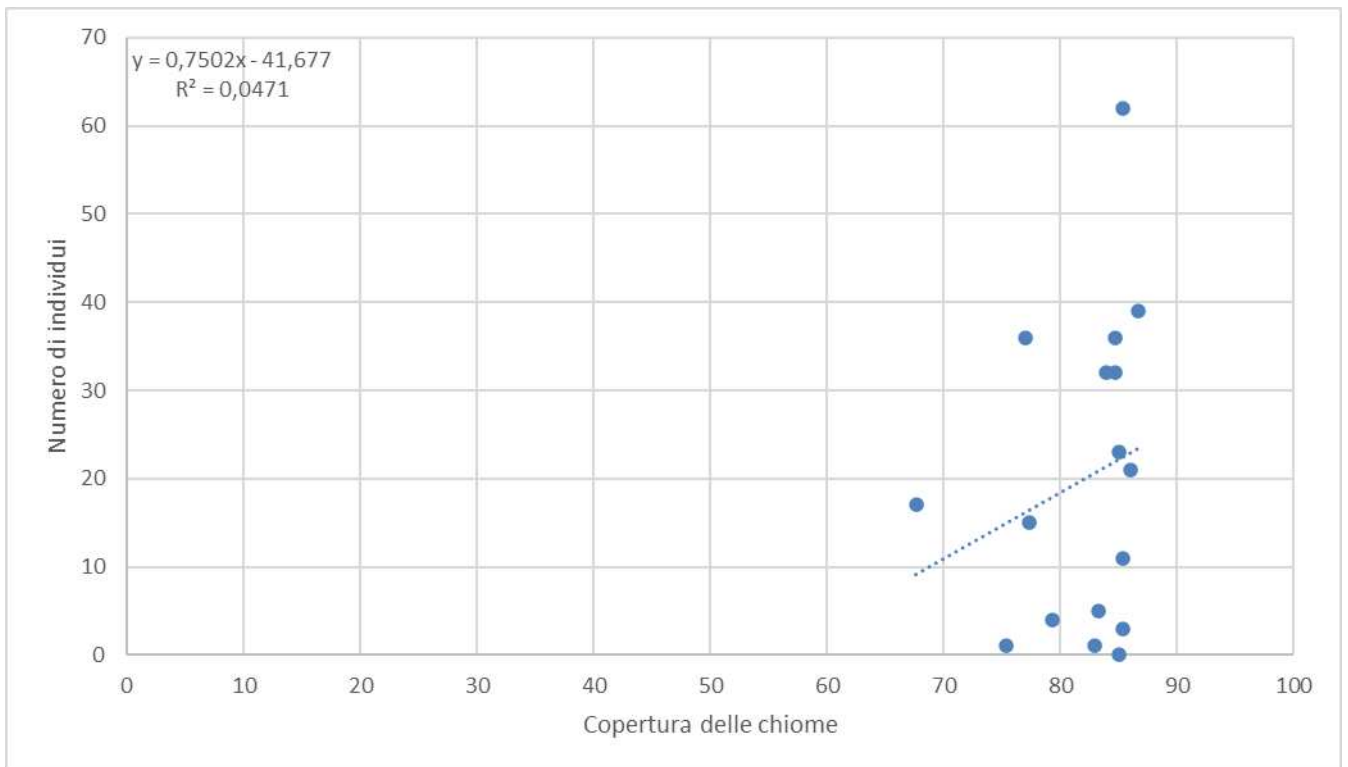


Figura 36 Numero di lepidotteri catturati per la copertura media delle chiome nei siti di bosco relitto

4. DISCUSSIONE

In base ai dati raccolti durante l'intero campionamento è emerso come il numero di impollinatori catturati sia maggiore nei siti di bosco planiziale relitto rispetto ai siti di bosco di nuovo impianto. Tuttavia, come si vede confrontando il numero di catture con l'età di impianto del bosco, queste diminuiscono al diminuire dell'età come si vede in figura 17. Nel dettaglio dei vari gruppi in cui sono stati suddivisi gli impollinatori (apoidei, sirfidi e lepidotteri) si vede la stessa tendenza sia per gli apoidei sia per i lepidotteri mentre risulta meno marcata per quanto riguarda i sirfidi. Questo può essere dovuto all'elevato numero di *Episyrphus balteatus* che sono stati identificati nei vari siti. Questo sirfide si adatta a diversi tipi di habitat, quindi, non è strettamente legato ad habitat complessi come i boschi relitti; infatti, è l'impollinatore in generale con il più alto numero di catture in questo campionamento. Le altre analisi fatte hanno riguardato la copertura delle chiome e la copertura florale. Inizialmente si è nota la variabilità dei dati raccolti che è rappresentata nei grafici 15 e 16. La copertura delle chiome non presenta una variabilità significativa e non c'è una sostanziale differenza tra siti di bosco planiziale di nuovo impianto e relitti. Per la copertura florale invece la differenza tra boschi di nuovo impianto e boschi relitti è più marcata con i boschi relitti che tendono ad avere una maggiore copertura florale come si vede nel grafico 15. La variabilità è maggiore nei siti relitti rispetto ai siti di nuovo impianto. Confrontando quindi il numero totale di impollinatori presi con la copertura florale media si vede una tendenza positiva, come si vede in figura 21 e 22. In particolare, per i boschi relitti si può apprezzare come all'aumentare della copertura florale media aumentino gli insetti impollinatori catturati. Il confronto tra copertura delle chiome e numero di impollinatori catturati invece mostra una tendenza negativa all'aumentare della copertura media delle chiome, come si può notare in figura 29 e 30. Nello specifico, si nota come nei boschi planiziali di nuovo impianto con il chiudersi delle chiome, le catture totali diminuiscono sensibilmente. Questa analisi, tuttavia, è meno indicativa rispetto alla correlazione con la copertura florale. La correlazione tra la superficie del sito e il numero di individui catturati non ha portato ad alcuno tipo di correlazione a differenza di quanto la bibliografia suggerisce (Proesmans et al. 2019). Di seguito un approfondimento suddiviso nei 3 macro gruppi scelti per il campionamento.

4.1 SIRFIDI

Il gruppo dei sirfidi, come già detto, è quello con maggior catture con un totale di 66 specie. Come si vede in figura 5 sono state prese leggermente più specie nei boschi planiziali relitti rispetto a quelli di nuovo impianto. Il motivo per cui c'è questa differenza è perché nei siti di bosco relitto sono presenti oltre alle specie generaliste come *Episyrphus balteatus* anche specie che necessitano di ambienti più complessi per il loro ciclo vitale come la *Volucella inflata*. Un altro motivo può essere la maggior copertura floreale nei siti relitti rispetto a siti di nuovo impianto. Infatti, il gruppo dei sirfidi mostra una tendenza positiva nei grafici che mostrano le catture confrontate con la copertura florale. Nei siti di bosco relitto la relazione è più evidente come si vede in figura 27 anche se non come rispetto al totale degli impollinatori catturati. Nei siti di bosco planiziale di nuovo impianto la correlazione tra copertura floreale e sirfidi catturati è meno evidente come si può vedere in figura 24 ma comunque resta una tendenza positiva. Analizzando poi la relazione tra il

numero di sirfidi catturati e la copertura media delle chiome, si nota come sia per i boschi planiziali relitti che per i boschi planiziali di nuovo impianto, il numero di sirfidi catturati tenda a diminuire all'aumentare della copertura delle chiome. Questo perché le specie di sirfidi generaliste sono influenzate positivamente dall'esposizione solare, quindi da una copertura delle chiome minore, e risultati simili sono stati trovati anche da Proesmans et al. 2019. Un altro elemento da considerare infine è la posizione dei siti sia relitti che di nuovo impianto nel contesto territoriale. Questi siti infatti sono quasi sempre situati in un contesto agricolo e questo rende quindi difficile marcare le differenze tra boschi relitti e boschi di nuovo impianto in quanto le specie generaliste riescono a compiere il loro ciclo e a trovare zone di alimentazione favorevoli intorno ai boschi relitti in particolare per le specie le cui larve sono afidofaghe. Queste ultime in particolare traggono grande vantaggio dalla presenza di coltivazioni agricole nei dintorni di habitat naturali come i boschi planiziali. Questo è quindi uno dei motivi per cui, anche nei boschi relitti le specie generaliste risultano comunque abbondanti.

4.2 APOIDEI

Per quanto riguarda gli apoidei sono stati catturati più individui nei boschi relitti rispetto ai boschi di nuovo impianto. Tuttavia, la specie più rilevata in entrambi i siti è *Apis mellifera*, che però è una specie legata ad attività antropica e non strettamente legata alle caratteristiche del bosco. Il numero di specie rilevate è elevato per un totale di 90 specie in totale, suddivise in 70 specie nei boschi di nuovo impianto e 68 nei boschi relitti. La differenza di specie è minima come si vede in figura 12 e per quanto alcune specie siano presenti in entrambi i tipi di bosco alcune dipendono dalle condizioni del sito. Va specificato anche che, per quanto l'abbondanza di specie sia un buon fattore che indica l'importanza di questi boschi, il numero di individui identificati per ogni specie non è molto elevato pur avendo un totale di 1013 individui per il campionamento. Un gruppo che oltre alle api mellifere riporta i numeri più importanti e che merita un approfondimento è quello del genere *Bombus*. Come si vede in figura 11 sia per il numero di specie sia per il numero di individui i boschi planiziali relitti mostrano una maggiore ricchezza di biodiversità rispetto ai boschi di nuovo impianto. Un'ulteriore analisi è stata fatta poi per l'intero gruppo degli apoidei, in particolare è stato confrontato l'anno di impianto dei boschi planiziali di nuovo impianto con il numero di apoidei rilevati. Come si vede in figura 20 è chiaro come ci sia una tendenza negativa al diminuire dell'età del bosco. Questo è dovuto anche al fatto che molte specie di api solitarie prediligono ambienti con presenza di terreno nudo e legno morto per poter nidificare che sono elementi tipici di boschi già in stadio avanzato di crescita. Un'ulteriore analisi è stata fatta confrontando il numero di apoidei catturati e identificati con la copertura florale sia dei siti di bosco relitto sia di bosco di nuovo impianto. In figura 23 si vede la tendenza positiva nei boschi di nuovo impianto e in figura 26 si vede ancora più chiaramente questa correlazione. Nell'articolo di Proesmans et al. 2019 viene infatti indicato come altri lavori abbiamo dimostrato che la presenza di polline e nettare sia uno dei fattori chiave per quanto, come precisato nell'articolo gli studi sono riferiti ad habitat seminaturali e non prettamente ad habitat forestali. Tuttavia, viene indicato come alcune specie di margine come *Rubus spp.* possano influenzare positivamente la presenza e l'abbondanza di apoidei. Infine, è stata fatta un'analisi confortando il numero di apoidei con la copertura media delle chiome sia per i boschi relitti

sia per i boschi planiziali. In figura 33 e 36 si vede come anche per questo gruppo la tendenza sia negativa. Questo perché come indicato in bibliografia gli apoidei reagiscono positivamente ad habitat ben illuminati. L'esposizione alla luce è un fattore importante specialmente per le specie termofile che vivono in ambienti chiusi come i boschi relitti. Anche per questo gruppo è d'obbligo considerare la matrice territoriale in cui i siti sia di bosco relitto che di bosco di nuovo impianto, sono situati. La presenza di zone agricole può infatti sopperire alla mancanza di fonti di polline e nettare all'interno del bosco. Queste zone di alimentazione esterne devono però avere anche margini inerbiti e siepi che fungano da corridoio per gli apoidei che utilizzano come vie per arrivare ai siti di alimentazione. Un aspetto che tuttavia non può essere soddisfatto da ecosistema semplificato come quello agricolo è la zona di nidificazione. Molte specie necessitano infatti di zone di nidificazione che presentano come caratteristiche chiave la presenza di terreno nudo oppure di legno morto e cavità. Queste sono tutte caratteristiche tipiche di boschi relitti o in avanzato stato di età.

4.3 LEPIDOTTERI

I lepidotteri sono il gruppo con il minor numero di catture e si vede chiaramente una differenza tra boschi planiziali relitti e boschi di nuovo impianto (figura 6). Questo è dovuto principalmente all'abbondanza di individui di *Amata phegea*, questa specie è risultata essere la più abbondante specialmente nei siti di bosco relitto. L'abbondanza di specie è più bassa rispetto agli altri due gruppi di questo studio e risulta che nei siti di nuovo impianto siano presenti più specie che nei siti relitti. Come si vede in figura 8 le due specie con il maggior numero di catture hanno mostrato un aumento delle catture verso la fine del campionamento specialmente per *Amata phegea*. Confrontando poi il numero di catture di lepidotteri con l'anno di impianto dei boschi di nuovo impianto si vede come non ci sia una correlazione tra l'invecchiamento dei boschi e il numero di lepidotteri catturati. Il confronto invece tra il numero di catture e la copertura florale ha mostrato invece una tendenza negativa come si vede in figura 25 e 28, per i due tipi di bosco. Questa tendenza è più chiara nei siti di bosco di nuovo impianto rispetto ai boschi relitti. Infine, è stato analizzato il numero di catture sulla copertura media delle chiome sia per i boschi relitti sia per i boschi di nuovo impianto. Questa analisi ha mostrato una tendenza inversa rispetto agli altri due gruppi: all'aumentare della copertura delle chiome, maggiori sono le catture. Questa tendenza positiva non è comunque molto marcata ma risulta interessante come sia chiaramente inversa rispetto ad apoidei e sirfidi. Un motivo può essere il fatto che le specie di lepidotteri sono più legate ad ambienti di margine rispetto ad ambienti puramente forestali. Quindi le specie rilevate potrebbero essere solo di passaggio all'interno dell'ambiente forestale.

5. CONCLUSIONI

Dalle analisi realizzate, le comunità di impollinatori dei boschi planiziali risultano ancora presenti. Il declino degli impollinatori è ormai un fatto accertato (Prozesmans et al. 2019) e il presente studio mostra come la presenza di habitat forestali rappresenti una misura di tutela verso apoidei sirfidi e anche lepidotteri. Si nota infatti che la presenza di boschi, specialmente relitti, svolge un ruolo chiave nel mantenimento della biodiversità degli impollinatori. Questi boschi sono poi situati in aree dove il forte utilizzo agricolo del territorio permette di trarre al meglio il servizio di impollinazione. Le colture agricole tendono ad avere incrementi di resa quando avviene un'impollinazione ad opera di insetti impollinatori (Ollerton et al. 2011). Tuttavia, il forte e storico utilizzo agricolo del suolo ha portato non solo alla riduzione delle superfici boscate nelle zone planiziali ma anche al loro progressivo isolamento. Questi boschi, infatti, non sempre sono connessi ad altri habitat naturali o seminaturali. L'isolamento e la perdita di habitat sono alcuni dei fattori che portano al declino delle comunità di insetti impollinatori (Spiesman et al. 2013). Inoltre, l'agricoltura intensiva ha portato alla scomparsa di elementi una volta tipici del paesaggio agricolo come siepi e prati che fungevano da corridoi ecologici tra i vari boschi. Risulta quindi fondamentale implementare degli strumenti per il mantenimento e la possibile espansione dei boschi planiziali. Ad oggi i due strumenti principali sono le compensazioni ecologiche e la legge per la riduzione delle superfici boscate. Le compensazioni ecologiche sono realizzate a seguito di interventi antropici che vanno ad impattare su habitat preesistenti. Vengono utilizzate ad oggi solo quindi per i casi peggiori in cui non viene trovato nessun altro modo per mitigare l'impatto dell'intervento e sono obbligatorie solo per interventi che ricadono all'interno di siti Natura 2000, sono invece poco utilizzate per la pianificazione territoriale. Le Regioni, Province e Comuni dovrebbero quindi utilizzare maggiormente questo strumento anche al di fuori di interventi riguardanti siti Natura 2000. Inoltre, gli interventi di compensazione dovrebbero avere sempre come obiettivo quello di aumentare la superficie di habitat disturbato che si va a ricostruire. Il secondo strumento, ovvero la legge per la riduzione delle superfici boscate, permette di mantenere invariata la superficie boscata nazionale. Tuttavia, questa superficie è concentrata in zone come le Alpi e gli Appennini, ma risulta molto rada in zone ad elevata antropizzazione come la pianura padana. Sarebbe quindi ideale aumentare le superfici non lì dove sono già abbondantemente presenti ma in zone dove la superficie boscata è rada e non interconnessa. È evidente quindi come la presenza di aree boscate, specialmente relitte, sia da considerarsi come un obiettivo per il mantenimento della biodiversità in zone con un paesaggio semplificato. Non è presente, tuttavia, un sistema che consideri quale sia un valore da utilizzare per indicare una compensazione che abbia avuto successo e che sia riuscita non solo a ricreare l'habitat originario, ma anche a migliorarlo. In questo elaborato risulta come alcuni valori quali l'età e la superficie florale possano, essere degli indicatori per le comunità di insetti impollinatori. La presenza stessa, inoltre, di comunità di una certa rilevanza e di una certa complessità di impollinatori, è un altro fattore che si potrebbe includere nella valutazione delle compensazioni post realizzazione. La presenza quindi di aree di bosco planiziale e di nutrite comunità di insetti impollinatori è un fattore importante per il mantenimento della biodiversità e per continuare il mantenimento dei servizi ecosistemici che queste due entità correlate producono.

BIBLIOGRAFIA

Anderson, David R. «Guidelines for Line Transect Sampling of Biological Populations», s.d.

Apostolopoulou, Evangelia, e William M. Adams. «Biodiversity Offsetting and Conservation: Reframing Nature to Save It». *Oryx* 51, fasc. 1 (gennaio 2017): 23–31.

<https://doi.org/10.1017/S0030605315000782>.

Decocq, Guillaume, Emilie Andrieu, Jörg Brunet, Olivier Chabrierie, Pieter De Frenne, Pallieter De Smedt, Marc Deconchat, et al. «Ecosystem Services from Small Forest Patches in Agricultural Landscapes». *Current Forestry Reports* 2, fasc. 1 (marzo 2016): 30–44.

<https://doi.org/10.1007/s40725-016-0028-x>.

Groenendijk, Dick. «Conservation of Moths in The Netherlands: Population Trends, Distribution Patterns and Monitoring Techniques of Day-Flying Moths», s.d.

Josefsson, Jonas, Lina Ahlbäck Widenfalk, Malgorzata Blicharska, Marcus Hedblom, Tomas Pärt, Thomas Ranius, e Erik Öckinger. «Compensating for Lost Nature Values through Biodiversity Offsetting – Where Is the Evidence?» *Biological Conservation* 257 (maggio 2021): 109117. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109117>.

Lebuhn, Gretchen, Sam Droege, Edward F. Connor, Barbara Gemmill-Herren, Simon G. Potts, Robert L. Minckley, Terry Griswold, et al. «Detecting Insect Pollinator Declines on Regional and Global Scales: Detecting Pollinator Declines». *Conservation Biology* 27, fasc. 1 (febbraio 2013): 113–20. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2012.01962.x>.

Mitchell, Matthew G. E., Elena M. Bennett, e Andrew Gonzalez. «Forest Fragments Modulate the Provision of Multiple Ecosystem Services». A cura di Cristina Banks-Leite. *Journal of Applied Ecology* 51, fasc. 4 (agosto 2014): 909–18.

<https://doi.org/10.1111/1365-2664.12241>.

Ollerton, Jeff, Rachael Winfree, e Sam Tarrant. «How Many Flowering Plants Are Pollinated by Animals?» *Oikos* 120, fasc. 3 (marzo 2011): 321–26.

<https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2010.18644.x>.

Proesmans, Willem, Dries Bonte, Guy Smagghe, Ivan Meeus, Guillaume Decocq, Fabien Spicher, Annette Kolb, et al. «Small Forest Patches as Pollinator Habitat: Oases in an Agricultural Desert?» *Landscape Ecology* 34, fasc. 3 (15 marzo 2019): 487–501.

<https://doi.org/10.1007/s10980-019-00782-2>.

Rega, Carlo. «Ecological Compensation in Spatial Planning in Italy». *Impact Assessment and Project Appraisal* 31, fasc. 1 (marzo 2013): 45–51.

<https://doi.org/10.1080/14615517.2012.760228>.

Speight, M C D. «SPECIES ACCOUNTS OF EUROPEAN SYRPHIDAE, 2017», s.d.

Spiesman, Brian J., e Brian D. Inouye. «Habitat Loss Alters the Architecture of Plant–Pollinator Interaction Networks». *Ecology* 94, fasc. 12 (dicembre 2013): 2688–96.

<https://doi.org/10.1890/13-0977.1>.

Ulyshen, Michael, Katherine R. Urban-Mead, James B. Dorey, e James W. Rivers. «Forests Are Critically Important to Global Pollinator Diversity and Enhance Pollination in Adjacent Crops». *Biological Reviews*, 6 marzo 2023, brv.12947. <https://doi.org/10.1111/brv.12947>.

SITOGRAFIA

https://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/faq_it.htm#1-0 per le informazioni sulla Rete Natura 200

<https://www.beewatching.it/impollinatore/bombus-bombi/> per le informazioni sul genere *Bombus*