

doi.org/10.83114/reticula40/01

IL SERVIZIO ECOSISTEMICO DELL'IMPOLLINAZIONE NEI PARCHI NAZIONALI DELL'APPENNINO CENTRO - SETTENTRIONALE

Chiara Benedetta Boni¹, Francesca Coppola^{1,2}, Simona Sagona³, Gaia Di Francescantonio¹, Leo Sassano², Davide Alberti⁴, Stefano Tempesti⁴, Marco Bonifacino⁵, Cristina Mantoni⁶, Elena Curcetti⁷, Roberta Latini⁸, Anna Marta Lazzeri⁸, Marco Di Santo⁹, Luciano Di Martino⁹, Rossella Ferretti⁹, Marino Quaranta¹⁰, [Antonio Felicioli](#)¹, [Giorgio Davini](#)⁷

¹Dipartimento di Scienze Veterinarie - Università di Pisa, ²Centro di Ricerche Agro-Ambientali "Enrico Avanzi" - Università di Pisa, ³Dipartimento di Farmacia - Università di Pisa, ⁴Ente Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi, Monte Falterona e Campigna, ⁵Dipartimento di Biologia - Università di Firenze, ⁶Dipartimento di Medicina Clinica, Sanità Pubblica, Scienze della Vita e dell'Ambiente - Università degli studi dell'Aquila, ⁷Ente Parco Nazionale Gran Sasso e Monti della Laga, ⁸Ente Parco Nazionale Abruzzo, Lazio e Molise, ⁹Ente Parco Nazionale della Maiella, ¹⁰CREA, Centro di ricerca Agricoltura e Ambiente, Bologna

Abstract: L'impollinazione entomofila, soprattutto da parte degli apoidei, è essenziale per oltre l'87% delle piante spontanee e il 70% delle colture. Dal 2021, le direttive Biodiversità del Ministro dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica hanno promosso e finanziato attività di monitoraggio coordinate da ISPRA e dall'Università di Torino-UNITO-DBIOS nei Parchi Nazionali per il monitoraggio e la conservazione degli impollinatori selvatici. In quattro Parchi dell'Appennino centro-settentrionale, seguendo il protocollo allegato alla Direttiva e in linea con il protocollo europeo EUPoMs, sono state rilevate specie a rischio come *Bombus konradini*, *Colletes wolffi* e *Lasioglossum marginellum*. Inoltre, l'analisi della rete pollinica ha evidenziato una generale ripartizione nell'uso delle risorse trofiche disponibili tra api da miele e apoidei. Questi dati preliminari offrono una base importante per approfondire le interazioni tra apoidei e flora, evidenziando il ruolo cruciale degli impollinatori nei Parchi Nazionali.

Parole chiave: Aree protette, apoidei, interazione trofica, conservazione della biodiversità.

THE ECOSYSTEM SERVICE OF POLLINATION IN THE NATIONAL PARKS OF THE NORTH-CENTRAL APENNINES

Chiara Benedetta Boni¹, Francesca Coppola^{1,2}, Simona Sagona³, Gaia Di Francescantonio¹, Leo Sassano², Davide Alberti⁴, Stefano Tempesti⁴, Marco Bonifacino⁵, Cristina Mantoni⁶, Elena Curcetti⁷, Roberta Latini⁸, Anna Marta Lazzeri⁸, Marco Di Santo⁹, Luciano Di Martino⁹, Rossella Ferretti⁹, Marino Quaranta¹⁰, [Antonio Felicioli](#)¹, [Giorgio Davini](#)⁷

¹Department of Veterinary Sciences - University of Pisa, ²Interdepartmental Center of Agro-Environmental Research "Enrico Avanzi" - University of Pisa, ³Department of Pharmacy - University of Pisa, ⁴Foreste Casentinesi, Monte Falterona e Campigna National Park, ⁵Department of Biology - University of Florence, ⁶Department of Clinical Medicine, Public Health, Life and Environmental Sciences - University of L'Aquila, ⁷Gran Sasso e Monti della Laga National Park, ⁸Abruzzo, Lazio e Molise National Park, ⁹Maiella National Park, ¹⁰CREA Research Centre for Agriculture and Environment, Bologna

Abstract: Entomophilous pollination, especially bee-pollination, is essential for over 87% of wild plant species and 70% of crops. Since 2021, the Biodiversity Directives, issued by the Italian Ministry of Environment and Energy Security, have promoted and funded monitoring activities coordinated by ISPRA and the University of Turin (UNITO-DBIOS) within National Parks, aimed at assessing and conserving wild pollinators. Following the protocol Annexed to the Directive and aligned with the European EUPoMS protocol, species at risk such as *Bombus konradini*, *Colletes wolfi*, and *Lasioglossum marginellum* were recorded in four parks of the Central-Northern Apennines. Furthermore, pollen network analysis revealed a general partitioning in the use of available trophic resources between managed honey bees and wild bees. These preliminary data provide an important basis to further research into the interactions between bees and flora, highlighting the crucial role of pollinators in National Parks.

Keywords: protected Areas, wild bees, trophic interaction, biodiversity conservation.

INTRODUZIONE

I servizi ecosistemici sono il risultato delle componenti, dei processi e delle funzioni che caratterizzano un ecosistema. La biodiversità, intesa come diversità degli ecosistemi e delle loro funzioni ecologiche, rappresenta un indicatore fondamentale della qualità ambientale e garantisce benefici a tutti gli organismi che ne dipendono ([MEA, 2005](#); [Danley e Widmarck, 2016](#); [Huynh et al., 2022](#)). Sebbene la definizione di servizi ecosistemici sia ancora fortemente dibattuta, ci si riferisce a un concetto legato all'utilità della funzione ecologica per l'uomo ([MEA, 2005](#); [Danley e Widmarck, 2016](#); [Huynh et al., 2022](#)). Questi servizi derivano dal naturale funzionamento degli ecosistemi naturali, indipendentemente dalla presenza di fruitori ([MEA, 2005](#)). L'[IPBES](#) (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem) e il [Millennium Ecosystem Assessment](#) hanno classificato i servizi ecosistemici in quattro gruppi funzionali: (I) servizi di sostegno o di supporto che permettono il mantenimento dei processi ecologici di base (es. formazione del suolo, ciclo dei nutrienti, produzione di biomassa), (II) servizi di approvvigionamento (tutte quelle risorse materiali che vengono fornite dalla natura come cibo, acqua, legname, fibre, etc.), (III) servizi di regolazione (quei servizi i cui benefici sono ottenuti dalla regolazione di processi ecosistemici, ad esempio in relazione al clima, azione di agenti patogeni e regime delle acque) e (IV) servizi culturali intesi come l'insieme dei benefici immateriali ottenuti dagli ecosistemi (relazioni sociali e senso spirituale, etico, ricreativo, estetico). Tra i servizi ecosistemici, l'impollinazione rappresenta uno dei servizi chiave a sostegno della biodiversità indispensabile negli

ecosistemi naturali e agricoli e per questo classificato sia come servizio di supporto (I) in quanto essenziale per la riproduzione delle piante, sia, di conseguenza, come servizio di approvvigionamento (II) perché fornisce direttamente prodotti utili all'alimentazione umana ([MEA, 2005](#); [Santolini, 2010](#)). La biodiversità vegetale si rispecchia pertanto nella biodiversità degli impollinatori, i quali si differenziano per il loro adattamento ambientale consentendo un'impollinazione efficace anche in condizioni non ottimali, garantendo una stabilità riproduttiva vegetale sia nel tempo che nello spazio. Il servizio di impollinazione può avvenire per meccanismi interni come l'autoimpollinazione, in cui il polline si sposta all'interno dello stesso fiore o anche grazie ad agenti esterni come il vento (anemofila), l'acqua (idrofila) e gli animali (zoofila). Gli agenti coinvolti nell'impollinazione zoofila possono essere molteplici: uccelli (ornitofila), pipistrelli (chiropterofila), piccoli mammiferi (mammale) o insetti come apoidei, farfalle, falene, coleotteri, vespe e ditteri (entomofila) ([Bellucci et al., 2021](#)). L'impollinazione entomofila operata dagli apoidei (Hymenoptera, Apoidea, Anthophila) rappresenta ad oggi un servizio ecosistemico vitale, responsabile della riproduzione stimata di più del 90% delle colture agricole su scala globale, di circa l'87% delle specie vegetali spontanee e il 70% delle colture agricole per un valore economico compreso tra 153 e 400 miliardi di euro su 1.618.000 miliardi di euro della produzione alimentare umana nel mondo e di 22 miliardi€/anno in Europa ([Gallai et al., 2009](#); [Lautenbach et al. 2012](#); [Bauer e Wing 2016](#); [Porto et al., 2020](#)). Tale importanza risiede nel rapporto mutualistico tra apoidei e piante, che rende l'impollinazione entomofila

l'unica combinazione biologica in grado di veicolare il polline per la riproduzione di molte specie vegetali e che si riflette sia sulla biodiversità apistica (Michener, 2007; Ghisbain et al., 2023; [Reverté et al., 2023](#)) che su quella vegetale, evidenziando l'importanza della salvaguardia degli apoidei sia in ambienti naturali che agrosistemi. Nonostante il ruolo chiave degli apoidei nel funzionamento degli ecosistemi non è stato ancora possibile formulare una valutazione di rischio dello *status* delle popolazioni per la maggioranza delle specie a causa della carenza di dati (DD) ([Nieto et al. 2014](#); [Quaranta et al., 2018](#)). Alla mancanza di dati si aggiunge la forte criticità legata all'attuale diffuso declino degli insetti impollinatori che rischia di alterare negativamente la diversità ambientale, il benessere umano e la produzione alimentare globale mettendo a serio rischio la loro conservazione. Ad oggi non è possibile individuare un'unica causa di tale declino e l'IPBES, in un rapporto del 2016, identifica i cambiamenti nell'uso del suolo, la gestione agricola intensiva, l'uso di pesticidi, fitofarmaci e insetticidi, l'inquinamento ambientale, i cambiamenti climatici, l'arrivo di specie esotiche invasive e nuovi patogeni come i principali fattori aventi un'azione sinergica ([IPBES, 2016](#)). La perdita di biodiversità ambientale, in particolare di quella floristica data dall'impiego di pratiche agricole intensive che determinano una semplificazione paesaggistica, è stata evidenziata come la principale causa del declino degli impollinatori, costituendo un fattore limitante per l'efficienza della rete di impollinazione, tendendo a isolare le popolazioni con conseguente impatto sulle proprietà ecologiche di interi ecosistemi ([Nieto et al. 2014](#); [Senapathi et al., 2015](#);

[Quaranta et al., 2018](#); [Duchenne et al., 2020](#); [Kratschmer et al., 2021](#); [Zimmermann et al., 2022](#); [Ockermüller et al., 2023](#); [Weber et al., 2023](#)). In questo contesto, nel 2024 l'Unione Europea ha stabilito norme ([Regolamento 2024/1991 - "Nature Restoration Law"](#)) per il ripristino degli ecosistemi, inclusi interventi mirati a contrastare il declino delle popolazioni di impollinatori. Recenti studi hanno inoltre evidenziato come l'uso inappropriato dell'agrochimica legato all'intensificazione agricola si traduce in importanti conseguenze sia letali che subletali nelle popolazioni di impollinatori, con effetti negativi sulla sopravvivenza, sulla salute, sul comportamento di volo e alimentare, sulla termoregolazione e sulla riproduzione (Tosi et al., [2017](#), [2018](#), [2021](#), [2022](#); [Stuligross e Williams, 2021](#); [Traynor et al., 2021](#); [Tong et al., 2019](#); [Vélez-Trujillo et al., 2025](#)). Allo stesso modo, l'aumento degli inquinanti atmosferici e ambientali derivanti dall'aumento delle attività antropiche legate alla urbanizzazione e commercializzazione determinano un'alterazione nelle reti ecologiche derivante da deficit nel comportamento di foraggiamento e riduzione della densità demografica degli impollinatori fino al 70%, con un calo delle visite florali fino al 90% e una riduzione del servizio complessivo d'impollinazione del 31% ([Farrè-Armengol et al., 2016](#); [Reitmayer et al., 2019](#); [Ryalls et al., 2022](#)). D'altro canto, anche i cambiamenti climatici e in particolare la velocità con cui la temperatura della terra sta salendo rappresentano un importante fattore che agisce sulla diversità, abbondanza e distribuzione delle specie su larga scala, determinando spostamenti dei range geografici e temporali delle specie, alterazioni degli areali di distribuzione con contrazioni e

rischio atteso per le specie di alta quota, molte delle quali già a rischio di estinzione (Rasmont et al., 2015; [Kougioumoutzis et al., 2022](#)), e un'incapacità da parte degli ecosistemi naturali di reagire con adeguata tempestività ai cambiamenti in atto. Tra le pressioni di origine antropica che esercitano effetti negativi sulla biodiversità apistica risaltano anche fattori derivati dal cambiamento culturale e commerciale delle pratiche apistiche, che contribuiscono a un maggiore rischio di competizione per le risorse trofiche condivise, *spillover* di patogeni, introgressione genetica e induzione di cambiamenti nella composizione delle comunità vegetali locali ([Mallinger et al., 2017](#); [Iwasaki e Hogendoorn, 2022](#)). In questo contesto, la tutela delle Aree protette, che sono i veri baluardi della biodiversità, rappresenta una delle strategie cruciali per perseguire scopi conservativi e al tempo stesso valorizzare produzioni derivanti da attività produttive condotte all'interno di Aree protette nel rispetto e salvaguardia della biodiversità ([Stolton et al., 2015](#); [Chowdhury et al., 2022](#)).

Pertanto, al fine di implementare le conoscenze circa la presenza, lo *status* e le interazioni di insetti di interesse conservazionistico, a partire dal 2021, con le [Direttive Biodiversità del Ministro dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica ai Parchi Nazionali](#), ha avuto avvio un monitoraggio condiviso e coordinato da ISPRA e dall'Università di Torino (UNITO-DBIOS). Nell'ambito delle Direttive, la collaborazione scientifica tra gli Enti Parco e gli Enti di Ricerca volta ad incrementare le conoscenze ecologiche, biologiche e sullo *status* di conservazione degli impollinatori presenti nelle aree Parco, ha previsto lo

svolgimento di uno studio finalizzato a (I) censire le popolazioni di apoidei (*survey*) e monitorarle nel tempo, (II) definire quali risorse polliniche supportano le diverse popolazioni di apoidei e (III) rilevare sovrapposizioni o ripartizioni di risorse polliniche tra api mellifere gestite e apoidei all'interno della stessa area.

MATERIALI E METODI

Aree studio e protocolli di campionamento

Il monitoraggio è stato condotto dal 2021 al 2024 in quattro Parchi Nazionali dell'Appennino centro-settentrionale: [Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi, Monte Falterona e Campigna](#) (PNFC), [Parco Nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga](#) (PNGSL), [Parco Nazionale della Maiella](#) (PNM) e [Parco Nazionale d'Abruzzo, Lazio e Molise](#) (PNALM). Il monitoraggio è stato effettuato applicando il protocollo descritto nell'[Allegato - Metodi di campionamento per il monitoraggio e la tutela degli insetti impollinatori nei Parchi Nazionali](#) alla [Direttiva del Ministro 2024-2025](#), redatto in linea con i metodi proposti a livello europeo dall'*EU Pollinators Monitoring Scheme* ([EUPoMs, Potts et al., 2020](#)). Il campionamento è stato effettuato utilizzando il metodo del transetto fisso. Per ciascun Parco sono stati quindi stabiliti un numero di transetti congrui e rappresentativi dei diversi habitat caratterizzanti il territorio del Parco (es. agroecosistemi naturali, semi-naturali, agricoli, urbani, prati, prati-pascolo, etc.), ciascuno della lunghezza di 250 m e percorso una volta al mese da marzo a ottobre catturando o identificando tutti gli apoidei presenti e annotando la specie botanica sulla quale sono stati osservati o catturati. Tutti gli apoidei osservati e/o catturati sono stati

sottoposti a identificazione a livello di specie. Al fine di determinare il grado di diversità e di specializzazione della rete complessiva di interazione apoidei-piante per tutti gli anni di monitoraggio in ciascun Parco, sono stati calcolati rispettivamente l'Indice di Shannon-Wiener e l'indice H2', quest'ultimo compreso tra 0 (generalizzazione) e 1 (specializzazione) ([Blüthgen et al., 2006](#); [Supriatna, 2018](#)).

In ciascun Parco Nazionale, sono stati inoltre effettuati campionamenti di polline di api mellifere e apoidei all'interno di un habitat *spot* opportunamente scelto al fine di poter massimizzare le probabilità di messa in evidenza, tra i *desiderata* ecologici, quello avente potenzialmente un ruolo determinante sulla *fitness* delle popolazioni, in quanto utilizzato come fonte trofica per il nutrimento della prole, oltre all'eventuale presenza di sovrapposizione nell'uso delle risorse trofiche tra api da miele e apoidei ([Wojcik et al., 2018](#); [Henry e Rodet, 2018](#)). Le aree di campionamento sono state identificate in contesti agro-ecosistemici misti-eterogenei di bassa quota (<1000 m) caratterizzati dalla presenza di un apiario entro 1 km. Le aree di campionamento sono state scelte tra quelle più rappresentative degli habitat che caratterizzano ciascun Parco Nazionale. In ciascun habitat *spot*, sono stati effettuati campionamenti di polline secondo quanto descritto da Boni et al. ([2025](#)). I campioni di polline sono stati sottoposti ad analisi palinologica secondo il metodo descritto da Sagona et al. ([2017](#)) per l'attribuzione della specie botanica e tutti gli apoidei sottoposti a identificazione tassonomica dal laboratorio entomologico del CREA (Bologna, Italia).

L'analisi della sovrapposizione trofica complessiva tra api da miele e apoidei in ciascun Parco è stata condotta, al momento,

solo per il primo anno di campionamento, combinando i dati palinologici in tutte le sessioni di campionamento utilizzando l'indice di Pianka (α). Tale l'indice varia da 0 a 1, indicando rispettivamente un basso e un alto grado di sovrapposizione di nicchia trofica. I grafici delle reti di interazione e dell'uso del polline e il calcolo degli indici sono stati effettuati mediante il pacchetto "R-package bipartite" del Software R (v 4.1.2; R Core Team 2022) ([Dormann et al., 2009](#)).

RISULTATI

Nei 4 anni di monitoraggio, sono state rilevate 3.948 interazioni apoidei-piante su 10 transetti per un totale di 158 specie di apoidei e 171 di piante censite nel PNM (Appendice 1), 2.356 interazioni su 8 transetti per un totale di 89 specie di apoidei e piante censite nel PNALM (Appendice 2), 2.385 interazioni su 8 transetti per un totale di 114 specie di apoidei e 119 specie di piante censite nel PNFC (Appendice 3) e 1.324 interazioni su 6 transetti per un totale di 87 specie di apoidei e 55 specie di piante censite nel PNGSL (Appendice 4). L'indice di diversità e di specializzazione della rete complessiva di interazione apoidei-piante dei singoli Parchi sono risultati essere: PNM, Shannon: 4.451 - H2': 0.496; PNALM, Shannon: 4.467 - H2': 0.419; PNFC, Shannon: 5.07 - H2': 0.42; PNGSL, Shannon: 3.60 - H2': 0.525 (Figura 1).

In relazione alla ricchezza in specie (numero di specie) di apoidei registrata sulle diverse specie floristiche censite durante il monitoraggio sono state individuate per ciascun Parco un elenco di specie botaniche potenzialmente rilevanti e aventi un ruolo chiave nella rete trofica, nel sostentamento della biodiversità apistica e nella funzionalità dell'ecosistema (Figura 1). La diversità

apoidei incluse dalla IUCN tra le categorie a rischio, sono state rilevate specie quali *Melitta tricincta* (Kirby, 1802), *Andrena ovatula* (Kirby, 1802), *Dufourea dentriventris* (Nylander, 1848), *Lasioglossum costulatum* (Kriechbaumer, 1873) e *Halictus quadricinctus* (Fabricius, 1887) riportate dalla IUCN come DD ([Nieto et al., 2014](#)), per le quali non si hanno sufficienti informazioni per valutarne lo stato di conservazione. In quest'ottica l'accertamento di queste specie sul territorio del Parco risulta essere un'informazione chiave per la messa a punto di progetti che implementino lo stato delle conoscenze. Al momento solo nel PNGSL è stata documentata la presenza di una specie aliena, *Megachile sculpturalis* Smith, 1853.

Da un punto di vista della diversità vegetale presente nei Parchi Nazionali (Conti e Bartolucci, 2016, 2022; Pignatti, 2017-2019; Conti et al., 2019, 2020) nessuna delle specie censite è inclusa in Direttiva Habitat. Tuttavia, sono state censite 8 endemismi inclusi in Lista Rossa IUCN come specie a rischio minimo (LC) nel PNALM, 9 nel PNM di cui 8 inclusi in Lista Rossa come LC (Tabella 1) e *Anthyllis vulneraria* Linnaeus 1753 per la quale risulta prioritario approfondire di quali sottospecie si tratta, essendo alcune incluse in Lista Rossa. Ulteriori approfondimenti dovrebbero essere condotti anche sulle specie del genere *Leontodon* Linnaeus 1753 e *Leucanthemum* Miller 1754 così come sulle sottospecie di *Polygala nicaeensis* Risso ex W.D.J.Koch, 1835, *Helichrysum italicum* (Roth) G. Don, 1830, *Carlina acanthifolia* All, 1773, *Centaurea nigrescens* Willd, 1803, *Carduus pycnocephalus* Linnaeus 1763, *Anthemis cretica* Linnaeus 1753, *Micromeria graeca*, (L.) Benth. ex Rchb. 1834, essendo alcune di queste incluse in Lista Rossa. Per quanto

riguarda il PNFC, l'unico dato rilevante risulta essere la presenza di *Murbeckiella zanonii* (Ball) Rothm, 1939, che rappresenta un endemismo dell'Appennino incluso in Lista Rossa nella categoria LC ([Rossi et al., 2020](#)). Per la maggior parte delle specie vegetali di interesse conservazionistico è stata redatta una lista preliminare di apoidei visitatori e potenzialmente aventi un ruolo nella loro riproduzione e conservazione (Tabella 1). Tuttavia, la sola attività di monitoraggio delle interazioni apoidei-fiori non permette di ottenere informazioni circa il servizio di impollinazione, per il quale è indispensabile procedere con indagini palinologiche approfondite.

Interessante per quanto riguarda il PNALM, sebbene non sia stata rilevata nell'ambito del monitoraggio, è la presenza di *Senecio inaequidens* DC. 1838, specie aliena presente anche nel PNGSL. Tale specie risulta essere visitata da specie del genere *Bombus*, oltre che da *Colletes similis* (Schenck, 1853), *Dasypoda hirtipes* (Fabricius, 1793) e *Heriades rubicola* (Pérez, 1890) (Figura 2), ma anche in questo caso nessuna informazione risulta ad oggi disponibile circa il servizio di impollinazione operato da queste specie su tale pianta aliena.

L'analisi della rete pollinica per il primo anno di campionamento evidenzia una generale ripartizione nell'uso delle risorse trofiche disponibili tra api da miele e apoidei in tutti i Parchi Nazionali (Figura 4). Livelli maggiori di sovrapposizione trofica sono stati evidenziati solo su fioriture (*Rubus* sp.) ampiamente rappresentative nell'area di campionamento nel PNM tra *A. mellifera* e *B. terrestris* L., 1758 ($\alpha=0.681$), *B. lapidarius* L., 1758 ($\alpha=0.681$) e *B. pascuorum* (Scopoli, 1763) ($\alpha=0.621$). Sovrapposizioni nell'uso di polline

Tabella 1. Apoidei rilevati su specie botaniche incluse in [Lista Rossa](#) censite nei Parchi Nazionali. Nelle colonne sono indicate le specie botaniche incluse in Lista Rossa e i Parchi Nazionali in cui sono state censite. Nelle righe si elencano le specie di apoidei che sono state documentate come loro visitatrici. Nel PNGSL non sono state rilevate specie floristiche inserite in Lista Rossa (fonte: elaborazione degli Autori).

	<i>Ranunculus pollinensis</i> (N.Terracc.) Chiov.	<i>Carduus affinis</i> Guss.	<i>Cirsium tenoreanum</i> Petr.	<i>Cynoglossum magellense</i> Ten.	<i>Viola eugeniae</i> Parl.	<i>Cerastium tomentosum</i> L.	<i>Carduus nutans</i> L. subsp. <i>perspinosus</i> (Fiori) Arènes	<i>Carduus affinis</i> Guss. subsp. <i>affinis</i>	<i>Linaria purpurea</i> (L.) Mill.	<i>Senecio apenninus</i> Tausch	<i>Murbeckiella zanonii</i> (Ball) Rothm.
	PNM	PNM	PNM PNALM	PNM	PNM	PNM	PNALM	PNALM	PNM PNALM	PNALM	PNFC
<i>Andrena agnata</i> (Fabricius, 1775)					X						
<i>A. brumanensis</i> (Friesie, 1899)						X					
<i>Anthophora</i> sp.				X							
<i>Apis mellifera</i> (Linnaeus, 1758)							X			X	
<i>B. campestris</i> (Panzer, 1801)		X									
<i>Bombus</i> sp.											X
<i>B. humilis</i> (Illiger, 1806)			X								
<i>B. humilis apenninus</i> (Vogt, 1909)								X			
<i>B. lapidarius</i> (Linnaeus, 1758)			X				X	X			
<i>B. lucorum</i> (Linnaeus, 1761)			X						X		
<i>B. mesomelas</i> (Gerstaecker, 1869)			X				X	X			
<i>B. pascuorum</i> (Scopoli, 1763)		X	X					X	X		
<i>B. pratorum</i> (Linnaeus, 1761)							X				

<i>B. ruderarius</i> (Muller, 1776)		X								
<i>B. ruderatus</i> (Fabricius, 1775)			X							
<i>B. rupestris</i> (Fabricius, 1793)		X	X							
<i>B. sylvarum</i> (Linnaeus, 1761)										
<i>B. terrestris</i> (Linnaeus, 1758)						X		X	X	
<i>Ceratina</i> sp.			X							
<i>C. cocurbitina</i> (Rossi, 1792)									X	
<i>Halictus</i> sp.		X								X
<i>H. brunnescens</i> (Eversmann, 1852)						X				
<i>H. scabiosae</i> (Rossi, 1790)			X			X	X			
<i>H. simplex</i> (Blüthgen, 1923)			X				X			
<i>H. compressus</i> (Walckenaer, 1802)							X			
<i>Lasioglossum albi- pes</i> (Fabricius, 1781)			X							
<i>L. leucozonium</i> (Schrank, 1781)							X			
<i>Megachile lagopo- da</i> (Linnaeus, 1761)			X							
<i>Nomada</i> sp.										X
<i>Osmia</i> sp.										X
<i>O. mustelina</i> (Gerstäcker, 1869)				X						
<i>O. rufohirta</i> (Latreille, 1811)	X			X						
<i>Seladonia gavarni- ca</i> (Pérez, 1903)		X								
<i>Sphecodes</i> sp.										X
<i>Xylocopa violacea</i> (Linnaeus, 1758)			X			X		X		

* Per il PNM e PNALM mancano dati inerenti alle specie che interagiscono rispettivamente su *Erysimum pseudorhaeticum* Polatschek, *Geranium austroapenninum* Aedo, e *Cerastium tomentosum* L., anch'esse incluse in Lista Rossa.

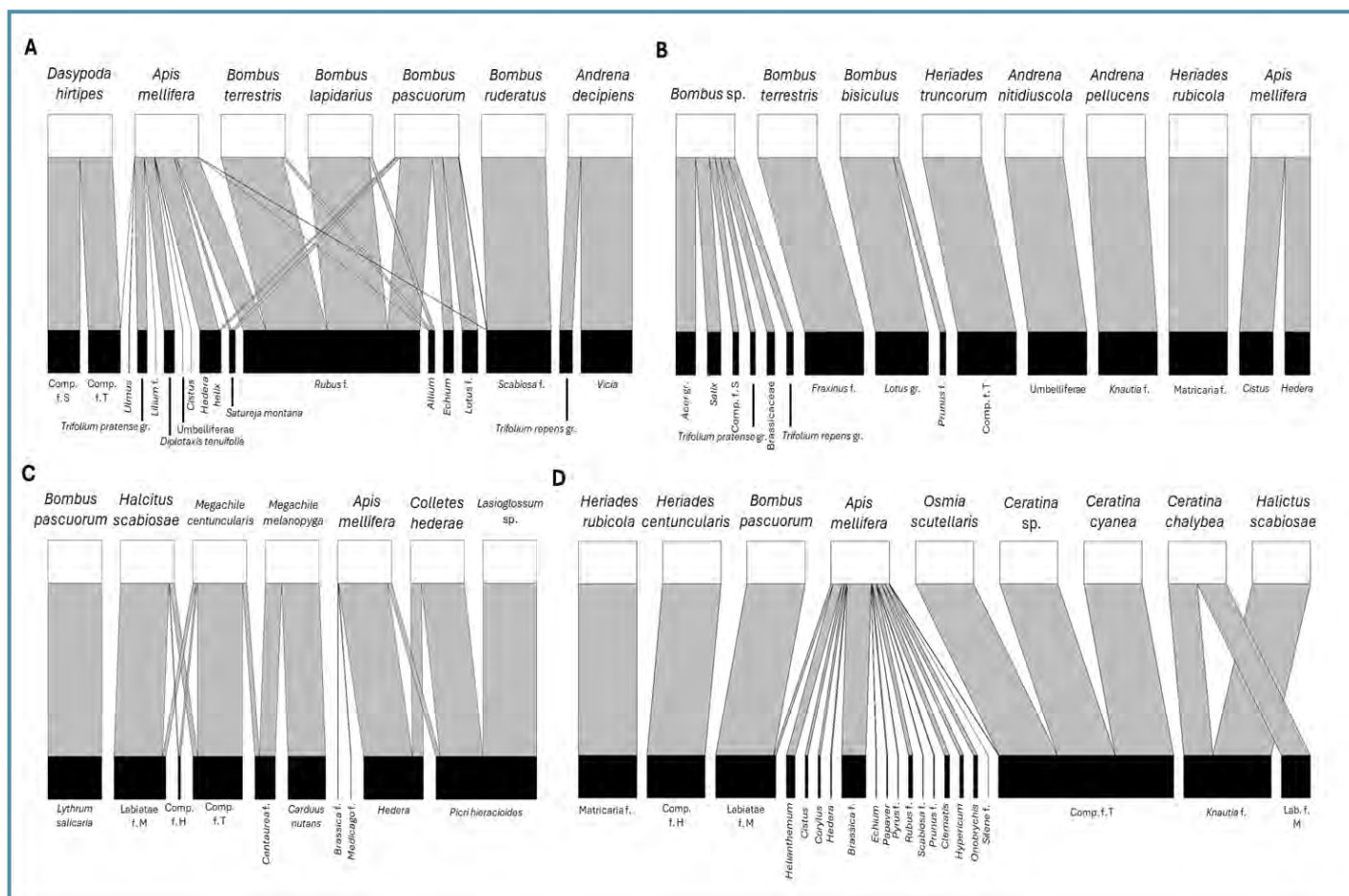


Figura 4. Rete pollinica complessiva delle api da miele e apoidei campionate nel PNM (A), PNALM (B), PNFC (C) e PNGSL (D). La larghezza della barra inferiore indica l'abbondanza relativa (%) dei granuli pollinici raccolti per taxa vegetale dalle specie di apoidei (barra superiore) (Comp.= Compositae; Lab.= Labiatae; f.= forma; gr.= gruppo) (fonte: elaborazione degli Autori).

CONCLUSIONI

Le informazioni ad oggi ottenute, sebbene preliminari e non esaustive, rappresentano un'importante base conoscitiva per comprendere e descrivere a fondo le complesse interazioni e il rapporto mutualistico esistente tra le popolazioni di apoidei e la disponibilità floristica nelle aree Parco. Tale studio ha infatti preliminarmente evidenziato il ruolo fondamentale che gli impollinatori selvatici svolgono nel servizio ecosistemico negli ambienti che caratterizzano i Parchi Nazionali. I dati raccolti hanno inoltre permesso di evidenziare alcune specie botaniche che

all'interno di ciascun Parco potrebbero potenzialmente rivestire un ruolo chiave nel mantenimento della biodiversità e nel funzionamento degli ecosistemi, avendo fatto registrare i più alti valori in ricchezza in specie di apoidei. Tali informazioni, così come quelle ottenute circa le interazioni apoidei-piante, non risultano tuttavia sufficienti per poter avanzare ipotesi inerenti al ruolo degli apoidei così come delle specie vegetali nella rete trofica e nel funzionamento degli ecosistemi. Pertanto, al fine di chiarire il ruolo degli apoidei nella riproduzione e conservazione di specie botaniche di interesse

conservazionistico e viceversa, così come comprendere al meglio il funzionamento delle reti trofiche, lo svolgimento di ulteriori e specifiche indagini ecologiche e palinologiche risulta di prioritaria importanza.

L'analisi della rete di impollinazione nei Parchi Nazionali evidenzia una netta ripartizione della risorsa polline tra api da miele e apoidei. Le risorse trofiche che sostengono e forniscono nutrimento per la riproduzione delle api mellifere differiscono infatti da quelle degli apoidei, con una condivisione delle fonti polliniche che avviene principalmente quando queste sono abbondantemente disponibili nell'ambiente. Tale ripartizione può essere il risultato di processi coevolutivi che regolano le dinamiche di popolazione e attribuiscono alla competizione trofica interspecifica per sfruttamento un ruolo marginale nell'impatto dell'apicoltura sulle popolazioni di apoidei. Alternativamente, tale ripartizione potrebbe essere il risultato di una competizione che sta attualmente agendo sulle popolazioni di apoidei, le quali adattano le loro diete ripartendosi le risorse ed evitando la competizione. In questo contesto, sono auspicabili e necessari ulteriori studi sulle dinamiche di competizione che si verificano tra specie di apoidei, che mirano a compensare la mancanza di dati sullo stato di minaccia delle popolazioni per delineare Piani d'azione per la conservazione relativi alle specie di apoidei e agli ecosistemi. Inoltre, sarebbero auspicabili ulteriori indagini incentrate sul potenziale impatto negativo dello *spillover* di patogeni e dell'introggressione genetica che le api mellifere gestite impongono agli apoidei. Pertanto, in un'epoca di crescente crisi ecologica, l'espansione, la gestione efficace e la tutela delle Aree protette in quanto baluardi della biodiversità, resta, ad

oggi, una necessità prioritaria per poter programmare e mettere in atto azioni di tutela efficaci e mirate. A tale scopo, incrementare le iniziative volte alla conoscenza dello *status* delle popolazioni di impollinatori, mediante monitoraggi con uso di protocolli condivisi rappresenta uno degli strumenti prioritari da mettere in atto. Al tempo stesso, sarebbe auspicabile che i programmi di conservazione indirizzati agli insetti impollinatori, nei particolari casi delle Aree protette, tenessero conto anche dell'implementazione di Piani per una regolazione della gestione apistica, tale che si possa ridurre o annullare l'impatto degli apiari sulle popolazioni selvatiche di apoidei.

Fonte di finanziamento

Questo studio è stato finanziato dal Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi, Monte Falterona e Campigna, Parco Nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga, Parco Nazionale della Maiella, Parco Nazionale d'Abruzzo, Lazio e Molise, tramite il progetto "Ricerca e conservazione sull'apodeofauna nei Parchi Nazionali dell'Appennino centro-settentrionale", nell'ambito delle Direttive Biodiversità 2019 - 2025 del Ministro dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, di cui il Parco Nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga è coordinatore per gli altri parchi.

Ringraziamenti

Gli Autori desiderano ringraziare gli apicoltori Luigi Noviello, Caleb e George Abetti e Paolo Mainetti che hanno collaborato durante le fasi di campionamento del polline raccolto dalle api da miele. Gli Autori hanno altresì piacere di ringraziare i revisori anonimi e il Comitato editoriale della rivista per i loro commenti e suggerimenti che hanno contribuito significativamente a migliorare il lavoro.

Nota all'apparato iconografico

I grafici del presente articolo, così come le immagini pubblicate in Appendice, hanno l'intento di mostrare la complessità di sistema; per un'informazione di dettaglio è possibile zoomare a video le immagini.

BIBLIOGRAFIA

- Bauer D.M., Wing I.S., 2016. *The macroeconomic cost of catastrophic pollinator declines*. Ecol Econ 126: 1–13.
- Bellucci V., Piotto B., Silli V. (a cura di), 2021. *Piante e insetti impollinatori: un'alleanza per la biodiversità*. Serie Rapporti, 350/2021 ISPRA.
- Blüthgen N., Menzel F., Blüthgen N., 2006. *Measuring specialization in species interaction networks*. BMC Ecol: 6-9.
- Boni C.B., Coppola F., Sagona S., Quaranta M., Flaminio S., Biella P., Tempesti S., Lazzeri A.M., Di Santo M., Felicioli A. 2025. *Pollen Resource Repartition Between Managed Honey Bees (Apis mellifera L. 1758) and Unmanaged Bees in Three Italian National Parks*. Conserv 5: 5.
- Chowdhury S., Jennions M.D., Zalucki M.P., Maron M., Watson J.E., Fuller R.A., 2022. *Protected areas and the future of insect conservation*. Trends Ecol Evol 38: 85–95.
- Conti F., Bartolucci F., 2016. *The vascular flora of Gran Sasso and Monti della Laga National Park (Central Italy)*. Phytotaxa 256 (1): 1-119.
- Conti F., Bartolucci F. (a cura di), 2022. *La flora vascolare del Parco Nazionale d'Abruzzo, Lazio e Molise*. Ediz. Del Parco illustrata.
- Conti F., Bartolucci F., Ciaschetti G., Di Martino L., Manzi A. (a cura di), 2020. *Flora del Parco Nazionale della Majella*.
- Conti F., Ciaschetti G., Di Martino L., Bartolucci F., 2019. *An annotated checklist of the vascular flora of Majella National Park (Central Italy)*. Phytotaxa 412(1): 1-90.
- Danley B., Widmark C., 2016. *Evaluating conceptual definitions of ecosystem services and their implications*. Ecol Econ 126: 132-138.
- Dormann C.F., Fründ J., Blüthgen N., Gruber B., 2009. *Indices, graphs and null models: Analyzing bipartite ecological networks*. Open J Ecol 2: 7–24.
- Duchenne F., Thébault E., Michez D., Gérard M., Devaux C., Rasmont P., Vereecken N.J., Fontaine C., 2020. *Longterm effects of global change on occupancy and flight period of wild bees in Belgium*. Glob Chang Biol 26(12): 6753-6766.
- Farré-Armengol G., Peñuelas J., Li T., Yli-Pirilä P., Filella I., Llusia J. Blande J.D., 2016. *Ozone degrades floral scent and reduces pollinator attraction to flowers*. New Phytol 209: 152-160.
- Gallai N., Salles J., Settele J., Vaissière B.E., 2009. *Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline*. EE 68(3): 810–821.
- Ghisbain G., Rosa P., Bogusch P., Flaminio S., Le Divelec R., Dorchin A., Kasperek M., Kuhlmann M., Litman J., Mignot M., Muller A., Praz C., Radchenko V., Rasmont P., Risch S., Roberts S.P.M., Smit J., Wood T., Michez D., Reverte S., 2023. *The new annotated checklist of the wild bees of Europe (Hymenoptera: Anthophila)*. Zootaxa 5327(1): 1-147.
- Henry M., Rodet G., 2018. *Controlling the*

impact of the managed honeybee on wild bees in protected areas. Sci Rep 8: 9308.

Huynh L.T.M., Gasparatos A., Su J., Dam Lam R., Grant E.I., Fukushi K., 2022. *Linking the nonmaterial dimensions of human-nature relations and human well-being through cultural ecosystem services.* Sci Adv 8(31): eabn8042.

IPBES, 2016. *The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production.* Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany. 552 pages.

Iwasaki J.M., Hogendoorn K., 2022. *Mounting evidence that managed and introduced bees have negative impacts on wild bees: an updated review.* Curr Res Insect Sci 2: 100043.

Kougioumoutzis K., Kaloveloni A., Petanidou T., 2022. *Assessing Climate Change Impacts on Island Bees: The Aegean Archipelago.* Biol 11(4): 552.

Kratschmer S., Pachinger B., Gaigher R., Pryke J., van Schalkwyk J., Samways M.J., Melin A., Kehinde T., Zaller J.G., Winter S., 2021. *Enhancing flowering plant functional richness improves wild bee diversity in vineyard inter-rows in different floral kingdoms.* Ecol Evol 11: 7927–7945.

Lautenbach S., Seppelt R., Liebscher J., Dorman C.F., 2012. *Spatial and temporal trends of global pollination benefit.* PLoS One 7(4): e35954.

Mallinger R.E., Gaines-Day H.R., Gratton, C., 2017. *Do managed bees have negative effects on wild bees?: A systematic review of*

the literature. PloS one 12(12): e0189268.

Michener C.D., 2007. *The bees of the world.* JHU press, Baltimore.

Millennium Ecosystem Assessment (MEA), 2005. *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis.* Island Press: Washington, DC, USA. ISBN 1597260401.

Nieto A., Roberts S.P.M., Kemp J., Rasmont P., Kuhlmann M., García Criado M., Biesmeijer J.C., Bogusch P., Dathe H.H., De la Rúa P., De Meulemeester T., Dehon M., Dewulf A., Ortiz-Sánchez F.J., Lhomme P., Pauly A., Potts S.G., Praz C., Quaranta M., Radchenko V.G., Scheuchl E., Smit J., Straka J., Terzo M., Tomozii B., Window J., Michez, D., 2014. *European Red List of bees.* Luxembourg: Publication Office of the European Union.

Ockermüller E., Kratschmer S., Hainz-Renetzeder C., Sauberer N., Meimberg H., Frank T., Pascher K., Pachinger B., 2023. *Agricultural land-use and landscape composition: Response of wild bee species in relation to their characteristic traits.* Agric Ecosyst Environ 353: 108540.

Pasquali L., Bruschini C., Benetello F., Bonifacino M., Giannini F., Monterastelli E., Penco M., Pesarini S., Salvati V., Simbula G., Volponi M.S., Smargiassi S., van Tongeren E., Vicari G., Cini A., Dapporto L., 2025. *Island-wide removal of honeybees reveals exploitative trophic competition with strongly declining wild bee populations.* Curr Biol 35(7): 1576-1590.e12.

Pignatti S., 2017. *Flora d'Italia.* II edizione. Voll. I-IV, Edagricole, Bologna.

Porto R.G., de Almeida R.F., Cruz-Neto O., Tabarelli M., Felipe Viana B., Peres C.A.,

- Lopes A.V., 2020. *Pollination ecosystem services: A comprehensive review of economic values, research funding and policy actions*. Food Secur 12: 1425–1442.
- Potts S., Dauber J., Hochkirch A., Oteman B., Roy D., Ahnre K., Biesmeijer K., Breeze T., Carvell C., Ferreira C., Fitzpatrick Ú., Isaac N., Kuussaari M., Ljubomirov T., Maes J., Ngo H., Pardo A., Polce C., Quaranta M., Settele J., Sorg M., Stefanescu C., Vujic A., 2020. *Proposal for an EU pollinator monitoring scheme*. Publications Office of the European Union, Luxembourg. ISBN 978-92-76-23859-1.
- Quaranta M., Cornalba M., Biella P., Comba M., Battistoni A., Rondinini C., Teofili C., 2018. *Lista Rossa IUCN delle api italiane minacciate*. Comitato Italiano IUCN e Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Stamperia Romana, Roma.
- Rasmont P., Franzén M., Lecocq T., Harpke A., Roberts S. P., Biesmeijer J. C., Castro L., Cederberg B., Dvorak L., Fitzpatrick U., Gonthier Y., Haubruge E., Mahè G., Manino A., Michez D., Neumayer J., Ødegaard F., Paukkunen J., Pawlikowski T., Potts S. G., Reemer M., Settele J., Straka J., Schweiger O., 2015. *Climatic risk and distribution atlas of European bumblebees*. Pensoft Publishers.
- Reitmayer C.M., Ryalls J. M., Farthing E., Jackson C. W., Girling R. D., Newman T. A., 2019. *Acute exposure to diesel exhaust induces central nervous system stress and altered learning and memory in honey bees*. Sci Rep 9(1): 1-9.
- Reverté S., Miličić M., Ačanski J., Andrić A., Aracil A., Aubert M., et al., 2023. *National records of 3000 European bee and hoverfly species: A contribution to pollinator conservation*. Insect Conserv Divers 16(6): 758-775.
- Rossi G., Orsenigo S., Gargano D., Montagnani C., Peruzzi L., Fenu G., Abeli T., Alessandrini A., Astuti G., Bacchetta G., Bartolucci F., Bernardo L., Bovio M., Brullo S., Carta A., Castello M., Cogoni D., Conti F., Domina G., Foggi B., Gennai M., Gigante D., Iberite M., Lasen C., Magrini S., Nicoletta G., Pinna M.S., Poggio L., Prosser F., Santangelo A., Selvaggi A., Stinca A., Tartaglini N., Troia A., Villani M.C., Wagensommer R.P., Wilhelm T., Blasi C., 2020. *Lista Rossa della Flora Italiana. 2 Endemiti e altre specie minacciate*. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. Stamperia Romana, Roma.
- Ryalls J.M., Langford B., Mullinger N.J., Bromfield L.M., Nemitz E., Pfrang C., Girling R.D., 2022. *Anthropogenic air pollutants reduce insect-mediated pollination services*. Environ Pollut 297: 118847.
- Sagona S., Pozzo L., Peiretti P.G., Biondi C., Giusti M., Gabriele M., Pucci L., Felicioli A., 2017. *Palynological origin, chemical composition, lipid peroxidation and fatty acid profile of organic Tuscanian bee-pollen*. J Apic Res 56(2): 136–143.
- Santolini R., 2010. *I Servizi ecosistemici e la biodiversità*. Ecoscienza 3: 20-23.
- Senapathi D., Carneiro L.G., Biesmeijer J.C., Dodson C.A., Evans R.L., McKerchar M., Morton R.D., Moss E.D., Roberts S.P.M., Kunin W.E., Potts S.G., 2015. *The impact of over 80 years of land cover changes on bee and wasp pollinator communities in England*. Proc R Soc B 282: 20150294.
- Stolton S., Dudley N., Avcioglu Çokçalışkan B., Hunter D., Ivanić K.Z., Kanga E., Kettunen

- M., Kumagai Y., Maxted N., Senior, J., Wong, M., Keenleyside, K., Mulrooney, D., Waithaka, J., 2015. *Values and benefits of protected areas*. In: Worboys G.L., Lockwood M., Kothari A., Feary S., Pulsford I. (a cura di), 2015. *Protected Area Governance and Management*, ANU Press: Canberra.
- Stuligross C., Williams N.M., 2021. *Past insecticide exposure reduces bee reproduction and population growth rate*. Proc Natl Acad Sci U.S.A. 118 (48): e2109909118.
- Supriatna J., 2018. Biodiversity Indexes: Value and evaluation purposes. *E3S Web of Conferences* 48: 01001.
- Tong L., Nieh J.C., Tosi S., 2019. *Combined nutritional stress and a new systemic pesticide (flupyradifurone, Sivanto®) reduce bee survival, food consumption, flight success, and thermoregulation*. CODEN 237: 124408.
- Tosi S., Nieh J.C., Sgolastra F., Cabbri R., Medrzycki P., 2017. *Neonicotinoid pesticides and nutritional stress synergistically reduce survival in honey bees*. Proc R Soc B284: 20171711.
- Tosi S., Costa C., Vesco U., Quaglia G., Guido G., 2018. *A 3-year survey of Italian honey bee-collected pollen reveals widespread contamination by agricultural pesticides*. Sci Total Environ 15(615): 208-218.
- Tosi S., Nieh J.C., Brandt A., Colli M., Fourrier J., Giffard H., Hernandez-Lopez J., Malagnini V., Williams G. R., Simon-Delso N., 2021. *Long-term field-realistic exposure to a next-generation pesticide, flupyradifurone, impairs honey bee behaviour and survival*. Commun Biol 4: 805.
- Tosi S., Sfeir C., Carnesecchi E., vanEngelsdorp D., Chauzat M.P., 2022. *Lethal, sublethal, and combined effects of pesticides on bees: A meta-analysis and new risk assessment tools*. Sci Total Environ 20 (844):156857.
- Traynor K.S., Tosi S., Rennich K., Steinhauer N., Forsgren E., Rose R., Kunkel G., Madella S., Lopez D., Eversole H., Fahey R., Pettis J., Evans J.D., vanEngelsdorp D., 2021. *Pesticides in honey bee colonies: Establishing a baseline for real world exposure over seven years in the USA*. Environ Pollut 15 (279):116566.
- Vélez-Trujillo L., Carisio L., Popiela E., Straub L., Tosi S., 2025. *Romance in peril: A common pesticide impairs mating behaviours and male fertility of solitary bees (Osmia bicornis)*. Chemosphere 377: 144335.
- Weber M., Diekötter T., Dietzsch A.C., Eler S., Greil H., Jutte T., Krahnert A., Pistorius J., 2023. *Urban wild bees benefit from flower-rich anthropogenic land use depending on bee trait and scale*. Landsc Ecol 38: 2981–2999.
- Wojcik V.A., Morandin L.A, Davies Adams L., Rourke K.E., 2018. *Floral Resource Competition Between Honey Bees and Wild Bees: Is There Clear Evidence and Can We Guide Management and Conservation?*. Environ Entomol 47: 822–833.
- Zimmermann D., Schoder S., Zettel H., Hainz-Renetzeder C., Kratschmer S., 2022. *Changes in the wild bee community (Apoidea: Hymenoptera) over 100 years in relation to land use: A case study in a protected steppe habitat in Eastern Austria*. J Insect Conserv 27: 625-641.

APPENDICE

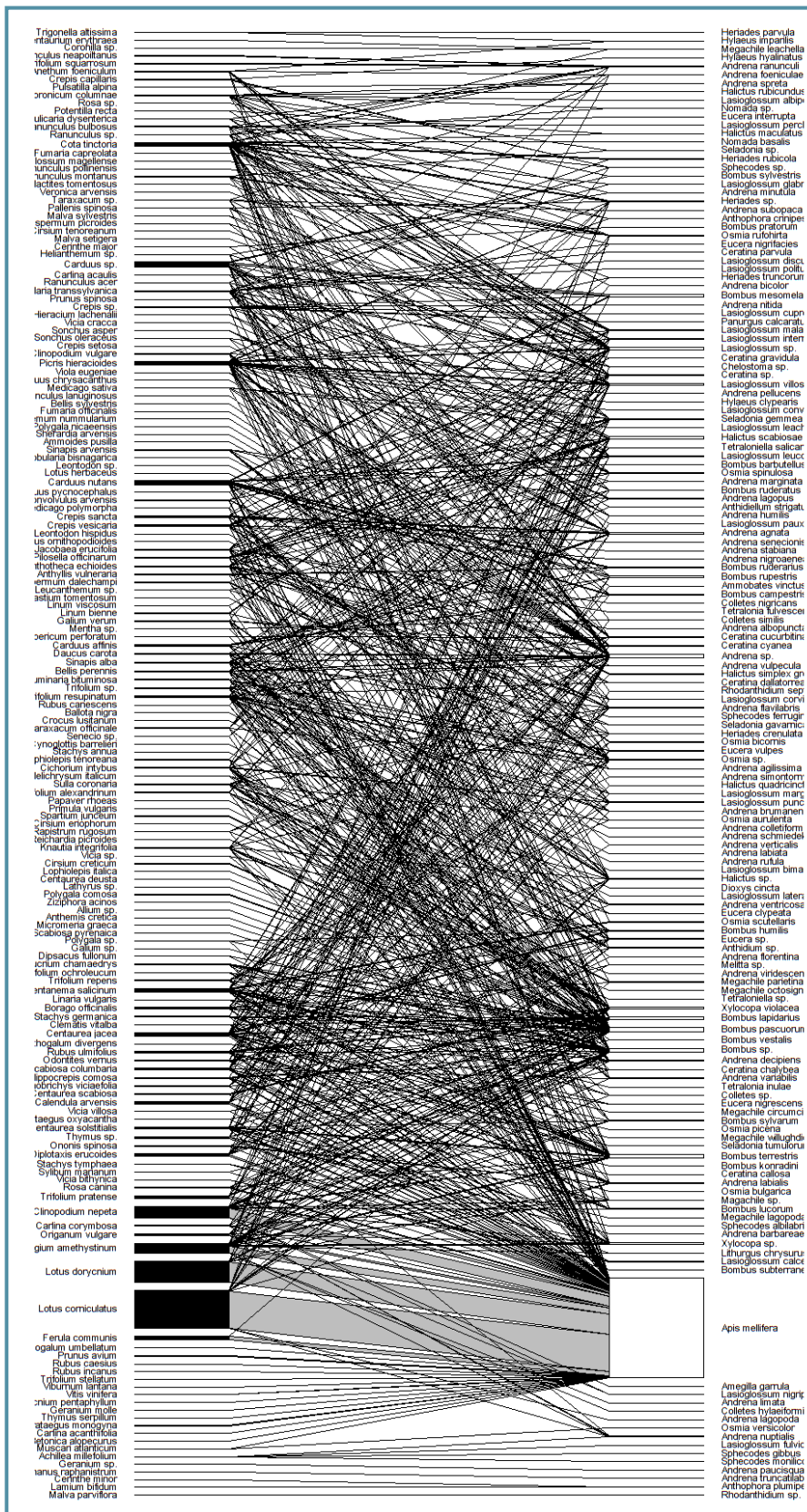


Figura a. Rete interazione complessiva apoidei-piante nel Parco Nazionale della Maiella (fonte: elaborazione degli Autori).

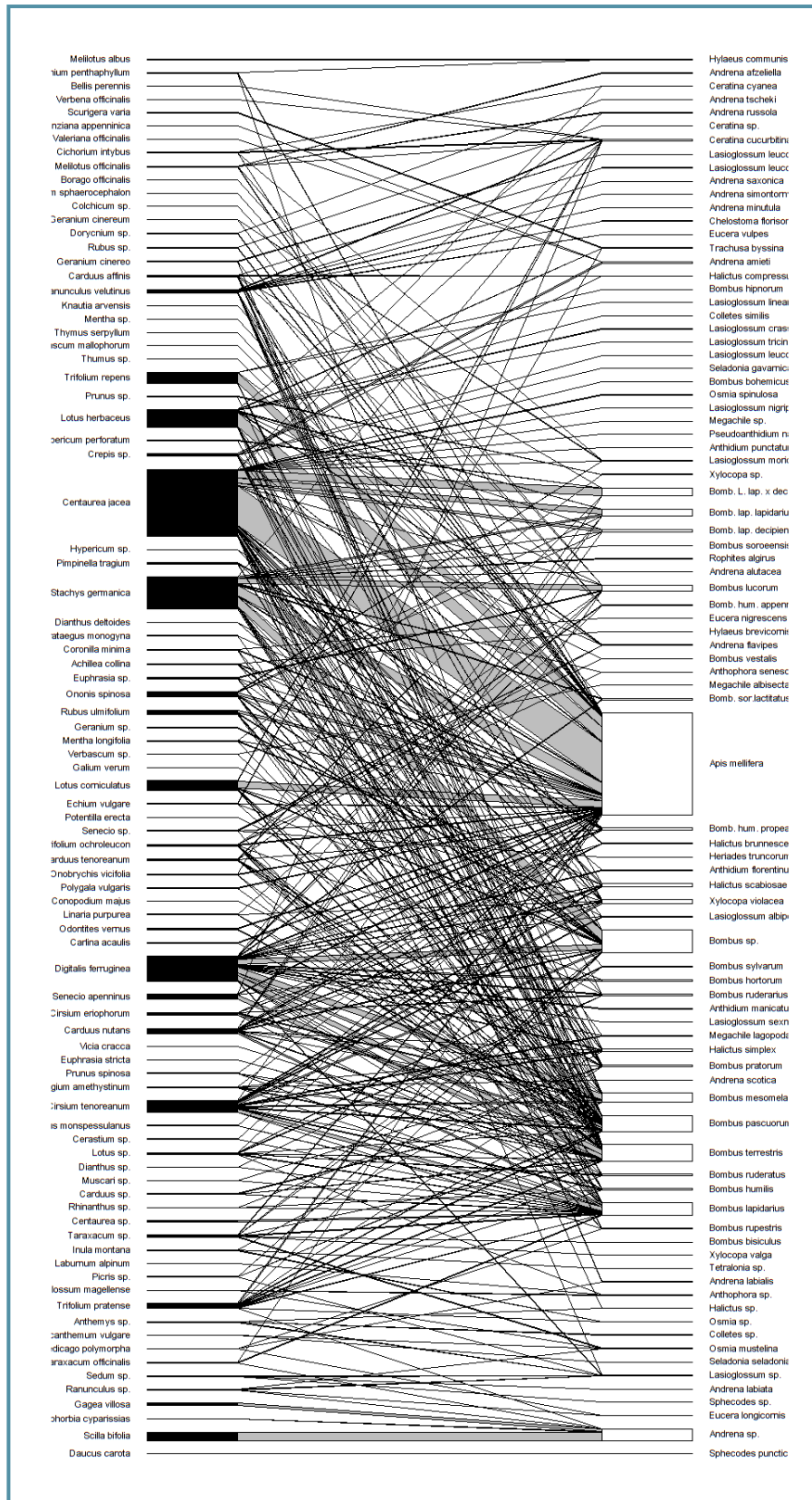


Figura b. Rete interazione complessiva apoidei-piante nel Parco Nazionale d'Abruzzo, Lazio e Molise (fonte: elaborazione degli Autori).

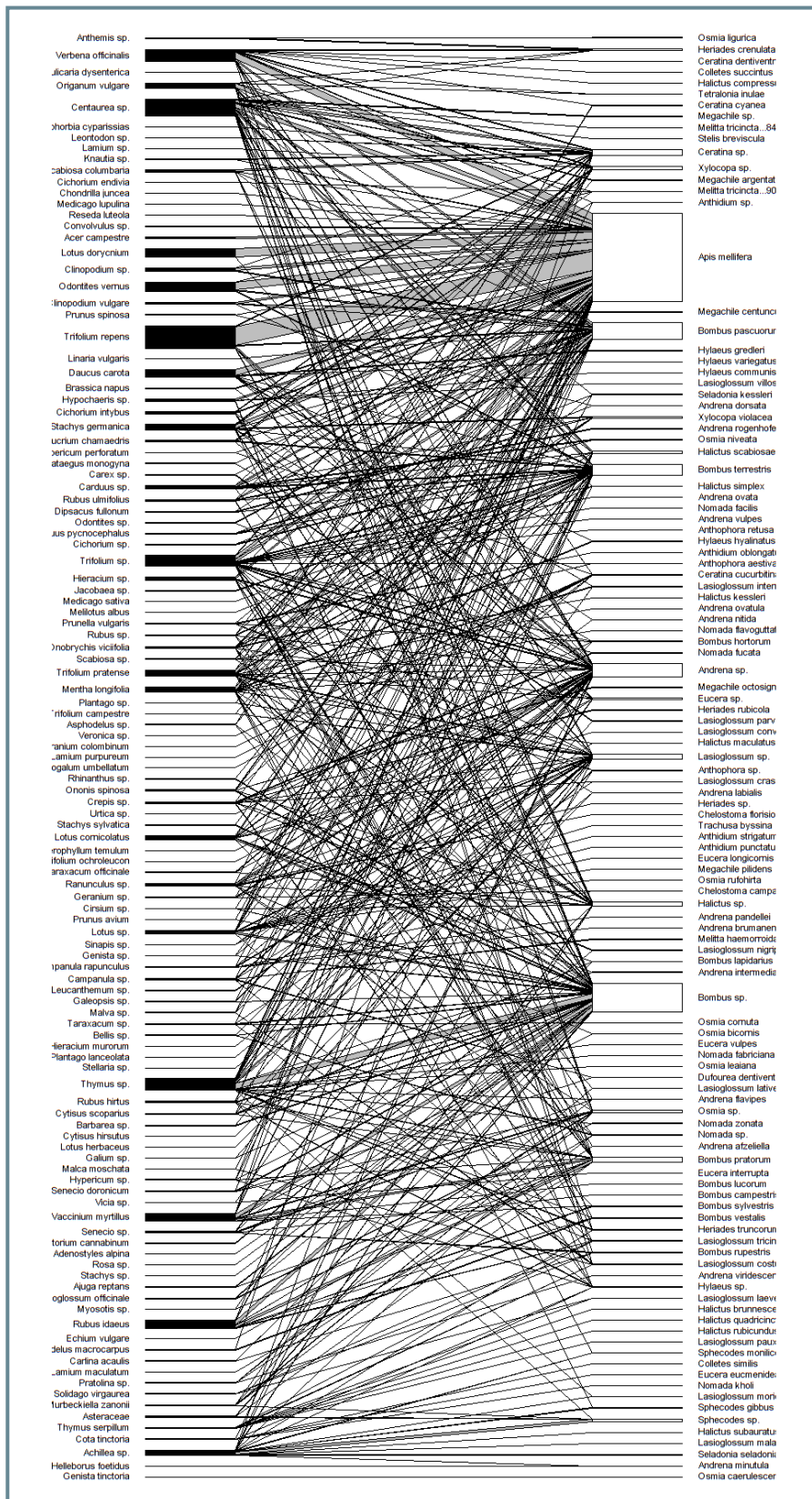


Figura c. Rete interazione complessiva apoidei-piante nel Parco Nazionale Foreste Casentinesi, Monte Falterona e Campagna (fonte: elaborazione degli Autori).

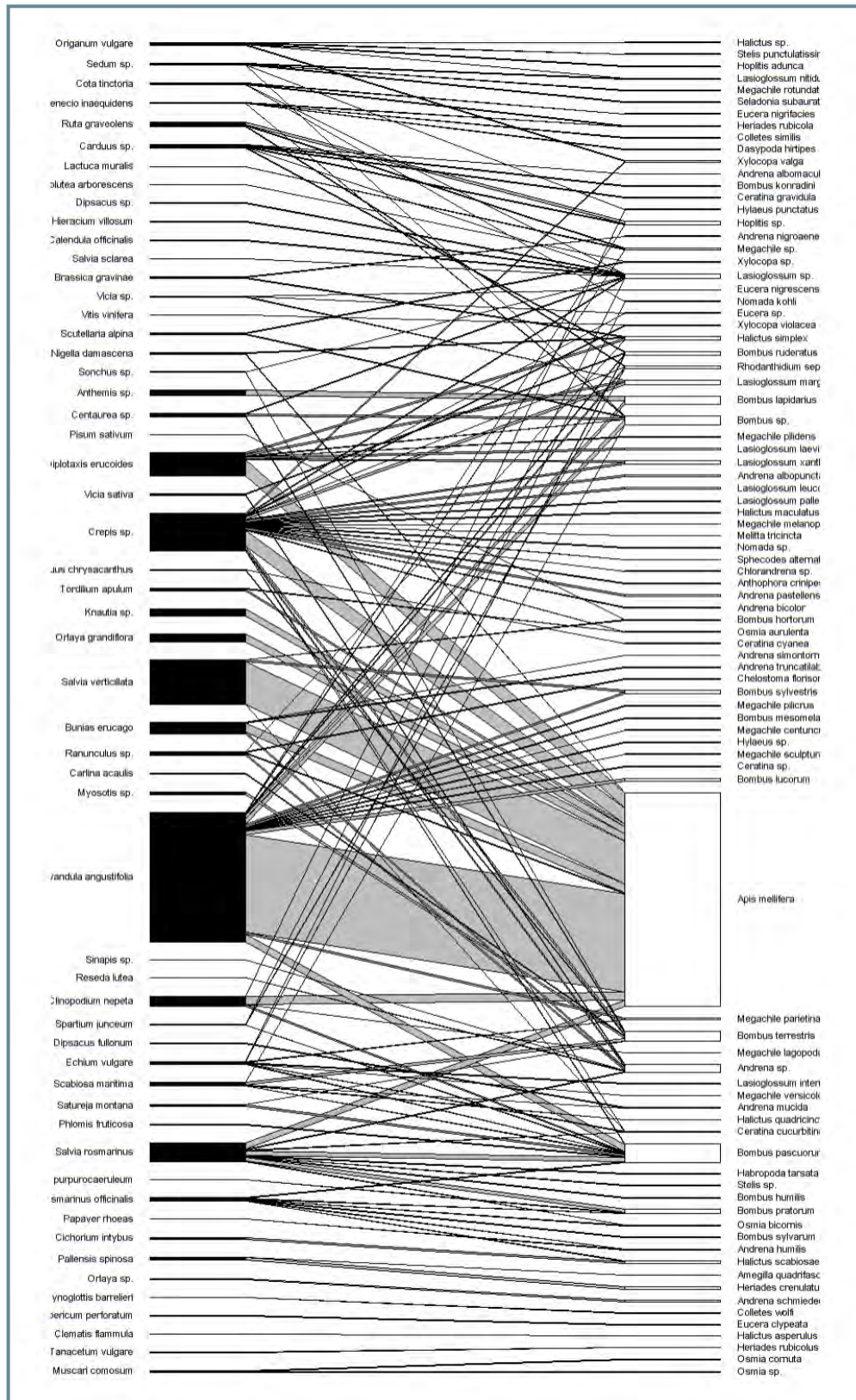


Figura d. Rete interazione complessiva apoidei-piante nel Parco Nazionale Gran Sasso e Monti della Laga (fonte: elaborazione degli Autori).