

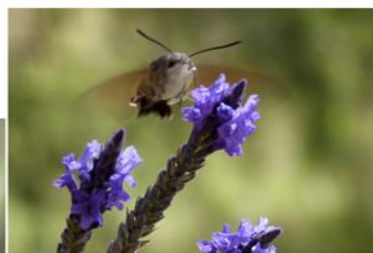


ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente



IL DECLINO DELLE API E DEGLI IMPOLLINATORI

Le risposte alle domande più frequenti

NATURA e BIODIVERSITÀ

Quaderni

IL DECLINO DELLE API E DEGLI IMPOLLINATORI

Le risposte alle domande più frequenti

Informazioni legali

L'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), insieme alle 21 Agenzie Regionali (ARPA) e Provinciali (APPA) per la protezione dell'ambiente, a partire dal 14 gennaio 2017 fa parte del Sistema Nazionale a rete per la Protezione dell'Ambiente (SNPA), istituito con la Legge 28 giugno 2016, n.132.

Le persone che agiscono per conto dell'Istituto non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questo quaderno.

ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

Via Vitaliano Brancati, 48 - 00144 Roma

www.isprambiente.gov.it

ISPRA, Quaderni Natura e Biodiversità n.12/2020

ISBN 978-88-448-1000-9

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Elaborazione grafica

***Grafica di copertina:* Franco Iozzoli**

***Foto di copertina:* Franco Iozzoli e Paolo Orlandi**

ISPRA - Area Comunicazione

***Foto nel testo:* Valerio Silli - ISPRA BIO-CFL**

Coordinamento pubblicazione on line:

Daria Mazzella

ISPRA - Area Comunicazione

Maggio 2020

Autori

Valter BELLUCCI¹, Lorenzo CICCARESE¹, Valerio SILLI¹ (coordinatori)

**Francesco CAMPANELLI¹, Carmela CASCONI¹, Roberto DAFFINA¹,
Susanna D'ANTONI², Deanna DE TADDEO¹, Valeria GIACANELLI¹, Valentina
RASTELLI¹, Roberto SANNINO¹, Rita OCONE¹**

¹ Dipartimento per il monitoraggio e la tutela dell'ambiente e per la conservazione della biodiversità - Area per la conservazione e la gestione della flora, della vegetazione e delle foreste, degli habitat e degli ecosistemi, dei suoli e per l'uso sostenibile delle risorse agro-forestali, BIO-CFL

² Dipartimento per il monitoraggio e la tutela dell'ambiente e per la conservazione della biodiversità, Servizio per la sostenibilità della pianificazione territoriale, per le aree protette e per la tutela del paesaggio, della natura e dei servizi ecosistemici terrestri, BIO-SOST

Citazione

ISPRA (2020). Il declino delle api e degli impollinatori. Le risposte alle domande più frequenti. Quaderni Natura e Biodiversità n.12/2020. ISBN 978-88-448-1000-9, 47 p.

INDICE

Premessa.....	6
1. Cosa sono gli impollinatori	9
2. Chi sono gli impollinatori.....	9
3. Quali piante hanno bisogno degli animali per essere impollinate	9
4. Gli insetti sono gli animali più importanti per l'impollinazione	10
5. Qual è il ruolo degli insetti Apoidei.....	10
6. Dove vivono gli Apoidei.....	12
7. Perché gli impollinatori sono importanti.....	12
8. Importanza degli insetti per la biodiversità di specie ed ecosistemi ..	13
9. Qual è il valore educativo e sociale delle api.....	14
10. Che cosa sta succedendo agli impollinatori.....	15
11. Cosa sta accadendo alle api	15
11.1. <i>Il tasso di mortalità della moria delle api negli alveari.....</i>	16
11.2. <i>Quali pesticidi sono stati trovati nelle analisi delle api morte.....</i>	20
12. Quali sono le cause del declino degli impollinatori	20
12.1. <i>Agricoltura intensiva.....</i>	21
12.2. <i>Cambiamenti climatici</i>	22
12.3. <i>Parassiti e patogeni (incluse le specie aliene).....</i>	22
12.4. <i>Trasformazione d'uso del suolo.....</i>	23
12.5. <i>Semplificazione del paesaggio e specie alloctone</i>	23
13. Quali sono i rimedi al declino degli impollinatori	26
13.1. <i>Pratiche agricole sostenibili.....</i>	26
13.2. <i>Tutela degli habitat naturali.....</i>	26
13.3. <i>Schemi agroambientali.....</i>	27
13.4. <i>Colture a fioritura di massa.....</i>	28
14. Come la PAC può aiutare gli impollinatori	28
15. Cosa prevede il PAN sull'uso dei pesticidi	31
16. Efficacia delle misure contenute del PAN.....	31
17. Perché un'iniziativa coordinata europea sugli impollinatori.....	32
18. Perché è importante la diversità degli impollinatori	34
19. L'iniziativa europea sugli impollinatori selvatici	34
20. Le api come indicatori ambientali	35

21. Entità e monitoraggio del declino degli impollinatori	36
22. Cosa fa la comunità internazionale per gli impollinatori.....	36
Bibliografia.....	38

Premessa

Quasi il 90% delle piante selvatiche da fiore ha bisogno di impollinatori, come api, vespe, farfalle, coccinelle, ragni, rettili, uccelli, finanche mammiferi, per trasferire il polline da un fiore all'altro e completare la riproduzione sessuale. A loro volta, queste piante sono fondamentali per il funzionamento degli ecosistemi, la conservazione degli habitat, la fornitura di alimenti e fibre e per l'erogazione d'una vasta gamma di altri benefici e servizi ecosistemici.

Gli impollinatori, quindi, hanno un ruolo chiave nella regolazione dei servizi a supporto della produzione alimentare, della salvaguardia degli habitat e delle risorse naturali, risultando fondamentali anche per la conservazione della diversità biologica, la base della nostra esistenza e delle nostre economie. Inoltre, gli impollinatori sono sempre più importanti per la resilienza degli ecosistemi ai disturbi di varia natura e per l'adattamento dei sistemi di produzione alimentare umana ai cambiamenti globali.

Nel processo di produzione alimentare, oltre il 75% delle principali colture agrarie beneficia dell'impollinazione operata dagli animali in termini di produzione, resa e qualità. Il volume di raccolti delle colture dipendenti dagli impollinatori è triplicato negli ultimi 50 anni. Le colture agrarie interessate includono frutta e verdura essenziali per la dieta e l'alimentazione umana, poiché esse forniscono vitamine e minerali, nonché combustibili, fibre come cotone e lino e materiali da costruzione. La produzione agricola mondiale direttamente associata all'impollinazione animale rappresenta un valore economico stimato tra 235 e 577 miliardi di dollari.

Un ragionamento a parte meritano le api da miele. Tra tutti gli impollinatori, le specie del genere *Apis* sono le più numerose, con 20.000 specie presenti in tutto il mondo. Tra tutte, la più conosciuta è l'ape domestica, nome scientifico *Apis mellifera*, conosciuta nel mondo come ape italiana. Il valore di questa specie, originaria dell'Europa, dell'Asia e dell'Africa, nelle stesse aree che hanno visto sorgere le civiltà antiche, è legato oltre che al servizio d'impollinazione anche alla produzione di miele, cera, propoli e pappa reale. Per dare un'idea dell'importanza socioeconomica della produzione di miele, è utile ricordare che in tutta l'Unione Europea ci sono almeno 600.000 apicoltori, che gestiscono 17 milioni di alveari e producono circa 250.000 tonnellate di miele l'anno. E, paradossalmente, la consapevolezza dell'importanza economica e del ruolo critico che questo straordinario insetto gioca per le società rurali e non rurali di tutto il mondo è cresciuta quando sono cominciate a emergere le evidenze degli effetti che le pressioni antropiche esercitano sulle popolazioni di api. Eppure, il connubio tra esseri umani e *A. mellifera* risale, come dimostra la diffusa presenza dell'iconografia dell'ape risalente all'Antico Regno (circa 2400 a.C.). Ci sono persino indicazioni di persone dell'età della pietra che raccolgono prodotti delle api. La caccia al miele viene raffigurata dall'arte rupestre in un contesto preistorico dell'Olocene. Tracce di cera d'api sono state trovate in un sito risalente a un periodo che precede l'invenzione dell'agricoltura.

La stretta associazione di *Apis mellifera* con l'uomo, avviata con la domesticazione delle api nel Neolitico, si è mantenuta nei millenni. Le api sono integrate nelle culture e nelle tradizioni locali, hanno supportato arti e mestieri, sono stati fonte d'ispirazione per musica, letteratura, arti visive, religioni e tradizioni popolari.

I servizi ecosistemici forniti dalle api come da tutti gli impollinatori, di cui l'uomo e l'ambiente hanno beneficiato ogni giorno, sono ora a rischio poiché è in pericolo l'esistenza stessa degli impollinatori. Numerose specie impollinatrici sono a rischio

di estinzione, l'abbondanza delle popolazioni e lo stato di salute delle api e di moltissime altre specie sono sottoposti a rischi di varia natura.

Il declino degli impollinatori è associato a una serie di fattori che spesso agiscono in sinergia tra loro: distruzione, degradazione e frammentazione degli habitat, inquinamento da agenti fisici e chimici, cambiamenti climatici e diffusione di specie aliene invasive, parassiti e patogeni. La gravità della situazione è testimoniata da una serie innumerevole di studi e ricerche, incluso un recente rapporto ad hoc dell'Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, la massima autorità scientifica mondiale in tema di biodiversità, e da una serie di misure a tutela degli impollinatori assunte nel contesto delle politiche, nazionali e comunitarie, nei settori dell'agricoltura, dell'ambiente, della salute, della ricerca e dell'innovazione.

In questa pubblicazione, ricorrendo alla formula delle domande più frequenti, saranno presentati alcuni concetti, dati e informazioni sul tema degli impollinatori e del loro declino e delle politiche e misure (soprattutto nel settore agro-ambientale) messe in atto finora per contrastare il problema. L'obiettivo è che questo lavoro possa essere utile ai cittadini e a tutti i portatori di interesse per avere una maggiore conoscenza e consapevolezza della situazione, del livello di informazioni acquisito dalla comunità scientifica e delle iniziative in atto sulla tutela degli impollinatori.

Il mio auspicio è che la divulgazione di documenti come questo possa incentivare vecchie e nuove collaborazioni e sinergie tra tutti gli attori, contribuendo così a elaborare soluzioni praticabili ed efficaci per rispondere alla grave crisi che gli impollinatori si trovano oggi ad affrontare.

Alessandro Bratti
Direttore Generale ISPRA



1. Cosa sono gli impollinatori

Gli impollinatori sono animali che, visitando i fiori alla ricerca di nettare e polline, s'imbrattano di polline (gamete maschile, analogo allo sperma dei mammiferi) del quale sono ricchi le antere, cioè la porzione fertile degli organi sessuali maschili di un fiore. Visitando i fiori di altre piante gli impollinatori trasferiscono il polline sullo stigma, parte più esterna del gineceo o pistillo (che rappresenta la parte femminile del fiore). Attraverso lo stigma il polline giunge poi a fecondare l'ovario.

Gli impollinatori fungono, dunque, da "inconsapevoli" vettori per l'impollinazione e successiva fecondazione dell'ovulo. Un fiore adeguatamente fertilizzato produrrà così frutti che circondano i semi, garantendo la possibilità di coltivare una nuova generazione di piante. Molti di questi semi e frutti, oltre che perpetuare la specie e la loro evoluzione nel tempo, sono alla base della sicurezza alimentare per ogni forma vivente del pianeta.

Gli animali impollinatori sono detti prònubi, termine che presso i Romani indicava chi assisteva lo sposo nella cerimonia nuziale. In senso figurato la parola pronubo è talora usata a indicare chi promuove la conclusione di un matrimonio o chi favorisce o assiste un'unione amorosa.

2. Chi sono gli impollinatori

Quando si pensa agli impollinatori i primi animali a venire in mente sono le api da miele (*Apis mellifera*). Tuttavia, tra gli insetti impollinatori figurano moltissime altre specie di api, almeno 16.000 (Danforth et al., 2006), numerose altre specie appartenenti agli Ordini dei Lepidotteri (farfalle), Ditteri (sirfidi) e Coleotteri (coccinelle, maggiolini, scarabei, ecc.) e diverse specie di Imenotteri con famiglie vicine a quella delle api, come le vespe.

A compiere l'impollinazione ci sono anche altri invertebrati diversi dagli insetti, come gli acari e i ragni. Inoltre, gli zoologi stimano che almeno 1.000 specie del gruppo dei vertebrati svolgano l'impollinazione: il 9% di tutte le specie di uccelli e mammiferi è attualmente ritenuto un impollinatore. Tra i mammiferi i pipistrelli sono i prònubi più attivi, responsabili dell'impollinazione di un gran numero di piante economicamente ed ecologicamente importanti come l'agave e i cacti. Tra gli uccelli impollinatori rientrano i colibrì, detti anche uccelli mosca, di piccole dimensioni (pochi centimetri). Essi si nutrono di nettare e di piccoli insetti frequentatori di fiori, grazie a una speciale conformazione del becco e della lingua che consente loro di raggiungere il nettare anche all'interno dei fiori a corolla tubolare.

3. Quali piante hanno bisogno degli animali per essere impollinate

Non tutte le specie di piante richiedono l'impollinazione mediata dagli animali (impollinazione zoofila). Il grano, ad esempio, è impollinato dal vento così come le graminacee in genere. Tuttavia, la maggior parte delle colture agricole che sono alla base della nostra alimentazione utilizzano l'impollinazione animale (Vaudo et al., 2015).

In tutto il mondo ci sono oltre 300 mila specie di piante provviste di fiore che richiedono impollinatori animali (IPBES, 2016). Questa straordinaria varietà floristica supporta una corrispondente diversità di impollinatori animali.

Gli impollinatori sono necessari per i tre quarti delle nostre principali colture alimentari. Senza di loro le diete alimentari sarebbero fortemente limitate e private di quella varietà di nutrienti essenziali come vitamine e minerali necessari all'organismo.

4. Gli insetti sono gli animali più importanti per l'impollinazione

La stragrande maggioranza dei prònubi sono insetti. Si stima che in tutto il mondo ci siano almeno 16.000 diverse specie di api (FAO, 2014), rispetto a circa 1.000 specie di impollinatori vertebrati (uccelli, mammiferi e altri vertebrati).

Gli insetti impollinatori sono molto diversi tra loro, tuttavia presentano alcune caratteristiche comuni come il corpo rivestito fittamente da setole e l'apparato boccale succhiante o lambente-succhiante. Il primo carattere consente che il polline resti imbrigliato fra le setole e possa essere così trasportato di fiore in fiore. Il secondo è il risultato di un adattamento alla loro dieta, basata su liquidi zuccherini, in particolare il nettare dei fiori.

Gli insetti impollinatori appartengono a diversi gruppi tassonomici, tra cui gli Imenotteri (api, bombi, vespe, ecc.), i Lepidotteri (farfalle, falene, ecc.), i Ditteri (mosche, sirfidi, ecc.), i Coleotteri (scarabei, coccinellidi, ecc.) e gli Ortotteri (cavallette, ecc.). Alcuni studiosi stimano che l'impollinazione degli insetti è fornita per circa il 10% dai Lepidotteri, per il 15% dai Coleotteri, per il 27% dai Ditteri e per il 48% dagli Imenotteri, che impollinano circa il 75% delle Angiosperme (Wardhaugh CW. 2015; Delaplane et al., 2000). Tra tutti gli impollinatori, le specie di maggiore rilevanza sono comprese negli Imenotteri Apoidei, una superfamiglia dell'ordine degli Insetti.

5. Qual è il ruolo degli insetti Apoidei

Gli Apoidei sono una famiglia molto vasta e articolata di insetti di piccole, medie o notevoli dimensioni, appartenenti all'ordine degli Imenotteri. In Europa gli Apoidei sono rappresentati da sei famiglie, quali Colletidae, Andrenidae, Halictidae, Melittidae, Megachilidae e Apidae (Fig. 1).

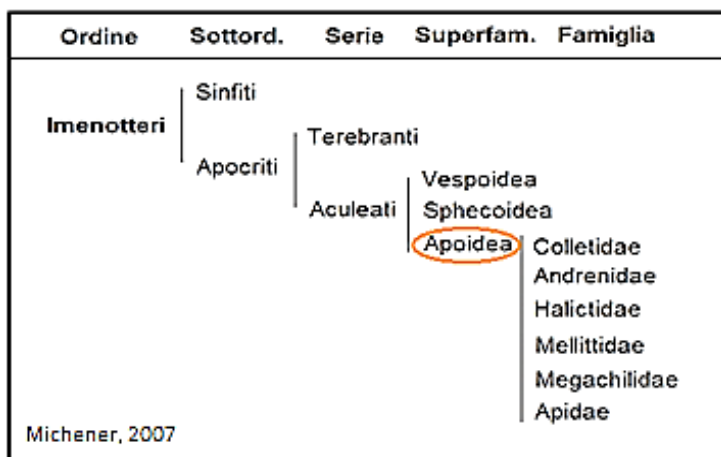


Figura 1. Sistematica della superfamiglia degli Apoidei

A scala globale gli Apoidei visitano più del 90% dei principali tipi di colture agricole, i ditteri (tra cui le mosche) circa il 30% e ciascuno degli altri gruppi tassonomici meno del 6%. La riproduzione di circa l'84% delle specie vegetali e il 76% della produzione alimentare europea dipende dall'impollinazione degli Apoidei, con un valore economico stimato di 14,2 miliardi di euro all'anno (Hanley N. et al., 2015; Leonhardt, S. D., et al., 2013).

Alcune specie di api, come l'ape occidentale (*Apis mellifera*), l'ape orientale del miele (*Apis cerana*), alcuni calabroni, alcune api senza pungiglione e alcune api solitarie, sono allevate (domesticate), mentre la stragrande maggioranza delle 20.077 specie di Apoidei conosciute al mondo sono selvatiche.

Gli Apoidei comprendono specie solitarie o sociali, col prònoto (primo segmento del torace) esteso all'indietro fino alle tegule e coi tarsi posteriori dilatati e ingrossati. Sono dotati di un apparato boccale lambente con il quale, modificando la posizione dei suoi pezzi, riescono a lambire sottili strati di nettare e a succhiarne un volume abbondante. La speciale conformazione delle tibie, dei tarsi posteriori e dei tarsi medi delle zampe, permette la raccolta ed il trasporto del polline. La cera essuda sotto forma liquida dalle ghiandole cerarie che sono situate fra gli anelli dell'addome dell'ape, nella parte inferiore. La maggioranza delle famiglie comprende forme solitarie e, tutt'al più, temporaneamente gregarie.

In generale gli insetti prònubi hanno caratteri morfologici adatti alla loro specializzazione, con forme più marcate per alcune specie. Negli Apoidei, ad esempio, le tibie delle zampe posteriori sono dilatate e hanno una concavità esterna, detta cestella, in cui si accumula il polline raccolto e trattenuto in una massa globosa da setole disposte lungo il bordo della cestella. Altro organo presente negli Apoidei è la spazzola, una formazione di robuste setole sui tarsi posteriori, che l'individuo usa per spazzolare il corpo e raccogliere il polline. Nelle farfalle, invece, è tipica la presenza di una sorta di proboscide (spiritromba) per prelevare il nettare.

Gli Apoidei alimentano la progenie con polline e nettare delle piante, presentando una dipendenza da esse e acquistando una maggiore rilevanza nel processo dell'impollinazione. La forma degli adulti è adatta per facilitare questa specializzazione trofica, con la conformazione delle zampe e altri parti destinate alla raccolta e al trasporto del polline, l'apparato boccale, a ligula corta o lunga, adatto alla suzione del nettare e la struttura delle ali idonea a permettere un volo efficiente (Vereecken N. et al. 2010; Kearns C.A. et al. 1998).

Normalmente nei manuali di riconoscimento degli Apoidei si è soliti suddividerli in due gruppi principali, quali le "api a ligula corta", definite come api primitive rispetto alle strutture di raccolta del polline, comprendenti le famiglie *Colletidae*, *Andrenidae*, *Halictidae* e *Melittidae*, e le "api a ligula lunga", come le famiglie *Megachilidae* e *Apidae*. Gli Apoidei a ligula corta si nutrono su fiori a corolla corta, ad esempio, *Compositae* e *Brassicaceae* e sono per lo più generalisti nelle interazioni con le piante e più adattabili rispetto alle condizioni ambientali per la nidificazione. Gli Apoidei a ligula lunga bottinano su fiori con corolla profonda, come *Leguminosae* e *Lamiaceae*, e sono particolarmente specializzati nelle interazioni perché associati soltanto a una specifica tipologia di flora (Dafni, 1992). Le caratteristiche anatomiche, dunque, comportano differenze nell'ecologia di specie.

6. Dove vivono gli Apoidei

Gli Apoidei nidificano e vivono in molteplici substrati, con numerose modalità di adattamento. Gli habitat di nidificazione possono essere sia acquatici, come paludi e rive dei corsi d'acqua, che terrestri, quali pascoli naturali, boschi, foreste, sottoboschi, siepi, brughiere, macchie, garighe, steppe, ma anche scarpate, margini di strade, argini, terreni rocciosi, terreni da riporto, cave, sentieri, dune, piccole strutture per ricoveri come muri, case abbandonate, legname morto e anche giardini, parchi e i campi coltivati (Linsley, 1958). Da aggiungere le strutture artificiali realizzate dall'uomo, quali arnie, cassette, ecc., dove trovano dimora soprattutto alcune specie del genere *Apis* e diversi tipi di bombi.

Spesso i piccoli ricoveri occasionali (legno morto, rametti cavi, cannuce, fessure tra i mattoni di una costruzione, ecc.) sono idonei a soddisfare le esigenze di diversi apoidei. Altre specie, quali gli insetti scavatori (*Andrena*, *Halictus*, ecc.), nidificano preferibilmente nel terreno, dove realizzano tipiche gallerie, collegate a diramazioni, nelle quali viene alloggiata la prole. Altri (*Megachilidae*) rodono o tagliano parti di vegetali (soprattutto foglie) per rivestire le pareti di nidi edificati a forma di sigaro dentro cavità naturali (ad esempio le canne). Altri ancora sfruttano cavità o canalicoli già esistenti (*Hylaeus*, *Bombus*, *Osmia*, ecc.) e, per formare o completare i nidi, raccolgono frammenti di varia natura (lana, fibre, terra, argilla, ecc.). Alcuni alloggiano in cavità particolari (ad esempio conchiglie) separando le celle con setti di resina. Gli Apoidei più evoluti (*Apis*, ecc.) costruiscono i nidi con la cera o cera mista ad altre sostanze.

7. Perché gli impollinatori sono importanti

Le piante costituiscono il fondamento delle catene alimentari terrestri. Le foglie, i frutti e i semi rappresentano per l'uomo componenti essenziali per una dieta sana, nonché sono di nutrimento per gli erbivori, a loro volta cacciati dai predatori. Forniscono inoltre riparo e habitat di nidificazione per molte specie animali.

Al fine di mantenere la diversità dei nostri ecosistemi naturali abbiamo bisogno di popolazioni impollinatrici sane, in grado di garantire sia l'impollinazione animale che la produzione della prossima generazione di piante. La maggior parte delle specie di piante provviste di fiore (chiamate Angiosperme), anche se non direttamente utilizzate per scopi alimentari, richiedono infatti l'impollinazione mediata dagli impollinatori animali per produrre i semi e dare così vita alla successiva generazione di piante.

Allo stesso tempo i prònubi, attraverso l'impollinazione di una vasta gamma di specie, coltivate e selvatiche, svolgono un servizio di regolazione degli ecosistemi che è vitale per ogni forma vivente. Senza gli impollinatori, molte specie di piante si estinguerebbero e gli attuali livelli di produttività potrebbero essere mantenuti soltanto con costi di produzione molto elevati, ad esempio attraverso l'impollinazione artificiale, tecnica peraltro già attuata in alcuni Paesi del mondo a causa proprio del declino degli impollinatori.

Occorre evidenziare che le api domestiche e selvatiche garantiscono circa il 70% dell'impollinazione di tutte le specie vegetali viventi sul pianeta. Le api, inoltre, forniscono preziosi prodotti dell'alveare, quali miele, polline, pappa reale, cera, propoli e veleno, da sempre utilizzati per l'alimentazione e il benessere psico-fisico umano.

L'Intergovernmental Science - Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES, 2017) ha stimato che la riproduzione dell'88% delle piante selvatiche da fiore del mondo (circa 308.000 specie) dipende, almeno in parte, dall'impollinazione animale. Tale valore oscilla tra il 94% nelle comunità vegetali tropicali e il 78% in quelle delle zone temperate. Secondo Klein et al. (2007) circa il 70% delle 115 colture agrarie di rilevanza mondiale beneficia dell'impollinazione animale. In Europa la produzione di circa l'80% delle 264 specie coltivate dipende dall'attività degli insetti impollinatori (EFSA, 2009).

Circa il 90% delle piante da fiore è impollinato da un animale. La dipendenza umana da queste piante per la fornitura di cibo, foraggio per bestiame, medicine, materiali e altri scopi è quindi notevole. Uno studio di Lautenbach (2012) stima il valore complessivo fornito dall'impollinazione per la produzione alimentare del pianeta pari a 351 miliardi di dollari. Secondo il Terzo Rapporto sullo Stato del Capitale Naturale in Italia (Comitato Capitale Naturale, 2019) la valutazione economica del servizio di impollinazione delle aree agricole italiane è pari a circa 2 miliardi di euro l'anno.

8. Importanza degli insetti per la biodiversità di specie ed ecosistemi

La gran parte delle piante selvatiche a fiore dipende dalla fecondazione incrociata per riprodursi ed incrementare la diversità genetica delle proprie popolazioni, condizione fondamentale per l'adattamento all'ambiente e per l'evoluzione.

La fecondazione incrociata prevede lo scambio di polline tra piante diverse della stessa specie (e in alcuni casi anche tra specie diverse) ed è effettuata da numerosi vettori, sia *biotici* (animali di diversi gruppi tassonomici, insetti, uccelli, mammiferi) che *abiotici* (acqua e vento). L'impollinazione incrociata effettuata da animali si basa su meccanismi spesso molto precisi che prevedono specifici adattamenti morfologici, sia del fiore sia del vettore. In Europa si stima che il 78% della flora

selvatica dipenda, almeno in parte, dall'impollinazione animale (Commissione Europea, 2018).

Gli insetti sono fra i principali vettori dell'impollinazione delle piante spontanee, con le quali hanno, per lo più, interazioni specie-specifiche, cioè una determinata specie vegetale può essere impollinata solo da una certa specie di insetto. Questa specializzazione rende l'interazione ottimale dal punto di vista funzionale, ma implica però che la scomparsa di una delle due specie abbia forti effetti sull'esistenza dell'altra.

Fra gli insetti le api svolgono un ruolo cardine nell'impollinazione incrociata. Nel nostro Paese la riproduzione di oltre l'80% della flora erbacea, arbustiva e arborea è favorita dagli apoidei selvatici (*Hymenoptera*, *Apoidea*, *Apiformes*) e da quelli di allevamento, come l'ape domestica (*Apis mellifera* Linneus, 1758) e i bombi (*Bombus Latreille*, 1802) (Quaranta et al., 2018).

Le *cenosi*, ossia l'insieme delle specie vegetali e animali che vivono in un determinato ambiente, sono dunque strettamente dipendenti da una diversificata comunità di insetti impollinatori per la loro stessa sussistenza. La presenza di una ricca comunità di insetti è a sua volta resa possibile dalla disponibilità degli habitat idonei allo svolgimento delle diverse fasi del loro ciclo biologico. In particolare, gli impollinatori hanno due esigenze basilari in termini di habitat: quali la presenza di una ricca comunità di piante a fiore spontanee o naturalizzate e la presenza di siti idonei alla deposizione delle uova e alla nidificazione. Diversi studi, infatti, hanno evidenziato che la presenza di ambienti naturali e semi-naturali nei pressi delle coltivazioni agricole, quali ad esempio il mantenimento di prati, siepi, boschetti, incolti, aree umide, muretti a secco, incrementa significativamente le popolazioni di impollinatori (NRCS - Natural Resources Conservation Service, 2014).

Considerando che gli insetti sono parte integrante della rete trofica, sia come predatori di altri insetti che come fonte di cibo per numerose specie animali, fra cui uccelli, piccoli mammiferi e rettili, e che essi partecipano al processo di degradazione dei materiali in decomposizione, risulta evidente che conservare la diversità entomologica è una condizione fondamentale per il mantenimento della diversità vegetale e dell'integrità dell'ecosistema nel suo complesso.

Il degrado e la scomparsa di habitat sono fra le maggiori cause di perdita complessiva di biodiversità a livello mondiale e costituiscono una delle minacce principali anche per le popolazioni di impollinatori (Commissione Europea, 2018).

9. Qual è il valore educativo e sociale delle api

Il complesso mondo delle api, formato da individui in apparenza tutti uguali dove ciascuno in realtà fornisce un proprio contributo al bene comune, è una realtà ideale che fornisce un modello per vivere in una società nella quale ciascuno di noi è aiutato a trovare un ruolo con compiti ben precisi, scoprendo le proprie particolari abilità, a favore di tutta la collettività.

Nel mondo delle api, infatti, ogni apiario è mediamente costituito da 50.000 individui, con la presenza di una ape regina che deposita circa 2000 uova al giorno e i restanti individui che si impegnano nella pulizia dei favi, per il benessere dell'ape regina, per la costruzione delle cellette e nel bottinamento del nettare e del polline dai fiori al fine della gestione ottimale dell'apiario.

L'attuazione di questi principi sociali è stata portata avanti da ISPRA con un progetto denominato "Curare Educare Relazionarsi con le Api", iniziato nel 2010 e ancora in corso presso la fattoria sociale A.A.I.S. onlus, con sede a Bracciano. In tale contesto, a seguito della realizzazione di un apiario didattico, di un laboratorio di smielatura e di coltivazioni di piante di interesse apistico, sono stati svolti incontri divulgativi con le scuole del territorio e il coinvolgimento di oltre 1500 alunni. Tali incontri hanno avuto luogo grazie alla collaborazione degli utenti diversamente abili dell'A.A.I.S. e dei loro operatori sociali, precedentemente formati sul mondo delle api attraverso uno specifico corso. Le competenze acquisite durante il corso hanno anche consentito ai ragazzi di fare esperienze di inserimento lavorativo protetto legate all'apicoltura e alla didattica.

10. Che cosa sta succedendo agli impollinatori

Negli ultimi anni va aumentando il declino dell'abbondanza, della diversità e dello stato di salute degli impollinatori, selvatici e domestici. Nell'Europa nord-occidentale e nel Nord America la presenza e la diversità degli impollinatori selvatici sono diminuite sia a livello locale che su più ampia scala regionale (Mullin et al., 2010). Altrettanto evidente è che le specie di impollinatori vertebrati, come uccelli e pipistrelli, ma anche primati come lucertole e roditori, siano in diminuzione. Secondo l'Unione Internazionale per la Conservazione della Natura (IUCN) quasi il 17% degli impollinatori vertebrati è minacciato d'i estinzione globale. Questo dato aumenta fino al 30% nelle isole. A scala globale più del 40% delle specie di impollinatori invertebrati rischiano di scomparire, mettendo a rischio l'equilibrio ecosistemico e il servizio per la società umana che da esso dipende.

I numeri relative alle popolazioni delle specie impollinatrici appartenenti agli insetti minacciate e a rischio di estinzione non sono disponibili, ma le valutazioni a livello regionale e nazionale indicano alti livelli di minaccia per api e farfalle. In Europa quasi la metà delle specie di insetti è in grave declino e un terzo è in pericolo di estinzione, inoltre, il 9% delle specie di api e farfalle è minacciato di estinzione (IUCN, 2015) e il 37% delle popolazioni di api sta diminuendo drasticamente. Il declino della popolazione delle farfalle è arrivato al 31%.

11. Cosa sta accadendo alle api

In tutta l'Unione Europea (UE), Regno Unito compreso, 17 milioni di alveari e 600.000 apicoltori producono ogni anno circa 250.000 tonnellate di miele. L' UE è il secondo maggiore produttore di miele dopo la Cina, ciò nonostante ne importa principalmente dalla stessa Cina per coprire il suo fabbisogno interno. I principali paesi produttori nel 2015 sono stati Romania, Spagna e Ungheria (Istituto di Servizi per il Mercato Agricolo Alimentare, ISMEA 2019). Negli ultimi anni gli apicoltori hanno lanciato l'allarme per la riduzione del numero delle colonie di api e per il declino delle loro popolazioni. In Italia sin dal 2003 sono stati segnalati eventi significativi di moria delle api, concentrati in primavera.

Ad oggi non è stata identificata una unica causa per tale declino, ma sono stati individuati diversi possibili fattori con una negativa incidenza sulla salute e sulla sopravvivenza delle colonie 'allevate' di api da miele. I fattori di declino sono il degrado e la frammentazione degli habitat, gli effetti dell'agricoltura intensiva, la morte per fame delle api per via della ridotta disponibilità o qualità delle risorse

alimentari, gli attacchi di agenti patogeni (virus, batteri e funghi) e parassiti (principalmente insetti e acari), tra cui specie invasive come l'acaro varroa (*Varroa destructor*), il calabrone asiatico (*Vespa velutina*) e il piccolo scarabeo dell'alveare (*Aethina tumida*), i cambiamenti climatici, il cambiamento culturale e commerciale delle pratiche di apicoltura e, non ultimi per importanza, l'esposizione ai pesticidi usati in agricoltura per la difesa delle colture agrarie, della vegetazione urbana e ornamentale e i prodotti chimici utilizzati negli alveari per combattere i parassiti e i patogeni delle colonie (Rișcu e Bura, 2013). Altri fattori negativi sono la gestione impropria degli alveari da parte meno esperta degli apicoltori, quale potenziale causa dello sviluppo di parassiti e della trasmissione di malattie, e le interazioni complesse e ampiamente dannose esistenti tra l'esposizione ai pesticidi e il sistema immunitario delle api. Una serie corposa di studi dimostra come la salute delle api possa essere compromessa da malattie infettive e infestanti e dall'azione acuta o cronica di alcuni pesticidi che spesso indeboliscono le colonie di api. Questi impatti sono spesso strettamente intrecciati ed è improbabile che un singolo fattore di pressione possa rappresentare da solo la causa di perdita delle colonie.

11.1. Il tasso di mortalità della moria delle api negli alveari

Purtroppo la popolazione delle colonie di api in Europa, come in altre regioni del mondo, è in drastica diminuzione, come rappresentato anche nel rapporto pubblicato nel 2016 dagli esperti dell'Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES). L'indagine è basata sui risultati forniti dagli studi di centinaia di ricercatori. Secondo altri dati emersi da una rete di ricerca internazionale, coordinata dall'Istituto di apicoltura dell'Università di Berna, la morte in massa di api in Europa è un problema grave e in aumento di anno in anno (Dietemann et al., 2012). Gli esperti dell'Istituto hanno ipotizzato che la tendenza negativa, sebbene fluttuante, possa essere potenzialmente maggiore nel lungo termine a causa della crescente urbanizzazione, dall'espansione delle monoculture, dalle malattie delle api, dai metodi di difesa delle coltivazioni che risultano spesso dannose agli impollinatori e da altri fattori di stress. I dati disponibili evidenziano un aumento dal 5% - 10% al 25% - 40% nelle morti invernali delle api e crescenti morie durante l'estate. Le riduzioni del patrimonio apistico di *Apis Mellifera* è reso meno evidente dall'intervento degli apicoltori, che in caso di morie tendono a sostituire le colonie distrutte con delle nuove. Altre specie impollinatrici selvatiche hanno subito perdite ancora più pesanti. L'importanza del settore dell'apicoltura è di gran lunga maggiore del suo contributo al PIL poiché oltre l'80% delle rese colturali e il 75% della produzione alimentare europea dipendono dall'opera di impollinazione delle api.

Un documento di riferimento sui dati di mortalità delle colonie di api domestiche sono i due rapporti del progetto europeo EPILOBEE, (2014; 2016). Tali rapporti mostrano i tassi di mortalità delle colonie di api negli inverni 2012-2013 e 2013-2014 nei paesi europei coinvolti nel progetto. Per l'Italia i tassi di mortalità sono stati rispettivamente pari al 5,5% e al 4,8%, inferiori al valore medio dell'indagine (Fig. 2a e 2b).

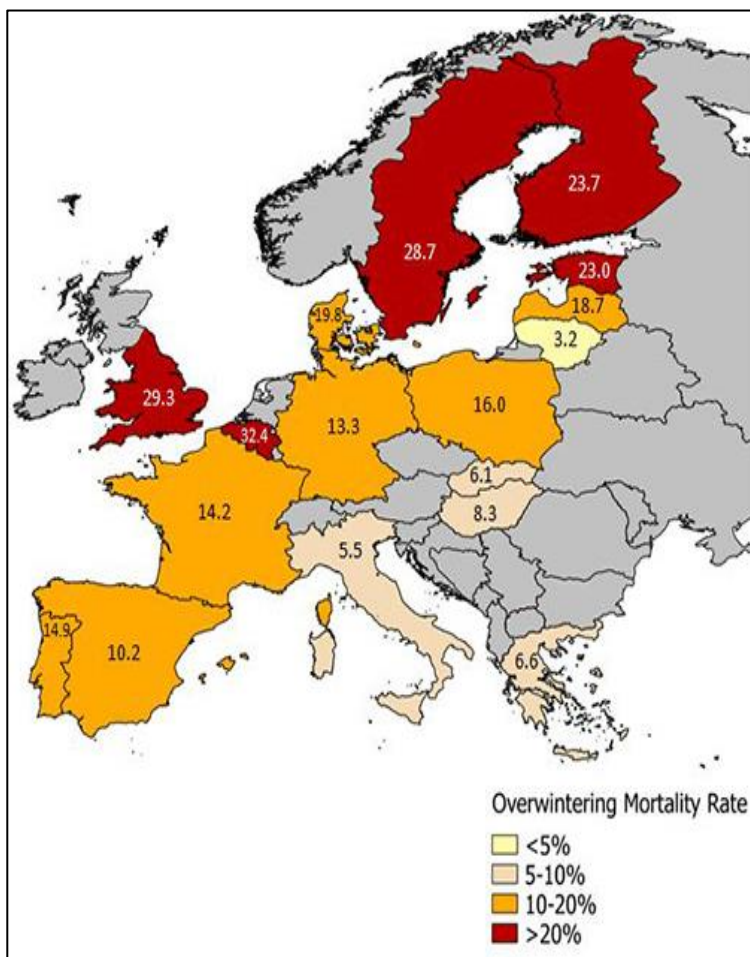


Figura 2a. Tasso di mortalità invernale delle colonie di api negli Stati Membri della UE, 2012 - 2013 (mappa rivista) [EPILOBEE, 2014]

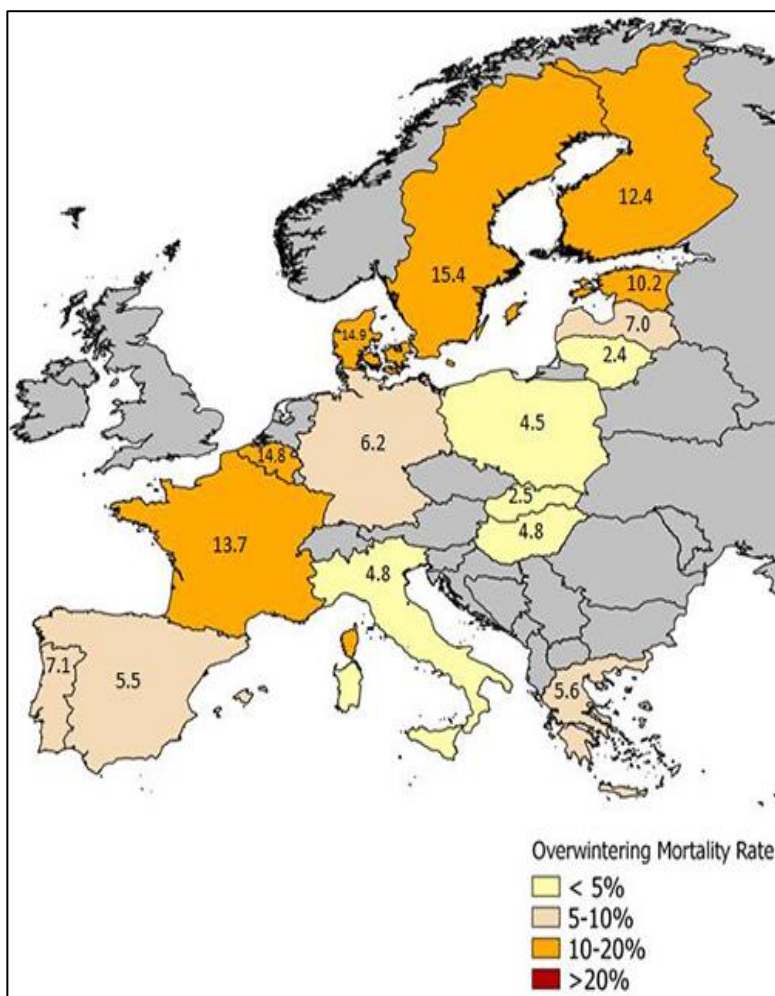


Figura 2b. Tasso di mortalità invernale delle colonie di api negli Stati Membri della UE, 2013 - 2014 (EPILOBEE, 2016)



11.2. Quali pesticidi sono stati trovati nelle analisi delle api morte

Numerosi studi scientifici hanno evidenziato l'esistenza di complesse interazioni tra l'esposizione delle api ai pesticidi, in modalità acuta e cronica, e il grado di compromissione dell'immunità e dello stato di salute delle colonie. Rilevanti possono essere gli effetti sinergici e cumulativi, in relazione soprattutto al grado di tossicità dei pesticidi rispetto alla vitalità delle api (da considerare sia gli effetti letali sia quelli sub - letali).

Per analizzare il fenomeno della moria delle api, in Italia sono state elaborate linee guida nazionali per standardizzare i protocolli di campionamento, di analisi e valutazione dei campioni di api morte. Con l'ausilio di tali procedure operative e al fine di suggerire indicazioni ai decisori politici e agli apicoltori sui rimedi da adottare, in alcune regioni del nostro paese è stato condotto un progetto di monitoraggio i cui risultati sono stati pubblicati sulla rivista *Diversity* agli inizi del 2020 da un gruppo di ricerca dell'Istituto Zooprofilattico Sperimentale delle Venezie (Martinello et al., 2019). Il monitoraggio ha documentato la presenza di residui di 150 pesticidi diversi, nei 696 campioni totali di api morte analizzati. Nel 50% delle analisi è stata rinvenuta la presenza di uno o più pesticidi per campione, con una media di 2 e un numero massimo di 7 principi attivi (la sostanza che agisce contro il parassita o il patogeno che si intende eliminare), alcuni dei quali vietati in Europa o non autorizzati all'uso in Italia. Come categoria di pesticidi i più presenti sono gli insetticidi, principalmente del gruppo chimico dei piretroidi (il 49%, soprattutto il principio attivo tau-fluvalinate, spesso impiegato dagli apicoltori come acaricida), degli organo-fosfati (clorpirifos, il 18%) e dei neonicotinoidi (imidacloprid, 7%). Considerando le matrici sottoposte ad analisi, nei campioni di api sono stati trovati 63 differenti principi attivi, con concentrazioni che vanno da 0,1 a 134.665 nanogrammi/individuo. Nelle altre matrici, quali cera d'api, propoli, miele e matrici vegetali, sono stati rinvenuti 51 diversi principi attivi, in concentrazioni variabili da 0,01 a 359,50 mg/kg.

12. Quali sono le cause del declino degli impollinatori

Anche se le attuali conoscenze scientifiche suggeriscono che non esiste un solo fattore di declino è indubbio che l'intervento umano sia la causa diretta. Una pietra miliare a tale riguardo è rappresentata dal rapporto 2016 dell'*Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services* (IPBES) che indica i seguenti fattori alla base del declino degli impollinatori: cambiamento nell'uso del suolo, gestione agricola intensiva e uso di pesticidi, inquinamento ambientale, specie esotiche invasive, patogeni e cambiamenti climatici. Questi fattori spesso agiscono in combinazione e comportano effetti sinergici che esercitano una forte pressione sugli impollinatori.

Nel caso degli impollinatori allevati, ai fattori prima citati si aggiunge il cambiamento culturale e commerciale delle pratiche di apicoltura. L'apicoltura di massa e il trasporto su larga scala di colonie di api allevate hanno contribuito a un maggiore rischio di trasmissione di parassiti e patogeni, sia tra gli impollinatori allevati che i selvatici, favorendo, inoltre, un aumento della presenza di agenti patogeni più pericolosi, l'invasione di specie aliene e l'estinzione di specie autoctone.

12.1. Agricoltura intensiva

L'introduzione e l'espansione su grande scala di varietà colturali di cereali e altre specie agrarie ad alto rendimento e resistenti alle malattie, associata alla meccanizzazione, all'irrigazione, all'uso di pesticidi e dei fertilizzanti di sintesi, hanno contribuito ad aumentare in pochi anni e in misura significativa le rese per ettaro delle colture agrarie. È altrettanto evidente, tuttavia, che questo processo d'intensificazione dell'agricoltura ha comportato ripercussioni negative sull'ambiente, quali la compattazione e il degrado dei suoli, l'aumento delle emissioni di gas serra alla base dei cambiamenti climatici, il deflusso di azoto e l'eutrofizzazione, con l'inquinamento delle acque nonché la perdita di biodiversità. L'intensificazione dell'agricoltura e in particolare il diffuso utilizzo di insetticidi, fungicidi ed erbicidi sintetici, sono indicati tra i principali fattori del declino dei pronubi in generale e degli insetti in particolare [Goulson et al., 2015, Le Féon et al., 2010, Maini et al., 2010, Ollerton et al., 2011, Ollerton 2017].

L'esposizione anche a dosi sub-letali dei pesticidi rende gli impollinatori più vulnerabili ad altri fattori di pressione come, ad esempio, le condizioni climatiche estreme che ne inibiscono l'apprendimento, la memoria a breve e a lungo termine, la capacità di orientamento nell'ambiente circostante, impedendone il ritorno nell'alveare dopo la raccolta del nettare e del polline. Il disorientamento delle bottinatrici è una condizione molto grave per la vita di famiglia negli insetti sociali, come le api da miele e i bombi. Un individuo che non riesce a ritrovare la via di ritorno al proprio alveare o nido, anche se non comporta alterazioni dirette, costituisce una perdita per la famiglia con potenziali conseguenze sulla sopravvivenza della stessa. Questa evenienza può spesso indurre la mancata impollinazione delle specie botaniche coltivate (importanti per la nostra alimentazione), di quelle spontanee (strategiche per il mantenimento della biodiversità), lo spopolamento del nido e di conseguenza anche la perdita di produzione di miele e altri prodotti apistici per l'apicoltore.

Da evidenziare che l'UE ha un sistema di normative tra i più stringenti al mondo per quanto riguarda l'autorizzazione e l'immissione sul mercato dei pesticidi. La Commissione europea, insieme all'Autorità europea per la sicurezza alimentare (EFSA), ha aumentato i requisiti necessari per la presentazione dei dossier dei pesticidi da esaminare, anche in merito all'impatto sulle api. Recentemente, infatti, l'Unione Europea ha vietato l'uso all'aperto di tre pesticidi appartenenti al gruppo chimico conosciuto come *neonicotinoidi*, che si sono dimostrati estremamente pericolosi sia per le api da miele che per le api selvatiche.

L'agricoltura più sostenibile, in coerenza con i recenti principi del *Green Deal* dichiarati dalla Commissione Europea (COM 640, 11 dicembre 2019), si sta orientando in misura crescente verso forme di agricoltura che non impiegano prodotti chimici di sintesi, metodi di lotta integrata orientati alla riduzione nell'impiego di pesticidi e l'agricoltura di precisione. In alternativa all'uso dei prodotti chimici esistono, infatti, numerose altre tecniche e mezzi colturali, come la rotazione delle colture, la lotta biologica per la salvaguardia della entomofauna selvatica, l'istituzione delle aree di rifugio per gli organismi utili, l'uso di fertilizzanti organici, ecc. La finalità è conservare la biodiversità e la fertilità naturale del suolo, presupposti indispensabili per la nutrizione delle piante, per la riduzione dell'inquinamento dell'ambiente e per la produzione e di alimenti sani in grado di garantire la sicurezza alimentare.

La messa a bando di un elevato numero di molecole chimiche, la cui applicazione è, in molti casi, non solo inutile ma anche negativa per i rischi ambientali e per la salute umana connessi e la maggiore diffusione di pratiche sostenibili e dei principi dell'agricoltura biologica, costituiscono soluzioni efficaci a garantire una maggiore sostenibilità ambientale delle pratiche agricole.

12.2. Cambiamenti climatici

I cambiamenti climatici esercitano una delle maggiori pressioni sulle specie animali, inclusi gli impollinatori. Diversità di specie, abbondanza delle popolazioni di ogni singola specie e attività stagionali di alcune specie di impollinatori selvatici (quali bombi e farfalle) sono cambiate in risposta ai cambiamenti climatici osservati negli ultimi decenni, e per molti impollinatori, con gravi ripercussioni sulle loro popolazioni e distribuzione complessiva (IPBES 2016). Uno studio di Duchenne et al. (2020), che ha preso in considerazione 2027 specie di insetti europei, ha messo in luce come la maggior parte degli insetti impollinatori abbia anticipato il proprio periodo di attività di quasi una settimana in risposta ai cambiamenti climatici, con la data media del volo anticipata di 6 giorni negli ultimi 60 anni e la durata del loro volo diminuita di 2 giorni. Questi cambiamenti, ad esclusione della parte più nord-orientale dell'Europa, hanno probabilmente alterato la distribuzione stagionale dei servizi di impollinazione, diminuendo la sovrapposizione tra impollinatori e periodo di fioritura.

Occorre considerare, però, che gli impatti dei cambiamenti climatici in corso sugli impollinatori e sui servizi d'impollinazione potrebbero non essere evidenti e manifesti per diversi decenni ancora, a causa dei tempi di risposta ritardati nei sistemi ecologici. Attualmente non si è ancora in grado di conoscerne a fondo gli impatti sugli impollinatori e le modalità più efficaci e appropriate di adattamento. In generale i processi con i quali i sistemi biologici complessi e i corrispondenti servizi ecosistemici (come l'impollinazione) risponderanno ai cambiamenti climatici è fortemente condizionato dallo specifico contesto ambientale, un aspetto che rende le previsioni difficili e incerte. È comunque assai probabile che un aumento della temperatura di soli 3,2°C, prevista da uno degli scenari più probabili degli esperti afferenti all' IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), comporterà la riduzione del 50% del numero attuale di insetti già entro il 2100. Altri impatti riguarderanno le variazioni della distribuzione geografica dei patogeni che colpiscono gli impollinatori e l'aumento della loro virulenza. Infine l'aumento di CO₂ in atmosfera potrebbe portare alla riduzione progressiva del contenuto di proteine del polline con conseguenti cambiamenti nella biologia degli impollinatori (Ziska et al., 2016).

12.3. Parassiti e patogeni (incluse le specie aliene)

Nel corso degli ultimi anni la perdita di api nel nostro paese è risultata tra cento e mille volte maggiori di quanto osservato in passato (EFSA, 2008). La moria di *Apis mellifera*, l'insetto impollinatore più studiato, costituisce un problema sempre più grave in molte regioni italiane a causa di una combinazione di fattori (Organizzazione per l'alimentazione e l'agricoltura, FAO, 2014), tra cui certamente la maggiore vulnerabilità nei confronti di patogeni, quali protozoi, virus, batteri e funghi, e parassiti, quali *Varroa destructor*, *Aethina tumida*, *Vespa velutina* e altri artropodi, incluse diverse specie alloctone. Come già descritto, occorre ricordare

che le infestazioni di parassiti ed altri patogeni sono più frequenti nel caso in cui gli insetti siano già sottoposti a pressioni ambientali derivanti ad esempio da insufficienza di risorse trofiche o da uso di sostanze chimiche come i pesticidi o al consumo e trasformazione del suolo dovuta all'edilizia, all'agricoltura intensiva e monocolturale e al conseguente degrado e frammentazione di habitat.

12.4. Trasformazione d'uso del suolo

Il degrado e la scomparsa di habitat sono fra le maggiori cause di perdita complessiva di biodiversità a livello mondiale e costituiscono una delle minacce principali anche per le popolazioni di impollinatori (IPBES, 2018; Commissione Europea, 2018).

La Commissione Europea già da alcuni decenni si è dotata di strumenti normativi per fronteggiare questo problema (Direttiva Habitat 92/43/CE) e richiede agli Stati membri la periodica rendicontazione sullo stato di conservazione di tutti gli habitat elencati nel corrispondente Allegato I e delle specie elencate negli allegati II, IV e V.

Anche se la direttiva protegge in modo diretto solo alcune specie di impollinatori, la Commissione Europea ritiene che la tutela degli habitat e le misure di conservazione che ne derivano siano di grande beneficio per gli impollinatori, pertanto, essa valuta che sia estremamente importante migliorare l'attuazione della direttiva (Commissione Europea, 2018).

Recentemente è stata prodotta la prima lista rossa europea degli habitat (Unione Europea, 2016) con l'obiettivo di avere un quadro del rischio a cui sono sottoposti gli ambienti naturali e semi-naturali terrestri, nonché le acque interne dei 28 Paesi (prima della Brexit) dell'Unione Europea. Dei 233 tipi di habitat sottoposti a valutazione, il 36% è risultato ricadere nelle tre categorie di rischio più elevato: criticamente minacciato (<2%), minacciato (11%) e vulnerabile (24%). L'analisi per macro-categorie mostra che la più alta percentuale di habitat minacciati è relativa a "Paludi e acquitrini" (85%), seguono le "Praterie" (53%), gli ambienti di acqua dolce (46%) e quelli costieri (45%). Boschi, macchie, brughiere e ambienti scarsamente vegetati annoverano rispettivamente il 29%, il 17% e il 10% di habitat a rischio.

In Italia i risultati del terzo report nazionale sulla Direttiva Habitat (Genovesi et al., 2014) mostrano che dei 132 habitat d'interesse comunitario il 67% si trova nello stato di conservazione "sfavorevole" (di cui il 27% in stato di conservazione "cattivo" e il 40% in stato di conservazione "inadeguato").

12.5. Semplificazione del paesaggio e specie alloctone

Tra le cause che determinano il declino degli impollinatori e della biodiversità animale nelle aree agricole vi è la semplificazione del paesaggio che determina una variazione dei periodi dell'anno caratterizzati da risorse alimentari insufficienti nel raggio di volo degli insetti impollinatori. Tali situazioni sono tipiche delle aree agricole estensive, con presenza di seminativi destinati alla produzione di cereali e della barbabietola da zucchero.

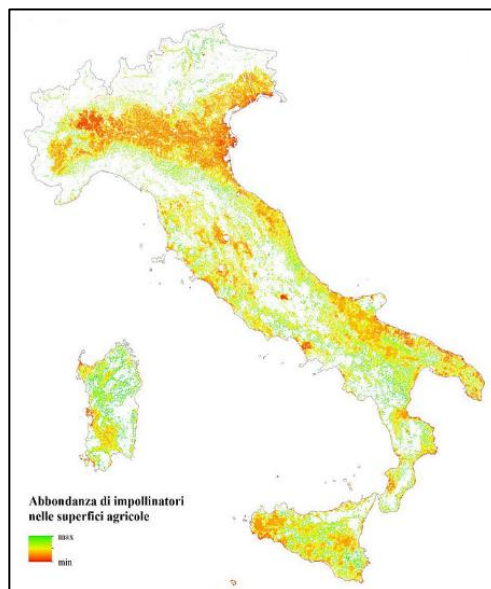
La configurazione del paesaggio, infatti, è determinante per i processi di impollinazione, essendo questo servizio erogato in funzione della disponibilità di habitat di nidificazione e di risorse floreali e in relazione ai fattori climatici e alla distanza di foraggiamento degli impollinatori (Nogué et al., 2016), ovvero la distanza percorribile al fine di accedere alle fonti di nettare e pollini necessarie a nutrire gli insetti impollinatori.

La frammentazione degli habitat ha un impatto significativo sul rapporto pianta-impollinatore e quindi sulla rete di impollinazione: isola le popolazioni e ne colpisce le proprietà ecologiche oltre a influire in maniera diretta sull'abbondanza sia di piante che di impollinatori stessi. Fra altre cause il disequilibrio del servizio ecosistemico dell'impollinazione è imputabile al cambiamento di uso del suolo (intensificazione dell'agricoltura) e al ricorso a pratiche agricole non sostenibili quali l'utilizzo massiccio di prodotti chimici quali insetticidi, fungicidi, erbicidi e fertilizzanti.

Dal 2012 al 2015 l'indice potenziale di abbondanza di impollinatori che raggiungono un'area agricola ha subito delle variazioni negative nei punti in cui si è avuto consumo o cambiamento di uso del suolo (fig. 3).

Il consumo e la perdita di suolo causa ogni anno ingenti perdite economiche in termini di servizi ecosistemici connessi a questa importante risorsa, incluso quello dell'impollinazione (ISPRA, 2019).

Un'ulteriore minaccia per gli impollinatori è rappresentata dalla diffusione di specie alloctone, dette anche aliene. Negli ecosistemi in cui esse vengono introdotte, queste creano problemi rilevanti agli equilibri naturali presenti, quali fenomeni di competizione con gli organismi autoctoni rispetto alle risorse limitate, cambiamenti strutturali degli ecosistemi, ibridazione con specie autoctone, predazione su specie locali e diffusione di nuove malattie. I danni delle specie aliene si ripercuotono principalmente su produzioni agricole, forestali e sulla zootecnia in generale.





13. Quali sono i rimedi al declino degli impollinatori

13.1. Pratiche agricole sostenibili

Il polline raccolto dagli insetti e le analisi degli stessi impollinatori consentono di avere indicazioni sullo stato ambientale e sulla contaminazione chimica presente (Girotti et al., 2013). In alcuni casi accurate analisi di laboratorio hanno riscontrato sugli insetti e sul polline le sostanze attive contenute in diversi formulati commerciali di pesticidi utilizzati nelle aree nelle quali gli insetti effettuavano i voli e bottinavano (Porrini et al., 2003; Rişcu e Bura, 2013; Klein et al., 2007; Mullin et al., 2010). I pesticidi, peraltro, possono avere un impatto sugli insetti impollinatori per esposizione diretta o per alterazione dell'habitat, delle funzioni vitali e della catena alimentare (ISPRA, 216).

La conservazione e il ripristino degli habitat naturali, il recupero di pratiche agricole tradizionali in via di abbandono a causa di motivi economici, insieme ad una drastica riduzione dei prodotti agro-chimici e alla "riprogettazione" agricola, è probabilmente il modo più efficace per evitare ulteriori diminuzioni o scomparse degli insetti impollinatori, in particolare nelle aree ad agricoltura intensiva.

La consociazione di essenze vegetali con diversi periodi di fioritura nonché la conservazione dei filari, delle siepi, delle fasce inerbite, delle pozze d'acqua e dei prati impiantati ai margini delle colture agrarie sono soltanto alcune delle misure in grado di aumentare l'eterogeneità ambientale e l'abbondanza degli impollinatori selvatici. Allo stesso modo tecniche agronomiche come l'utilizzo di cultivar locali resistenti ai patogeni, l'incremento della varietà di colture agrarie, la rotazione e l'avvicendamento delle colture con trifoglio o altre leguminose possono incrementare l'abbondanza e la diversità degli apoidei, che a loro volta migliorano la resa delle colture e la redditività dell'azienda nel complesso.

Queste pratiche non solo favoriscono gli impollinatori, ma preservano i nemici naturali dei numerosi patogeni e parassiti che attaccano le piante coltivate, consentendo di contenere le perdite nelle stesse coltivazioni agricole.

Tuttavia, affinché queste misure siano efficaci, è fondamentale che gli attuali modelli di utilizzo dei pesticidi, principalmente insetticidi e fungicidi, siano ridotti al minimo per consentire il recupero delle popolazioni di insetti e dei relativi servizi di "controllo biologico" dei patogeni e dei parassiti.

In molti dei sistemi agricoli presenti al mondo il controllo biologico costituisce uno strumento sottoutilizzato ma economicamente efficace e a basso impatto ambientale per affrontare problemi dei parassiti e altri patogeni delle colture agricole, al contempo in grado di preservare la biodiversità sia all'interno che al di fuori delle aziende agricole.

13.2. Tutela degli habitat naturali

Gli habitat possono essere ottimizzati usando una varietà di approcci. Oltre che dalle fonti alimentari floreali gli impollinatori selvatici dipendono anche da altre risorse. La maggior parte degli Imenotteri, ad esempio, richiede siti di nidificazione, mentre i Ditteri e i Lepidotteri hanno bisogno di habitat dove ospitare le larve, spesso tipici di ciascuna specie.

Soltanto pochi studi hanno preso in considerazione l'importanza della disponibilità di risorse non floreali in relazione alla tutela dai fattori climatici e di mantenimento di nicchia ecologica. Di conseguenza, ad oggi, la maggior parte delle iniziative per migliorare l'habitat degli impollinatori si è concentrata sull'aggiunta di risorse floreali (aumento dell'abbondanza e della diversità delle risorse floreali, cioè nettare e polline), in particolare negli agroecosistemi caratterizzati dalla presenza di colture agricole in funzione delle quali gli impollinatori svolgono un ruolo economico importante.

Alcune indagini, tuttavia, hanno evidenziato l'importanza della conservazione del servizio di impollinazione anche nelle aree urbane come servizio fondamentale per il mantenimento della biodiversità negli spazi verdi urbani a beneficio del benessere umano e della fauna selvatica.

13.3. Schemi agroambientali

I regimi agroambientali (Agro-Environmental Schemes - AES) sono incentivi finanziari offerti dall'Unione Europea ai gestori del territorio per compensare una perdita di rendimento quando mettono da parte una porzione della loro terra per la conservazione della flora, fauna e degli habitat. I regimi agroambientali sono ampiamente utilizzati per sostenere la biodiversità di più specie animali e vegetali nei paesaggi agricoli, ma rimangono controversi per l'alto costo e il successo variabile. Sono da considerare uno strumento importante a sostegno della naturalità degli ambienti agricoli in quanto un effettivo aumento dei fiori e delle altre risorse naturali consente un aumento dell'abbondanza e della diversità degli impollinatori sia a livello locale che di area più estesa. Un lavoro recente ha dimostrato un miglioramento riproduttivo nei bombi con aumentata densità dei siti di nidificazione (Goulson, 2015) associati a regimi agroambientali con ricche fioriture.

Tuttavia, non sempre i regimi agroambientali hanno la capacità di migliorare la riproduzione e la diversità di gruppi solitari (taxa non domestici) e sembra che essi siano più vantaggiosi per gli impollinatori generalisti come bombi e api da miele.

A livello locale il successo di tali regimi è influenzato dalla loro gestione, con benefici per gli impollinatori selvatici sostenuti con aree di rifugio costituite da prati naturali non sfalcati o con regimi di taglio che prolungano la stagione di fioritura in patch diversi di fiori seminati (Pywell et al., 2011). Su scala maggiore la loro efficacia è modulata dal contesto paesaggistico: una meta-analisi (uno studio che analizza più studi che hanno fornito risultati sullo stesso tema) su scala europea ha suggerito che i regimi agroambientali sono in grado di assicurare vantaggi agli impollinatori in contesti caratterizzati da pratiche agricole non intensive, tali da garantire maggiore "naturalità", paesaggi più complessi e aree con habitat integri (Scheper et al., 2013).

Nonostante l'efficacia nell'aumentare la diversità e la capacità riproduttiva degli impollinatori, non è stato dimostrato che i regimi agroambientali siano in grado di incrementare le popolazioni di impollinatori in modo permanente nel tempo. Affinché la risposta delle popolazioni sia separata dalle caratteristiche comportamentali proprie degli impollinatori, tali regimi devono essere monitorati per un minimo di due anni. Infatti, il numero di individui di specie di api univoltine in un determinato anno dipende dalle risorse che le femmine hanno avuto a disposizione l'anno precedente. Anche il numero delle colonie, con conseguente

crescita della popolazione ad opera delle regine, dipende dal foraggiamento dell'anno precedente. Gli studi devono quindi essere eseguiti per più anni al fine di verificare il grado di attrazione delle risorse floreali disponibili per gli impollinatori in anni successivi (comportamentali + effetti sulla popolazione) rispetto a quando vengono presentati per la prima volta (solo effetti comportamentali). In un esperimento condotto in quattro paesi europei, Scheper et al. (2015) hanno confrontato l'efficacia delle strisce, fasce o aree di fiori selvatici per aumentare l'abbondanza e la ricchezza in specie degli apoidei.

13.4. Colture a fioritura di massa

Sebbene l'intensificazione agricola sia una delle cause alla base del declino degli impollinatori in tutto il mondo (Vanbergen et al., 2013), le colture a fioritura di massa come la colza (*Brassica napus*), la fava di campo (*Vicia faba*), il girasole (*Helianthus annuus*), gli agrumi (*Citrus* spp), possono fornire un effetto significativo, anche se "l'impulso di risorse" per gli impollinatori da parte degli agroecosistemi è di breve durata, a meno che queste diverse colture non vengano piantate e coltivate nella stessa area. È stato dimostrato che la colza migliora la numerosità delle colonie di bombi e incrementa anche l'abbondanza (Scheper et al., 2013) e la ricchezza di specie di diversi apoidei e di altri insetti impollinatori che nidificano in cavità del legno o nel suolo (Diekötter et al., 2014).

14. Come la PAC può aiutare gli impollinatori

La Politica Agricola Comune (PAC) è uno strumento finanziario fondamentale per l'Unione Europea, con un impatto notevole sul piano economico, ambientale e sociale ed effetti diretti sulla sostenibilità ambientale delle produzioni agricole e zootecniche, sulla sicurezza alimentare, nella tutela del paesaggio e per la conservazione della biodiversità.

A livello europeo sono in corso i negoziati sulla futura PAC (periodo 2021-2027, denominata PAC post 2020), sulla base delle proposte di regolamentazione della Commissione Europea del 1° giugno 2018 (COM 2018 392 final, COM 2018 393 final e COM 2018 394 final). Parallelamente, nel nostro Paese e negli altri Stati membri dell'Unione Europea, sono in fase di discussione i piani di azione i cui strumenti e misure dovranno rispondere ai 9 obiettivi specifici fissati a livello comunitario per la PAC post 2020 (figura 4).

Gli impollinatori, in generale, necessitano di una PAC in grado di assicurare un ambiente sano (suolo, aria, acqua, vegetazione e paesaggio) tale da rispettare la loro ecologia e garantire l'approvvigionamento di risorse alimentari salubri e diversificate. Al fine di favorire queste condizioni ambientali, di diretto e indubbio interesse appaiono gli obiettivi specifici della futura PAC cui intendono contribuire:

- a) alla mitigazione dei cambiamenti climatici nonché allo sviluppo sostenibile e alla gestione efficiente delle risorse naturali, quali acqua, suolo e aria;
- b) alla conservazione della biodiversità, al rafforzamento dei servizi ecosistemici e alla tutela degli habitat e del paesaggio, nei quali rientrano la tutela delle specie della fauna benefica, comprese le specie impollinatrici;

c) al miglioramento della risposta dell'agricoltura in materia di alimentazione e salute del consumatore, tra cui limitazioni nell'uso degli antibiotici e l'uso sostenibile dei pesticidi.



Figura 4. I nove obiettivi fissati dalla PAC post 2020 (COM 2018 392 final, articolo 6)

La PAC post 2020 può aiutare gli impollinatori in virtù di una “nuova architettura” che appare più attenta alle tematiche ambientali, in particolare attraverso il nuovo regime della “condizionalità rafforzata” (obbligatoria per tutti gli agricoltori beneficiari della PAC), che andrà a sostituire la condizionalità (obbligatoria) e gli impegni verdi (opere di “greening”, obbligatorie soltanto per alcune aziende agricole) dell’attuale PAC.

Il sistema della condizionalità collega il sostegno al reddito della PAC all’attuazione di pratiche e norme agricole rispettose dell’ambiente e del clima, note come “Buone condizioni agricole e ambientali” (BCAA) e “Criteri di gestione obbligatori” (CGO). La PAC post 2020 prevede 10 BCAA e 16 CGO rispetto ai 6 e 13 impegni dell’attuale PAC (COM 2018 392 final, allegato 3).

Tra gli obiettivi della condizionalità rafforzata associati in modo diretto alla tutela degli impollinatori vi sono:

1. la creazione di una rete di risorse e habitat a livello paesaggistico;
2. l’espansione degli habitat con risorse disponibili tutto l’anno;
3. la riduzione della presenza di fattori di stress, quali la prevalenza di pesticidi e l’inquinamento da fertilizzanti chimici.

Come pratiche e norme vantaggiose per raggiungere tali obiettivi si evidenziano:

- la BCAA 1 “prati permanenti”, preferibilmente abbinata al controllo della pressione al pascolo e a un’attenzione nell’impiego di biocidi e prodotti veterinari;
- la BCAA 4 “fasce tampone lungo i corsi d’acqua”, soprattutto se gestita con piante attrattive per gli impollinatori e prestando attenzione nella gestione agronomica (falciatura meccanica) e nell’impiego dei pesticidi;

- la BCAA 8 “rotazione delle colture”, anche attraverso il ricorso a specie vegetali di interesse per gli impollinatori;
- la BCAA 9 “aree non produttive ed elementi caratteristici del paesaggio”, soprattutto se gestita attraverso piante di interesse per le api, assenza di pesticidi ed elementi perenni del paesaggio;
- la BCAA 10 “divieto di conversione o aratura dei prati permanenti in siti Natura 2000”, con l’obiettivo della protezione degli habitat e delle specie;
- il CGO 4, che fa riferimento alle misure di conservazione adottate dagli Stati membri per la tutela di habitat naturali e specie all’interno dei siti Natura 2000 (Direttiva Habitat 92/43/CE);
- i CGO 12 e 13, relative all’immissione in commercio dei prodotti fitosanitari e all’uso sostenibile dei pesticidi.

Quattro strumenti, soprattutto, possono svolgere un ruolo positivo nell’incentivare la presenza di impollinatori e biodiversità nei campi, quali la BCAA 1 "Prati permanenti", la BCAA 8 "Rotazione delle colture" (in sostituzione dell’impegno verde *diversificazione colturale* dell’attuale PAC), la BCAA 9 "Aree non produttive" (in sostituzione dell’attuale impegno verde *aree di interesse ecologico*) e il CGO 13 sull’uso sostenibile dei pesticidi, disciplinato nel nostro paese dal Piano d’Azione Nazionale sull’uso sostenibile dei prodotti fitosanitari (PAN). La pratica agronomica delle rotazioni delle colture (BCAA 8) può sia esercitare un impatto diretto nel migliorare le risorse alimentari a disposizione degli impollinatori in generale e delle api in particolare, che sia fortemente aiutare gli agricoltori a ridurre l’uso di fertilizzanti chimici e pesticidi. Il contributo potrà essere ancora maggiore favorendo la rotazione di colture agricole importanti per gli impollinatori e idonee a creare un flusso continuo di nettare e di polline nel territorio. Rispetto alla BCAA 1, la volontà di mantenere un rapporto permanente tra prati stabili e superficie agricola è senza dubbio positiva, ma è anche necessario tenere in considerazione i vari rischi correlati. Ad esempio, è stato dimostrato che i prodotti veterinari utilizzati nell’allevamento possono avere un effetto negativo sugli impollinatori, in particolare sulle api e anche, così come il pascolo eccessivo, associato all’elevata densità di bestiame nei prati stabili, può avere effetti negativi sugli impollinatori.

Da associare alla condizionalità rafforzata, nell’intendimento di creare azioni complementari rispetto agli impatti positivi sul clima e sull’ambiente e con la volontà di dare una diversa applicazione all’attuale sistema del “greening”, la nuova PAC prevede gli strumenti dei regimi ecologici (impegni del primo pilastro della PAC) e le misure ambientali e climatiche (impegni del secondo pilastro della PAC), entrambe concepite a carattere volontario per gli agricoltori. In particolare, Le misure agroambientali e climatiche (AECM), in particolare, intendono garantire le migliori pratiche ambientali e climatiche nel quadro dello sviluppo rurale e mirano a ripristinare, preservare e migliorare gli ecosistemi, favorire l’efficienza delle risorse, orientandosi verso un’economia a basse emissioni di carbonio e rispettosa del clima.

Sulla base delle esperienze acquisite nella gestione dell’attuale e precedenti programmazioni della PAC, diverse sono le misure AECM potenzialmente vantaggiose per gli impollinatori, ad esempio la diffusione dei metodi di coltivazione biologica e di precisione, la diffusione di sistemi di produzione rispettosi dell’ambiente, come l’agro-ecologia e l’agro-selvicoltura, e di servizi forestali ambientali e climatici, la conservazione e resilienza forestale basate su specie autoctone, la tutela del benessere animale, l’uso e sviluppo sostenibili delle risorse

genetiche, esenti da OGM per evitare il potenziale inquinamento dei prodotti dell'apicoltura.

Un ulteriore strumento di potenziale interesse per la tutela degli impollinatori sono gli "eco-scheme", concepiti come pagamenti (addizionali o compensativi) per pratiche benefiche rispetto agli obiettivi specifici per il clima e l'ambiente della nuova PAC e che vanno oltre la condizionalità rafforzata. Sostituiscono i pagamenti verdi dell'attuale PAC e sono ritenuti obbligatori per gli Stati membri ma facoltativi per gli agricoltori. Le pratiche saranno definite dai singoli Stati membri, per cui nella progettazione nazionale della nuova PAC potrebbe essere di interesse fissare misure specifiche a tutela degli impollinatori.

15. Cosa prevede il PAN sull'uso dei pesticidi

Dal 2014 (D. int. 22 gennaio 2014, GU serie generale 35 del 12 febbraio 2014) il nostro paese, come gli altri Stati dell'Unione Europea, si è dotato di uno strumento per garantire un uso sostenibile dei pesticidi, denominato Piano d'Azione Nazionale sull'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari (PAN). Il piano precedente è terminato nel 2019 ed il nuovo è nell'ultima fase di revisione da parte dei Ministeri competenti.

La bozza disponibile prima della consultazione pubblica (conclusa nell'ottobre 2019), un documento alla cui elaborazione ha partecipato anche ISPRA, prevede misure specifiche per la tutela degli impollinatori all'interno delle aree protette, nelle aree che compongono la Rete Natura 2000 (aree presenti in tutto il territorio dell'Unione Europea e individuate per la conservazione della biodiversità) e nel restante territorio nazionale. La finalità di queste misure è assicurare alla collettività i servizi ecosistemici forniti dagli impollinatori nonché tutelarne le specie. Le misure prevedono di non utilizzare i pesticidi che presentano fattori di rischio per le api e per gli altri impollinatori, di mantenere fasce inerbite di almeno 5 metri intorno ai coltivi e, nel caso di colture arboree, di mantenere l'inerbimento anche tra i filari (interfilare), di piantare specie erbacee e arbustive autoctone appetite dagli impollinatori, fra cui il timo, il cardo, la ginestra, il trifoglio.

Queste misure, già previste nel precedente Piano soprattutto per le aree protette e i Siti Natura 2000, sono in linea con le raccomandazioni dell'Iniziativa Europea per gli Impollinatori a cui ISPRA sta partecipando e la loro attuazione può essere finanziata anche con i fondi comunitari della Politica Agricola Comune (FEAGA e FEASR).

16. Efficacia delle misure contenute del PAN

Con finanziamento del Ministero dell'Ambiente (MATTM) e in collaborazione con ARPA Piemonte, Università di Torino e Università di Roma Tor Vergata, nel periodo 2015-2019 ISPRA ha condotto un progetto di monitoraggio per sperimentare l'efficacia delle misure del Piano d'Azione Nazionale sull'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari (PAN) nella tutela della biodiversità (Rapporto ISPRA 216/2015). I campionamenti del numero di api, apoidei selvatici e bombidi sono stati effettuati in risaie e vigneti del Piemonte e in nocioleti nel Lazio e i risultati scientifici saranno pubblicati entro l'estate 2020.

In via preliminare e in forma ufficiosa è possibile segnalare che le misure adottate si sono dimostrate efficaci. Infatti, mettendo a confronto i conteggi degli individui rilevati nelle coltivazioni con metodi biologici rispetto a quelli effettuati in appezzamenti sottoposti a trattamenti con pesticidi, è emersa una maggiore presenza di impollinatori nella prima tipologia di coltivazioni. Inoltre, nei coltivi con impiego di pesticidi, la maggiore presenza di impollinatori è stata riscontrata in quelli con una maggiore naturalità, garantita dal mantenimento di fasce inerbite o di elementi naturali intorno alle superfici coltivate oppure caratterizzati dall'inserimento di piante di interesse apistico come colture secondarie dell'azienda agricola.

17. Perché un'iniziativa coordinata europea sugli impollinatori

L'impollinazione è uno dei processi chiave nella riproduzione delle piante. In Europa circa quattro specie vegetali (coltivate e selvatiche) su cinque dipendono, almeno in parte, dagli impollinatori. Ciò nonostante gli impollinatori sono in forte declino in termini numerici e di diversità di specie e molti di essi sono sull'orlo dell'estinzione, mettendo a rischio l'equilibrio ecosistemico e il benessere umano che da esso dipende.

L'impatto degli impollinatori è particolarmente visibile sulla produzione alimentare. L'attività di impollinazione degli insetti prònubi, infatti, genera un fatturato prossimo ai 15 miliardi di euro di produzione agricola annuale in ambito comunitario. Per molte colture agricole il contributo degli impollinatori può raggiungere la metà del valore di mercato dei prodotti. Inoltre, supportando la diversità delle colture, garantisce un'ampia gamma di nutrienti indispensabili per un'alimentazione sana. Grazie al loro lavoro d'impollinazione possiamo consumare frutta, verdura ma anche caffè, cacao e prodotti di origine animale. Un mondo senza impollinatori sarebbe un mondo senza diversità alimentare (FAO's Global Action on Pollination Services for Sustainable Agriculture).

Esiste già una serie di misure a tutela degli impollinatori nell'ambito delle diverse politiche dell'Unione Europea, in particolare nel contesto delle politiche ambientali e sanitarie (come le direttive Uccelli e Habitat e la legislazione sui pesticidi), della Politica Agricola Comune, della politica di coesione e in quella sulla ricerca e l'innovazione. Nonostante queste misure il declino degli impollinatori sembra non subire battute d'arresto.

Diversi studi e valutazioni hanno mostrato la necessità di un'azione più coordinata da parte dell'Unione Europea onde affrontare il problema attraverso un approccio integrato che coinvolga in maniera sinergica diversi settori e politiche (Scheper et al., 2015). Ciò al fine di mobilitare tutte le parti interessate e assicurare una migliore efficacia degli sforzi compiuti, aspetti che viceversa al momento risultano spesso frammentati.

Una iniziativa coordinata da parte dell'Unione Europea sulla conservazione degli impollinatori consentirebbe di migliorare le conoscenze sui prònubi e rafforzerebbe la collaborazione tra scienziati, responsabili delle politiche, imprese e i cittadini, andando poi a supportare azioni più mirate e più efficaci per affrontare le cause del declino degli impollinatori (Organizzazione per l'alimentazione e l'agricoltura, FAO, 2016).



18. Perché è importante la diversità degli impollinatori

Ogni pianta richiede particolari condizioni per l'impollinazione. L'elevata diversità dei pronubi, che si differenziano per il loro adattamento ambientale, consente il processo dell'impollinazione in condizioni variabili e garantisce che la domanda riproduttiva delle piante sia effettivamente soddisfatta. La ricchezza e l'abbondanza di specie degli impollinatori sono alla base di una impollinazione efficace delle colture agricole, assicurando stabilità nel tempo e nello spazio e fornendo la garanzia di una maggiore quantità e qualità dei raccolti. La diversità garantisce che le piante vengano adeguatamente impollinate, anche nei casi di difficoltà per alcune nel portare a termine l'atto della fecondazione, e consente la capacità di adattamento (resilienza) all'ambiente in continua evoluzione, fungendo da buffer in caso di significativi imprevisti o eventi incerti, soprattutto nel contesto del cambiamento climatico.

Le piante selvatiche, in particolare, dipendono dagli impollinatori selvatici e dalla loro diversità in funzione delle numerose relazioni specifiche che si sono sviluppate attraverso la coevoluzione. La sopravvivenza di una pianta in tali casi può dipendere completamente da una o poche specie di impollinatori.

19. L'iniziativa europea sugli impollinatori selvatici

In Europa gli impollinatori sono principalmente insetti, in particolare apoidei e sirfidi, ma anche farfalle, falene, alcuni coleotteri e altri insetti volanti. Gli Apoidei sono gli impollinatori più prolifici. In Europa esistono circa 2000 specie di api selvatiche, tra cui l'ape occidentale *Apis mellifera*, una specie domestica allevata dagli apicoltori per la produzione di miele e altri prodotti dell'alveare.

Sebbene molte specie di insetti siano impollinatori, si è frequentemente ritenuto che la maggior parte dell'impollinazione delle colture agricole fosse associata alle api mellifere. Il progredire della conoscenza, invece, consente oggi di affermare che sono soprattutto gli impollinatori selvatici a svolgere un ruolo vitale nell'impollinazione delle coltivazioni (Garibaldi et al., 2013). Le api domestiche, pur essendo impollinatori importanti, si limiterebbero ad integrare il processo dell'impollinazione, come dimostrato da diversi studi (Gresty et al., 2018; Biella P. et al., 2019).

Le stesse politiche di sostegno dell'Unione Europea si sono finora concentrate in azioni di tutela delle api mellifere domestiche, con interventi a difesa degli aspetti sanitari e delle pratiche apistiche. Maggiore attenzione andrebbe quindi rivolta alla diversità delle comunità di impollinatori, nella considerazione che sia le specie di api selvatiche che quelle domestiche svolgono un ruolo decisivo per la sicurezza alimentare. Una iniziativa orientata alla conservazione della diversità degli impollinatori consentirebbe di affrontare le sfide comuni a tutti gli impollinatori, fornendo un contributo fondamentale anche alla tutela della salute delle api mellifere. Tali argomentazioni sono state studiate e quantificate, con risultati pubblicati in forma sintetica nel rapporto FAO "A Quantitative Approach to the Socio-Economic Valuation of Pollinator-Friendly Practices: a protocol for its use" (<http://www.fao.org/3/a-i5481e.pdf>).

20. Le api come indicatori ambientali

Le api, e più in generale gli apoidei selvatici, sono in grado di fornire notevoli indicazioni sulla qualità ecologica e sulla presenza di fonti di contaminazione ambientale in un dato territorio.

L'intensa attività di ricerca del nettare dei fiori porta le api a contatto con le sostanze chimiche distribuite all'interno delle aree di volo e bottinamento. I prodotti apistici, in particolare il polline, e le api stesse sono in grado di intercettare diverse tipologie di inquinanti. Il loro prelievo e l'analisi di laboratorio consentono di verificare l'eventuale presenza di sostanze chimiche quali pesticidi, radionuclidi e metalli pesanti nonché comprendere l'impatto per l'ambiente, per l'uomo, per le stesse api e per l'identità delle specie vegetali sottoposte a trattamento o caratterizzate da contatti accidentali con le sostanze (Porrini et al., 2003).

In particolare, il polline e le api morte forniscono informazioni sulle sostanze tossiche con cui sono venute a contatto, incluso i pesticidi spesso responsabili di fenomeni di moria delle api. Per affinità di soluzione, il miele accumula metalli pesanti e idrocarburi mentre nella cera si rinvergono diossine, furani e altri contaminanti persistenti.

I pesticidi a base di nanotecnologie (NBP) sono basati su formulati contenenti principi attivi diversi per tipologia e dimensioni. Confezionando i principi attivi in particelle ingegnerizzate, i NBP offrono molti vantaggi e nuove funzioni, ma possono anche presentare proprietà diverse nell'ambiente rispetto alle formulazioni dei pesticidi tradizionali. Queste nuove proprietà sollevano interrogativi sulla dispersione nell'ambiente, sul destino nel suolo, nelle acque e nell'aria nonché sull'esposizione degli impollinatori agli NBP. Gli impollinatori come le api da miele hanno sviluppato adattamenti strutturali per raccogliere il polline, ma inavvertitamente raccolgono anche altri tipi di particelle ambientali che possono accumularsi nei materiali dell'alveare. La conoscenza dell'interazione tra impollinatori, NBP e altri tipi di particelle è necessaria per comprendere meglio la loro esposizione ai pesticidi ed è essenziale per la caratterizzazione del rischio da diversi contaminanti ambientali (Hooven et al., 2019).

Per il monitoraggio ambientale non va dimenticata la diversità specifica degli apoidei selvatici, con gli Apoidei a ligula corta che si nutrono di fiori a corolla corta (ad esempio *Compositae* e *Brassicaceae*), solitamente generalisti e più adattabili alle condizioni ambientali per la nidificazione, e gli Apoidei a ligula lunga che bottinano su fiori con corolla profonda (*Leguminosae* e *Lamiaceae*) e più specializzati perché associati a una specifica tipologia di flora.

La suddivisione in due grandi gruppi consente di reperire informazioni utili sulla qualità ecologica e sulla situazione paesaggistica di un territorio, sull'efficacia nell'adozione di buone pratiche agricole e sulla utilità di una programmazione urbanistica (quali la forestazione urbana e la politica di gestione delle aree verdi). Infatti, gli Apoidei sono necessariamente legati all'ambiente in cui vivono per l'intero ciclo vitale e risultano estremamente sensibili a ogni alterazione dell'habitat, ai quali reagiscono con numerose risposte fisiologiche ed ecologiche (Dafni et al., 1994), che nelle situazioni più gravi possono condurre alla scomparsa delle specie più

sensibili con il successivo insediarsi e diffondersi delle specie più resistenti e adattabili, non ostacolate dalla concorrenza. Questi processi e l'analisi degli eventi permettono di misurare e interpretare il grado di diversità degli habitat e le relative differenziazioni.

Un esempio di monitoraggio ambientale attraverso le api è il progetto BeeNet2, promosso e finanziato dal MiPAAF e attuato sul territorio nazionale dagli Istituti Zooprofilattici Sperimentali (I.I.Z.S.), varie Università ed Enti di ricerca, che ha consentito di attivare una rete di monitoraggio per valutare lo stato di salute e l'eventuale moria delle api e spopolamento degli alveari.

21. Entità e monitoraggio del declino degli impollinatori

Anche se le attuali evidenze dimostrano un allarmante declino degli impollinatori sia a livello regionale che locale, giustificando un'azione immediata a loro tutela, la portata del problema non è ancora nota a causa di significative lacune conoscitive.

Per quanto concerne api e farfalle europee i dati disponibili mostrano che una specie su dieci in entrambi i gruppi è minacciata di estinzione e che una specie su tre ha una popolazione in declino, indicando una tendenza futura negativa. Per oltre la metà delle specie di api non ci sono dati sufficienti per valutarne stato o tendenze. Anche per gli altri insetti i dati attuali sono inadeguati nel fornire informazioni certe sul presente e sulle evoluzioni nel contesto dell'Unione Europea.

Dunque, emerge con chiarezza la necessità di avviare quanto prima un progetto di monitoraggio degli impollinatori a lungo termine su tutto il territorio europeo. L'obiettivo è la raccolta dei dati necessari per la valutazione dello stato attuale e delle tendenze future, con la finalità di acquisire e divulgare le informazioni necessarie alla piena comprensione delle evidenze in atto, del loro sviluppo nel tempo e per avere certezze sull'efficacia delle azioni di contrasto messe in campo.

L'iniziativa del monitoraggio degli impollinatori a lungo termine consentirebbe di rafforzare l'attuale valutazione del rischio dei pesticidi sugli insetti pronubi, con l'obiettivo di garantire che le sostanze autorizzate non costituiscano una minaccia per gli impollinatori. Infatti, la conoscenza di impatti dannosi sugli impollinatori permetterebbe alle Autorità competenti di adottare misure legali per limitarne o vietare l'uso, con riscontri positivi anche nell'adozione di misure specifiche per la tutela degli impollinatori all'interno dei Piani d'Azione Nazionali sull'uso sostenibile dei pesticidi.

22. Cosa fa la comunità internazionale per gli impollinatori

Nel 2000 la Conferenza delle Parti (COP) della Convenzione sulla diversità biologica (CBD) ha istituito un'iniziativa internazionale per la conservazione e l'uso sostenibile degli impollinatori (*International Pollinator Initiative*, o PI, al sito <https://www.besnet.world/international-pollinator-initiative-ipi>). La FAO (Organizzazione per l'alimentazione e l'agricoltura) facilita e coordina l'iniziativa.

In occasione della COP della CBD del 2016 in Messico il governo olandese ha lanciato la *Coalition of the Willing on Pollinators*, alla quale hanno aderito un gruppo di Paesi che hanno già, o intendono sviluppare, una strategia per la difesa degli

impollinatori

(<https://promotepollinators.org>;

<https://promotepollinators.org/members/>).

L'Iniziativa dell'Unione Europea intende accrescere il sostegno alle azioni di conservazione nell'ambito delle Iniziative internazionali per gli impollinatori e si propone di promuovere la collaborazione mondiale attraverso la Coalizione per la tutela degli impollinatori. Questa iniziativa consentirà all'Unione Europea d'assumere un ruolo maggiore nelle politiche di conservazione globale degli impollinatori (IPBES 2019 Coalition of the Willing on Pollination; International Pollinator Initiative Plan of Action 2018-2030).

Nella Comunità Europea molti paesi considerano il ruolo degli impollinatori strategico; la Germania, ad esempio, ha annunciato (2019) l'applicazione di un "Piano d'azione per la protezione degli impollinatori" (Aktionsprogramm Insektenschutz 2018) che prevede un investimento di 100 milioni di Euro, di cui ben 25 milioni destinati alla ricerca. La decisione deriva dalla constatazione che negli ultimi 30 anni si è assistito ad una perdita del 75% della biomassa di insetti (Hallmann et al., 2017). Il piano, elaborato dal Museo di Storia Naturale di Stuttgart, mira a contrastare la scomparsa di insetti con le seguenti azioni: limitazione dell'uso di pesticidi, difesa dell'agricoltura estensiva e sostenibile, aumento della biodiversità nelle praterie, aumento della naturalità nel verde pubblico e di fesa di insetti pronubi, anche selvatici. Infine, il piano tedesco sostiene la capillare sensibilizzazione della popolazione su questi temi; in queste azioni il ruolo dei cittadini assume infatti un'importanza decisiva per il loro successo.

Bibliografia

Aktionsprogramm Insektenschutz, Gemeinsam wirksam gegen das Insektensterben. 2018. pp.66.

https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/aktionsprogramm_insektenschutz_kabinetversion_bf.pdf

Bascompte J., e Jordano P. 2007. Plant-animal mutualistic networks: the architecture of biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 38: 567–5 93.

Biella P., Tommasi N., Akter A., Guzzetti L., Klecka J., Sandionigi A., Labra M., e Galimberti A. 2019. Foraging strategies are maintained despite workforce reduction: A multidisciplinary survey on the pollen collected by a social pollinator. *PLoS ONE* 14(11), November 2019. DOI: [10.1371/journal.pone.0224037](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0224037)

CBD - Convention on Biological Diversity. 2018. Review of pollinators and pollination relevant to the conservation and sustainable use of biodiversity in all ecosystems, beyond their role in agriculture and food production, <https://www.cbd.int/doc/c/3bf6/6dd2/f2282b216e6ae4bd24943d44/sbstta-22-inf-21-en.pdf>

Comitato Capitale Naturale (2019), Terzo Rapporto sullo Stato del Capitale Naturale in Italia. Roma. (https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/sviluppo_sostenibile/iii_rapporto_stato_capitale_naturale_2019.pdf)

Commissione Europea. 2018. Comunicazione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni l'iniziativa dell'UE a favore degli impollinatori. Bruxelles, 1.6.2018 COM(2018) 395 final.

Dafni A. e O'Toole C. 1994. Pollination syndromes in the Mediterranean: generalizations and peculiarities. In: Arianatsou, M. & Groves, R.H. (Eds) *Plant-Animal Interactions in Mediterranean-type Ecosystems*.125–135. Kluwer Academic Publishers, Amsterdam

Dafni A. 1992. *Pollination Ecology. A Practical Approach*. Oxford University Press, New-York.

Danforth B.N., Sipes S., Fang J., Brady S.G. 2006. The history of early bee diversification based on five genes plus morphology. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103(41):15118-15123.

Delaplane K.S., Mayer D.R., Mayer D.F. 2000. Crop pollination by bees. *Cabi*. https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Crop%20pollination%20by%20bees&author=K.S.%20Delaplane&publication_year=2000

Dietemann V., Neumann P. e Ellis J. (2012). The coloss beebook - Part 1. *Journal of Apicultural Research*. 52. 1-3. 10.3896/IBRA.1.52.1.01.

Diekötter T., Franziska F.P., Birgi P., Birgit J., Frank J. 2014. Mass-flowering crops increase richness of cavity-nesting bees and wasps in modern agro-ecosystems. *April 2014GCB Bioenergy* 6(3):219-226 DOI: 10.1111/gcbb.12080

Drossart M., Rasmont P., Vanormelingen P., Dufrêne M., Folschweiller M., Pauly A., Vereecken N. J., Vray S., Zambra E., D'Haeseleer J. & Michez D. 2019. Belgian Red List of bees. *Belgian Science Policy 2018 (BRAIN-be - (Belgian Research Action*

through Interdisciplinary Networks]. Mons: Presse universitaire de l'Université de Mons. 140 p. In the implementation of the Biodiversity Strategy 2020

Duchenne F. et al., 2020. In prep. Combined effects of global change on temporal responses of Belgium bees. (http://www.atlashymenoptera.net/biblio/Drossart_et_al_Belgian_Red_List_of_Bees%20-%202019.pdf)

EEA. 2014. Costs of Air Pollution from European Industrial Facilities 2008–2012—An Updated Assessment; EEA Technical report No 20/2014; European Environment Agency: Copenhagen, Denmark, 2014.

EFSA. 2008. Bee Mortality and Bee Surveillance in Europe. A Report from the Assessment Methodology Unit in Response to Agence Francaise. EFSA Journal Q-2008-428.

EFSA 2009 - Bee Mortality and Bee Surveillance in Europe. CFP/EFSA/AMU/2008/02

EFSA. 2013. EFSA Guidance Document on the risk assessment of plant protection products on bees (*Apis mellifera*, *Bombus* spp. and solitary bees). EFSA Journal 2013;11(7):3295, 268 pp. <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2013.3295>

Eilers E.J., Kremen C., Smith Greenleaf S., Garber A.K., Klein A.M. (2011) Contribution of Pollinator-Mediated Crops to Nutrients in the Human Food Supply. PLoS ONE 6(6): e21363. 10.1371/journal.pone.0021363 .

EPILOBE. 2014. A pan-European epidemiological study on honeybee colony losses 2012-2013 This report has been prepared by Laurent M., Hendrikx P., Ribiere-Chabert M. and Marie-Pierre Chauzat M-P, on behalf of the EPILOBEE consortium. European Union Reference Laboratory for honeybee health (EURL) Anses Honeybee pathology Unit 105 route des Chappes – CS 20 111 F-06 902 SOPHIA ANTIPOLIS France (https://ec.europa.eu/food/animals/live_animals/bees/study_on_mortality_en)

EPILOBEE. 2016. A pan-European epidemiological study on honeybee colony losses 2012-2014 This report has been prepared by Laurent M., Hendrikx P., Ribiere-Chabert M. and Marie-Pierre Chauzat M-P, on behalf of the EPILOBEE consortium. European Union Reference Laboratory for honeybee health (EURL) Anses Honeybee pathology Unit 105 route des Chappes – CS 20 111 F-06 902 SOPHIA ANTIPOLIS France (https://ec.europa.eu/food/animals/live_animals/bees/study_on_mortality_en)

Unione Europea. 2016. European red list of habitats. Part 2. Terrestrial and freshwater habitats. doi: 10.2779/091372

FAO. 2014. Pollinator Safety in Agriculture, field manual. Rome, Italy, pp 138.

FAO. 2016. A Quantitative Approach to the Socio-Economic Valuation of Pollinator-Friendly PRACTICES: a protocol for its use. the publication is available at the link: <http://www.fao.org/3/a-i5481e.pdf>

FAO's 2016 - Global Action on Pollination Services for Sustainable Agriculture for North American bees (<http://www.fao.org/pollination/pollination-database/en/>)

Free J.B. (1993) Impollinazione di insetti nelle colture. 2nd Enlarged Edition, Academic Press, London, 684.

Gallai N., Salles J. M., Settele J., Vaissière B. E. (2009). Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Economia ecologica*, 2009, vol. 68, numero 3, 810-821.

Garibaldi L.A., Steffan-Dewenter I., Winfree R., Aizen M.A., Bommarco R., et al. 2013. Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. *Science*, 339(6127): 1608-1611.

Genovesi P., Angelini P., Bianchi E., Dupré E., Ercole S., Giacanelli V., Ronchi F., Stoch F. 2014. Specie e habitat di interesse comunitario in Italia: distribuzione, stato di conservazione e trend. ISPRA, Serie Rapporti, 194/2014.

Goulson D., Nicholls E., Botías C., Rotheray E. L. 2015. Combined stress from parasites, pesticides and lack of flowers drives bee declines. *Science* 347: 6229.

Gresty C., Clare E., Devey D.S., Cowan R.S., Csiba L., Malakas P., Lewis O.T., and Willis K.J. 2018. Flower preferences and pollen transport networks for cavity-nesting solitary bees: Implications for the design of agri-environment schemes. *Ecol Evol.* 2018 Aug; 8(15): 7574–7587.

Hallmann C.A., Sorg M., Jongejans E., Siepel H., Hofland N., et al., 2017. More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLOS ONE* 12(10): e0185809. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185809>

Hanley N., Breeze T.D., Ellis C., Goulson D., 2015. Measuring the economic value of pollination services: Principles, evidence and knowledge gaps. *Ecosystem Services* 14: 124-132. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212041614001156>

Hooen L.A., Chakrabarti P., Harper B. J., Sagili R.R., Harper S.L., 2019. Potential Risk to Pollinators from Nanotechnology-Based Pesticides. *Molecules* 2019, 24, 4458; <https://www.mdpi.com/1420-3049/24/24/4458>

International Pollinator Initiative Plan of action 2018-2030 <https://www.cbd.int/sbstta/sbstta-22-sbi-2/sbstta-22-ipi-draft.pdf>

IPBES, 2016. Summary for policymakers of the assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production. S.G. Potts, V. L. Imperatriz-Fonseca, H. T. Ngo, J. C. Biesmeijer, T. D. Breeze, L. V. Dicks, L. A. Garibaldi, R. Hill, J. Settele, A. J. Vanbergen, M. A. Aizen, S. A. Cunningham, C. Eardley, B. M. Freitas, N. Gallai, P. G. Kevan, A. Kovács-Hostyánszki, P. K. Kwapong, J. Li, X. Li, D. J. Martins, G. Nates-Parra, J. S. Pettis, R. Rader, and B. F. Viana (eds.). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany. 36 pages. Disponibile al sito https://www.ipbes.net/system/tdf/spm_deliverable_3a_pollination_20170222.pdf?file=1&type=node&id=15248

IPBES. 2017. Schmeller Dirk S., Niemelä J., Bridgewater P. The Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services September 2017, Volume 26, Issue 10, pp 2271–2275 | <https://link.springer.com/article/10.1007/s10531-017-1361-5>

IPBES. 2019. Coalition of the Willing on Pollination Grows - Again! | <https://ipbes.net/news/coalition-willing-pollination-grows-again>

ISMEA. 2019. Il Settore Apistico Analisi di mercato e prime valutazioni sui danni economici per la campagna produttiva 2019. Disponibile al sito <http://www.apicolturaonline.it/isma2019.pdf>

ISPRA. 2011. Indagine tecnico conoscitiva sul fenomeno della moria delle api all'interno delle aree naturali protette. Relazione Finale, 185 p.

ISPRA 2015 Rapporto N.216/2015 Valutazione del rischio potenziale dei prodotti fitosanitari nelle aree Natura 2000.

ISPRA 2016. ISPRA Rapporti 248/2016, Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici.

ISPRA 2019. Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici. Edizione 2019. Report SNPA 08/19 ISBN 978-88-448-0964-5 © Report SNPA, 08/19 Settembre 2019

IUCN. 2015. International Union for Conservation of Nature- European Red List of Bees. Disponibile al sito http://ec.europa.eu/environment/nature/conservation/species/redlist/downloads/European_bees.pdf

Kearns C.A., Inouye D.W. and Waser N.M. 1998. Endangered mutualisms: The conservation of plant-pollinator interactions. *Annual Review of Ecology and Systematics* 29: 83–112.

Klein A.M., Vaissière B.E., Cane J.H., Steffan-Dewenter I., Cunningham S.A., Kremen C., Tscharntke T. 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B* 274: 303-313.

Kremen C., Williams, N.M., Thorp, R.W. 2002. Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 99, 16812–16816.

Lautenbach S., Seppelt R., Liebscher J., Dormann C. F. 2012. Spatial and Temporal Trends of Global Pollination Benefit. *Plos One* April 26, 2012 <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0035954>

Le Féon V., Schermann-Legionnet A., Delettre Y., Aviron S., Billeter R., Bugter R., Burel F. 2010. Intensification of agriculture, landscape composition and wild bee communities: a large-scale study in four European countries. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 137, 143-150.

Linsley E. Gorton (1958). The ecology of solitary bees. *Hilgardia* 27(19):543-599. DOI:10.3733/hilg.v27n19p543. October 1958.

Leonhardt S. D., Gallai N. et al., 2013. Economic gain, stability of pollination and bee diversity decrease from southern to northern Europe. *Basic and Applied Ecology*.

Maini S., Medrzycki P., Porrini C. 2010. The puzzle of honey bee losses: a brief review. *Bulletin of Insectology*, 63 (1), 153-160.

Martinello M., Manzinello C., Borin Larisa A., Avram E., Dainese N., Giuliano I., Gallina A., and Mutinelli F. 2019. A Survey from 2015 to 2019 to Investigate the Occurrence of Pesticide Residues in Dead Honeybees and Other Matrices Related to Honeybee Mortality Incidents in Italy. *Diversity* 2020, 12(1), 15; <https://doi.org/10.3390/d12010015>

Mullin C.A., Frazier M., Frazier J.L., Ashcraft S., Simonds R. 2010. High Levels of Miticides and Agrochemicals in North American Apiaries: Implications for Honey Bee Health. *PLOS ONE* 5(3): e9754

NRCS Natural Resources Conservation. 2014. **POLLINATOR BIOLOGY AND HABITAT**. Service Michigan Biology Technical Note No. 20 April 2013, rev 3/2014. https://efotg.sc.egov.usda.gov/references/public/MI/Biol_TN_20_Pollinator-Biology-and-Habitat_v1-1_honey_bee_preferences.pdf

OEPP/EPPO (2010) EPPO Standards PP 3/10 (3) Environmental risk assessment for plant protection products. Chapter 10: honeybees. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin* 40, 323–331.

Ollerton J. 2017. Pollinator diversity: distribution, ecological function, and conservation. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*. 48, pp. 353-376

Ollerton J., Winfree R., Tarrant S. 2011. How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos* 120: 321-326.

Porrini C., Sabatini A., Girotti S., Ghini S., Medrzycki P., Grillenzoni F., Bortolotti, Celli G. 2003. Honey bees and bee products as monitors of the environmental contamination *APIACTA* 38, 63-70.

Proc. R. Soc. B 283: 20160414. <https://royalsocietypublishing.org/doi/full/10.1098/rspb.2016.0414>

Pywell R.F., Meek W.R., Hulmes L. et al. 2011. Management to enhance pollen and nectar resources for bumblebees and butterflies within intensively farmed landscapes. *J Insect Conserv* 15, 853–864. <https://doi.org/10.1007/s10841-011-9383-x>

Quaranta M., Cornalba M., Biella P., Comba M., Battistoni A., Rondinini C., Teofili C. (compilatori). 2018. Lista Rossa IUCN delle api italiane minacciate.

Ricketts T.H., Szentgyörgyi H., Viana B.F., Westphal C., Winfree R. e Klein A.M. 2011. Stability of pollination services decreases with isolation from natural areas despite honey bee visits. *Ecol Lett.* 2011 Oct;14(10):1062-72. doi: 10.1111/j.1461-0248.2011.01669.

Rișcu A., e Bura M. 2013. The impact of pesticides on honeybees and hence on humans. *Animal Science and Biotechnologies*, 46 (2), 272.

Scheper J., Bommarco R., Holzschuh A. et al. 2015. Local and landscape-level floral resources explain effects of wildflower strips on wild bees across four European countries. *Journal of Applied Ecology*, 52, 1165–1175.

Scheper J., Holzschuh A., Kuussaari M., Potts S.G., Rundlof M., Smith H.G., e Kleijn D. 2013. Environmental factors driving the effectiveness of European agri-environmental measures in mitigating pollinator loss – a meta-analysis. *Ecology Letters*, 16, 912–920.

Sutter L., Jeanneret P., Bartual A.M., Bocci G. e Albrecht M. (2017b) Enhancing plant diversity in agricultural landscapes promotes both rare bees and dominant crop-pollinating bees through complementary increase in key floral resources. *Journal of Applied Ecology* 2017 doi: 10.1111/1365-2664.12907

Vaudo A. D, Tooker J.F., Grozinger C.M., Patch H.M. 2015. Bee nutrition and floral resource restoration." *Current Opinion in Insect Science* 10:133-141 (2015).

Vereecken N., Dafni A., Cozzolino S. 2010. Pollination Syndromes in Mediterranean Orchids—Implications for Speciation, Taxonomy and Conservation. *The Botanical Review*. 76. 220-240. 10.1007/s12229-010-9049-5.

Wardhaugh C.W. 2015. How many species of arthropods visit flowers? *Arth.-Plant Int.* 9: DOI: 10.1007/s11829-015-9398-4

Ziska L., Pettis J.S., Edwards J., Hancock J.E., Tomecek M., Clark A., Dukes J.S., Loladze I., e Wayne Polley H. 2016. Rising atmospheric CO₂ is reducing the protein concentration of a floral pollen source essential for North American bees. *Proc Biol Sci.* 2016 Apr 13;283(1828). pii: 20160414. doi: 10.1098/rspb.2016.0414.



QUADERNI

NATURA e BIODIVERSITÀ
12 / 2020