

STUDIO DI MASSIMA PROPEDEUTICO ALLA MESSA A PUNTO DI UN PROGETTO INERENTE LA VALUTAZIONE
DELLA BIODIVERSITÀ PRESENTE NELLE VALLI VERDI ALL'INTERNO DELLE STORICHE MURA CON
PARTICOLARE RIFERIMENTO ALLE **PIANTE MELLIFERE** E AGLI **INSETTI IMPOLLINATORI**



Studio commissionato da:



SOMMARIO	pagina
CAPITOLO 1. IL CONTESTO GENERALE	1
1.1 La biodiversità e la perdita di biodiversità	1
1.2 Biodiversità e impollinazione	3
1.3 Gli animali impollinatori	5
1.4 Il declino degli impollinatori	7
1.5 I cambiamenti climatici in atto	10
1.6 Le azioni per la salvaguardia della biodiversità e degli insetti impollinatori	11
Riferimenti bibliografici	15
CAPITOLO 2. IL CONTESTO LOCALE	17
2.1 Progetto “Mura, fonti e valli verdi”	17
2.2 Progetto CoNVerSI	19
2.3 Progetto Rigenerar_SI	20
2.3.1 Studio botanico delle piante ruderali presenti nel paramento murario della città di Siena	22
2.3.2 Valorizzazione del Bosco di Busseto- Il parco di Busseto	23
2.4 Progetto Orti di Ravacciano	26
2.5 Il parco di San Miniato: orti urbani e boschetto	27
2.6 Recenti Attività condotte da personale dell’Università di Siena e/o altre istituzioni scientifiche	28
2.6.1 Valorizzazione del giardino-orti degli Orbachì	28
2.6.2 PolliBright – X-Polli:Nation	29
2.6.3 Censimento degli Apoidei nell’Orto Botanico di Siena	29
2.6.4 Siena Biodiversity	31
2.6.5 Progetto ASAP	32
2.6.6 Progetto UrbiNat	32
CAPITOLO 3. IPOTESI PROGETTUALE DI CONOSCENZA E VALORIZZAZIONE DEGLI INSETTI IMPOLLINATORI NELLE VALLI VERDI DELLA CITTÀ DI SIENA	34
3.1 Conoscenza - Studio della comunità apistica e delle piante mellifere delle valli verdi della città di Siena	36
3.1.1 Censimento degli apoidei nelle valli Verdi di Siena	36
3.1.2 Studio e valorizzazione della flora apistica nelle valli verdi di Siena	39
3.2 Educazione - divulgazione - valorizzazione: coinvolgimento e partecipazione attiva della cittadinanza	41
3.3 Educazione - divulgazione - valorizzazione: realizzazione di un giardino delle api	42
3.4 Collaborazione con l’amministrazione comunale per la gestione del verde urbano	43
Considerazioni finali	45
Riferimenti bibliografici	45

Il presente documento è stato realizzato nel luglio 2023. Il testo è stato coordinato dal prof. Massimo Nepi (docente di Botanica Generale, UniSi – DSV), alla stesura hanno partecipato la prof.ssa Claudia Angiolini (docente di Botanica Sistemica, UniSi - DSV), la dott.ssa Ilaria Bonini (Direttore Museo Botanico, UniSi – DSV-SIMUS), il dott. Daniele Calabrese (dottorando UniSi - DSV).

CAPITOLO 1. IL CONTESTO GENERALE

1.1 La biodiversità e la perdita di biodiversità

Il termine “biodiversità” (traduzione dall’inglese biodiversity, abbreviazione di biological diversity) è di introduzione relativamente recente, risalendo alla fine degli anni ’80 del secolo scorso, quando l’entomologo americano W.G. Rosen lo usò per indicare l’insieme e la variabilità di tutti gli organismi viventi di ogni origine e natura che si trovano sulla biosfera (Frankel et al. 1995). Rappresenta dunque la ricchezza di vita sulla terra: i milioni di piante, animali e microrganismi, i geni che essi contengono, gli ecosistemi complessi che essi costituiscono nella biosfera. Essa esprime il numero, la varietà e la variabilità degli organismi viventi e come questi cambiano nel tempo e da un ambiente ad un altro. La Convenzione ONU sulla Diversità Biologica definisce la biodiversità come varietà e variabilità degli organismi viventi e dei sistemi ecologici in cui vivono, evidenziando come questa possa essere categorizzata in livelli di organizzazione differenti, che comprendono la diversità a livello genetico, di specie e di ecosistema. La diversità genetica rappresenta la differenza di geni all’interno di una determinata specie; essa include quindi la totalità del patrimonio genetico a cui contribuiscono tutti gli organismi della Terra. La diversità a livello specifico coincide con la ricchezza di specie, misurabile come numero di specie presenti in una determinata zona, o di frequenza delle specie, cioè la loro rarità o abbondanza in un determinato territorio o habitat. La diversità ecosistemica definisce il numero e l’abbondanza degli habitat, delle comunità viventi e degli ecosistemi all’interno dei quali i diversi organismi vivono e si evolvono. La conservazione della biodiversità in tutte le sue declinazioni è dunque di importanza fondamentale poiché da essa dipende il mantenimento dell’equilibrio ecologico del Pianeta e la sopravvivenza della nostra specie. Tuttavia, a partire da un passato recente fino ad arrivare ad oggi, si assiste a un declino della biodiversità che si verifica in tempi molto rapidi, tali da non consentire il parallelo realizzarsi di una naturale evoluzione di nuove specie a sostituire quelle estinte (il differenziamento di nuove specie prevede tempi assai lunghi, dell’ordine di 2000 – 100.000 generazioni). Secondo il grande ecologo E. Wilson, recentemente scomparso, si ha una perdita annuale di specie pari allo 0,5%. Poiché gli ecosistemi variano nella loro biodiversità, si può stimare mediamente che ogni anno scompaiono dal nostro pianeta 25.000 specie (Wilson 1988). Analogamente le foreste pluviali scompaiono al ritmo di 30 ettari al minuto e stime preoccupanti risultano anche per la fauna marina. Perdiamo con esse una riserva genetica preziosa che

potremmo proficuamente utilizzare a vari scopi. I fattori che hanno generato e generano questa anomala perdita di biodiversità sono vari. A scala globale, il principale fattore di perdita di biodiversità animale e vegetale è la distruzione, la degradazione e la frammentazione degli habitat, causata sia da calamità naturali (ad esempio: incendi, eruzioni vulcaniche, tsunami, alluvioni, ecc.) sia, soprattutto, da profondi cambiamenti del territorio condotti ad opera dell'uomo (dalla distruzione della foresta tropicale per lasciare il posto a coltivazioni varie alla distruzione di habitat naturali o semi-naturali, per costruire aeroporti, centri commerciali, parcheggi, abitazioni). Secondo la FAO, negli ultimi dieci anni sono distrutti mediamente 13 milioni di ettari di foreste (una superficie pari a quella della Grecia) l'anno. Il riscaldamento globale e i conseguenti cambiamenti climatici sono a loro volta ulteriori fattori di perdita di biodiversità, insieme all'inquinamento, l'introduzione di specie alloctone che competono con quelle indigene, ma anche la caccia e pesca eccessive e indiscriminate. L'impatto causato dalle attività umane è tale che è stata proposta una nuova epoca geologica, l'Antropocene, che si caratterizza appunto per una accelerata perdita di biodiversità causata soprattutto da un'unica specie: l'uomo (<http://quaternary.stratigraphy.org/working-groups/anthropocene/>).

Sebbene sia difficile stimare le conseguenze della perdita di specie, molte evidenze indicano che al declinare della diversità biologica si riduce costantemente la funzionalità dell'ecosistema. Queste problematiche, che hanno portato parallelamente allo sviluppo di una coscienza ecologica e di preoccupazioni per la conservazione della biodiversità, sono maturate nel secondo dopoguerra e solo negli ultimi anni stanno iniziando a dare i loro frutti. L'aumentata coscienza ambientale, ha portato negli ultimi 30 anni a focalizzare numerosi progetti di ricerca sulla realizzazione di inventari e monitoraggi della biodiversità, su temi che riguardano la conservazione e il restauro degli ecosistemi, biodiversità marina e costiera, le complesse relazioni cambiamenti climatici-biosfera, le foreste, la biodiversità delle aree interne, le aree protette, la biodiversità in agricoltura, l'uso sostenibile della biodiversità, la produzione di bioenergia, le specie aliene invasive, gli OGM e così via. Alle ricerche si sono affiancate numerose regolamentazioni, normative internazionali, dell'UE e nazionali tra cui merita citare la Convenzione per la Diversità Biologica e il Protocollo di Nagoya, la Convenzione di Barcellona per la protezione dell'ambiente marino e della regione costiera del Mar Mediterraneo, la Convenzione di Bonn per la Conservazione delle Specie Migratrici di Animali Selvatici (CMS), la Convenzione sulla Diversità Biologica (CBD), quella sullo Scambio Internazionale delle specie di Flora e Fauna in pericolo di estinzione (CITES), la Convenzione di Berna e, ultima ma forse la più famosa, la Direttiva Habitat 92/43 della

Commissione Europea per la protezione di specie animali e vegetali e habitat attraverso la rete di aree protette Natura 2000. Da segnalare poi che l'Italia nel 2010 si è dotata di una Strategia Nazionale per la Biodiversità a seguito di un percorso di partecipazione e condivisione fra istituzioni culturali, sociali ed economiche che si sono impegnati a lavorare insieme per fermare il declino della biodiversità. Essa è articolata su tre tematiche cardine: 1) Biodiversità e servizi ecosistemici, 2) Biodiversità e cambiamenti climatici, 3) Biodiversità e politiche economiche. La Strategia e la sua revisione intermedia fino al 2020 costituiscono uno strumento di integrazione delle esigenze di conservazione ed uso sostenibile delle risorse naturali, in accordo con gli obiettivi previsti dalla Strategia Europea per la Biodiversità. Infine nel 2022 in Italia è stato modificato un articolo della Costituzione proprio per dare ancora importanza alla conservazione della biodiversità e dell'Ambiente, L'articolo 9, che fa parte degli articoli fondamentali della CI, e che recita: "La Repubblica promuove lo sviluppo della cultura e la ricerca scientifica e tecnica. Tutela il paesaggio e il patrimonio storico e artistico, l'ambiente, la biodiversità e gli ecosistemi della Nazione".

1.2. Biodiversità e impollinazione

Il mantenimento della (ancora) grande biodiversità che osserviamo tutt'oggi sul nostro pianeta è garantita da uno dei più importanti servizi ecosistemici: l'impollinazione, ovvero il trasferimento del polline dagli organi sessuali maschili del fiore a quelli femminili possibilmente di un'altra pianta (Fig. 1.1).

All'impollinazione segue il processo di fecondazione in cui i gameti maschili del polline fecondano quelli femminili che si trovano negli ovuli. Questi ultimi, in seguito alla fecondazione si trasformano in semi, i potenziali nuovi individui che saranno dispersi nell'ambiente attorno alla pianta. Ciò premesso, ne consegue che l'impollinazione è un evento indispensabile per la produzione di semi in tutte le piante, senza di esso semplicemente non potrebbero riprodursi per via sessuale, cioè attraverso quella modalità che assicura una alta variabilità genetica della progenie in contrapposizione con la riproduzione vegetativa, frequente nelle piante, che invece porta ad uno scarso rinnovamento del patrimonio genetico. L'alta variabilità genetica è fondamentale nel breve periodo per aumentare la possibilità di sopravvivenza dei nuovi individui soprattutto in un ambiente che cambia, così come nel lungo periodo in quanto rappresenta la base per l'evoluzione di nuove specie. In definitiva possiamo dire che nelle piante la riproduzione sessuale, che può avvenire solo in seguito ad impollinazione, è il motore che assicura la futura

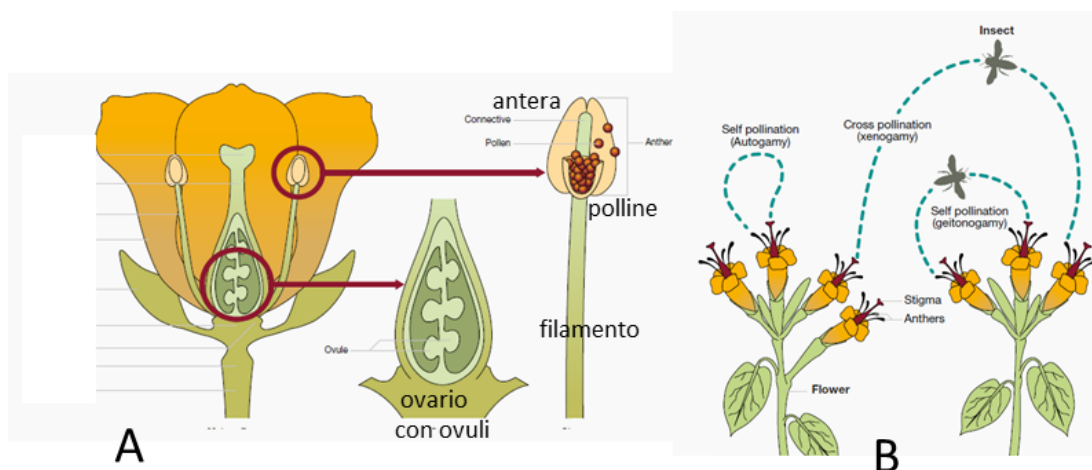


FIG. 1.1 A. Struttura di un fiore che evidenzia gli organi sessuali maschili, gli stami con il loro filamento e le antere più espanse dove si produce il polline, e quello femminile, il carpello, al cui interno nell'ovario si trovano gli ovuli che in seguito a fecondazione svilupperanno i semi (immagine da IPBES 2016 The assessment report on pollinators, pollination and food production). B. Gli insetti visitando i fiori provvedono a trasportare il polline dalle antere al carpello.

biodiversità delle piante sia a livello genetico che di specie che a sua volta sostiene e favorisce la biodiversità animale. La sopravvivenza di tutti gli animali, uomo compreso, dipendono infatti direttamente o indirettamente dalla diversità delle piante da cui essi ottengono, direttamente o indirettamente, il proprio nutrimento.

Nella maggior parte delle piante oggi esistenti l'impollinazione è attuata per lo più (ma non solo) dagli insetti in un processo che prende il nome di impollinazione entomofila. Per dare una misura dell'importanza di questo servizio basti pensare che quasi il 90% delle attuali 294.000 specie di piante conosciute sulla terra affidano il trasporto del loro polline a questi piccoli animali (Ollerton 2017). Senza tale servizio semplicemente non potrebbero continuare ad esistere. Il rimanente 10% delle piante a fiore utilizza il vento o l'acqua per poter operare l'impollinazione.

Oltre che per il mantenimento della biodiversità degli ecosistemi terrestri, il servizio di impollinazione operato per lo più dagli insetti, è fondamentale per assicurare il raccolto di molte piante coltivate ed è quindi indispensabile per la sicurezza alimentare la salute umana in generale. Nel mondo più di 1500 raccolti (circa l'85% delle piante coltivate) richiedono l'impollinazione da parte degli insetti (IPBES 2016, Ollerton 2021). La stima economica del valore del servizio di impollinazione calcolata a livello globale è nel range 235-577 miliardi di dollari (IPBES 2016). Negli ultimi decenni la dipendenza dell'alimentazione umana dal servizio di impollinazione è aumentata

se si considera che l'estensione delle aree geografiche in cui si prevede una perdita di prodotti agricoli in seguito ad assenza di impollinatori è più che raddoppiata nel periodo 1961-2012 (Fig. 1.2).

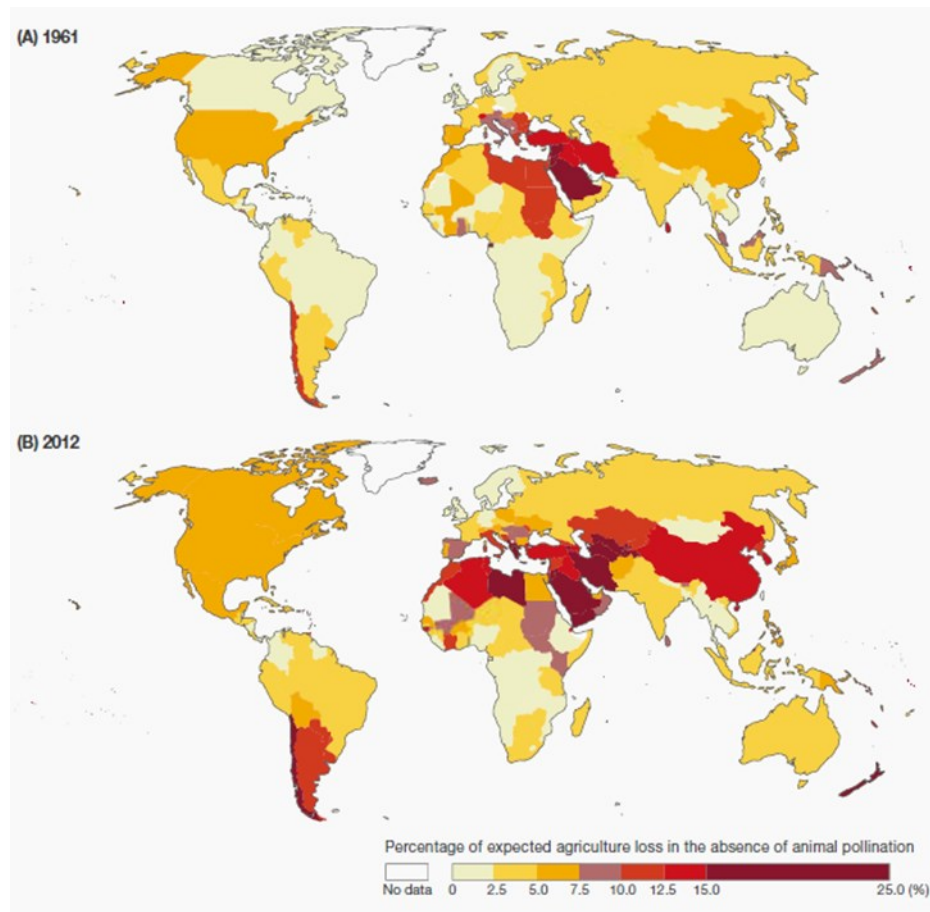


FIG. 1.2. Mappa mondiale che mostra la dipendenza dell'agricoltura dagli impollinatori calcolata come percentuale di perdita di volume di produzione agricola prevista in assenza di impollinazione animale, soprattutto insetti (da IPBES 2016).

1.3 Gli animali impollinatori

Gli organismi che in vario modo possono partecipare all'impollinazione sono quanto mai diversi. Mammiferi (tra cui pipistrelli e piccoli roditori fino addirittura ad alcuni primati come i lemuri e i macachi), rettili (lucertole, gechi), uccelli (colibrì o uccelli più opportunisti), marsupiali (opossum) sono importanti impollinatori in alcune aree del nostro pianeta (Walker 2020). Ma il gruppo di animali più largamente coinvolto nel processo di impollinazione sono sicuramente gli insetti. Si tratta del gruppo tassonomico del regno animale in assoluto più ricco in specie, se ne stimano infatti circa due milioni oggi esistenti. Tutti gli insetti che sono in grado di volare e di nutrirsi di risorse fiorali sono potenziali impollinatori. Tuttavia alcuni sono particolarmente predisposti per il processo di impollinazione viste alcune loro caratteristiche morfologiche, quali il corpo ricoperto di

peli, e fisiologiche, come la specializzazione nel nutrirsi delle risorse floreali, oppure comportamentali come il saper riconoscere specifici tratti floreali così da discernere fiori di differenti specie. Tutte queste caratteristiche le ritroviamo in un gruppo particolare di insetti, gli Apoidea Anthophila, ovvero le api in senso lato. Si tratta del gruppo tassonomico a cui appartiene anche l'*Apis mellifera*, cioè l'ape domestica o ape da miele. È la specie a cui la gente comune si riferisce parlando di api. Praticamente diffusa in tutto il mondo, con l'eccezione di poche aree geografiche, in quanto allevata dall'uomo come animale da reddito per la produzione di vari prodotti dell'alveare: miele, propoli, cera, polline. Tuttavia tale gruppo comprende una incredibile ricchezza di altre specie di api così dette selvatiche perché non allevate dall'uomo. Nel mondo ne esistono più di 20.000 (Asher and Pickering 2020), in Europa circa 2000 (Rasmont et al. 2017) ed in Italia 1173 (Comba 2019).

La loro evoluzione è più o meno contemporanea a quella delle piante a fiore avvenuta a partire da circa 130-140 milioni di anni fa. Si può parlare quindi di coevoluzione, ovvero la morfologia dell'insetto ed in particolare dell'apparato boccale e la morfologia dei fiori si sono influenzati a vicenda (Nepi et al. 2021) determinando a volte delle forti specializzazioni ed un'alta efficienza nel trasferimento del polline da una pianta all'altra. Un altro gruppo di insetti è strettamente co-evoluto con le piante a fiore anche se apparso un po' dopo le api, sono i lepidotteri (farfalle e falene) riconosciuti come impollinatori molto specializzati.

Sebbene come anticipato prima, in natura una grande varietà di animali possono compiere l'impollinazione delle piante a fiore e quindi per questa loro funzione assumono un ruolo chiave nel mantenimento della biodiversità, sono in particolare le api in senso lato i principali impollinatori delle piante coltivate dall'uomo. Si stima che nel mondo l'ape domestica rappresenti l'impollinatore più frequente delle piante coltivate seguita dalle api selvatiche mentre altri insetti quali vespe, mosche ed altri tipi di ditteri, coleotteri, tisanotteri sono assai più rari come impollinatori di raccolti (Fig. 1.3). Tuttavia è da considerare che spesso il raccolto di piante ad impollinazione entomofila è maggiore quando vi è co-presenza di più impollinatori oltre l'ape domestica in quanto in molti casi l'impollinazione di una specie di pianta avviene ad opera di più impollinatori (impollinazione generalista). In un recente studio è stato dimostrato che il raccolto di 41 piante coltivate distribuite in tutto il mondo è favorito molto di più dalla presenza di una varietà di insetti selvatici piuttosto che dalla sola ape domestica (Garibaldi et al. 2013). E' quindi importate, sia per il mantenimento della biodiversità delle piante in generale, sia per migliorare il

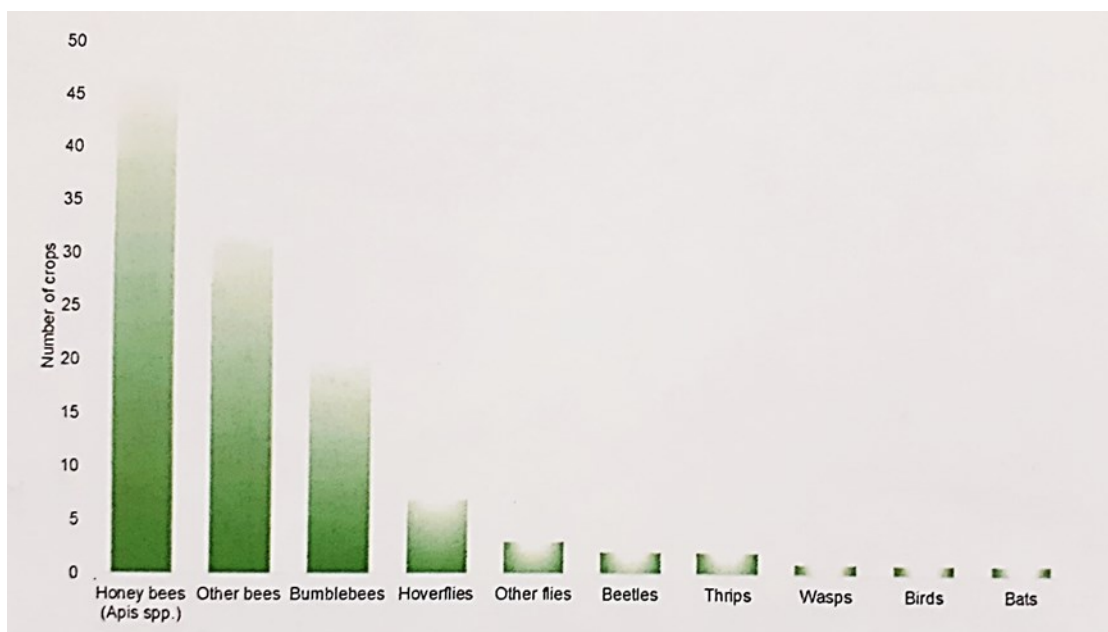


FIG. 1.3. Grafico che mostra la frequenza di varie tipologie di insetti ed altri animali (uccelli e pipistrelli) come impollinatori di raccolti distribuiti a livello mondiale. Honey bees = *Apis mellifera* (ape da miele), Other bees = api selvatiche, Bumblebees = bombi (una specie di ape selvatica). Da Ollerton 2021.

raccolto delle piante coltivate, preservare la diversità di tutti gli insetti impollinatori. Riferendosi specificamente alle api non ci dobbiamo quindi preoccupare esclusivamente della buona salute delle popolazioni di *Apis mellifera*, le cui avversità sono ben note a tutti e su cui l'uomo può intervenire perché trattasi di animale allevato negli alveari, ma anche di tutte le altre oltre 20.000 specie di api selvatiche che popolano il nostro pianeta e sul cui stato di salute sappiamo ben poco.

1.4 Il declino degli impollinatori

La celebre frase attribuita a Albert Einstein “Se un giorno le api dovessero scomparire, all'uomo resterebbero soltanto quattro anni di vita” non sembra trovare riscontro in nessuna delle biografie sul grande scienziato e verosimilmente trattasi di una falsa affermazione diffusa da metà anni novanta. Tuttavia è del tutto fondato chiedersi quali sarebbero le conseguenze per l'uomo e più in generale per l'ecosistema Terra nel suo complesso visto che è ormai accertato il forte declino delle popolazioni naturali di insetti e quindi anche di insetti impollinatori negli ultimi decenni tanto che oggi si parla di una vera e propria Insect Apocalypse (Montgomery et al. 2020). Visto quanto riportato nei paragrafi precedenti la risposta è scontata: la biodiversità delle piante, e conseguentemente anche quella degli animali, sarebbero fortemente minacciate così come subirebbero forte diminuzione molti dei raccolti con gravi problemi per la sicurezza alimentare di

una popolazione in continua crescita (circa dieci miliardi nel 2050). Le cause che concorrono a determinare tale fenomeno sono molteplici e riguardano i cambiamenti climatici (effetto serra ed aumento della temperatura media del pianeta), la degradazione degli habitat naturali (cambio d'uso del territorio, frammentazione delle aree naturali), l'uso di pesticidi in agricoltura (grande risonanza ha avuto il caso dei neonicotinoidi), l'intrusione di specie aliene (sia animali che vegetali), la comparsa di nuove patologie, fenomeni che singolarmente o in sinergia tra di loro provocano importanti effetti di rarefazione sia della ricchezza in specie sia della consistenza delle singole popolazioni (Potts et al. 2010, Le Buhn and Luna 2021). La perdita di biodiversità delle piante causata dal declino degli insetti impollinatori causa a sua volta un ulteriore fattore di depauperamento delle popolazioni naturali di questi importanti animali. La loro alimentazione ottimale è infatti strettamente dipendente dalla diversità ed abbondanza delle specie di piante che forniscono loro risorse nutritive importantissime quali polline e nettare. Come per noi è importante avere una dieta quanto mai diversificata, così lo è anche per gli insetti che trovano inoltre nelle piante il luogo dove riprodursi, deporre le uova, allevare la prole o semplicemente rifugiarsi. Sul lungo periodo è plausibile il rischio che si inneschi una spirale che tenda ad aggravare e ad accelerare sempre più il problema.

Un forte campanello di allarme al riguardo del declino delle popolazioni naturali di insetti è stato lo studio di Hallmann et al. (2016) in cui si riporta la diminuzione del 75% della biomassa di insetti in 63 aree protette della Germania nell'arco di 27 anni (1989-2016). Sempre più evidenze indicano perdite sostanziali di impollinatori in molte regioni del mondo, con i dati più significativi provenienti da Europa e Nord America (Potts et al. 2010). Anche se tali dati, provenienti da una frazione geografica del nostro pianeta, non sono sufficienti per stabilire un andamento a livello globale, sicuramente dicono abbastanza sulla serietà del problema.

Specificamente a livello europeo i dati sullo stato di rischio di conservazione per quanto riguarda due importanti categorie di insetti impollinatori, le api e le farfalle, ci dicono che poco meno del 10% delle prime ed il 20% delle seconde sono prossime ad un rischio o già sono in qualche modo minacciate (Fig. 1.4). Per quanto riguarda le api è sorprendente constatare come per più della metà delle specie europee non si conosca il loro stato di rischio (Fig. 1.5). Esistono dati anche per una specifica tipologia di api selvatiche, le specie europee di bombi. Il 36,8% delle specie sono prossime al rischio (4,4%) o già minacciate in vario grado (32,4%). Le popolazioni del 65% delle specie di questi insetti sono in declino nel nostro continente (Potts et al. 2015) (Fig. 1.6).

The International Union for Conservation of Nature (IUCN)¹⁶ Red List status of wild pollinator taxa.

(A) IUCN relative risk categories: EW = Extinct in the wild; CR = Critically Endangered; EN = Endangered; VU = Vulnerable; NT = Near Threatened; LC = Least Concern; DD = Data Deficient; NE = Not Evaluated.

(B) European bees and butterflies.

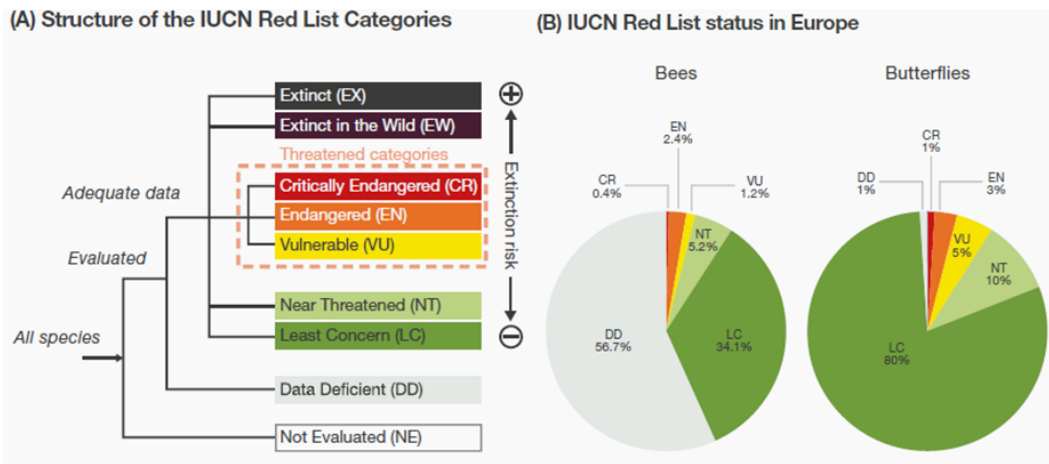


FIG. 1.4. Stato di conservazione a livello europeo di due importanti tipologie di insetti impollinatori, le api e le farfalle. Per quanto riguarda le api poco meno del 10% delle specie sono prossime al rischio (5,2%) o già minacciate (4%), per più della metà non si conosce lo stato di rischio. Il 20% delle farfalle sono prossime al rischio (10%) o già minacciate (10%).

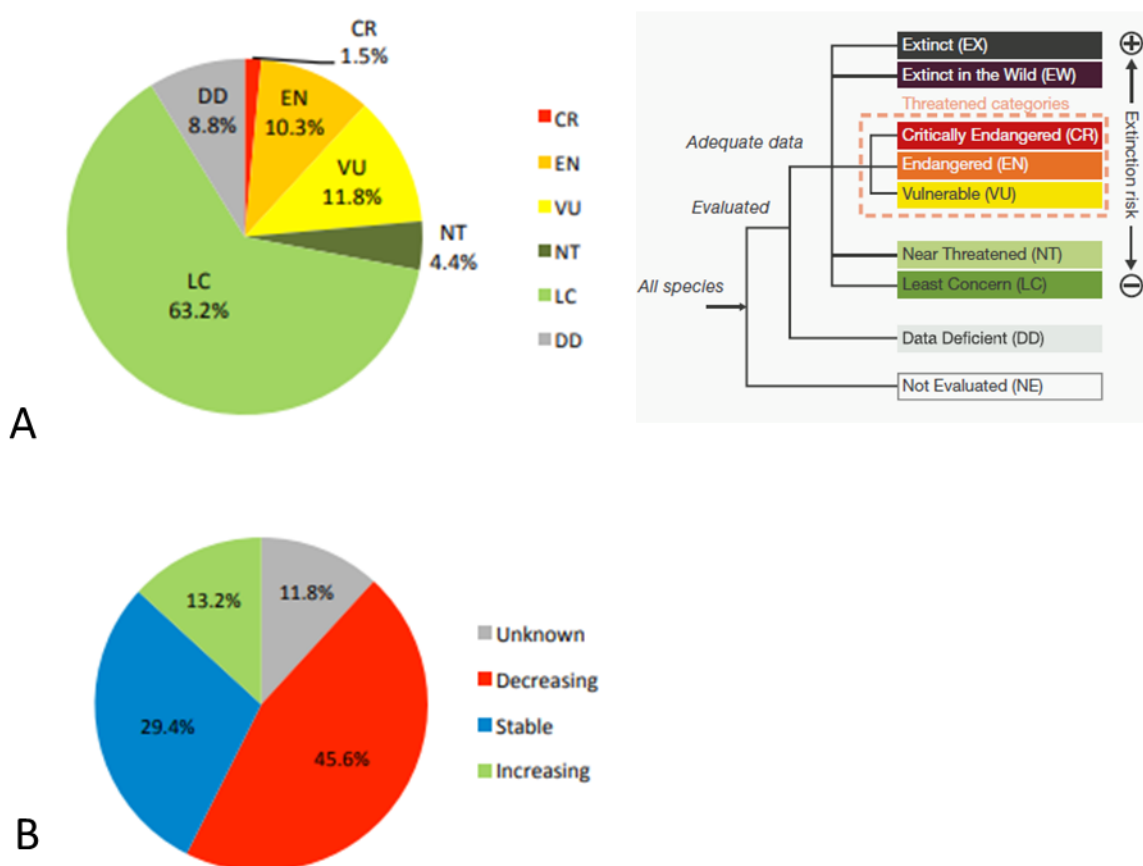


FIG. 1.5. A. Stato di conservazione a livello europeo delle 65 specie di bombi. Il 36,8% delle specie sono prossime al rischio (4,4%) o già minacciate in vario grado (32,4%). B. stato delle popolazioni delle 65 specie europee di bombi. Poco meno della metà (45,6%) sono in declino. Da Potts et al. (2015)

1.5 I Cambiamenti Climatici in atto

Una delle più pressanti cause della perdita di biodiversità, inclusa quella degli insetti impollinatori, sono i cambiamenti climatici in atto. La temperatura media globale del nostro pianeta si sta innalzando a seguito dell'effetto serra causato a sua volta dall'aumentata immissione in atmosfera di specifici gas (principalmente CO₂) connessa con le svariate attività umane (traffico, industria, agricoltura, riscaldamento). Tale andamento è particolarmente spiccato nelle zone temperate come ad esempio nel bacino Mediterraneo che si sta riscaldando più velocemente rispetto alla media globale del pianeta. Secondo i dati più recenti le temperature medie annuali in questa regione sono già aumentate di 1,4 ° C dall'era preindustriale, 0,4 ° C in più rispetto alla media globale del nostro pianeta (Cramer et al. 2018, Lionello and Scarascia 2018). Inoltre le precipitazioni estive sono a rischio di riduzione dal 10 al 30% in alcune regioni (soprattutto quelle dell'area mediterranea meridionale) nei prossimi 30 anni aumentando così gli stress idrici sugli organismi viventi che popolano tali zone (Cramer et al. 2018, Lionello and Scarascia 2018).

I futuri scenari climatici previsti in Italia variano in funzione della capacità di mettere in atto misure di mitigazione più o meno forti nell'immediato futuro. Si stima che nel trentennio centrato sul 2050 (2036-2065) l'aumento di temperatura media sul territorio italiano sarà compresa tra 1 e 2 gradi e tra 1,5 e 2,5 rispetto al periodo 1981-2000 considerando rispettivamente lo scenario intermedio e lo scenario peggiore (nessuna misura intrapresa). Nello stesso intervallo la lunghezza dei periodi senza precipitazioni risulta in aumento con un valore medio sul territorio nazionale di 6 giorni. Per quanto riguarda il numero di giorni con temperature superiori a 35°C, in tutta Italia è atteso un aumento che arriva fino a 16-18 giorni (Mercogliano 2021).

Tali scenari, che in parte stiamo già sperimentando e che comunque sono attesi tra pochissimi anni, per quanto le variazioni possano sembrare modeste, sono in grado di influenzare pesantemente gli organismi dei nostri ecosistemi nonché le relazioni che si stabiliscono tra di loro. In particolare le relazioni piante-impollinatori ne possono essere condizionate in diversi modi: a. sfasamento delle fioriture e della presenza in volo degli insetti, ovvero quello che si definisce mismatch fenologico. Le piante fioriscono in periodi non consoni all'attività di volo degli insetti e quindi non ricevono il servizio di impollinazione. b. Le piante hanno ridotte fioriture perché soggette a elevati stress ambientali, conseguentemente gli impollinatori hanno a disposizione ridotte risorse alimentari. c. L'aumento delle temperature in primavera-estate hanno una serie di effetti sulla durata delle fioriture e dei singoli fiori nonché sulla quantità di nettare per fiore che

nel complesso determinano una diminuzione delle risorse alimentari per gli impollinatori (Takkis et al. 2015) (Fig. 1.6)

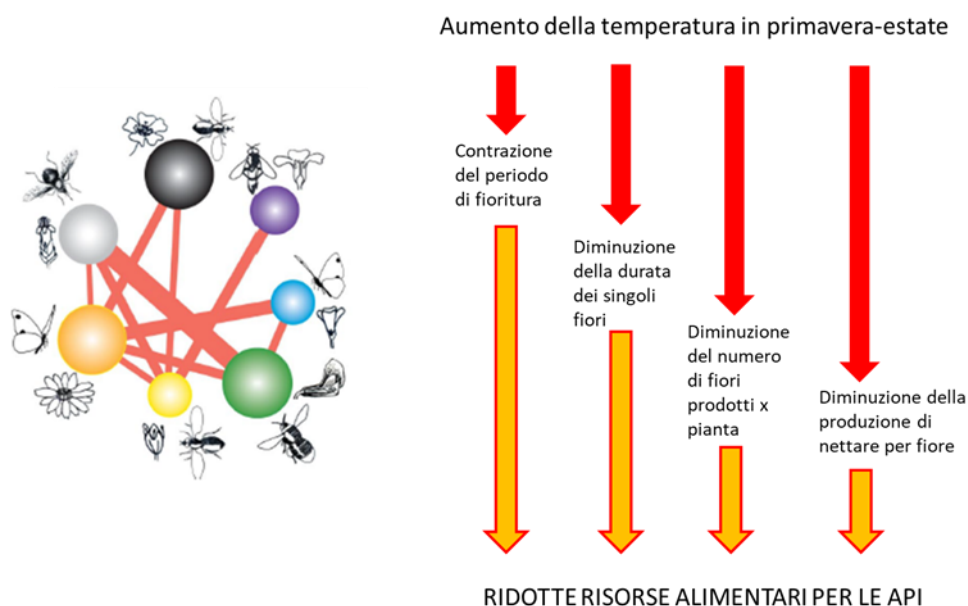


FIG. 1.6. Le variazioni climatiche in atto hanno un importante impatto sulla rete di relazioni piante-impollinatori. In particolare l'innalzamento delle temperature in primavera- estate determinano una serie di alterazioni a livello fenologico e fisiologico della pianta che determinano nel complesso una riduzione nelle risorse alimentari a disposizione degli insetti impollinatori.

1.6 Le azioni per la salvaguardia della biodiversità e degli insetti impollinatori

Quanto fin qui esposto evidenzia l'urgenza di ridurre, se non invertire, il trend negativo del declino degli impollinatori allo scopo di ridurre i rischi sopra esposti. Nel 2000 (poi aggiornata nel 2018) la Convention on Biological Diversity ha lanciato la campagna "International Initiative for the Conservation and Sustainable Use of Pollinators" con l'obiettivo generale di promuovere un'azione coordinata a livello mondiale per la salvaguardia di impollinatori selvatici e gestiti e promuovere l'uso sostenibile delle funzioni e dei servizi di impollinazione, riconosciuti di vitale importanza per l'agricoltura ed il funzionamento e la salute degli ecosistemi. Successivamente a questa iniziativa numerosi paesi hanno sviluppato una propria strategia per la difesa degli impollinatori. L'Unione Europea ha lanciato nel giugno 2018 la EU Pollination Initiative (Fig. 1.7).

Gli obiettivi e le azioni stabiliti in questa iniziativa mirano a migliorare le conoscenze scientifiche sul declino degli insetti impollinatori, affrontarne le principali cause note e rafforzare la collaborazione tra tutti gli attori interessati. Sebbene l'attenzione sia rivolta agli impollinatori selvatici, l'iniziativa affronta le sfide comuni a tutti gli impollinatori. Pertanto, andrà a beneficio

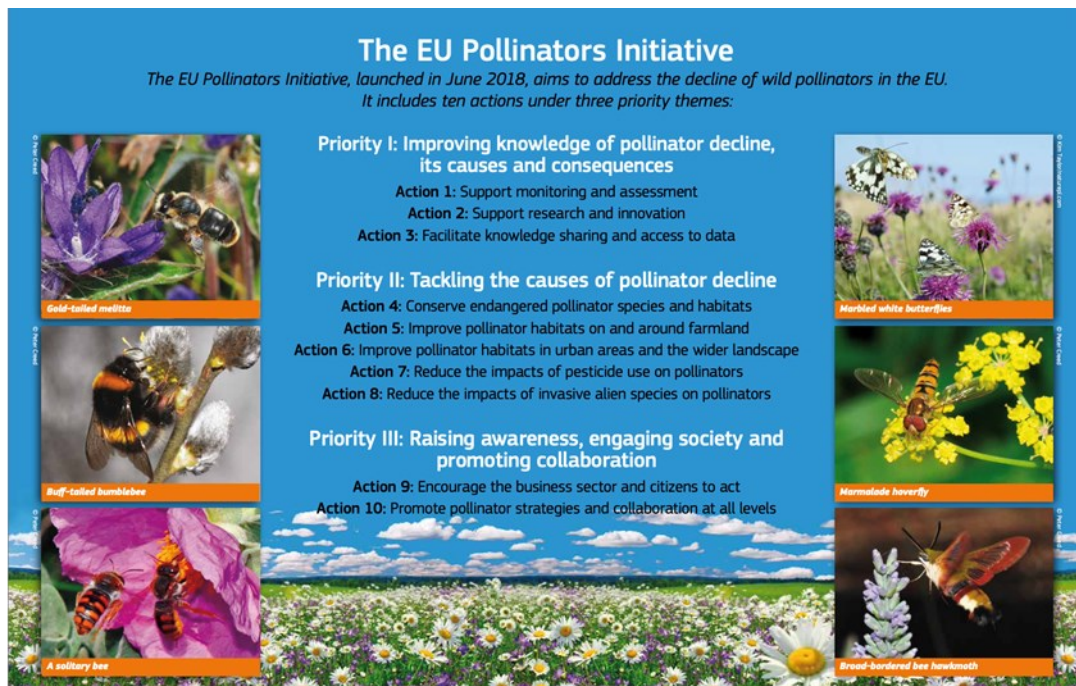


FIG. 1.7. Schematizzazione delle principali misure dell' EU Pollination Initiative. L'iniziativa è articolata su tre priorità: aumentare la conoscenza del declino degli impollinatori, le sue cause e conseguenze; combattere le cause del declino degli impollinatori; aumentare la consapevolezza, coinvolgere la società e promuovere la collaborazione. Ognuna comprende più misure (actions), in totale 10.

anche degli impollinatori domestici, in particolare delle api mellifere, e integrerà il sostegno esistente dell'UE per l'apicoltura e la salute delle api. Nel maggio 2021 la EU ha pubblicato un report sullo stato di avanzamento dell'iniziativa in cui si evidenzia come siano stati compiuti progressi significativi nell'attuazione delle azioni dell'iniziativa, che ha fornito un quadro generale per gli interventi trans-settoriali dell'UE a favore degli impollinatori. Le azioni per sviluppare elementi determinanti per le politiche sono state avviate con successo e hanno progredito in modo sostanziale. Tra questi elementi figurano i sistemi di monitoraggio delle specie di impollinatori e dei fattori che ne causano il declino. Un sistema di informazione sugli impollinatori e iniziative di ricerca mirate dovrebbero sostenere ulteriormente l'iniziativa. Complessivamente, l'iniziativa rimane uno strumento strategico valido che permette all'UE, agli Stati membri e ai portatori di interessi di affrontare il declino degli impollinatori, nonostante restino sfide significative nella lotta ai fattori che lo causano. Sarà necessario accrescere gli sforzi in particolare per contrastare la perdita di habitat nei paesaggi agricoli e gli effetti dei pesticidi. Tra le altre sfide ancora presenti vi è la lotta alle minacce agli impollinatori che non sono affrontate direttamente nell'iniziativa, come i cambiamenti climatici e gli inquinanti ambientali diversi dai pesticidi.

Tali indicazioni sono state recepite già da due importanti strategie messe in atto nel 2020 dalla comunità Europea nell'ambito del Green Deal: la Strategia per la Biodiversità (o Biodiversity 2030)

e la così detta strategia Farm to Fork (F2F, o strategia Dal Produttore al Consumatore). L'European Green Deal stabilisce come rendere l'Europa il primo continente neutrale dal punto di vista climatico entro il 2050. Esso traccia una nuova strategia di crescita sostenibile e inclusiva per rilanciare l'economia, migliorare la salute e la qualità della vita delle persone, prendersi cura della natura con un approccio equo e inclusivo. Parte integrante del Green Deal sono le due strategie sopra menzionate.

La strategia per la Biodiversità (Fig. 1.8) è un progetto a lungo termine per la tutela della natura e l'inversione della tendenza al degrado degli ecosistemi che si articola in 39 misure. Le principali riguardano: la creazione di zone protette comprendenti almeno il 30% della superficie terrestre e marina dell'UE, trasformare il 10% delle superfici agricole in aree ad alta biodiversità, estendere la produzione agricola biologica sul 25% delle terre coltivate, piantare tre miliardi di alberi di alto valore per la biodiversità, ridurre il rischio e l'uso dei pesticidi di almeno il 50%. La strategia per la Biodiversità contiene anche una misura specifica per ridurre il declino degli impollinatori riconosciuti come elemento chiave nel funzionamento degli ecosistemi.

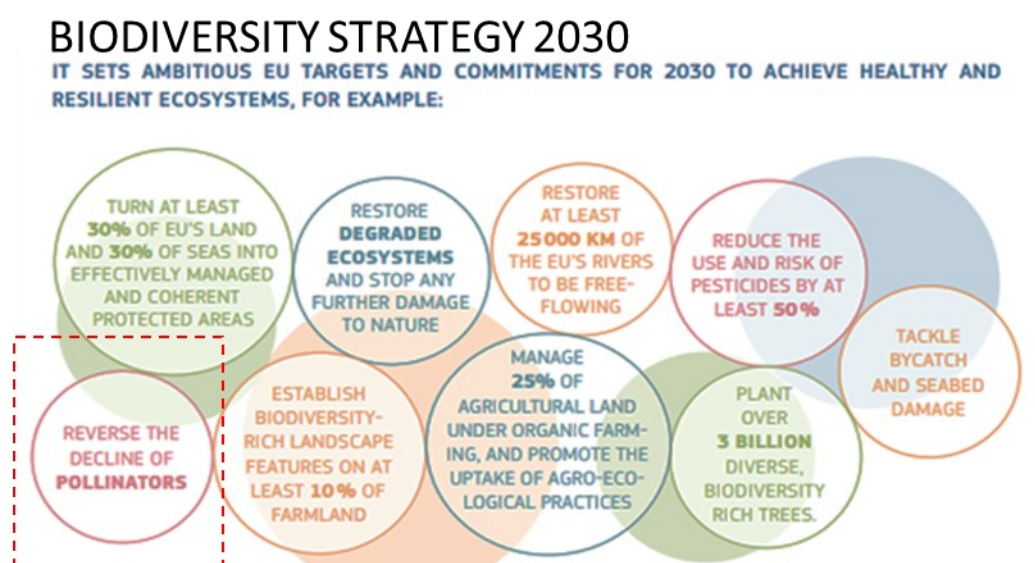


FIG. 1.8. Schematizzazione delle principali misure della Strategia per la Biodiversità 2030. Nel suo complesso ha come fine la tutela della natura e l'inversione della tendenza al degrado ambientale mirando ad avere nel 2030 degli ecosistemi in salute e resilienti. Prevede azioni specifiche per invertire il declino degli impollinatori.

La strategia Farm to Fork (F2F, Fig. 1.9) mira ad accelerare la transizione verso un sistema alimentare sostenibile adottando un approccio integrato al cibo, affrontando i risvolti ambientali,

sociali, agricoli e di salute pubblica legati al cibo. Il Piano d'Azione elenca 27 misure che serviranno a spianare la strada verso una produzione alimentare più ecologica, verso diete più sane e



FIG. 1.9. Schematizzazione della strategia Farm to Fork, o strategia dal produttore al consumatore. La strategia mira ad aumentare entro il 2030 la sostenibilità dell'intera filiera agroalimentare, dalla produzione primaria alla prevenzione degli sprechi passando per la trasformazione, la commercializzazione e il consumo dei prodotti.

sostenibili e verso una riduzione degli sprechi di cibo. Le misure che riguardano la produzione primaria, visto il suo importante impatto sui sistemi naturali, sono in parte comuni alla strategia per la Biodiversità come ad esempio l'aumento della complessità negli agroecosistemi e la riduzione dei pesticidi. Le due strategie sono ovviamente interconnesse e sebbene la strategia F2F agisca sulla filiera agroalimentare avrà ripercussioni anche sui sistemi naturali, sulla loro biodiversità e sullo stato di salute degli impollinatori.

Le misure indicate dalle due strategie trovano riscontro nei programmi di finanziamento europei Horizon e LIFE. Nell'ultima tornata il programma Horizon ha previsto una call dedicata specificamente agli impollinatori (Maintaining and restoring pollinators and pollination services in European agricultural landscapes) a cui ha riservato 20 milioni di euro, ed una dedicata ad aumentare la resilienza in apicoltura (Resilient beekeeping) con un budget di 12 milioni di euro. Il programma LIFE con il sottoprogramma Nature and Biodiversity supporta progetti che mirano a raggiungere gli obiettivi della Strategia per La Biodiversità tra cui quello di ridurre il declino degli impollinatori.

Infine la nuova PAC 23-27 riconosce tra i suoi 5 ecoschemi “colture a perdere di interesse mellifero” e riconosce pagamenti diretti alle aziende agricole che incrementano la coltivazione di essenze floreali e specie mellifere con l’obiettivo di sostenere l’apicoltura e salvaguardare gli impollinatori in genere.

Riferimenti bibliografici

- Ascher, J. S. and J. Pickering. (2020). Discover Life bee species guide and world checklist (Hymenoptera:Apoidea:Anthophila).
http://www.discoverlife.org/mp/20q?guide=Apoidea_species
- Comba , M. (2019). HYMENOPTERA: APOIDEA: ANTHOPHILA of ITALY Bibliographic checklist of Italian wild bees with notes on taxonomy, biology, and distribution.
<https://digilander.libero.it/mario.comba/>
- Cramer W., Guiot J., Fader M., Garrabou J., Gattuso J.P., Iglesias A, Lange M.A., et al. (2018). Climate change and interconnected risks to sustainable development in the Mediterranean. *Nature Climate Change* 8: 972-980.
- Frankel O. H., Brown A. H. D., Burdon J. J. 1995 -The Conservation of Plant Biodiversity Cambridge University Press.
- Garibaldi, L. A., Steffan-Dewenter, I., Winfree, R., Aizen, M. A., Bommarco, R., Cunningham, S. A., ... & Klein, A. M. (2013). Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. *Science*, 339(6127), 1608-1611.
- Hallmann, C. A., Sorg, M., Jongejans, E., Siepel, H., Hofland, N., Schwan, H., et al. (2017). More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PloS one*, 12(10), e0185809.
- IPBES (2016). 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, and H. T. Ngo (eds). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany. 552 pages.
- LeBuhn, G., & Luna, J. V. (2021). Pollinator decline: what do we know about the drivers of solitary bee declines?. *Current opinion in insect science*, 46, 106-111.
- Lionello, P., Scarascia, L. (2018). The relation between climate change in the Mediterranean region and global warming. *Regional Environmental Change* 18: 1481–1493.

- Mercogliano, P. (2021). Scenari Italiani. *Le Scienze*, 639: 42-49.
- Montgomery, G. A., Dunn, R. R., Fox, R., Jongejans, E., Leather, S. R., Saunders, M. E., ... & Wagner, D. L. (2020). Is the insect apocalypse upon us? How to find out. *Biological Conservation*, 241, 108327.
- Nepi, M., Calabrese, D., Guarnieri, M., & Giordano, E. (2021). Evolutionary and ecological considerations on nectar-mediated tripartite interactions in angiosperms and their relevance in the mediterranean basin. *Plants*, 10(3), 507.
- Ollerton, J. (2017). Pollinator diversity: distribution, ecological function, and conservation. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 48, 353-376.
- Ollerton, J. (2021). *Pollinators and Pollination: Nature and Society*. Pelagic Publishing Ltd.
- Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., & Kunin, W. E. (2010). Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in ecology & evolution*, 25(6), 345-353.
- Potts S., Biesmeijer K., Bommarco R., Breeze T., Carvalheiro L., et al. (2015) Status and trends of European pollinators. Key findings of the STEP project. Pensoft Publishers, Sofia.
- Rasmont P, Devalez J, Pauly A, Michez D, Radchenko VG (2017) Addition to the checklist of IUCN European wild bees (Hymenoptera: Apoidea). *Annales de la Société entomologique de France (N.S.)* 53(1): 17–32.
- Takkis, K., Tscheulin, T., Tsalkatis, P., & Petanidou, T. (2015). Climate change reduces nectar secretion in two common Mediterranean plants. *AoB Plants*, 7.
- Wilson E.O., 1988 – Biodiversity. The Conservation of Plant Biodiversity. National Academy of Science Press. Washington, DC.
- Walker T. (2020) *Pollination – The enduring relationships between plants and animals*. Princeton University Press, Princeton. New Jersey (USA).

CAPITOLO 2. IL CONTESTO LOCALE

Negli ultimi 5-6 anni la comunità locale del territorio senese ha dimostrato un crescente interesse verso problematiche inerenti alla conoscenza e valorizzazione della biodiversità nell'accezione più generale del termine. Tale interesse ha dato origine ad un serie di iniziative con approccio bottom-up che hanno visto coinvolti nel tempo varie realtà territoriali quali associazioni civiche, le contrade e comuni cittadini. Qui di seguito viene fornita una panoramica di tali iniziative evidenziando il coinvolgimento dell'Università e di altre istituzioni Scientifiche del nostro territorio.

2.1 Progetto “Mura, fonti e valli verdi, una rete di luoghi identitari da rigenerare e reinventare: il Parco delle Mura/Buongoverno a Siena e le nuove generazioni” (Bando Siena InDivenire 2017, Fondazione Monte dei Paschi di Siena).

Il progetto - che ha trattato i temi della conservazione dei materiali lapidei e della gestione della risorsa acqua, della riqualificazione ambientale e della vegetazione autoctona, della sostenibilità in ambiente urbano, degli aspetti storici e costruttivi nelle valli verdi della città di Siena cercando il coinvolgimento di studenti della comunità universitaria - è stato svolto sotto il coordinamento del prof. Marco Giamello del Dipartimento di Scienze della Terra, Fisiche e dell'Ambiente e ha visto il coinvolgimento del Dipartimento di Scienze Storiche e dei Beni Culturali e del Dipartimento di Scienze della Vita. Oltre alla componente accademica il progetto ha previsto la partecipazione delle associazioni “la Diana” e “le Mura” nonché di Legambiente circolo di Siena.

Il contributo del Dipartimento di Scienze della Vita ha riguardato la promozione tra l'opinione pubblica della conoscenza e valorizzazione dell'agrobiodiversità e delle problematiche relative all'introduzione di specie aliene ed al declino degli impollinatori. Il coinvolgimento dell'opinione pubblica è avvenuto grazie alla partecipazione a periodici incontri organizzati presso la sede della Fondazione Monte dei Paschi di Siena, ad un ciclo di conferenze dal titolo “La natura sotto la lente” organizzato dal Comitato civico Siena 2 presso il circolo “La Meridiana” di San Miniato nonché alla partecipazione a vari eventi nell'ambito di Bright – La notte europea delle ricercatrici e dei ricercatori in Toscana – edizione 2018 (Fig. 2.1). Tra le attività del progetto vi è stata anche l'installazione di una “casina” delle api e l'allestimento di una aiuola con fioriture spontanee nell'Orto Botanico dell'Università di Siena (Fig. 2.2). Una parte dello studio della componente vegetale delle valli verdi di Siena si è focalizzato su specie e generi che volgarmente vengono chiamati bambù e che rappresentano in Italia specie aliene invasive. Questa indagine ha permesso

di individuare quattro specie nuove per la provincia di Siena, una delle quali, *Pseudosasa japonica*, nuova per la Toscana. Rilievi vegetazionali realizzati in aree invase e non invase dal bambù hanno confermato l'impatto negativo che queste specie hanno sulla diversità vegetale anche all'interno delle valli verdi di Siena andando a modificare composizione e ricchezza floristica.



FIG. 2.1. Alcuni momenti di Bright 2018 con attività dedicate alle problematiche dell'impollinazione e degli impollinatori allestite presso l'Orto Botanico dell'Università di Siena.



FIG. 2.2. Aiuola con fioriture spontanee e "casina delle api" allestita presso l'Orto Botanico di Siena nell'ambito delle attività del progetto "Mura, fonti e valli verdi, una rete di luoghi identitari da rigenerare e reinventare: il Parco delle Mura/Buongoverno a Siena e le nuove generazioni". La casina delle api è stata realizzata dal sig. Giovanni Goretti e donata all'Orto Botanico dell'Università di Siena.

2.2 Progetto CoNVerSi (Collegamenti Nel Verde a Siena)

Il progetto CoNVerSi (Collegamenti Nel Verde a Siena) è stato sostenuto dal bando "Giovani e beni comuni" 2018 del Cescvot, finanziato con il contributo di Regione Toscana GiovaniSi in accordo con il Dipartimento della Gioventù e del Servizio Civile Nazionale, con lo scopo di coinvolgere giovani

studenti in una serie di attività di tipo partecipativo e di ricerca per la valorizzazione dei beni comuni, al fine di innescare un processo di ridefinizione e di riqualificazione per la valle tra Porta San marco e Porta Tufi, dove si trova anche l'Orto Botanico (Fig. 2.3). Una migliore fruibilità della valle potrà andare a beneficio sia della mobilità intra-urbana, sia della valorizzazione e manutenzione del patrimonio artistico culturale senese, qui inteso come bene comune rappresentato dalla valle stessa, dalla cinta muraria che la delimita e dai manufatti presenti.



FIG. 2.3. Alcuni momenti delle attività inerenti il progetto "CoNVerSI (Collegamenti Nel Verde a Siena)".

Questa valle verde interna alle mura di Siena, collocata tra Porta Tufi e Porta San Marco, oltre ad ospitare l'Orto Botanico (che ne costituisce la principale attrattiva essendo visitabile tutti i giorni), contiene elementi di grande interesse al suo interno come la Fonte delle Monache, la Fonte dell'Orto Botanico e la Fonte delle Sperandie. La Valle, che si interpone tra due zone universitarie (Polo Mattioli a Porta Tufi e Residenze Studentesche in via Mattioli e Porta San Marco) molto frequentate da studenti e residenti, potrebbe costituire un importante elemento di attrazione e di collegamento tra le due zone, ma non dispone, ad oggi, degli elementi infrastrutturali che ne possano consentire tale uso. E' stata quindi proposta una riprogettazione (sia dell'assetto che delle funzioni) da far condurre agli stessi studenti (liceali e universitari) che più agevolmente sapranno interpretare le esigenze di un'utenza potenziale costituita in larga parte da giovani.

Il partenariato è costituito dall'Associazione di volontariato Le Mura (capofila) che si dedica da tempo alla valorizzazione delle mura e delle valli verdi, e ha convenzioni attive con il Comune e la Soprintendenza; l'Associazione La Diana che opera per il recupero e la valorizzazione dei bottini, delle fonti, degli acquedotti di Siena; l'Associazione Le Bollicine che sostiene il progetto Casa

Clementina (c/o Porta Tufi) i cui ospiti (potenziali utenti dei percorsi) avranno parte attiva nella realizzazione del progetto. In collaborazione con il Laboratorio Ladest (Dipartimento di Scienze Sociali, Politiche e Cognitive) ed il Dipartimento di Scienze della Vita dell'Università di Siena, gli studenti universitari del corso magistrale di "Geografia dello sviluppo" hanno messo a disposizione le loro competenze per la mappatura dei luoghi. I tecnici del DSV-Museo Botanico hanno lavorato per la stesura di nuovi percorsi tematici. Sono stati inoltre coinvolti allievi del corso di architettura/scultura del Liceo Artistico D. Buoninsegna e del corso biotecnologico del Liceo Monna Agnese per la mappatura dei luoghi e la co-progettazione guidati da professionisti in collaborazione con i partner e l'Associazione Culturing. Il progetto prevede anche tirocini formativi per studenti degli atenei cittadine UNISI e UNISTRASI.

2.3 Progetto Rigenerar_SI

Il progetto Rigenerar_SI ha visto la sua nascita attorno ad una iniziale idea di riqualificazione delle valli di Follonica e di Ravacciano e si è sviluppato fin dal 2013, con la partecipazione a vari bandi (Volver, Giovani e Beni comuni, Siena InDivenire) sempre sostenuto dall'Amministrazione Comunale, per arrivare ai giorni nostri con la estesa ma dettagliata proposta di "parco delle mura". Negli scorsi anni le crisi, nazionale e locale, hanno di fatto affossato, o costretto a sostanziali modifiche, la maggior parte delle previsioni del non più vigente Regolamento Urbanistico senese. A ben vedere solo una ne uscì indenne, anzi rafforzata, sintomo di una sua probabile intrinseca sostenibilità. Si tratta della rigenerazione ambientale delle Valli verdi urbane, in massima parte abbandonate da quasi mezzo secolo, da attuare tramite la previsione di Parco agricolo del Buongoverno. La strumentazione urbanistica ne prevedeva la progettazione unitaria, poi rimasta tale in un ambito più ristretto, quello del sottoinsieme del Parco delle Mura che del Buongoverno, oltre a tutto l'intra-moenia, ricomprende ampie valli esterne alle Mura per opportuna connessione con le periferie e le zone artigianali e commerciali. Il progetto unitario del Parco delle Mura, denominato COR-MAGIS, intende quindi procedere per step attuativi, seguendo il recupero della cinta muraria, valle per valle. Il primo step ha riguardato il tratto P.ta Ovile-P.ta Pispini, con le valli di Follonica e Ravacciano, già definito come zona o valle "pilota".

Un raggruppamento di soggetti della "cittadinanza attiva" (Legambiente Circolo di Siena, Istituto Nazionale di Bioarchitettura Toscana, FIAB Amici della Bicicletta di Siena, UISP comitato di Siena, Comitato di Ravacciano, Siena Art Institute, WWF Siena), si è da tempo riunito in un partenariato (denominatosi "Rigenerar_SI") con lo scopo di attivare una collaborazione con l'Amministrazione

comunale. La progettualità espressa dal partenariato ha partecipato a vari convegni e ricevuto riconoscimenti, ed è stata infine accolta dall'Amministrazione. Ciò che la caratterizza è la logica di Parco multifunzionale, sebbene a prevalente matrice agricola, che è subito apparsa l'unica scelta che ne potesse garantire la sostenibilità in tutti i suoi aspetti, ambientale, sociale, economico. Il Partenariato ha svolto la propria attività nella zona "pilota", parallelamente e marginalmente alla progettazione esecutiva della sua primaria infrastrutturazione (una semplice ciclopedonale) già finanziata da un bando nazionale e portata avanti dall'Amministrazione comunale.

Gli spazi da rigenerare hanno una storia e un valore unico. Sono le Valli verdi senesi, interne ed esterne alle Mura, quindi all'interno del sito UNESCO o ad esso connesse. Le Valli verdi sono ricche di beni storico-architettonici e paesaggistici, ma mai valorizzate, anzi intercluse, spesso a causa della fatiscenza e pericolosità delle antiche Mura che le tagliano in due attraversandole, o a causa della chiusura degli antichi percorsi, che in parte si prevede di riaprire. Con l'attuale restauro della cinta muraria, si prospetta la riapertura delle Valli, e quindi l'occasione per dar loro nuove funzioni che amplieranno i modi di vivere la città.

Obiettivo generale del progetto è "reinventare" per il bene collettivo luoghi simbolici e identitari oggi in gran parte interclusi e abbandonati. La comunità vuole "riappropriarsi" di Mura, Fonti e Valli verdi.

La rigenerazione va incontro al bisogno di un piccolo, ma fortemente voluto, cambiamento nello stile di vita dei residenti e domiciliati, che ben è stato espresso nella campagna di ascolto "Siena siamo noi" (Università e Comune di Siena, con finanziamento della Regione Toscana), dove i cittadini hanno messo al primo posto fra i loro "desiderata" la realizzazione del Parco delle Mura, con il doppio delle preferenze rispetto al completamento del Santa Maria della Scala, secondo classificato. Nella riattivazione funzionale delle Valli vedono un modo per "complementare" il loro modo di alimentarsi (con veri prodotti a km 0, grazie ad un rilancio dell'ortofrutticolo, storica produzione agricola senese fino alla seconda guerra mondiale), evitare di respirare i gas di scarico che rimangono intrappolati nelle strette vie cittadine (grazie a "dolci" alternative per gli spostamenti quotidiani) e quindi frequentare ambienti idonei al benessere fisico per attività salutistico-sportive. Ritengono inoltre che la valorizzazione dei beni storico-architettonici racchiusi nelle valli non possa più essere rimandata.

Le attività riguardanti la conoscenza e valorizzazione della biodiversità all'interno del parco delle mura hanno coinvolto il Dipartimento di Scienze della Vita in due progetti: il censimento delle piante che vivono sulle antiche mura e la valorizzazione del bosco di Busseto.

2.3.1 Studio botanico delle piante ruderali presenti nel paramento murario della città di Siena tratto Porta Pispini-Porta Ovile

Lo studio è stato commissionato da parte dell'Amministrazione Comunale di Siena al Dipartimento di Scienze della Vita e si è svolto nei mesi di Maggio e Giugno 2014. Lo studio ha riportato la presenza di 78 specie di piante vascolari (Fig. 2.4). L'analisi della flora evidenzia come per le specie delle mura stesse lo spettro biologico mostri una prevalenza (rappresentano oltre il 60% del totale) di specie erbacee perenni (emicriptofite) ed annuali (terofite), i cui apparati radicali di



FIG. 2.4. Vario grado di colonizzazione vegetale degli antichi paramenti della cinta muraria della città di Siena. Il censimento delle specie presenti ha riconosciuto 78 specie di piante vascolari presenti sui paramenti e 52 specie arboree ed arbustive presenti nella fascia di 3-5 metri perimetrale sia nella parte interna che esterna delle mura.

dimensioni limitate non sono di danno alla cinta muraria. Numerose anche le specie legnose (fanerofite), quindi con apparato ipogeo (radicale) ed epigeo (fusto) di dimensioni anche importanti, rappresentate da alcune liane, tra le quali le più frequenti sono l'Edera (*Hedera helix* L.) e la vitalba (*Clematis vitalba* L.), da frutici tra cui i dominanti sono il cappero (*Capparis spinosa* L.) e il rovo (*Rubus ulmifolius* Schott) e da numerosi alberi. Tra questi sono particolarmente frequenti il Fico (*Ficus carica* L.), l'Olmo (*Ulmus minor* Miller) e l'Alaterno (*Rhamnus alaternus* L.). L'analisi corologica mostra una preponderanza degli elementi mediterranei, che rappresentano poco meno del 50% del totale della flora, rispetto a quelli europei e boreali, indicando la presenza

di una flora termofila. Poco meno del 20% delle specie hanno ampia distribuzione (specie cosmopolite e subcosmopolite) come il Capelvenere (*Adiantum capillus-veneris* L.) e la Cimbalaria dei muri (*Cymbalaria muralis* Gaertn. et al.), ad evidenziare la diffusione ed adattabilità delle specie che vivono sui muri. La presenza di specie esotiche risulta abbastanza limitata, intorno al 10% del totale, ed è rappresentata da entità essenzialmente non invasive. Da evidenziare la presenza di *Dianthus sylvestris* Wulfen e *Matthiola incana* (L.) R.B., specie di interesse conservazionistico in quanto inserite in Allegato A della L.R. 56/2000. Sono cioè specie vegetali di interesse regionale (rare e vulnerabili) che necessitano di protezione a causa della loro specificità o della vulnerabilità del loro habitat e la cui conservazione può richiedere addirittura la designazione di Siti di importanza regionale (S.I.R.).

Sono state anche riportate 52 specie arboree ed arbustive censite nella fascia di 3-5 metri perimetrale sia nella parte interna che esterna delle mura. Si tratta prevalentemente di piante coltivate per frutta, alcune ornamentali, e poche entità naturali presenti sia all'interno che all'esterno dei tratti murari censiti.

Inoltre nello studio sono state individuate le specie più dannose per quanto riguarda le alterazioni strutturali del paramento murario (le così dette specie sensibili), sono state fornite accurate schede descrittive e sono state consigliate azioni atte alla loro gestione.

2.3.2 Valorizzazione del Bosco di Busseto- Il parco di Busseto

Si tratta di un sottoprogetto di Rigenerar_SI e prevede la riqualificazione boschiva di un'ampia area che arriva a ridosso delle Mura, a margine e in continuità con il Bosco di Busseto, di proprietà comunale, unico bosco maturo di buona qualità ambientale situato all'interno del perimetro urbano.

Con questo sottoprogetto si è analizzata la fattibilità tecnico-economica della riqualificazione delle aree boschive del Parco. Lo si è fatto prendendo a modello l'area boschiva urbana più significativa della città, che fa parte della Valle "pilota". Sono state create le condizioni per portare il bosco di Busseto dall'attuale estensione di circa 1 ettaro, a circa 3 ettari, sfruttando il fatto che le aree di pendio limitrofe sono da questo anno sotto la cura dell'associazione capofila del partenariato, con un accordo che le vincola all'implementazione del Patto di collaborazione.

Obiettivo peculiare di questo sottoprogetto è aumentare l'assorbimento dell'anidride carbonica in zona urbana, triplicando l'estensione del bosco e mitigando il dissesto idro-geomorfologico. Si intendono attivare pratiche che agevolino l'ambiente a ritrovare un equilibrio naturale, rotto negli

anni '50 da pratiche agricole di pendio, con terrazzamenti in quel momento opportuni, ma che poi furono abbandonati un paio di decenni dopo, insieme alla maggior parte delle pratiche agricole di valle, innescando così il dissesto.

La rinaturalizzazione mira ad un incremento delle prestazioni ambientali, in particolare al buon funzionamento dei servizi ecosistemici connessi alla qualità dell'aria e delle acque. Con l'ampliamento, il bosco di Busseto va ad estendersi fin lungo un tratto parallelo a via Peruzzi, agendo da "filtro" sia per le emissioni gassose che per il particolato dilavato dalla strada quando piove.

La rinaturalizzazione segna un'inversione culturale nella logica di consumo del suolo, da molti prospettata e oggi agevolata da recenti leggi regionali, ma finora poco o per nulla praticata, sebbene sia importante anche per un più deciso e realistico approccio alla carbon neutrality.

Il Parco delle Mura intende essere addirittura carbon negative, e quindi non si intende escludere alcuna buona pratica applicabile nel suo contesto. In questa logica anche il concetto di "Parco" diviene innovativo: non un Parco cittadino per bimbi, nonni e badanti, ma decisamente diverso, innovativo, vivo, multifunzionale. Un "laboratorio della sostenibilità", e quindi luogo dove praticarla e verificarla quotidianamente, dove valutare livello e buon funzionamento dei servizi ecosistemici, per capirli e incrementarne progressivamente le capacità.

In un tale contesto l'ampliamento del bosco di Busseto ha una sua precisa connotazione di innovatività, alla stregua dei progetti "sinergici" per orti e frutteti, dell'ottimizzazione della produzione energetica da fonti rinnovabili, delle tecniche per il risparmio idrico, e di tutte le altre buone pratiche che si intendono attivare nella vallata sottostante.

Per garantire il raggiungimento di tutti gli obiettivi sono stati coinvolti vari Istituti di Istruzione Superiore affiancati da attività di tutoraggio da parte di tecnici e docenti dell'Università di Siena esperti nei settori botanico/biologico, ecologico, idrogeomorfologico, etc., già attivati nell'ambito del Parco delle Mura con il progetto SienaInDivenire.

Per gli aspetti sociali/ricreativi la rigenerazione boschiva va incontro soprattutto ai bisogni dei residenti del quartiere Busseto, Villino, Cozzarelli, Vivaldi che al momento non hanno accesso ad aree verdi, ma che potrebbero usufruire quindi della riapertura dell'attuale ingresso del Bosco, lo stesso che il partenariato aveva già proposto come importante accesso per tutto il Parco.

Riqualificare un'area degradata è esperienza non molto comune, ma presto lo dovrà divenire, viste le nuove leggi regionali e statali su riduzione del consumo di suolo e suo recupero. Il progetto

intende estendere il Bosco di Busseto, con la riqualificazione dei pendii limitrofi che permettono di triplicarne l'attuale dimensione, con risultati generali e particolari quali:

- contributo alla carbon neutrality;
- miglioramento dei servizi ecosistemici;
- blocco del dissesto idrogeologico;
- creazione di un "Sentiero Natura" e, a margine del bosco, di aree ricreative/salutistiche (Fig. 2.5).

Le attività saranno svolte con il supporto di studiosi botanici dell'Università di Siena (Dipartimento di Scienze della Vita – Museo Botanico), che in particolare daranno il loro ausilio in fase progettuale e per il tutoraggio iniziale. Altri studiosi (Dipartimento di Scienze Fisiche, della Terra e dell'Ambiente – Gruppo Ecodynamics) daranno il loro ausilio per il calcolo dell'abbattimento delle emissioni climalteranti. Per quanto riguarda la progettazione del "Sentiero Natura", essa ha visto anche la partecipazione degli studenti dell'Istituto Tecnico Biologico ambientale Monna Agnese.



FIG. 2.5. Il progetto per il «Parco di Busseto» comprendente la riqualificazione del bosco di Busseto. Da https://www.rigenerarsi.eu/wp/wp-content/uploads/2019/02/progetto5_solobusseto.pdf

2.4 Progetto Orti di Ravacciano

Legambiente Siena è il capofila di una rete di associazioni facenti parte di un accordo di partenariato con il Comune di Siena a partire dall'aprile 2016 per la riqualificazione ad uso agricolo, didattico e terapeutico della zona non interessata dallo sviluppo urbano costituita dalla confluenza fra le valli di "Follonica" e "Ravacciano" (Fig. 2.6). La zona si presenta come un vero e proprio "laboratorio" dove sperimentare pratiche rigenerative sia a livello ambientale che sociale all'aria aperta. Al momento la valle è in fase di trasformazione per permettere la creazione di zone per orti sociali, orti ad uso delle associazioni per la disabilità e scuole, aree relax ed area svolgimento attività di pet therapy. L'area comprenderà 10 orti di cui 8 saranno messi a bando e concessi a cittadini senesi e gli altri destinati a progetti educativi con le scuole. E' già presente in loco un apiario ed è in progetto, grazie anche ad una attività di crowd-funding, la realizzazione del villaggio delle api in cui sviluppare attività di apicoltura urbana ed apiterapia e creare una maggiore connessione tra cittadini e natura.



FIG. 2.6. Area degli Orti di Ravacciano. L' comprende 10 orti di cui 8 saranno messi a bando e gli altri destinati a progetti educativi con le scuole.

2.5 Il parco di San Miniato: orti urbani e boschetto

Orti urbani di San Miniato è un rogetto che parte della rete “100mila orti in Toscana!”, un’iniziativa della Regione Toscana per favorire lo sviluppo di orti in contesti urbanizzati nell’ambito del progetto GiovaniSì. Gli Orti di San Miniato sono stati inaugurati nell’Aprile del 2019 e le coltivazioni sono partite nello stesso anno dopo la valorizzazione di un’area di orti spontanei per opera del Comune di Siena in collaborazione con le associazioni locali. Il progetto vede protagonisti insieme i “vecchi” ortisti con giovani, famiglie e persone svantaggiate. Gli orti sono gestiti da Comitato Siena 2, Auser Siena e Cooperativa Arancia blu, riuniti sottoforma di ATS (associazione temporanea di scopo). IL Museo Botanico dell’Università di Siena (Dipartimento di Scienze della Vita) ha collaborato nel tempo per la organizzazione e gestione di spazi dedicati alla coltivazione di specie orticole da parte della cittadinanza. In particolare la collaborazione ha riguardato l’organizzazione delle aiuole dedicate alle piante aromatiche e ai frutti antichi, nonché alla predisposizione della cartellonistica. Oggi gli orti sono parte di un parco urbano a servizio della cittadinanza che comprende anche il boschetto di San Miniato adiacente il lato meridionale degli orti (Fig. 2.7). Tale area boschiva è di proprietà del Comune di Siena e ormai da oltre dieci anni è gestita da associazioni di volontariato e dal 2021 dal Comitato Siena 2, Circolo Legambiente Siena e Associazione WWF Siena, con la collaborazione scientifica del Museo Botanico (SIMUS) dell’Università di Siena. Al fine di utilizzare l’area verde per l’aspetto sociale e culturale, per la conservazione e miglioramento della biodiversità, sono state creare varie zone con caratteristiche diverse: tavoli, braciere, cartellini delle piante arboree, cartelli descrittivi degli habitat, ecc. Il parco, oltre ad essere zona produttiva di ortaggi a chilometro zero, è un centro per attività culturali, artistiche e sociali.



FIG. 2.7. Veduta aerea degli orti urbani di San Miniato. Sulla sinistra si nota l'area boschiva detta Boschetto di San Miniato. Sulla destra è presente un corridoio verde che separa e allo stesso tempo connette gli orti con le abitazioni del quartiere.

2.6 Recenti Attività condotte da personale dell'Università di Siena e/o altre istituzioni scientifiche del territorio

2.6.1 Valorizzazione del giardino-orti degli Orbachi

Il Giardino degli Orbachi, a cui si accede attraverso il Vicolo degli Orbachi, si estende in un'area un tempo coltivata ad orti che nell'ambito della valorizzazione di questa area verde da parte della contrada del Bruco ha visto negli anni un sostanziale recupero ed oggi è un piccolo parco a disposizione della cittadinanza. Nella stagione primaverile ed estiva del 2021 sono stati effettuati sopralluoghi da parte del personale del Museo Botanico dell'Università di Siena (Dipartimento di Scienze della Vita - SIMUS), per completare l'inventario delle specie legnose censite dal Comune di Siena. Sono state rinvenute 29 specie oltre a 7 specie erbacee di particolare interesse, per ciascuna delle quali è stata approntata una scheda con le caratteristiche botaniche, l'etimologia, le proprietà, gli usi e le curiosità. Sono stati elaborati i cartellini da sistemare vicino ad un esemplare di ciascuna specie con alcune informazioni sintetiche e il Qr-code che riporta la scheda completa.

2.6.2 PolliBright – X-Polli:Nation

In occasione della manifestazione Bright edizione 2018, il festival della ricerca che si svolge in varie zone della città, viene presentato il progetto Polli:Bright. E' un progetto di Citizen science sugli insetti impollinatori in Toscana rivolto alle scuole (dagli ultimi anni della primaria ai primi della

secondaria di secondo grado). Deriva da un adattamento del progetto inglese Polli:Nation ed è coordinato dal Museo di Storia Naturale della Maremma con il coinvolgimento dei tre atenei toscani (UniSi, UniPi, UniFi) come partner del progetto. Nel corso di Bright 2018 in ognuna delle città coinvolte (Firenze, Siena, Pisa, Grosseto) gli insegnanti delle classi partecipanti hanno preso parte a incontri formativi, per poi effettuare i rilievi di campo secondo un preciso schema descritto in manuali appositamente realizzati. A scuola, gli studenti hanno riordinato i dati raccolti, che sono stati poi inseriti online. I dati raccolti sono stati analizzati; i risultati sono stati presentati in occasione di Bright 2019. Il progetto purtroppo ha subito un arresto dovuto alla pandemia Covid-19. Successivamente al miglioramento della situazione pandemica il progetto ha ripreso corso, cambiando nome in X-Polli:Nation (<https://www.museonaturalemaremma.it/x-pollination/>), grazie ad un finanziamento del National Geographic USA e dal settembre 2021 supportato dal Tuscany Environment Foundation. Tale nuovo progetto ricalca le finalità del precedente ma si allarga anche ai comuni cittadini ed è potenziato grazie allo sviluppo di una piattaforma on-line che permette di caricare le proprie osservazioni direttamente nel database e prossimamente anche con il cellulare grazie ad un'applicazione per smartphone.

2.6.3 Censimento degli Apoidei nell'Orto Botanico di Siena

Nell'ambito delle attività di ricerca sulle interazioni piante-animali condotte dal gruppo coordinato dal prof. Massimo Nepi (Dipartimento di Scienze della Vita, Università di Siena), nel periodo Aprile-Luglio 2021, è stato effettuato un censimento preliminare degli Apoidea apiformi presenti nell'Orto Botanico dell'Università di Siena per individuare le interazioni pianta-visitatore florale e per stabilire la quantità e la qualità di interazioni in un contesto urbano particolare come quello di Siena, in cui porzioni di habitat semi-naturali si trovano dislocati nelle valli del centro storico. Nei quattro mesi di studio si sono svolte le catture degli insetti e la raccolta dei dati sulle interazioni con le piante a fiore, successivamente sono state identificate le specie di Apoidea catturati. Dall'analisi dei dati è stato possibile fare una descrizione preliminare della comunità apistica dell'Orto Botanico e le interazioni tra pianta e impollinatori. Sono stati catturati 264 esemplari appartenenti a 131 morfospecie (Fig. 2.8) con una stima di circa 490 interazioni singole



Fig. 2.8. Collezione delle morfospecie di apoidei rinvenuti durante il censimento nell'Orto Botanico dell'Università di Siena

che hanno interessato 32 specie di piante a fiore. Inoltre, tramite un'analisi della rete mutualistica tra piante e impollinatori, è stato osservato che la maggior parte delle visite sono state effettuate da Apoidea generalisti anche se alcuni di essi presentano singole interazioni. Sono stati individuate specie di tutte le famiglie di Apoidea (Megachilidae, Andrenidae, Halictidae, Apidae e Colletidae) ad eccezione della famiglia Melittidae. Possibile spiegazione può riguardare la loro particolare ecologia: sono particolarmente adattati ad ambienti con climi temperati e xerici e risorse fiorali che non sono presenti in Orto Botanico. Inoltre, includono un'alta proporzione di specie-dieta-specialiste e nidificano in terreni perlopiù sabbiosi, assenti nell'Orto Botanico.

La ricchezza in specie di Apoidea è davvero ragguardevole se si pensa al breve periodo in cui è stato realizzato lo studio e alla limitata estensione dell'Orto Botanico (2,5 ha) nonché al metodo di campionamento attivo senza l'uso di trappole. L'importanza di questo studio risiede nel fatto di essere un primo inizio di un auspicabile programma di monitoraggio più esteso sia nel territorio che nel tempo.

2.6.4 Siena BiodiverCity

Siena BiodiverCity è un progetto di divulgazione e ricerca scientifica dedicato alla biodiversità di Siena ideato dal Museo di Storia Naturale dell'Accademia dei Fisiocritici. Siena è un contesto urbano esclusivo, un laboratorio a cielo aperto per la presenza di un mosaico ampio ed

eterogeneo di habitat diversi come parchi e giardini o le antiche mura storiche che accolgono ricche comunità di organismi. Ha una flora e una fauna ricca e diversificata, con specie importanti anche da un punto di vista conservazionistico insieme a specie comuni ed aliene, estranee alla biodiversità locale, aspetto da conoscere per attuare corrette pratiche di gestione. Il progetto prevede l'attivazione di una serie di azioni che rendono la città di Siena un territorio attivo nella custodia della biodiversità, quali:

- 1) BioBlitz di 24 ore dal 30 aprile al 1° maggio 2022 in un'area urbana o periurbana di Siena
- 2) Incontri e laboratori "Siena BiodiverCity: la biodiversità urbana a Siena"
- 3) Operazioni BiodiverCity una serie di buone pratiche da promuovere presso la cittadinanza
- 4) Sportello della Biodiversità un punto informativo e di consulenza dedicato all'identificazione di campioni, alla co-realizzazione di progetti di biodiversità urbana e all'erogazione di servizi formativi.

Il BioBlitz del 30 Aprile 2022, facente parte della competizione internazionale City Nature Challenge 2022, si è svolto presso il bosco di Busseto ed ha visto, nonostante le condizioni meteorologiche non favorevoli, la partecipazione di ben 121 persone in gran parte comuni cittadini. Ben 1251 osservazioni tra foto e file audio, 461 specie diverse censite nell'ambiente urbano di Siena.

Sono stati svolti 2 laboratori: 1) 20 Giugno 2022: Non chiamateci erbacce! Viaggio alla scoperta delle erbe spontanee e delle altre piante... In città. In collaborazione con il Museo Botanico dell'Università di Siena; 2) 12 Luglio 2022: Il mondo segreto degli insetti... In città. Con Marco Di Domenico entomologo, scrittore e divulgatore scientifico.

Tra le operazioni BiodiverCity sono stati proposti i laboratori all'interno di "ConversAZIONI 2022 - Siena Carbon Neutral": 1) il 22 luglio 2022: Flower BiodiverCity! Bombe di semi per guerriglieri verdi, in collaborazione con: Museo Botanico dell'Università di Siena, WWF Siena, Legambiente Siena; 2) il 23 Luglio 2022 Una casa per gli insetti, in collaborazione con: Siena Art Institute, Associazione Riabilita, Museo Botanico dell'Università di Siena, WWF Siena, Legambiente.

2.6.5 Progetto ASAP

Life ASAP è un progetto co-finanziato dall'Unione Europea e coordinato da ISPRA teso a prevenire e mitigare gli impatti causati dalle specie esotiche invasive, attraverso la circolazione di

informazioni scientifiche sulla materia e il coinvolgimento dei diversi settori della società italiana; al progetto prendono parte in qualità di beneficiari associati: Federparchi, Legambiente Onlus, Nemo srl, Tic Media Art srl, Regione Lazio e Università di Cagliari; Life ASAP è inoltre co-finanziato dal Ministero dell'Ambiente, dal Parco Nazionale dell'Arcipelago Toscano, dal Parco Nazionale dell'Aspromonte, dal Parco Nazionale del Gran Paradiso e dal Parco Nazionale dell'Appennino Lucano. Il Museo Botanico dell'Università degli Studi di Siena come partner sostenitore si è impegnato nel promuovere comportamenti responsabili e buone pratiche finalizzate a prevenire l'introduzione in natura delle specie esotiche invasive e a limitare gli impatti negativi delle specie esotiche invasive già presenti. Esso ha svolto varie attività per diffondere informazioni circa gli impatti causati dalle specie esotiche invasive sulla biodiversità, promuovendo comportamenti responsabili, applicando le raccomandazioni contenute nel Codice di Condotta Orti Botanici e Specie Aliene Invasive in Italia. Il 22-23 gennaio 2018 è stato organizzato a Siena il corso di formazione per operatori di orti botanici, zoo, musei scientifici, acquari e aree protette. A conclusione del progetto il 30 Novembre 2019 è stata organizzata a Siena una conferenza pubblica per comunicare le attività svolte dal progetto e promuovere comportamenti responsabili. Inoltre è stato pubblicato il manuale per promuovere buone pratiche di giardinaggio: Dai balconi ai parchi urbani: buone pratiche per un giardinaggio consapevole (disponibile on-line <https://www.lifeasap.eu/index.php/it/component/content/article/13-eventi/308-dai-balconi-ai-parchi-urbani>).

2.6.6 Progetto UrbiNat

Il progetto URBiNAT, finanziato nell'ambito del programma di ricerca e innovazione dell'Unione europea Horizon 2020, propone la rigenerazione di spazi verdi attraverso un percorso condiviso tra pubblica amministrazione, associazioni e comitati e cittadini comuni. Partecipano al progetto sette città europee e numerosi partner: associazioni, centri di ricerca, università e aziende. Porto, Nantes e Sofia fanno da apripista sulla base delle loro esperienze maturate nell'uso innovativo delle aree verdi urbane; Siena, Nova Gorica, Bruxelles e Høje-Taastrup condividono e replicano i concetti e le metodologie utilizzate dalle tre città nei loro territori. L'aspetto locale si intreccia con le esperienze di altri Paesi, dando al progetto una dimensione internazionale. Elemento chiave del progetto è rappresentato dal coinvolgimento dei cittadini, che contribuiscono in prima persona a individuare soluzioni che migliorino la qualità di vita in un quartiere, partendo e ispirandosi alla natura e al valore degli spazi verdi per la salute individuale e collettiva.

Per quanto riguarda Siena, il progetto ha visto la partecipazione, oltre alla Amministrazione Comunale, del Dipartimento di Scienze Fisiche della Terra e dell'Ambiente dell'Università di Siena e di alcune associazioni del territorio. E' stata scelta l'area residenziale di Ravacciano come quartiere target in cui sviluppare il progetto.

CAPITOLO 3. IPOTESI PROGETTUALE DI CONOSCENZA E VALORIZZAZIONE DEGLI INSETTI IMPOLLINATORI NELLE VALLI VERDI DELLA CITTÀ DI SIENA

Il territorio senese è caratterizzato da una atavica compenetrazione del paesaggio rurale e di quello naturale in un tutt'uno armonioso che rende i nostri luoghi tra i più belli al mondo. Al territorio "fisico" danno anima la storia, la cultura e le arti che hanno lasciato qui tra le più ricche tracce di tutto il territorio nazionale. Il valore naturalistico-ambientale di questo territorio è di assoluto pregio. Basti pensare al sistema di 11 Riserve Naturali istituito dall'Amministrazione Provinciale nel 1996 con l'obiettivo di creare uno strumento importante per la conservazione della biodiversità nonché un volano per uno sviluppo ambientalmente sostenibile. A tale proposito va ricordato che la Provincia di Siena ha raggiunto la carbon neutrality a partire dal 2011, grazie all'attivazione di politiche ambientali per la riduzione continua delle emissioni di anidride carbonica. Va considerato inoltre che alle suddette riserve naturali, si aggiunge il Parco Artistico, Culturale e Naturale della Val d'Orcia presente dal 2004 nella lista dei siti UNESCO come paesaggio culturale. Infine, la città di Siena il cui centro storico è riconosciuto patrimonio UNESCO dal 1995 per aver egregiamente conservato le peculiarità fondamentali della sua struttura medievale: le antiche mura di difesa, le straordinarie architetture gotiche la cui influenza sull'urbanistica nel Medio Evo, sia in Italia sia in Europa, è stata molto importante. La città è un capolavoro di dedizione ed inventiva in cui gli edifici sono stati disegnati per essere adattati all'intero disegno della struttura urbana e anche per formare un tutt'uno con il paesaggio circostante. Questo stretto rapporto coinvolge anche la componente naturalistica. Il paesaggio naturale del territorio senese, un miscuglio di coltivi e habitat semi naturali, giunge fin dentro il cuore della città medievale: sono le splendide valli verdi che giungono in prossimità dei punti focali del centro storico, come Piazza del Campo, il Duomo, la basilica di San Francesco (Fig. 3.1). La valle del fosso di Sant'Agostino (dove risiede l'Orto Botanico), quella del fosso di Sant'Ansano, la valle di Porta Giustizia, la valle di Follonica, sono lingue verdi che estendendosi dalle immediate vicinanze delle mura fortificate portano la natura all'interno della città. Aree un tempo altamente produttive per soddisfare i bisogni alimentari (e non solo) della città durante gli assedi, in parte abbandonate dagli anni 70 per poi essere recuperate alla loro originaria funzione in tempi più recenti (vedi ad esempio gli Orti dei Pecci e gli Orti dei Tolomei). Oltre alla indubbia funzione benefica legata ai servizi ecosistemici che queste aree assicurano (riduzione della CO₂, filtraggio del particolato atmosferico, miglioramento della qualità dell'aria) esse assumono oggi un valore di particolare pregio in quanto

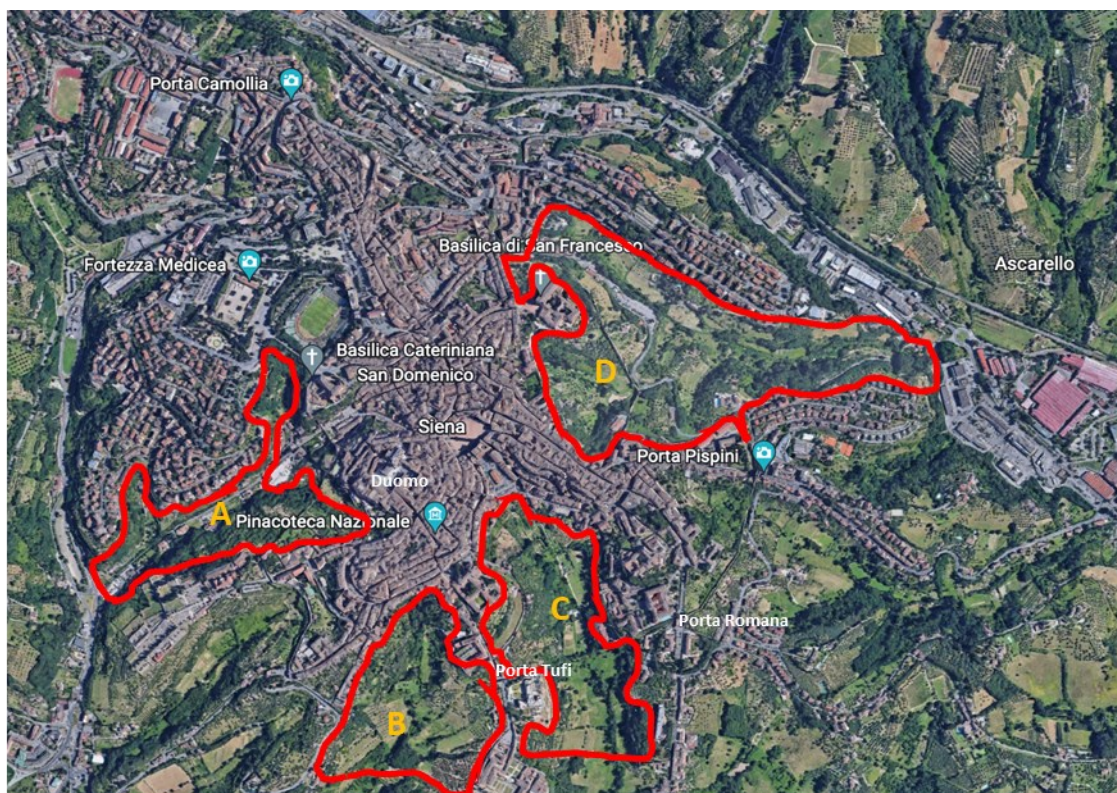


FIG. 3.1. Veduta aerea (GoogleEarth) delle zone limitrofe al centro storico della città di Siena con evidenziate le valli verdi. A = Valle del fosso di Sant'Ansano e area prospiciente via di Fontebranda; B = Valle del Fosso di Sant'Agostino; C = Valle di Porta Giustizia; D = Valle di Follonica, orti di Ravacciano, Boschetto di Busseto.

“scrigni” di biodiversità in larga parte sconosciuta. In quanto a ricchezza in biodiversità spesso l’ambiente naturale viene contrapposto all’ambiente urbano e l’urbanizzazione, con tutte le infrastrutture che la caratterizzano, è effettivamente uno dei fattori responsabili del degrado degli habitat a sua volta tra le principali cause della riduzione della biodiversità. Ma Siena, grazie al suo tessuto urbano che ingloba aree verdi fin dentro il centro storico, rappresenta sicuramente un’eccezione da conoscere, divulgare e valorizzare.

Nello studio della biodiversità assumono particolare importanza quegli organismi che svolgono funzioni ecosistemiche di assoluta essenzialità e garantiscono quindi la sopravvivenza di una intera comunità. Gli insetti impollinatori, per le caratteristiche che abbiamo illustrato nel primo capitolo, rientrano sicuramente in questa categoria di organismi. In particolare le api in senso lato (comprendendo quindi *Apis mellifera*, l’ape domestica, e tutte le api selvatiche) rappresentano i più comuni e importanti impollinatori della flora dei nostri habitat. Non è un caso che gli impollinatori, ed in particolare le api, abbiano ricevuto negli ultimi anni una grande attenzione scientifica ed anche mediatica, sorretta soprattutto dalla consapevolezza che le popolazioni naturali di questi animali si stanno riducendo e che ciò causa importanti e gravi conseguenze non

solo per il mantenimento della biodiversità ed il funzionamento degli ecosistemi (di cui bene o male anche l'uomo fa parte) ma anche per molti raccolti la cui produttività dipende proprio dal servizio di impollinazione operato dalle comunità locali di insetti.

Anche in questa prospettiva, l'Amministrazione Comunale di Siena ha dimostrato una spiccata sensibilità aderendo all'Associazione Comune Amici delle Api, che accoglie altri 4 comuni toscani (Grosseto, Barga, Calenzano, Loro Ciuffenna). L'associazione ha lo scopo di promuovere la partecipazione delle amministrazioni locali nella tutela dell'ambiente e nella riqualificazione dei territori, attraverso la protezione delle api e la valorizzazione dell'apicoltura, a partire dal ruolo strategico di motore politico e di coordinamento che i Comuni hanno per la promozione di uno sviluppo locale sostenibile. Al fine di attuare misure in tal senso, l'Amministrazione Comunale di Siena ha istituito un Gruppo Operativo Api che nella sua attuale composizione accoglie rappresentanti delle principali associazioni apistiche toscane, di associazioni di categoria del comparto agricolo, dell'Università di Siena (Dip. Scienze della Vita). Il gruppo ha già organizzato e promosso nel 2022 due iniziative di tipo informativo/divulgativo inerenti il mondo delle api e della biodiversità in generale: un webinar con tavola rotonda tenutosi il 25 Febbraio dal titolo "Api e uomo" ed un convegno avente per titolo "La biodiversità attorno a noi" tenutosi presso l'Accademia dei Fisiocritici lo scorso 18 Maggio. Pertanto un progetto organico e di ampio respiro sulla presenza e biodiversità delle api nelle valli verdi della città di Siena appare come una naturale prosecuzione ed un ulteriore sviluppo di quanto fino ad ora maturato e perfettamente in linea con le politiche di sviluppo sostenibile attuate negli ultimi decenni dall'amministrazione locale.

L'ipotesi progettuale si può articolare in due principali sezioni che si compenetrano tra loro: conoscenza e educazione/divulgazione/valorizzazione (Fig. 3.2).

3.1 Conoscenza - Studio della comunità apistica e delle piante mellifere delle valli verdi della città di Siena

Qualsiasi azione si intenda perseguire non può prescindere da una scientifica conoscenza della realtà locale. Il primo step progettuale pertanto dovrà essere quello di caratterizzare la comunità apistica e la flora mellifera presente nelle valli verdi della nostra città.

3.1.1 Censimento degli apoidei nelle valli Verdi di Siena

Il censimento delle specie di apoidei nelle valli verdi di Siena è uno degli strumenti con maggiore potenzialità per la progettazione di azioni concrete a lungo termine. Tale attività è già stata avviata

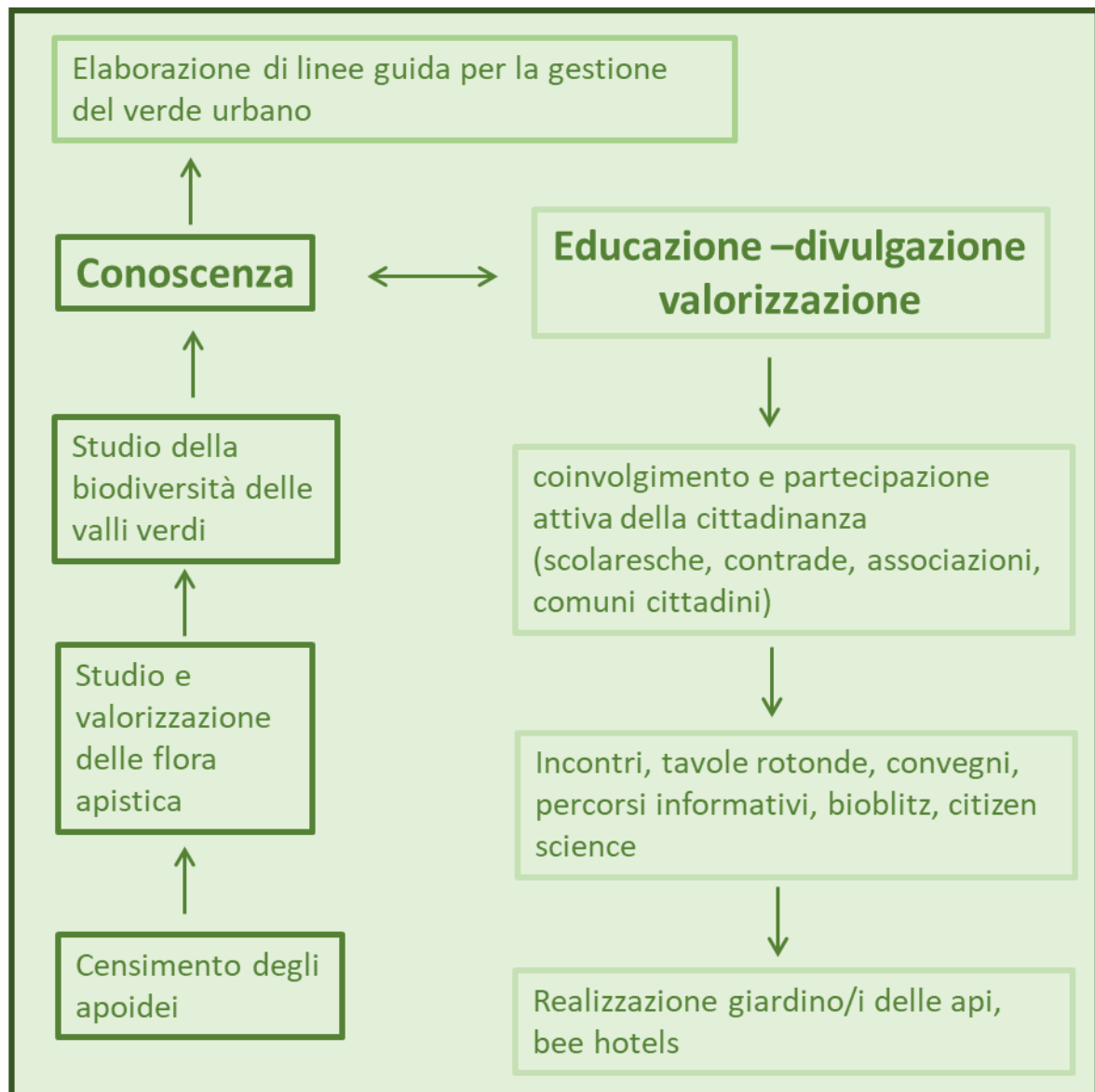


FIG. 3.2. Work-flow dell'idea progettuale articolata in due principali sezioni interconnesse tra di loro. La collaborazione dell'amministrazione comunale, prevista in tutte le fasi, sarà particolarmente importante per la definizione di linee guida per la gestione del verde urbano nell'ottica di favorire la presenza di comunità di api.

nell'Orto Botanico dell'Università di Siena (vedi paragrafo 2.6.3) in cui sono stati testati varie metodologie di campionamento selezionando poi quella più adeguata a tale contesto. Il database che si è generato con ben 131 morfospecie può rappresentare una base di partenza da implementare estendendo il campionamento ad aree all'interno delle altre valli verdi.

L'attività si potrà comporre di tre fasi che prevedono un arco di tempo minimo di tre anni:

- primo anno: campionamento e collezione preliminare delle specie di Apoidea Anthophila delle valli di Siena;
- secondo anno: ampliamento del campionamento e della collezione; individuazione di eventuali criticità;

- da terzo anno in poi: creazione di un database di riferimento; elaborazione di dati di popolazione e di dati di tendenza; proposta di azioni atte a favorire o eventualmente incrementare la presenza delle api nelle aree di interesse.

Le catture selettive che verranno programmate per censire la comunità apistica delle valli di Siena saranno anche predisposte a raccogliere dati qualitativi e quantitativi sulle popolazioni di *Apis mellifera*. Questo passaggio si inserisce in un'ottica più ampia di valutazione della convivenza fra api domestiche e selvatiche in un contesto gestito per un utilizzo equilibrato delle risorse fiorali delle valli di Siena. Recenti studi hanno dimostrato che le api domestiche possono competere e surclassare le popolazioni native di api selvatiche ma l'effetto sembra dipendere soprattutto dalla complessità del paesaggio: quando esso è semplice ed omogeneo gli effetti possono essere negativi ma questi si mitigano nettamente in un paesaggio eterogeneo con presenza di habitat semi-naturali. In questa ultima tipologia di paesaggio le api domestiche possono integrarsi nella rete di impollinazione locale e non avere particolari effetti negativi almeno a basse densità della loro popolazione (Ollerton 2017).

I censimenti verranno svolti nei mesi primaverili ed estivi, periodo stagionale di maggiore attività degli insetti impollinatori. Dal mese di marzo al mese di settembre saranno svolte catture selettive di api per due giorni a settimana dalle ore 09:00 alle ore 16:00. I campionamenti effettuati saranno di tre tipologie differenti, volte a raccogliere dati diversi, quantitativi (numero di catture/numero di specie) e qualitativi (dati di presenza/dati ecologici).

Per la stima delle popolazioni delle api domestiche saranno usati anche dati relativi alle colonie presenti nell'intorno spaziale per un raggio di 6 km. A questo scopo verrà fatto un censimento preliminare delle colonie di api domestiche, in particolare quelle presenti all'interno della cinta muraria, e stimata la capacità di foraggiamento per le famiglie basandosi sul numero di bottinatrici (Guzmán-Novoa 1994).

Attraverso i lavori di censimento delle api delle valli di Siena si istituirà la collezione apidologica "comunale". Una collezione ben preparata ha un enorme valore scientifico: per prima cosa perché simboleggia la conoscenza della biodiversità del luogo e in secondo luogo perché fornisce un paragone storico e rappresentativo della comunità di apoidei. Per capire appieno il valore di una collezione entomologica bisogna trasporla in un contesto in cui le pressioni ambientali ed antropiche potrebbero modificare la composizione specifica o modificare la catena trofica nel

medio-lungo periodo. Report redatti stagionalmente riporteranno lo stato di avanzamento dei lavori e dati ritenuti di interesse per la comunità.

3.1.2 Studio e valorizzazione della flora apistica nelle valli verdi di Siena

Le api utilizzano le risorse floreali in uno o più stadi della propria vita, visitando fiori per il mantenimento energetico delle proprie attività di foraggiamento ma soprattutto per raccogliere polline che servirà come alimento primario della covata. Dunque, in un ambiente qualitativamente adatto ad accogliere una vasta fauna apistica, è necessario che la diversità vegetale e di risorse sia sufficientemente ricca ovvero che il paesaggio circostante sia complesso dal punto di vista di composizione soprattutto in specie vegetali. Non è raro che alcuni apoidei visitino specie floreali distinte per la raccolta del polline e del nettare e, sebbene per le specie generaliste non faccia molta differenza l'origine delle risorse, alcune specie risultano particolarmente esigenti perché fisiologicamente inadatte a sviluppare una covata in salute in mancanza del polline della pianta nutrice. A questo livello di complessità, come un'azione a cascata, si aggiunge anche la presenza di specie di apoidei cleptoparassite (come le *Nomada spp.* o i Melectini) che, sovente in fase adulta, visitano la stessa flora delle specie ospite per convergenza delle capacità digestive. L'insieme delle piante nutrici delle fasi adulte e giovanili compongono la nicchia trofica. In un ambiente in salute la biodiversità di apoidei è dunque supportata da un'alquanto varia disponibilità di risorse in termini di diversità florale nell'habitat in cui si trovano a vivere.

È possibile identificare i "link" (rapporti) fra specie di impollinatori e specie vegetali in vari modi. Uno è l'osservazione diretta della presenza e del comportamento di un determinato impollinatore sui fiori di certe specie di piante. Uno più indiretto ma molto funzionale è l'indagine palinologica dei bottini raccolti dalle api (Elliott et al. 2021) che prevede l'utilizzo di un aspira-polline da campo per raccogliere il polline depositato sulle strutture dedicate alla raccolta dei granuli pollinici (Fig. 3.3). I rilievi sono svolti settimanalmente su una superficie quadrata con lato di 200 metri, suddivisa in 64 plot da 25m*25m (le dimensioni sono adattabili in funzione dell'estensione dell'area di interesse). Settimanalmente saranno selezionati quattro plot nell'area e si effettueranno catture selettive di apoidei durante una camminata lenta di 60 minuti fra le 09:00 e le 12:30. Alle catture segue l'identificazione della specie e la raccolta del polline depositato sulle strutture atte alla raccolta. È importante che contemporaneamente si svolgano gli studi sulla composizione della comunità di apoidei per ridurre al minimo in questa fase le catture di individui

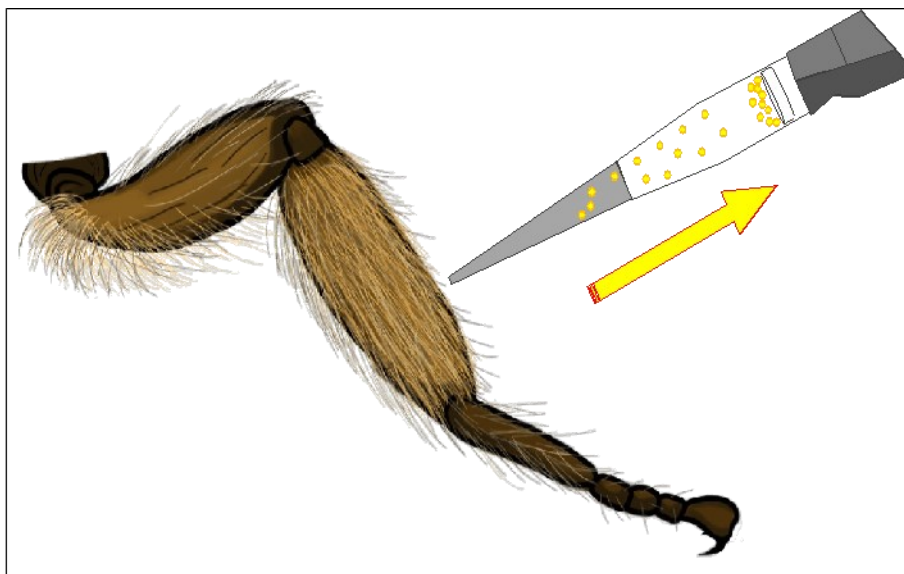


FIG. 3.3. Modalità di prelievo del polline depositato sul corpo dell'insetto tramite aspirazione.

di eventuali popolazioni di piccole dimensioni. Tramite l'acquisizione di dati sulle specie di polline raccolto dalle api si possono ottenere informazioni sulla sovrapposizione delle nicchie trofiche, sulla dipendenza dalle risorse, sulla capacità dell'ambiente a sostenere la comunità apistica; su annidamenti nella rete trofica e sul grado di specializzazione.

Parallelamente all'indagine palinologica si effettua l'indagine floristica dell'area e la quantificazione delle risorse tramite dati di ricchezza delle specie, abbondanza e tipo prevalente di ricompensa (polline, nettare o altro).

Con i dati ottenuti si potrà quantificare la competizione per le risorse in ambiente semi-naturale ed arricchire la conoscenza della biodiversità e della rete di impollinatori.

All'occorrenza, nel caso in cui alcune aree risultino povere dal punto di vista delle risorse floreali, sarà possibile definire delle linee guida per intervenire sulla composizione floristica delle valli tramite piantumazioni di specie o varietà di interesse conservazionistico e/o storico che si inseriscano bene nella rete di impollinazione. La scelta di eventuali nuove specie o varietà si baserà essenzialmente sui seguenti principi:

- 1) la specie o la varietà deve essere conosciuta per la sua attrattività nei confronti delle api;
- 2) la specie o la varietà non deve essere conosciuta per avere effetti avversi sulle api;
- 3) la specie deve essere spontanea dei nostri habitat, meglio se di provenienza regionale e certificata;

- 4) se trattasi di varietà di pianta coltivata deve essere storicamente presente nel nostro territorio
- 5) visti i cambiamenti climatici in atto, non deve richiedere particolari esigenze idriche

Relativamente al punto 4 potrebbe essere utile impiegare ad esempio alberi da frutto delle antiche varietà riportate nel Repertorio Regionale delle razze e varietà locali della Regione Toscana (<http://germoplasm a.regione.toscana.it/>). Nella sezione “specie legnose e da frutto” si riscontrano attualmente 582 specie di cui 515 sono a rischio di estinzione, pertanto il loro utilizzo in questo progetto potrebbe rappresentare una possibilità per la loro salvaguardia e al tempo stesso fornire una risorsa aggiuntiva per le api. Al riguardo il Museo Botanico (DSV-SIMUS) è già inserito all’interno della Rete di conservazione e sicurezza delle razze e varietà locali toscane – LR 64/04 (N 116), già coltiva specie da frutto di varietà locali, nonché può fornire supporto tecnico/scientifico.

3.2 Educazione – divulgazione – valorizzazione: coinvolgimento e partecipazione attiva della cittadinanza

Le conoscenze acquisite nella precedente fase serviranno per meglio programmare una serie di eventi che prevederanno il più ampio coinvolgimento della cittadinanza e delle scuole in attività educative ed informative sui temi della biodiversità, l’impollinazione e gli impollinatori da svolgersi in prevalenza presso il Museo Botanico dell’Università di Siena, gli orti sociali di San Miniato, o gli orti di Ravacciano, nonché nelle stesse valli verdi con il contributo anche delle associazioni cittadine e delle associazioni apistiche. Per quanto riguarda l’area degli orti di Ravacciano, è qui già presente un apiario ed è in corso di realizzazione un villaggio delle api in cui potranno essere sviluppate attività connesse con l’apicoltura urbana, l’apiterapia ed altre tematiche inerenti il mondo delle api.

Numerose sono le date che nell’arco dell’anno possono offrire spunto per tali iniziative: la giornata mondiale della Terra (22 Aprile), la giornata mondiale delle api (20 Maggio), giornata internazionale della biodiversità (22 Maggio), Fascination of plants day (18 Maggio), giornata mondiale dell’ambiente (5 Giugno). Anche l’annuale evento BRIGHT – la notte europea delle ricercatrici e dei ricercatori - che si tiene a fine settembre potrebbe ospitare iniziative dedicate al mondo degli impollinatori e alla loro relazione con le piante e l’uomo come già avvenuto nelle ultime tre edizioni.

Il coinvolgimento delle scuole di vario livello può essere facilitato dall'ampia rete di relazioni che l'Orto Botanico dell'Università di Siena ha stabilito negli anni con gli istituti di istruzione a tutti i livelli del territorio senese. Il progetto X-Polli:Nation, avviato dal 2021 e principalmente incentrato sul coinvolgimento delle scolaresche (vedi paragrafo 2.6.2) è già un'ottima base di partenza e con una adeguata attività informativa-formativa potrebbe essere esteso a tutta la cittadinanza senese.

Nell'ipotesi del Parco delle Mura delineata nel progetto Rigenerar_Si (vedi paragrafo 2.3) come parco multifunzionale a prevalente matrice agricola, ben si colloca una visione delle valli verdi come ambienti che favoriscono la biodiversità delle api. Si può ipotizzare la creazione di appositi percorsi informativi sulla fauna apistica locale e sul suo valore per la biodiversità delle piante nonché per la produzione agricola.

Inoltre, visto il successo della scorsa edizione di Siena-BiodiverCity (vedi paragrafo 2.6.4), si potrebbe ipotizzare nelle prossime edizioni un bioblitz dedicato agli impollinatori delle valli verdi della città. Si invitano a partecipare i cittadini che, dotati di macchina fotografica o cellulare, scattano foto durante la giornata a qualsiasi visitatore florale incontrino. La foto dell'insetto deve essere geo-localizzata, accompagnata da una foto che descriva l'ambiente circostante e deve essere compilato un breve questionario. Sarà allestito un banco informazioni dove depositare le foto ed ottenere un'identificazione.

3.3 Educazione – divulgazione - valorizzazione: realizzazione di un giardino delle api

Già diffusi nei paesi anglosassoni, stanno iniziando a comparire anche nelle città italiane i giardini delle api, ovvero aree verdi realizzate con lo specifico scopo di attirare gli insetti impollinatori e sensibilizzare l'opinione pubblica sui rischi legati alla loro diminuzione. Anche a Siena si può ipotizzare la realizzazione di un simile impianto in uno spazio verde della città di almeno 50 mq in cui coltivare essenze mellifere che attirano gli impollinatori locali. Il giardino prevederà un pannello esplicativo con informazioni sull'entomofauna della zona e sulla flora, riportando le possibili interazioni che si potranno osservare addentrandosi nel giardino. Inoltre lo stesso pannello conterrà le informazioni per fornire ai visitatori anche la possibilità di partecipare al progetto di Citizen science X-Polli:Nation sul monitoraggio degli impollinatori in ambiente urbano o periurbano (vedi paragrafo 2.6.2).

La realizzazione (preparazione del terreno, semina o trapianto delle essenze mellifere, realizzazione del pannello esplicativo) e la manutenzione periodica del giardino avrebbe un costo

modesto ma avrebbe un impatto importante sulla popolazione senese e non (vedi i tanti turisti) in quanto a sensibilizzazione verso l'importanza della biodiversità ed in particolare degli insetti impollinatori.

All'interno del giardino possono essere predisposte una o più casine delle api. Anch'esse da tempo diffuse nel Nord-Europa ed ora rintracciabili anche da noi, sono strutture più o meno semplici (Fig. 3.4), di dimensione varie, spesso fatte con materiali naturali e/o riciclati che hanno lo scopo di offrire riparo e sito di nidificazione alle api selvatiche. Le casine delle api possono essere facilmente costruite anche dai comuni cittadini e come attività di diretta partecipazione si potrebbe prevedere un "contest" per la realizzazione delle più belle casine da installare nel giardino stesso o in altre aree verdi della città.



FIG. 3.4. I «bee hotel» o «casine delle api» sono strutture più o meno complesse che offrono riparo e siti di nidificazione alle api selvatiche in ambienti che possono essere poveri a tale riguardo, come gli ambienti urbani.

Il giardino così progettato potrà ospitare periodicamente attività di divulgazione ed informazione della comunità cittadina.

3.4 Collaborazione con l'amministrazione comunale per la gestione del verde urbano

Recenti studi hanno dimostrato che le aree verdi urbane possono essere una importante fonte alimentare per gli insetti impollinatori (Baldock et al. 2015, Tew et al. 2022) con il paradossale risultato che tali insetti tendono ad essere più presenti ed a sfruttare più efficacemente le risorse fiorali delle aree verdi urbane piuttosto che quelle che trovano in campagna, soprattutto nel caso

in cui il paesaggio agricolo sia dominato da monoculture intensive (Samuelson et al. 2022). Ciò premesso appare evidente come la gestione delle aree verdi urbane, sia pubbliche che private, rivesta un ruolo importante nel sostentamento di una comunità di insetti impollinatori ricca e diversificata sia in termini di specie che di individui. Le azioni da poter intraprendere in tale direzione sono molteplici, di seguito vengono riportate alcune ritenute essenziali:

- 1) Per eventuali nuove piantagioni prediligere specie autoctone la cui attrattività per le api è già conosciuta piuttosto che specie aliene.
- 2) Incrementare la diversità di risorse fiorali prevedendo piante con fioriture scalari in grado di assicurare risorse alimentari agli impollinatori nel più lungo tempo possibile.
- 3) Gestire in modo appropriato le erbe spontanee/infestanti a bordo strada e nelle rotatorie nonché nei prati delle aree verdi urbane. E' stato osservato che tagli ripetuti e frequenti impoveriscono la biodiversità naturale di tali ambienti e quindi le risorse alimentari per gli impollinatori che questi possono offrire (Phillips et al. 2020). Ridurre e programmare i tagli e le loro modalità nei momenti più opportuni dell'anno può contribuire ad incrementare tali risorse e quindi la presenza degli impollinatori.
- 4) Eliminare o ridurre fortemente l'uso di pesticidi e diserbanti e prediligere metodologie di intervento più rispettose dell'ambiente (lotta biologica integrata, pacciamatura, pirodiserbo, etc.). Non usare mai i pesticidi per trattare piante in fioritura.

La collaborazione tra Amministrazione Comunale e ricercatori botanici dell'Università di Siena può portare alla definizione di linee guida ben articolate per la gestione del verde urbano nell'ottica di una adeguata strategia di conservazione della biodiversità di api. Tali linee guida possono essere presentate durante specifici eventi rivolti a tutta la cittadinanza così che anche i cittadini più sensibili a tali tematiche possano essere indirizzati nella gestione dei propri orti o giardini.

Considerazioni finali

Il progetto qui delineato è perfettamente in linea con le politiche europee delineate dagli obiettivi di sviluppo sostenibile dell'Agenda 2030, della EU Pollinator Initiative e dalla Strategia per la Biodiversità (vedi Capitolo 2).

Lo sviluppo di una siffatta progettualità rappresenterebbe un unicum sul territorio nazionale. Siena potrebbe essere la prima città a dimostrare con un progetto organico un ruolo attivo nella conservazione della biodiversità delle api e della biodiversità urbana più in generale. Le attività inerenti il progetto coinvolgeranno tutti gli attori che hanno già operato in tale ambito nonché chiunque si dimostrerà sensibile a tali tematiche con lo scopo principale di generare interesse e consapevolezza verso tematiche globali come il declino delle api a partire però da azioni concrete da attuare nella realtà locale della città di Siena. Sarà quindi una importante occasione per creare sinergie e coesione tra tutte le realtà scientifiche, culturali e sociali del territorio nonché un volano per altre iniziative che favoriscano la ri-connessione tra uomo e natura indispensabile nell'ottica di uno sviluppo sostenibile partecipato da parte del comune cittadino.

Riferimenti Bibliografici

- Baldock, K. C., Goddard, M. A., Hicks, D. M., Kunin, W. E., Mitschunas, N., Osgathorpe, L. M., ... & Memmott, J. (2015). Where is the UK's pollinator biodiversity? The importance of urban areas for flower-visiting insects. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282(1803), 20142849.
- Elliott, B., Wilson, R., A Shapcott, A., Keller, A., Newis, R., Cannizzaro, C., Burwell, C., Smith, T., Leonhardt, S.D., Kämper, W., Wallace, H.M. 2021. Pollen diets and niche overlap of honey bees and native bees in protected areas. *Basic and Applied Ecology* 50: 169-180.
- Guzmán-Novoa, E., Page, R. E., & Gary, N. E. (1994). Behavioral and life-history components of division of labor in honey bees (*Apis mellifera* L.). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 34(6), 117-409.
- Ollerton, J. (2017). Pollinator diversity: distribution, ecological function, and conservation. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 48, 353-376.
- Phillips, B. B., Wallace, C., Roberts, B. R., Whitehouse, A. T., Gaston, K. J., Bullock, J. M., ... & Osborne, J. L. (2020). Enhancing road verges to aid pollinator conservation: A review. *Biological Conservation*, 250, 108687.

- Samuelson, A. E., Schürch, R., ... & Leadbeater, E. (2022). Dancing bees evaluate central urban forage resources as superior to agricultural land. *Journal of Applied Ecology*, 59(1), 79-88.
- Tew, N. E., Baldock, K. C., Vaughan, I. P., Bird, S., ... & Memmott, J. (2022). Turnover in floral composition explains species diversity and temporal stability in the nectar supply of urban residential gardens. *Journal of Applied Ecology*, 59(3), 801-811.