



Università
Ca' Foscari
Venezia

Corso di Laurea Magistrale
in Scienze Ambientali

Valutazione e Gestione dei Sistemi Ambientali

Classe LM-75

Tesi di Laurea

Green Infrastructure in ambito urbano

Relatrice

Ch. Prof.ssa Gabriella Buffa

Correlatore

Dott. Edy Fantinato

Laureanda

Maria Virginia Lavezzini

Matricola 880724

Anno Accademico

2020 / 2021

*Una dedica speciale a Marco,
per la tua pazienza e per essermi stato sempre vicino.*

*E a te, piccola Bianca,
che mi hai permesso di realizzare tutto questo, nonostante tutto.*

Indice

Abstract	2
Introduzione	3
Aree di studio	7
Cartigliano	7
Inquadramento geografico e clima	7
Inquadramento geologico e strutturale	7
Inquadramento litologico	9
Inquadramento idrologico	10
Inquadramento floristico-vegetazionale	11
Aree protette e Siti di Importanza Comunitaria	13
Inquadramento socioeconomico	13
Caldogno	15
Inquadramento geografico e clima	15
Inquadramento geologico e strutturale	16
Inquadramento litologico	17
Inquadramento idrologico	19
Inquadramento floristico-vegetazionale	20
Aree protette e Siti di Importanza Comunitaria	21
Inquadramento socioeconomico	21
Materiali e metodi	23
Analisi del territorio dei due Comuni selezionati	23
Analisi delle ortofoto digitali	23
Individuazione di un sistema di classificazione	23
Definizione della relazione esistente tra area e abbondanza degli impollinatori	24
Risultati	25
Discussione	30
Conclusioni	32
Bibliografia	34

Abstract

Urbanizzazione e intensificazione dell'agricoltura sono tra le cause principali della perdita di biodiversità. Parallelamente alla crescente perdita di superficie e banalizzazione degli habitat naturali e seminaturali, si osserva la perdita dei servizi ecosistemici da questi offerti, chiave del benessere umano. Tra questi, il servizio ecosistemico dell'impollinazione è in progressivo declino, con oltre il 40% degli insetti impollinatori a rischio estinzione anche a causa del degrado ambientale e della scomparsa di habitat essenziali per il loro ciclo vitale. Dalla perdita di questi insetti ne consegue l'impossibilità da parte delle specie entomofile (impollinate dagli insetti) di riprodursi sessualmente e, più in generale, l'alterazione dell'equilibrio e del funzionamento degli ecosistemi naturali e seminaturali.

Una delle strategie individuate per ripristinare livelli di biodiversità e il corretto funzionamento degli ecosistemi in territori fortemente antropizzati (ambiti urbani e rurali) è il reinserimento di porzioni di habitat naturali e seminaturali attraverso la creazione di Infrastrutture verdi (*Green Infrastructure -GI*), cioè una rete di aree naturali e seminaturali pianificata a livello strategico con altri elementi ambientali, progettata e gestita in maniera da fornire un ampio spettro di servizi ecosistemici.

L'obiettivo di questo lavoro è quello di valutare l'efficacia della presenza di porzioni di habitat naturali e seminaturali in due contesti urbani del Veneto nell'aumentare la numerosità delle popolazioni di insetti impollinatori e, quindi, nel migliorare il servizio dell'impollinazione.

Introduzione

L'urbanizzazione e la intensificazione dell'agricoltura moderna sostengono la rapida crescita della popolazione mondiale (Lanz et al., 2018), ma essa è accompagnata da una progressiva perdita di biodiversità (Butchart et al., 2010). Urbanizzazione ed espansione agricola hanno portato ad una crescente perdita e frammentazione degli habitat naturali e semi-naturali (Tscharntke et al., 2005). Tale fenomeno è noto come "*land simplification*", semplificazione del paesaggio (Meehan et al., 2011).

L'urbanizzazione e l'adozione di sistemi agricoli intensivi e le monocolture, nelle quali la flora spontanea è considerata come vegetazione infestante e antagonista alle specie coltivate e alle produzioni agricole, sono tra i processi che limitano la presenza delle comunità vegetali autoctone (Oerke, 2006). Le pratiche di agricoltura intensiva, in particolare, hanno reso le aree agricole non idonee per le specie di piante spontaneamente presenti in un determinato territorio, sia vegetali (Kleijn et al., 2009) che animali (Hendrickx et al., 2007). La perdita di biodiversità, sia vegetale che animale, determina contestualmente la perdita dei servizi ecosistemici da questa offerti (Bretagnolle & Gaba, 2015).

La biodiversità e i servizi ecosistemici, nostro capitale naturale, sono conservati, valutati e per quanto possibile ripristinati, per il loro valore intrinseco e perché possano continuare a sostenere in modo durevole la prosperità economica e il benessere umano nonostante i profondi cambiamenti in atto a livello sia globale che locale (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, 2010). Da questa visione si comprende come il legame tra matrice ambientale, specie ed ecosistemi, e aspetti socioeconomici sia dato dal concetto di servizi ecosistemici, cioè da quei servizi che ecosistemi in buono stato di conservazione forniscono all'umanità (Millenium Ecosystem Assessment, 2005).

Un importante servizio ecosistemico, dipendente dalla biodiversità (Kremen et al., 2004), è rappresentato dall'impollinazione entomofila (ovvero mediata dagli insetti). Gli insetti impollinatori hanno bisogno di diversi tipi di habitat per compiere il proprio ciclo vitale e che essi siano in prossimità l'uno all'altro (Niemelä et al., 2010). L'impollinazione è stata classificata come un servizio di regolazione, che viene mantenuto dagli impollinatori (in particolare, in ambito temperato, insetti), dal vento e dall'acqua (Niemelä et al., 2010). La riproduzione delle piante da seme dipende dall'impollinazione, che a sua volta è cruciale nel mantenimento della diversità genetica (Kremen et al., 2004). Gli impollinatori sono specie chiave negli agro-ecosistemi e giocano un ruolo importante proprio nell'impollinazione sia delle specie vegetali selvatiche (Ollerton et al., 2011) che coltivate (Klein et al., 2007); nonostante ciò molte specie di

impollinatori sono oggi minacciate dall'intensificazione dell'uso di suolo (Potts et al., 2010). Il declino degli impollinatori può minacciare sia la possibilità per la maggior parte delle specie a fiore di riprodursi, sia altri servizi ecosistemici dipendenti dall'impollinazione (Mirocha et al., 1996), come la produzione di cibo.

In Europa, le praterie gestite in modo estensivo rappresentano habitat ideali per gli impollinatori, perché esse forniscono risorse floreali e siti di nidificazione (Öckinger & Smith, 2006). Nonostante ciò, la maggior parte delle praterie nelle zone agricole sono utilizzate per l'allevamento intensivo di bestiame (Vickery et al., 2001) e solo i margini dei campi diventano in alcuni contesti residui di habitat per gli impollinatori (Marshall & Moonen, 2002).

La connettività ecologica tra zone favorevoli come habitat per gli impollinatori è correlata con l'abbondanza e la diversità di questi ultimi e, in generale, influenza favorevolmente la stabilità del servizio dell'impollinazione (Garibaldi et al., 2011; Steffan-Dewenter, 2003). La motivazione è che l'abbondanza di impollinatori è più limitata negli ambienti caratterizzati da ridotta biodiversità vegetale e da un eccessivo isolamento tra siti di nidificazione e di foraggiamento (Kluser & Peduzzi, 2007). La diversità e abbondanza degli impollinatori e il servizio ecosistemico dell'impollinazione, quindi, sono positivamente influenzati dalla maggiore quantità e qualità delle risorse floreali (Williams et al., 2015), dalla maggiore eterogeneità del paesaggio (Andersson et al., 2013) e dalla percentuale di aree naturali e semi-naturali nei paesaggi agricoli e nelle aree urbane (Nicholson et al., 2017).

Stabilire e mantenere aree per gli impollinatori all'interno della matrice dei terreni agricoli e delle aree urbane promuove la conservazione delle comunità vegetali, fornisce habitat per numerosi insetti utili, uccelli e mammiferi e sostiene quindi la conservazione della biodiversità (Wratten et al., 2012). È stato osservato, inoltre, come l'aumento dei tassi di visita dei fiori delle colture impollinate da parte degli insetti provenienti dai margini incolti dei campi determini un significativo incremento nelle rese produttive delle coltivazioni agricole presenti (Woodcock et al., 2016).

La perdita di biodiversità e di servizi ecosistemici stanno avendo un impatto sfavorevole sul funzionamento dei sistemi naturali che supportano l'ambiente, la vita e l'economia, ripercuotendosi, inoltre, sulla nostra salute ed il nostro benessere (Millenium Ecosystem Assessment, 2005). Per proteggere i paesaggi naturali e i territori urbani è necessario un nuovo approccio alla pianificazione non più come semplice strumento per lo sviluppo ma come strategia educativa capace di coinvolgere le comunità intere e dimostrare il forte legame, talvolta redditizio, tra biodiversità e persone (European Commission, 2019).

Cambiamenti nell'uso di suolo, aree marginali e abbandonate rappresentano una sfida per molte città. La rigenerazione urbana tramite l'utilizzo di soluzioni basate sulla natura (*nature-based solutions*) offre un contesto per interventi innovativi per aumentare la superficie di aree verdi (Gill et al., 2007). Le *nature-based solutions* hanno un ruolo importante, per esempio, nel supportare l'implementazione e ottimizzazione delle infrastrutture verdi, blu e grigie (Kabisch et al., 2017). Attraverso le *nature-based solutions* i pianificatori del territorio possono mirare a pianificare lo spazio in modo più efficiente trovando nuovi usi per le aree marginali o non sfruttate così come per le infrastrutture grigie (Kabisch et al., 2017). Da qui nasce, a livello mondiale, la necessità di agire con nuove modalità di intervento che consentano maggiore efficienza nella gestione delle risorse disponibili, controllino gli usi del suolo e della biodiversità, che mirino alla produzione e al mantenimento dei servizi ecosistemici e alla riduzione delle emissioni di carbonio con l'obiettivo di aumentare la resilienza agli eventi negativi della crisi climatica (Solecki & Marcotullio, 2013). Le nuove visioni e i nuovi paradigmi che guidano la conservazione della natura, le prospettive di pianificazione per le città e per i territori contermini, sollecitano strategie sostenibili complesse e multifunzionali, trans-scalari e pluri-settoriali (Canzonieri, 2007). Strumento di questo nuovo approccio alla pianificazione, le *Green Infrastructure* (GI) o Infrastrutture Verdi, nascono integrando la pianificazione del territorio e l'ecologia ridefinendo il modello di funzionamento dell'ambiente urbano (Canzonieri, 2007). Inizialmente adottata come strategia per facilitare gli spostamenti della fauna selvatica, le *Green Infrastructure* sono considerate un approccio innovativo per la fornitura di beni e servizi essenziali per le persone e consistono in soluzioni verdi per aumentare la superficie e connettere gli habitat naturali e semi-naturali all'interno delle aree urbane e rurali (Peraboni, 2010). Preservare, infatti, la vegetazione naturale nell'ottica di inserirla nella pianificazione urbana, porta a vantaggi di tipo non solo estetico ma anche sociale, funzionale, biologico ed economico (Canzonieri, 2007).

Ampliando le sue funzioni a strumento di integrazione per la pianificazione territoriale e per esaltare il patrimonio naturale europeo, le infrastrutture verdi sono state inizialmente definite come "Una rete di aree naturali e semi-naturali, pianificata a livello strategico con altri elementi ambientali, progettata e gestita in maniera da fornire un ampio spettro di servizi ecosistemici (European Environmental Agency, 2011)" la cui accezione viene ulteriormente integrata nel 2013 (European Commission, 2013) con: "[...] ne fanno parte gli spazi verdi (o blu, nel caso degli ecosistemi acquatici) e altri elementi fisici in aree sulla terraferma (incluse le aree costiere) e marine. Sulla terraferma, le infrastrutture verdi sono presenti in un contesto rurale ed urbano e sono rappresentate da parchi, viali alberati, tetti verdi (verde pensile), aree agricole e boscate all'interno delle città". L'approccio definito dalle GI prevede che il loro sviluppo sia progettato

ad una scala applicativa adeguata e con un focus pertinente (Mell, 2008) e che infrastrutture grigie e infrastrutture verdi, siano integrate in un continuum territoriale ibrido e debbano, perciò, essere progettate insieme (Davies et al., 2015).

Tuttavia, un sistema che proponga un approccio strategico come meccanismo efficace per una comprensione più completa delle interazioni e funzioni ecologiche di un dato paesaggio non sarà una soluzione rapida, bensì parte di un lungo processo di sviluppo sostenibile che trova nelle infrastrutture verdi un modello per migliorare la resilienza degli ecosistemi in ambito urbano (Mell, 2008).

A livello ecosistemico, le funzioni svolte dalle infrastrutture verdi garantirebbero un sostanziale miglioramento degli ambiti urbani e rurali, e degli habitat naturali, un ripristino delle connessioni ecologiche, una gestione delle acque meteoriche, un miglioramento della qualità dell'aria e una mitigazione delle temperature superficiali (Hoyle & Sant'Anna, 2020).

Alla luce di quanto detto finora, l'obiettivo della presente tesi è quello di testare l'efficacia delle *Green Infrastructure* in due contesti urbani in provincia di Vicenza: il Comune di Cartigliano e il Comune di Caldogeno. La ricerca si inserisce nell'ambito del Progetto LIFE PollinAction (LIFE19 NAT/IT/000848, Actions for boosting pollination in rural and urban areas), che ha lo scopo di opporsi alla "crisi dell'impollinazione" incrementando il ruolo degli impollinatori in ambienti rurali e urbani. Negli ultimi anni la Regione Veneto ha subito un severo processo di urbanizzazione che ha portato il Veneto ad essere la seconda regione italiana con la più grande perdita di potenziale terreno agricolo (ISPRA, 2011). In tutto il mondo negli ultimi decenni si assiste a una riduzione degli insetti impollinatori con conseguenze gravi sulle produzioni agricole e sulla tutela della biodiversità (Goulson et al., 2008; ISPRA, 2020; Potts et al., 2010).

Nei paesaggi altamente semplificati, come quelli urbani o agricoli intensivi, la strategia principale per favorire la presenza e l'azione degli insetti impollinatori è rappresentata dall'assicurare la disponibilità di habitat idonei alle loro esigenze, piccole superfici nelle quali questi animali possano trovare risorse alimentari ma anche siti riproduttivi e che consentano loro di spostarsi in sicurezza sul territorio (Zamorano et al., 2020).

Lo scopo dello studio effettuato sui due Comuni è dunque quello di valutare la struttura del paesaggio del territorio urbano e periurbano dei due comuni target allo scopo di individuare gli ambiti del paesaggio che possono diventare elementi di una GI funzionale all'incremento delle popolazioni di insetti impollinatori. Verrà quindi valutata la relazione tra l'incremento di superficie degli habitat naturali e seminaturali e l'andamento dell'abbondanza di impollinatori.

Aree di studio

In questo capitolo verrà riportato l'inquadramento delle due aree di studio prese in esame: il Comune di Cartigliano ed il Comune di Caldogno.

Cartigliano

Inquadramento geografico e clima

Il Comune di Cartigliano (Figura 1) è ubicato nel settore nord-orientale della Provincia di Vicenza, sulla sponda sinistra del fiume Brenta nella zona dell'alta pianura alluvionale (Comune di Cartigliano, 2014).

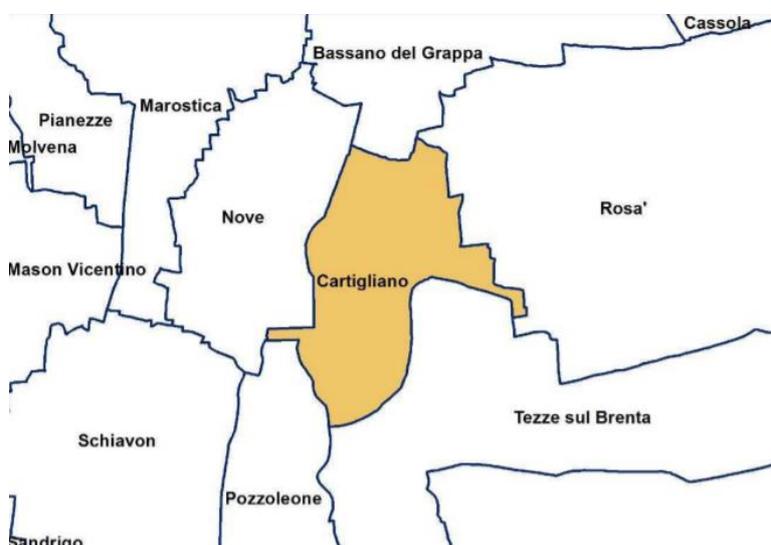


Figura 1 Inquadramento geografico del Comune di Cartigliano (Comune di Cartigliano, 2014)

Si estende territorialmente per una superficie di 7,38 km², con una popolazione residente di 3.794 abitanti (ISTAT, 2020).

Dal punto di vista geografico, l'area di studio si colloca nella pianura pedemontana, o alta pianura vicentina. Dal punto di vista climatico, il territorio rispecchia il carattere continentale della Pianura Veneta, in cui si alternano infatti inverni rigidi e scarsamente piovosi ed estati calde ma non torride. La piovosità è abbondante e concentrata principalmente nel periodo estivo e autunnale (Comune di Cartigliano, 2014).

Inquadramento geologico e strutturale

Il territorio in esame fa parte di un'antica struttura pleistocenica. Essa risulta sopraelevata rispetto al piano di divagazione del Brenta ed è ben riconoscibile, specie in sinistra Brenta, in

quanto delimitata da scarpate di erosione che si sviluppano in altezze che variano dai 2 ai 5 metri. La sua peculiare conformazione a conoide, con apice nella zona di Bassano allo sbocco della Valsugana, ha permesso al fiume Brenta di ricoprire il substrato roccioso con un potente strato sedimentario, portando alla formazione di un piano leggermente inclinato (dell'ordine di 0,5%) verso sud. Un criterio di distinzione morfologica dell'area presa in esame si basa sulla presenza di superfici terrazzate o comunque di superfici poste a diversa quota. In base a questo criterio, il territorio può essere così diviso in tre fasce: pianura antica del fiume Brenta, piano di divagazione recente del fiume Brenta e piano di divagazione attuale del fiume Brenta. La quasi totalità dell'area in cui si estende il Comune di Cartigliano è compresa nella prima fascia. Essa rappresenta la più antica unità morfologica presente nel territorio comunale (Figura 2) (Comune di Cartigliano, 2014).

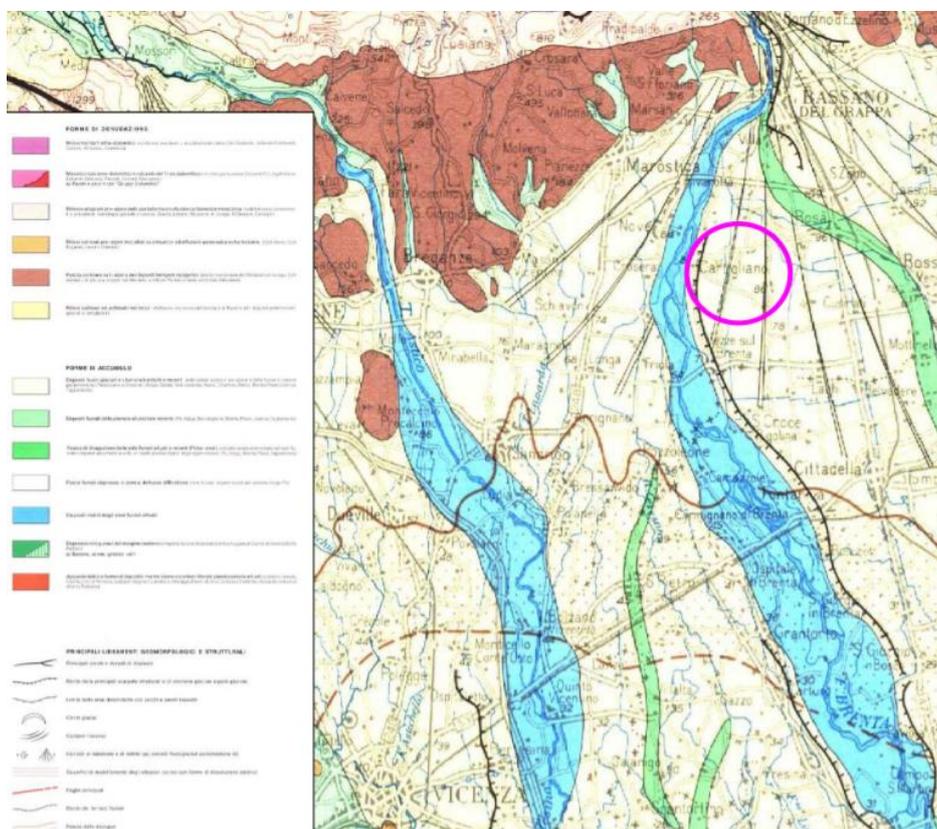


Figura 2 Inquadramento geomorfologico del Comune di Cartigliano (Comune di Cartigliano, 2014)

Si tratta di una pianura costituita prevalentemente da ghiaie e ghiaie miste a sabbie, dotate di alti valori di permeabilità, frutto di un'attività di deposito avvenuta nell'arco di tempo corrispondente alle ultime due glaciazioni alpine prevalentemente ad opera delle correnti fluvio-glaciali. Il fatto che questa unità morfologica sia la più antica tra quelle presenti nel territorio comunale è testimoniato non solo dalla sua elevazione rispetto alle altre fasce ma anche dall'alterazione superficiale che ha intaccato i depositi alluvionali (ferrettizzazione). Il

limite di questa fascia, in prossimità del fiume Brenta, è caratterizzato da una netta scarpata ben visibile in tutto il territorio comunale. Il piano di divagazione recente comprende una fascia delimitata a ovest dalle arginature artificiali del Brenta ed a est dalla scarpata naturale che tronca la “pianura antica”. Si tratta di una unità morfologica originatasi dopo l’ultima glaciazione a seguito di imponenti fenomeni erosivi che hanno intaccato i precedenti depositi pleistocenici. La scarpata, che delimita la pianura antica da quella recente, ha un dislivello massimo dell’ordine dei 6 metri ed è ben visibile dalla sponda sinistra del Brenta (Comune di Cartigliano, 2014).

La pianura che comprende il territorio comunale di Cartigliano ha avuto origine dal deposito alluvionale dei corsi d’acqua della zona, in particolare dal Brenta, che hanno colmato un’ampia depressione tettonica formatasi a valle dei rilievi montuosi, leggermente inclinata verso sud. Le vicende orogenetiche che hanno originato i rilievi montuosi ed abbassato il basamento roccioso della pianura sono molto complesse. A seguito di tensioni compressive dirette da SSE verso NNO, gli strati rocciosi sono stati ripiegati e fratturati. Si è in tal modo originata la “Linea Periadriatica”, nota struttura disgiuntiva di importanza regionale. Si tratta di una piega-faglia con piano assiale orientato all’incirca in direzione est – ovest e con rigetto verticale di oltre 1500 metri. A monte di tale struttura, che attualmente corre alla base dei rilievi montuosi, gli strati rocciosi sono stati dislocati verso l’alto, mentre a valle è andata formandosi una profonda fossa che veniva riempita dalle alluvioni dei corsi d’acqua presenti man mano che si andava formando. La struttura principale è accompagnata da una serie di pieghe-faglie subparallele e variamente dislocate da faglie con direzione ad esse normale. Rilievi geofisici, effettuati tra il 1969 ed il 1981, hanno evidenziato che le formazioni rocciose affioranti sui rilievi continuano i depositi alluvionali, interessando anche il basamento roccioso della pianura (Comune di Cartigliano, 2014).

Inquadramento litologico

In base ai terreni affioranti ed ai primi metri di sottosuolo, è possibile suddividere il territorio comunale in tre zone, separate da lineamenti circa-meridiani che individuano una zona orientale, una zona centrale ed una zona occidentale (Comune di Cartigliano, 2014).

La zona orientale, che costituisce buona parte del territorio comunale, è delimitata a ovest da una netta scarpata ad andamento complessivo secondo la direzione nord sud (Figura 3), ben visibile in tutto il territorio comunale. Sotto una copertura di spessore variabile da 0,5 a 2,5 metri costituita da limi, limi sabbiosi e ghiaie in matrice argilloso-limosa, si estende per decine di metri una successione di materiale granulare costituito da ghiaie con ciottoli, ghiaie e ghiaie sabbiose

con ciottoli. Sovente la parte superficiale del deposito si presenta ferrettizzata (Comune di Cartigliano, 2014).

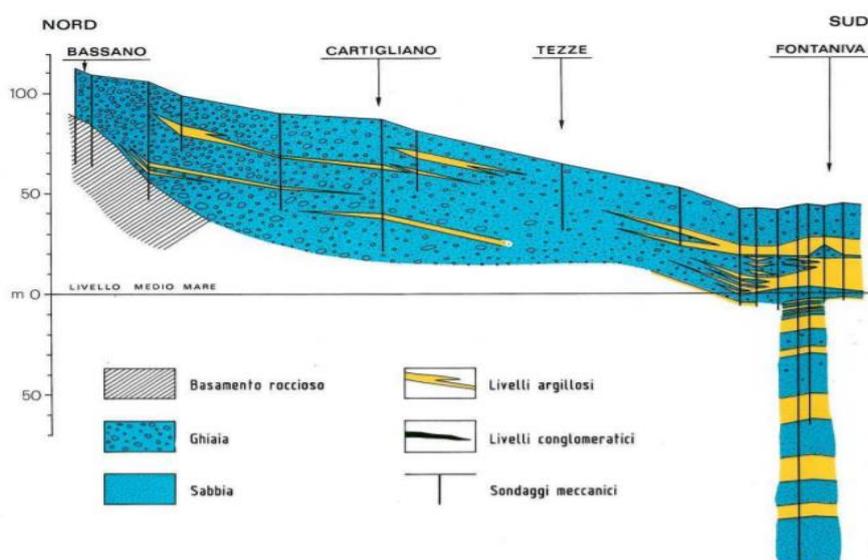


Figura 3 Profilo geolitologico N-S del Comune di Cartigliano (Comune di Cartigliano, 2014)

La zona centrale comprende una fascia di territorio delimitata ad ovest dalle arginature artificiali del Brenta ed a est dalla scarpata naturale che tronca la “pianura antica” e coincide di fatto con la zona industriale di Cartigliano. È costituita da depositi sciolti di alveo recente a tessitura sabbiosa ghiaiosa, stabilizzati dalla copertura vegetale (Comune di Cartigliano, 2014).

La zona occidentale coincide nella sua quasi totalità con l’attuale letto del fiume Brenta e con l’area golenale. Comprende depositi ghiaiosi sabbiosi di alveo fluviale attuale e delle aree di esondazione (Comune di Cartigliano, 2014).

Inquadramento idrologico

Il territorio comunale di Cartigliano è completamente pianeggiante e nella parte occidentale è caratterizzato dalla presenza del fiume Brenta oltre a una fitta rete idrografica minore costituita essenzialmente da canali di irrigazione, da rogge e fossi che consentono il deflusso delle acque superficiali. L’idrografia superficiale, influenzata dalla presenza delle rogge, si caratterizza per la presenza di numerosi corsi d’acqua, artificiali e naturali ad andamento sostanzialmente parallelo (nord-sud) (Figura 4) (Comune di Cartigliano, 2014).

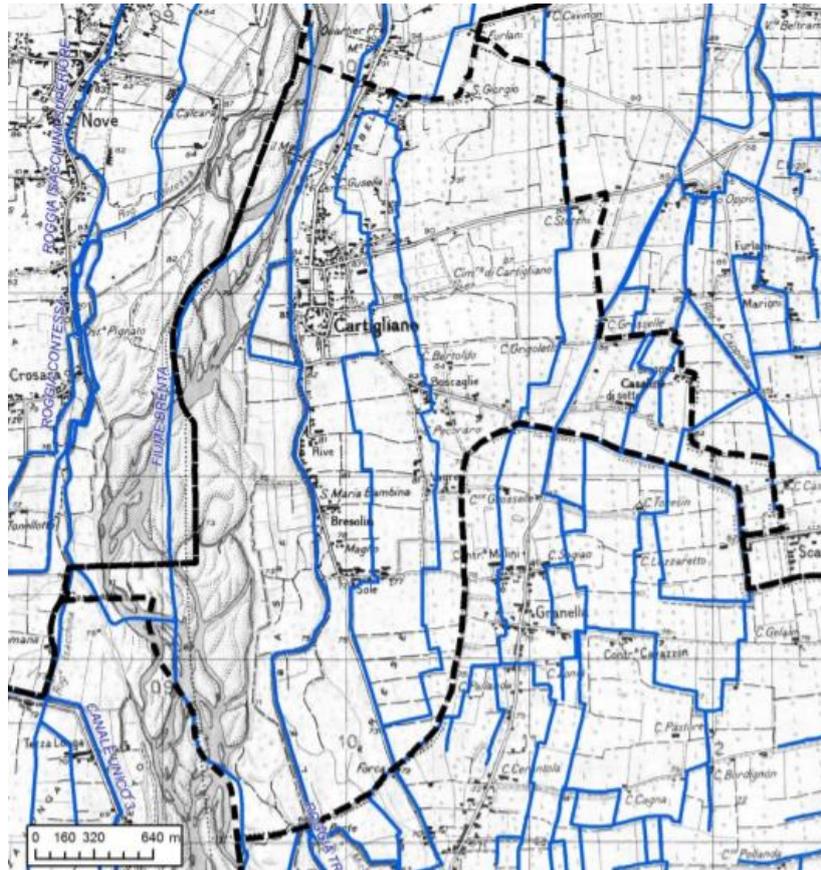


Figura 4 Carta idrologica del Comune di Cartigliano (Comune di Cartigliano, 2014)

Si tratta della Roggia Bernarda e Dolcina e delle loro diramazioni. Anche il deflusso sotterraneo segue la stessa direzione di scolo dei corsi d'acqua superficiali che contribuiscono con le loro dispersioni in alveo alla ricarica dell'acquifero sotterraneo (Comune di Cartigliano, 2014).

Inquadramento floristico-vegetazionale

All'interno del Comune è possibile individuare diverse aree con differenti tipologie vegetazionali in relazione al grado di copertura e di stratificazione delle formazioni arboree (Comune di Cartigliano, 2014).

Una prima area è caratterizzata da vegetazione ripariale prevalentemente arboreo-arbustiva, in cui si può notare una maggiore evoluzione della copertura vegetale. Le boscaglie che colonizzano le sponde sono costituite in prevalenza da Salice bianco (*Salix alba*) e Pioppo nero (*Populus nigra*), ma in alcuni settori, compaiono altre essenze legnose, tra cui Ontani (*Alnus incana* e *Alnus glutinosa*), Robinie (*Robinia pseudoacacia*) e cespugli igrofilo come la Sanguinella (*Cornus sanguinea*). Per quanto riguarda invece la vegetazione delle acque correnti, idrofite ancorate al fondo a mezzo di robuste radici e dotate di un corpo vegetativo che si allunga nella direzione della corrente si insediano sopportando periodiche variazioni della portata del fiume. Tra le

specie più comuni si segnalano i Ranuncoli acquatici (*Ranunculus fluitans*, *R. trichophyllus*), la Lattuga ranina (*Potamogeton crispus*) e il Millefoglio d'acqua (*Myriophyllum spicatum*) (Regione del Veneto, 2015).

La seconda area comprende zone dislocate nella parte settentrionale del territorio, dove la vegetazione ripariale risulta prevalentemente erbacea. Questo tipo di vegetazione colonizza la linea di contatto tra l'alveo del fiume e la pianura circostante, in un ambiente di transizione caratterizzato dalla presenza di acqua (proveniente soprattutto dalla falda) ma che periodicamente può essere anche sommerso (durante le fasi di piena del fiume). Gli organismi vegetali devono essere quindi in grado di sopportare periodicamente la forza delle correnti e il relativo trascinarsi del materiale di fondo (sabbie e ghiaie). Nei settori più depressi, lungo i rami di scorrimento delle correnti scoperti solo nei periodi di magra, si trovano specie a carattere effimero che vegetano tra i ciottoli come il Pepe d'acqua (*Polygonum hydropiper*), la Canapetta violacea (*Galeopsis angustifolia*), la Saponaria comune (*Saponaria officinalis*), l'Erba pignola (*Sedum sexangulare*). Dove la corrente rallenta (nelle anse e nei rami laterali) si depositano sedimenti più fini, come sabbie e fango. Lungo le barre sabbiose emerse si possono rinvenire cespi di graminacee come la Scagliola palustre (*Typhoides arundinacea*), mentre sui depositi argillosi, dove si accumulano sostanze nutrienti, si rinvengono alcune specie erbacee come la Forbicina (*Bidens tripartita*) (Regione del Veneto, 2015).

La terza area si caratterizza invece per la presenza di una vegetazione ripariale prevalentemente prativo arbustiva. Nei depositi più elevati e in grado di rimanere in emersione per periodi più lunghi, si insediano consorzi vegetali stabili costituiti da Salici rossi (*Salix purpurea*) e da cespugli o piccoli boschetti di Pioppi neri e Salici ripaioli (soprattutto *Salix eleagnos*). Questa specie di salice è tipica delle stazioni rivierasche lungo i fiumi e i torrenti del piano basale e montano. Esso contribuisce alla costituzione di un'associazione tipica dei terrazzamenti silicei ad alto tenore di sabbia esclusi dalle inondazioni ordinarie che include, tra le altre specie, *Hippophae rhamnoides*, *Salix purpurea*, *Alnus incana* e *Myricaria germanica*. Il salice ripaiolo è inoltre una delle specie importanti per la costituzione del *Salicetum eleagni*, associazione pioniera che colonizza i letti ghiaiosi o ghiaioso-sabbiosi con falda superficiale del corso superiore dei fiumi, dove si possono instaurare condizioni di aridità estiva e di periodiche sommersioni (Regione del Veneto, 2015).

In fase di netta regressione sono invece le praterie da fieno, per effetto della marginalizzazione delle colture tradizionali meno redditizie. In passato rappresentavano un tratto caratteristico del paesaggio rivierasco del corso d'acqua. Si tratta di comunità la cui conservazione viene garantita dalle pratiche dello sfalcio periodico e della concimazione. Con l'abbandono gestionale

subiscono processi di penetrazione di altre componenti ed in particolare di arbusti che col tempo portano alla formazione di cenosi forestali. Presenti nella campagna contermina al fiume, mantengono una discreta ricchezza in specie e con buona dotazione di elementi di elementi tipici, tra cui un ricco contingente di specie entomofile: *Arrhenatherum elatius*, *Lolium perenne*, *Dactylis glomerata*, *Festuca rubra*, *Anthoxanthum odoratum*, *Trifolium pratense*, *Lotus corniculatus*, *Salvia pratensis*, *Galium mollugo/erectum*, *Centaurea nigrescens*, *Leucanthemum vulgare*, *Pimpinella major*, *Ranunculus acris*, *Leontodon hispidus*, *Achillea roseoalba* (Regione del Veneto, 2015).

Aree protette e Siti di Importanza Comunitaria

All'interno del territorio comunale ricade una Zona Speciale di Conservazione facente parte della rete Natura 2000 italiana, denominata "Grave e zone umide della Brenta", identificata con il codice IT3260018 (Figura 5) (Comune di Cartigliano, 2014).

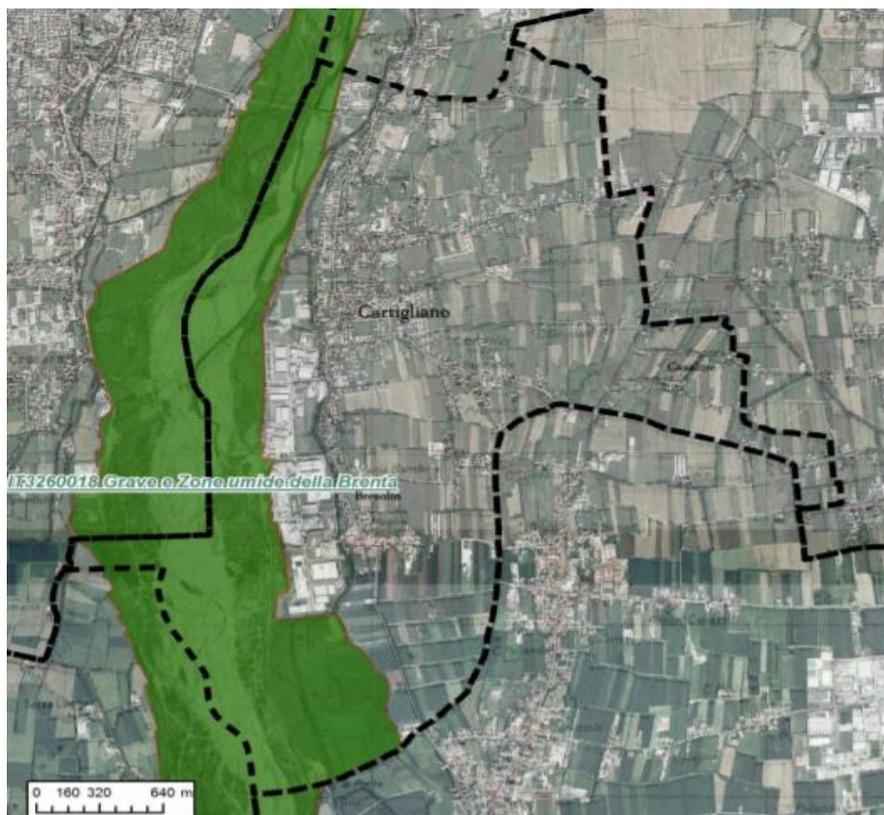


Figura 5 Comune di Cartigliano e individuazione del Sito di Rete Natura 2000 (Comune di Cartigliano, 2014)

Inquadramento socioeconomico

La particolare ubicazione geografica dell'area, posta nei pressi dello sbocco di una vallata percorsa da un'importante via di comunicazione e solcata da un corso d'acqua perenne, fino a

poco tempo fa principale fonte energetica per numerose attività produttive (Figura 6), ha favorito fin dai tempi più remoti una sua intensa antropizzazione e il conseguente fiorire di numerose attività di carattere artigianale ed industriale (Comune di Cartigliano, 2014).

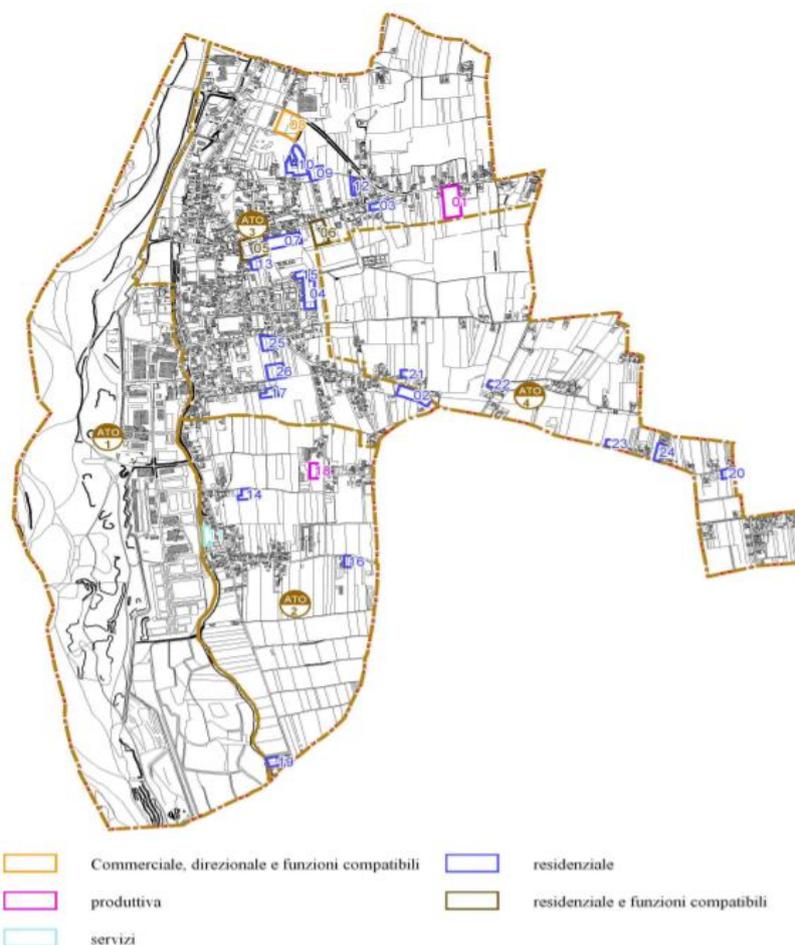


Figura 6 Inquadramento socioeconomico del Comune di Cartigliano (Comune di Cartigliano, 2014)

In aggiunta a ciò, la pianura formatasi nella conoide del Brenta ha visto altresì sorgere e svilupparsi un altrettanto fiorente attività agricola, la quale pur contraendosi progressivamente negli ultimi anni in spazi sempre più ristretti per la continua sottrazione di terreno destinato a nuovi insediamenti urbani, si è indirizzata verso colture specializzate a carattere spiccatamente intensivo (Comune di Cartigliano, 2014).

La struttura insediativa del Comune, rispetto al contesto insediativo comprensoriale in cui è inserita, presenta una maggiore compattezza dell'edificato (Comune di Cartigliano, 2014).

Oltre a ciò, si rileva una netta separazione tra usi residenziali ed usi industriali-artigianali, data dalla presenza di una ben definita zona industriale-artigianale a ridosso dell'argine maestro del fiume Brenta. Tra le due zone fanno da cerniera la zona degli impianti sportivi ed una lunga fascia a verde (Comune di Cartigliano, 2014).

Inquadramento geologico e strutturale

I terreni quaternari sono costituiti da materiali detritici continentali di deposito fluvioglaciale/alluvionale (Figura 8), molto variabili dal punto di vista granulometrico e tessiturale, geneticamente legati alla sovrapposizione ed interdigitazione delle conoidi subalpine dei principali corsi d'acqua Giara-Orolo, Leogra-Timonchio e soprattutto, del torrente Astico ed alle loro divagazioni nell'area di pianura. Il Comune di Caldogno si estende su una fascia della media pianura alluvionale, debolmente digradante verso sud-est, in cui gli elementi più caratterizzanti sono costituiti dal fenomeno delle risorgive e dalla fitta rete di rogge e fossati che da queste si origina (Comune di Caldogno, 2012).



Figura 8 Carta geomorfologica del Comune di Caldogno e legenda (Comune di Caldogno, 2012)

Relativamente all'aspetto tettonico, il territorio comunale risulta marginalmente interessato dal fascio tettonico a direzione NO-SE, legato alla "Schio-Vicenza", faglia di importanza regionale che passa, sepolta sotto le alluvioni, in prossimità del limite sud-occidentale del territorio stesso.

Il movimento è orizzontale sinistrorso con rigetti generalmente pari a qualche centinaio di metri ma anche più rilevanti (fino a qualche chilometro) (Comune di Caldogno, 2012).

Inquadramento litologico

Dal momento che il territorio comunale di Caldogno si colloca a cavallo della fascia delle risorgive, i terreni risultano contraddistinti da un'elevata variabilità sia laterale che con la profondità, con frequenti alternanze ed eterotopie tra litotipi granulari e coesivi, soprattutto nei primi 10-20 m dal piano campagna. Questa variabilità continua anche in profondità, seppure in modo meno marcato, con alternanze tra livelli fini argilloso-limosi e livelli granulari sabbioso-ghiaiosi, con spessori variabili tra qualche metro ad oltre una decina di metri. Tutti i litotipi presenti ricadono nel sotto tema "materiali alluvionali, morenici, fluvioglaciali, lacustri, paludosi e litorali" e sono costituiti essenzialmente da depositi alluvionali e fluvioglaciali (Figura 9). Il passaggio tra i diversi litotipo è graduale, legato com'è a fenomeni di interdigitazione dei depositi dei corsi d'acqua principali ed alle divagazioni e/o esondazioni succedutesi nel tempo (Comune di Caldogno, 2012).

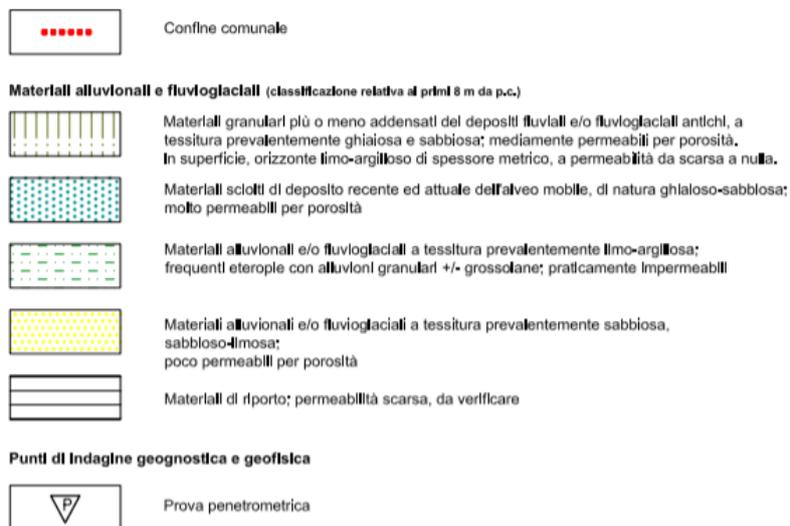
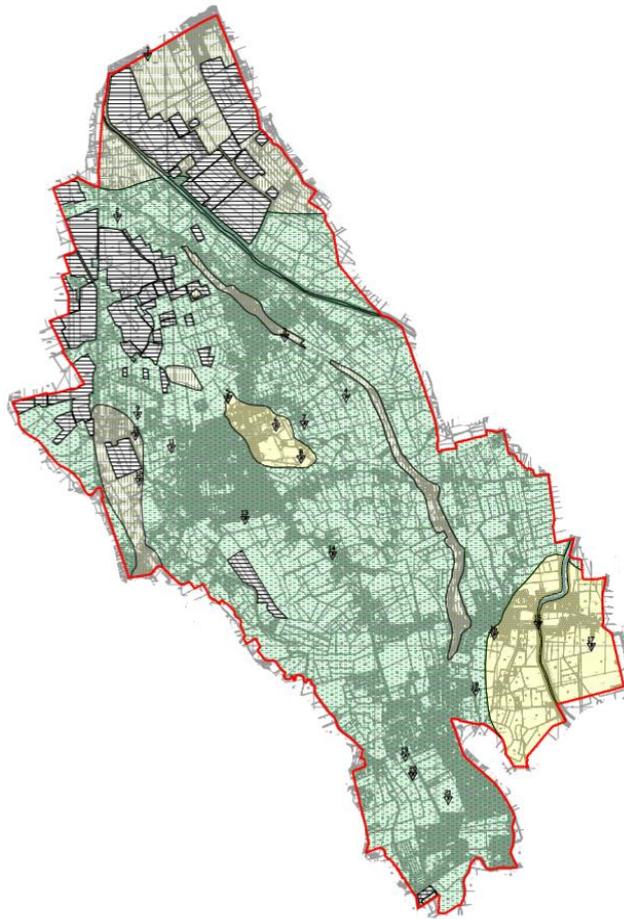


Figura 9 Carta geolitologica del Comune di Caldogno (Comune di Caldogno, 2012)

Si possono distinguere numerose tipologie di litotipi: i materiali granulari più o meno addensati dei depositi fluviali e/o fluvio-glaciali antichi, a tessitura prevalentemente ghiaiosa e sabbiosa sono presenti essenzialmente nella porzione settentrionale del territorio comunale, a monte del limite superiore della fascia delle risorgive; costituiscono inoltre alcune isole in prossimità del

confine occidentale, nonché il materiale prevalente del "dosso fluviale" in corrispondenza del vecchio alveo del Timonchio. I materiali alluvionali e/o fluvio-glaciali a tessitura prevalentemente limo-argillosa rappresentano i depositi più diffusi, presenti su gran parte del territorio comunale a valle del limite superiore della fascia delle risorgive; costituiscono inoltre l'orizzonte sommitale ricoprente le alluvioni ghiaioso-sabbiose presenti nella porzione settentrionale del Comune, dove sono presenti con spessori molto variabili (Comune di Caldogno, 2012).

Inquadramento idrologico

Caldogno appartiene all'area del Bacino Idrografico dei fiumi Brenta e Bacchiglione, bacino di rilievo nazionale ed è interessato dall'attraversamento del torrente Timonchio e da rogge perenni di risorgiva che hanno origine nella media pianura a nord di Vicenza (Figura 10) (Comune di Caldogno, 2012).

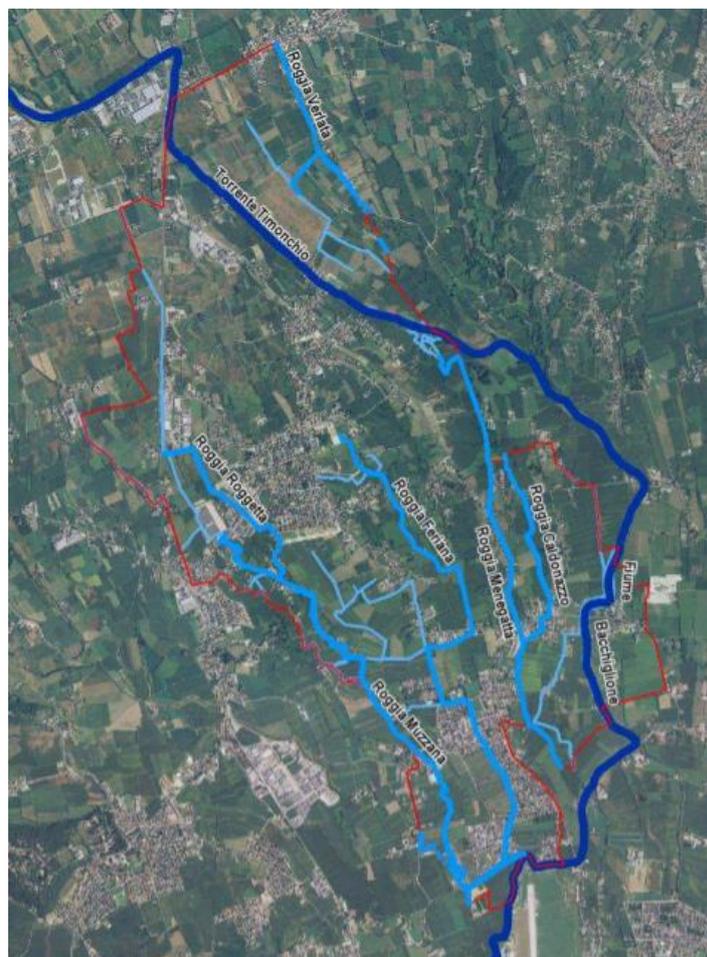


Figura 10 Carta idrologica del Comune di Caldogno (Comune di Caldogno, 2012)

Nell'ambito del territorio comunale, la rete idrografica si presenta notevolmente sviluppata nel settore centro-meridionale (a valle del limite superiore della fascia delle risorgive) mentre a nord è talora discontinua od assente, soprattutto in corrispondenza delle aree interessate dall'attività estrattiva (Comune di Caldogno, 2012).

Il torrente Timonchio attraversa con andamento NO-SE la porzione più settentrionale del territorio comunale e si unisce poi al Bacchiglioncello all'altezza della località Due Ponti, dando origine al Bacchiglione. Quest'ultimo attraversa in senso meridiano il comune all'altezza della località di Cresole e segna poi, per un breve tratto, il confine meridionale con il comune di Vicenza (Comune di Caldogno, 2012).

Esiste poi una fitta rete di corsi d'acqua di risorgiva che fa capo ad alcune aste principali: la Roggia Verlata, Roggia Porto di Cresole, Roggia Menegatta, Roggia Caldonazzo, Roggia Feriana e Roggia Muzzana (Comune di Caldogno, 2012).

Oltre a rappresentare un aspetto di rilevante valenza, sia dal punto di vista idrogeologico che paesaggistico ed ambientale, la rete idrografica costituisce anche un elemento di criticità del territorio, in particolare sotto l'aspetto idraulico, per i fenomeni di esondazione derivanti sia dalla rete principale che da quella minore (Comune di Caldogno, 2012).

Inquadramento floristico-vegetazionale

Per quanto concerne la vegetazione naturale presente nel Comune di Caldogno, questa è prevalentemente rappresentata da comunità acquatiche e ripariali. Alcuni tratti di rogge e di scoline ospitano una vegetazione spontanea e adatta a vegetare in presenza di terreno molto umido e spesso soggetto a sommersione. Entrando nel dettaglio della componente arborea, essa è costituita prevalentemente da pioppi (*Populus alba*, *P. canescens*, *P. nigra*), da salici (*Salix alba*, *S. caprea*, *S. vpurpurea*, *S. viminalis*) e ontani (*Alnus glutinosa*) (Comune di Caldogno, 2012).

Lungo le scoline presenti nell'area agricola invece si rinviene una tipologia di vegetazione erbacea composta quasi esclusivamente da specie non spontanee. In genere tra le specie che si aggregano possiamo individuare la callitriche (*Callitriche palustris*), i potamogeti (*Potamogetum crispus* e *P. pusillus*), insieme ad alcune specie di veronica (*Veronica anagallisaquatica* e *V. beccabunga*) (Comune di Caldogno, 2012).

Aree protette e Siti di Importanza Comunitaria

Nel territorio comunale sono presenti le Zone Speciali di Conservazione IT3220040 “Bosco di Dueville e risorgive limitrofe” e IT3220013 “Bosco di Dueville” (Figura 11), che si sovrappone parzialmente alla prima ZSC (Comune di Caldogno, 2012).

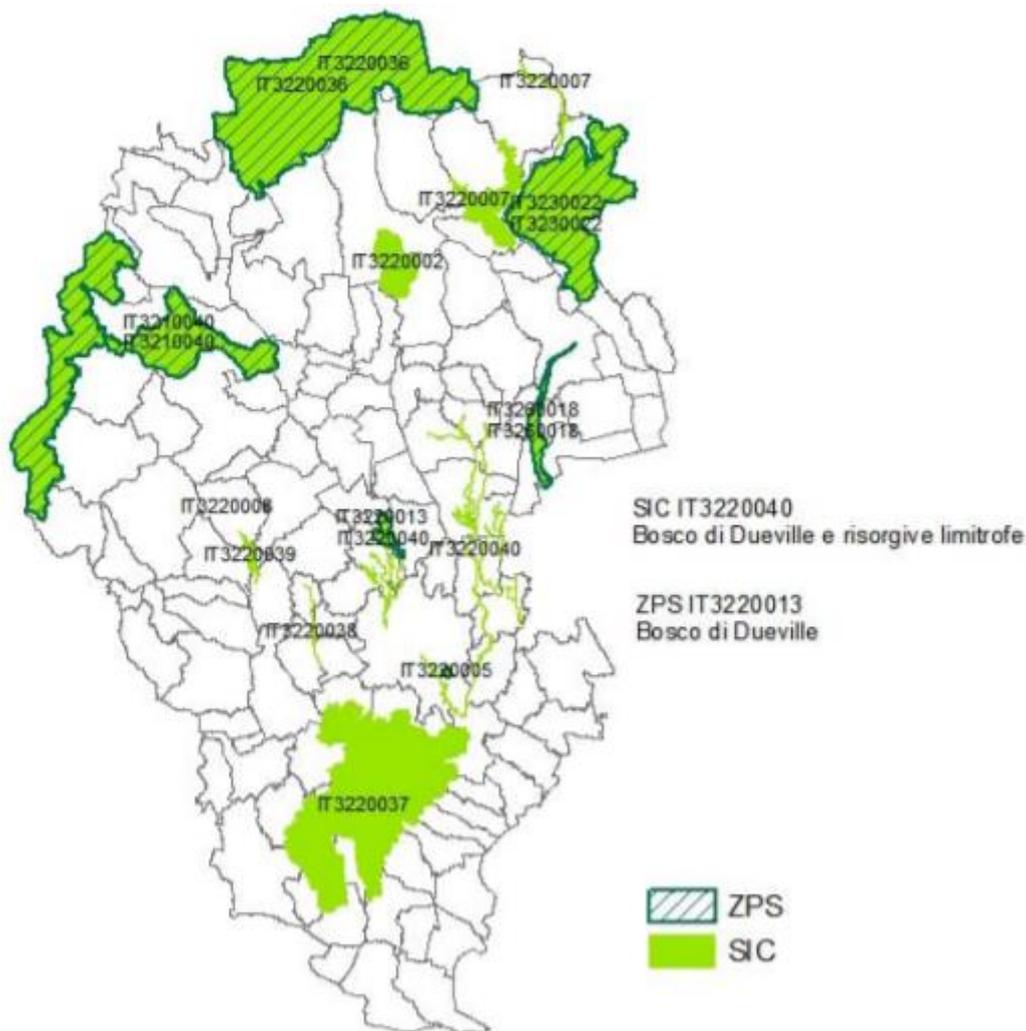


Figura 11 Aree protette della Rete Natura 2000 del Comune di Caldogno (Comune di Caldogno, 2012)

Inquadramento socioeconomico

Il territorio comunale di Caldogno è caratterizzato da una vasta area pianeggiante, in alcuni tratti intensamente coltivata, interessata principalmente da seminativi, da nuclei rurali, da centri urbani, da aree adibite a sistema produttivo-industriale, oltre che da attività di cava, sia in atto, sia dismesse o abbandonate (Figura 12). L'uso del suolo è stato fortemente condizionato dall'intensa antropizzazione del territorio, in particolar modo dall'attività agricola, ma in primis dalla necessità di zone da destinare ad attività produttive e insediamenti residenziali. Lo sviluppo dell'attività agricola ed industriale ha portato alla scomparsa delle associazioni fitosociologiche autoctone e caratteristiche della porzione di territorio considerata (Comune di Caldogno, 2012).

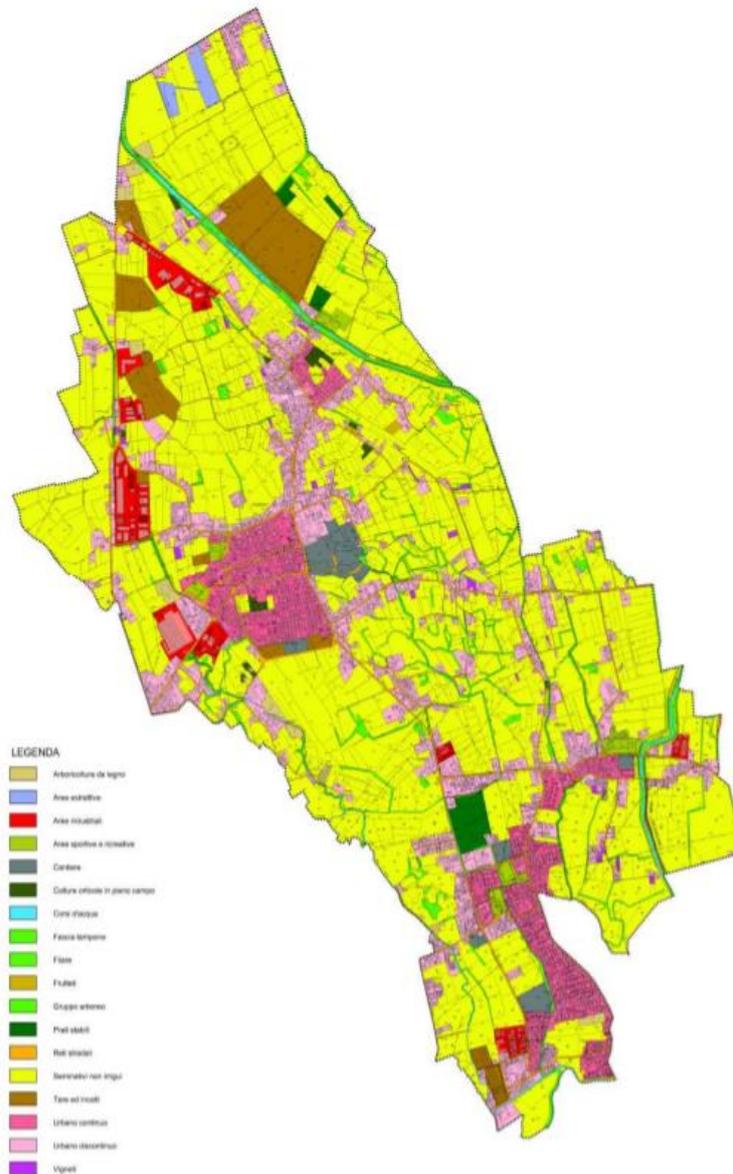


Figura 12 Carta uso di suolo del Comune di Caldogno (Comune di Caldogno, 2012)

In rapporto alla superficie totale comunale i seminativi non irrigui presentano la percentuale più alta. Seguono poi l'urbano discontinuo, l'urbano continuo, le reti stradali, i filari e le fasce tampone (Comune di Caldogno, 2012).

Materiali e metodi

Analisi del territorio dei due Comuni selezionati

Al fine di valutare l'efficacia della presenza di habitat naturali e seminaturali nell'incremento delle popolazioni di impollinatori in ambito urbano e periurbano, il presente studio è iniziato con la raccolta di ortofoto digitali, cartografie tematiche e cartografie di uso e copertura del suolo. Tra i vari strati informativi sono stati scaricati, inoltre, gli *shapefile* delle ZSC presenti nei due territori comunali: "Grave e zone umide della Brenta", identificata con il codice IT3260018, per quanto riguarda il Comune di Cartigliano e "Bosco di Dueville e risorgive limitrofe" (codice IT3220040) e "Bosco di Dueville" (codice IT3220013) per il Comune di Caldogno.

Una volta ordinati e classificati i materiali, è stata successivamente effettuata una compilazione della cartografia tramite il programma QGIS 2.18 per i due Comuni.

Analisi delle ortofoto digitali

La classificazione delle diverse unità di uso e copertura del suolo è stata derivata dalla valutazione di caratteri fisionomico-strutturali mediante interpretazione preliminare di ortofoto digitali, le quali hanno permesso una prima stesura dei poligoni in QGIS. La scala di digitalizzazione è stata 1:10.000.

Individuazione di un sistema di classificazione

Lo *step* successivo ha previsto la categorizzazione del territorio secondo il sistema di classificazione CORINE Land Cover al 3° livello. La classificazione Corine Land Cover rappresenta uno standard europeo per quanto riguarda la categorizzazione di uso e copertura del suolo (Feranec et al., 2007), grazie al quale è stata possibile l'attribuzione, ad ogni unità cartografata in ambiente GIS, di un codice specifico di uso e copertura del suolo. Particolare attenzione è stata rivolta alla individuazione dei poligoni categorizzabili con il codice 3, TERRITORI BOSCATI E AMBIENTI SEMI-NATURALI e al loro interno alla categoria 3.2.4. - Aree a vegetazione boschiva ed arbustiva in evoluzione, che individua le aree marginali, intese in questo lavoro come qualsiasi area ricompresa nel tessuto urbano e periurbano, caratterizzata da vegetazione arbustiva ed erbacea in evoluzione. Ricadono quindi in questa categoria le aree abbandonate dall'agricoltura, gli incolti come margini dei coltivi, margini di strada, ecc.

Definizione della relazione esistente tra area e abbondanza degli impollinatori

Per poter comprendere quale sia la relazione esistente tra superficie delle aree marginali e abbondanza di impollinatori in habitat ottimali per la loro conservazione (es. prati ricchi in specie) e quantificare, quindi, quale sia l'incremento atteso di impollinatori che possiamo aspettarci convertendo aree marginali in habitat per gli impollinatori, abbiamo condotto una ricerca bibliografica volta a raccogliere studi nei quali venissero riportati dati relativi a superficie di habitat campionata e abbondanza di impollinatori. Abbiamo quindi plottato i dati ottenuti dalla ricerca bibliografica e testato quale funzione meglio descrivesse la relazione tra superficie e abbondanza di impollinatori. In particolare, abbiamo testato le seguenti funzioni: logistica, potenza, esponenziale, polinomiale di secondo grado, lineare e Michaelis-Menten. La funzione che meglio descrive l'andamento della relazione superficie-abbondanza di impollinatori è stata individuata sulla base dell'AIC, scegliendo la funzione dall'AIC più basso.

La funzione così individuata è stata utilizzata per calcolare l'abbondanza di impollinatori attesi dalla conversione dei singoli poligoni identificati come aree marginali ad habitat per gli impollinatori.

In particolare, l'espressione della funzione scelta è stata applicata imponendo di volta in volta alla variabile indipendente la superficie di ciascun poligono rappresentante un'area marginale e calcolando così il valore di abbondanza di impollinatori atteso.

Risultati

Di seguito vengono riportate le mappe categorizzate dei due territori comunali indagati (Figura 13 e Figura 14).

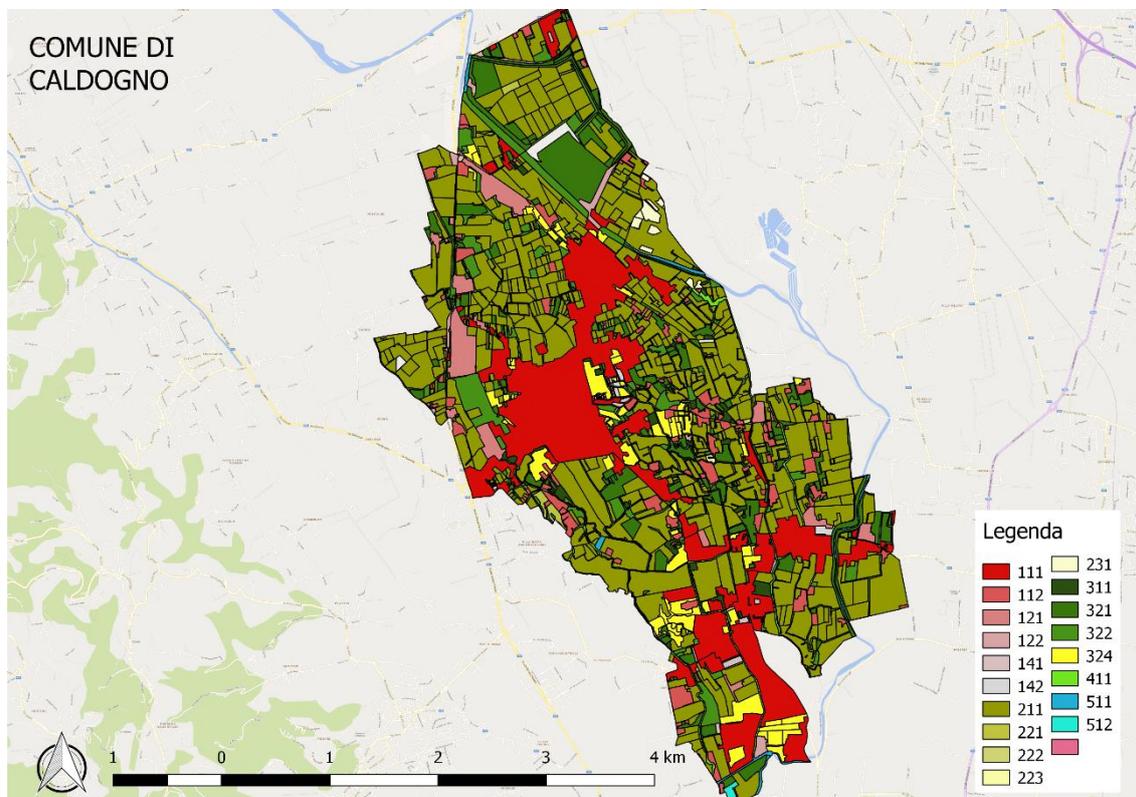


Figura 13 Mappa categorica del comune di Caldogno. I codici riportati in legenda fanno riferimento alle categorie Corine Land Cover

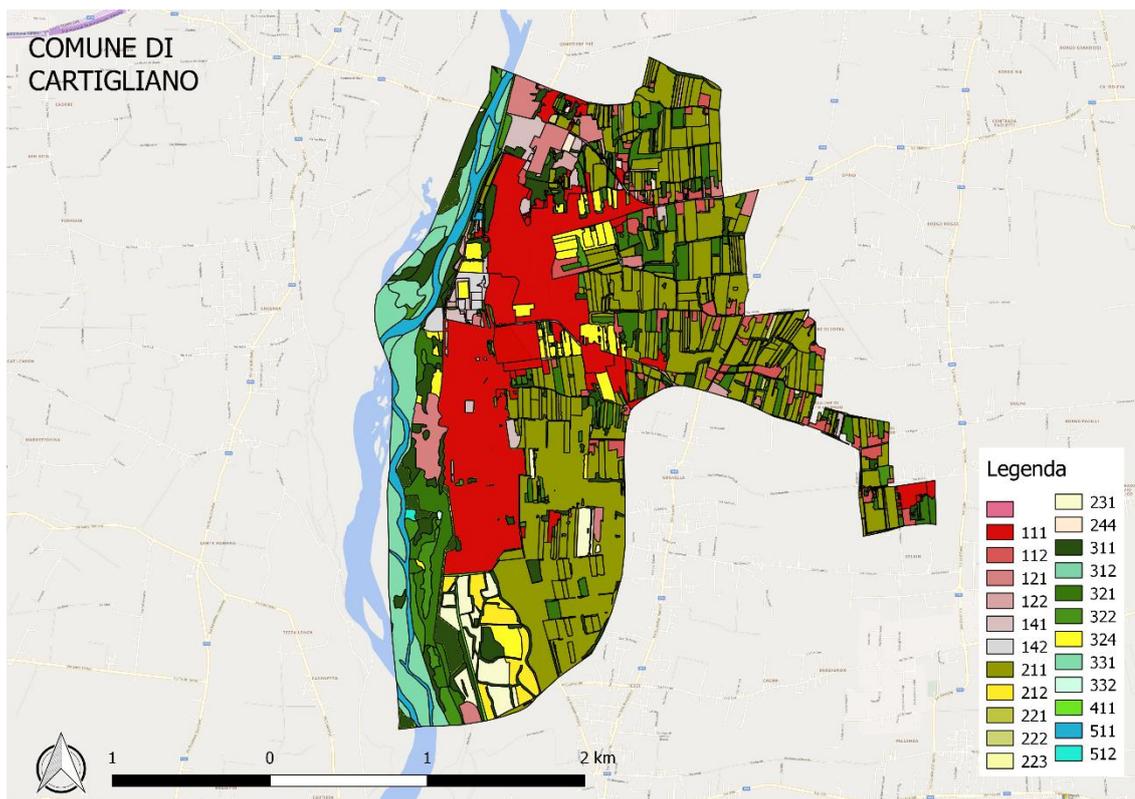


Figura 14 Mappa categorica del comune di Cartigliano. I codici riportati in legenda fanno riferimento alle categorie Corine Land Cover

In Tabella 1 è riportata sono riportati i dati che riassumono la struttura del paesaggio dei due comuni, raggruppando le categorie al 1° livello di Corine Land Cover, tranne le superfici marginali che sono state scorporate dalla categoria 3 (Superfici naturali e seminaturali).

Tabella 1 Dati delle superfici dei Comuni di Caldogeno e di Cartigliano

	Comune di Caldogeno		Comune di Cartigliano	
	ha	%	ha	%
Superfici artificiali	425	26.78	70	9.49
Superfici agricole utilizzate	1150	72.46	430	58.27
Superfici naturali e seminaturali	25	1.58	250	33.88
Superfici marginali	33	2.08	14	1.90
Superfici di intervento LIFE PollinAction	10	0.63	5	0.68

Nonostante i due comuni presentino superfici totali molto diverse, la valutazione delle coperture percentuali di uso e copertura del suolo consentono una comparazione. In entrambi i casi, la maggior copertura è data dalle superfici agricole, che nel comune di Caldogno raggiungono quasi il 73% della superficie totale. Cartigliano presenta una elevata copertura % di superfici naturali molto maggiore (34%) di quella del comune di Caldogno, dove si attesta intorno al 2%. La copertura % di aree marginali (codice 324) è invece comparabile e intorno al 2% in entrambi i territori. Una differenza significativa si riscontra nelle superfici artificiali (urbano), sia per quanto riguarda l'abbondanza percentuale (26% per Caldogno contro 9% per Cartigliano), sia nella struttura dell'agglomerato urbano: molto compatto per Cartigliano e con il tipico modello di urbanizzazione diffusa per Caldogno. Il modello di urbanizzazione diffusa ha portato a erosione e frammentazione di spazi aperti, aree agricole e naturali e, più in generale, a una banalizzazione del paesaggio urbano, ripetitivo e a bassa densità edilizia.

La ricerca bibliografica ha evidenziato un numero limitato di lavori che rispondevano ai parametri individuati, cioè dati su superficie campionata e abbondanza di impollinatori (Tabella 2).

Tabella 2 Risultati abbondanza di impollinatori da ricerca bibliografica (Biella et al., 2017; Fantinato et al., 2019, 2021; Forup et al., 2008; Koski et al., 2015; Li et al., 2020; Theodorou et al., 2017)

Articolo	Superficie (m2)	Abbondanza di impollinatori
Fantinato et al., 2018	80	880
Fantinato et al., 2021	40	61
Fantinato et al., 2021	40	105
Fantinato et al., 2021	40	80
Fantinato et al., 2021	40	114
Biella et al., 2017	15	1677
Li et al., 2019	3450	5299
Theodorou et al., 2017	5625	5256
Forup et al., 2008	200	336
Forup et al., 2008	200	468
Forup et al., 2008	200	457
Forup et al., 2008	200	425
Forup et al., 2008	200	162
Forup et al., 2008	200	194
Forup et al., 2008	200	424
Forup et al., 2008	200	362
Forup et al., 2008	200	101
Forup et al., 2008	200	65
Forup et al., 2008	200	72
Forup et al., 2008	200	106
Koski et al., 2015	50	925
Koski et al., 2015	50	445
Koski et al., 2015	50	394

La funzione che meglio descrive la relazione tra superficie e abbondanza di impollinatori è la funzione logistica. Infatti, questa presenta il valore di AIC più basso rispetto a quello di curve a potenza, esponenziale, polinomiale di secondo grado, lineare e di Michaelis-Menten. (Tabella 3; Figura 15).

Tabella 3 Funzioni testate con annessa formula da cui è stato calcolato l'AIC

Funzione	Formula	AIC
Lineare	$y = 1.0333x + 266.61$	6,452
Polinomiale di secondo grado	$y = -0.0002x^2 + 2.1287x + 105.7$	4,791
Potenza	$y = 33.729x^{0.4509}$	6,261
Logistica	$y = 5382.7 / (1 + 17.903e^{(-0.0017532x)})$	3,344
Michaelis-Menten	$y = 9726.3x / (3941.2 + x)$	5,572
Esponenziale	$y = 225.27e^{0.0006x}$	6,457

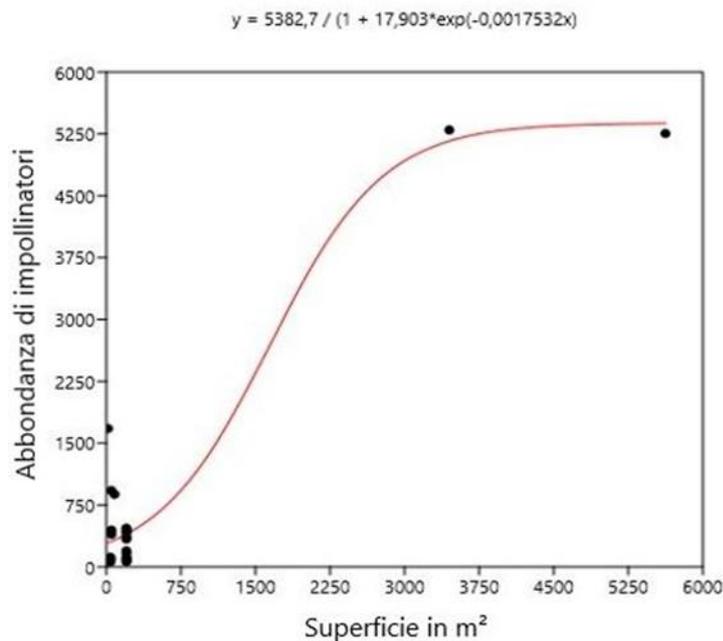


Figura 15 Relazione tra abbondanza di insetti impollinatori vs. superficie in metri quadrati definita da curva logistica e rispettiva formula

Si tratta di una curva a S con crescita iniziale quasi esponenziale e andamento finale asintotico (dove, quindi, non c'è più crescita). Da un punto di vista applicativo, convertire aree marginali dalla superficie limitata può essere considerata una strategia efficace per poter ottenere risultati significativi nell'aumento dell'abbondanza di insetti impollinatori in ambito urbano.

Inoltre, emerge come la conversione in habitat per impollinatori di aree marginali diverse e circoscritte possa portare a risultati migliori (in termini di abbondanza di impollinatori) che convertendo un'unica area caratterizzata da un'elevata superficie.

Oltre una certa superficie, infatti, una determinata area non potrà supportare un numero crescente di impollinatori; in altre parole, la somma dell'abbondanza di impollinatori che deriva dalla conversione di tante singole aree marginali convertite ad habitat sarà maggiore

dell'abbondanza di impollinatori che potremmo aspettarci dalla conversione di un'unica area caratterizzata da una superficie pari alla somma delle superfici delle singole aree.

L'abbondanza di impollinatori attesa per i due Comuni è stata calcolata applicando la formula della funzione logistica alle singole patch per entrambi i Comuni.

L'abbondanza che si otterrebbe dalla conversione di tutte le aree marginali disponibili a Cartigliano sarebbe di 116.844 impollinatori e di 252.857 a Caldogno.

La percentuale di superficie delle aree marginali oggetto di intervento nell'ambito del LIFE *PollinAction* rispetto a quella di tutte le aree potenzialmente disponibili ad essere convertite è di 36% per il comune di Cartigliano e 30,31% per il comune di Caldogno. Quindi, dal progetto LIFE *PollinAction*, ci aspettiamo un aumento del numero di impollinatori di 16.109 (ovvero 11% rispetto all'abbondanza di impollinatori che ci possiamo aspettare qualora tutte le aree marginali fossero trasformate in habitat) per il Comune di Cartigliano e di 25.233 (ovvero 8% rispetto all'abbondanza di impollinatori che ci possiamo aspettare qualora tutte le aree marginali fossero trasformate in habitat) per il Comune di Caldogno.

Discussione

Sulla base dei risultati ottenuti si può affermare che aree con superfici limitate appaiono più idonee allo scopo di aumentare l'abbondanza degli impollinatori in ambiti urbanizzati, rispetto ad un numero minore di aree di maggior superficie. Come evidenziato dalla funzione logistica, al raggiungimento di una certa superficie l'abbondanza di impollinatori arriva infatti ad un punto di saturazione, che corrisponde alla posizione asintotica della curva logistica utilizzata nell'elaborazione dei dati. Ciò significa che ulteriori aumenti di superficie non portano ad un incremento dell'abbondanza di impollinatori.

Questo risultato può essere dovuto a relazioni interspecifiche (come la competizione) che possono causare una diminuzione dell'abbondanza di impollinatori a livello di comunità all'aumentare di risorse fiorali (Fantinato et al., 2021). Aree estese con abbondanti risorse fiorali possono attirare molti impollinatori ma fino ad un valore soglia, dopo il quale l'abbondanza di impollinatori raggiunge un asintoto (Fantinato et al., 2021). Secondo l'*Optimal Foraging Theory* (Pyke, 1984), infatti, gli impollinatori possono adattare il loro comportamento alimentare sulla base delle risorse disponibili e della distribuzione spazio-temporale di queste ultime. Ciò significa che una diminuzione nell'efficienza di raccolta di risorse da parte degli impollinatori dovuto ad una ricchezza troppo elevata di tipologie di risorse fiorali può portare a una minore abbondanza di questi a prescindere dall'estensione dell'area in cui essi si trovano (Fantinato et al., 2021). Questo conferma come non necessariamente aree grandi abbiano una grande abbondanza di impollinatori.

Grandi quantità di risorse possono, inoltre, causare una maggiore competizione interspecifica tra le piante per gli impollinatori, mentre in aree dalla superficie limitata l'attrazione congiunta degli impollinatori può risultare in relazioni facilitative (Fantinato et al., 2021). In questo contesto, ulteriori valutazioni dirette e sperimentali risultano necessarie per avvalorare quanto emerso nel presente lavoro di tesi.

Favorire aree circoscritte e dalla superficie limitata può portare, d'altro canto, a effetti negativi per la conservazione delle comunità ivi presenti, sia vegetali che animali. L'effetto margine in comunità animali e vegetali è un fenomeno comune (Chen et al., 1992); esso può essere valutato come positivo (Chen et al., 1992) o negativo (Hadley & Betts, 2012) e influenza la distribuzione, l'abbondanza (Bolger et al., 2000), la crescita (Hadley & Betts, 2012) e la riproduzione degli impollinatori (Burgess et al., 2006). Aree circoscritte mostrano generalmente un elevato effetto margine risultando, nel complesso, poco resistenti e resilienti al disturbo e all'invasione da parte delle specie opportuniste, come ad esempio le specie esotiche. Inoltre, gli spostamenti tra

piccole patch imposti ad impollinatori con elevate esigenze alimentari (es. specie coloniali) può rappresentare un ulteriore fattore negativo; il tempo impiegato dagli impollinatori per spostarsi da una patch all'altra va a discapito del tempo che potrebbero utilizzare per procurarsi il cibo (Hinsley, 2000). Le visite a piccole patch saranno meno efficaci, in particolare se la distanza tra le patch è elevata (Tentelier et al., 2006). Lo spostamento tra piccole patch può inoltre essere rischioso aumentando la probabilità di essere predati (Lima & Zollner, 1996). Sarà dunque opportuno pianificare all'interno dei due Comuni oltre che tante aree definite per gli impollinatori, anche dei corridoi ecologici che facilitino lo spostamento degli impollinatori tra le patch (Haddad, 2000; Haddad, 1999) e aumentino quindi il successo dell'impollinazione (Townsend & Levey, 2005).

Infine, tra gli elementi di criticità, emerge come aree più piccole presentino generalmente una minore eterogeneità, riuscendo a supportare quindi una minore ricchezza in specie di impollinatori (Hass et al., 2018).

A questo proposito, futuri sviluppi del presente studio potrebbero prevedere la valutazione della relazione esistente tra numero di specie di impollinatori e superficie per poter successivamente effettuare un confronto con i risultati emersi prendendo in esame l'abbondanza delle popolazioni.

La decisione di focalizzare gli interventi nelle aree marginali deriva dalla ben nota difficoltà nel convincere i proprietari di seminativi a convertire le loro terre in prati fioriti, dovendo rinunciare così a più facili ed immediati profitti. Aree abbandonate o prive di utilizzi specifici sono dunque maggiormente indicate e liberamente fruibili per un primo approccio verso la salvaguardia della biodiversità e per poter essere trasformate in habitat adatti agli impollinatori.

Per quanto riguarda i due Comuni, oggetto del presente studio, ci troviamo di fronte a due tipologie di città completamente differenti. Cartigliano rappresenta un ambito urbano di tipo compatto, mentre Caldogno è di tipo diffuso. Per quanto concerne Cartigliano, Comune "compatto", il paesaggio naturale è meglio conservato e saranno necessari pochi, ma mirati, interventi di pianificazione. Nel territorio "diffuso" di Caldogno, invece, gli interventi avranno una superficie di applicazione più estesa.

Il progetto *PollinAction*, quindi, porterà ad una percentuale di successo differente nei due Comuni. Considerando la situazione in cui versa ora l'area di Caldogno, saranno quindi necessari maggiori interventi a livello di pianificazione rispetto a quanto proposto per il Comune di Cartigliano, in cui le caratteristiche di maggior naturalità necessitano di una trasformazione territorialmente meno significativa. Nonostante ciò, ottimizzando le attività di pianificazione,

sarà possibile migliorare notevolmente la connettività tramite la creazione di una rete naturale. Potendo intervenire in più aree diverse e portando avanti azioni mirate specifiche per il territorio si potranno ottenere, di conseguenza, ottimi risultati per la salvaguardia della biodiversità ed aumento degli impollinatori.

Conclusioni

L'urbanizzazione e l'agricoltura intensiva stanno causando la scomparsa e la frammentazione di habitat naturali e semi-naturali (Bellucci et al., 2016) alterando l'ambiente nelle sue componenti biotiche e abiotiche e causando una semplificazione del paesaggio (Clough et al., 2006; Holzschuh et al., 2006). Tali cambiamenti hanno forti ripercussioni sugli impollinatori (Alberti et al., 2003), portando ad alterazioni nell'abbondanza e distribuzione di questi (Myers & Knoll, 2001). L'importanza della conservazione e tutela degli impollinatori nasce dal ruolo chiave che essi hanno nella regolazione dei servizi a supporto della produzione alimentare (ISPRA, 2020). Le *nature-based solutions* rappresentano uno strumento utile per apportare benefici ambientali, sociali ed economici negli ambienti urbani. La città è infatti un luogo dove esistono degli spazi adatti ad essere convertiti in prati ricchi di specie fiorite e dunque idonei per diventare habitat ricchi di risorse e di siti di rifugio e nidificazione per gli impollinatori (Bretzel et al., 2016). La pianificazione di infrastrutture verdi urbane può consentire l'incremento dell'abbondanza degli impollinatori e, in particolare, da questo lavoro emerge come le aree marginali urbane possano rappresentare un ottimo target per investire sulle *Green Infrastructure*.

Ringraziamenti

Desidero ringraziare innanzitutto la relatrice di questa tesi, la Professoressa Gabriella Buffa, per l'attenzione e la gentilezza dimostrate durante la stesura del lavoro, oltre che per il piacere e il coinvolgimento provati all'ascolto di ogni sua lezione.

Ringrazio poi il mio correlatore, il Dottore Edy Fantinato, per la sua disponibilità e per tutto l'aiuto fornito durante lo svolgimento del mio tirocinio e la stesura del lavoro.

Un sentito ringraziamento ai miei genitori e a mia sorella, che, con il loro incrollabile sostegno morale e con la loro disponibilità, mi hanno permesso di raggiungere questo traguardo.

Un grazie sincero ai miei compagni di corso e amici Lorenzo, Anna e Marta per essermi stati vicini sia nei momenti difficili sia nei momenti felici.

Bibliografia

- Alberti, M., Marzluff, J. M., Shulenberger, E., Bradley, G., Ryan, C., & Zumbrunnen, C. (2003). Integrating Humans into Ecology: Opportunities and Challenges for Studying Urban Ecosystems. *BioScience*, *53*(12), 1169–1179. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2003\)053\[1169:IHIEOA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2003)053[1169:IHIEOA]2.0.CO;2)
- Andersson, G. K. S., Birkhofer, K., Rundlöf, M., & Smith, H. G. (2013). Landscape heterogeneity and farming practice alter the species composition and taxonomic breadth of pollinator communities. *Basic and Applied Ecology*, *14*(7), 540–546. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2013.08.003>
- Bellucci, V., Bianco, P. M., Strollo, A., Marchetti, M., Marino, D., Marucci, A., Munafò, M., Palmieri, M., Sallustio, L., & Soraci, M. (2016). Distribuzione potenziale degli impollinatori nelle aree agricole secondo il modello InVest. *L'apicoltore italiano*, *7*, 9-12.
- Biella, P., Ollerton, J., Barcella, M., & Assini, S. (2017). Network analysis of phenological units to detect important species in plant-pollinator assemblages: Can it inform conservation strategies? *Community Ecology*, *18*(1), 1–10. <https://doi.org/10.1556/168.2017.18.1.1>
- Bolger, D. T., Suarez, A. v, Crooks, K. R., Morrison, S. A., & Case, T. J. (2000). Arthropods in urban habitat fragments in southern California: area, age, and edge effects. *Ecological Applications*, *10*(4), 1230-1248. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2000\)010\[1230:AIUHFI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2000)010[1230:AIUHFI]2.0.CO;2)
- Bretagnolle, V., & Gaba, S. (2015). Weeds for bees? A review. *Agronomy for Sustainable Development*, *35*(3), 891-909. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0302-5>
- Bretzel, F., Vannucchi, F., Romano, D., Malorgio, F., Benvenuti, S., & Pezzarossa, B. (2016). Wildflowers: From conserving biodiversity to urban greening—A review. *Urban Forestry & Urban Greening*, *20*, 428-436. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.10.008>
- Burgess, V. J., Kelly, D., Robertson, A. W., & Ladley, J. J. (2006). Positive effects of forest edges on plant reproduction: literature review and a case study of bee visitation to flowers of *Peraxilla tetrapetala* (Loranthaceae). In *New Zealand Journal of Ecology*, *30*(2), 179-190. <http://www.nzec.org.nz/nzje>
- Butchart, S. H. M., Walpole, M., Collen, B., van Strien, A., Scharlemann, J. P. W., Almond, R. E. A., Baillie, J. E. M., Bomhard, B., Brown, C., Bruno, J., Carpenter, K. E., Carr, G. M., Chanson, J., Chenery, A. M., Csirke, J., Davidson, N. C., Dentener, F., Foster, M., Galli, A., & Watson, R. (2010). Global Biodiversity: Indicators of Recent Declines. *Science*, *328*(5982), 1164-1168. <https://doi.org/10.1126/science.1187512>
- Canzonieri, C., Benedict, M.E., & McMahon, E.T. (2007). Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities. *Landscape Ecology*, *22*(5), 797-798. <https://doi.org/10.1007/s10980-006-9045-7>

- Chen, J., Franklin, J. F., & Spies, T. A. (1992). Vegetation Responses to Edge Environments in Old-Growth Douglas-Fir Forests. *Ecological Applications*, 2(4), 387-396. <https://doi.org/10.2307/1941873>
- Clough, Y., Kruess, A., & Tschardtke, T. (2006). Local and landscape factors in differently managed arable fields affect the insect herbivore community of a non-crop plant species. *Journal of Applied Ecology*, 44(1), 22-28. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2006.01239.x>
- Comune di Caldogeno. (2012). *Piano di Assetto del Territorio*. <https://www.comune.caldogeno.vi.it/c024018/zf/index.php/servizi-aggiuntivi/index/index/idtesto/13>
- Comune di Cartigliano. (2014). *Piano di Assetto del Territorio*. <https://www.comune.cartigliano.vi.it/home/servizi/servizio~68cfc5dc-1181-4db8-b5fd-2ab26c383240~.html>
- Davies, C., MacFarlane, R., McGloin, C., & Roe, M. (2015). Green Infrastructure Planning Guide. 1-5. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1191.3688>
- European Commission. (2013). *Infrastrutture verdi – Rafforzare il capitale naturale in Europa*. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:d41348f2-01d5-4abe-b817-4c73e6f1b2df.0005.03/DOC_1&format=PDF#:~:text=Infrastrutture%20verdi%3A%20una%20rete%20di,ampio%20spettro%20di%20servizi%20ecosistemici
- European Commission. (2019). *Guidance on a strategic framework for further supporting the deployment of EU-level green and blue infrastructure*. [https://ec.europa.eu/transparency/documents-register/detail?ref=SWD\(2019\)193&lang=en](https://ec.europa.eu/transparency/documents-register/detail?ref=SWD(2019)193&lang=en)
- European Environmental Agency. (2011). *Green infrastructure and territorial cohesion - The concept of green infrastructure and its integration into policies using monitoring systems*. <https://doi.org/10.2800/88266>
- Fantinato, E., del Vecchio, S., & Buffa, G. (2019). The co-occurrence of different grassland communities increases the stability of pollination networks. *Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 255, 11–17. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2019.03.017>
- Fantinato, E., Sonkoly, J., Török, P., & Buffa, G. (2021). Patterns of pollination interactions at community-level are related to the type and quantity of floral resources. *Functional Ecology*. 1-28. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.13915>
- Feranec, J., Hazeu, G., Christensen, S., & Jaffrain, G. (2007). Corine land cover change detection in Europe (case studies of the Netherlands and Slovakia). *Land Use Policy*, 24(1), 234-247. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2006.02.002>
- Forup, M. L., Henson, K. S. E., Craze, P. G., & Memmott, J. (2008). The restoration of ecological interactions: Plant-pollinator networks on ancient and restored heathlands. *Journal of Applied Ecology*, 45(3), 742–752. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2007.01390.x>

- Garibaldi, L. A., Steffan-Dewenter, I., Kremen, C., Morales, J. M., Bommarco, R., Cunningham, S. A., Carvalheiro, L. G., Chacoff, N. P., Dudenhöffer, J. H., Greenleaf, S. S., Holzschuh, A., Isaacs, R., Krewenka, K., Mandelik, Y., Mayfield, M. M., Morandin, L. A., Potts, S. G., Ricketts, T. H., Szentgyörgyi, H., ... Klein, A. M. (2011). Stability of pollination services decreases with isolation from natural areas despite honey bee visits. *Ecology Letters*, *14*(10), 1062–1072. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01669.x>
- Gill, S. E., Handley, J. F., Ennos, A. R., & Pauleit, S. (2007). Adapting Cities for Climate Change: The Role of the Green Infrastructure. *Built Environment*, *33*(1), 115-133. <https://doi.org/10.2148/benv.33.1.115>
- Goulson, D., Lye, G. C., & Darvill, B. (2008). Decline and Conservation of Bumble Bees. *Annual Review of Entomology*, *53*(1), 191-208. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.53.103106.093454>
- Haddad, N. (2000). Corridor Length and Patch Colonization by a Butterfly, *Junonia coenia*. *Conservation Biology*, *14*(3), 738-745. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2000.99041.x>
- Haddad, N. M. (1999). Corridor use predicted from behaviours at habitat boundaries. *The American Naturalist*, *153*(2), 215-227. <https://doi.org/10.1086/303163>
- Hadley, A. S., & Betts, M. G. (2012). The effects of landscape fragmentation on pollination dynamics: absence of evidence not evidence of absence. *Biological Reviews*, *87*(3), 526-544. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2011.00205.x>
- Hass, A. L., Kormann, U. G., Tschardt, T., Clough, Y., Baillod, A. B., Sirami, C., Fahrig, L., Martin, J.-L., Baudry, J., Bertrand, C., Bosch, J., Brotons, L., Burel, F., Georges, R., Giralt, D., Marcos-García, M. Á., Ricarte, A., Siriwardena, G., & Batáry, P. (2018). Landscape configurational heterogeneity by small-scale agriculture, not crop diversity, maintains pollinators and plant reproduction in western Europe. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, *285*(1872), 1-10. <https://doi.org/10.1098/rspb.2017.2242>
- Hendrickx, F., Maelfait, J.-P., Van Wingerden, W., Schweiger, O., Speelmans, M., Aviron, S., Augenstein, I., Billeter, R., Bailey, D., Bukacek, R., Burel, F., Diekötter, T., Dirksen, J., Herzog, F., Liira, J., Roubalova, M., Vandomme, V., & Bugter, R. (2007). How landscape structure, land-use intensity and habitat diversity affect components of total arthropod diversity in agricultural landscapes. *Journal of Applied Ecology*, *44*(2), 340-351. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2006.01270.x>
- Hinsley, S. A. (2000). The costs of multiple patch use by birds. *Landscape Ecology*, *15*(8), 765-775. <https://doi.org/10.1023/A:1008149403852>
- Holzschuh, A., Steffan-Dewenter, I., Kleijn, D., & Tschardt, T. (2006). Diversity of flower-visiting bees in cereal fields: effects of farming system, landscape composition and regional context. *Journal of Applied Ecology*, *44*(1), 41-49. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2006.01259.x>
- Hoyle, H. E., & Sant'Anna, C. G. (2020). Rethinking 'future nature' through a transatlantic research collaboration: climate-adapted urban green infrastructure for human

- wellbeing and biodiversity. *Landscape Research*, 1-17.
<https://doi.org/10.1080/01426397.2020.1829573>
- ISPRA. (2011). *Suolo e Territorio*.
https://www.isprambiente.gov.it/files/pubblicazioni/statoambiente/tematiche2011/10_Suolo_e_territorio_2011.pdf
- ISPRA. (2020). *Il declino delle api e degli impollinatori*.
https://www.isprambiente.gov.it/files2020/pubblicazioni/quaderni/declino-impollinatori_quaderno-ispra_20maggio2.pdf
- ISTAT. (2020a). *Bilancio demografico anno 2020 del Comune di Caldogno*.
<http://demo.istat.it/bilmens/index.php?anno=2020&lingua=ita>
- ISTAT. (2020b). *Bilancio demografico anno 2020 del Comune di Cartigliano*.
<http://demo.istat.it/bilmens/index.php?anno=2020&lingua=ita>
- Kabisch, N., Korn, H., Stadler, J., & Bonn, A. (Eds.) (2017). Nature-Based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas—Linkages Between Science, Policy and Practice. In Kabisch, N., Korn, H., Stadler, J., & Bonn, A. (Eds.) *Nature-Based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas. Theory and Practice of Urban Sustainability Transitions*. Springer International Publishing. 1-11.
<https://doi.org/10.1007/978-3-319-56091-5>
- Kleijn, D., Kohler, F., Báldi, A., Batáry, P., Concepción, E. D., Clough, Y., Díaz, M., Gabriel, D., Holzschuh, A., Knop, E., Kovács, A., Marshall, E. J. P., Tschardtke, T., & Verhulst, J. (2009). On the relationship between farmland biodiversity and land-use intensity in Europe. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 276(1658), 903-909.
<https://doi.org/10.1098/rspb.2008.1509>
- Klein, A. M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., & Tschardtke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1608), 303–313. Royal Society. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>
- Kluser, S., & Peduzzi, P. (2007). *Global Pollinator Decline: A Literature Review National Footprints Based on Planetary Boundaries View project Global Sand Observatory Initiative UNEP/GRID Europe, UNEP*.
https://unepgrid.ch/storage/app/media/legacy/37/Global_pollinator_decline_literature_review_2007.pdf
- Koski, M. H., Meindl, G. A., Arceo-Gómez, G., Wolowski, M., LeCroy, K. A., & Ashman, T. L. (2015). Plant–flower visitor networks in a serpentine metacommunity: assessing traits associated with keystone plant species. *Arthropod-Plant Interactions*, 9(1), 9–21. <https://doi.org/10.1007/s11829-014-9353-9>
- Kremen, C., Williams, N. M., Bugg, R. L., Fay, J. P., & Thorp, R. W. (2004). The area requirements of an ecosystem service: Crop pollination by native bee communities in California. *Ecology Letters*, 7(11), 1109–1119. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2004.00662.x>

- Lanz, B., Dietz, S., & Swanson, T. (2018). The Expansion of Modern Agriculture and Global Biodiversity Decline: An Integrated Assessment. *Ecological Economics*, 144, 260-277. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.07.018>
- Li, P., Kleijn, D., Badenhausser, I., Zaragoza-Trello, C., Gross, N., Raemakers, I., & Scheper, J. (2020). The relative importance of green infrastructure as refuge habitat for pollinators increases with local land-use intensity. *Journal of Applied Ecology*, 57(8), 1494–1503. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13658>
- Lima, S. L., & Zollner, P. A. (1996). Towards a behavioral ecology of ecological landscapes. *Trends in Ecology & Evolution*, 11(3), 131-135. [https://doi.org/10.1016/0169-5347\(96\)81094-9](https://doi.org/10.1016/0169-5347(96)81094-9)
- Marshall, E. J. P., & Moonen, A. C. (2002). Field margins in northern Europe: their functions and interactions with agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 89(1–2), 5-21. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00315-2](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00315-2)
- Meehan, T. D., Werling, B. P., Landis, D. A., & Gratton, C. (2011). Agricultural landscape simplification and insecticide use in the Midwestern United States. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(28), 11500-11505. <https://doi.org/10.1073/pnas.1100751108>
- Mell, I. C. (2008). Green Infrastructure: concepts and planning. *Forum Ejournal*, 8(1), 69-80. https://www.academia.edu/724336/Green_Infrastructure_concepts_and_planning
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. (Millennium Ecosystem Assessment, Ed.). Island Press. <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>
- Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. (2010). *La Strategia Nazionale per la Biodiversità*. 1-204. https://www.mite.gov.it/sites/default/files/archivio/allegati/biodiversita/Strategia_Nazionale_per_la_Biodiversita.pdf
- Mirocha, P., Buchmann, S., & Nabhan, G. (1996). *The Forgotten Pollinators*. Island Press. <https://www.researchgate.net/publication/37717222>
- Myers, N., & Knoll, A. H. (2001). The biotic crisis and the future of evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98(10), 5389-5392. <https://doi.org/10.1073/pnas.091092498>
- Nicholson, C. C., Koh, I., Richardson, L. L., Beauchemin, A., & Ricketts, T. H. (2017). Farm and landscape factors interact to affect the supply of pollination services. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 250, 113-122. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.08.030>
- Niemelä, J., Saarela, S. R., Söderman, T., Kopperoinen, L., Yli-Pelkonen, V., Väre, S., & Kotze, D. J. (2010). Using the ecosystem services approach for better planning and conservation of urban green spaces: A Finland case study. *Biodiversity and Conservation*, 19(11), 3225–3243. <https://doi.org/10.1007/s10531-010-9888-8>

- Öckinger, E., & Smith, H. G. (2006). Semi-natural grasslands as population sources for pollinating insects in agricultural landscapes. *Journal of Applied Ecology*, *44*(1), 50-59. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2006.01250.x>
- Oerke, E.-C. (2006). Crop losses to pests. *The Journal of Agricultural Science*, *144*(1), 31-43. <https://doi.org/10.1017/S0021859605005708>
- Ollerton, J., Winfree, R., & Tarrant, S. (2011). How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos*, *120*(3), 321-326. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2010.18644.x>
- Peraboni, C. (2010). *Reti ecologiche e infrastrutture verdi* (Maggioli Editore, Ed.).
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.01.007>
- Pyke, G. H. (1984). Optimal Foraging Theory: A Critical Review. *Annual Review of Ecology and Systematics*, *15*(1), 523-575. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.15.110184.002515>
- Regione del Veneto. (2015). *Dossier Conoscitivo*. http://www.contrattodifiumebrenta.com/pdf/documenti/4_elaborati/dossier.pdf
- Solecki, W., & Marcotullio, P. J. (2013). Climate Change and Urban Biodiversity Vulnerability. Springer Netherlands. 485-504. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7088-1_25
- Steffan-Dewenter, I. (2003). Importance of Habitat Area and Landscape Context for Species Richness of Bees and Wasps in Fragmented Orchard Meadows. *Conservation Biology*, *17*(4), 1036-1044. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2003.01575.x>
- Tentelier, C., Desouhant, E., & Fauvergue, X. (2006). Habitat assessment by parasitoids: mechanisms for patch use behavior. *Behavioral Ecology*, *17*(4), 515-521. <https://doi.org/10.1093/beheco/arj062>
- Theodorou, P., Albig, K., Radzevičiūtė, R., Settele, J., Schweiger, O., Murray, T. E., & Paxton, R. J. (2017). The structure of flower visitor networks in relation to pollination across an agricultural to urban gradient. *Functional Ecology*, *31*(4), 838-847. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12803>
- Townsend, P. A., & Levey, D. J. (2005). An experimental test of whether habitat corridors affect pollen transfer. *Ecology*, *86*(2), 466-475. <https://doi.org/10.1890/03-0607>
- Tscharntke, T., Klein, A. M., Kruess, A., Steffan-Dewenter, I., & Thies, C. (2005). Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity - ecosystem service management. *Ecology Letters*, *8*(8), 857-874. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00782.x>
- Vickery, J. A., Tallwin, J. R., Feber, R. E., Asteraki, E. J., Atkinson, P. W., Fuller, R. J., & Brown, V. K. (2001). The management of lowland neutral grasslands in Britain: effects of agricultural practices on birds and their food resources. *Journal of Applied Ecology*, *38*(3), 647-664. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.2001.00626.x>

- Williams, N. M., Ward, K. L., Pope, N., Isaacs, R., Wilson, J., May, E. A., Ellis, J., Daniels, J., Pence, A., Ullmann, K., & Peters, J. (2015). Native wildflower plantings support wild bee abundance and diversity in agricultural landscapes across the United States. *Ecological Applications*, 25(8), 2119-2131. <https://doi.org/10.1890/14-1748.1>
- Woodcock, B. A., Isaac, N. J. B., Bullock, J. M., Roy, D. B., Garthwaite, D. G., Crowe, A., & Pywell, R. F. (2016). Impacts of neonicotinoid use on long-term population changes in wild bees in England. *Nature Communications*, 7(1), 1-8. <https://doi.org/10.1038/ncomms12459>
- Wratten, S. D., Gillespie, M., Decourtye, A., Mader, E., & Desneux, N. (2012). Pollinator habitat enhancement: Benefits to other ecosystem services. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 159, 112-122. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.06.020>
- Zamorano, J., Bartomeus, I., Grez, A. A., & Garibaldi, L. A. (2020). Field margin floral enhancements increase pollinator diversity at the field edge but show no consistent spillover into the crop field: a meta-analysis. *Insect Conservation and Diversity*, 13(6), 519-531. <https://doi.org/10.1111/icad.12454>