



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Territorio e Sistemi Agro-Forestali

Corso di laurea magistrale in Scienze Forestali e Ambientali LM-73

**Qualità biologica del suolo in ambiente mediterraneo - Indagini sull'isola di
Albarella e nel Giardino Botanico di Porto Caleri**

**Biological quality of the soil in a Mediterranean environment - Surveys on the
island of Albarella and in the Botanical Garden of Porto Caleri**

Relatore:

Prof. Augusto Zanella

Laureando:

Linnyk Vitaliy

Matricola:

1219846

ANNO ACCADEMICO 2022 – 2023

Sommario

RIASSUNTO	4
SUMMARY	4
1. INTRODUZIONE	5
2. AREA DI STUDIO	7
2.1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	7
2.2. INQUADRAMENTO CLIMATICO.....	8
2.3. INQUADRAMENTO VEGETAZIONALE.....	11
3. PEDOFAUNA	21
3.1. CLASSIFICAZIONE DELLA PEDOFAUNA.....	21
3.2. RUOLO DELLA PEDOFAUNA NEL SUOLO.....	23
3.3. ADATTAMENTI DELLA PEDOFAUNA AL SUOLO.....	25
4. MATERIALI E METODI	28
4.1. IL METODO QBS-AR.....	28
4.2. L'INDICE ACARI/COLLEMBOLI.....	33
4.3. PRELIEVO DEI CAMPIONI.....	35
4.4. ESTRAZIONE DEGLI ARTROPODI.....	36
4.5. RICONOSCIMENTO DEGLI ARTROPODI E DETERMINAZIONE DELLE FORME BIOLOGICHE.....	40
5. RISULTATI E DISCUSSIONI	43
5.1. L'EVOLUZIONE DELLA BIODIVERSITÀ DEL SUOLO DAL MARE VERSO L'ENTROTERRA: PORTO CALERI VS. ISOLA DI ALBARELLA.....	45
5.1.1. Giardino Botanico di Porto Caleri.....	45
5.1.2. Albarella.....	49
5.2. CONFRONTO DEI RISULTATI TRA PORTO CALERI E L'ISOLA DI ALBARELLA PER GLI ANNI 2019 E 2020.....	53
5.3. VALIDITÀ DEL METODO QBS-AR NEI PROGRAMMI DI MONITORAGGIO AMBIENTALE.....	56
6. CONCLUSIONI	62
7. BIBLIOGRAFIA	64
8. SITOGRAFIA	69
APPENDICE 1	70
APPENDICE 2	92

Riassunto

Lo scopo di questa ricerca è quello di analizzare l'evoluzione della biodiversità del suolo lungo due transetti di 14 punti che vanno dal mare (zona afitica) alla foresta più interna (a base di leccio e pino marittimo), passando attraverso ecosistemi sempre più complessi, prima erbacei, poi arbustivi, e infine arboreescenti. La biodiversità edafica di una riserva naturale avente anche una parte non accessibile al pubblico, è stata messa a confronto con quella di un'isola che ha subito un forte impatto antropico. Solo poche centinaia di metri separano le due serie vegetazionali. Per confrontare questi suoli abbiamo individuato unità vegetali della stessa serie in entrambi i siti, naturale e artificiale.

L'indice QBS-ar e il rapporto acari/collembolo sono stati utilizzati per calcolare rispettivamente la qualità biologica e lo stato biodinamico del suolo.

Per raggiungere lo scopo dell'indagine, tre campioni di suolo sono stati prelevati in ciascuno dei 14 ecosistemi. Gli artropodi classificati e contati utilizzando un estrattore Berlese-Tullgren. L'identificazione degli artropodi e la valutazione delle loro caratteristiche adattative hanno permesso di calcolare i due indici di biodiversità e di biodinamica del suolo. L'applicazione del metodo QBS-ar agli ecosistemi dunali naturali e artificiali ha mostrato che la biodiversità edafica aumenta in tutta la serie dalle fasi pioniere vicine al mare alla foresta, e che gli indici di biodiversità edafica non sono statisticamente diversi nell'ambiente artificiale rispetto a quello naturale.

Summary

The aim of this research is to analyze the evolution of soil biodiversity along two transects of 14 points that go from the sea (aphytic zone) to the innermost forest (based on holm oak and maritime pine), passing through increasingly complex ecosystems, first herbaceous, then shrubby, and finally arborescent. The edaphic biodiversity of a natural reserve which also has a part not accessible to the public was compared with that of an island which has suffered a strong anthropic impact. Only a few hundred meters separate the two vegetation series. To compare these soils we identified plant units of the same series in both natural and artificial sites.

The QBS-ar index and the mite/collembola ratio were used to calculate the biological quality and biodynamic status of the soil, respectively.

To achieve the aim of the investigation, three soil samples were taken in each of the 14 ecosystems. Arthropods classified and counted using a Berlese-Tullgren extractor. The identification of arthropods and the evaluation of their adaptive characteristics made it possible to calculate the two indices of biodiversity and soil biodynamics. The application of the QBS-ar method to natural and artificial dune ecosystems showed that edaphic biodiversity increases throughout the series from near-sea pioneer phases to forest, and that edaphic biodiversity indices are not statistically different in the artificial environment compared to the natural one.

1. Introduzione

Il lavoro di questa tesi rientra nell'ambito del progetto "ALBA - Uni-impresa 2019" che nasce da collaborazione tra il Dipartimento di Territorio e Sistemi Agro-Forestali (TESAF) dell'Università di Padova e l'Associazione Comunione Isola di Albarella (proprietari dell'isola di Albarella). Il progetto è denominato ALBA, che sta per "Albarella Laboratorio Biodiversità Ambiente", e ha tre idee principali. La prima è quella di gestire l'ambiente sull'isola di Albarella in modo che assomigli il più possibile a un ambiente naturale. La seconda idea importante è quella di gestire Albarella in modo che le emissioni di anidride carbonica causate dalle attività umane siano bilanciate dalle quantità di CO₂ catturate dalla crescita delle piante sull'isola e immagazzinate nel suolo. La terza è quella di tentare di diminuire le emissioni di CO₂ equivalente dell'isola per limitare l'impatto sul clima delle attività turistiche che caratterizzano l'isola.

Il progetto ALBA parte dall'idea che eseguire le ricerche e prevedere un modello di sostenibilità su un'isola sia più facile rispetto a una vasta area continentale. Dal coordinatore scientifico, prof. Augusto Zanella, sono stati programmati undici *work packages* (vegetazione, microrganismi, artropodi e lombrichi, suolo, api, uccelli, aree verdi, acque interne, fiordi, modello Zero Carbon Emission, media) al fine di raccogliere dati e fare esperimenti utili per pianificare la gestione sostenibile dell'isola. Nel 2020 sono stato vincitore della borsa di studio (TESAF 2020/37, dal titolo "Raccolta e classificazione di Artropodi e Lombrichi"), della durata di quattro mesi per lo svolgimento di attività di ricerca del *work packages* "artropodi e lombrichi". Il presente lavoro di tesi riguarda alcuni risultati derivati dalla mia ricerca condotta nel contesto dell'assegnazione della borsa di studio. Si focalizza sullo studio della biodiversità edafica e di come le attività umane possano influenzarla, e sull'importanza dell'utilizzo di organismi edafici come bioindicatori nei programmi di monitoraggio.

I luoghi di ricerca sono stati l'isola di Albarella e il Giardino Botanico di Caleri. La prima si trova a 40 km a sud di Venezia. È caratterizzata da un elevato impatto antropico ed è stata selezionata per diverse ragioni: isolamento ecologico, vicinanza a una riserva naturale e importante attività turistica. Il giardino Botanico di Porto Caleri, invece, è una riserva naturale soggetta a vincolo ambientale e quindi per buona parte non accessibile al pubblico. Esso si trova nelle vicinanze dell'isola di Albarella ed è stato utilizzato come punto di riferimento "più naturale" per il nostro studio. L'ambiente di studio in entrambe i siti presenta una vegetazione caratteristica delle zone costiere del Mediterraneo. Abbiamo trovato 14 tipi di vegetazione che possono essere usati come punti di confronto per entrambi i luoghi. Raccogliendo campioni del suolo lungo un transetto che va dal mare fino al bosco, sia a Porto Caleri che ad Albarella, abbiamo potuto studiare e confrontare la biodiversità del suolo in ambiente naturale e antropico. Le fasi operative hanno compreso la raccolta dei campioni di suolo da ciascun ecosistema, l'estrazione degli artropodi dal suolo tramite l'utilizzo del selettore Berlese-Turlgen, l'identificazione degli artropodi e la valutazione delle loro caratteristiche adattative, e infine calcolo degli indici di biodiversità. Il monitoraggio è stato condotto in due annate diverse per valutare le variazioni della biodiversità edafica nel tempo, nel 2019 in 10 ecosistemi in ogni serie e nel 2020 in 14, per

crescere la rappresentatività dei campioni nei due siti.

Negli ultimi anni, molte persone stanno prestando sempre più attenzione allo studio dei suoli. Questo perché stanno diventando sempre più consapevoli dei problemi globali legati al deterioramento, alla perdita di fertilità e alla diminuzione della biodiversità nei suoli di molte parti del mondo (Macfadyen, 1961; Previati et al., 2007; Culliney, 2013; Maaß et al., 2015; Soong and Nielsen, 2016; Çakır and Makineci, 2018; Main et al., 2018; Zanella et al., 2018; Mo et al., 2021). Solo di recente abbiamo capito quanto sia importante l'intero ecosistema per il funzionamento del suolo e abbiamo scoperto che il suolo può darci informazioni preziose sulla salute dell'ambiente (Menta, 2008). L'analisi di suoli soggetti a un aumento del disturbo e a differenti pratiche di utilizzo ha rilevato una progressiva diminuzione sia in termini numerici che in complessità delle comunità di microartropodi. In generale, l'aumento dell'intensità di utilizzo del suolo conduce a una semplificazione delle comunità di invertebrati. Questa semplificazione è direttamente correlata alla quantità di sostanza organica e alla qualità intrinseca del suolo (Menta, 2004; Menta et al., 2018a). Nella valutazione ambientale i metodi biologici assumono sempre più importanza e vengono utilizzati insieme ai tradizionali metodi chimici e fisici. Questi metodi biologici "prevedono l'impiego di bioindicatori, vale a dire organismi, o parti di essi, o popolamenti naturali che danno informazioni sulla qualità dell'ambiente attraverso risposte identificabili e/o quantificabili" (Ferrazi e Berger, 2010; Angelini et al., 2002; Gardi et al., 2002; Lisa, 2012; Parisi, 2001, 1974; Stevanato et al., 2014; Linnyk, 2019).

L'obiettivo della tesi è stato il monitoraggio della biodiversità del suolo nell'ambiente mediterraneo attraverso gli indici di qualità biologica del suolo basati sulle comunità animali edafiche. Il metodo del monitoraggio utilizzato è QBS-ar (indice di qualità biologica del suolo basato sugli artropodi), che assegna un indice fornendo informazioni sullo stato di naturalità e di sofferenza del suolo ad ogni ecosistema. Inoltre, è stato utilizzato l'indice Acari/Collemboli per analizzare le condizioni biodinamiche del suolo. In particolare, sono stati analizzati seguenti aspetti:

- I. l'evoluzione della biodiversità del suolo lungo un transetto che va dalla costa marina verso l'entroterra considerando diverse tipologie vegetazionali in Albarella e Porto Caleri
- II. il confronto della biodiversità del suolo tra Albarella e Porto Caleri negli anni 2019 e 2020
- III. verifica della validità del metodo QBS-ar applicato agli ecosistemi naturali e antropizzati

In riferimento all'ultimo aspetto, sottolineo che ho già completato una tesi triennale su un tema affine, focalizzandomi sull'analisi della biodiversità del suolo all'interno dei vigneti di Valpolicella, analizzando quattro diversi approcci gestionali. Pertanto, numerosi riferimenti bibliografici e metodologici verranno trattati da tale lavoro precedente. Il metodo QBS-ar applicato ai vigneti si è affermato come un indice di biodiversità del suolo affidabile. La tesi triennale ha suscitato un notevole interesse, poiché l'agricoltura biologica è attualmente in crescita, ottenendo un punteggio di 8.1 nel Research Interest Score (RIS) sulla piattaforma accademica e scientifica ReserchGate (Linnyk, 2019). Questa tesi costituisce un proseguimento del mio precedente lavoro sulla biodiversità del suolo, ma con un'applicazione agli ecosistemi naturali di duna mediterranea.

2. Area di studio

2.1. Inquadramento geografico

La località in cui si è svolto questo studio è l'isola di Albarella e la penisola del Giardino Botanico di Porto Caleri. Secondo il *database* europeo (natura2000.eea.europa.eu), quest'ultimo territorio è parte integrante della Rete Natura 2000, designato come Sito di Importanza Comunitaria (SIC) con il codice IT3270017 (Delta del Po: tratto terminale e delta veneto) e Zona di Protezione Speciale (ZPS) con il codice IT3270023 (Delta del Po). Inoltre, fa parte del Parco Naturale Regionale Veneto del Delta del Po (parcodeltapo.org). Entrambe le località sono situate nel comune di Rosolina, nella Provincia di Rovigo, e sono delimitate a est dal Mare Adriatico, a ovest dalla Laguna di Caleri, a nord da Rosolina Mare e a sud dal fiume Po di Levante. Si trovano all'incirca 40 km a sud di Venezia (figura 1).

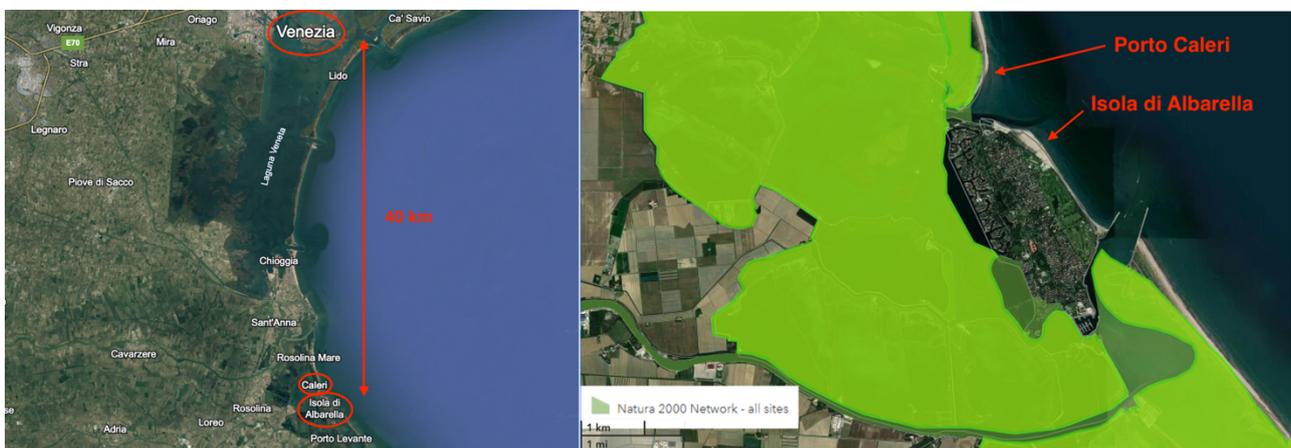


Figura 1. L'immagine a sinistra presenta l'area di studio, mentre l'immagine a destra, tratteggiata in verde, evidenzia l'appartenenza di Porto Caleri alla Rete Natura 2000. L'isola di Albarella è esclusa. (da Google Earth Pro).

L'isola di Albarella è una proprietà privata che si estende per 3,5 km in lunghezza e 1,5 km in larghezza, coprendo una superficie di 528 ettari ed è principalmente dedicata al turismo e alle attività ricreative. È la località di mare più esclusiva del Veneto ([ilsole24ore](http://ilsole24ore.com), 2023). La gestione dell'isola è suddivisa tra la Società Albarella S.r.l. del Gruppo Marcegaglia e l'Associazione Comunione Isola di Albarella. Per accedere all'isola, è necessario ottenere un permesso speciale rilasciato a chi prenota un alloggio. La vegetazione è caratteristica delle zone costiere, con 2 milioni di alberi di 150 specie arboree diverse, tra cui il pino marittimo e il pioppo bianco, il "*Populus alba*", da cui prende il nome (comunioneisoladialbarella.com). L'isola presenta un'ampia area verde di circa 55 ettari situata nella sua parte centrale. A ovest, si estende la zona dei Fiordi che occupa circa 50 ettari. Mentre più a sud si trova la Valle Vallessina, una zona di pesca di proprietà privata. La parte orientale dell'isola è caratterizzata dalla presenza esclusiva di unità residenziali e dal centro sportivo dell'isola, seguito da un campo da golf di 55 ettari affacciato sul mare. Inoltre, l'isola offre diverse strutture sportive per attività come tennis, tiro con l'arco ed equitazione, nonché un porto turistico (Ranzani, 2021).

Il Giardino Botanico di Porto Caleri (istituito il 16 giugno del 1999) si estende su una superficie di circa 44 ettari ed è un esempio rappresentativo della tipica vegetazione di macchia mediterranea (figura 2). Quest'area è parte integrante della Rete Natura 2000 e ha l'obiettivo di tutelare habitat e specie di particolare interesse naturalistico evitandone la scomparsa. Il Giardino Botanico di Porto Caleri è di grande rilevanza scientifica in quanto ospita alcune rare specie endemiche, tra cui il fiordaliso di Tommasini e la *Salicornia veneta* (parcodeltapo.org). Per esplorare questi ecosistemi, i visitatori possono percorrere i sentieri durante le ore di apertura del parco. Attraverso i sentieri è possibile attraversare la pineta, le dune e i piccoli stagni, fino a raggiungere la spiaggia e successivamente la laguna. I vari sentieri permettono di comprendere le dinamiche di cambiamento degli ambienti e le variazioni nella vegetazione lungo questo percorso. La gestione è affidata all'ex Servizio Forestale di Padova e Rovigo. Il servizio visite è curato dall'Ente Parco del Delta del Po.

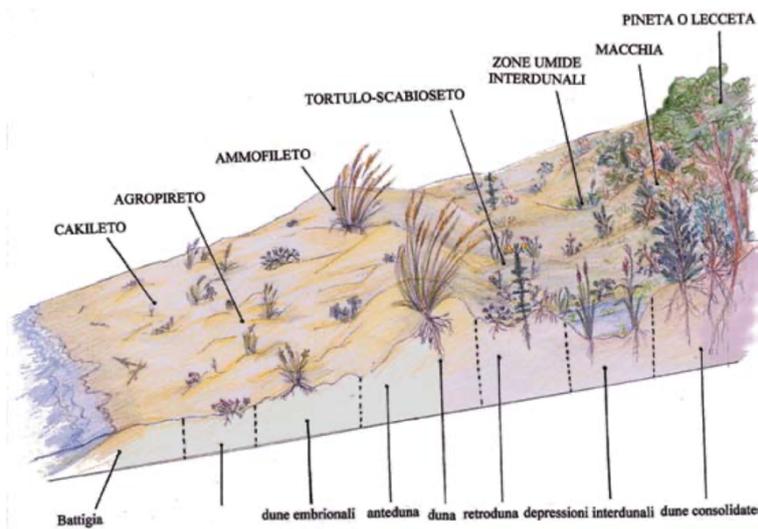


Figura 2. Vegetazione di Porto Caleri (da ex Servizio Forestale Regionale per le Province di Padova e Rovigo, 2003).

2.2. Inquadramento climatico

La quantità di precipitazioni, ovvero il regime pluviometrico che cade in una determinata area durante l'anno, insieme alla temperatura media, rappresentano due fattori chiave nella definizione del clima di una regione forestale (costiera, pianiziale, avanalpica collinare, ecc.). Questi fattori, a loro volta, determinano la tipologia di habitat e l'ecosistema che caratterizzano un'area geografica. Per l'inquadramento climatico, sono stati utilizzati i dati provenienti dalla stazione ARPAV (Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto), situata a Rosolina, presso il Centro Sperimentale di Veneto Agricoltura "Po di Tramontana" (ARPAV, 2023). Grazie a essa, è stato possibile scaricare i dati liberamente accessibili utilizzati per costruire i grafici relativi all'inquadramento climatico storico (figura 3, 4 e 5). La stazione meteorologica di Rosolina si trova a circa 10 km dai siti di campionamento ed è quella più vicina.

Il valore medio delle precipitazioni annue totali della zona è di 730 mm, con una precipitazione minima di 447 mm nel 2011 e una massima di 1005 mm nel 2014. Per gli anni 2019 e 2020, durante i quali si è svolto questo studio, la piovosità cumulata è stata rispettivamente di 982 e 621 mm (figura 3).

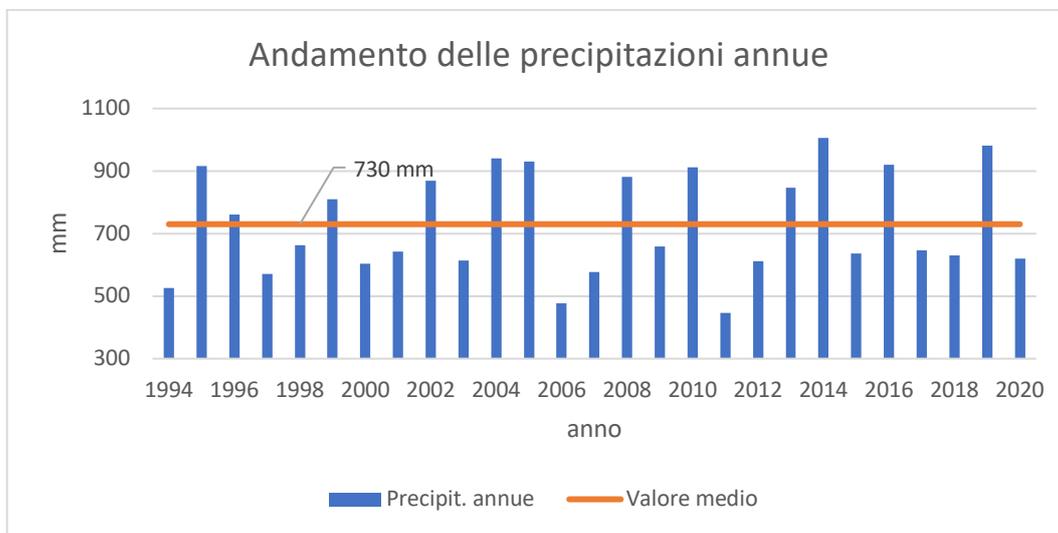


Figura 3. Le precipitazioni annuali dal 1° gennaio 1994 al 31 dicembre 2020 (da ARPAV, 2023).

Il valore delle temperature medie annue è di 13,8 °C. L'anno più freddo è stato 1995 con una temperatura media annua di 12,7 °C. L'anno più caldo è stato il 2014 con una temperatura media di 15 °C. Per gli anni 2019 e 2020, durante i quali si è svolto questo studio, la temperatura media annua è stata rispettivamente di 14,5 °C e 14,2 °C (figura 4).

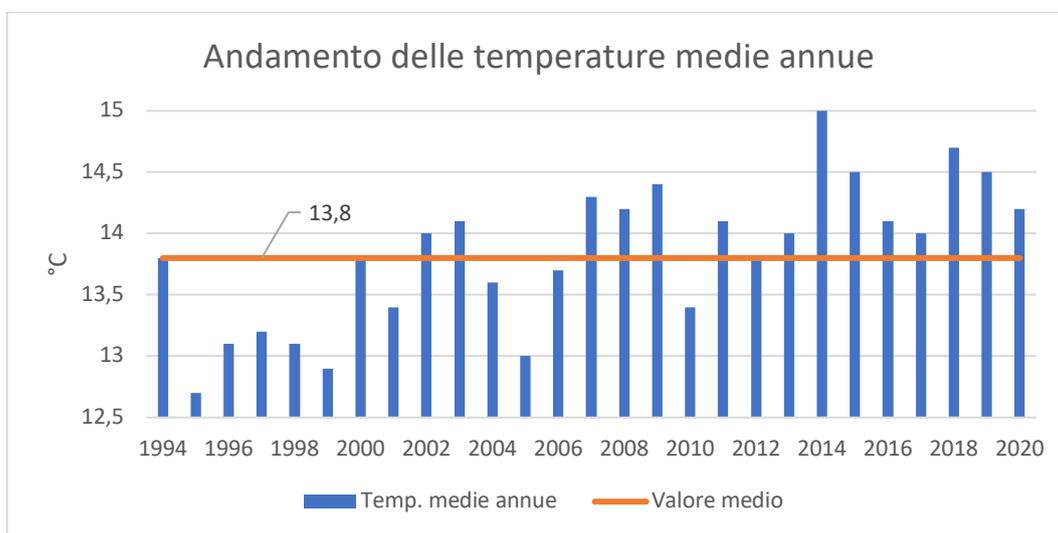


Figura 4. Le temperature medie annuali dal 1° gennaio 1994 al 31 dicembre 2020 (da ARPAV, 2023).

La stagionalità delle precipitazioni, vale a dire il regime pluviometrico, evidenzia una diminuzione delle precipitazioni medie mensili nei mesi di gennaio, febbraio e marzo, con circa 45 mm di pioggia al mese. I mesi estivi, anch'essi, sono più secchi. Le precipitazioni sono concentrate principalmente nel mese di maggio, con una quantità di 69 mm, e nei mesi autunnali che includono settembre, ottobre e novembre, con medie cumulative di rispettivamente 78,3 mm, 81 mm e 76,8 mm. Questo modello definisce **un regime**

pluviometrico sub-equinoziale autunnale, indicando due picchi di precipitazioni uno primaverile e uno autunnale, il secondo avendo quantità significativamente maggiori di precipitazioni rispetto a tutte le altre stagioni dell'anno. Le temperature storiche seguono un andamento a campana, con il mese più caldo che è luglio, con una media di 24,2 °C, e il mese più freddo che è gennaio, con una media di 3,6 °C. Inoltre, le stagioni estive sono caratterizzate anche da aridità, dovuta alle alte temperature e alla scarsa piovosità (figura 5).

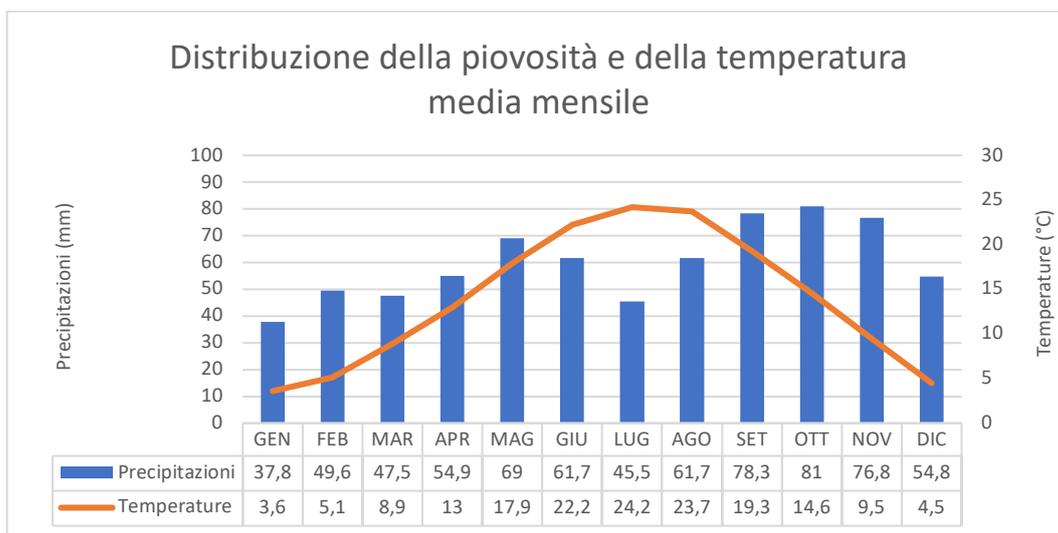


Figura 5. Andamento delle medie mensili di precipitazioni e temperature dal 1° gennaio 1994 al 31 dicembre 2020 (da ARPAV, 2023).

La prima campagna di campionamento del suolo è stata condotta nel mese di ottobre del 2019. Durante questo periodo, la quantità di pioggia misurata è stata di 73 mm, in linea con la media storica di precipitazioni di 81 mm. Tuttavia, la temperatura è stata più elevata, con una differenza di oltre 1,6 °C rispetto alla temperatura media mensile storica (figura 6).

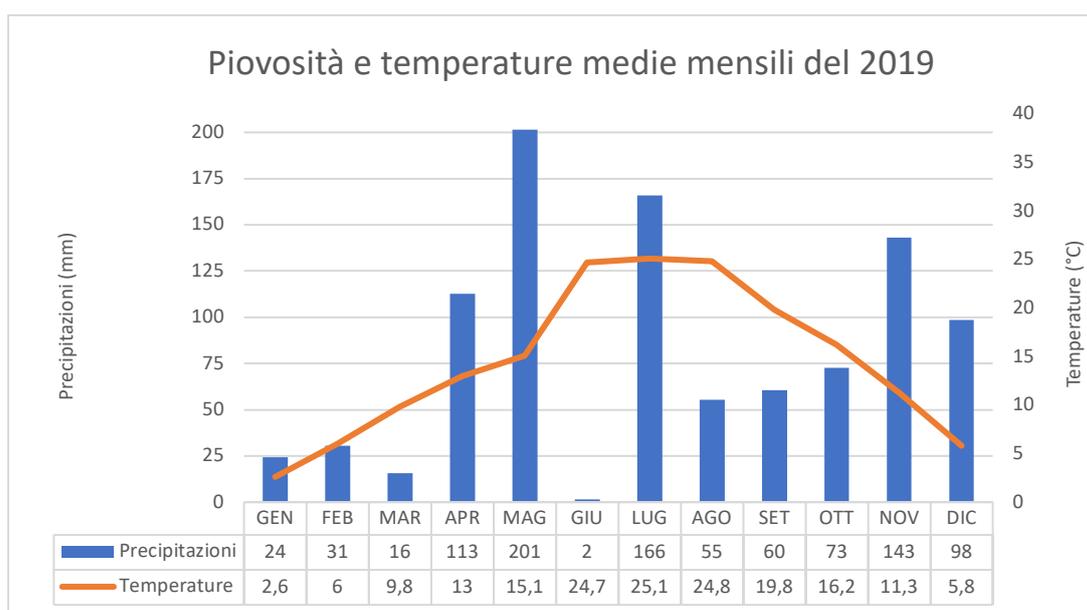


Figura 6. Piovosità e temperature medie mensili del 2020 (da ARPAV, 2023).

La seconda campagna di campionamento del suolo è stata effettuata nel mese di novembre del 2020. In questo periodo, la quantità di pioggia registrata è stata di soli 14 mm, una cifra notevolmente al di sotto della media storica delle precipitazioni, che è di 76,8 mm. Questo indica chiaramente un novembre caratterizzato da aridità. Tuttavia, le temperature durante questo mese sono state in linea con la media storica delle temperature mensili (figura 7).

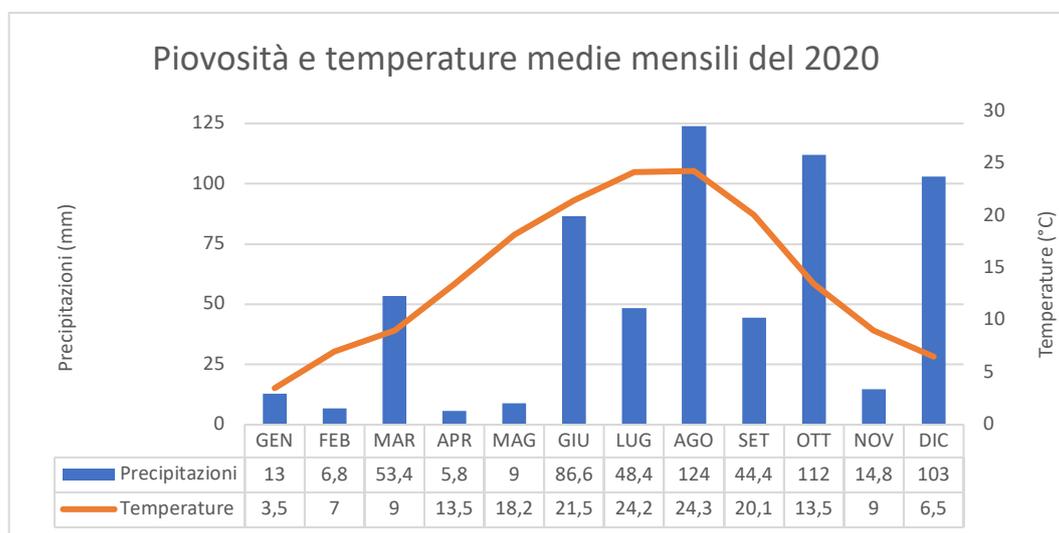


Figura 7. Piovosità e temperature medie mensili del 2020 (da ARPAV, 2023).

2.3. Inquadramento vegetazionale

L'inquadramento vegetazionale è importante nello studio della biodiversità del suolo, poiché la vegetazione, (es. specie leader, pioniere primarie e secondarie, formazioni effimere) riflette le caratteristiche del suolo stesso. Le condizioni del suolo variano notevolmente lungo un gradiente che si estende dal mare verso l'entroterra. Secondo Acosta et al. (2015), l'aerosol marino e gli effetti del vento e della salsedine diminuiscono progressivamente d'intensità andando dal mare verso l'entroterra, mentre la quantità di sostanza organica, di umidità e di nutrienti nel suolo hanno un andamento opposto (figura 8). Maggiore è la maturità e la ricchezza di sostanza organica in un suolo, maggiore sarà la biodiversità edafica del suolo. La presenza di sostanza organica nel suolo alimenta la catena del detrito, che a sua volta costituisce la base delle reti trofiche endogee (l'argomento che verrà approfondito nei capitoli successivi).



Figura 8. Rappresentazione grafica del gradiente mare-terra dei principali fattori ambientali delle dune costiere mediterranee (da Acosta et al., 2015).

Il lavoro di questa tesi considera un insieme completo di stadi vegetazionali in entrambi i siti, che variano dal litorale alle dune, dagli arbusti alla foresta, oltre a biotopi particolari per ciascun tipo di vegetazione presente in entrambi i siti (figura 9).

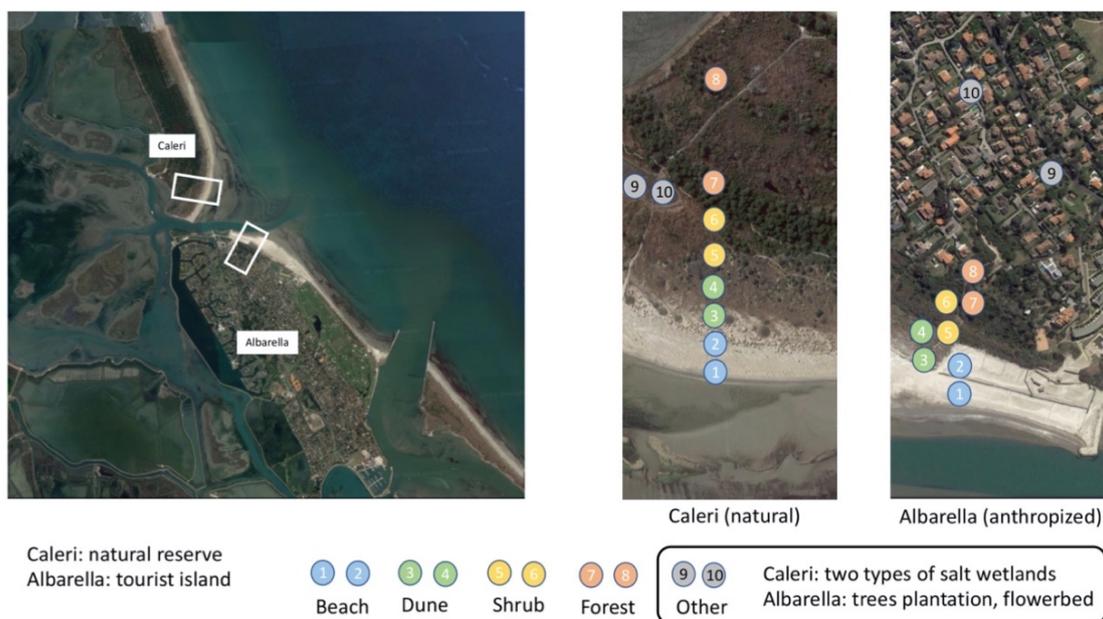


Figura 9. L'immagine a sinistra mostra la posizione simmetrica, l'origine geologica e vegetazione condivisa dei due siti opposti. Porto Caleri è una area protetta e Albarella è un'isola turistica. In entrambi i siti (l'immagine centrale e a destra), sono state condotte comparazioni tra due serie di campioni riconducibili a cinque differenti ecosistemi: spiaggia, dune, arbusti, foresta e altre fitocenosi (da Mo et al., 2022).

Per effettuare l'inquadramento vegetazionale ho utilizzato i dati provenienti dalla tesi di Giulia Ranzani, studentessa del corso di laurea in Tecnologie Forestali e Ambientali presso l'Università di Padova (Ranzani, 2021), grazie alla partecipazione congiunta allo stesso progetto "ALBA". **Nell'anno 2019, sono stati prelevati 10 campioni del suolo sull'isola di Albarella e 11 a Porto Caleri. Nel 2020, il numero di campioni è aumentato a 14 per Albarella e 14 per Porto Caleri.** Per semplificare, si utilizza la sigla "A" riferita all'isola di Albarella e "C" per indicare Porto Caleri. Gli ecosistemi condivisi dei punti campionati sull'isola di

Albarella e a Porto Caleri possono essere descritti come segue (Ranzani, 2021., *modificata*):

- C0, C1, A1: spiaggia (priva di vegetazione);
- C2, C3, A2, A3: duna bianca;
- C4, C5, A4, C11, C6, A5, A6: duna grigia;
- C7, C8, C13, A7, A8, A12: foresta;
- C9, C10, C12: ecosistemi presenti solo a Porto Caleri;
- A9, A10, A11, A13, A14: ecosistemi presenti solo nell'Isola di Albarella.

La vegetazione del Giardino Botanico di Porto Caleri segue una struttura a fasce, costituita da vegetazione tipica che comprende garriga (formazioni effimere), macchia bassa e macchia alta (con all'interno le successioni delle pinete e dei lecceti). In seguito, si descrive la serie di vegetazione che va dal mare fino alla foresta al fine di associare ciascun campione del suolo prelevato alla vegetazione corrispondente. Vengono inoltre fornite immagini fotografiche per una migliore comprensione degli ecosistemi campionati (figura 10).



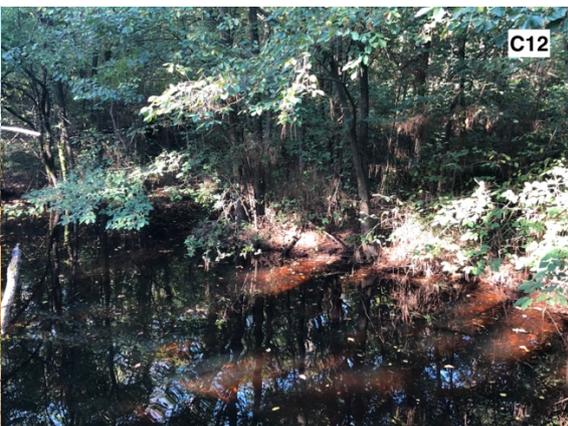




Figura 10. Le unità della serie vegetazionale di Porto Caleri.

- C0 (zona di marea o afitoica): questa area emerge solo durante la bassa marea ed è priva di vegetazione.
- C1 (spiaggia libera): zona di accumulo di necromassa legnosa portata a riva dal mare, priva di vegetazione.
- C2 (duna embrionale): sono presenti specie erbacee (*Ammophila arenaria*, *Cakile maritima* e *Xanthium italicum*) con distribuzione casuale e copertura discontinua.
- C3 (duna bianca): la duna bianca è stabilizzata prevalentemente da *Ammophila arenaria*, ma la copertura non supera il 30%.
- C4 (retroduna, depressione interdunale): la duna è mobile ma più consolidata rispetto alla duna embrionale. L'ammofiletto è specie prevalente, con una copertura del suolo di circa 70%.
- C5 (duna grigia o duna stabile): la duna è consolidata da *Tortulo-Scabiosetum*. La copertura del suolo è del 90%. Posso essere presenti pino domestico o pino marittimo, sparsi e isolati di varia età.
- C6 (macchia mediterranea): la fascia di mantello tra l'ambiente dunale e il bosco. Gli arbusti, in particolare *Juniperus communis* e occasionalmente *Crataegus monogyna*, *Eleagnus angustifolia*, *Phillyrea angustifolia* o *Hippophaë rhamnoides*, dominano questa zona (65% di copertura). Gli individui arborei sono più frequenti rispetto alla duna grigia, ma comunque isolati.
- C7 (pineta con *Quercus ilex*): pineta di pino marittimo coetaneiforme con la presenza di leccio nel piano dominato e meno frequentemente orniello. È presente una spessa lettiera di aghi di pino. Lo strato arboreo occupa circa 70%. Nelle chiarie si insediano prevalentemente *Rubus ulmifolius* e *Asparagus acutifolius*. Lo strato erbaceo è assente nel sottobosco.
- C8 (pineta con *Ulmus minor*): pineta rada con olmi (*Ulmus minor*) nel piano codominante. Presenta una lettiera di aghi ed è priva di un sottobosco. Lo strato erbaceo discontinuo ed è costituito da *Hedera helix*, *Asparagus acutifolius* e *Rubia peregrina*.
- C9 (zona umida salmastra con prevalenza di *Limonium* spp.): zona periodicamente inondata dalle maree, caratterizzata dalla presenza predominante di *Limonium* spp. e *Salicornia* spp., che formano tappeti vegetali.
- C10 (vegetazione alofitica in acque salmastre superficiali): zona di barena influenzata dalle acque

salmastre. Le specie più frequenti includono i giunchi (*Juncus* spp.), *Puccinellia festuciformi*, *Limoniun* spp. e *Salicornia* spp.

- C11 (duna grigia con cintura a *Tamarix gallica*): specie indicatrici sono *Tamarix gallica*, *Rubus ulmifolius* e *Phyllirea angustifolia*.
- C12 (pineta vicino a depressione umida interdunale): pineta di *Pinus pinaster* con la presenza di *Ulmus minor*. È presente una spessa lettiera di aghi. A differenza del punto C7, il campione del suolo è stato prelevato in prossimità a una depressione umida interdunale, ovvero un piccolo stagno con l'acqua salmastra.
- C13 (lecceta): lecceta con grado diverso di copertura. Specie rilevate sono *Quercus ilex*, *Hedera elix* e *Rubus ulmifolius*.

La vegetazione dell'isola di Albarella, come lungo i litorali urbanizzati di un tempo, svolge un ruolo di protezione dalla sabbia e dai venti salsi. In prima fila davanti al mare troviamo filari di tamerici e *Arundo donax*, in grado di trattenere la sabbia e l'erosione della costa. Subito dopo si incontrano i filari di pini marittimi che contribuiscono a ridurre l'azione del vento e garantiscono una maggiore stabilità del suolo. Più nell'entroterra si presenta una vegetazione a mosaico e di origine antropica, distribuita lungo le strade o intorno alle abitazioni, dove l'aspetto paesaggistico ed estetico è un elemento prioritario essendo un'isola altamente turistica. Segue la descrizione delle serie di vegetazione, di ogni ecosistema campionato, che va dal mare fino alla foresta e relative immagini fotografiche (figura 11).





Figura 11. Le unità della serie vegetazionale di Albarella.

- A1 (spiaggia libera): spiaggia adattata e livellata meccanicamente per scopi turistici. Durante il periodo di vacanza, sono presenti i turisti e gli ombrelloni. È priva di vegetazione.
- A2 (duna artificiale): duna artificiale di recente formazione formata da operazioni annuali di pulizia della spiaggia. Si riscontrano diverse specie erbacee con una distribuzione casuale e discontinua, e le specie comuni, come nel punto C2, includono *Ammophila arenaria*, *Cakile maritima* e *Xanthium italicum*.
- A3 (duna artificiale meno recente): duna artificiale meno recente formata da operazioni di pulizia della spiaggia svolte in anni precedenti. Rispetto al punto A2, la copertura del suolo è pressoché totale da specie erbacee. Le specie comuni con il punto C3 sono *Ammophila arenaria* e *Eryngium maritimum*. È osservabile l'ingresso della specie invasiva (*Amorpha fruticosa*).
- A4 (canneto di *Arundo donax*): canneto artificiale a prevalenza di *Arundo donax* e *Tamarix gallica* per la protezione dai venti salsi e dalle sabbie dell'area urbanizzata. La specie comune con il punto C4 è *Rubia peregrina*.
- A5 (punto centrale dell'isola con prevalenza di arbusti e pini): punto centrale dell'isola dove dominano i pini (*Pinus pinea*). Sono presenti anche gruppi di *Quercus ilex*, *Lauris nobilis* e alberi isolati di *Ulmus minor*. Altre specie presenti sono *Ligustrum vulgare* e *Phillyrea angustifolia*. È presente la lettiera di aghi di pino.
- A6 (duna stabile coperta da un mantello di macchia mediterranea): specie tipiche della macchia mediterranea (*Juniperus communis*, *Phyllirea angustifolia* e *Tamarix gallica*) e l'ingresso sporadico di *Quercus ilex* e *Pinus pinaster*.
- A7 (duna stabile con pineta semi-naturale e leccio): domina pino marittimo e domestico. Le specie presenti, in comune con il punto C7, sono *Rubus ulmifolius*, *Quercus ilex* e *Phyllirea angustifolia*. Altre specie presenti sono *Juniperus communis*, *Laurus nobilis* e *Ligustrum vulgare*.
- A8 (pineta artificiale, centro dell'isola): pineta artificiale di *Pinus pinea*, senza sottobosco e con la lettiera di aghi. In misura minore si possono trovare *Quercus ilex*, *Ulmus minor*, *Hedera elix* e *Rubus ulmifolius*.
- A9 (impianti delimitati da rete di protezione): l'area è delimitata con una rete di protezione anti-daini, all'interno della quale i gestori hanno introdotto un nucleo di piante giovani. Le specie rilevate sono *Acer campestre*, *Cornus sanguinea*, *Crataegus* spp., *Fraxinus* spp., *Juniperus communis*, *Populus alba*, *Quercus ilex*, *Ulmus minor*, *Pinus Pinea*, ecc.
- A10 (aiuola di fiori con specie ornamentali): suolo lavorato con i fiori coltivati.
- A11 (prato con *Populus x canescens*): prato gestito e seminato con periodiche operazioni di taglio dell'erba. Specie presenti sono *Populus x canescens*, *Pinus pinea*, *Ulmus minor*, ecc.
- A12 (bosco a prevalenza di *Quercus ilex*, senza sottobosco): bosco dominato principalmente da *Quercus ilex*, privo di sottobosco.
- A13 (prato verde): sono presenti varie specie erbacee tipiche di un prato, il quale viene gestito tramite il taglio periodico dell'erba.

- A14 (campo da golf): a differenza del punto A13, il campo da golf viene mantenuto mediante l'uso di fertilizzanti e trattamenti fitosanitari; è soggetto a un frequente calpestio dei giocatori. Inoltre, è abitato da circa 300 daini.

Sono state individuate le aree rappresentative che evidenziano le similitudini tra l'isola di Albarella e Porto Caleri, in termini di ecosistemi oppure di fitocenosi (tabella 1). In tabella 2, invece, vengono fornite coordinate geografiche (gradi/minuti/secondi) al fine di individuare i punti campionati a Porto Caleri e all'isola di Albarella.

Tabella 1. La vegetazione o l'ecosistema condivisa tra i due siti (da Ranzani, 2021., modificato).

Porto Caleri		Isola di Albarella	
Codice	Descrizione	Codice	Descrizione
C0	zona di marea	-	
C9	zona umida salmastra con prevalenza di <i>Limonium</i> spp.	-	
C10	vegetazione alofitica in acque salmastre superficiali	-	
C1	spiaggia libera	A1	spiaggia libera
C2	duna embrionale	A2	duna artificiale
C3	duna bianca con prevalenza di <i>Ammophila arenaria</i>	A3	duna artificiale meno recente
C4	retroduna o depressione interdunale con l'ammofileto	A4	canneto di <i>Arundo donax</i>
C5	duna grigia con <i>Tortulo-Scabiosetum</i>		
C11	duna grigia con cintura di <i>Tamarix gallica</i>	A5	duna stabile con prevalenza di arbusti e pini
C6	macchia mediterranea su duna grigia	A6	duna stabile coperta da macchia mediterranea
C7	pineta con <i>Quercus ilex</i>	A7	duna stabile con pineta semi-naturale e leccio
C12	pineta vicino a depressione umida interdunale		
C8	pineta con <i>Ulmus minor</i>	A8	pineta artificiale, centro dell'isola
C13	leccetta	A12	bosco a prevalenza di <i>Quercus ilex</i>
-		A9	impianti delimitati da rete di protezione
-		A10	aiuola di fiori con specie ornamentali
-		A11	prato con <i>Populus x canescens</i>
-		A13	prato verde
-		A14	campo da golf

Tabella 2. Le coordinate geografiche dei punti campionati.

Albarella		Porto Caleeri	
Codice	Coordinate	Codice	Coordinate
A1	45°4'59" N 12°20'24" E	C0	45°5'57" N 12°20'8" E
A2	45°5'14" N 12°20'25" E	C1	45°5'57" N 12°20'8" E
A3	45°5'13" N 12°20'25" E	C2	45°5'57" N 12°20'6" E
A4	45°5'12" N 12°20'23" E	C3	45°5'54" N 12°20'6" E
A5	45°4'42" N 12°20'24" E	C4	45°5'55" N 12°20'3" E
A6	45°5'5" N 12°20'40" E	C5	45°5'55" N 12°19'59" E
A7	45°5'6" N 12°20'37" E	C6	45°5'54" N 12°19'58" E
A8	45°4'42" N 12°20'21" E	C7	45°5'55" N 12°19'51" E
A9	45°4'41" N 12°20'22" E	C8	45°5'56" N 12°19'44" E
A10	45°4'42" N 12°20'27" E	C9	45°5'39" N 12°19'52" E
A11	45°5'10" N 12°20'7" E	C10	45°5'35" N 12°19'45" E
A12	45°4'38" N 12°20'27" E	C11	45°5'57" N 12°20'1" E
A13	45°4'40" N 12°20'22" E	C12	45°5'54" N 12°18'9" E
A14	45°4'29" N 12°21'1" E	C13	45°7'42" N 12°17'12" E

3. Pedofauna

3.1. Classificazione della pedofauna

Nonostante vi siano notevoli disparità numeriche che dipendono da vari fattori come il tipo di terreno, la latitudine, l'altitudine e la copertura vegetale, va sottolineato che la fauna del suolo costituisce un elemento di grande rilevanza all'interno della diversità animale a livello globale, come evidenziato dal Global Soil Biodiversity (<https://www.globalsoilbiodiversity.org>). Ad esempio, un grammo di suolo in buone condizioni può contenere fino a 600 milioni di batteri appartenenti a un numero compreso tra 15 e 20 mila specie, mentre in un terreno desertico, questa cifra si riduce a 5-8 mila specie. Inoltre, un metro quadrato di suolo in una faggeta può ospitare fino a mille diverse specie di invertebrati (Bardgett e Van der Putten, 2014; Frazão et al., 2017; Galvan et al., 2005; German et al., 2017; Heiniger et al., 2014; Horrigan et al., 2002; Latella e Gobbi, 2015; Pelosi et al., 2015, 2009). La pedofauna (o fauna edafica) può essere classificata in base a tre criteri principali e comunemente usati: dimensione, il grado di interazione con il suolo (geofili, geobionti, ecc.) e ruolo trofico (decompositori, detritivori, predatori, ecc.) (Lisa, 2012; Menta, 2008).

Secondo Staffilani et al. (2018), la frazione vivente del suolo è composta da microflora (batteri, protozoi, funghi ed alghe), pedofauna che comprende meso/macro/megafauna (nematodi, lombrichi, artropodi, ecc., piccoli mammiferi) e rizosfera (le radici delle piante). Di conseguenza, è possibile categorizzare la pedofauna in quattro categorie comunemente usate in base alle dimensioni degli organismi (figura 12).

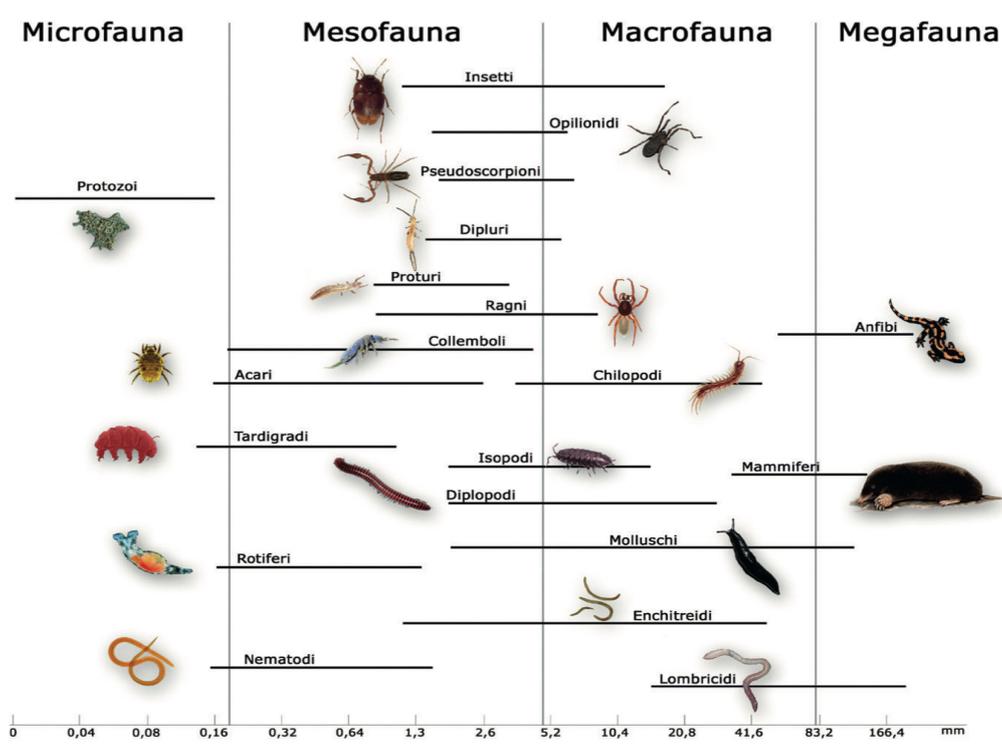


Figura 12. Classificazione della fauna del suolo in base alle dimensioni degli organismi (da Latella e Gobbi, 2015).

Microfauna. In questa categoria vengono inseriti gli organismi inferiori a 0,2 mm, come Protozoi, Nematodi, Rotiferi e Tardigradi.

Mesofauna. Di dimensioni comprese tra 0,2 e 5 mm di grandezza. In questa categoria rientrano gli Acari e i Collemboli che si trovano in numeri anche di diverse migliaia per metro quadrato, Proturi, Dipluri, Nematodi, Anellidi Enchitreidi, piccoli Diplopodi, Isopodi, Pseudoscorpioni e piccoli Ragni e Coleotteri.

Macrofauna. Comprende animali di dimensioni tra 5 e 80 mm come Anellidi Lumbricidi, Gasteropodi, Opilioni, Ragni, larve di Insetti, Formiche, Coleotteri e altri.

Megafauna. A questa categoria vengono ascritti quegli animali le cui dimensioni superano gli 80 mm di grandezza. Questi sono per lo più vertebrati come Anfibi, Rettili e Mammiferi Insettivori o Roditori (Latella e Gobbi, 2015; Zanella et al., 2018).

Gli invertebrati che abitano il suolo possono essere suddivisi in diverse categorie in base alle loro abitudini alimentari (o per ruolo trofico). Alcuni di essi sono classificati come **fitofagi** poiché si nutrono di radici, parti sotterranee delle piante o della linfa delle piante stesse. Altri, invece, sono considerati **saprofagi** o **detritivori**, in quanto si alimentano di materia organica di origine animale o vegetale a vari stadi di decomposizione. Tra questi, esistono alcune specializzazioni, come i **xilofagi** che si nutrono di legno morto, i **coprofagi** che si nutrono delle deiezioni di alcuni vertebrati o i **necrofagi** che si cibano dei cadaveri. In contrasto, i **predatori** si nutrono di altri animali che riescono a catturare, sia negli strati superficiali del suolo che in profondità. Infine, vi è una categoria di organismi poco specializzati, gli **onnivori**, che si adattano al consumo di varie fonti nutritive a seconda della disponibilità (Latella e Gobbi, 2015).

Per quel che riguarda il grado di interazione con il suolo e la parte del ciclo biologico trascorso in esso, Zapparoli (2018) distingue 4 categorie di animali:

- I. “**geofili temporaneamente inattivi**” (edafosseni), presenti nel suolo solo in certe fasi del loro ciclo vitale (svernamento, impupamento, ecc.), funzionalmente poco influenti ma che entrano a far parte delle reti trofiche in quanto spesso prede di altri organismi;
- II. “**geofili temporaneamente attivi**” (edafofili), presenti nel suolo per gran parte del loro ciclo vitale, per uno o più stadi di sviluppo, che includono larve detritivore e/o predatrici (molti neurotteri, ditteri, coleotteri, lepidotteri, ecc.);
- III. “**geofili periodici**” (edafofili), stabilmente presenti nel suolo per parte del ciclo vitale (ad esempio durante la fase larvale), e occasionalmente nel suolo da adulti per altre attività (come ovideposizione, rifugio, ad esempio coleotteri scarabeidi);
- IV. “**geobionti**” (euedafici, edafobi), che vivono esclusivamente nel suolo (miriapodi, isopodi, acari, collemboli, dipluri, proturi, ecc.).

Definire la pedofauna è essenziale per valutare la biodiversità e la funzionalità del suolo attraverso questi organismi. A tal proposito, Gisin (1943) fu il primo a definire tre forme di vita generali nel biotopo dell'edafon secondo la distribuzione verticale: **epiedafico** (adattato alla superficie del suolo), **emiedafico** (adattato agli

strati superficiali del suolo) ed **uedafico** (adattato a vivere negli strati più profondi del suolo). Tuttavia, questa classificazione non considera gli stadi di sviluppo degli artropodi.

3.2. Ruolo della pedofauna nel suolo

Gli organismi presenti nel suolo sono praticamente tutti eterotrofi, e la loro principale funzione ecologica è quella di demolire le sostanze organiche, contribuendo alla chiusura dei cicli geochimici di molti elementi (Menta, 2008). I funghi, insieme ai batteri e ad altri microrganismi, svolgono un ruolo chiave nella degradazione catabolica della sostanza organica, trasformandola in molecole più semplici come acqua, anidride carbonica e sali minerali. Questi organismi partecipano anche alla sintesi metabolica di complesse molecole organiche e organico-minerali che contribuiscono alla formazione dell'humus (Zanella et al., 2001). Mancando sostanzialmente il supporto della produzione primaria, dipendente dalla fotosintesi, all'interno del suolo acquista un ruolo determinante la catena del detrito, che diventa la base delle reti trofiche endogee. Le reti trofiche endogee non sono mai complete, essendo parte di reti più ampie che comprendono anche la produzione primaria epigea (Menta, 2008).

La sostanza organica vegetale e animale negli ecosistemi forestali è destinata prima o poi a subire processi di umificazione e mineralizzazione, che rappresentano fasi chiave nella formazione e nel mantenimento della fertilità del suolo. I tempi di decomposizione variano notevolmente in base alle caratteristiche biochimiche e meccaniche dei tessuti vegetali, che possono variare da poche settimane, nel caso di tessuti freschi e ricchi di acqua, a molti decenni, per le parti più resistenti come i grossi tronchi e le radici. L'importanza degli insetti fitofagi e degli altri artropodi risiede nel loro ruolo cruciale nell'avviare il processo di degradazione della sostanza organica attraverso catene alimentari specializzate (figura 13). La decomposizione potrebbe avvenire anche solo grazie agli agenti abiotici e ai funghi, ma la partecipazione degli animali edafici accelera significativamente il processo, evitando l'accumulo e il rallentamento del ciclo dei principali elementi. L'aggressione della sostanza organica da parte degli animali avviene a vari livelli e con diverse modalità. Inizialmente, avviene una triturazione meccanica dei tessuti, aumentando l'area esposta all'azione di degradazione da parte di funghi e altri decompositori. Successivamente, si verifica una progressiva digestione enzimatica che coinvolge diverse componenti dei tessuti, partendo dai composti più semplici, come mono- e disaccaridi, fino a quelli più complessi, come la cellulosa. La degradazione della lignina è invece affidata all'azione di funghi e batteri. Gli organismi di ciascun livello di queste catene alimentari sfruttano materiali parzialmente utilizzati dal livello trofico precedente, contribuendo alla successiva decomposizione. Tali catene sono tanto più lunghe quanto più è complesso, resistente e durevole il materiale vegetale di partenza, come nel caso del legno. La presenza di grandi quantità di sostanza organica in vari stadi di degradazione crea numerose nicchie ecologiche favorendo faune altamente specializzate e l'organizzazione di diverse catene alimentari. La maggior parte della sostanza organica vegetale nelle foreste è costituita da due principali componenti: la prima è costituita da tessuti originariamente fotosintetici come foglie e aghi, che periodicamente cadono e si

accumulano sul suolo come lettiera, offrendo habitat per gli organismi della pedofauna. La seconda componente è rappresentata da alberi morti interi o parti di essi, che fungono da risorsa per le faune "saproxiliche", composte dagli animali che si nutrono del legno morto in vari modi (Battisti et al., 2013).

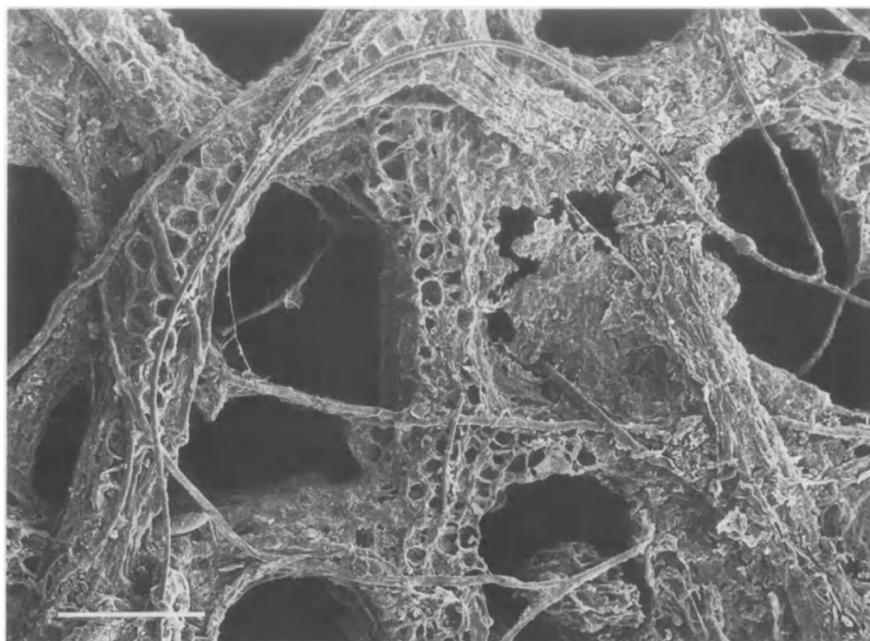


Figura 13. Una foglia di faggio in avanzato stato di decomposizione (da Eisenbeis e Wichard, 2012).

Di conseguenza, le dimensioni dell'organismo e la loro permanenza nel suolo determinano il ruolo trofico nelle reti alimentari. In base a questi criteri, è possibile distinguere tre tipi di reti alimentari (Angelini et al., 2002):

- le micro-reti, che agiscono prevalentemente in un'area d'azione assai ristretta, nell'ordine di qualche centimetro cubico, sono composte dagli animali più piccoli. Di regola, a questo gruppo appartengono gli organismi di dimensioni inferiori a 0,2 mm. Si tratta per lo più di esseri viventi idrofili, legati alla pellicola d'acqua che riveste le cavità del suolo che necessitano quindi di un elevato tenore di umidità. Spesso sono capaci di resistere alla siccità incistandosi o rallentando le funzioni vitali.
- le meso-reti, alle quali appartengono gli organismi di dimensioni comprese tra 5 e 0,2 mm. All'interno di questo gruppo si trovano per lo più i cosiddetti "trasformatori della lettiera".
- le macro/mega-reti, popolate dai cosiddetti "ingegneri del suolo", che sono in grado di cambiarne sostanzialmente la struttura.

Inoltre, l'azione meccanica operata dalla pedofauna comprende l'attività di scavo che favorisce enormemente la creazione di spazi all'interno del suolo, aumentando la porosità dello stesso, con conseguente incremento dell'attività batterica aerobia e della velocità di demolizione della sostanza organica, favorendo inoltre la ritenzione idrica e/o i processi di percolazione e lo sviluppo della rizosfera. Grazie allo scavo e creazione di gallerie, processo chiamato bioturbazione, avviene la traslocazione della sostanza organica dagli strati più superficiali a quelli più profondi e della sostanza minerale verso la superficie (Menta, 2004). Dal passaggio attraverso l'intestino della sostanza organica e minerale dei lombrichi e di alcuni artropodi come i diplopodi e

gli isopodi si completa la formazione di complessi umo-argillosi che aumentano la cementazione tra le particelle minerali, contribuendo così al miglioramento della struttura e della stabilità del suolo (Zanella et al., 2001).

3.3. Adattamenti della pedofauna al suolo

I differenti orizzonti del suolo presentano caratteristiche biotiche e abiotiche differenti rispetto agli ambienti epigei. Questi ambienti sotterranei sono caratterizzati da spazi ristretti, assenza di luce, variazioni di temperatura e umidità, specialmente negli strati superficiali, e complesse interazioni intra- ed interspecifiche tra gli individui, le quali esercitano una forte pressione selettiva. Gli animali che abitano il suolo, noti come animali endogei, rispondono a questa pressione selettiva sviluppando una serie di adattamenti morfologici, fisiologici e comportamentali (Latella e Gobbi, 2015). Questi adattamenti morfologici comuni sono evidenti in vari *taxa* di animali che condividono la vita sotterranea, nonostante abbiano origini filogenetiche diverse. Questo fenomeno è conosciuto come **convergenza evolutiva** (Menta, 2008). A livello morfologico, è possibile notare adattamenti come la ridotta lunghezza delle antenne, che potrebbero risultare ingombranti e poco funzionali in ambienti stretti in cui gli spostamenti richiedono spesso il contatto diretto con le componenti minerali del suolo. Lo stesso principio si applica alle appendici motorie, come le zampe o la furca dei collemboli. L'assenza o l'estrema riduzione della luce rende inutili gli occhi e il pigmento. Molti degli animali endogeni presentano dunque una evidente rudimentazione, cioè la scomparsa degli organi che avviene attraverso varie generazioni successive. Anche le dimensioni del corpo sono ridotte rispetto alle specie affini non endogee. Prendendo in considerazione la fisiologia degli animali del suolo, si possono osservare delle evidenti risposte adattative al disseccamento e all'inondazione, come la produzione di uova resistenti alla disidratazione o impermeabili all'acqua (Latella e Gobbi, 2015).

Altri parametri determinanti nella vita degli organismi del suolo sono l'umidità e la temperatura. Riguardo al primo fattore la caratteristica più utile agli organismi che vivono nel terreno è data dalla sua costante maggiore quantità in questo ambiente rispetto a quanto accade in superficie. Questo ha permesso la sopravvivenza nel suolo anche ad organismi che sono di fatto ancora acquatici. Quanto alla temperatura, in linea di massima ad una profondità media di 10-20 cm, lo strato maggiormente interessato alle attività della fauna edafica, più la lettiera sovrastante, la stessa risulta progressivamente contenuta sia nelle sue oscillazioni giornaliere che in quelle stagionali. È caratteristico di organismi particolarmente sensibili a questi fattori, come diversi microartropodi, seguire con spostamenti giornalieri, stagionali e annui in profondità le corrispondenti oscillazioni di temperatura e di umidità. Per effettuare simili spostamenti, la fauna euedafica possiede organi particolari chiamati recettori sensoriali, che possono essere igrorecettori (rispondono alla variazione di umidità), termorecettori (rispondono alle variazioni di temperatura), ecc. La risposta allo stimolo dei recettori sensoriali costringe la fauna edafica del suolo a compiere degli spostamenti verticali, stagionali o giornalieri, dallo strato più superficiale a quelli più profondi e viceversa (Latella e Gobbi, 2015).

Di seguito, vengono descritte tre forme di vita legate al biotopo dell'edafon (figura 14) secondo Eisenbeis e

Wichard (2012):

- i. Animali **euedafici** sono di piccole dimensioni e si distinguono per la loro forma corporea tondeggiante o vermiforme, con un diametro che corrisponde a quello del sistema di pori. A causa delle limitazioni imposte da questo stile di vita, le loro estremità sono spesso ridotte, rendendoli poco capaci di sfuggire ai predatori. Per questo, molti animali euedafici sono dotati di ghiandole difensive o tossiche come meccanismo di difesa. Inoltre, la loro percezione sensoriale si è adattata alla vita sotterranea. La maggior parte di questi animali è fotofobica e priva di pigmentazione, e spesso non possiede occhi o presenta occhi degenerati in base al grado di adattamento alla vita euedafica. Per compensare l'assenza di occhi funzionali, si sono sviluppati organi particolari (chetotassi specializzata). Questi animali hanno una maggiore resistenza al biossido di carbonio (CO₂) e sono limitati agli habitat umidi a causa dei loro elevati tassi di traspirazione (sono considerati animali igrofilo). Inoltre, hanno la capacità di formare un plastron, che funge da protezione respiratoria e osmoregolatrice quando il sistema di pori è allagato. La presenza di queste caratteristiche è associata agli organismi del suolo che sono molto vulnerabili agli stress ambientali, non essendo in grado di fuggire alle condizioni sfavorevoli (Staffilani et al., 2018).
- ii. Il biotopo **emiedafo** non occupa una posizione intermedia tra l'euedafo e l'epiedafo. In genere, si tratta di una forma di vita temporanea adottata dagli artropodi epiedafici che consente loro di occupare tane esistenti o, più spesso, di costruirne di nuove nel terreno. Gli adattamenti ecologici a questa forma di vita includono la capacità di scavare utilizzando l'apparato boccale o le zampe fossorie, nonché la forza locomotoria con cui gli artropodi del suolo possono allargare fessure e pori esistenti per scavare più in profondità nel terreno. Gli artropodi epiedafici provenienti da strati superiori (strati erbacei, arbustivi e arborei) adottano la forma di vita emiedafica per varie ragioni. Alcuni scavano canali e crateri e poi restano in attesa di prede che vivono in superficie (come larve di coleotteri tigre e larve di formica leonina) o scavano nel terreno alla caccia di piccoli artropodi epiedafici. Altri entrano temporaneamente nel suolo per sfuggire a fattori ecologici sfavorevoli, come il disseccamento e il freddo. Molti artropodi trascorrono regolarmente l'inverno in tane autocostruite o preesistenti, mentre il resto dell'anno vivono in superficie. Inoltre, i cicli riproduttivi e la cura dei loro piccoli legano temporaneamente molti artropodi al suolo. Essi depongono le uova nel terreno e costruiscono nidi sotterranei semplici o complessi e camere di cova (ad esempio, diversi imenotteri o coleotteri). Dopo la schiusa, le larve scavano nel terreno mentre crescono attraverso diversi stadi larvali. Durante il loro processo di crescita, alcune di queste larve sperimentano cambiamenti nelle loro forme di vita, passando dalla fase emiedafica a quella epiedafica ed euedafica. Questo avviene in particolare per le larve che si sviluppano all'interno di una camera di cova e che non sono del tutto adattate alle condizioni del terreno.
- iii. Gli artropodi del suolo che vivono sulla superficie e nello strato di lettiera assumono una forma di vita **epiedafica**. Questi animali non sono adattati ai fattori combinati che influenzano il sistema di pori nel terreno. Gli artropodi epiedafici sono spesso confinati alla superficie del suolo e alle cavità più ampie

nella lettiera a causa delle loro dimensioni. Presentano una grande varietà di forme corporee, sono fortemente pigmentati e spesso hanno una forma dorso-ventrale piatta con estremità ben sviluppate. Gli occhi e gli organi sensoriali, spesso concentrati su lunghe antenne filamentoze, consentono agli animali di percepire l'ambiente circostante. Altre caratteristiche degli artropodi terrestri includono una grande mobilità e ritmi di attività diurni. Gli epiedafici colonizzano la superficie del suolo e lo strato di lettiera in ombra, mentre gli euedafici abitano il sistema di pori più profondi e scuri nei livelli sottostanti. Gli artropodi euedafici ed epiedafici si completano reciprocamente nell'ecosistema del suolo e sono mutuamente esclusivi poiché i meccanismi di adattamento ecologico non sono intercambiabili. Tuttavia, alcune forme di vita di alcuni artropodi del suolo mostrano una transizione tra le due categorie.



Figura 14. Alcuni taxa delle tre forme di vita legate al biotopo dell'edafon. Euedafici nelle due immagini superiori: presentano una forma corporea vermiforme, antenne di ridotta lunghezza, assenza di occhi e pigmento, appendici tozze o ridotte, tegumenti sottili, ecc. (collembolo a destra e sinfile a sinistra). Emiedafici nelle due immagini intermedie: di piccole dimensioni, con appendici di medio sviluppo, apparato visivo ben sviluppato, livrea modesta, furca ridotta (nei collemboli), ecc. (collembolo a destra e chilopodo a sinistra). Epiedafici nelle due immagini inferiori: di grandi dimensioni, con una grande varietà di forme corporee, fortemente pigmentati, con un forte sviluppo di setole o squame, estremità e antenne ben sviluppate, furca grande (nei collemboli), ecc. (collembolo a destra e imenottero a sinistra).

4. Materiali e metodi

4.1. Il metodo QBS-ar

Abbiamo scelto di adottare il metodo QBS-ar per studiare e valutare la capacità del suolo di ospitare le forme biologiche. Parisi (1974; 2001; 2005) e i suoi collaboratori (D'Avino et al., 2002; Angelini et al., 2002; Blasi et al., 2012) hanno proposto il QBS-ar come indicatore di sostenibilità, adottando un approccio che prevede l'uso di informazioni funzionali prima di quelle tassonomiche; il metodo fa parte della famiglia degli indici qualitativi. Questa scelta è motivata dal fatto che alcuni autori hanno evidenziato che l'utilizzo di indici basati esclusivamente sulla ricchezza delle specie (cosiddetti indici quantitativi¹) è limitante e può comportare la perdita di informazioni significative (Paoletti et al., 2013; Moretti et al., 2009; De Bello et al., 2010; Vandewalle et al., 2010). Inoltre, la complessità deriva da elevata mole di indicatori proposti, come evidenziato da Feld et al. (2009). Analizzando la letteratura scientifica dal 1994 al 2007 nel *Science Citation Index Expanded*, l'autore ha individuato 617 lavori che coprono 531 possibili indicatori di biodiversità. Questa vastità di proposte indica la complessità e la diversità di approcci nel cercare di valutare la biodiversità, sottolineando la necessità di adottare approcci più specifici e mirati, come quello del QBS-ar, per ottenere valutazioni più complete e significative della sostenibilità ambientale (Paoletti et al., 2013). Attraverso l'applicazione del QBS-ar, che si basa sugli adattamenti delle tre forme di vita legate all'ambiente ipogeo (mesofauna euedafica, emiedafica ed epiedafica) e sulla presenza di alcuni *taxa* utilizzati come bioindicatori, si calcola la biodiversità intra e interspecifica correlata al biotopo dell'edafon. L'approccio è rivolto alla valutazione della qualità biologica del suolo attraverso l'uso di organismi viventi (Menta, 2008) e può essere integrato alle classiche analisi chimico-fisico.

Il metodo considera che in un suolo maturo, la comunità di mesofauna è maggiormente adattata alla vita ipogea e assume determinate caratteristiche morfologiche; più la mesofauna è adattata, più il suolo viene considerato naturale e maturo. In suoli degradati, invece, la fauna edafica cerca di vivere negli strati superficiali del suolo, assumendo certe caratteristiche morfologiche (come ad esempio lo sviluppo di zampe e ali, la presenza di colore, dimensioni grandi e forme ingombranti). Secondo Menta (2008): “la relazione tra i fattori del suolo e le comunità del suolo può essere stretta: quando i fattori del suolo influenzano la struttura delle comunità, quest'ultima può contenere informazioni riguardanti le caratteristiche del suolo”. Si può considerare quindi che il livello di adattamento della mesofauna sia direttamente proporzionale alla qualità del suolo.

L'ordine o famiglia, nel metodo, viene chiamato **gruppo** o **taxon**. Ogni gruppo ha una **forma biologica** che

¹ Per esempio, l'indice di Shannon (H') rappresenta la biodiversità di una cenosi con un valore compreso tra 0 (cenosi con un'unica specie) e un valore massimo (H' max), che corrisponde al numero totale di specie quando tutte sono distribuite in modo equo, ossia ogni gruppo tassonomico ha la stessa abbondanza (Staffilani et al., 2018). Tuttavia, è impossibile avere una distribuzione equa poiché, ad esempio, i predatori sono sempre in numero minore rispetto alle prede. Quindi, l'indice è più un concetto teorico che riflette la massima diversità possibile, piuttosto che una situazione realistica in natura.

rappresenta l'adattamento di tale gruppo (Institute for Environment and Sustainability, 2010; Parisi et al., 2005). Per ogni forma biologica viene assegnato l'**indice EMI** (indice ecomorfologico) che rappresenta il punteggio di tale forma biologica (figura 15 e tabella 3). Il punteggio o **EMI** può variare da un minimo di 1, per le forme biologiche per nulla o poco adattate alla vita edafica (epiedafici), ad un massimo di 20 per le forme biologiche che presentano il massimo adattamento alla vita edafica (euedafici). L'applicazione del metodo prevede che quando si riscontrano nello stesso gruppo le forme biologiche diverse, si tiene conto soltanto del valore EMI più alto, vale a dire dell'organismo più adattato alla vita nel suolo (tabella 4). Per alcuni gruppi (come i Coleotteri, i Collemboli, ecc.) esiste un intervallo di valori di forme biologiche. In tal caso, è necessario individuare nel campione di suolo, la forma biologica più adatta in riferimento ai valori indicati nell'apposita tabella. Altri gruppi (acari, proturi, dipluri, ecc.) non presentano l'intervallo di forme biologiche, perché tutte le specie appartenenti a tali gruppi vengono considerati l'euedafici. Per trovare il valore dell'indice EMI, si sommano tutti i punteggi ottenuti per i rispettivi gruppi tassonomici riscontrati. In base agli indici EMI² calcolati, "si assegnano le classi di qualità del suolo in ordine crescente di complessità del popolamento in termini di adattamento alla vita edafica" (Parisi, 2001), che variano da 0 fino a 7 (figura 16). Per l'assegnazione delle classi di qualità del suolo sono importanti i gruppi chiave come Proturi, Coleotteri edafobi e Collemboli Onichiuridi. Questi tre gruppi vengono considerati eccellenti bioindicatori. "La loro presenza è legata ad un suolo ricco di sostanza organica e potenzialmente di buona qualità" (Angelini et al., 2002; Giancola e Barone, s.d.). **La definizione delle classi di qualità del suolo sulla base del QBS-ar è ancora in fase di studio e valutazione (Angelini et al., 2002).**

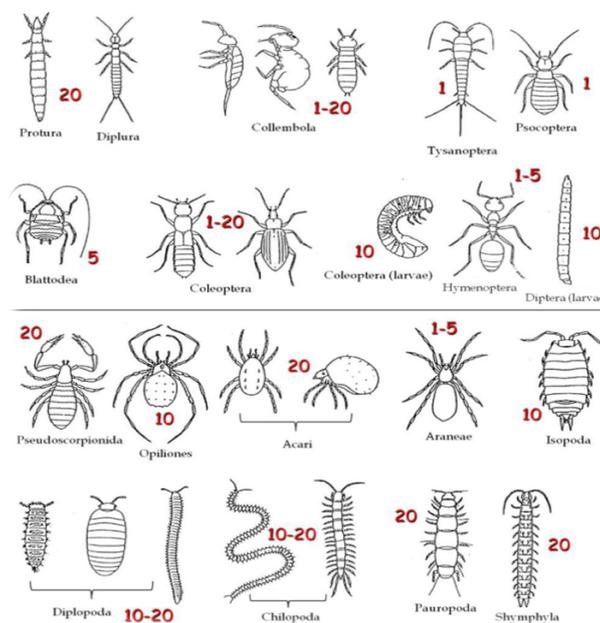


Figura 15. Valori dell'indice ecomorfologico con i disegni di microartropodi (da Parisi, 2001).

²Parisi, durante la creazione dei punteggi EMI, ha assegnato pesi differenziati ai gruppi che delineano la struttura della comunità edafica. Questi valori di EMI costituiscono una sintesi della convergenza evolutiva riscontrabile nelle forme biologiche che gli organismi assumono, la rilevanza ecologica dei gruppi tassonomici, l'importanza del gruppo come bioindicatore e lo stadio biologico assunto (Stragapede, 2016).

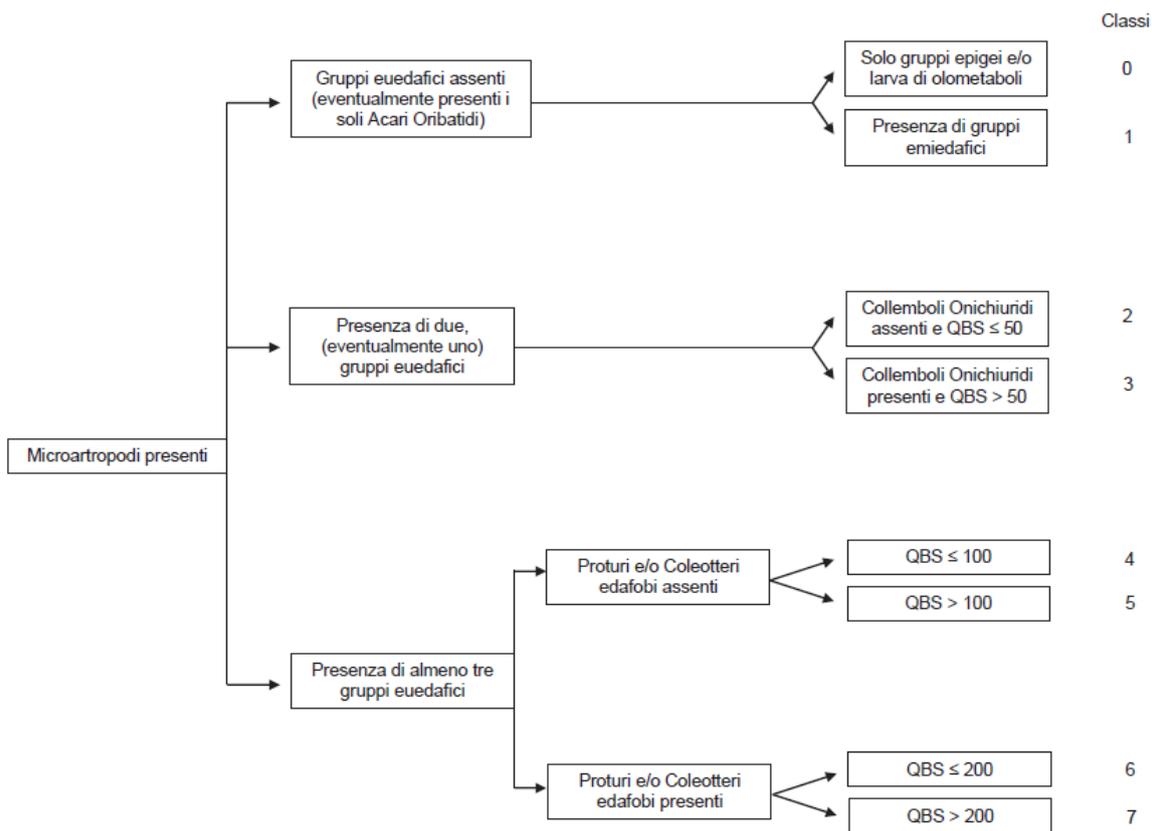
Tabella 3. L'assegnazione dell'indice ecomorfologico per l'indice QBS-ar. (da Condurri et al., 2005).

Gruppi funzionali	Forme biologiche	Emi
Pseudoscorpioni		20
Scorpioni	Forme giovanili	10
Palpigradi		20
Opilioni		10
Areneidi	Forme superiori a 5 mm	1
	Forme piccole e poco pigmentate	5
Acari		20
Isopodi		10
Diplopodi	Forme superiori a 5 mm	10
	Forme inferiori a 5 mm	20
Paupodi		20
Sinfili		20
Chipolodi	Forme superiori ai 5 mm, ma con zampe ben sviluppate	10
	Altre forme (Geofitomorfi)	20
Proturi		20
Dipluri		20
Collemboli	Forme epigee: appendici allungate, ben sviluppate. Apparato visivo (macchia ocellare e occhi) ben sviluppato. Dimensioni medie/grandi, presenza di livrea complessa	1
	Forme epigee non legate alla vegetazione arborea con buon sviluppo delle appendici con forte sviluppo di setole o squame. Apparato visivo ben sviluppato.	2
	Forme di piccola dimensione con medio sviluppo delle appendici, apparato visivo ben sviluppato. Livrea modesta, forme limitate alla lettiera	4
	Forme emiedafiche con apparato visivo ben sviluppato, appendici non allungate, livrea con colore	6
	Forme emiedafiche con riduzione del numero di ocelli, appendici poco sviluppate, con furca ridotta o assente. Presenza di pigmentazione.	8
	Forme euedafiche con pigmentazione assente, riduzione o assenza di ocelli, furca presente, ma ridotta	10
	Forme euedafiche depigmentate, prive di furca, appendici tozze, presenza di pseudoculi, organo postantennale sviluppato (ma non necessariamente presente), strutture sensoriali apomorfiche	20
Microcorifi		10
Zigentomi		10
Dermatteri		1
Ortotteri	In generale	1
	Famiglia Glillidae	20
Embiotteri		10
Fasmodei		1
Mantodei		1
Mecotteri		1
Isotteri		10
Blattari		5
Psocotteri		1
Emitteri	Forme epigee	1
	Larve cicale	10
Rafidiotteri		1

Tisanotteri		1
Coleotteri	Forme epigee	1
	Dimensioni < 2mm	4
	Tegumenti sottili, con colori testacei	5
	Microatterismo o atterismo	5
	Microftalmia o anaftalmia	5
	Nel caso di forme edafobie	20
Imenotteri	In generale	1
	Formicidi	5
Ditteri	Adulti	1
Rafidiotteri		10
Planipenni		1
Mecotteri (larve)		10
Coleotteri (larve)		10
Ditteri (larve)		10
Imenotteri (larve)		10
Lepidotteri		10
Altri olometaboli	Adulti	1

Tabella 4. Esempio rappresentativo di calcolo dell'indice QBS-ar. Si considera il massimale, vale a dire la forma biologica più adattata alla vita edafica riscontrata nel campione. Alla fine si sommano tutti i punteggi ottenuti per i rispettivi gruppi tassonomici trovati.

Gruppi	Replica 1	Replica 2	Replica 3	EMI
Areneidi	5		1	5
Acari		20		20
Collemboli	1	6	20	20
Imenotteri		5	1	5
Coleotteri	1		20	20
			QBS-ar	70



Note: Per gruppi euedafici si intendono le forme biologiche con EMI = 20
 Nel caso di Onichiuridi assenti e QBS >50 o di Onichiuridi presenti e QBS < 50 si propongono rispettivamente le classi 2/3 e 3/2.

Figura 16. Assegnazione delle classi di qualità del suolo sulla base dell'indice QBS-ar (da Parisi, 2001).

Quando tutti i gruppi sono presenti, il valore massimo di QBS-ar che può essere ottenuto in un campione di suolo è 353, escludendo altri olometaboli e le poco probabili larve di ortotteri ed emitteri. Di questi, 188 rappresentano il massimo contributo ottenibile dagli insetti, con 80 dai miriapodi, 75 dagli aracnidi e 10 dai crostacei. Il metodo descritto viene utilizzato per la valutazione dei terreni agricoli, degli ambienti semi-naturali e degli ecosistemi forestali. I dati raccolti mostrano un aumento dei valori di QBS-ar lungo la serie: suoli disturbati - colture intensive - colture biologiche - prati stabili e pascoli- ambienti forestali (tabella 5). In linea generale, i valori osservati sono spesso inferiori a 250, raramente superiori. Questo indica che in un determinato campione di suolo, anche in ambienti naturali diversificati come quelli forestali o strutture *climax*, non sono presenti tutti i gruppi. Questo suggerisce che in un ambiente ci sono diverse tessere, ognuna con la sua propria mesofauna caratteristica (Menta, 2008).

Tabella 5. L'indice QBS-ar nelle diverse tipologie del suolo. (Tabella a sinistra da Condurri et al., 2005. Tabella a destra da Blasi, 2009).

Tipologie uso del suolo	QBS-ar	Uso del suolo	QBS-ar
Suolo arato	40-50	Faggeta	216
Barbabietola	40-60	Bosco n.d.	188
Mais	40-100	Querceto-sughera	289
Frumento	60-100	Castagneto coltivato	157
Erba media	60-180	Cespuglieto	152
Prati stabili	90-180	Bachipodietum	232
Boschi	150-250	Vaccinetum	162
		Campo coltivato	132

In relazione ai valori, sui terreni collinari della Valpolicella, i risultati di QBS-ar in quattro vigneti gestiti secondo diversi approcci (disciplinari convenzionali, RRR - Riduci, Risparmia, Rispetta, biologici con sovescio e biologici non disturbati) mostrano un aumento della biodiversità nei terreni gestiti secondo pratiche biologiche (Linnyk et al., 2019). In particolare, il vigneto biologico con sovescio mostra una qualità biologica del suolo inferiore rispetto a quello biologico non disturbato, presumibilmente a causa del disturbo provocato dalla movimentazione meccanica periodica del suolo, che influiscono negativamente sulla presenza dei *taxa* più adattati (euedafici) alla vita nel suolo (tabella 6).

Tabella 6. Risultati ottenuti per ciascun suolo campionato nei vigneti di Valpolicella (da Linnyk, 2019).

	Convenzionale	RRR	Biologico non dist.	Biologico sov.
Num. degli individui (1000 cm^3)	442	400	1457	323
Gruppi/taxon edafici	10	9	11	10
Gruppi euedafici (EMI=20)	2	3	5	3
QBS-ar	92	92	141	102
Classe di qualità	3	4	6	5

4.2. L'indice Acari/Collemboli

L'indice Acari/Collemboli è stato sviluppato dai ricercatori della scuola francese (Bachelier, 1986; Jacomini et al., 2000; Angelini et al., 2002) e fornisce un'indicazione sulle condizioni biodinamiche del suolo (Porta, 2003). Quando una biocenosi, cioè la comunità di specie, è in equilibrio, il rapporto tra il numero di individui di specie diverse assegnati alla sottoclasse degli Acari rispetto ai Collemboli è uguale o maggiore di 1. Al contrario, con il progressivo degrado della biocenosi, il rapporto diminuisce poiché gli Acari risultano essere meno tolleranti alle perturbazioni ambientali rispetto ai Collemboli (Latella e Gobbi, 2015). Per calcolare

l'indice, è necessario contare tutti gli individui, anche di specie diverse, di Acari e Collemboli presenti nel campione. La determinazione di questo parametro è relativamente semplice, richiedendo solo la capacità di distinguere un Acaro da un Collembolo (figura 17 e 18), e "rappresenta un buon indicatore" (Angelini et al., 2002).



Figura 17. Alcuni dei rappresentanti del gruppo degli acari.

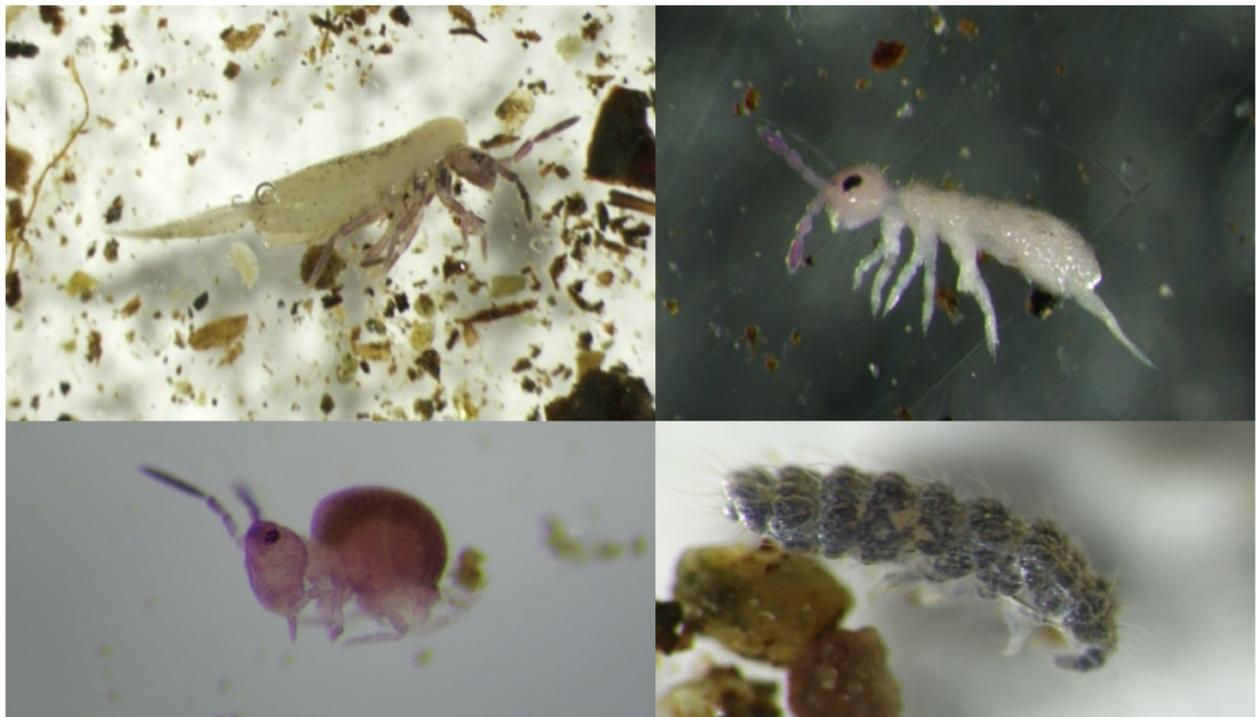


Figura 18. Alcuni dei rappresentanti del gruppo dei collemboli.

4.3. Prelievo dei campioni

Il QBS-ar è influenzato dalla strategia di campionamento, sia in termini temporali che spaziali. Per quanto riguarda il fattore spazio, il protocollo di campionamento per il metodo QBS-ar richiede il prelievo di tre zolle di suolo, chiamate anche repliche, che costituiscono un singolo campione della biodiversità edafica di quella stazione. Viene adottata la tecnica delle tre repliche al fine di ottenere dati rappresentativi. Ciascuna replica ha dimensioni di 10 cm x 10 cm x 10 cm (1000 cm³) e deve essere raccolta a una distanza di circa 1-5 metri (Condurri et al., 2005; Stragapede, 2016). Per ciascuna stazione oggetto di studio, è necessario identificare un'area omogenea in termini di pendenza, esposizione e copertura vegetale (Menta, 2008). Per quanto riguarda il fattore temporale, è essenziale considerare il periodo di campionamento in relazione alla massima biodiversità e densità edafica presenti nel suolo. I momenti ottimali per condurre tali campionamenti risultano essere durante le stagioni primaverile e autunnale, evitando i periodi caratterizzati da massima piovosità e/o siccità (Codurri et al., 2005). Durante il campionamento, è possibile utilizzare un termometro per rilevare la temperatura del suolo e l'umidità relativa.

L'attività di campionamento del suolo presso l'isola di Albarella e il Giardino Botanico di Porto Caleri è stata condotta nell'ottobre 2019 e nel novembre 2020 (tabella 7). Per prelevare i campioni del suolo, in ogni stazione oggetto di studio, è stato utilizzato un “pianta bulbi” di 1000 cm³ (10 cm di profondità) trovabile facilmente in commercio (figura 19). Dopo aver prelevato i campioni di suolo, è necessario collocarli all'interno di sacchetti di plastica e portarli in laboratorio entro 24 ore (o al più presto) per procedere all'estrazione dell'artropofauna. I sacchetti devono essere chiusi, ma è importante lasciare una riserva di aria e contrassegnarli con la sigla della stazione di campionamento. Evitare di schiacciare (o scuotere) i sacchetti durante il trasporto, poiché alcuni artropodi più sensibili potrebbero subire danni alle antenne o ad altri organi, complicando la successiva determinazione e il riconoscimento delle forme biologiche (figura 20).

Tabella 7. Il periodo di campionamento del suolo presso l'isola di Albarella e il Giardino Botanico di Porto Caleri.

	Prima campagna (2019)		Seconda campagna (2020)	
	11/10/19	18/10/19	08/11/20	14/11/20
Isola di Albarella	30 repliche (10 campioni)		42 repliche (14 campioni)	
Porto Caleri		30 repliche (10 campioni)		(42 repliche) 14 campioni



Figura 19. Pianta bulbi: strumento utilizzato per prelevare campioni di suolo.



Figura 20. Dipluro che ha perso l'antenna e i cerci (il flagello) durante il trasporto o l'estrazione con il selettore di Berlese.

4.4. Estrazione degli artropodi

Nell'ambito del progetto ALBA abbiamo realizzato il laboratorio per l'estrazione di artropodi (figura 21 e 22); in totale abbiamo costruito 30 estrattori di Berlese-Tullgren (è possibile estrarre contemporaneamente 30 repliche, 10 campioni, 3 repliche per campione). Tale strumento, ideato da Antonio Berlese (1863-1927), con i primi estrattori ancora in uso presso la sede di Firenze del CREA Centro di Ricerca Difesa e Certificazione,

è utilizzato per l'estrazione dei microartropodi dal suolo (scienzadelsuolo.org). L'approccio di estrazione si fonda su metodologie dinamiche, ossia sull'applicazione di uno stimolo fisico al campione di suolo, con l'obiettivo di guidare gli invertebrati in un contenitore di raccolta (Stragapede, 2016).



Figura 21. Vista dall'alto degli estrattori di Berlese nel laboratorio di Albarella.



Figura 22. Vista laterale degli estrattori di Berlese nel laboratorio di Albarella.

Per realizzare gli estrattori Berlese in modo rapido e poco costoso, abbiamo utilizzato un cartone di notevole spessore come semplice supporto (è possibile utilizzare un treppiede o qualsiasi altra base). In alto al cartone, abbiamo praticato un foro circolare. In questo foro, abbiamo inserito un imbuto, il quale dovrebbe essere preferibilmente più largo possibile per consentire la distribuzione uniforme del terreno e della lettiera in uno strato omogeneo, di circa 3-4 cm di spessore. All'interno di questo imbuto, vanno posizionate le reti con maglie di dimensioni comprese tra 2 e 5 mm (dimensione limite per la mesofauna), evitando che siano eccessivamente grandi per evitare che il terreno, seccandosi, cada all'interno del barattolo posizionato al di sotto. Alla base dell'imbuto è collocato un barattolo contenente liquido conservante: alcool etilico al 70% e acqua demineralizzata o una miscela di due parti di alcool etilico e una di glicerina (Parisi, 2001). L'alcool etilico e l'acqua demineralizzata sono più facilmente reperibile in commercio (rispetto alla glicerina) e sono meno costosi. Sopra l'imbuto va posizionata una lampada incandescente da 60 watt a circa 10-25 cm di altezza (figura 23). È fondamentale utilizzare una lampada incandescente in quanto emette sia luce che calore (quindi evitare lampadine a LED). È importante scegliere un'altezza adeguata tra l'imbuto e la lampada incandescente per evitare di essiccare o bruciare eccessivamente il terreno (si può fare una prova con la mano). Il terreno deve essiccare gradualmente nell'imbuto per evitare un riscaldamento eccessivo che potrebbe causare la morte degli artropodi all'interno del terreno. Riguardo al calore, secondo Latella e Gobbi (2015): "Man mano che gli strati superficiali della terra si seccano, gli animali, seguendo la loro spiccata igrofilia, tendono a scendere verso gli strati ancora umidi fino a cadere nell'imbuto, attraverso le maglie del setaccio, e di conseguenza nel liquido conservante". Per quanto riguarda la luce della lampadina, gli animali edafici seguono un fototropismo negativo (temono la luce), ossia si dirigono verso liquido conservante, evitando di scappare dall'alto dell'imbuto. In genere, si consigliano dai 5 ai 7 giorni prima di interrompere l'estrazione. La verifica può essere effettuata posizionando un nuovo barattolo sotto il dispositivo di Berlese. Se, dopo un giorno, nel nuovo barattolo con alcool "fresco" non si riscontrano nuovi artropodi, ciò indica che tutti gli animali edafici sono già caduti nel barattolo precedente. L'ideatore del metodo QBS-ar, Vittorio Parisi, suggerisce di analizzare la lettiera sovrastante separatamente durante il prelievo, ponendola in un sacchetto a parte. L'esperienza pratica ha dimostrato che maneggiando e spostando la lettiera in un altro sacchetto, gli animali edafici di dimensioni maggiori (maggiormente presenti in lettiera) e con elevata mobilità, come ad esempio chilopodi o diplopodi, potrebbero scappare. Pertanto, è più opportuno optare fin dall'inizio per un imbuto di dimensioni maggiori (soprattutto largo), in modo da posizionare su di esso, in uno strato omogeneo, sia il terreno che la lettiera. Per i terreni molto sabbiosi, come quelli presenti nell'isola di Albarella e a Porto Caleri, è stato trovato un metodo pratico e innovativo per il posizionamento su una griglia. Contrariamente a quanto affermato da molti autori, che ritengono che questo metodo non sia applicabile in terreni sabbiosi, è stato adottato con successo. Si è proceduto a creare un "impasto" con sabbia del campione prelevato e acqua, senza schiacciarlo eccessivamente. Questo procedimento consente al campione di rimanere sulla griglia anziché cadere nel barattolo contenente l'alcool posizionato al di sotto. L'impianto elettrico (lampadine, fili e portalampadine) è stato realizzato da un elettricista. Si consiglia comunque di posizionare prima le scatole (con i relativi imbuto) e successivamente di realizzare l'impianto elettrico in modo che le lampadine siano disposte a una distanza

corretta e “cadano” sopra l’imbuto. Per ultimo, una volta posizionato il suolo sul Berlese (il terreno che cade con un contenitore deve essere riposto sopra il berlese) e acceso le lampade, è necessario chiudere le scatole per evitare contaminazioni esterne (le mosche e vari insetti sono attratti dalla luce e possono cadere direttamente nel contenitore con l’alcool). È facile riconoscere se il campione è stato contaminato (figura 24), poiché sia al microscopio stereo che a occhio nudo, queste contaminazioni appaiono di dimensioni notevolmente superiori rispetto alla mesofauna (a volte se, contaminazione è recente, possono anche galleggiare). Gli estrattori di Berlese non devono essere posizionati in luoghi soggetti a vibrazioni o passaggio di persone (Parisi, 2001), poiché un urto potrebbe compromettere l'intero lavoro svolto. Un'eccessiva quantità di terriccio (o sabbia) nel barattolo potrebbe prolungare notevolmente il tempo necessario per il riconoscimento e la determinazione delle forme biologiche.



Figura 23. La realizzazione del dispositivo di Berlese ad Albarella con materiali facilmente reperibili in commercio.



Figura 24. Contaminazione del campione da ditteri (immagine a sinistra) e lepidottero, specificamente la tignola della patata *Phthorimaea operculella* (immagine a destra), caratterizzati da dimensioni notevolmente superiori rispetto alla mesofauna.

4.5. Riconoscimento degli artropodi e determinazione delle forme biologiche

Dopo sette giorni di esposizione del terreno nel dispositivo di Berlese, si è proceduto al riconoscimento degli artropodi e alla determinazione delle loro forme biologiche (ovvero degli adattamenti). Per fare ciò, il contenuto del barattolo, comprensivo di microartropodi e liquido conservante, è stato trasferito in una capsula di Petri e posizionato sotto uno stereomicroscopio (figura 25).



Figura 25. Postazione di lavoro durante la determinazione delle forme biologiche con una capsula Petri posizionata sotto lo stereomicroscopio per una visualizzazione dettagliata.

L'inventore del metodo QBS-ar, Vittorio Parisi, consiglia l'uso di uno stereomicroscopio con uno zoom che arriva fino a 40X. Dalla pratica emerge che l'utilizzo di uno stereomicroscopio con zoom 90X è preferibile, poiché con un ingrandimento maggiore è possibile osservare più facilmente dettagli morfologici, soprattutto in artropodi euedafici (figura 26).

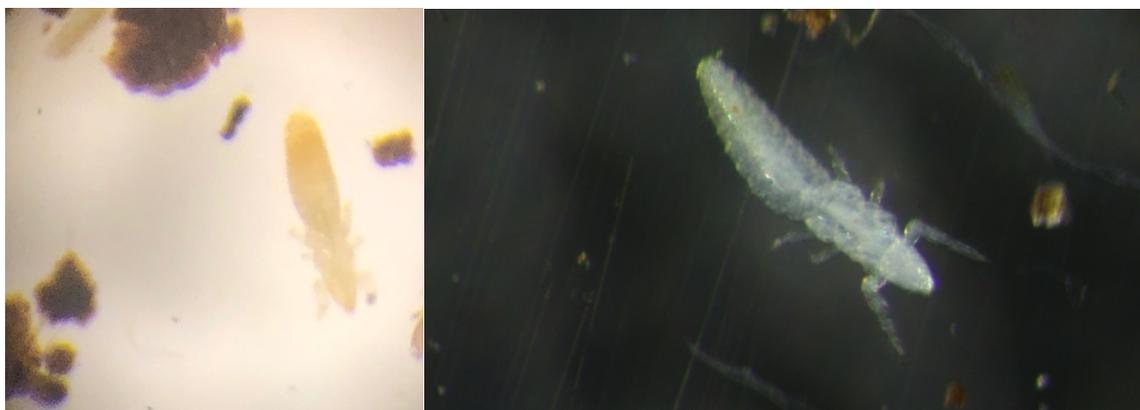


Figura 26. A sinistra, l'occhio esperto riconosce un proturo per l'aspetto caratteristico. Fotografia scattata durante la tesi triennale (ingrandimento 40X più lo zoom dell'iPhone). A destra, l'immagine rappresenta chiaramente un proturo con un ingrandimento di 70X.

Il laboratorio, allestito a casa per motivi legati al COVID, ha impiegato i seguenti materiali durante lo svolgimento della tesi:

- Un microscopio stereoscopico Leica della serie SZO-T con lente addizionale e zoom 90X, accoppiato a una telecamera professionale per telescopia da 3,1 MP.
- Una spruzzetta da laboratorio utilizzata per lavare la superficie del barattolo contenente i microartropodi (il fondo del barattolo con il terriccio), in modo che questi non rimangano sulla superficie quando si versa il contenuto nella capsula di Petri.
- Capsule di Petri per l'osservazione dei microartropodi sotto lo stereomicroscopio.
- Provette con tappo, utilizzate per separare esemplari interessanti o di difficile riconoscimento; il tappo serve a evitare l'evaporazione dell'alcool.
- Barattoli (vasetti per le urine economici sono stati utilizzati).
- Pinze da entomologo con punte in plastica per evitare di schiacciare gli artropodi durante gli spostamenti.
- Pipetta, utilizzata per aspirare indietro l'alcool nel caso se ne versa più del necessario nella capsula di Petri (meno alcool si versa nella capsula di Petri, migliore sarà la visibilità degli artropodi).
- Carta millimetrata, necessaria per osservare le dimensioni degli artropodi secondo le specifiche del metodo QBS-ar.
- Un ago da cucito il più sottile possibile (figura 27), legato con scotch a una matita (questo serve per girare gli artropodi, ad esempio da una vista dorsale a ventrale)
- Un foglio di carta ritagliato su misura della Petri con reticoli segnati con la matita (fino a 10 reticoli, ad esempio) e due linguette sulla stessa carta (figura 27). I reticoli sono utili perché l'osservazione del contenuto può richiedere ore; ad esempio, se durante una pausa sono arrivato al settimo, al ritorno riparto dall'ottavo. Le due linguette sono necessarie per spostare la capsula di Petri: prendendo direttamente la Petri con la mano, tutti gli artropodi si sposterebbero da una parte all'altra.



Figura 27. L'immagine a destra rappresenta il foglio di carta ritagliato su misura della capsula di Petri con reticoli e due linguette. L'immagine a sinistra mostra un ago da cucito (legato a una matita).

Un tratto distintivo di questo metodo è la necessità di classificare la mesofauna a livello di ordine o famiglia, rendendolo accessibile anche a coloro che non sono esperti di entomologia attraverso l'uso di chiavi dicotomiche. Per classificare gli artropodi non è necessario essere tassonomisti. Per coloro che si avvicinano per la prima volta al metodo QBS-ar, è consigliabile suddividere gli artropodi in gruppi omogenei, ad esempio in base al numero di zampe, e riconoscerli in funzione della morfologia anziché fidarsi dell'aspetto. Gli artropodi di difficile determinazione dovrebbero essere messi da parte per essere affrontati successivamente con l'assistenza di un tutor. È importante ricordare che ogni *taxa* o gruppo presenta caratteri morfologici distintivi che li differenziano dagli altri. Per quanto riguarda gli artropodi di difficile determinazione o gli stadi larvali (particolari), è consigliabile scattare diverse foto da prospettive diverse e richiedere l'aiuto dei tutor. Inoltre, si suggerisce l'utilizzo non di una sola chiave dicotomica, ma di più chiavi dicotomiche possibili, poiché ogni chiave dicotomica fornisce informazioni morfologiche più o meno simili, ma ognuna presenta dettagli unici. Al fine del metodo QBS-ar, non è necessario contare il numero di individui riscontrati nelle tre repliche; questo si fa solo se si intendono utilizzare gli altri indici (ad esempio quelli quantitativi) o per altri scopi.

Le forme biologiche, o, come indicato da V. Parisi (2001) "caratteri morfologici convergenti", vengono determinate al fine di individuare il miglior adattamento alla vita edafica. Per determinare il miglior adattamento nelle tre repliche prelevate in ogni stazione di campionamento, è necessario utilizzare un microscopio stereoscopico con uno zoom significativo e un ago da cucito. Quest'ultimo serve per girare gli artropodi o, ad esempio, nei coleotteri (figura 28), per aprire le elitre al fine di verificare la presenza di ali (microatterismo o atterismo). In altri casi, come nei collemboli, dove c'è un range di valori EMI, si procede per esclusione: pigmentazione assente, EMI 10; presente, EMI 8, e così via. In base al miglior adattamento dei *taxa*, vengono assegnati i punteggi EMI e quindi valore complessivo del QBS-ar. I punteggi EMI ottenuti, insieme al numero di gruppi euedafici e alla presenza di gruppi come Proturi, Coleotteri edafobi e Collemboli Onichiuridi, sono utilizzati per determinare le classi di qualità biologica del suolo.



Figura 28. A sinistra è rappresentato un coleottero edafobo, che compie tutto il ciclo biologico nel suolo con EMI 20: dimensioni minori di 2 mm, tegumenti sottili con colori testacei, atterismo, anaftalmia. A destra è rappresentato un coleottero epigeo con EMI 1.

5. Risultati e discussioni

Il progetto ALBA, e in particolare lo studio della qualità biologica del suolo presso il Giardino Botanico di Porto Caleri e sull'isola di Albarella, è durato circa 2 anni. Ai fini della borsa di studio, i campionamenti del suolo si sono conclusi entro l'anno 2019. Per la tesi, nel 2020 abbiamo ampliato il laboratorio, aggiungendo estrattori di Berlese. Ciò ci ha consentito di effettuare ulteriori campionamenti del suolo e di "mappare" tutti gli ecosistemi rappresentativi presenti a Porto Caleri e ad Albarella. Lo studio ha coinvolto diverse fasi, tra cui l'individuazione dei siti di campionamento, lo studio e l'identificazione della vegetazione condivisa tra i due luoghi, la costruzione del laboratorio dotato di selettori di Berlese, e la realizzazione di un laboratorio domestico per il riconoscimento degli artropodi e la determinazione delle forme biologiche. In totale sono stati prelevati 48 campioni del suolo, corrispondenti a 144 repliche. Con il microscopio stereoscopico sono stati osservati e analizzati 12848 microartropodi al fine di determinare i gruppi ecomorfologici e le forme biologiche degli animali (ovvero adattamenti). Nei due anni si è cercato, nel limite del possibile, di ripetere i prelievi nello stesso periodo, proprio al fine di ottenere un confronto più attendibile sulle variazioni della eventuale mesofauna presente.

Per non appesantire il testo, le tabelle con i risultati di ogni sito campionato, comprendenti 3 selezioni (replica A, B e C), sono riportate in fondo alla tesi. L'Appendice 1 riguarda i siti campionati a Porto Caleri e sull'isola di Albarella nell'anno 2019. Mentre, l'Appendice 2 riguarda i siti campionati a Porto Caleri e sull'isola di Albarella nell'anno 2020. Per semplificare, si utilizza la sigla "A" riferita all'isola di Albarella e "C" per indicare Porto Caleri. Invece, per quanto riguarda la vegetazione di ciascun sito campionato e gli ecosistemi condivisi tra due posti, si rimanda al capitolo "L'inquadramento Vegetazionale". Per chiarire il significato e il linguaggio utilizzato nel capitolo relativo alle appendici, con le relative tabelle allegate in esso, è fornita una breve e semplificata spiegazione. Viene rappresentata una tabella a titolo di esempio (tabella 8).

- **Ind.:** numero di individui trovati nella replica o nel campione ($10\text{ cm}^3 \times 3$). Dal numero di individui è possibile stimare il numero di artropodi per metro quadrato o altri tipi di indici, come l'indice di diversità di Shannon-Wiener, l'indice di ricchezza specifica di Margalef, l'indice di equiripartizione di Pielou, l'abbondanza, ecc.
- **EMI** (Indice ecomorfologico): associa ad ogni forma biologica un valore numerico (da 1 a 20).
- **Il QBS-ar** (Qualità Biologica del Suolo attraverso gli Artropodi) è la somma dei punteggi EMI di ogni gruppo; inoltre si calcola la biodiversità intra e interspecifica correlata al biotopo dell'edafon.
- **I gruppi** comprendono l'insieme totale riscontrato nel campione, composto da 3 repliche. Sinonimi comuni utilizzati sono: gruppi tassonomici, gruppi sistematici, gruppi zoologici, gruppi edafici, taxon, gruppi ecomorfologici, gruppi funzionali (intesi come funzionali al sistema suolo).
- **I gruppi euedafici** (o forme di vita) sono quelli maggiormente adattati alla vita del suolo, e in generale sono associati ad ambienti edafici maturi, ricchi di sostanza organica, indisturbati e soprattutto con una buona porosità. Hanno un aspetto vermiforme e sono legati al "sistema poro", non riescono a

sopravvivere in suoli compatti o disturbati. D'altra parte, ogni gruppo tassonomico ha il suo optimum ecologico.

- Di solito, **i gruppi (o più correttamente le forme di vita) epiedafici ed emiedafici** non vengono conteggiati perché non c'è una chiara distinzione (per via degli stadi di sviluppo o perché questi animali possono assumere una forma di vita temporanea).
- **Classi di qualità del suolo:** la definizione delle classi di qualità del suolo è ancora in fase di studio (Angelini et al., 2002). L'inventore del metodo (Parisi, 2001) QBS-ar ha applicato le classi di qualità del suolo ai suoli della Pianura Padana, definendo tre gruppi come eccellenti bioindicatori: Proturi, Coleotteri edafobi e Collemboli Onichiuroidi. Tuttavia, con la crescente fama a livello nazionale e internazionale del metodo QBS-ar, questa definizione ha perso di importanza, e nel frattempo le conoscenze sull'ecologia degli artropodi sono progredite.

Tabella 8. Scheda riassuntiva dei risultati ottenuti in ogni sito campionato.

Gruppi	C12							
	Replica A		Replica B		Replica C		Tot. Ind.	EMI max
	Ind.	Emi	Ind.	Emi	Ind.	Emi		
Acari	79	20	317	20	55	20	451	20
Areneidi							0	0
Blattari							0	0
Chipolodi							0	0
Coleotteri	2	20	1	5	4	20	7	20
Coleotteri (larve)	1	10					1	10
Collemboli	12	20	23	20	4	20	39	20
Dermatteri							0	0
Diplopodi			1	20			1	20
Dipluri							0	0
Ditteri			5	1	5	1	10	1
Ditteri (larve)	6	10	8	10	10	10	24	10
Embiotteri							0	0
Emitteri					1	1	1	1
Imenotteri							0	0
Imenotteri (larve)							0	0
Isopodi	2	10	12	10	7	10	21	10
Isotteri							0	0
Lepidotteri (larve)							0	0
Microcorifi							0	0
Opilionidi			1	10			1	10
Ortotteri							0	0
Palpigradi							0	0
Pauropodi							0	0
Proturi			21	20	6	20	27	20
Pseudoscorpioni					1	20	1	20
Psocotteri							0	0
Scorpioni							0	0
Sinfilii	1	20					1	20
Tisanotteri			3	1	5	1	8	1
Zigentomi							0	0
Altri olometaboli (Mecotteri, Neurotteri, Rafidiotteri)							0	0
QBS-ar							593	183
Classi di qualità del suolo								6
Gruppi euedafici (EMI=20)								7
Gruppi/taxon edafici								14
Rapporto Acari/Collemboli (10 cm³ x 3)								11,56

5.1. L'evoluzione della biodiversità del suolo dal mare verso l'entroterra: Porto Caleri vs. Isola di Albarella

Per discutere l'evoluzione della biodiversità edafica dalla fascia afitoica alla tipologia forestale del leccio (che rappresenta la specie leader o definitiva dell'ambiente mediterraneo), è stato preso in considerazione l'anno 2020. A differenza dell'anno 2019, che è stato utilizzato per il confronto dei risultati, nell'anno 2020 sono stati campionati altri 4 ecosistemi rappresentativi degli ambienti di Porto Caleri e dell'isola di Albarella.

5.1.1. Giardino Botanico di Porto Caleri

Il Giardino Botanico di Porto Caleri presenta valori che indicano un aumento della qualità biologica del suolo e, di conseguenza, della biodiversità edafica lungo la serie: spiaggia (priva di vegetazione), duna bianca (specie erbacee), duna grigia (arbusti) e foresta (specie arboree). La tendenza all'aumento del valore QBS-ar, lungo la serie, è seguita dalla tendenza all'aumento nei gruppi funzionali e nei gruppi euedafici (figura 29). Tra i valori di QBS-ar e il numero di gruppi funzionali ed euedafici si riscontra una significativa correlazione positiva, rispettivamente con $R^2=0,9346$ e $R^2=0,917$ (figura 30). Questo indica che all'aumentare dei valori di QBS-ar si osserva un aumento sia del numero di *taxa* che dei gruppi euedafici, e viceversa.

La massima ricchezza dei gruppi funzionali ed euedafici (rispettivamente 14 e 7) è stata osservata nel campione C12 (pineta di *Pinus pinaster* con la presenza di *Ulmus minor*). Il valore di QBS-ar è di 183. In questo campione sono stati trovati i seguenti gruppi euedafici: acari, coleotteri edafobi, collemboli Onichiuridi, diplopodi, proturi, pseudoscorpioni e sinfili. In generale, in altre due pinete campionate (C7 e C8), rispettivamente pineta con *Quercus ilex* e pineta con *Ulmus minor* (quest'ultima con un sottobosco differente rispetto al C12), sono presenti valori elevati di QBS-ar. Inaspettatamente, i valori di QBS-ar della lecceta (C13), la quale si sviluppa in condizioni stazionali ottimali e priva di disturbi abiotici, sono più bassi rispetto alle 3 pinete (C7, C12 e C8). Il QBS-ar è di 83; con la presenza di 3 gruppi euedafici (acari, collemboli e sinfili) e 9 gruppi funzionali. In generale, la macchia alta presenta valori di QBS-ar in linea con pinete mediterranee (Menta, 2018b); vi sono diplopodi e chilopodi, isopodi, proturi e sinfili, i quali sono estremamente sensibili al disseccamento e si trovano comunemente in suoli ricchi di sostanza organica e con una buona porosità (Bedano et al., 2006). Acari e collemboli sono numericamente dominanti in tutti i campionamenti effettuati. I collemboli sono stati rinvenuti in tutti i campioni, dalla fascia afitoica (zona interessata periodicamente dalle maree) fino alla lecceta. Si può affermare quindi che collemboli sono colonizzatori, in quanto sono presenti sia in successione primaria (condizione di non suolo e senza sostanza organica) che in successione secondaria.

La duna grigia (chiamata anche duna consolidata), nei siti campionati, è caratterizzata dalla macchia bassa (C6 e C11) e dalla gariga (C4 e C5). Nella macchia bassa, le specie arboree non superano i 3 m di altezza e dominano gli arbusti. La copertura del suolo è pressoché completa, con l'ingresso sporadico di pini sparsi e isolati. Nella gariga, invece, le specie sono erbacee, con una copertura del suolo di circa il 90%. In particolare, la duna grigia con cintura di tamerici (C11) presenta valori di QBS-ar più alti rispetto al ginepraio (C6). Nel

punto C6 (specie indicatrice *Juniperus communis*), il QBS-ar è di 85, con 4 gruppi euedafici (acari, collemboli, pseudoscorpioni e sinfili) e 9 gruppi edafici. Nel punto C11 (specie indicatrice *Tamarix gallica*), il valore di QBS-ar è di 123, sono presenti 3 gruppi euedafici (acari, collemboli e pseudoscorpioni) e 12 taxon. In questo sito ci sono molti gruppi (o forme di vita) emiedafiche (EMI=10). La macchia mediterranea (C6), che rappresenta la fascia di transizione tra l'ambiente dunale e il bosco, è più prossima all'entroterra; al contrario, la cintura di tamerici (C11) è più vicina al mare. Pertanto, ci si aspettava un valore più alto di QBS-ar nella macchia mediterranea piuttosto che nei tamerici. La duna con *Tortulo-Scabioisetum* (C5) e l'ammofiletto (C4) presentano valori di QBS-ar rispettivamente di 61 e 89. Nel punto C4 sono stati identificati 3 gruppi euedafici: acari, collemboli e sinfili. Quest'ultimo gruppo tipicamente è presente in ambienti indisturbati (Bedano et al., 2006).

La gariga presenta una copertura erbacea che non supera il 30% e con una struttura a collettivi (dove la vegetazione può anche prostrarsi al suolo). La duna bianca (C3), stabilizzata e dominata da *Ammophila arenaria*, ha un valore di QBS-ar di 44, con la presenza di 6 gruppi edafici (acari, coleotteri, collemboli, ditteri, emitteri, imenotteri). Invece, la duna embrionale (C2), caratterizzata da specie come *Ammophila arenaria*, *Cakile maritima* e *Xanthium italicum*, presenta un valore di QBS-ar di 34, con la presenza di 6 gruppi edafici.

Zona di accumulo di necromassa legnosa portata a riva dal mare e priva di vegetazione (C1), cioè spiaggia libera, ha un valore di QBS-ar di 7 con 3 gruppi edafici e presenta le forme di vita epiedafiche. Invece, la zona di marea che emerge solo durante la bassa marea ed è priva di vegetazione (C0), ha un valore di QBS-ar di 3 e presenta 3 gruppi edafici (collemboli, ditteri e imenotteri). In generale, nella macchia bassa e nella gariga, sono stati trovati adulti di coleotteri, ditteri, imenotteri e tisanotteri. Questi animali costruiscono le tane nella sabbia sia per ovideposizione che come rifugio. Inoltre, sono stati rinvenuti le larve di ditteri e di coleotteri che svolgono lo svernamento; invece le larve di lepidotteri e imenotteri non sono stati presenti nelle selezioni.

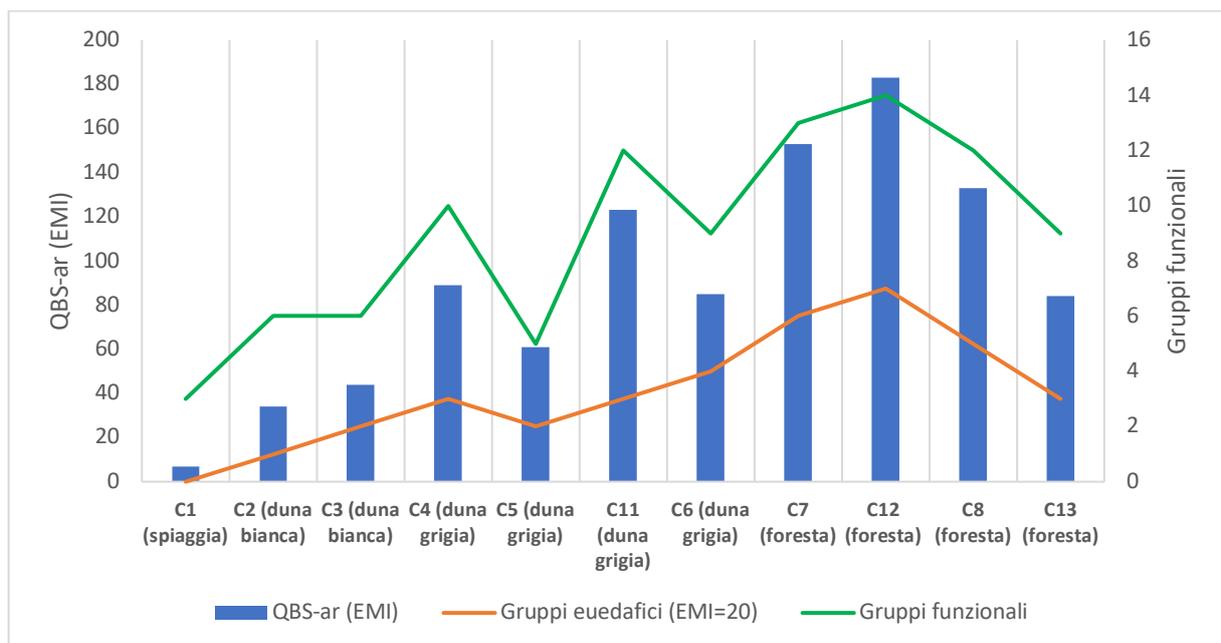


Figura 29. L'evoluzione della biodiversità del suolo lungo la serie che va dalla costa marina verso l'entroterra nel Giardino Botanico di Parto Caleri.

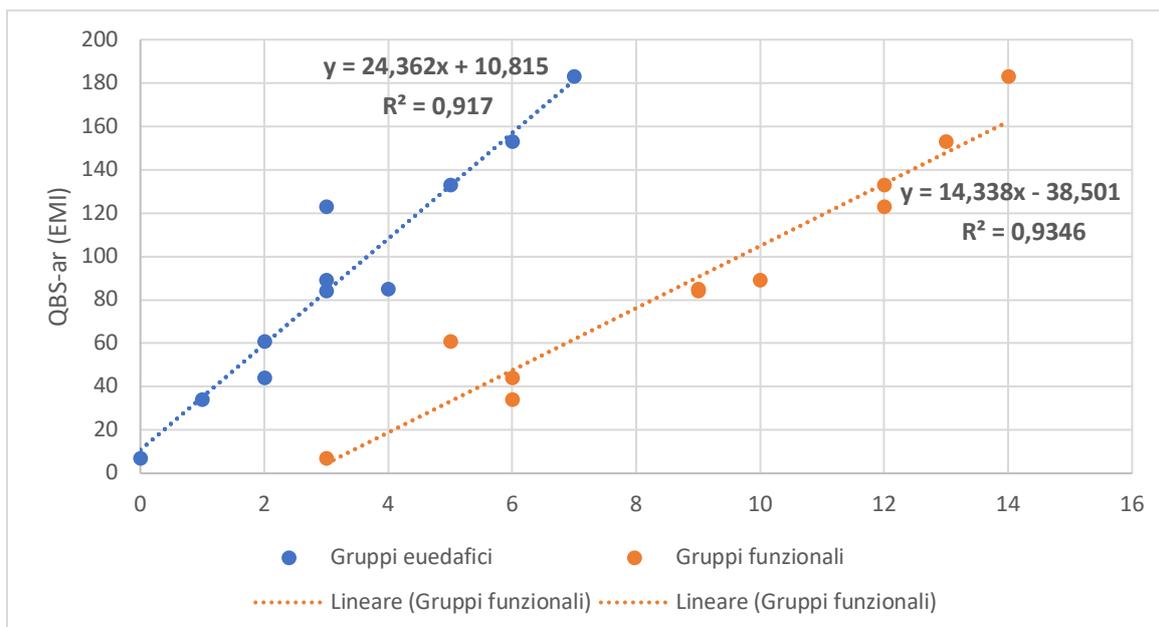


Figura 30. Correlazione fra valori di *QBS-ar* (ordinata) e numero di gruppi (ascissa) funzionali o euedafici, nel Giardino Botanico di Porto Caleri.

Sono state campionate formazioni fitosociologiche particolari, periodicamente inondate da acque salmastre, presenti solo a Porto Caleri (C9 e C10), a differenza dell'isola di Albarella. Tra queste, vi è la formazione di *Limonium* spp. e *Salicornia veneta* (C9); quest'ultima specie è endemica, con una distribuzione molto limitata, presente solo nel nord del mare Adriatico (radarmagazine.net), ed è inserita negli allegati II e IV della Direttiva Habitat (eur-lex.europa.eu). Il punto C9 ha un valore di *QBS-ar* pari a 47, con la presenza di 7 gruppi edafici: acari, collemboli, ditteri, larve di ditteri, emitteri, imenotteri e isopodi. D'altra parte, la zona di barena (C10) con formazioni di giunchi (*Juncus* spp.), *Puccinellia festuciformis*, *Limonium* spp. e *Salicornia* spp. mostra valori della qualità biologica del suolo simili al punto C9, con un *QBS-ar* di 45 e la presenza di 5 gruppi edafici. In entrambi i siti (C9 e C10) sono stati individuati isopodi, i quali mostrano una preferenza per suoli mull acidi e mull calcarei (Lisa, 2012).

Le classi di qualità del suolo, definite in base all'indice *QBS-ar*, al numero dei gruppi euedafici e ai gruppi chiave (definiti come eccellenti bioindicatori) come Proturi, Coleotteri edafobi e Collemboli Onichiuridi, mostrano una maggiore complessità del popolamento in termini di adattamento alla vita edafica nelle pinete (C7, C8 e C12), con un valore di 6³; e sono in linea con i valori di *QBS-ar*. Anche la macchia bassa, ossia la fascia di tamerici (C11), presenta classi di qualità del suolo in accordo con il valore di *QBS-ar*. La lecceta (C13) mostra valori delle classi di qualità del suolo inferiori rispetto alle pinete, con un valore di 4. I risultati dell'attività di campionamento sono stati riassunti nella tabella sottostante (tabella 9).

³ Un esempio per definire le classi di qualità del suolo del punto C12, come indicato nella figura 14; sono presenti almeno 3 gruppi euedafici (sì, sono presenti 7), Proturi e/o Coleotteri edafobi presenti (sì, entrambi i gruppi sono presenti); *QBS-ar* ≤ 200 (sì), pertanto la classe di qualità biologica del suolo è 6.

Tabella 9. I risultati della biodiversità edafica presso Giardino Botanico di Porto Caleri.

Caleri 2020						
Codice	Totale Individui	Gruppi funzionali	Gruppi euedafici (EMI=20)	QBS-ar (EMI)	Classi di qualità	Rapporto Acari/Collemboli
C1	3	3	0	7	0	0
C2	31	6	1	34	2	0,25
C3	41	6	2	44	1,5	9
C4	101	10	3	89	4	0,45
C5	148	5	2	61	3	0,21
C11	358	12	3	123	5	0,7
C6	166	9	4	85	4	6,1
C7	328	13	6	153	6	4,66
C12	593	14	7	183	6	11,56
C8	607	12	5	133	6	4,99
C13	160	9	3	84	4	4
Ecosistemi particolari di Porto Caleri						
C9	142	7	1	47	2	1,03
C0	8	3	0	3	0	0
C10	173	5	1	45	2	2,31

L'indice Acari/Collemboli è inferiore a 1 nei siti come la spiaggia (C1), la duna embrionale (C2), l'ammofiletto (C4), *Tortulo-Scabiosetum* (C5) e nelle tamerici (C11); ciò indica che in questi luoghi la biocenosi non è in equilibrio (ci sono meno acari rispetto ai collemboli). Invece, in altre fitocenosi, l'indice Acari/Collemboli è superiore a 1, ciò indica che la comunità di specie è in equilibrio (figura 31).

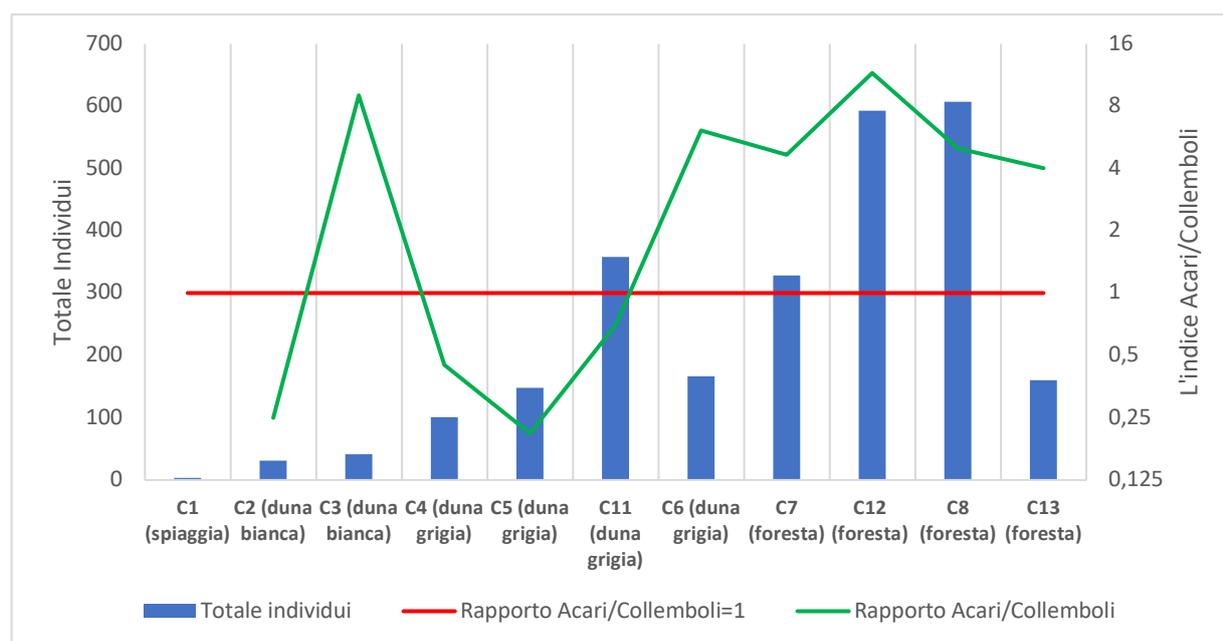


Figura 31. L'indice Acari/Collemboli e il totale degli individui per ogni sito campionato nel Giardino Botanico di Porto Caleri. La linea rosa rappresenta la demarcazione tra comunità in equilibrio e non in equilibrio.

5.1.2. Albarella

L'isola di Albarella mostra un aumento dei valori di biodiversità edafica lungo la serie: spiaggia (priva di vegetazione), duna bianca (specie erbacee), duna grigia (arbusti). La foresta, costituita principalmente da vegetazione arborea di origine antropica piantata per scopi paesistici, presenta valori di QBS-ar più bassi (o simili) a quelli della duna grigia. Questo è probabilmente dovuto all'elevato impatto antropico e al continuo calpestio dei turisti (spostamenti di massa verso gli alloggi, ristoranti, strutture di intrattenimento, mare, ecc.). Con l'aumento del QBS-ar, si evidenzia una tendenza all'aumento sia nei gruppi funzionali che nei gruppi euedafici (figura 32); vi è una significativa correlazione positiva tra i valori di QBS-ar e il numero di gruppi funzionali ed euedafici, rispettivamente con $R^2=0,8907$ e $R^2=0,9607$ (figura 33).

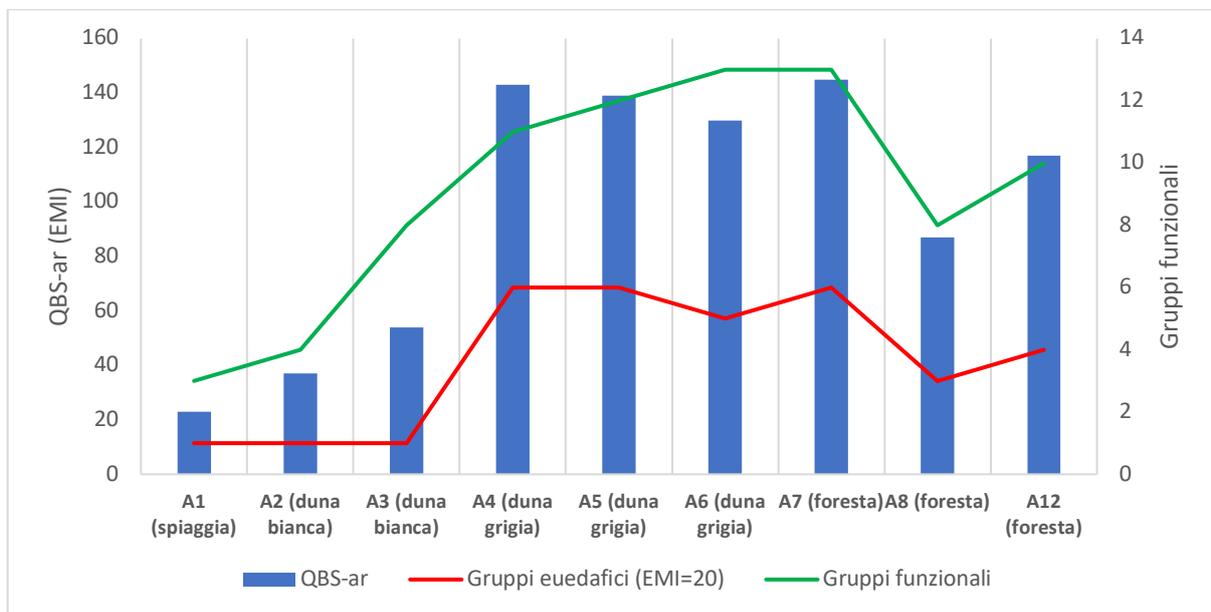


Figura 32. L'evoluzione della biodiversità del suolo lungo la serie che va dalla costa marina verso l'entroterra, sull'isola di Albarella.

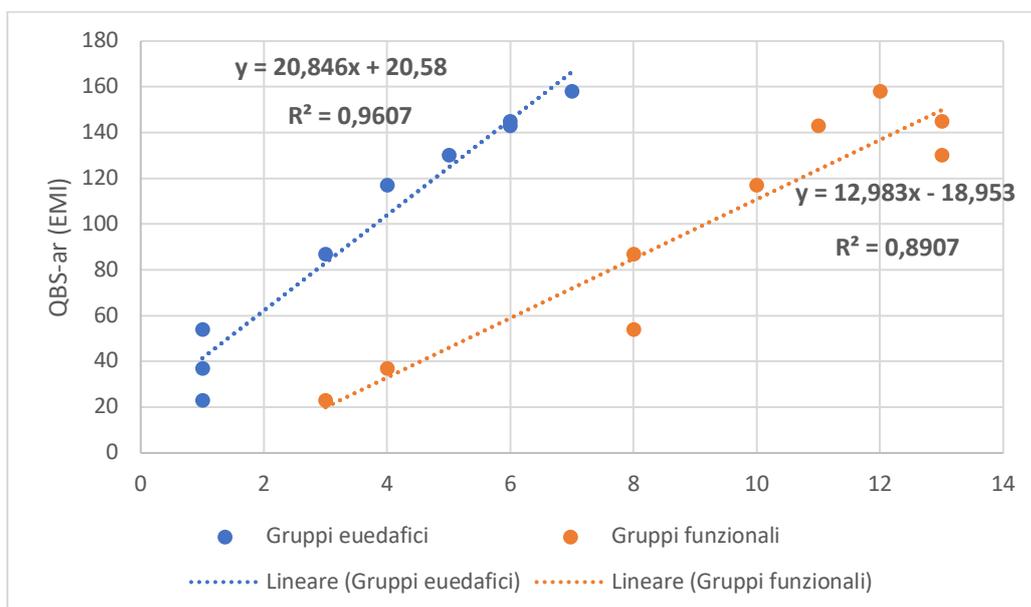


Figura 33. Correlazione fra valori di QBS-ar e numero di gruppi funzionali o euedafici, sull'isola di Albarella.

Nella lecceta (A12), dove sono state effettuate tre repliche in prossimità di una strada asfaltata (a circa 10 m), il valore di QBS-ar è di 117 con 4 gruppi euedafici (acari, collemboli, diplopodi e sinfili). La pineta artificiale di *Pinus pinea*, priva di sottobosco e con uno spesso strato di lettiera di aghi (A8), presenta un valore di QBS-ar pari a 87 con 3 gruppi euedafici (acari, collemboli e sinfili). Questo dato si discosta dai valori tipicamente riscontrati nelle pinete, il che è attribuibile al fatto che la pineta (o parco) si trova al centro dell'isola, dove c'è un punto di passaggio frequente dei turisti. Il punto A7, dominato da pino marittimo e domestico, con l'ingresso per successione di *Quercus ilex* e altre specie della macchia come *Juniperus communis*, *Laurus nobilis* e *Ligustrum vulgare*, si trova in un'area poco disturbata e poco curata. Il QBS-ar in tale sito è di 145, in linea con i valori riscontrati nelle pinete. Sempre in A7, sono stati trovati 6 gruppi euedafici (acari, chilopodi⁴, collemboli, proturi, pseudoscorpioni e sinfili) e 13 taxa. Pseudoscorpioni e chilopodi sono associati ad ambienti edafici maturi e forestali, mentre i proturi sono tipici di ambienti indisturbati (Conti, 2009). Confrontando le due pinete (A8 e A7), una disturbata e l'altra non disturbata, il valore di QBS-ar cambia notevolmente. Nella pineta A7, poco disturbata, con più specie arboree e arbustive, si osservano più gruppi euedafici, specialmente quelli tipici degli ambienti maturi e indisturbati. Ciò indica che il disturbo al suolo può influenzare significativamente la biodiversità edafica.

La duna grigia mostra valori elevati di QBS-ar. È meno disturbata dai turisti grazie agli adattamenti specifici (foglie coriacee e sempreverdi, spine, aromi sgradevoli) della macchia bassa ai fattori limitanti del clima mediterraneo. Il punto A6 è caratterizzato dalle specie tipiche della macchia, tra cui *Juniperus communis*, *Phyllirea angustifolia* e *Tamarix gallica*, con l'ingresso sporadico di *Quercus ilex* e *Pinus pinaster*. Il valore di QBS-ar in tale sito è di 130, e il punto A5 presenta valori simili di QBS-ar. La fascia di canneto composta da *Arundo donax* e *Tamarix gallica* (A4) presenta la massima biodiversità edafica della duna grigia sull'isola di Albarella, con un valore di 143. In questo ambiente sono stati identificati diversi gruppi edafici, tra cui acari, collemboli, diplopodi, dipluri, pseudoscorpioni, sinfili, aracnidi, chilopodi, ditteri, larve di ditteri e imenotteri. I dipluri, come i pseudoscorpioni, sono associati ad ambienti maturi e poco disturbati (Menta, 2008).

La gariga, rappresentata dai punti campionati A2 e A3, mostra valori bassi di QBS-ar. Nella duna artificiale meno recente, formata da operazioni di pulizia della spiaggia svolte in anni precedenti e caratterizzata dalle specie come *Ammophila arenaria* e *Eryngium maritimum* (A3), il valore di QBS-ar è di 54, con la presenza di un solo gruppo euedafico. In questo sito, l'adattamento dei collemboli (EMI) è pari a 6, indicando che la forma di vita assunta di questi artropodi è emiedafica (cioè superficiale). Duna artificiale di recente formazione, creata da operazioni annuali di pulizia della spiaggia (A2), con specie come *Ammophila arenaria*, *Cakile maritima* e *Xanthium italicum*, presenta un valore di QBS-ar pari a 37. Tra i gruppi edafici presenti vi sono acari, collemboli epiedafici (EMI=2), larve di ditteri e imenotteri (formicidi). Spiaggia libera (A1): area costiera adattata e livellata meccanicamente per scopi turistici. Durante il periodo di vacanza, la zona è

⁴Per i chilopodi, viene adottato il valore di EMI=20 per i Geofilomorfi, in rapporto alla estrema riduzione della loro sezione trasversale. Analogamente, per i diplopodi di applica lo stesso punteggio, ma con il criterio che la forma del corpo sia inferiore a 5 mm (Menta, 2008).

frequentata dai turisti con la presenza di ombrelloni. La spiaggia è priva di vegetazione. Il valore di QBS-ar è pari a 23. In generale, sia nella macchia bassa che nella gariga, sono stati osservati molti esemplari adulti e larve di coleotteri, ditteri, imenotteri. Le larve di lepidotteri sono state osservate nel campione A6 nell'anno 2019. Tuttavia, nel campione A5 dell'anno 2020 sono stati individuati dei dermatteri; essi sono rari nelle selezioni a causa delle loro dimensioni, pertanto potrebbe trattarsi di una contaminazione.

Sono stati campionati siti particolari al fine di valutare la biodiversità del suolo in ambienti semi-naturali o di origine antropica:

- **A9**: un nucleo di piante giovani messo a dimora da qualche anno. Le specie rilevate sono *Acer campestre*, *Cornus sanguinea*, *Crataegus* spp., *Fraxinus* spp., *Juniperus communis*, *Populus alba*, *Quercus ilex*, *Ulmus minor*, *Pinus Pinea*, ecc. Il valore di QBS-ar è di 82.
- **A10 (aiuola di fiori con specie ornamentali)**: suolo lavorato con fiori coltivati. Il QBS-ar è di 86.
- **A11**: prato gestito e seminato con periodiche operazioni di taglio dell'erba. Sono presenti specie arboree come *Populus x canescens*, *Pinus pinea*, *Ulmus minor*, ecc. Il valore di QBS-ar è di 86.
- **A13 (prato verde)**: sono presenti varie specie erbacee tipiche di un prato, il quale viene gestito tramite il taglio periodico dell'erba. A differenza del punto A11, il campione è stato prelevato in campo aperto lontano dalle piante. Il QBS-ar è di 107.
- **A14 (campo da golf)**: il campo da golf viene mantenuto mediante l'uso di fertilizzanti e trattamenti fitosanitari; è soggetto a un frequente calpestio dei giocatori. Inoltre, è abitato da circa 300 daini. Il valore di QBS-ar è di 50.

In generale, nei siti di origine antropica, i valori di QBS-ar risultano bassi, ma il numero totale di individui di artropodi risulta essere elevato. Si osserva la presenza di molte forme di vita epiedafiche, con pochi animali euedafici. Ciò suggerisce che un numero elevato di individui degli artropodi non sempre si traduce in una maggiore biodiversità (o qualità del suolo). Questo è osservabile soprattutto in ambienti di origine antropica. Ad esempio, la pineta di origine antropica (A8) ha il QBS-ar di 87 con 308 individui trovati nelle tre repliche; d'altra parte, il prato gestito e seminato (A11) mostra un valore di QBS-ar di 86 con 651 di individui. Inoltre, è indicativo notare che il campo da golf (A14), soggetto a frequente calpestio dei giocatori, presenta un valore di QBS-ar pari a 50. D'altra parte, il prato falciato senza cure particolari (non fertilizzato e non trattato) mostra valori di QBS-ar pari a 107, quasi il doppio del campo da golf. I risultati dell'attività di campionamento sull'isola di Albarella sono stati riassunti nella tabella 10, invece l'indice acari/collemboli è rappresentato in figura 34.

Tabella 10. I risultati della biodiversità edafica presso l'isola di Albarella.

Albarella 2020						
Codice	Totale Individui	Gruppi funzionali	Gruppi euedafici (EMI=20)	QBS-ar (EMI)	Classi di qualità	Rapporto Acari/Collemboli
A1	4	3	1	23	2	0,5
A2	11	4	1	37	2	0,75
A3	97	8	1	54	0,66	1,56
A4	233	11	6	143	5	0,74
A5	564	12	7	158	6	0,93
A6	275	13	5	130	6	72
A7	554	13	6	145	6	8,15
A8	308	8	3	87	4	0,59
A12	146	10	4	117	5	2,58
Ecosistemi particolari dell'isola di Albarella						
A9	398	9	2	82	3	2,59
A10	117	7	3	86	6	0,29
A11	651	11	3	86	4	0,51
A13	646	9	4	107	6	1,45
A14	285	6	1	50	2	9,41

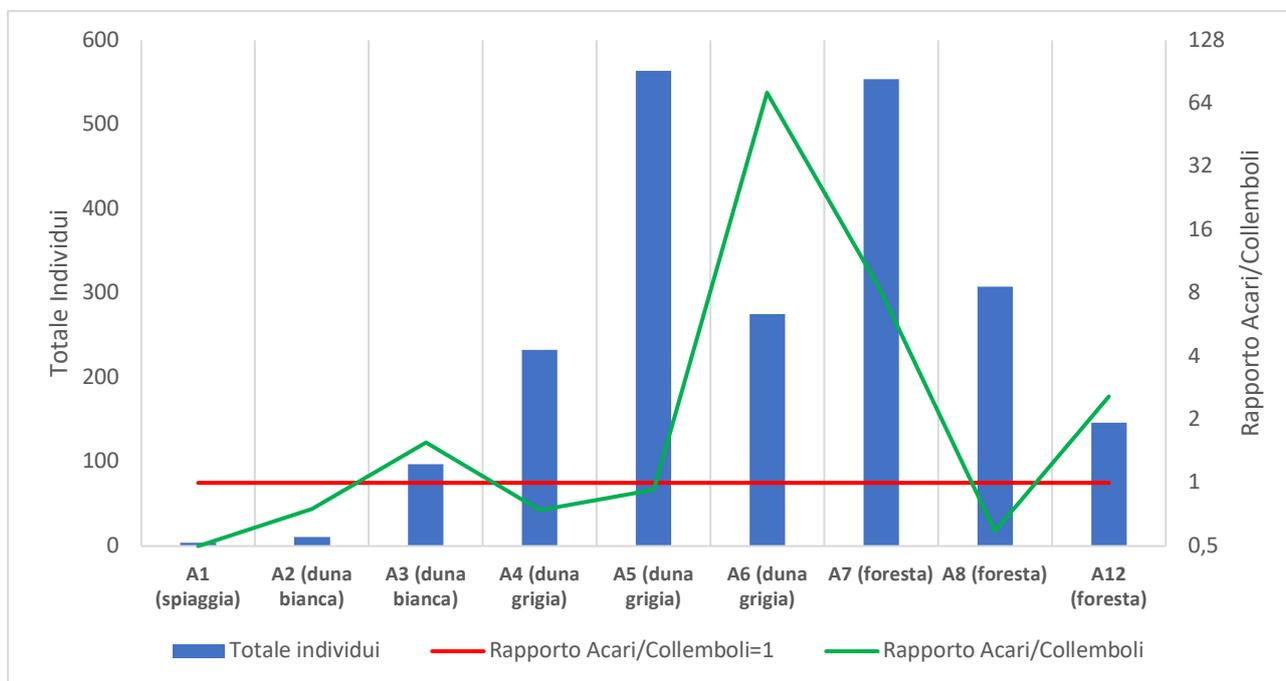


Figura 34. L'indice Acari/Collemboli e il totale degli individui per ogni sito campionato. La linea rosa rappresenta la demarcazione tra comunità in equilibrio e non in equilibrio sull'isola di Albarella.

5.2. Confronto dei risultati tra Porto Caleri e l'isola di Albarella per gli anni 2019 e 2020

Per effettuare il confronto della biodiversità edafica, utilizzando il metodo QBS-ar, sono stati identificati tipi di vegetazione che possono essere utilizzati come punti di riferimento sia a Porto Caleri che ad Albarella. Raccogliendo campioni di suolo lungo un transetto che va dal mare fino al bosco, caratterizzati da una crescente complessità strutturale (assimilabili a fasi o sere di una successione), è stato possibile confrontare la biodiversità del suolo in ambienti naturali e antropici (tabella 11).

Tabella 11. Indici di biodiversità a confronto negli Ecosistemi di Caleri e Albarella. TOTI = Totale individui; GRUFU = Gruppi funzionali; GRUEU = Gruppi euedafici; QBSAR = QBS artropodi; CLAQBS = Classi di QBS; RAPAC = Rapporto Acari/Collemboli.

SITO	ECOSIST	TOTIN	GRUFU	GRUEU	QBSAR	CLAQBS	RAPAC
Caleri	C1 (spiaggia)	162	6	1	39	1.5	0
Caleri	C2 (duna bianca)	88	8	1	37	2	0.36
Caleri	C3 (duna bianca)	127	10	3	85	4	1.41
Caleri	C4 (duna grigia)	75	7	2	49	1.5	1.08
Caleri	C5 (duna grigia)	189	12	4	138	5	5.52
Caleri	C6 (duna grigia)	561	14	4	130	6	9.36
Caleri	C7 (foresta)	530	12	4	120	6	12.34
Caleri	C8 (foresta)	626	15	6	173	6	3.22
Albarella	A1 (spiaggia)	14	6	1	33	2	0.33
Albarella	A2 (duna bianca)	46	7	1	45	2	10
Albarella	A3 (duna bianca)	313	11	2	94	3	5.3
Albarella	A4 (duna grigia)	237	13	6	167	6	3.78
Albarella	A5 (duna grigia)	725	13	6	163	6	4.13
Albarella	A6 (duna grigia)	336	15	6	164	6	2.65
Albarella	A7 (foresta)	567	15	6	164	6	5.29
Albarella	A8 (foresta)	470	13	4	134	5	3.84

Paragonando gli stessi ecosistemi (uno di spiaggia nuda, due di duna bianca, tre di duna grigia e due di foresta), con un'analisi per SITO, la differenza tra gli ecosistemi di Caleri e Albarella non è significativa per nessuno degli indici misurati. Per tutti questi indici, Caleri e Albarella sono molto simili.

La probabilità che siano diversi è sempre superiore al 38%, valore più basso trovato per il QBSA; il valore più alto, di 89%, è quello di RAPAC, che indica che il rapporto Acari/Collemboli è molto simile nei due siti (figura 35).

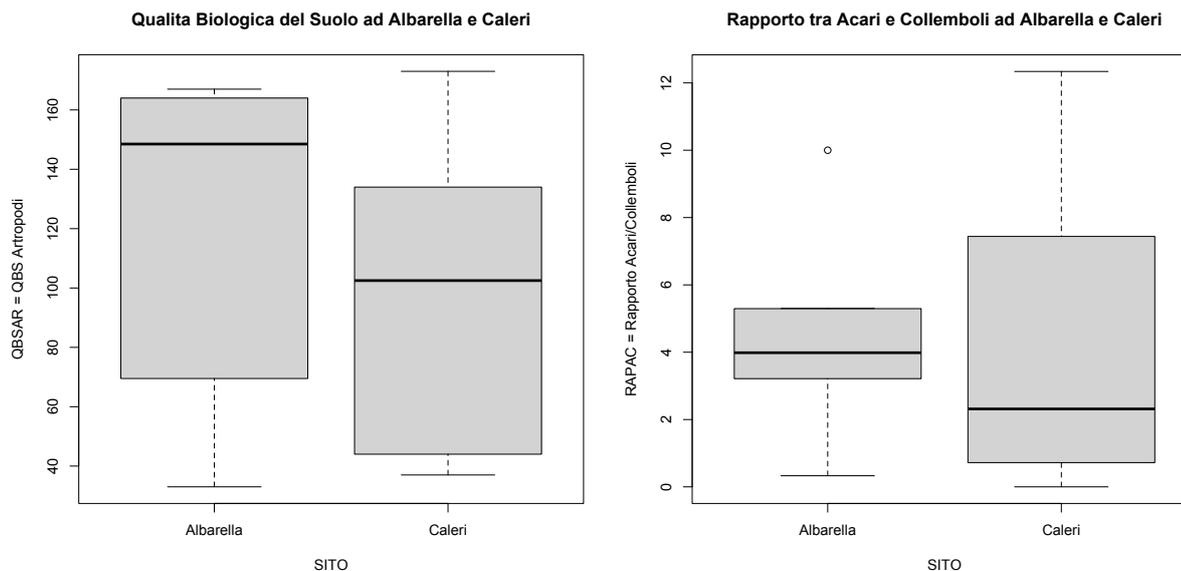


Figura 35. A sinistra: confronto della qualità biologica del suolo tra Albarella e Caleri utilizzando l'indice QBS-ar negli stessi ecosistemi (uno di spiaggia nuda, due di duna bianca, tre di duna grigia e due di foresta);

QBSAR	Df	Sum	Mean Sq	Fvalue	Pr(>F)
SITO	1	2328	2328.1	0.8052	0.3847
Residui	14	53.5	3.8214		

a destra: confronto del rapporto Acari/Collemboli tra Albarella e Caleri utilizzando tale rapporto negli stessi ecosistemi (uno di spiaggia nuda, due di duna bianca, tre di duna grigia e due di foresta).

RAPAC	Df	Sum	Mean Sq	Fvalue	Pr(>F)
SITO	1	0.258	0.257.6.1	0.00181	0.8948
Residui	14	198.839	14.2028		

Questa similitudine tra siti è osservabile sia nell'anno 2019 che nell'anno 2020 (figura 36, 37; tabella 12 e 13). L'unica eccezione è rappresentata dalla pineta con *Ulmus minor* di Caleri (C8 e C12), che presenta, per entrambi gli anni, un indice di QBS-ar maggiore rispetto alla pineta artificiale di Albarella (A8), ma i punti di campionamento sono troppo pochi per ottenere una certezza statistica. Il confronto tra Porto Caleri e l'isola di Albarella tra gli anni 2019 e 2020 non è stato effettuato a causa delle condizioni climatiche differenti. Nel 2020, e più precisamente a novembre durante i campionamenti del suolo, si è verificata una maggiore aridità rispetto all'anno 2019.

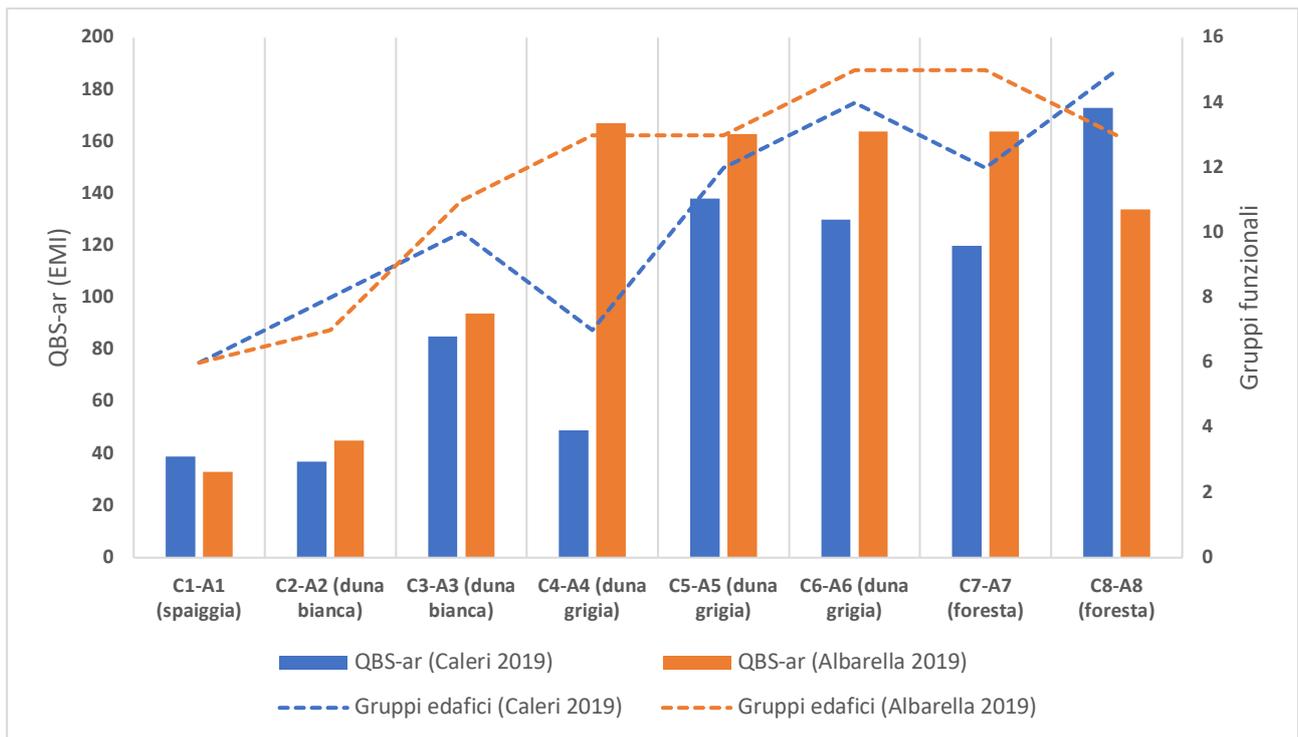


Figura 36. Confronto tra l'indice QBS-ar e i gruppi edafici tra Porto Caleri e l'isola di Albarella nell'anno 2019.



Figura 37. Confronto tra l'indice QBS-ar e i gruppi edafici tra Porto Caleri e l'isola di Albarella nell'anno 2020.

Tabella 12. Confronto dei risultati relativi all'anno 2019 tra Porto Caleri e l'isola di Albarella.

Codice		Totale individui		Gruppi funzionali		Gruppi euedafici		QBS-ar		Classi di qualità		L'indice Acari/Collemboli	
C1	A1	162	14	6	6	1	1	39	33	1,5	2	0	0,33
C2	A2	88	46	8	7	1	1	37	45	2	2	0,36	10
C3	A3	127	313	10	11	3	2	85	94	4	3	1,41	5,3
C4	A4	75	237	7	13	2	6	49	167	1,5	6	1,08	3,78
C5	A5	189	725	12	13	4	6	138	163	5	6	5,52	4,13
C6	A6	561	336	14	15	4	6	130	164	6	6	9,36	2,65
C7	A7	530	567	12	15	4	6	120	164	6	6	12,34	5,29
C8	A8	626	470	15	13	6	4	173	134	6	5	3,22	3,84

Tabella 13. Confronto dei risultati relativi all'anno 2020 tra Porto Caleri e l'isola di Albarella.

Codice		Totale Individui		Gruppi funzionali		Gruppi euedafici		QBS-ar		Classi di qualità		L'indice Acari/Collemboli	
C1	A1	3	4	3	3	0	1	7	23	0	2	0	0,5
C2	A2	31	11	6	4	1	1	34	37	2	2	0,25	0,75
C3	A3	41	97	6	8	2	1	44	54	1,5	0,66	9	1,56
C4	A4	101	233	10	11	3	6	89	143	4	5	0,45	0,74
C11	A5	358	564	12	12	3	7	123	158	5	6	0,7	0,93
C6	A6	166	275	9	13	4	5	85	130	4	6	6,1	72
C7	A7	328	554	13	13	6	6	153	145	6	6	4,66	8,15
C8	A8	607	308	12	8	5	3	133	87	6	4	4,99	0,59
C13	A12	160	146	9	10	3	4	84	117	4	5	4	2,58

5.3. Validità del metodo QBS-ar nei programmi di monitoraggio ambientale

Il metodo QBS-ar sta assumendo sempre più fama ed è utilizzato a livello nazionale (ISPRA - D'Antoni et al., 2020), dalle regioni nei loro rapporti tecnici sulle tematiche relative al suolo (ARPA Veneto - Ragazzi et al., 2014; Servizio geologico sismico e dei suoli di Emilia Romagna - Staffilani et al., 2018; ARPA FVG - Stragapede, 2016; ecc.), nonché a livello globale (Menta, 2018b). Questo studio, basandosi sull'analisi di un ampio numero di campioni raccolti per due anni consecutivi, tenta di analizzare se il metodo QBS-ar potrebbe essere un valido strumento nei programmi di monitoraggio ambientale. Le domande sono: il principio del metodo QBS-ar è valido; i valori di QBS-ar sono confrontabili nei due anni consecutivi negli stessi siti e campioni prelevati a pochi metri di distanza; si riesce ad osservare la presenza degli stessi gruppi euedafici (o gruppi "chiave") e il loro numero.

Il principio del metodo QBS-ar:

1. Vi è una forte correlazione lungo il transetto che va dalla spiaggia fino alla lecceta, tra il valore di QBS-ar e i gruppi edafici, nonché tra il valore di QBS-ar e i gruppi euedafici. Con un $R^2 > 0,9$, sia per

g. edafici che euedafici, per i 4 siti campionati (Albarella 2019, 2020 e Caleri 2019, 2020). Questo indica che all'aumentare dei gruppi edafici ed euedafici il valore di QBS-ar aumenta.

2. La correlazione tra gruppi edafici e euedafici mostra un coefficiente di determinazione R^2 inferiore a 0,3 per Caleri e Albarella nel 2019; e R^2 inferiore a 0,8 per Caleri e Albarella nell'anno 2020. Ciò significa che non sempre un alto numero di gruppi edafici (“superficiali”) equivale a un numero alto di gruppi euedafici (“profondi”). Questo si osserva, per esempio, nei siti come spiaggia e duna bianca sia a Caleri che ad Albarella.
3. Il coefficiente di determinazione R^2 , pari a 0,67, 0,26, 0,83, 0,42, è stato osservato tra il totale degli individui e il valore del QBS-ar. In alcuni casi, si è manifestata una correlazione forte, mentre in altri una correlazione più debole. Ciò indica che è possibile avere un elevato numero di artropodi nelle tre repliche, ma con valori bassi di QBS-ar, come nel caso dei campioni A4, A6 e A12 (figura 38). Al contrario, in altri casi, con pochi artropodi, si possono ottenere valori alti di QBS-ar.

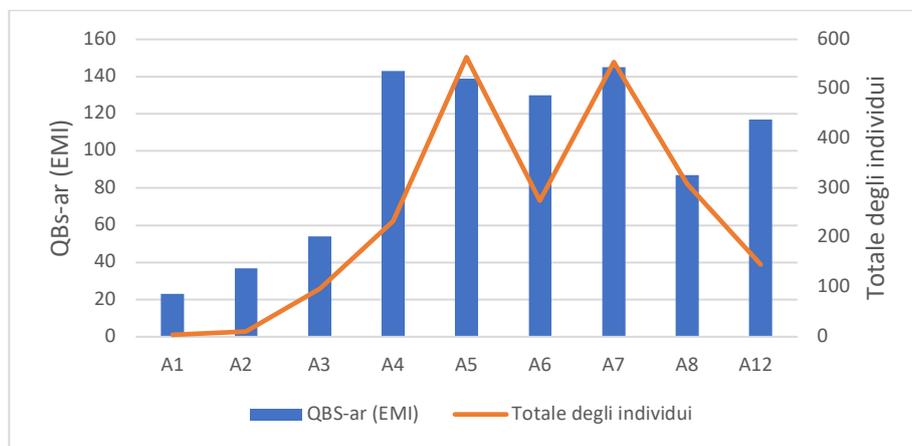


Figura 38. Confronto tra l'indice QBS-ar e totale degli individui lungo la serie spiaggia-bosco sull'isola di Albarella.

4. Esiste una forte correlazione tra i valori di QBS-ar e le classi di qualità del suolo ($R^2 > 0,8$) per i quattro siti campionati (Albarella 2019, 2020 e Caleri 2019, 2020). Le classi di qualità del suolo, ancora in fase di definizione e valide per i suoli della Pianura Padana, possono essere utilizzate come un buon indicatore nella valutazione della salute del suolo.

(Per non appesantire il testo, molte correlazioni citate non sono state inserite).

Per quanto riguarda la presenza degli stessi gruppi euedafici (o gruppi chiave) a Porto Caleri e sull'isola di Albarella, nel confronto tra le campagne di campionamento del 2019 e del 2020, è stato possibile osservare quasi gli stessi gruppi nella composizione del popolamento edafico. Tale tendenza è riscontrabile sia per Caleri (tabella 14) che per Albarella (tabella 15). Per esempio, nel 2020 a Caleri nella pineta sono stati osservati chilopodi, mentre nel 2019 questo gruppo è assente. Tuttavia, i chilopodi sono stati osservati nella duna grigia nel 2019, il che indica che questo gruppo era presente in quell'area nell'anno 2019, ma semplicemente non è stato catturato, dato che i chilopodi presentano un'alta mobilità. Altri gruppi, come i dipluri osservati nella pineta a Caleri nel 2020, non sono stati individuati in nessuna delle repliche del 2019 a Caleri nella stessa area.

Questo è probabilmente dovuto al fatto che, come già accennato nei capitoli precedenti, la pedofauna è sensibile alle variazioni di temperatura e umidità. Segue spostamenti giornalieri, stagionali e annuali in profondità e viceversa, reagendo alle corrispondenti oscillazioni del clima. Inoltre, alcuni *taxa* entrano in uno stato di quiescenza in periodi e condizioni particolari, soprattutto in condizioni di secchezza e freddo (Menta, 2018b).

Tabella 14. Confronto dei gruppi chiave tra gli anni 2019 e 2020 nei medesimi siti campionati a Porto Calerii.

Codice	Gruppi euedafici o chiave	
	2019	2020
Spiaggia	acari ⁵ , collemboli	
Duna bianca	acari, coleotteri larve, collemboli, sinfili	acari, collemboli, ditteri larve
Duna grigia	acari, chilopodi, coleotteri larve, collemboli, ditteri larve, isopodi, opilionidi, proturi, pseudoscorpioni, sinfili	acari, coleotteri larve, collemboli, diplopodi, ditteri larve, isopodi, pseudoscorpioni, sinfili
Pineta	acari, coleotteri larve, collemboli, diplopodi, ditteri larve, isopodi, opilionidi, proturi, pseudoscorpioni, sinfili	acari, chilopodi, coleottero edafobo, collemboli, diplopodi, dipluri, ditteri larve, isopodi, opilionidi, proturi, pseudoscorpioni, sinfili
Lecceta		acari, collemboli, ditteri larve, sinfili
Limonium spp. e Salicornia spp.	acari, coleotteri epigei, collemboli epigei, ditteri larve, isopodi	acari, collemboli epigei, ditteri larve, isopodi

Tabella 15. Confronto dei gruppi euedafici chiave tra gli anni 2019 e 2020 nei medesimi siti campionati ad Albarella.

Codice	Gruppi euedafici o chiave	
	2019	2020
Spiaggia	acari	acari
Duna bianca	acari, coleotteri larve, collemboli, ditteri larve, imenotteri larve, coleotteri larve	acari, coleotteri larve, ditteri larve
Duna grigia	acari, chilopodi, coleotteri larve, collemboli, diplopodi, ditteri larve, isopodi, lepidotteri larve, proturi, pseudoscorpioni, sinfili	acari, chilopodi, coleotteri larve, collemboli, diplopodi, dipluri, ditteri larve, proturi, pseudoscorpioni, sinfili
Pineta	acari, chilopodi, coleotteri larve, collemboli, diplopodi, ditteri larve, proturi, pseudoscorpioni, sinfili	acari, chilopodi, coleotteri larve, collemboli, diplopodi, ditteri larve, proturi, pseudoscorpioni, sinfili
Lecceta		acari, coleotteri larve, collemboli, diplopodi, ditteri larve, isopodi, sinfili

⁵ Non tutte le specie degli acari sono considerati euedafici. L'assegnazione di un unico valore di EMI=20, è soggetta a critiche. Anche se è evidente che gli Oribatei manifestino tutti i tratti distintivi di un completo adattamento alla vita euedafica, altri gruppi, come i Parassitiforini, includono specie che, pur possedendo tali caratteristiche, non vivono necessariamente in relazione al suolo (Menta, 2008).

Il numero di gruppi euedafici cambia al massimo di uno o due gruppi, sia a Caleri (tabella 15) che a Albarella (tabella 16) per tutti gli ecosistemi confrontati (il che è un ottimo risultato). *Ma perché, pur avendo un numero simile di gruppi euedafici, cambiano i valori di QBS-ar nei due anni consecutivi a Caleri (figura 39) e ad Albarella (figura 40) con i campioni prelevati negli stessi siti a pochi metri di distanza?* Perché, oltre alle forme di vita euedafiche, ci sono forme di vita epiedafiche ed emiedafiche che contribuiscono ad aumentare l'indice di QBS-ar. Ad esempio, nella duna grigia di Albarella, il valore di QBS-ar risulta maggiore nell'anno 2019 rispetto all'anno 2020 a causa della presenza dei gruppi emiedafici come isopodi e larve di ditteri. Tuttavia, sia nell'anno 2019 che nell'anno 2020 sono stati trovati gruppi come acari, chilopodi, collemboli Onichiuridi, diplopodi, proturi, pseudoscorpioni e sinfili, adattati a suoli stabili, naturali e indisturbati. Ciò significa che non bisogna considerare solo il valore assoluto di QBS-ar, ma è importante analizzare anche la valenza ecologica dei gruppi presenti nelle repliche, noti come bioindicatori, che generalmente, ma non sempre, presentano un EMI=20. Infatti, le classi di qualità del suolo vanno oltre il valore assoluto di QBS-ar, basandosi su “eccellenti bioindicatori” e possono essere un valido strumento di valutazione della qualità del suolo. Inoltre, i campioni di suolo evidenziano una distribuzione aggregata di diversi gruppi di artropodi, presenti in abbondanza in alcuni campioni e in modo limitato o assenti in altri (ciò si osserva anche nelle repliche prelevate una dall'altra a pochi metri di distanza). Questo indica che per estrarre la massima biodiversità edafica da un determinato sito (per un campionamento singolo nel tempo), è consigliabile aumentare il numero di repliche. In questo modo, si aumenta la probabilità di catturare l'intera comunità di gruppi edafici. Ciò deve essere ben presente nei programmi di monitoraggio ambientale. Le osservazioni sono simili a uno studio condotto sulle foreste di quercia da sughero (Galli et al., 2014). In tale studio, i campioni sono stati prelevati nello stesso sito per 12 mesi e si è osservato che l'abbondanza di molti *taxa* varia significativamente in base al periodo del mese; di conseguenza i valori QBS-ar variano mensilmente, rendendo impossibile confrontare i risultati da campionamenti effettuati in diverse stagioni; sempre nello stesso studio, durante tutti i mesi di campionamento sono stati identificati i gruppi euedafici associati a suoli naturali e stabili. Questo conferma ulteriormente, e va in accordo con le mie considerazioni, che non bisogna basarsi esclusivamente sui valori assoluti di QBS-ar. D'altra parte, in un altro studio sulle foreste decidue di un clima temperato (Blasi et al., 2012), è risultato che i dati di QBS-ar possono essere confrontati anche quando i campioni sono stati raccolti in mesi diversi. Il confronto dei risultati delle attività di campionamento a Porto Caleri e sull'isola di Albarella è riassunto nelle tabelle 16 e 17.

Tabella 16. Confronto dei risultati della biodiversità edafica negli stessi siti campionati negli anni 2019 e 2020 a Porto Caleri.

Codice		Totale Individui		Gruppi funzionali		Gruppi euedafici (EMI=20)		QBS-ar (EMI)		Classi di qualità		L'indice Acari/Collemboli	
C0	C0	94	8	6	3	1	0	49	3	2	0	0,43	0
C1	C1	162	3	6	3	1	0	39	7	1,5	0	0	0
C2	C2	88	31	8	6	1	1	37	34	2	2	0,36	0,25
C3	C3	127	41	10	6	3	2	85	44	4	1,5	1,41	9
C4	C4	75	101	7	10	2	3	49	89	1,5	4	1,08	0,45
C5	C5	189	148	12	5	4	2	138	61	5	3	5,52	0,21
C6	C6	561	166	14	9	4	4	130	85	6	4	9,36	6,1
C7	C7	530	328	12	13	4	6	120	153	6	6	12,34	4,66
C8	C8	626	607	15	12	6	5	173	133	6	6	3,22	4,99
C9	C9	81	141	7	7	1	1	71	47	0,66	2	0,66	1,03
	C10		173		5		1		45		2		2,31
	C11		358		12		3		123		5		0,7
	C12		593		14		7		183		6		11,56
	C13		160		9		3		84		4		4

Tabella 17. Confronto dei risultati della biodiversità edafica negli stessi siti campionati negli anni 2019 e 2020 sull'isola di Albarella.

Codice		Totale Individui		Gruppi edafici		Gruppi euedafici (EMI=20)		QBS-ar (EMI)		Classi di qualità		L'indice Acari/Collemboli	
A1	A1	14	4	6	3	1	1	33	23	2	2	0,33	0,5
A2	A2	46	11	7	4	1	1	45	37	2	2	10	0,75
A3	A3	313	97	11	8	2	1	94	54	3	0,66	5,3	1,56
A4	A4	237	233	13	11	6	6	167	143	6	5	3,78	0,74
A5	A5	725	564	13	12	6	7	163	158	6	6	4,13	0,93
A6	A6	336	275	15	13	6	5	164	130	6	6	2,65	72
A7	A7	567	554	15	13	6	6	164	145	6	6	5,29	8,15
A8	A8	470	308	13	8	4	3	134	87	5	4	3,84	0,59
A9	A9	239	398	11	9	3	2	108	82	5	3	9,76	2,59
A10	A10	221	117	10	7	4	3	117	86	6	6	0,91	0,29
	A11		651		11		3		86		4		0,51
	A12		146		10		4		117		5		2,58
	A13		646		9		4		107		6		1,45
	A14		285		6		1		50		2		9,41

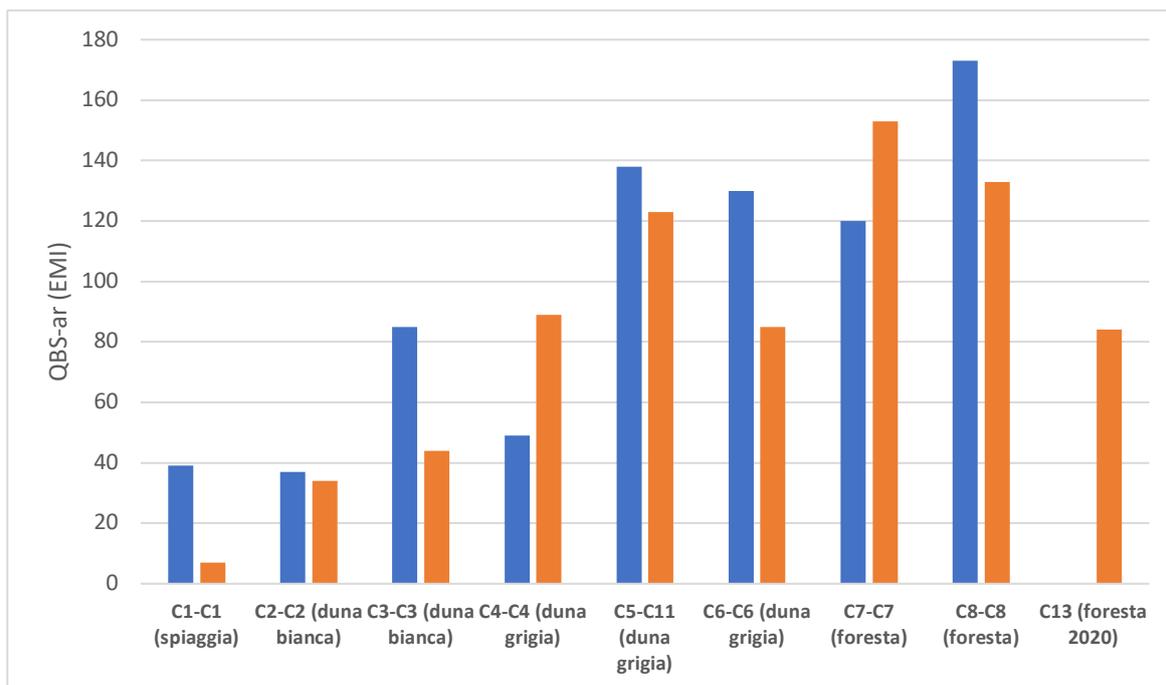


Figura 39. Confronto dei risultati di QBS-ar negli stessi siti campionati negli anni 2019 e 2020 a Porto Caleri.

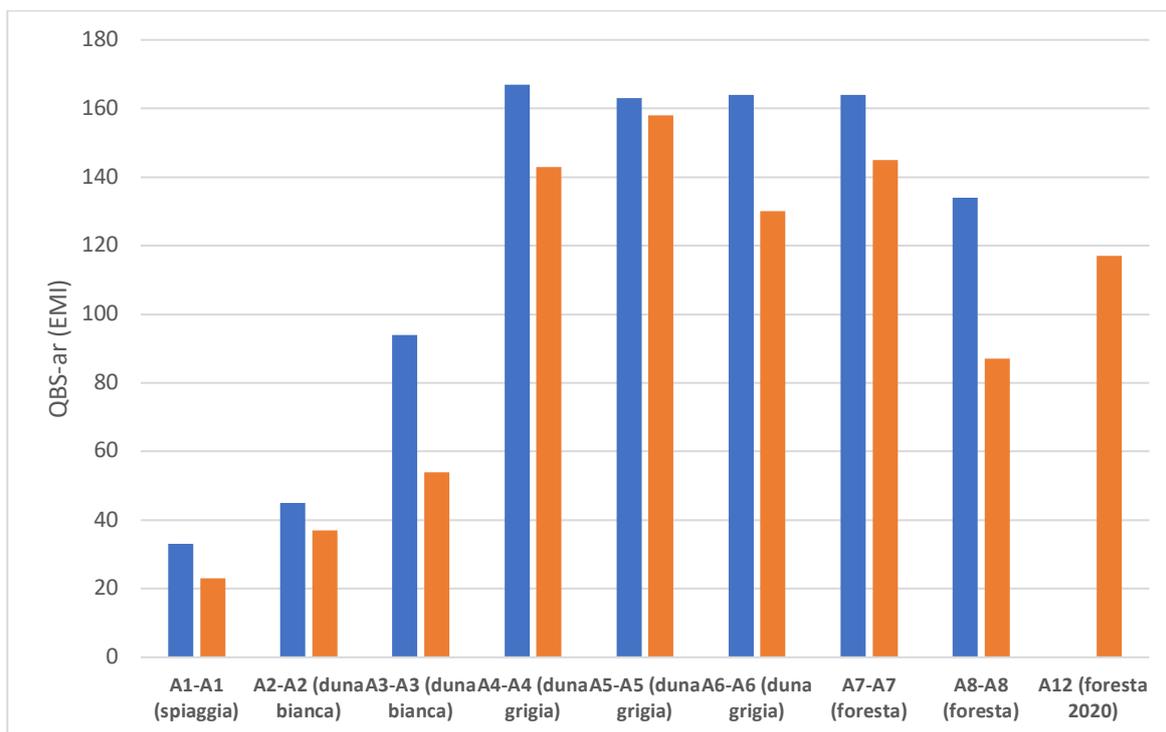


Figura 40. Confronto dei risultati di QBS-ar negli stessi siti campionati negli anni 2019 e 2020 sull'isola di Albarella.

6. Conclusioni

Lo studio condotto ha permesso di calcolare e confrontare la biodiversità edafica in un ambiente naturale e antropico, nello specifico:

- i. Nel giardino Botanico di Porto Caleri, si osserva un aumento della biodiversità edafica lungo la successione ecologica: zona afitoica (priva di vegetazione), duna bianca (specie erbacee), duna grigia (arbusti) e foresta (specie arboree). Tale tendenza indica che all'aumentare della complessità strutturale dell'ecosistema si verifica un incremento della biodiversità del suolo, confermato sia dal valore di QBS-ar che dalla presenza dei gruppi edafici ed euedafici. Di conseguenza, è importante considerare sistema *vegetazione-suolo* nelle ricerche, una pratica che a volte è trascurata. Infatti secondo van Straalen (2004), “la biodiversità edafica del suolo è fondamentale per il corretto funzionamento dei processi sopra il suolo”. Inaspettatamente, la lecceta (specie definitiva dell’ambiente mediterraneo) presenta valori di QBS-ar più bassi rispetto alle tre pinete con diverse fitocenosi, e simili alla duna grigia. L'isola di Albarella mostra una tendenza simile nell’aumento della biodiversità edafica lungo la serie, ma la foresta presenta valori di QBS-ar simili a quelli della duna grigia. Ciò potrebbe essere attribuito all’impatto antropico della zona centrale dell’isola, dove si trova il bosco.
- ii. Dal confronto della biodiversità del suolo tra Albarella e Porto Caleri sia negli anni 2019 e 2020, paragonando gli stessi ecosistemi e tipi vegetazionali equivalenti, non si osservano indici di biodiversità edafica diversi nell'ambiente antropizzato e in quello naturale (un dato interessante e inaspettato). Le seguenti domande sporgono spontanee: *la creazione di aree verdi e parchi come quelli di Albarella può fungere da serbatoio di biodiversità edafica? Una gestione accurata di un territorio può favorire diverse forme di vita nel sistema vegetazione-suolo? L'isola di Albarella potrebbe essere un modello per gli altri siti altamente antropizzati o degradati?* I risultati ottenuti mostrano che le attività antropiche possono influenzare la diversità delle forme di vita nel suolo, ma non fino a renderle molto diverse rispetto a quelle naturali, non ad Albarella in confronto di Caleri. Nell'ambito del progetto "ALBA", altri gruppi di ricerca hanno evidenziato una tendenza diversa per i microrganismi. La diversità microbica è risultata maggiore ad Albarella rispetto a Caleri (misurata negli stessi punti come per gli artropodi del suolo), con una correlazione forte alla quantità di carbonio organica nel suolo; inoltre, sono state riscontrate basse differenze nel contenuto di microplastiche tra i suoli dei siti antropizzati e naturali (Mo et al., 2022). Dal confronto delle specie vegetali, gli indici di biodiversità sono risultati più elevati ad Albarella e inferiori a Caleri; evidenziando che ad Albarella sono presenti specie meno sito-specifiche, mentre a Caleri sono presenti meno specie ma con un maggiore adattamento alle condizioni ambientali (Ranzani, 2021). Inoltre, il contenuto di carbonio organico totale nelle forme di humus più naturali di Porto Caleri risulta inferiore a quello delle forme di humus antropizzate dell’isola di Albarella (Casarotto, 2020). La biodiversità microbica di Caleri risulta però più connessa funzionalmente rispetto a quella di Albarella (lavoro in via di pubblicazione).
- iii. Il presente lavoro ha permesso di esaminare il metodo QBS-ar basandosi sullo studio di un ampio

numero di campioni raccolti per due anni consecutivi. Si evince che il principio di funzionamento del metodo, legato a tre forme di vita (epiedafico, emiedafico ed euedafico) correlate al biotopo dell'edafon, è valido. Inoltre, le classi di qualità del suolo, ancora in fase di definizione, possono essere utilizzate come un buon indicatore nella valutazione della salute del suolo, soprattutto quando si vuole confrontare due ambienti con mesofauna simile, ma con valori di QBS-ar differenti, come nel caso di questo studio tra Caleri ed Albarella. (Le classi di qualità del suolo, introdotti da Parisi nel 2001 e modificati da D'Avino nel 2002, devono essere comunque riviste da specialisti del settore; sono state introdotte 20 anni fa, valgono per i suoli della Pianura Padana e le conoscenze sull'ecologia della mesofauna edafica sono progredite). **Dalle numerose ricerche si evince che il metodo QBS-ar è ritenuto attendibile dall'unanimità dei ricercatori. Tale metodo, ideato da Vittorio Parisi nel 2001, dovrebbe essere approvato a livello legislativo perché fornisce risposte sintetiche e rapide sulla qualità del suolo, fornendo informazioni utili per una gestione sostenibile dell'ambientale;** è potrebbe essere integrato (ma non obbligatorio) nelle tradizionali analisi chimico-fisiche del suolo. Il metodo QBS-ar, è molto simile all'indice biologico I.B.E. (Ghetti, 1997), il quale valuta lo stato ecologico di un corpo idrico ed è già approvato dal governo da molti anni. La somiglianza tra i due metodi, e un precedente nell'approvazione dell'I.B.E., potrebbe favorire l'approvazione del QBS-ar. Ciò potrebbe creare opportunità di lavoro per numerosi specialisti del settore, tra cui forestali, agronomi, biologi, naturalisti, ecc. Deve essere comunque applicato dagli esperti del settore per un corretto utilizzo e una giusta interpretazione dei risultati. Vi sono più studi che riportano che il metodo QBS-ar è stato più utile del monitoraggio strumentale dei parametri chimico-fisici quali la temperatura, il pH, l'umidità e il quantitativo di sostanza organica (Lisa, 2012); "rispetto ad altri indici come l'indice di diversità di Shannon, la densità degli esemplari, ecc." (Galli et al., 2014).

- iv. L'indice Acari/Collemboli a volte è in contrasto con il metodo QBS-ar, il numero di individui nelle tre repliche, il numero di gruppi edafici ed euedafici e le classi di qualità del suolo.

Ho intenzione di continuare con i campionamenti e l'applicazione del metodo QBS-ar anche al di fuori degli studi universitari. Mi piacerebbe "mappare" tutte le tipologie forestali presenti in Italia, escludendo quelli già trattate nei vari studi e pubblicazioni, al fine di definire i valori di riferimento di QBS-ar. La regione costiera è già stata trattata in questo studio, ad eccezione delle formazioni con *Pinus alepensis*, *Eucalyptus* spp. e *Pinus radiata*. Manca invece la regione planiziale, avanapica collinare, esalpica, mesalpica ed endalpica.

7. Bibliografia

- Acosta A.T.R. & Ercole S. (Eds), 2015. Gli habitat delle coste sabbiose italiane: ecologia e problematiche di conservazione. ISPRA, Serie Rapporti, 215/2015.
- Angelini, P., Fenoglio, S., Isaia, M., Jacomini, C., Migliorini, M., Morisi, A., 2002. Tecniche di biomonitoraggio della qualità del suolo. ARPA Piemonte. Area tematica Conservazione della natura., PINEROLO (TO).
- Angelini, P., Fenoglio, S., Isaia, M., Jacomini, C., Migliorini, M., Morisi, A., 2002. Tecniche di biomonitoraggio della qualità del suolo. ARPA Piemonte. Area tematica Conservazione della natura., PINEROLO (TO).
- Bachelier, G., 1986: "La vie animale dans le sol". ORSTOM, Paris.
- Bardgett, R.D., Van der Putten, W.H., 2014. Belowground biodiversity and ecosystem functioning. *Nature* 515, 505–511. <https://doi.org/10.1038/nature13855>
- Battisti A., De Battisti R., Faccoli M., Masutti L., Paolucci P., Stergule F. 2013 - Lineamenti di zoologia forestale. Padova University Press, Padova, pp. 83.
- Bedano J. C., Cantú M. P., Doucet M. E., 2006. Soil springtails (Hexapoda: Collembola), symphylans and pauropods (Arthropoda: Myriapoda) under different management systems in agroecosystems of the subhumid Pampa (Argentina). *European Journal of Soil Biology*, 42: 107-119
- Blasi S., Menta C., Balducci L., Conti F.D., Petrini E., Piovesan G., 2012. Soil microarthropod communities from Mediterranean forest ecosystems in Central Italy under different disturbances. *Environmental Monitoring and Assessment* 185(2): 1637-1655.
- Blasi, S., 2009. Valutazione dell'impatto antropico sulla comunità di microartropodi del suolo in alcune aree forestali dell'Italia centrale. Università degli Studi della Tuscia, Viterbo.
- Çakır, M., and E. Makineci. 2018. Community structure and seasonal variations of soil microarthropods during environmental changes. *Applied Soil Ecology* 123:313-317.
- Casarotto, D., 2020. Quantità di carbonio organico nei primi 30 cm di suolo dei principali ecosistemi naturali del giardino botanico litoraneo di Porto Caleri (VE). Università degli studi di Padova.
- Condurri M., Truzzi A., Bertonazzi M., C., 2005. Manuale da campo per il riconoscimento dei artropodi del terreno come indicatori della qualità biologica del suolo (metodo QBS-ar). Consorzio del Parco Naturale dell'Oglio Sud. Microartropodi del terreno. Quaderni di Campo - N. 4. 22 p.
- Conti, F., 2009. Applicazione di indici biologici nella valutazione dell'impatto dei cambiamenti climatici sugli ecosistemi forestali. Università degli studi della Tuscia di Viterbo.
- Culliney, T. 2013. Role of Arthropods in Maintaining Soil Fertility. *Agriculture* 3:629-659.

- D'Antoni S., Bonelli S., Gori M., Macchio S., Maggi C., Nazzini L., Onorati F., Rivella E., Vercelli M., 2020. La sperimentazione dell'efficacia delle Misure del Piano d'Azione Nazionale per l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari (PAN) per la tutela della biodiversità. ISPRA, Serie Rapporti, 330/2020
- D'Avino L., Parisi V., Mozzanica E., 2002. Qualità Biologica dei Suoli: un metodo innovativo. ARPA Rivista n.6, Parma. DAILY G.C., 1995. Restoring value to the worlds degraded
- De Bello F., Lavorel S., Díaz S., Harrington R., Cornelissen J.H.C., Bardgett R.D., Berg M.P., Cipriotti P., Feld C.K., Hering D., Marins DA Silva P., Potts S.G., Sandin L., Sousa J.P., Storkey J., Wardle D.A., Harrison P.A., 2010. Towards an assessment of multiple ecosystem processes and services via functional traits. *Biodiversity Conservation* 19: 2873-2893.
- Eisenbeis, G., & Wichard, W. (2012). Atlas on the biology of soil arthropods. Springer Science & Business Media. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-72634-7>
- Feld C.K., Da Silva P.M., Sousa J.P., De Bello F., Bugter R., Grandin U., Hering D., Lavorel S., Mountford O., Pardo I., Pärtel M., Römcke J., Sandin L., Jones K.B., Harrison P., 2009. Indicators of biodiversity and ecosystem services: a synthesis across ecosystems and spatial scales. *Oikos* 118: 1862-1871.
- Ferrazzi, P., Berger, F., 2010. Gli indicatori di biodiversità del suolo. Diapositive della conferenza, in: 29° EDIZIONE Della FIERA NAZIONALE Della MECCANIZZAZIONE AGRICOLA 19 Marzo 2010 “I Sistemi Colturali Cerealicoli e Le Misure Agro-Ambientali: 14 Anni Di Esperienze.” Università di Torino-Facoltà di Agraria, Torino (Italy), pp. 1–17.
- Frazão, J., de Goede, R.G.M., Brussaard, L., Faber, J.H., Groot, J.C.J., Pulleman, M.M., 2017. Earthworm communities in arable fields and restored field margins, as related to management practices and surrounding landscape diversity. *Agric. Ecosyst. Environ.* 248. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.07.014>
- Galli, L., Capurro, M., Menta, C., Rellini, I., 2014. Is the QBS-ar index a good tool to detect the soil quality in Mediterranean areas? A cork tree *Quercus suber* L. (Fagaceae) wood as a case of study. *Ital. J. Zool.* 81, 126–135. <http://dx.doi.org/10.1080/11250003.2013.875601>.
- Galvan, P., Scattolin, L., Ponge, J-F., Viola, F., Zanella, A., 2005. Le forme di humus e la pedofauna. Interpretazione delle interrelazioni e chiavi di riconoscimento. *Sherwood. For. e Alberi oggi* 112, 33–39.
- Gardi, C., Tomaselli, M., Parisi, V., Petraglia, A., Santini, C., 2002. Soil quality indicators and biodiversity in northern Italian permanent grasslands. *Eur. J. Soil Biol.* 38, 103–110. [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S1164-5563\(01\)01111-6](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S1164-5563(01)01111-6)
- German, R.N., Thompson, C.E., Benton, T.G., 2017. Relationships among multiple aspects of agriculture's environmental impact and productivity: a meta-analysis to guide sustainable agriculture. *Biol. Rev.* 92, 716–738. <https://doi.org/10.1111/brv.12251>
- Ghetti P.F. (1997): Indice Biotico Esteso. I macroinvertebrati nel controllo della qualità degli ambienti acquatici. Trento, pp. 1-222.

- Giancola, B., Barone, E., s.d. Il monitoraggio biologico del suolo in ARPA Molise. Dipartimento Provinciale di Isernia.
- Gisin, H., 1943. Ökologie und Lebensgemeinschaften der Collembolen im schweizerischen Exkursionsgebiet Basels. *Rev. Suisse Zool.* 50, 131–224.
- Heiniger, C., Barot, S., Ponge, J.F., Salmon, S., Botton-Divet, L., Carmignac, D., Dubs, F., 2014. Effect of habitat spatiotemporal structure on collembolan diversity. *Pedobiologia (Jena)*. 57. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2014.01.006>
- Horrigan, L., Lawrence, R.S., Walker, P., 2002. How Sustainable Agriculture Can Address the Environmental and Human Health Harms of Industrial Agriculture. *Environ. Health Perspect.* 110, 445–456. <https://doi.org/10.1289/ehp.02110445>
- Institute for Environment and Sustainability, 2010. European Atlas of Soil Biodiversity. European Commission. <https://doi.org/10.2788/94222>
- Jacomini, C., Nappi, P., Sbrilli, G. e Mancini, L., 2000. Indicatori ed indici ecotossicologici e biologici applicati al suolo: stato dell'arte. ANPA, RTI CTN_SSC 3/2000: 29 pp.
- Latella, L., Gobbi, M., 2015. La fauna del suolo. Tassonomia, ecologia e metodi di studio dei principali gruppi di invertebrati terrestri italiani, in: MUSE-Museo delle Scienze (Ed.), Quaderni Del Museo Delle Scienze, 3. Verona, p. 205.
- Linnyk, V., 2019. La biodiversità del suolo in vigneti Valpolicella convenzionali, RRR (Riduci, Risparmia, Rispetta) o biologici. Università degli studi di Padova.
- Linnyk, V., Latella, L., Zanella A., 2019. La gestione agronomica influenza la microfauna del suolo in vigneto. *Vite & Vino* 4:34-38.
- Lisa, C., 2012. Applicazione dell'indice di qualità biologica del suolo (QBS-ar) in soprassuoli forestali percorsi da incendio. Implicazione per la pianificazione forestale. Università degli studi di Firenze.
- Maaß, S., T. Caruso, and M. C. Rillig. 2015. Functional role of microarthropods in soil aggregation. *Pedobiologia* 58:59-63.
- Macfadyen, A. 1961. Improved Funnel-Type Extractors for Soil Arthropods. *The Journal of Animal Ecology* 30:171-171.
- Main, A. R., E. B. Webb, K. W. Goyne, and D. Mengel. 2018. Neonicotinoid insecticides negatively affect performance measures of non-target terrestrial arthropods: a meta-analysis. *Ecological Applications* 28:1232-1244.
- Menta, C., 2004. La qualità biologica dei suoli attraverso l'uso dei microartropodi. Dipartimento di Biologia Evolutiva e Funzionale, sez. Museo di Storia Naturale, Università degli Studi di Parma. Atti del convegno Nazionale di Torino del 13 maggio 2014.

- Menta, C., 2008: “Guida alla conoscenza della biologia e dell’ecologia del suolo. Funzionalità, Diversità biologica, indicatori”. Gruppo Perdisa Editore/Airplane srl, Bologna: pp. XVII.
- Menta, C., Conti, F. D., Pinto, S., & Bodini, A. (2018b). Soil Biological Quality index (QBS-ar): 15 years of application at global scale. *Ecological Indicators*, 85, 773-780. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.11.030>
- Menta, C., Conti, F.D., Pinto, S., 2018a. Microarthropods biodiversity in natural, seminatural and cultivated soils—QBS-ar approach. *Appl. Soil Ecol.* 123, 740–743. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.05.020>
- Mo, L., G. Xu, J. Zhang, Z. Wu, S. Yu, X. Chen, B. Peng, A. Squartini, and A. Zanella. 2021. Threshold Reaction of Soil Arthropods to Simulative Nitrogen Deposition in Urban Green Spaces. *Frontiers in Ecology and Evolution* 9.
- Mo, L.; Zanella, A.; Bolzonella, C.; Squartini, A.; Xu, G.-L.; Banas, D.; Rosatti, M.; Longo, E.; Pindo, M.; Concheri, G.; et al. Land Use, Microorganisms, and Soil Organic Carbon: Putting the Pieces Together. *Diversity* 2022, 14, 638. <https://doi.org/10.3390/d14080638>
- Moretti M., De Bello F., Roberts S.P.M., Potts S.G., 2009. Taxonomical vs. functional responses of bee communities to fire in two contrasting climatic regions. *Journal Animal Ecology* 78: 98-108.
- Paoletti M.G., Sommaggio D., Fusaro S., 2013: “Proposta di Indice di Qualità Biologica del Suolo (QBS-e) basato sui lombrichi e applicato agli agroecosistemi”. *Biologia Ambientale*, 27(2): 25- 43.
- Parisi V., Menta C., Gardi C., Jacomini C., Mozzanica E., 2005. Microarthropod communities as a tool to assess soil quality and biodiversity: a new approach in Italy. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 105: 323-333.
- Parisi, V., 1974. *Biologie e ecologia del suolo - Tecniche di ricerca. Manuale del Laboratorio di Biologia.* Boringhieri, Istituto di Biologia del Mare, Venezia.
- Parisi, V., 2001. *La qualità biologica del suolo. Un metodo basato sui microartropodi*, Acta Naturalia de l’Ateneo Parmense.
- Pelosi, C., Bertrand, M., Roger-Estrade, J., 2009. Earthworm community in conventional, organic and direct seeding with living mulch cropping systems. *Agron. Sustain. Dev.* 29, 287–295. <https://doi.org/10.1051/agro/2008069>
- Pelosi, C., Bertrand, M., Thénard, J., Mougin, C., 2015. Earthworms in a 15 years agricultural trial. *Appl. Soil Ecol.* 88, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2014.12.004>
- Previati, E., E. Anna Fano, and M. Leis. 2007. Arthropods Biodiversity in Agricultural Landscapes: Effects of Land Use and Anthropization. *Italian Journal of Agronomy* 2:135-135.
- Ragazzi, F., Pocaterra, F., Turra, F., Michelin, D., Garbujo, A., Pepe, C.E., Giandon, P., 2014. Monitoraggio della qualità biologica del suolo nel veneto: primi risultati, gennaio 2014.
- Ranzani, G., 2021. Confronto della copertura vegetale semi-naturale del Giardino Botanico Litoraneo di Porto

Caleri con quella artificiale dell'Isola di Albarella. Università degli studi di Padova.

Schowalter, TD., Noriega, JA., Tschardtke, T., 2018. Insect effects on ecosystem services—introduction. *Basic Appl Ecol* 26:1–7. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2017.09.011>

Servizio Forestale Regionale per le Province di Padova e Rovigo, 2003. Il giardino Botanico Litoraneo del Veneto. <https://www.veneto.eu/resource/resolver?resourceId=27597f73-61eb-44a1-8610-6998600d1eb1/Guida-giardino-botanico>

Staffilani F., Menta C., D. Conti D. F., Fondon C. L. e Scappini S., 2018. Qualità biologica dei suoli emiliano-romagnoli. Rapporti tecnici 2018, del servizio geologico sismico e dei suoli. Regione Emilia-Romagna.

Stragapede, E., 2016. L'utilizzo del metodo QBS-ar nel biomonitoraggio della qualità dei suoli: la variabilità interstagionale dei risultati applicata al caso studio di Maniago. Università degli studi di Udine.

van Straalen N. M., 2004. The use of soil invertebrates in ecological survey of contaminated soils. In: P. Doelman, H.J.P. Eijsackers (Eds.), *Vital Soil Function, Value and Properties*, Elsevier. pp. 99- 125

Vandewalle M., De Bello F., Berg M., Bolger T., Doledec S., Dubs F., Feld C.F., Harrington R., Harrison P.A., Lavorel S., Da Silva P.M., Moretti M., Niemelä J., Santos P., Sattler T., Sousa J.P., Sykes M., Vanbergen A.J., Woodcock B.A., 2010. Functional traits as indicators of biodiversity response to land use changes across ecosystems and organisms. *Biodiversity Conservation* 19: 2921-2947.

Zanella, A., Ponge, J.-F., Briones, M.J.I., 2018. Humusica 1, article 8: terrestrial humus systems and forms—biological activity and soil aggregates, space-time dynamics. *Applied Soil Ecology*, 122, 103–137.

Zanella, A., Tomasi, M., de Siena, C., Frizzera, L., Jabiol, B., Nicolini, G., Sartori, G., Calabrese, M.S., Mancabelli, A., Nardi, S., Pizzeghello, D., Odasso, M., 2001. *Humus Forestali*. Centro di Ecologia Alpina, Trento.

Zapparoli M. (ed.), 2018. Gli Artropodi del suolo: diversità e biocenosi. Tavole Rotonde sui maggiori problemi riguardanti l'Entomologia agraria in Italia. XXX. *Atti Accademia Nazionale Italiana di Entomologia*, 65 (2017): 69-171.

8. Sitografia

Natura2000.eea.europa.eu. https://natura2000.eea.europa.eu/?views=Sites_View

Parcodeltapo.org. https://www.parcodeltapo.org/itinerari-dettaglio.php?id_iti=6106

Google Earth Pro. <https://www.google.com/intl/it/earth/about/versions/>

Ilsole24ore, 2023. Idee e luoghi. L'isola di Albarella, icona dell'ospitalità. https://www.ilsole24ore.com/art/l-isola-albarella-icona-dell-ospitalita-AEy6tUcD?refresh_ce=1

comunioneisoladialbarella.com. <https://www.comunioneisoladialbarella.com/it/>

ARPAV, 2023. Principali variabili meteorologiche. <https://www.arpa.veneto.it/dati-ambientali/open-data/clima/principali-variabili-meteorologiche>

scienzadelsuolo.org <https://scienzadelsuolo.org/QBS-ar.php>

radarmagazine.net <https://www.radarmagazine.net/salicornia-veneta-laguna-rossa/>

eur-lex.europa.eu <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=legissum:l28076>

Appendice 1

Stazione di campionamento: L'isola di Albarella (A) e Il Giardino Botanico di Porto Caleri (C)

Anno di campionamento: 2019

Gruppi	A1							
	Replica A		Replica B		Replica C		Tot. Ind.	EMI max
	Ind.	Emi	Ind.	Emi	Ind.	Emi		
Acari			1	20			1	20
Areneidi							0	0
Blattari							0	0
Chipolodi							0	0
Coleotteri	1	1	1	6			2	6
Coleotteri (larve)							0	0
Collemboli		4	1	2	2	1	3	4
Dermatteri							0	0
Diplopodi							0	0
Dipluri							0	0
Ditteri	1	1			3	1	4	1
Ditteri (larve)							0	0
Embiotteri							0	0
Emitteri			1	1			1	1
Imenotteri			1	1	2	1	3	1
Imenotteri (larve)							0	0
Isopodi							0	0
Isotteri							0	0
Lepidotteri (larve)							0	0
Microcorifi							0	0
Opilioni							0	0
Ortotteri							0	0
Palpigradi							0	0
Pauropodi							0	0
Proturi							0	0
Pseudoscorpioni							0	0
Psocotteri							0	0
Scorpioni							0	0
Sinfili							0	0
Tisanotteri							0	0
Zigentomi							0	0
Altri olometaboli (Mecotteri, Neurotteri, Rafidiotteri)							0	0
QBS-ar							14	33
Classi di qualità del suolo								2
Gruppi euedafici (EMI=20)								1
Gruppi/taxon edafici								6
Rapporto Acari/Collemboli (10 cm³ x 3)								0,33

Gruppi	A2							
	Replica A		Replica B		Replica C		Tot. Ind.	EMI max
	Ind.	Emi	Ind.	Emi	Ind.	Emi		
Acari			20	20			20	20
Areneidi							0	0
Blattari							0	0
Chipolodi							0	0
Coleotteri	3	10	3	6			6	10
Coleotteri (larve)							0	0
Collemboli					2	2	2	2
Dermatteri							0	0
Diplopodi							0	0
Dipluri							0	0
Ditteri	5	1	1	1	3	1	9	1
Ditteri (larve)							0	0
Embiotteri							0	0
Emitteri	1	10	1	1	2	10	4	10
Imenotteri	3	1			1	1	4	1
Imenotteri (larve)							0	0
Isopodi							0	0
Isotteri							0	0
Lepidotteri (larve)							0	0
Microcorifi							0	0
Opilioni							0	0
Ortotteri							0	0
Palpigradi							0	0
Pauropodi							0	0
Proturi							0	0
Pseudoscorpioni							0	0
Psocotteri					1	1	1	1
Scorpioni							0	0
Sinfili							0	0
Tisanotteri							0	0
Zigentomi							0	0
Altri olometaboli (Mecotteri, Neurotteri, Rafidiotteri)							0	0
QBS-ar							46	45
Classi di qualità del suolo								2
Gruppi euedafici (EMI=20)								1
Gruppi/taxon edafici								7
Rapporto Acari/Collemboli (10 cm³ x 3)								10

Gruppi	A3							
	Replica A		Replica B		Replica C		Tot. Ind.	EMI max
	Ind.	Emi	Ind.	Emi	Ind.	Emi		
Acari	67	20	160	20	6	20	233	20
Areneidi							0	0
Blattari							0	0
Chipolodi							0	0
Coleotteri	1	1	2	6	3	1	6	6
Coleotteri (larve)				10		10	0	10
Collemboli	26	20	13	20	5	2	44	20
Dermatteri							0	0
Diplopodi							0	0
Dipluri							0	0
Ditteri	5	1	6	1	4	1	15	1
Ditteri (larve)	3	10	1	10			4	10
Embiotteri							0	0
Emitteri	1	10			1	1	2	10
Imenotteri	3	1	3	5	1	1	7	5
Imenotteri (larve)						10	0	10
Isopodi							0	0
Isotteri							0	0
Lepidotteri (larve)							0	0
Microcorifi							0	0
Opilioni							0	0
Ortotteri							0	0
Palpigradi							0	0
Pauropodi							0	0
Proturi							0	0
Pseudoscorpioni							0	0
Psocotteri	1	1				1	1	1
Scorpioni							0	0
Sinfili							0	0
Tisanotteri	1	1					1	1
Zigentomi							0	0
Altri olometaboli (Mecotteri, Neurotteri, Rafidiotteri)							0	0
QBS-ar							313	94
Classi di qualità del suolo								3
Gruppi euedafici (EMI=20)								2
Gruppi/taxon edafici								11
Rapporto Acari/Collemboli (10 cm³ x 3)								5,30

Gruppi	A4							
	Replica A		Replica B		Replica C		Tot. Ind.	EMI max
	Ind.	Emi	Ind.	Emi	Ind.	Emi		
Acari	45	20	55	20	36	20	136	20
Areneidi			1	5	1	5	2	5
Blattari							0	0
Chipolodi							0	0
Coleotteri							0	0
Coleotteri (larve)	1	10			4	10	5	10
Collemboli	19	20	7	20	10	10	36	20
Dermatteri							0	0
Diplopodi			2	20			2	20
Dipluri							0	0
Ditteri	1	1	7	1	10	1	18	1
Ditteri (larve)	2	10	2	10	1	10	5	10
Embiotteri							0	0
Emitteri	1	10			6	10	7	10
Imenotteri			1	1	6	1	7	1
Imenotteri (larve)							0	0
Isopodi					2	10	2	10
Isotteri							0	0
Lepidotteri (larve)							0	0
Microcorifi							0	0
Opilioni							0	0
Ortotteri							0	0
Palpigradi							0	0
Pauropodi							0	0
Proturi			2	20			2	20
Pseudoscorpioni	1	20	2	20	2	20	5	20
Psocotteri							0	0
Scorpioni							0	0
Sinfili	4	20	6	20			10	20
Tisanotteri							0	0
Zigentomi							0	0
Altri olometaboli (Mecotteri, Neurotteri, Rafidiotteri)							0	0
QBS-ar							237	167
Classi di qualità del suolo								6
Gruppi euedafici (EMI=20)								6
Gruppi/taxon edafici								13
Rapporto Acari/Collemboli (10 cm³ x 3)								3,78

Gruppi	A5							
	Replica A		Replica B		Replica C		Tot. Ind.	EMI max
	Ind.	Emi	Ind.	Emi	Ind.	Emi		
Acari	53	20	298	20	111	20	462	20
Areneidi							0	0
Blattari							0	0
Chipolodi			2	20	1	10	3	20
Coleotteri	1	10	1	1			2	10
Coleotteri (larve)							0	0
Collemboli	48	20	15	20	49	20	112	20
Dermatteri							0	0
Diplopodi							0	0
Dipluri							0	0
Ditteri	16	1	14	1	9	1	39	1
Ditteri (larve)	6	10	2	10	20	10	28	10
Embiotteri							0	0
Emitteri	3	10			1	10	4	10
Imenotteri	7	1	2	1	3	1	12	1
Imenotteri (larve)							0	0
Isopodi			5	10			5	10
Isotteri							0	0
Lepidotteri (larve)							0	0
Microcorifi							0	0
Opilioni							0	0
Ortotteri							0	0
Palpigradi							0	0
Paupodi							0	0
Proturi	1	20	27	20	1	20	29	20
Pseudoscorpioni			2	20			2	20
Psocotteri							0	0
Scorpioni							0	0
Sinfili	15	20	4	20	6	20	25	20
Tisanotteri			2	1		1	2	1
Zigentomi							0	0
Altri olometaboli (Mecotteri, Neurotteri, Rafidiotteri)							0	0
QBS-ar							725	163
Classi di qualità del suolo								6
Gruppi euedafici (EMI=20)								6
Gruppi/taxon edafici								13
Rapporto Acari/Collemboli (10 cm³ x 3)								4,13

Gruppi	A6							
	Replica A		Replica B		Replica C		Tot. Ind.	EMI max
	Ind.	Emi	Ind.	Emi	Ind.	Emi		
Acari	64	20	78	20	54	20	196	20
Areneidi			1	5			1	5
Blattari							0	0
Chipolodi							0	0
Coleotteri	1	1	1	5			2	5
Coleotteri (larve)					2	10	2	10
Collemboli	8	20	9	20	57	20	74	20
Dermatteri							0	0
Diplopodi	1	20					1	20
Dipluri							0	0
Ditteri	10	1	7	1	6	1	23	1
Ditteri (larve)							0	0
Embiotteri							0	0
Emitteri	2	1			2	1	4	1
Imenotteri	3	1			2	1	5	1
Imenotteri (larve)							0	0
Isopodi			1	10			1	10
Isotteri							0	0
Lepidotteri (larve)					2	10	2	10
Microcorifi							0	0
Opilioni							0	0
Ortotteri							0	0
Palpigradi							0	0
Paupodi							0	0
Proturi	3	20	11	20			14	20
Pseudoscorpioni					3	20	3	20
Psocotteri					2	1	2	1
Scorpioni							0	0
Sinfili	3	20	1	20	2	20	6	20
Tisanotteri							0	0
Zigentomi							0	0
Altri olometaboli (Mecotteri, Neurotteri, Rafidiotteri)							0	0
QBS-ar							336	164
Classi di qualità del suolo								6
Gruppi euedafici (EMI=20)								6
Gruppi/taxon edafici								15
Rapporto Acari/Collemboli (10 cm³ x 3)								2,65

Gruppi	A7							
	Replica A		Replica B		Replica C		Tot. Ind.	EMI max
	Ind.	Emi	Ind.	Emi	Ind.	Emi		
Acari	269	20	21	20	117	20	407	20
Areneidi	1	5	1	5			2	5
Blattari							0	0
Chipolodi							0	0
Coleotteri	2	10			3	1	5	10
Coleotteri (larve)	3	10					3	10
Collemboli	24	20	21	10	32	20	77	20
Dermatteri							0	0
Diplopodi					1	20	1	20
Dipluri							0	0
Ditteri	22	1	9	1			31	1
Ditteri (larve)						10	0	10
Embiotteri							0	0
Emitteri	3	1	1	1			4	1
Imenotteri	19	1	2	1	2	5	23	5
Imenotteri (larve)							0	0
Isopodi							0	0
Isotteri							0	0
Lepidotteri (larve)							0	0
Microcorifi							0	0
Opilioni							0	0
Ortotteri							0	0
Palpigradi							0	0
Paupodi							0	0
Proturi			1	20			1	20
Pseudoscorpioni					1	20	1	20
Psocotteri							0	0
Scorpioni							0	0
Sinfili	4	20	5	20	1	20	10	20
Tisanotteri	1	1					1	1
Zigentomi							0	0
Altri olometaboli (Mecotteri, Neurotteri, Rafidiotteri)					1	1	1	1
QBS-ar							567	164
Classi di qualità del suolo								6
Gruppi euedafici (EMI=20)								6
Gruppi/taxon edafici								15
Rapporto Acari/Collemboli (10 cm³ x 3)								5,29

Gruppi	A8							
	Replica A		Replica B		Replica C		Tot. Ind.	EMI max
	Ind.	Emi	Ind.	Emi	Ind.	Emi		
Acari	221	20	90	20	8	20	319	20
Areneidi						5	0	5
Blattari							0	0
Chipolodi			1	10			1	10
Coleotteri			3	6	2	6	5	6
Coleotteri (larve)	1	10					1	10
Collemboli	19	20	56	20	8	8	83	20
Dermatteri							0	0
Diplopodi							0	0
Dipluri							0	0
Ditteri	4	1	8	1	20	1	32	1
Ditteri (larve)			4	10			4	10
Embiotteri							0	0
Emitteri	2	1	2	1	3	10	7	10
Imenotteri			1	1	5	1	6	1
Imenotteri (larve)							0	0
Isopodi							0	0
Isotteri							0	0
Lepidotteri (larve)							0	0
Microcorifi							0	0
Opilionidi							0	0
Ortotteri							0	0
Palpigradi							0	0
Paupodi							0	0
Proturi							0	0
Pseudoscorpioni	1	20					1	20
Psocotteri							0	0
Scorpioni							0	0
Sinfili			10	20			10	20
Tisanotteri	1	1					1	1
Zigentomi							0	0
Altri olometaboli (Mecotteri, Neurotteri, Rafidiotteri)							0	0
QBS-ar							470	134
Classi di qualità del suolo								5
Gruppi euedafici (EMI=20)								4
Gruppi/taxon edafici								13
Rapporto Acari/Collemboli (10 cm³ x 3)								3,84

Gruppi	A9							
	Replica A		Replica B		Replica C		Tot. Ind.	EMI max
	Ind.	Emi	Ind.	Emi	Ind.	Emi		
Acari	81	20	61	20	24	20	166	20
Areneidi			1	5			1	5
Blattari							0	0
Chipolodi	3	10	3	20			6	20
Coleotteri	2	10					2	10
Coleotteri (larve)	1	10					1	10
Collemboli	5	20	6	10	6	6	17	20
Dermatteri							0	0
Diplopodi							0	0
Dipluri							0	0
Ditteri	15	1	5	1	9	1	29	1
Ditteri (larve)	1	10					1	10
Embiotteri	1	10					1	10
Emitteri							0	0
Imenotteri	5	1	2	1	5	1	12	1
Imenotteri (larve)							0	0
Isopodi							0	0
Isotteri							0	0
Lepidotteri (larve)							0	0
Microcorifi							0	0
Opilioni							0	0
Ortotteri							0	0
Palpigradi							0	0
Paupodi							0	0
Proturi							0	0
Pseudoscorpioni							0	0
Psocotteri			3	1			3	1
Scorpioni							0	0
Sinfili							0	0
Tisanotteri							0	0
Zigentomi							0	0
Altri olometaboli (Mecotteri, Neurotteri, Rafidiotteri)							0	0
QBS-ar							239	108
Classi di qualità del suolo								5
Gruppi euedafici (EMI=20)								3
Gruppi/taxon edafici								11
Rapporto Acari/Collemboli (10 cm³ x 3)								9,76

Gruppi	A10							
	Replica A		Replica B		Replica C		Tot. Ind.	EMI max
	Ind.	Emi	Ind.	Emi	Ind.	Emi		
Acari	14	20	9	20	25	20	48	20
Areneidi							0	0
Blattari							0	0
Chipolodi	1	10					1	10
Coleotteri	1	10	4	6	2	6	7	10
Coleotteri (larve)							0	0
Collemboli	6	10	2	6	45	20	53	20
Dermatteri							0	0
Diplopodi							0	0
Dipluri							0	0
Ditteri	36	1	45	1	3	1	84	1
Ditteri (larve)							0	0
Embiotteri							0	0
Emitteri	5	1	3	1	1	1	9	1
Imenotteri	1	1	8	1	3	5	12	5
Imenotteri (larve)							0	0
Isopodi					1	10	1	10
Isotteri							0	0
Lepidotteri (larve)							0	0
Microcorifi							0	0
Opilioni							0	0
Ortotteri							0	0
Palpigradi							0	0
Pauropodi							0	0
Proturi			2	20			2	20
Pseudoscorpioni							0	0
Psocotteri							0	0
Scorpioni							0	0
Sinfili	1	20	1	20	2	20	4	20
Tisanotteri							0	0
Zigentomi							0	0
Altri olometaboli (Mecotteri, Neurotteri, Rafidiotteri)							0	0
QBS-ar							221	117
Classi di qualità del suolo								6
Gruppi euedafici (EMI=20)								4
Gruppi/taxon edafici								10
Rapporto Acari/Collemboli (10 cm³ x 3)								0,91

Gruppi	CO							
	Replica A		Replica B		Replica C		Tot. Ind.	EMI max
	Ind.	Emi	Ind.	Emi	Ind.	Emi		
Acari	1	20	2	20			3	20
Areneidi							0	0
Blattari							0	0
Chipolodi							0	0
Coleotteri			1	15			1	15
Coleotteri (larve)							0	0
Collemboli	3	2	3	2	1	2	7	2
Dermatteri							0	0
Diplopodi							0	0
Dipluri							0	0
Ditteri	17	1	19	1	37	1	73	1
Ditteri (larve)							0	0
Embiotteri							0	0
Emitteri							0	0
Imenotteri			4	1	5	10	9	10
Imenotteri (larve)							0	0
Isopodi							0	0
Isotteri							0	0
Lepidotteri (larve)							0	0
Microcorifi							0	0
Opilioni							0	0
Ortotteri							0	0
Palpigradi							0	0
Pauropodi							0	0
Proturi							0	0
Pseudoscorpioni							0	0
Psocotteri							0	0
Scorpioni							0	0
Sinfili							0	0
Tisanotteri	1	1					1	1
Zigentomi							0	0
Altri olometaboli (Mecotteri, Neurotteri, Rafidiotteri)							0	0
QBS-ar							94	49
Classi di qualità del suolo								2
Gruppi euedafici (EMI=20)								1
Gruppi/taxon edafici								6
Rapporto Acari/Collemboli (10 cm³ x 3)								0,43

Gruppi	C1							
	Replica A		Replica B		Replica C		Tot. Ind.	EMI max
	Ind.	Emi	Ind.	Emi	Ind.	Emi		
Acari							0	0
Areneidi							0	0
Blattari							0	0
Chipolodi							0	0
Coleotteri	3	10	4	15			7	15
Coleotteri (larve)							0	0
Collemboli	3	20	2	10	1	1	6	20
Dermatteri							0	0
Diplopodi							0	0
Dipluri							0	0
Ditteri	51	1	70	1	8	1	129	1
Ditteri (larve)							0	0
Embiotteri							0	0
Emitteri	3	1	1	1			4	1
Imenotteri	10	1	5	1			15	1
Imenotteri (larve)							0	0
Isopodi							0	0
Isotteri							0	0
Lepidotteri (larve)							0	0
Microcorifi							0	0
Opilioni							0	0
Ortotteri							0	0
Palpigradi							0	0
Paupodi							0	0
Proturi							0	0
Pseudoscorpioni							0	0
Psocotteri							0	0
Scorpioni							0	0
Sinfili							0	0
Tisanotteri	1	1					1	1
Zigentomi							0	0
Altri olometaboli (Mecotteri, Neurotteri, Rafidiotteri)							0	0
QBS-ar							162	39
Classi di qualità del suolo								1,5
Gruppi euedafici (EMI=20)								1
Gruppi/taxon edafici								6
Rapporto Acari/Collemboli (10 cm³ x 3)								0

Gruppi	C2							
	Replica A		Replica B		Replica C		Tot. Ind.	EMI max
	Ind.	Emi	Ind.	Emi	Ind.	Emi		
Acari	3	20	1	20			4	20
Areneidi	1	5					1	5
Blattari							0	0
Chipolodi							0	0
Coleotteri			1	1	1	6	2	6
Coleotteri (larve)							0	0
Collemboli	4	2	2	2	5	1	11	2
Dermatteri							0	0
Diplopodi							0	0
Dipluri							0	0
Ditteri	13	1	21	1	24	1	58	1
Ditteri (larve)							0	0
Embiotteri							0	0
Emitteri	2	1	2	1			4	1
Imenotteri	3	1	3	1	1	1	7	1
Imenotteri (larve)							0	0
Isopodi							0	0
Isotteri							0	0
Lepidotteri (larve)							0	0
Microcorifi							0	0
Opilioni							0	0
Ortotteri	1	1					1	1
Palpigradi							0	0
Paupodi							0	0
Proturi							0	0
Pseudoscorpioni							0	0
Psocotteri							0	0
Scorpioni							0	0
Sinfili							0	0
Tisanotteri							0	0
Zigentomi							0	0
Altri olometaboli (Mecotteri, Neurotteri, Rafidiotteri)							0	0
QBS-ar							88	37
Classi di qualità del suolo								2
Gruppi euedafici (EMI=20)								1
Gruppi/taxon edafici								8
Rapporto Acari/Collemboli (10 cm³ x 3)								0,36

Gruppi	C3							
	Replica A		Replica B		Replica C		Tot. Ind.	EMI max
	Ind.	Emi	Ind.	Emi	Ind.	Emi		
Acari	40	20	1	20			41	20
Areneidi							0	0
Blattari							0	0
Chipolodi							0	0
Coleotteri	2	10	1	10	1	6	4	10
Coleotteri (larve)	2	10					2	10
Collemboli	19	20	6	6	4	1	29	20
Dermatteri							0	0
Diplopodi							0	0
Dipluri							0	0
Ditteri	15	1	15	1	8	1	38	1
Ditteri (larve)							0	0
Embiotteri							0	0
Emitteri	2	1	1	1			3	1
Imenotteri	3	1					3	1
Imenotteri (larve)							0	0
Isopodi							0	0
Isotteri							0	0
Lepidotteri (larve)							0	0
Microcorifi							0	0
Opilioni							0	0
Ortotteri							0	0
Palpigradi							0	0
Paupodi							0	0
Proturi							0	0
Pseudoscorpioni							0	0
Psocotteri					1	1	1	1
Scorpioni							0	0
Sinfili	4	20					4	20
Tisanotteri	2	1					2	1
Zigentomi							0	0
Altri olometaboli (Mecotteri, Neurotteri, Rafidiotteri)							0	0
QBS-ar							127	85
Classi di qualità del suolo								4
Gruppi euedafici (EMI=20)								3
Gruppi/taxon edafici								10
Rapporto Acari/Collemboli (10 cm³ x 3)								1,41

Gruppi	C4							
	Replica A		Replica B		Replica C		Tot. Ind.	EMI max
	Ind.	Emi	Ind.	Emi	Ind.	Emi		
Acari	5	20	12	20	11	20	28	20
Areneidi						5	0	5
Blattari							0	0
Chipolodi							0	0
Coleotteri					1	1	1	1
Coleotteri (larve)							0	0
Collemboli	15	20	7	20	4	20	26	20
Dermatteri							0	0
Diplopodi							0	0
Dipluri							0	0
Ditteri	3	1	8	1	6	1	17	1
Ditteri (larve)							0	0
Embiotteri							0	0
Emitteri			1	1			1	1
Imenotteri			2	1			2	1
Imenotteri (larve)							0	0
Isopodi							0	0
Isotteri							0	0
Lepidotteri (larve)							0	0
Microcorifi							0	0
Opilioni							0	0
Ortotteri							0	0
Palpigradi							0	0
Paupodi							0	0
Proturi							0	0
Pseudoscorpioni							0	0
Psocotteri							0	0
Scorpioni							0	0
Sinfili							0	0
Tisanotteri							0	0
Zigentomi							0	0
Altri olometaboli (Mecotteri, Neurotteri, Rafidiotteri)							0	0
QBS-ar							75	49
Classi di qualità del suolo								1,5
Gruppi euedafici (EMI=20)								2
Gruppi/taxon edafici								7
Rapporto Acari/Collemboli (10 cm³ x 3)								1,08

Gruppi	C5							
	Replica A		Replica B		Replica C		Tot. Ind.	EMI max
	Ind.	Emi	Ind.	Emi	Ind.	Emi		
Acari	66	20	39	20	11	20	116	20
Areneidi							0	0
Blattari							0	0
Chipolodi	1	10					1	10
Coleotteri			2	6	2	6	4	6
Coleotteri (larve)					10	10	10	10
Collemboli	15	20	3	10	3	6	21	20
Dermatteri							0	0
Diplopodi							0	0
Dipluri							0	0
Ditteri	1	1	7	1	12	1	20	1
Ditteri (larve)	1	10			10	10	11	10
Embiotteri							0	0
Emitteri						10	0	10
Imenotteri			2	1			2	1
Imenotteri (larve)							0	0
Isopodi			2	10			2	10
Isotteri							0	0
Lepidotteri (larve)							0	0
Microcorifi							0	0
Opilioni							0	0
Ortotteri							0	0
Palpigradi							0	0
Paupodi							0	0
Proturi							0	0
Pseudoscorpioni						20	0	20
Psocotteri							0	0
Scorpioni							0	0
Sinfili	1	20	1	20			2	20
Tisanotteri							0	0
Zigentomi							0	0
Altri olometaboli (Mecotteri, Neurotteri, Rafidiotteri)							0	0
QBS-ar							189	138
Classi di qualità del suolo								5
Gruppi euedafici (EMI=20)								4
Gruppi/taxon edafici								12
Rapporto Acari/Collemboli (10 cm³ x 3)								5,52

Gruppi	C6							
	Replica A		Replica B		Replica C		Tot. Ind.	EMI max
	Ind.	Emi	Ind.	Emi	Ind.	Emi		
Acari	250	20	98	20	73	20	421	20
Areneidi	1	5	1	5			2	5
Blattari							0	0
Chipolodi							0	0
Coleotteri			1	6			1	6
Coleotteri (larve)							0	0
Collemboli	12	20	18	20	15	20	45	20
Dermatteri							0	0
Diplopodi	4	20			1	20	5	20
Dipluri							0	0
Ditteri	3	1	26	1	1	1	30	1
Ditteri (larve)	1	10			2	10	3	10
Embiotteri							0	0
Emitteri	1	1	1	1	6	1	8	1
Imenotteri	1	1	4	5	6	5	11	5
Imenotteri (larve)							0	0
Isopodi	1	10			1	10	2	10
Isotteri							0	0
Lepidotteri (larve)							0	0
Microcorifi							0	0
Opilioni	3	10					3	10
Ortotteri							0	0
Palpigradi							0	0
Paupodi							0	0
Proturi			2	20			2	20
Pseudoscorpioni							0	0
Psocotteri							0	0
Scorpioni							0	0
Sinfili							0	0
Tisanotteri	5	1	17	1	3	1	25	1
Zigentomi							0	0
Altri olometaboli (Mecotteri, Neurotteri, Rafidiotteri)					3	1	3	1
QBS-ar							561	130
Classi di qualità del suolo								6
Gruppi euedafici (EMI=20)								4
Gruppi/taxon edafici								14
Rapporto Acari/Collemboli (10 cm³ x 3)								9,36

Gruppi	C7							
	Replica A		Replica B		Replica C		Tot. Ind.	EMI max
	Ind.	Emi	Ind.	Emi	Ind.	Emi		
Acari	114	20	210	20	108	20	432	20
Areneidi							0	0
Blattari							0	0
Chipolodi							0	0
Coleotteri	1	6					1	6
Coleotteri (larve)	1	10			9	10	10	10
Collemboli	2	20	17	20	16	20	35	20
Dermatteri							0	0
Diplopodi						20	0	20
Dipluri							0	0
Ditteri	3	1	6	1	1	1	10	1
Ditteri (larve)	1	10	4	10	2	10	7	10
Embiotteri							0	0
Emitteri						1	0	1
Imenotteri	1	1	1	1	3	1	5	1
Imenotteri (larve)							0	0
Isopodi	6	10	10	10	5	10	21	10
Isotteri							0	0
Lepidotteri (larve)							0	0
Microcorifi							0	0
Opilioni							0	0
Ortotteri							0	0
Palpigradi							0	0
Pauropodi							0	0
Proturi			2	20	3	20	5	20
Pseudoscorpioni							0	0
Psocotteri							0	0
Scorpioni							0	0
Sinfili							0	0
Tisanotteri			3	1	1	1	4	1
Zigentomi							0	0
Altri olometaboli (Mecotteri, Neurotteri, Rafidiotteri)							0	0
QBS-ar							530	120
Classi di qualità del suolo								6
Gruppi euedafici (EMI=20)								4
Gruppi/taxon edafici								12
Rapporto Acari/Collemboli (10 cm³ x 3)								12,34

Gruppi	C8							
	Replica A		Replica B		Replica C		Tot. Ind.	EMI max
	Ind.	Emi	Ind.	Emi	Ind.	Emi		
Acari	132	20	247	20	65	20	444	20
Areneidi			3	5	1	5	4	5
Blattari							0	0
Chipolodi							0	0
Coleotteri							0	0
Coleotteri (larve)	1	10			2	10	3	10
Collemboli	22	20	106	20	10	20	138	20
Dermatteri							0	0
Diplopodi	1	20	4	20	2	20	7	20
Dipluri							0	0
Ditteri				1		1	0	1
Ditteri (larve)	1	10	3	10	3	10	7	10
Embiotteri							0	0
Emitteri	1	1	3	1	6	1	10	1
Imenotteri				5			0	5
Imenotteri (larve)							0	0
Isopodi	1	10	2	10	2	10	5	10
Isotteri							0	0
Lepidotteri (larve)							0	0
Microcorifi							0	0
Opilioni					1	10	1	10
Ortotteri							0	0
Palpigradi							0	0
Pauropodi							0	0
Proturi			1	20			1	20
Pseudoscorpioni			3	20			3	20
Psocotteri							0	0
Scorpioni							0	0
Sinfili					2	20	2	20
Tisanotteri							0	0
Zigentomi							0	0
Altri olometaboli (Mecotteri, Neurotteri, Rafidiotteri)			1	1			1	1
QBS-ar							626	173
Classi di qualità del suolo								6
Gruppi euedafici (EMI=20)								6
Gruppi/taxon edafici								15
Rapporto Acari/Collemboli (10 cm³ x 3)								3,22

Gruppi	C9							
	Replica A		Replica B		Replica C		Tot. Ind.	EMI max
	Ind.	Emi	Ind.	Emi	Ind.	Emi		
Acari	5	20	2	20	1	20	8	20
Areneidi							0	0
Blattari							0	0
Chipolodi							0	0
Coleotteri			2	15	1	6	3	15
Coleotteri (larve)							0	0
Collemboli	3	8	3	10	6	6	12	10
Dermatteri							0	0
Diplopodi							0	0
Dipluri							0	0
Ditteri	2	1	13	1	17	1	32	1
Ditteri (larve)	4	10	2	10	6	10	12	10
Embiotteri							0	0
Emitteri							0	0
Imenotteri			1	1	5	5	6	5
Imenotteri (larve)							0	0
Isopodi	3	10	4	10	1	10	8	10
Isotteri							0	0
Lepidotteri (larve)							0	0
Microcorifi							0	0
Opilioni							0	0
Ortotteri							0	0
Palpigradi							0	0
Paupodi							0	0
Proturi							0	0
Pseudoscorpioni							0	0
Psocotteri							0	0
Scorpioni							0	0
Sinfili							0	0
Tisanotteri							0	0
Zigentomi							0	0
Altri olometaboli (Mecotteri, Neurotteri, Rafidiotteri)							0	0
QBS-ar							81	71
Classi di qualità del suolo								0,66
Gruppi euedafici (EMI=20)								1
Gruppi/taxon edafici								7
Rapporto Acari/Collemboli (10 cm³ x 3)								0,67

Gruppi	C10 (no artropods)							
	Replica A		Replica B		Replica C		Tot. Ind.	EMI max
	Ind.	Emi	Ind.	Emi	Ind.	Emi		
Acari							0	0
Areneidi							0	0
Blattari							0	0
Chipolodi							0	0
Coleotteri							0	0
Coleotteri (larve)							0	0
Collemboli							0	0
Dermatteri							0	0
Diplopodi							0	0
Dipluri							0	0
Ditteri							0	0
Ditteri (larve)							0	0
Embiotteri							0	0
Emitteri							0	0
Imenotteri							0	0
Imenotteri (larve)							0	0
Isopodi							0	0
Isotteri							0	0
Lepidotteri (larve)							0	0
Microcorifi							0	0
Opilioni							0	0
Ortotteri							0	0
Palpigradi							0	0
Pauropodi							0	0
Proturi							0	0
Pseudoscorpioni							0	0
Psocotteri							0	0
Scorpioni							0	0
Sinfili							0	0
Tisanotteri							0	0
Zigentomi							0	0
Altri olometaboli (Mecotteri, Neurotteri, Rafidiotteri)							0	0
QBS-ar							0	0
Classi di qualità del suolo								0
Gruppi euedafici (EMI=20)								0
Gruppi/taxon edafici								0
Rapporto Acari/Collemboli (10 cm³ x 3)								#DIV/0!

Appendice 2

Stazione di campionamento: L'isola di Albarella (A) e Il Giardino Botanico di Porto Caleri (C)

Anno di campionamento: 2020

Gruppi	A1							
	Replica A		Replica B		Replica C		Tot. Ind.	EMI max
	Ind.	Emi	Ind.	Emi	Ind.	Emi		
Acari					1	20	1	20
Areneidi							0	0
Blattari							0	0
Chipolodi							0	0
Coleotteri							0	0
Coleotteri (larve)							0	0
Collemboli			1	2	1	1	2	2
Dermatteri							0	0
Diplopodi							0	0
Dipluri							0	0
Ditteri							0	0
Ditteri (larve)							0	0
Embiotteri							0	0
Emitteri							0	0
Imenotteri	1	1					1	1
Imenotteri (larve)							0	0
Isopodi							0	0
Isotteri							0	0
Lepidotteri (larve)							0	0
Microcorifi							0	0
Opilioni							0	0
Ortotteri							0	0
Palpigradi							0	0
Pauropodi							0	0
Proturi							0	0
Pseudoscorpioni							0	0
Psocotteri							0	0
Scorpioni							0	0
Sinfili							0	0
Tisanotteri							0	0
Zigentomi							0	0
Altri olometaboli (Mecotteri, Neurotteri, Rafidiotteri)							0	0
QBS-ar							4	23
Classi di qualità del suolo								2
Gruppi euedafici (EMI=20)								1
Gruppi/taxon edafici								3
Rapporto Acari/Collemboli (10 cm³ x 3)								0,5

Gruppi	A2							
	Replica A		Replica B		Replica C		Tot. Ind.	EMI max
	Ind.	Emi	Ind.	Emi	Ind.	Emi		
Acari					3	20	3	20
Areneidi							0	0
Blattari							0	0
Chipolodi							0	0
Coleotteri							0	0
Coleotteri (larve)							0	0
Collemboli	1	2	3	2			4	2
Dermatteri							0	0
Diplopodi							0	0
Dipluri							0	0
Ditteri							0	0
Ditteri (larve)	2	10					2	10
Embiotteri							0	0
Emitteri							0	0
Imenotteri			2	5			2	5
Imenotteri (larve)							0	0
Isopodi							0	0
Isotteri							0	0
Lepidotteri (larve)							0	0
Microcorifi							0	0
Opilioni							0	0
Ortotteri							0	0
Palpigradi							0	0
Paupodi							0	0
Proturi							0	0
Pseudoscorpioni							0	0
Psocotteri							0	0
Scorpioni							0	0
Sinfili							0	0
Tisanotteri							0	0
Zigentomi							0	0
Altri olometaboli (Mecotteri, Neurotteri, Rafidiotteri)							0	0
QBS-ar							11	37
Classi di qualità del suolo								2
Gruppi euedafici (EMI=20)								1
Gruppi/taxon edafici								4
Rapporto Acari/Collemboli (10 cm³ x 3)								0,75

Gruppi	A3							
	Replica A		Replica B		Replica C		Tot. Ind.	EMI max
	Ind.	Emi	Ind.	Emi	Ind.	Emi		
Acari	26	20	12	20	1	20	39	20
Areneidi							0	0
Blattari							0	0
Chipolodi							0	0
Coleotteri	1	5					1	5
Coleotteri (larve)			2	10	2	10	4	10
Collemboli	3	4	22	6			25	6
Dermatteri							0	0
Diplopodi							0	0
Dipluri							0	0
Ditteri			2	1	1	1	3	1
Ditteri (larve)			23	10			23	10
Embiotteri							0	0
Emitteri			1	1			1	1
Imenotteri			1	1			1	1
Imenotteri (larve)							0	0
Isopodi							0	0
Isotteri							0	0
Lepidotteri (larve)							0	0
Microcorifi							0	0
Opilioni							0	0
Ortotteri							0	0
Palpigradi							0	0
Pauropodi							0	0
Proturi							0	0
Pseudoscorpioni							0	0
Psocotteri							0	0
Scorpioni							0	0
Sinfili							0	0
Tisanotteri							0	0
Zigentomi							0	0
Altri olometaboli (Mecotteri, Neurotteri, Rafidiotteri)							0	0
QBS-ar							97	54
Classi di qualità del suolo								0,66
Gruppi euedafici (EMI=20)								1
Gruppi/taxon edafici								8
Rapporto Acari/Collemboli (10 cm³ x 3)								1,56

Gruppi	A4							
	Replica A		Replica B		Replica C		Tot. Ind.	EMI max
	Ind.	Emi	Ind.	Emi	Ind.	Emi		
Acari	7	20	55	20	16	20	78	20
Areneidi			2	1			2	1
Blattari							0	0
Chipolodi					1	10	1	10
Coleotteri							0	0
Coleotteri (larve)							0	0
Collemboli	5	10	75	20	26	20	106	20
Dermatteri							0	0
Diplopodi	2	20	3	20	3	20	8	20
Dipluri	1	20					1	20
Ditteri	1	1			9	1	10	1
Ditteri (larve)	3	10	1	10			4	10
Embiotteri							0	0
Emitteri							0	0
Imenotteri	1	1			1	1	2	1
Imenotteri (larve)							0	0
Isopodi							0	0
Isotteri							0	0
Lepidotteri (larve)							0	0
Microcorifi							0	0
Opilioni							0	0
Ortotteri							0	0
Palpigradi							0	0
Pauropodi							0	0
Proturi							0	0
Pseudoscorpioni			14	20	5	20	19	20
Psocotteri							0	0
Scorpioni							0	0
Sinfili			1	20	1	20	2	20
Tisanotteri							0	0
Zigentomi							0	0
Altri olometaboli (Mecotteri, Neurotteri, Rafidiotteri)							0	0
QBS-ar							233	143
Classi di qualità del suolo								5
Gruppi euedafici (EMI=20)								6
Gruppi/taxon edafici								11
Rapporto Acari/Collemboli (10 cm³ x 3)								0,74

Gruppi	A5							
	Replica A		Replica B		Replica C		Tot. Ind.	EMI max
	Ind.	Emi	Ind.	Emi	Ind.	Emi		
Acari	104	20	55	20	91	20	250	20
Areneidi	1	1					1	1
Blattari							0	0
Chipolodi							0	0
Coleotteri					1	1	1	1
Coleotteri (larve)							0	0
Collemboli	47	20	148	20	75	20	270	20
Dermatteri	1	1					1	1
Diplopodi					1	20	1	20
Dipluri							0	0
Ditteri							0	0
Ditteri (larve)	3	10					3	10
Embiotteri							0	0
Emitteri					3	1	3	1
Imenotteri	24	5					24	5
Imenotteri (larve)							0	0
Isopodi							0	0
Isotteri							0	0
Lepidotteri (larve)							0	0
Microcorifi							0	0
Opilioni							0	0
Ortotteri							0	0
Palpigradi							0	0
Pauropodi							0	0
Proturi					2	20	2	20
Pseudoscorpioni	1	20					1	20
Psocotteri							0	0
Scorpioni							0	0
Sinfili	2	20	2	20	3	20	7	20
Tisanotteri							0	0
Zigentomi							0	0
Altri olometaboli (Mecotteri, Neurotteri, Rafidiotteri)							0	0
QBS-ar							564	139
Classi di qualità del suolo								6
Gruppi euedafici (EMI=20)								6
Gruppi/taxon edafici								12
Rapporto Acari/Collemboli (10 cm³ x 3)								0,93

Gruppi	A6							
	Replica A		Replica B		Replica C		Tot. Ind.	EMI max
	Ind.	Emi	Ind.	Emi	Ind.	Emi		
Acari	63	20	102	20	51	20	216	20
Areneidi	1	1					1	1
Blattari							0	0
Chipolodi							0	0
Coleotteri					1	1	1	1
Coleotteri (larve)	3	10			1	10	4	10
Collemboli					3	20	3	20
Dermatteri							0	0
Diplopodi					1	20	1	20
Dipluri							0	0
Ditteri	5	1			2	1	7	1
Ditteri (larve)			2	10	4	10	6	10
Embiotteri							0	0
Emitteri	1	1			1	1	2	1
Imenotteri					3	5	3	5
Imenotteri (larve)							0	0
Isopodi							0	0
Isotteri							0	0
Lepidotteri (larve)							0	0
Microcorifi							0	0
Opilioni							0	0
Ortotteri							0	0
Palpigradi							0	0
Paupodi							0	0
Proturi	3	20	3	20	3	20	9	20
Pseudoscorpioni							0	0
Psocotteri							0	0
Scorpioni							0	0
Sinfili	4	20	3	20	14	20	21	20
Tisanotteri			1	1			1	1
Zigentomi							0	0
Altri olometaboli (Mecotteri, Neurotteri, Rafidiotteri)							0	0
QBS-ar							275	130
Classi di qualità del suolo								6
Gruppi euedafici (EMI=20)								5
Gruppi/taxon edafici								13
Rapporto Acari/Collemboli (10 cm³ x 3)								72

Gruppi	A7							
	Replica A		Replica B		Replica C		Tot. Ind.	EMI max
	Ind.	Emi	Ind.	Emi	Ind.	Emi		
Acari	140	20	146	20	138	20	424	20
Areneidi					1	1	1	1
Blattari							0	0
Chipolodi	2	20			1	20	3	20
Coleotteri							0	0
Coleotteri (larve)	2	10			2	10	4	10
Collemboli	18	10	9	2	25	20	52	20
Dermatteri							0	0
Diplopodi							0	0
Dipluri							0	0
Ditteri	2	1	2	1			4	1
Ditteri (larve)	2	10	1	10	3	10	6	10
Embiotteri							0	0
Emitteri			2	1			2	1
Imenotteri					3	1	3	1
Imenotteri (larve)							0	0
Isopodi							0	0
Isotteri							0	0
Lepidotteri (larve)							0	0
Microcorifi							0	0
Opilioni							0	0
Ortotteri							0	0
Palpigradi							0	0
Pauropodi							0	0
Proturi	7	20	1	20	18	20	26	20
Pseudoscorpioni	1	20					1	20
Psocotteri							0	0
Scorpioni							0	0
Sinfili	3	20			22	20	25	20
Tisanotteri	2	1	1	1			3	1
Zigentomi							0	0
Altri olometaboli (Mecotteri, Neurotteri, Rafidiotteri)							0	0
QBS-ar							554	145
Classi di qualità del suolo								6
Gruppi euedafici (EMI=20)								6
Gruppi/taxon edafici								13
Rapporto Acari/Collemboli (10 cm³ x 3)								8,15

Gruppi	A8							
	Replica A		Replica B		Replica C		Tot. Ind.	EMI max
	Ind.	Emi	Ind.	Emi	Ind.	Emi		
Acari	49	20	40	20	16	20	105	20
Areneidi							0	0
Blattari							0	0
Chipolodi							0	0
Coleotteri							0	0
Coleotteri (larve)			2	10			2	10
Collemboli	127	20	47	20	4	2	178	20
Dermatteri							0	0
Diplopodi							0	0
Dipluri							0	0
Ditteri			3	1			3	1
Ditteri (larve)			3	10	2	10	5	10
Embiotteri							0	0
Emitteri					4	1	4	1
Imenotteri			8	5			8	5
Imenotteri (larve)							0	0
Isopodi							0	0
Isotteri							0	0
Lepidotteri (larve)							0	0
Microcorifi							0	0
Opilioni							0	0
Ortotteri							0	0
Palpigradi							0	0
Pauropodi							0	0
Proturi							0	0
Pseudoscorpioni							0	0
Psocotteri							0	0
Scorpioni							0	0
Sinfili			3	20			3	20
Tisanotteri							0	0
Zigentomi							0	0
Altri olometaboli (Mecotteri, Neurotteri, Rafidiotteri)							0	0
QBS-ar							308	87
Classi di qualità del suolo								4
Gruppi euedafici (EMI=20)								3
Gruppi/taxon edafici								8
Rapporto Acari/Collemboli (10 cm³ x 3)								0,59

Gruppi	A9							
	Replica A		Replica B		Replica C		Tot. Ind.	EMI max
	Ind.	Emi	Ind.	Emi	Ind.	Emi		
Acari	67	20			153	20	220	20
Areneidi			1	1			1	1
Blattari							0	0
Chipolodi							0	0
Coleotteri			3	1	1	10	4	10
Coleotteri (larve)							0	0
Collemboli	34	20	46	20	5	20	85	20
Dermatteri							0	0
Diplopodi							0	0
Dipluri							0	0
Ditteri							0	0
Ditteri (larve)	8	10	2	10	1	10	11	10
Embiotteri							0	0
Emitteri			1	1	5	5	6	5
Imenotteri	58	5	3	1			61	5
Imenotteri (larve)							0	0
Isopodi			1	10			1	10
Isotteri							0	0
Lepidotteri (larve)							0	0
Microcorifi							0	0
Opilioni							0	0
Ortotteri							0	0
Palpigradi							0	0
Pauropodi							0	0
Proturi							0	0
Pseudoscorpioni							0	0
Psocotteri							0	0
Scorpioni							0	0
Sinfili							0	0
Tisanotteri			9	1			9	1
Zigentomi							0	0
Altri olometaboli (Mecotteri, Neurotteri, Rafidiotteri)							0	0
QBS-ar							398	82
Classi di qualità del suolo								3
Gruppi euedafici (EMI=20)								2
Gruppi/taxon edafici								9
Rapporto Acari/Collemboli (10 cm³ x 3)								2,59

Gruppi	A10							
	Replica A		Replica B		Replica C		Tot. Ind.	EMI max
	Ind.	Emi	Ind.	Emi	Ind.	Emi		
Acari	1	20	15	20	9	20	25	20
Areneidi			1	5	1	1	2	5
Blattari							0	0
Chipolodi							0	0
Coleotteri							0	0
Coleotteri (larve)							0	0
Collemboli	7	4	58	20	20	20	85	20
Dermatteri							0	0
Diplopodi							0	0
Dipluri							0	0
Ditteri							0	0
Ditteri (larve)					1	10	1	10
Embiotteri							0	0
Emitteri							0	0
Imenotteri							0	0
Imenotteri (larve)							0	0
Isopodi					1	10	1	10
Isotteri							0	0
Lepidotteri (larve)							0	0
Microcorifi							0	0
Opilioni							0	0
Ortotteri							0	0
Palpigradi							0	0
Pauropodi							0	0
Proturi	2	20					2	20
Pseudoscorpioni							0	0
Psocotteri							0	0
Scorpioni							0	0
Sinfili							0	0
Tisanotteri	1	1					1	1
Zigentomi							0	0
Altri olometaboli (Mecotteri, Neurotteri, Rafidiotteri)							0	0
QBS-ar							117	86
Classi di qualità del suolo								6
Gruppi euedafici (EMI=20)								3
Gruppi/taxon edafici								7
Rapporto Acari/Collemboli (10 cm³ x 3)								0,29

Gruppi	A11							
	Replica A		Replica B		Replica C		Tot. Ind.	EMI max
	Ind.	Emi	Ind.	Emi	Ind.	Emi		
Acari	35	20	148	20	24	20	207	20
Areneidi							0	0
Blattari							0	0
Chipolodi							0	0
Coleotteri	1	1					1	1
Coleotteri (larve)	1	10	1	10	3	10	5	10
Collemboli	169	4	187	20	46	10	402	20
Dermatteri							0	0
Diplopodi							0	0
Dipluri					2	1	2	1
Ditteri			2	1			2	1
Ditteri (larve)	2	10	3	10	4	10	9	10
Embiotteri							0	0
Emitteri			3	1	1	1	4	1
Imenotteri			1	1			1	1
Imenotteri (larve)							0	0
Isopodi							0	0
Isotteri							0	0
Lepidotteri (larve)							0	0
Microcorifi							0	0
Opilioni							0	0
Ortotteri							0	0
Palpigradi							0	0
Pauropodi							0	0
Proturi							0	0
Pseudoscorpioni							0	0
Psocotteri							0	0
Scorpioni							0	0
Sinfili			14	20			14	20
Tisanotteri			4	1			4	1
Zigentomi							0	0
Altri olometaboli (Mecotteri, Neurotteri, Rafidiotteri)							0	0
QBS-ar							651	86
Classi di qualità del suolo								4
Gruppi euedafici (EMI=20)								3
Gruppi/taxon edafici								11
Rapporto Acari/Collemboli (10 cm³ x 3)								0,51

Gruppi	A12							
	Replica A		Replica B		Replica C		Tot. Ind.	EMI max
	Ind.	Emi	Ind.	Emi	Ind.	Emi		
Acari	40	20	19	20	26	20	85	20
Areneidi	2	5					2	5
Blattari							0	0
Chipolodi							0	0
Coleotteri			1	1			1	1
Coleotteri (larve)	2	10					2	10
Collemboli	12	10	11	20	10	10	33	20
Dermatteri							0	0
Diplopodi	1	20					1	20
Dipluri							0	0
Ditteri							0	0
Ditteri (larve)	1	10			3	10	4	10
Embiotteri							0	0
Emitteri	1	1					1	1
Imenotteri							0	0
Imenotteri (larve)							0	0
Isopodi			1	10			1	10
Isotteri							0	0
Lepidotteri (larve)							0	0
Microcorifi							0	0
Opilioni							0	0
Ortotteri							0	0
Palpigradi							0	0
Pauropodi							0	0
Proturi							0	0
Pseudoscorpioni							0	0
Psocotteri							0	0
Scorpioni							0	0
Sinfili	4	20	6	20	6	20	16	20
Tisanotteri							0	0
Zigentomi							0	0
Altri olometaboli (Mecotteri, Neurotteri, Rafidiotteri)							0	0
QBS-ar							146	117
Classi di qualità del suolo								5
Gruppi euedafici (EMI=20)								4
Gruppi/taxon edafici								10
Rapporto Acari/Collemboli (10 cm³ x 3)								2,58

Gruppi	A13							
	Replica A		Replica B		Replica C		Tot. Ind.	EMI max
	Ind.	Emi	Ind.	Emi	Ind.	Emi		
Acari	113	20	43	20	182	20	338	20
Areneidi							0	0
Blattari							0	0
Chipolodi							0	0
Coleotteri							0	0
Coleotteri (larve)	1	10			3	10	4	10
Collemboli	111	8	20	20	102	8	233	20
Dermatteri							0	0
Diplopodi							0	0
Dipluri							0	0
Ditteri					1	1	1	1
Ditteri (larve)	2	10	3	10	17	10	22	10
Embiotteri							0	0
Emitteri	1	1	3	1			4	1
Imenotteri			17	5			17	5
Imenotteri (larve)							0	0
Isopodi							0	0
Isotteri							0	0
Lepidotteri (larve)							0	0
Microcorifi							0	0
Opilioni							0	0
Ortotteri							0	0
Palpigradi							0	0
Paupodi							0	0
Proturi			17	20			17	20
Pseudoscorpioni							0	0
Psocotteri							0	0
Scorpioni							0	0
Sinfili			10	20			10	20
Tisanotteri							0	0
Zigentomi							0	0
Altri olometaboli (Mecotteri, Neurotteri, Rafidiotteri)							0	0
QBS-ar							646	107
Classi di qualità del suolo								6
Gruppi euedafici (EMI=20)								4
Gruppi/taxon edafici								9
Rapporto Acari/Collemboli (10 cm³ x 3)								1,45

Gruppi	A14							
	Replica A		Replica B		Replica C		Tot. Ind.	EMI max
	Ind.	Emi	Ind.	Emi	Ind.	Emi		
Acari	29	20	56	20	75	20	160	20
Areneidi							0	0
Blattari							0	0
Chipolodi							0	0
Coleotteri					2	1	2	1
Coleotteri (larve)							0	0
Collemboli	11	4	5	4	1	4	17	4
Dermatteri							0	0
Diplopodi					1	10	1	10
Dipluri							0	0
Ditteri							0	0
Ditteri (larve)					3	10	3	10
Embiotteri							0	0
Emitteri							0	0
Imenotteri	33	5	68	5	1	5	102	5
Imenotteri (larve)							0	0
Isopodi							0	0
Isotteri							0	0
Lepidotteri (larve)							0	0
Microcorifi							0	0
Opilioni							0	0
Ortotteri							0	0
Palpigradi							0	0
Pauropodi							0	0
Proturi							0	0
Pseudoscorpioni							0	0
Psocotteri							0	0
Scorpioni							0	0
Sinfili							0	0
Tisanotteri							0	0
Zigentomi							0	0
Altri olometaboli (Mecotteri, Neurotteri, Rafidiotteri)							0	0
QBS-ar							285	50
Classi di qualità del suolo								2
Gruppi euedafici (EMI=20)								1
Gruppi/taxon edafici								6
Rapporto Acari/Collemboli (10 cm³ x 3)								9,41

Gruppi	CO							
	Replica A		Replica B		Replica C		Tot. Ind.	EMI max
	Ind.	Emi	Ind.	Emi	Ind.	Emi		
Acari							0	0
Areneidi							0	0
Blattari							0	0
Chipolodi							0	0
Coleotteri							0	0
Coleotteri (larve)							0	0
Collemboli					1	1	1	1
Dermatteri							0	0
Diplopodi							0	0
Dipluri							0	0
Ditteri	2	1					2	1
Ditteri (larve)							0	0
Embiotteri							0	0
Emitteri							0	0
Imenotteri	3	1	2	1			5	1
Imenotteri (larve)							0	0
Isopodi							0	0
Isotteri							0	0
Lepidotteri (larve)							0	0
Microcorifi							0	0
Opilioni							0	0
Ortotteri							0	0
Palpigradi							0	0
Paupodi							0	0
Proturi							0	0
Pseudoscorpioni							0	0
Psocotteri							0	0
Scorpioni							0	0
Sinfili							0	0
Tisanotteri							0	0
Zigentomi							0	0
Altri olometaboli (Mecotteri, Neurotteri, Rafidiotteri)							0	0
QBS-ar							8	3
Classi di qualità del suolo								0
Gruppi euedafici (EMI=20)								0
Gruppi/taxon edafici								3
Rapporto Acari/Collemboli (10 cm³ x 3)								0

Gruppi	C1							
	Replica A (sabbia)		Replica B (sabbia)		Replica C		Tot. Ind.	EMI max
	Ind.	Emi	Ind.	Emi	Ind.	Emi		
Acari							0	0
Areneidi							0	0
Blattari							0	0
Chipolodi							0	0
Coleotteri							0	0
Coleotteri (larve)							0	0
Collemboli					1	1	1	1
Dermatteri							0	0
Diplopodi							0	0
Dipluri							0	0
Ditteri					1	1	1	1
Ditteri (larve)							0	0
Embiotteri							0	0
Emitteri							0	0
Imenotteri					1	5	1	5
Imenotteri (larve)							0	0
Isopodi							0	0
Isotteri							0	0
Lepidotteri (larve)							0	0
Microcorifi							0	0
Opilionidi							0	0
Ortotteri							0	0
Palpigradi							0	0
Pauropodi							0	0
Proturi							0	0
Pseudoscorpioni							0	0
Psocotteri							0	0
Scorpioni							0	0
Sinfili							0	0
Tisanotteri							0	0
Zigentomi							0	0
Altri olometaboli (Mecotteri, Neurotteri, Rafidiotteri)							0	0
QBS-ar							3	7
Classi di qualità del suolo								0
Gruppi euedafici (EMI=20)								0
Gruppi/taxon edafici								3
Rapporto Acari/Collemboli (10 cm³ x 3)								0

Gruppi	C2							
	Replica A		Replica B		Replica C (sabbia)		Tot. Ind.	EMI max
	Ind.	Emi	Ind.	Emi	Ind.	Emi		
Acari			4	20			4	20
Areneidi							0	0
Blattari							0	0
Chipolodi							0	0
Coleotteri	1	1					1	1
Coleotteri (larve)							0	0
Collemboli	3	1	13	1			16	1
Dermatteri							0	0
Diplopodi							0	0
Dipluri							0	0
Ditteri	1	1	5	1			6	1
Ditteri (larve)			2	10			2	10
Embiotteri							0	0
Emitteri							0	0
Imenotteri			2	1			2	1
Imenotteri (larve)							0	0
Isopodi							0	0
Isotteri							0	0
Lepidotteri (larve)							0	0
Microcorifi							0	0
Opilionidi							0	0
Ortotteri							0	0
Palpigradi							0	0
Pauropodi							0	0
Proturi							0	0
Pseudoscorpioni							0	0
Psocotteri							0	0
Scorpioni							0	0
Sinfili							0	0
Tisanotteri							0	0
Zigentomi							0	0
Altri olometaboli (Mecotteri, Neurotteri, Rafidotteri)							0	0
QBS-ar							31	34
Classi di qualità del suolo								2
Gruppi euedafici (EMI=20)								1
Gruppi/taxon edafici								6
Rapporto Acari/Collemboli (10 cm³ x 3)								0,25

Gruppi	C3							
	Replica A		Replica B (sabbia)		Replica C		Tot. Ind.	EMI max
	Ind.	Emi	Ind.	Emi	Ind.	Emi		
Acari					9	20	9	20
Areneidi							0	0
Blattari							0	0
Chipolodi							0	0
Coleotteri					28	1	28	1
Coleotteri (larve)							0	0
Collemboli	1	20					1	20
Dermatteri							0	0
Diplopodi							0	0
Dipluri							0	0
Ditteri	1	1					1	1
Ditteri (larve)							0	0
Embiotteri							0	0
Emitteri	1	1					1	1
Imenotteri	1	1					1	1
Imenotteri (larve)							0	0
Isopodi							0	0
Isotteri							0	0
Lepidotteri (larve)							0	0
Microcorifi							0	0
Opilioni							0	0
Ortotteri							0	0
Palpigradi							0	0
Pauropodi							0	0
Proturi							0	0
Pseudoscorpioni							0	0
Psocotteri							0	0
Scorpioni							0	0
Sinfili							0	0
Tisanotteri							0	0
Zigentomi							0	0
Altri olometaboli (Mecotteri, Neurotteri, Rafidiotteri)							0	0
QBS-ar							41	44
Classi di qualità del suolo								1,5
Gruppi euedafici (EMI=20)								2
Gruppi/taxon edafici								6
Rapporto Acari/Collemboli (10 cm³ x 3)								9

Gruppi	C4							
	Replica A		Replica B		Replica C		Tot. Ind.	EMI max
	Ind.	Emi	Ind.	Emi	Ind.	Emi		
Acari	2	20	15	20	7	20	24	20
Areneidi	1	1	1	1	1	1	3	1
Blattari							0	0
Chipolodi							0	0
Coleotteri			3	1	1	1	4	1
Coleotteri (larve)	2	10					2	10
Collemboli	6	20	22	8	25	20	53	20
Dermatteri							0	0
Diplopodi							0	0
Dipluri							0	0
Ditteri	1	1	1	1	3	1	5	1
Ditteri (larve)	3	10	1	10			4	10
Embiotteri							0	0
Emitteri					4	1	4	1
Imenotteri			1	5			1	5
Imenotteri (larve)							0	0
Isopodi							0	0
Isotteri							0	0
Lepidotteri (larve)							0	0
Microcorifi							0	0
Opilioni							0	0
Ortotteri							0	0
Palpigradi							0	0
Paupodi							0	0
Proturi							0	0
Pseudoscorpioni							0	0
Psocotteri							0	0
Scorpioni							0	0
Sinfili			1	20			1	20
Tisanotteri							0	0
Zigentomi							0	0
Altri olometaboli (Mecotteri, Neurotteri, Rafidiotteri)							0	0
QBS-ar							101	89
Classi di qualità del suolo								4
Gruppi euedafici (EMI=20)								3
Gruppi/taxon edafici								10
Rapporto Acari/Collemboli (10 cm³ x 3)								0,45

Gruppi	C5							
	Replica A		Replica B		Replica C		Tot. Ind.	EMI max
	Ind.	Emi	Ind.	Emi	Ind.	Emi		
Acari			13	20	10	20	23	20
Areneidi							0	0
Blattari							0	0
Chipolodi							0	0
Coleotteri							0	0
Coleotteri (larve)	1	10	1	10			2	10
Collemboli	7	20	26	4	78	8	111	20
Dermatteri							0	0
Diplopodi							0	0
Dipluri							0	0
Ditteri	4	1	3	1	1	1	8	1
Ditteri (larve)					4	10	4	10
Embiotteri							0	0
Emitteri							0	0
Imenotteri							0	0
Imenotteri (larve)							0	0
Isopodi							0	0
Isotteri							0	0
Lepidotteri (larve)							0	0
Microcorifi							0	0
Opilioni							0	0
Ortotteri							0	0
Palpigradi							0	0
Paupodi							0	0
Proturi							0	0
Pseudoscorpioni							0	0
Psocotteri							0	0
Scorpioni							0	0
Sinfili							0	0
Tisanotteri							0	0
Zigantomi							0	0
Altri olometaboli (Mecotteri, Neurotteri, Rafidiotteri)							0	0
QBS-ar							148	61
Classi di qualità del suolo								3
Gruppi euedafici (EMI=20)								2
Gruppi/taxon edafici								5
Rapporto Acari/Collemboli (10 cm³ x 3)								0,21

Gruppi	C6							
	Replica A		Replica B		Replica C		Tot. Ind.	EMI max
	Ind.	Emi	Ind.	Emi	Ind.	Emi		
Acari	52	20	55	20	15	20	122	20
Areneidi	5	1					5	1
Blattari							0	0
Chipolodi							0	0
Coleotteri							0	0
Coleotteri (larve)							0	0
Collemboli	5	20	6	8	9	10	20	20
Dermatteri							0	0
Diplopodi							0	0
Dipluri							0	0
Ditteri			2	1	6	1	8	1
Ditteri (larve)							0	0
Embiotteri							0	0
Emitteri					2	1	2	1
Imenotteri	2	1					2	1
Imenotteri (larve)							0	0
Isopodi							0	0
Isotteri							0	0
Lepidotteri (larve)							0	0
Microcorifi							0	0
Opilioni							0	0
Ortotteri							0	0
Palpigradi							0	0
Paupodi							0	0
Proturi							0	0
Pseudoscorpioni	1	20					1	20
Psocotteri							0	0
Scorpioni							0	0
Sinfili	2	20			2	20	4	20
Tisanotteri			2	1			2	1
Zigentomi							0	0
Altri olometaboli (Mecotteri, Neurotteri, Rafidiotteri)							0	0
QBS-ar							166	85
Classi di qualità del suolo								4
Gruppi euedafici (EMI=20)								4
Gruppi/taxon edafici								9
Rapporto Acari/Collemboli (10 cm³ x 3)								6,1

Gruppi	C7							
	Replica A		Replica B		Replica C		Tot. Ind.	EMI max
	Ind.	Emi	Ind.	Emi	Ind.	Emi		
Acari	83	20	100	20	50	20	233	20
Areneidi	2	5					2	5
Blattari							0	0
Chipolodi							0	0
Coleotteri							0	0
Coleotteri (larve)							0	0
Collemboli	16	4	12	4	22	20	50	20
Dermatteri							0	0
Diplopodi	1	20					1	20
Dipluri	1	20					1	20
Ditteri			1	1			1	1
Ditteri (larve)	1	10			3	10	4	10
Embiotteri							0	0
Emitteri							0	0
Imenotteri	1	5	3	5			4	5
Imenotteri (larve)							0	0
Isopodi	2	10	2	10	2	10	6	10
Isotteri							0	0
Lepidotteri (larve)							0	0
Microcorifi							0	0
Opilioni							0	0
Ortotteri							0	0
Palpigradi							0	0
Paupodi							0	0
Proturi					1	20	1	20
Pseudoscorpioni							0	0
Psocotteri	2	1					2	1
Scorpioni							0	0
Sinfili	2	20			2	20	4	20
Tisanotteri	8	1	10	1	1	1	19	1
Zigentomi							0	0
Altri olometaboli (Mecotteri, Neurotteri, Rafidiotteri)							0	0
QBS-ar							328	153
Classi di qualità del suolo								6
Gruppi euedafici (EMI=20)								6
Gruppi/taxon edafici								13
Rapporto Acari/Collemboli (10 cm³ x 3)								4,66

Gruppi	C8							
	Replica A		Replica B		Replica C		Tot. Ind.	EMI max
	Ind.	Emi	Ind.	Emi	Ind.	Emi		
Acari	169	20	200	20	70	20	439	20
Areneidi			1	5			1	5
Blattari							0	0
Chipolodi			1	10			1	10
Coleotteri							0	0
Coleotteri (larve)							0	0
Collemboli	67	20	3	20	18	20	88	20
Dermatteri							0	0
Diplopodi	9	20					9	20
Dipluri							0	0
Ditteri	4	1					4	1
Ditteri (larve)	1	10	3	10			4	10
Embiotteri							0	0
Emitteri	3	1					3	1
Imenotteri	26	5					26	5
Imenotteri (larve)							0	0
Isopodi							0	0
Isotteri							0	0
Lepidotteri (larve)							0	0
Microcorifi							0	0
Opilioni							0	0
Ortotteri							0	0
Palpigradi							0	0
Paupodi							0	0
Proturi			1	20	5	20	6	20
Pseudoscorpioni							0	0
Psocotteri							0	0
Scorpioni							0	0
Sinfili	2	20	5	20	5	20	12	20
Tisanotteri	4	1	5	1	5	1	14	1
Zigentomi							0	0
Altri olometaboli (Mecotteri, Neurotteri, Rafidiotteri)							0	0
QBS-ar							607	133
Classi di qualità del suolo								6
Gruppi euedafici (EMI=20)								5
Gruppi/taxon edafici								12
Rapporto Acari/Collemboli (10 cm³ x 3)								4,99

Gruppi	C9							
	Replica A		Replica B		Replica C		Tot. Ind.	EMI max
	Ind.	Emi	Ind.	Emi	Ind.	Emi		
Acari	6	20	5	20	26	20	37	20
Areneidi							0	0
Blattari							0	0
Chipolodi							0	0
Coleotteri							0	0
Coleotteri (larve)							0	0
Collemboli	6	2	4	2	26	4	36	4
Dermatteri							0	0
Diplopodi							0	0
Dipluri							0	0
Ditteri	5	1	8	1	5	1	18	1
Ditteri (larve)	17	10	16	10	4	10	37	10
Embiotteri							0	0
Emitteri	1	1					1	1
Imenotteri	1	1	1	1			2	1
Imenotteri (larve)							0	0
Isopodi			1	10	10	10	11	10
Isotteri							0	0
Lepidotteri (larve)							0	0
Microcorifi							0	0
Opilioni							0	0
Ortotteri							0	0
Palpigradi							0	0
Paupodi							0	0
Proturi							0	0
Pseudoscorpioni							0	0
Psocotteri							0	0
Scorpioni							0	0
Sinfili							0	0
Tisanotteri							0	0
Zigentomi							0	0
Altri olometaboli (Mecotteri, Neurotteri, Rafidiotteri)							0	0
QBS-ar							142	47
Classi di qualità del suolo								2
Gruppi euedafici (EMI=20)								1
Gruppi/taxon edafici								7
Rapporto Acari/Collemboli (10 cm³ x 3)								1,03

Gruppi	C10							
	Replica A		Replica B		Replica C		Tot. Ind.	EMI max
	Ind.	Emi	Ind.	Emi	Ind.	Emi		
Acari	12	20	3	20	15	20	30	20
Areneidi							0	0
Blattari							0	0
Chipolodi							0	0
Coleotteri							0	0
Coleotteri (larve)							0	0
Collemboli	2	4	5	2	6	4	13	4
Dermatteri							0	0
Diplopodi							0	0
Dipluri							0	0
Ditteri	1	1	7	1	9	1	17	1
Ditteri (larve)	53	10	13	10	30	10	96	10
Embiotteri							0	0
Emitteri							0	0
Imenotteri							0	0
Imenotteri (larve)							0	0
Isopodi	3	10	2	10	12	10	17	10
Isotteri							0	0
Lepidotteri (larve)							0	0
Microcorifi							0	0
Opilioni							0	0
Ortotteri							0	0
Palpigradi							0	0
Paupodi							0	0
Proturi							0	0
Pseudoscorpioni							0	0
Psocotteri							0	0
Scorpioni							0	0
Sinfili							0	0
Tisanotteri							0	0
Zigentomi							0	0
Altri olometaboli (Mecotteri, Neurotteri, Rafidiotteri)							0	0
QBS-ar							173	45
Classi di qualità del suolo								2
Gruppi euedafici (EMI=20)								1
Gruppi/taxon edafici								5
Rapporto Acari/Collemboli (10 cm³ x 3)								2,31

Gruppi	C11							
	Replica A		Replica B		Replica C		Tot. Ind.	EMI max
	Ind.	Emi	Ind.	Emi	Ind.	Emi		
Acari	45	20	58	20	32	20	135	20
Areneidi			1	1	1	1	2	1
Blattari							0	0
Chipolodi							0	0
Coleotteri	1	10			1	1	2	10
Coleotteri (larve)			2	10			2	10
Collemboli	29	4	127	20	38	8	194	20
Dermatteri							0	0
Diplopodi					1	10	1	10
Dipluri							0	0
Ditteri	4	1	2	1			6	1
Ditteri (larve)	1	10			3	10	4	10
Embiotteri							0	0
Emitteri			1	1			1	1
Imenotteri							0	0
Imenotteri (larve)							0	0
Isopodi	1	10	1	10	4	10	6	10
Isotteri							0	0
Lepidotteri (larve)							0	0
Microcorifi			1	10			1	10
Opilioni							0	0
Ortotteri							0	0
Palpigradi							0	0
Paupodi							0	0
Proturi							0	0
Pseudoscorpioni					4	20	4	20
Psocotteri							0	0
Scorpioni							0	0
Sinfili							0	0
Tisanotteri							0	0
Zigentomi							0	0
Altri olometaboli (Mecotteri, Neurotteri, Rafidiotteri)							0	0
QBS-ar							358	123
Classi di qualità del suolo								5
Gruppi euedafici (EMI=20)								3
Gruppi/taxon edafici								12
Rapporto Acari/Collemboli (10 cm³ x 3)								0,70

Gruppi	C12							
	Replica A		Replica B		Replica C		Tot. Ind.	EMI max
	Ind.	Emi	Ind.	Emi	Ind.	Emi		
Acari	79	20	317	20	55	20	451	20
Areneidi							0	0
Blattari							0	0
Chipolodi							0	0
Coleotteri	2	20	1	5	4	20	7	20
Coleotteri (larve)	1	10					1	10
Collemboli	12	20	23	20	4	20	39	20
Dermatteri							0	0
Diplopodi			1	20			1	20
Dipluri							0	0
Ditteri			5	1	5	1	10	1
Ditteri (larve)	6	10	8	10	10	10	24	10
Embiotteri							0	0
Emitteri					1	1	1	1
Imenotteri							0	0
Imenotteri (larve)							0	0
Isopodi	2	10	12	10	7	10	21	10
Isotteri							0	0
Lepidotteri (larve)							0	0
Microcorifi							0	0
Opilioni			1	10			1	10
Ortotteri							0	0
Palpigradi							0	0
Paupodi							0	0
Proturi			21	20	6	20	27	20
Pseudoscorpioni					1	20	1	20
Psocotteri							0	0
Scorpioni							0	0
Sinfili	1	20					1	20
Tisanotteri			3	1	5	1	8	1
Zigentomi							0	0
Altri olometaboli (Mecotteri, Neurotteri, Rafidiotteri)							0	0
QBS-ar							593	183
Classi di qualità del suolo								6
Gruppi euedafici (EMI=20)								7
Gruppi/taxon edafici								14
Rapporto Acari/Collemboli (10 cm³ x 3)								11,56

Gruppi	C13							
	Replica A		Replica B		Replica C		Tot. Ind.	EMI max
	Ind.	Emi	Ind.	Emi	Ind.	Emi		
Acari	75	20	11	20	18	20	104	20
Areneidi							0	0
Blattari							0	0
Chipolodi							0	0
Coleotteri			1	10			1	10
Coleotteri (larve)							0	0
Collemboli	6	20	5	20	15	20	26	20
Dermatteri							0	0
Diplopodi							0	0
Dipluri							0	0
Ditteri	4	1	3	1	5	1	12	1
Ditteri (larve)	1	10					1	10
Embiotteri							0	0
Emitteri	1	1					1	1
Imenotteri			3	1			3	1
Imenotteri (larve)							0	0
Isopodi							0	0
Isotteri							0	0
Lepidotteri (larve)							0	0
Microcorifi							0	0
Opilioni							0	0
Ortotteri							0	0
Palpigradi							0	0
Paupodi							0	0
Proturi							0	0
Pseudoscorpioni							0	0
Psocotteri							0	0
Scorpioni							0	0
Sinfili			3	20			3	20
Tisanotteri	5	1	4	1			9	1
Zigentomi							0	0
Altri olometaboli (Mecotteri, Neurotteri, Rafidiotteri)							0	0
QBS-ar							160	84
Classi di qualità del suolo								4
Gruppi euedafici (EMI=20)								3
Gruppi/taxon edafici								9
Rapporto Acari/Collemboli (10 cm³ x 3)								4