

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA

DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA,
DELL'AMBIENTE E DELLA VITA (DISTAV)

Classe delle Lauree Magistrali in Biologia LM/6

Corso di Laurea Magistrale

in Biologia applicata e sperimentale - curriculum forense

VALUTAZIONE DEI FATTORI CHE INFLUISCONO SULLA
COLONIZZAZIONE DI ANIMALI SEPOLTI DA PARTE DEGLI INSETTI

EVALUATION OF THE FACTORS AFFECTING THE INSECT COLONIZATION
OF BURIED ANIMALS

Laureanda:

Rossana Zampini

Relatori:

Prof. Stefano Vanin

Dott.ssa Giuseppina Carta

Dott. Stefano Marconi

Dott.ssa Eleonora Tomasini

Correlatore:

Prof. Giorgio Bavestrello

ANNO ACCADEMICO 2024-2025

RIASSUNTO

L'entomologia forense è la disciplina che studia insetti e altri artropodi associati ai processi di decomposizione e offre strumenti utili per la ricostruzione di eventi peri e post-mortem. Nonostante sia ben noto il modello di colonizzazione degli artropodi nei corpi esposti, le informazioni relative ai corpi sepolti, soprattutto di specie non umane, risultano ancora limitate.

Nel contesto dell'archeozoologia emerge inoltre la necessità di disporre di collezioni osteologiche di confronto per l'identificazione di reperti ossei animali provenienti da scavi archeologici. A tal proposito, il personale della Fondazione Museo Civico di Rovereto ha provveduto alla sepoltura controllata di mammiferi e uccelli in un'area dedicata, con lo scopo di aggiornare la collezione osteologica e di caratterizzare la fauna entomologica associata ai processi di decomposizione in ambiente ipogeo. Il lavoro di questa tesi si pone l'obiettivo di valutare l'influenza di diversi fattori quali la classe tassonomica, le dimensioni corporee, la durata ed il luogo di sepoltura e la stagione di seppellimento sulla colonizzazione.

I campioni entomologici raccolti sono prevalentemente pupari di ditteri, con una netta prevalenza di Phoridae e Sphaeroceridae. Al contrario, Calliphoridae e Sarcophagidae, considerati i colonizzatori primari della decomposizione in ambiente aperto, risultano scarsamente rappresentati, suggerendo un ruolo marginale in corpi interrati. Coleotteri e altri taxa sono presenti in quantità limitate.

L'analisi statistica suggerisce che fattori come la stagione di sepoltura, le dimensioni e soprattutto la classe tassonomica influenzano significativamente la colonizzazione di corpi sepolti.

Il lavoro svolto è stato condotto in collaborazione con la Fondazione Museo Civico di Rovereto, dimostrando inoltre come la collaborazione tra enti di ricerca rappresenti una risorsa di grande valore. Questa cooperazione può essere interpretata come "ricerca circolare", in cui gli stessi materiali di studio vengono analizzati da prospettive diverse, permettendo lo sviluppo di studi complementari e integrati.

ABSTRACT

Forensic entomology is the discipline that studies insects and other arthropods associated with decomposition processes, providing valuable tools for the reconstruction of peri- and post-mortem events. Although the model of arthropod colonization on exposed bodies is well documented, information regarding buried remains, particularly of non-human species, is still limited.

Within the field of zooarchaeology, there is also a need for comparative osteological collections to support the identification of skeletal remains. In this context, the staff of Fondazione Museo Civico of Rovereto conducted the controlled burial of mammals and birds in a dedicated area, with aim of updating the osteological reference collection and characterizing the entomological fauna associated with decomposition process in hypogeum environment. Furthermore, this study aims to evaluate the influence of several factors on colonization, including taxonomic class, body size, burial duration and location, and season of burial.

The collected entomological samples consist predominantly of dipteran puparia, with a clear dominance of Phoridae and Sphaeroceridae. In contrast, Calliphoridae and Sarcophagidae, typically considered primary colonizers in exposed environments, are poorly represented, suggesting a marginal role in hypogeum context. Beetles and other taxa are present in limited quantities.

Statistical analysis indicates that factors such as burial season, body size and especially taxonomic class significantly influence the colonization of buried remains.

This work was conducted in collaboration with the Fondazione Museo Civico of Rovereto, further demonstrating how cooperation between research institutions represents a highly valuable resource. Such collaboration can be interpreted as a form of “circular research”, in which the same study materials are analyzed from different perspectives, enabling the development of complementary and integrated studies.

INDICE

1. INTRODUZIONE	1
1.1 Entomologia forense e processi di decomposizione.....	1
1.2 Body farm.....	4
1.3 Entomofauna associata a corpi sepolti	6
2. SCOPO DELLA TESI	10
3. MATERIALI E METODI	11
3.1 Campioni analizzati.....	11
3.2 Luoghi di sepoltura	11
3.3 Modalità di sepoltura e di esumazione	14
3.4 Trattamento dei campioni osteologici.....	17
3.5 Raccolta e trattamento dei campioni entomologici.....	20
3.6 Identificazione dei campioni entomologici.....	20
3.7 Analisi dei risultati	22
4. RISULTATI	23
4.1 Aves.....	28
4.1.1 Relazione tra entomofauna e dimensioni.....	29
4.1.2 Relazione tra entomofauna e durata di seppellimento.....	30
4.1.3 Relazione tra entomofauna e luogo di sepoltura	31
4.1.4 Relazione tra entomofauna e stagione di sepoltura	31
4.2 Mammalia.....	32
4.2.1 Relazione tra entomofauna e dimensioni.....	33
4.2.2 Relazione tra entomofauna e durata di seppellimento.....	34
4.2.3 Relazione tra entomofauna e luogo di sepoltura	35
4.2.4 Relazione tra entomofauna e stagione di sepoltura	35
4.3 Contenuto stomacale	35
5. DISCUSSIONE	37
5.1 Classe (Aves/Mammalia)	39
5.2 Dimensioni.....	39
5.3 Durata di sepoltura	39
5.4 Luogo di sepoltura.....	40
5.5 Stagione di sepoltura	40

5.6 Valutazione complessiva dello studio	40
5.7 Contenuto stomacale	41
CONCLUSIONI	43
BIBLIOGRAFIA	44
RINGRAZIAMENTI	47

1. INTRODUZIONE

1.1 Entomologia forense e processi di decomposizione

L'entomologia forense di stampo medico (veterinario) legale è quella disciplina scientifica in cui l'insetto non è considerato l'elemento causa di disputa legale ma, al contrario, lo studio delle tracce che gli insetti e gli altri artropodi lasciano sui corpi e nell'ambiente circostante è considerato una prova utile a redimere questioni legali (Catts and Goff 1992). L'entomologia forense si è rivelata essenziale per risolvere casi complessi e fornire prove scientifiche nei tribunali. In contesti giudiziari l'insetto è in grado, infatti, di fornire prove che possono rivelarsi decisive (Mariani et al. 2017). La precisione con cui gli insetti possono "raccontare" una storia rende l'entomologia forense un potente strumento nelle indagini moderne: ha infatti un ruolo ineludibile nel campo civile, nel caso, per esempio, di infestazione di appartamenti o di ambienti ospedalieri o di danni subiti da beni culturali per capire a chi attribuire la responsabilità dei danni (Bambaradeniya et al. 2023). Di estrema importanza si è dimostrato il contributo di questa disciplina anche in campo penale perché essa ha un ruolo fondamentale nelle indagini relative a contaminazioni di filiere alimentari o a crimini sulla persona per documentare la colonizzazione da parte degli insetti su cadaveri (Amendt et al. 2004). Le tracce lasciate dagli insetti possono fornire elementi utili nelle indagini di omicidi, morti sospette, maltrattamenti, negligenza sanitaria (in particolare lo studio della colonizzazione larvale nei casi di miasi, in particolari nosocomiali, permette di stimare il periodo di abbandono di persone o animali) traffici illeciti e bracconaggio (Amendt et al. 2011).

Con l'inizio della decomposizione il corpo rappresenta un habitat utile allo sviluppo di insetti necrofagi e una fonte di sostentamento per la macrofauna, ossia mammiferi e uccelli che su di esso si nutrono. Dopo il decesso il corpo va incontro a trasformazioni chimiche e fisiche sequenziali che permettono la colonizzazione da parte di organismi diversi. L'arrivo e lo sviluppo degli insetti dipende principalmente dalla temperatura, dall'umidità e dal fotoperiodo, quindi anche dal clima stagionale e regionale. La colonizzazione di un corpo si basa inoltre sulle dinamiche intra e interspecie, comprese le preferenze alimentari e vari habitat come terrestre e acquatico, urbano o rurale, interno ed esterno, sepoltura ed esposizione. Sono fattori anche le modalità della morte (ad esempio bruciatura, avvelenamento, annegamento, smembramento, occultamento e impiccagione) e le caratteristiche del cadavere: età, dimensioni, abbigliamento e traumi influenzano i modelli di

colonizzazione degli insetti, quindi al contempo il processo di decomposizione (Bambaradeniya et al. 2023).

Dopo il decesso, numerosi processi chimico-fisici hanno luogo all'interno del cadavere portando a modificazioni che si verificano secondo un ordine prevedibile, sebbene la velocità del cambiamento sia fortemente influenzata da fattori ambientali, in particolare dalla temperatura. Tutti i corpi attraverseranno il medesimo processo decompositivo, ma è la temperatura a determinare la durata di ciascuna fase e la velocità complessiva del processo (Swann et al. 2010).

La decomposizione è un processo continuo che inizia al momento della morte e termina quando il corpo è ridotto a scheletro. Sebbene il processo sia un *continuum*, può essere suddiviso in una serie di fasi, il cui numero varia a seconda del metodo preso come riferimento.

I processi di decomposizione possono essere distinti in cambiamenti precoci e tardivi. I primi rappresentano cambiamenti repentini che seguono il decesso e sono definiti *algor-*, *livor-* e *rigor-mortis* e rappresentano rispettivamente il raggiungimento dell'equilibrio termico del corpo con l'ambiente, la formazione di macchie ipostatiche nelle parti declivi del corpo e la rigidità cadaverica. Questi eventi si risolvono nell'arco di circa ventiquattro-settantadue ore.

Successivamente iniziano gli eventi tardivi, anche definiti fenomeni trasformativi; possono essere suddivisi in quattro stadi: fresco, enfisematoso, colliquativo e scheletrizzazione.

Lo stadio fresco inizia al momento della morte e continua fino a quando non è evidente la formazione di gas nel corpo. Ciò che caratterizza questa fase è la colorazione verdastra dell'addome, screpolatura della pelle e formazione di una linea nerastra negli occhi. Contemporaneamente inizia anche la colonizzazione da parte degli insetti, non esclusivamente necrofagi, generalmente a livello delle aperture naturali del corpo (occhi, naso, bocca e orecchie) o di eventuali ferite presenti sul corpo. I primi insetti ad arrivare su corpi esposti sono i ditteri appartenenti alle famiglie Calliphoridae e i Sarcophagidae (Goff 2009).

Segue poi lo stadio enfisematoso caratterizzato da un rigonfiamento del corpo per la produzione di gas dovuta alla decomposizione dei tessuti da parte degli organismi anaerobi provenienti dal tratto gastrointestinale e dall'apparato respiratorio. Questi microrganismi trasformano carboidrati, lipidi e proteine in acidi organici e gas (ad esempio metano, idrogeno solforato, ammoniaca) che provocano il cambiamento di colore, l'odore e il rigonfiamento del cadavere (Carter et al. 2007). Le pressioni interne causate dal gas provocano la fuoriuscita di fluidi dalle aperture naturali del corpo producendo un forte odore di ammoniaca. I Calliphoridae sono fortemente attratti dal corpo durante questa fase di decomposizione; infatti, si osservano masse significative di larve associate alla testa e ad altri siti di invasione primaria (Goff 2009).

Lo stadio colliquativo o di decadimento è contraddistinto da forti odori di decomposizione, derivati dalla rottura dello strato esterno della pelle. La peculiarità di questa fase è la presenza di grandi masse di larve di ditteri che si nutrono del corpo, internamente, esternamente e si riversano anche sul terreno circostante. Risulta a questo punto evidente anche la presenza di coleotteri.

Infine, il corpo raggiungerà lo stadio di scheletrizzazione, fase in cui il corpo è ridotto a pelle, cartilagini e ossa. I ditteri non sono più il taxon dominante, ma verranno sostituiti dai coleotteri, tra cui i Dermestidae, e da altri artropodi (Goff 2009).

La principale applicazione dell'entomologia forense è la stima del tempo intercorso dal decesso (PMI: Post Mortem Interval), ma, in modo più specifico, del tempo minimo dal decesso (minPMI) ossia il tempo che intercorre dalla colonizzazione al rinvenimento del cadavere. I ditteri e i coleotteri colonizzano il corpo in momenti specifici in relazione allo stato di decomposizione, seguendo uno schema fisso e prevedibile che, in mancanza di fattori influenzanti che possono cambiare questo ordine, può essere descritto in diverse ondate di colonizzazione.

Lo sviluppo degli insetti è temperatura-dipendente, in quanto sono organismi pecilotermi. Il ruolo fondamentale della temperatura nelle reazioni chimiche determina il condizionamento nello sviluppo degli insetti, in quanto questo consiste in una serie di reazioni chimiche coordinate da ormoni. A basse temperature non avviene lo sviluppo, mentre oltre un certo livello di temperatura l'andamento è lineare fino al raggiungimento di una temperatura al di sopra della quale si verifica un tracollo delle reazioni, dovuto alla denaturazione delle proteine, con relativa morte dell'individuo.

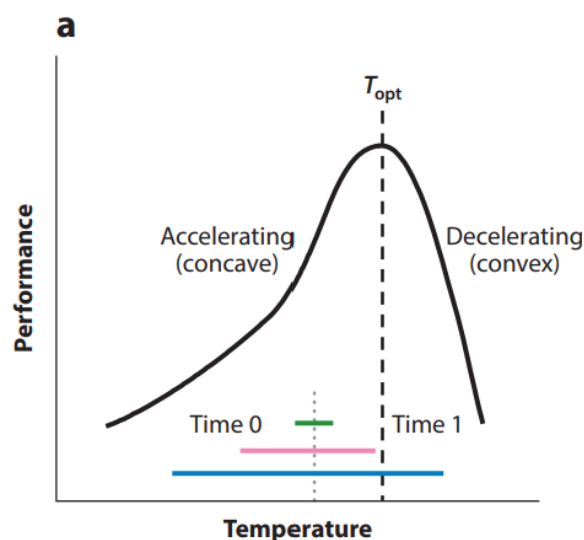


Figura 1. Grafico che mostra la relazione tra temperatura e sviluppo degli insetti. La velocità di sviluppo aumenta con l'aumentare della temperatura fino a un valore soglia di temperatura ottimale, oltre la quale l'attività diminuisce (Colinet et al. 2015).

Lo sviluppo degli insetti è specie-specifico e spesso condizionato dalle popolazioni di appartenenza degli individui considerati. Per questo motivo è necessario consultare i dati relativi allo sviluppo della popolazione della zona di interesse.

A seconda del livello di accessibilità e delle condizioni ambientali, gli insetti necrofagi colonizzeranno prontamente un cadavere fresco. Arrivano sul corpo mosche (ditteri), coleotteri (Coleoptera) e altri artropodi, come gli acari.

I ditteri preferiscono cadaveri freschi e dominano durante i primi giorni e settimane di decomposizione, anche se alcuni taxa, ad esempio i Piophilidae si insediano nelle fasi successive della decomposizione. Diversi coleotteri, come i Dermestidae, sono adattati a utilizzare alimenti secchi come peli e ossa: tendono, quindi, ad essere attratti dalle ultime fasi della decomposizione (Amendt et al. 2011).

I ditteri sono insetti olometaboli. Generalmente, il ciclo vitale delle mosche comprende gli stadi di uovo e/o larva, pupa e adulto. I ditteri sono in grado di localizzare una fonte di odore con grande precisione e sono in grado di deporre le loro uova o le larve su un cadavere entro pochi minuti-ore dalla morte. La cuticola larvale attraversa una serie di cambiamenti chimici e fisici, con la formazione finale di un involucro duro noto come "pupario" (la cuticola indurita), da cui emergono le mosche adulte al completamento della metamorfosi. Dopo la metamorfosi, il pupario viene lasciato vuoto sul sito. Grazie alla sua elevata resistenza al decadimento, i pupari possono essere trovati nelle scene del crimine e sono particolarmente importanti nei casi di datazione meno recente quando altri stadi di sviluppo non sono più presenti. Inoltre, queste strutture possono essere trovate anche in contesti archeologici, eventualmente come uniche tracce di attività degli insetti rimaste dopo secoli o millenni (Pradelli et al. 2021).

Generalmente, la sequenza di colonizzazione prevede l'arrivo di ditteri delle famiglie Calliphoridae, seguiti da Sarcophagidae, Muscidae, Sphaeroceridae, Piophilidae, Fanniidae e Phoridae. I cadaveri sono inoltre colonizzati da coleotteri (Staphylinidae, Scarabaeidae, Carabidae, Silphidae, Cleridae e Dermestidae); Lepidotteri (Pyralidae e Tineidae) e Acari (Pterygosomatidae e Omentolaelapidae), che possono anche essere significativi dal punto di vista forense.

1.2 “Body Farm”

Le “body farm” sono propriamente dei luoghi dedicati alla sperimentazione dei cambiamenti tafonomici di un corpo: permettono di condurre studi sistematici e osservazioni scientifiche sui processi di decomposizione, analizzando come la putrefazione evolva in condizioni ambientali

diverse. In particolare, vengono prese in esame le differenti situazioni in cui un corpo può trovarsi, così da poter valutare e confrontare dinamiche, tempi e modalità del processo.

Questi studi però possono essere particolarmente complessi da pianificare, poiché devono confrontarsi con vincoli etici e sensibilità culturali differenti, soprattutto quando comportano l'impiego di cadaveri umani. Di conseguenza, la maggior parte degli esperimenti viene eseguita utilizzando modelli animali (Macho-Callejo et al. 2025).

La prima body farm è stata costruita dalla University of Tennessee Anthropological Research Facility, mentre al di fuori degli Stati Uniti è stata l'Australian Facility for Taphonomic Experimental Research (AFTER). Attualmente esistono almeno otto strutture di questo tipo: sei negli Stati Uniti, una in Australia e una nei Paesi Bassi. Nonostante sia notevolmente più adeguato fare studi su cadaveri umani, in quanto maggiormente rappresentativi delle condizioni reali, ci sono molte variabili che possono discostare i risultati ottenuti dalla realtà. Sicuramente da citare sono la variabilità tra popolazioni e le differenze dovute all'età (solitamente i cadaveri donati sono di anziani, mentre i cadaveri coinvolti in indagini forensi sono solitamente adulti deceduti per cause non naturali) (Varlet et al. 2020.).

In molti paesi, in cui per motivi etici risulta difficile fare indagini su cadaveri umani, si è adottata una soluzione diversa, ossia l'utilizzo di cadaveri animali che comunque hanno permesso la comprensione dei fenomeni tafonomici.

I maiali rappresentano il modello di studio più comunemente usato, sia perché di più facile acquisizione sia per le caratteristiche intrinseche: proporzioni corporee simili a quelle umane, superficie corporea relativamente glabra e per le comunità microbiche intestinali legate alla dieta onnivora. Tuttavia, l'uso dei suini è anche dibattuto poiché studi recenti concludono che i suini mostrano alcune differenze nella decomposizione e dovrebbero essere usati come sostituti dei soggetti umani con cautela. Molti progetti possono essere conseguiti utilizzando altre specie (ad esempio, conigli o topi), che possono risultare comunque ottimi modelli (Pittner et al. 2020).

In Italia, a Milano, il Laboratorio di antropologia e odontoiatria forense LABANOF, in collaborazione con il Parco del Ticino, ha istituito la prima "body farm" non umana, nel rispetto delle normative e delle implicazioni etiche vigenti. Il progetto si articola in diversi siti collocati all'interno del Parco, caratterizzati da condizioni ambientali differenti, nei quali il LABANOF conduce ricerche sui processi di decomposizione in contesti controllati. In particolare, vengono osservati il ruolo che il suolo, la vegetazione, le temperature, i fenomeni meteorologici e la fauna locale (insetti, volatili, mammiferi e batteri) possono avere nello sviluppo dei processi tafonomici. Tutti gli esperimenti sono

compiuti con campioni animali, interi o parziali che sono deceduti per cause naturali o accidentali. I dati raccolti nella body farm rappresentano un supporto fondamentale per chi lavora sul campo, offrendo riferimenti scientifici utili durante le indagini; ma soprattutto la condivisione dei risultati degli studi costituisce una risorsa di grande valore per la comunità scientifica e professionale (<https://www.labanof.unimi.it/archeoforense.html>).

1.3 Entomofauna associata a corpi sepolti

La sepoltura rappresenta uno dei metodi utilizzati per occultare il cadavere limitandone la possibilità del ritrovamento. Tuttavia, scavare a profondità elevate richiede uno sforzo considerevole, o macchinari non facilmente disponibili, pertanto, nella maggior parte dei casi, le vittime vengono sepolte in fosse occasionali e/o clandestine poco profonde, che sono comunque adeguate a ridurre il ritmo di decomposizione.

Gli studi e le informazioni sulla colonizzazione di corpi inumati non sono comparabili alla conoscenza sui corpi ritrovati in superficie terrestre. È noto, ad esempio, che i corpi sepolti si decompongono in modo notevolmente diverso. Tuttavia, i dati sulle prestazioni dei metodi consolidati per la stima dell'intervallo di tempo post-mortem (PMI) in queste condizioni sono scarsi. È importante capire se e in che modo i cambiamenti post-mortem siano influenzati dalle condizioni di sepoltura, se sia possibile concepire fattori correttivi o se i metodi debbano essere esclusi a priori per i rispettivi casi (Pittner et al. 2020).

La sepoltura ha un'influenza particolare sulla fauna necrofaga, che può modificare il tasso di decomposizione e quindi influenzare le stime post-mortem. Questi fattori potrebbero essere predetti combinando efficacemente il lavoro sul campo e la ricerca di laboratorio, nonché utilizzando modelli animali per studi sperimentali in circostanze pertinenti all'entomologia forense in modo da offrire informazioni preziose per le indagini future (Al-Zahrani et al. 2023b).

Fattori come la temperatura, l'accessibilità, la profondità della sepoltura e le condizioni fisiche del terreno (consistenza, pH, umidità, temperatura e contenuto di ossigeno), possono influenzare la decomposizione all'interno della sepoltura (Singh et al. 2016).

Anche la tipologia dei suoli può influenzare la colonizzazione. Ad esempio, terreni costituiti da depositi argillosi sono lentamente permeabili e scarsamente drenati, spesso stagionalmente impregnati d'acqua, ciò significa che i livelli di ossigeno libero sono spesso bassi e quindi questo porta a bassa bioattività; inoltre, le temperature più basse, la minore disponibilità di ossigeno e la

ridotta porosità, cioè la natura compatta del terreno argilloso, possono ridurre la dispersione degli odori di putrefazione rilasciati da un cadavere (Turner and Wiltshire, 1999). Tutti questi fattori possono ritardare la colonizzazione e ridurre la diversità specifica degli insetti che riescono a raggiungere i resti (Al-Zahrani et al. 2023b).

Temperatura e umidità influenzano in modo significativo sia la velocità di decomposizione sia la presenza di artropodi sul corpo. Il clima freddo e i terreni asciutti oltre a ostacolare la crescita delle larve impediscono l'aumento dell'attività degli organismi e microorganismi del suolo, il che porta a una decomposizione più lenta (Al-Zahrani et al. 2023a).

Al-Zahrani e collaboratori (2023b) hanno condotto uno studio su cadaveri di coniglio in Arabia Saudita, per osservare le differenze nella decomposizione che il corpo subisce se si trova in superficie o sepolto. Sia i cadaveri esposti che inumati presentano quattro distinte fasi di decomposizione. I cadaveri progrediscono dallo stadio fresco, allo stadio enfisematoso, segue la fase di decomposizione attiva e infine, del cadavere rimangono solo resti scheletrici e tessuti essiccati. Ciò che è emerso è una differenza nel tempo impiegato per raggiungere lo stadio di scheletrizzazione: i cadaveri esposti completano la decomposizione in un periodo di circa trenta giorni, mentre i cadaveri sepolti impiegano centoventi giorni per decomporsi. I cadaveri interrati richiedono sessanta giorni per raggiungere lo stadio di scheletrizzazione, mentre i cadaveri esposti raggiungono lo stesso stato in soli quattordici giorni. I primi segni di colonizzazione sotterranea sono stati osservati trenta giorni dopo la sepoltura, indicando che la successione di ditteri si verifica sui cadaveri sepolti a un ritmo significativamente più lento. Per quanto riguarda il tempo di decomposizione, l'abbondanza di insetti e le specie osservate, si rileva una netta differenza tra cadaveri sepolti e superficiali. I cadaveri sono stati posti a due livelli di profondità differente, ma questo non ha influito particolarmente, rispetto invece alla sproporzione che si ha rispetto ai cadaveri esposti, sia in termini di abbondanza che di specie. Le specie dominanti in profondità sono *Dolichotachina marginella*, *Sarcophaga dux*, *Rhyncomya* sp.; quindi, le famiglie dei Sarcophagidae e Calliphoridae risultano essere le più abbondanti e solo nelle fasi successive arrivano i Phoridae, seppur non a grandi profondità (Al-Zahrani et al. 2023b).

La sepoltura limita l'accesso di molti insetti necrofagi a un corpo, ma alcuni sono in grado di trarne vantaggio (Amendt et al. 2011). Vari studi hanno cercato di individuare alcuni taxa di insetti che possono essere descritti come colonizzatori specializzati di corpi sepolti; infatti, alcuni ditteri non sono in grado di accedere a un cadavere sepolto, ma ad esempio i Phoridae possono comunque

raggiungere il cadavere tramite aperture piccole del terreno: le mosche adulte scavano nel terreno e depongono le uova sul cadavere.

Come riportato in letteratura, i Calliphoridae sono i primi visitatori del cadavere in superficie; Gunn e Bird (2011) ritengono che anche un sottile strato di terreno possa ostacolare la colonizzazione del corpo, poiché le femmine necessitano di entrare a contatto diretto con una fonte di nutrimento adatta alle larve prima di deporre le uova. Nonostante ciò, sono diversi i casi di Calliphoridae adulti attratti dall'odore emanato dal terreno sopra un corpo sepolto. In queste situazioni gli adulti possono deporre le uova nel terreno sovrastante resti interrati, ad esempio a 30 cm di profondità. Tuttavia, la presenza di uova nel suolo non implica necessariamente che le larve riescano poi a raggiungere il cadavere: queste possono tentare di arrivarvi muovendosi attraverso crepe e fessure del terreno, ma il successo di questo processo non è garantito. Di conseguenza, rimane una notevole incertezza sulla reale capacità delle Calliphoridae di sfruttare resti sepolti. Inoltre, non è ancora chiaro in che modo la sepoltura di un corpo già colonizzato dalle mosche possa influenzare la schiusa delle uova e il successivo sviluppo larvale. Comprendere meglio questi aspetti è particolarmente importante, poiché potrebbero contribuire a stimare con maggiore precisione il tempo durante il quale il corpo è rimasto sepolto (Singh et al. 2016).

Vari studi, condotti mediante esperimenti sul campo e in laboratorio, hanno analizzato l'effetto della sepoltura sullo sviluppo di larve di interesse forense in diversi tipi di suolo, confermando la capacità dei Phoridae, Muscidae, e dei Sarcophagidae di colonizzare resti sepolti (Mariani et al. 2017) ma altri studi aggiungono anche Sphaeroceridae, Psychodidae, Calliphoridae e Leiodidae (Al-Zahrani et al. 2023b).

Le specie più abbondanti ritrovate su cadavere interrato sono: *Megaselia scalaris*, *Hydrotaea aenescens*, *Dohrniphora* sp. e, in quantità minore, *Muscina stabulans*, oltre al coleottero *Ataenius* sp. (Mariani et al. 2017).

Szpila et al. (2010) hanno osservato che i Sarcophagidae sono in grado di penetrare nel terreno asciutto e di raggiungere resti animali profondamente sepolti. Questi ditteri mostrano una rapida capacità di individuazione e colonizzazione dei cadaveri, uno sviluppo completo sulle risorse alimentari sepolte, il che rende queste specie utili indicatori forensi nei corpi sepolti in habitat asciutti.

Un progetto di ricerca, condotto da Mariani et al. (2014) ha limitato la ricerca unicamente nell'autunno, in modo da dare avvio a valutazioni stagionali. Ciò che è emerso comunque è che il taxon dominante è quello dei Muscidae, rappresentato da una notevole quantità di pupari vuoti e da

alcuni adulti frammentati, teste, tergiti addominali e zampe. Altri resti di mosche raccolti appartenevano alla famiglia dei Sarcophagidae, Fannidae e Phoridae; alcuni coleotteri come Tenebrionidae, Dermestidae, Staphylinidae (*Atheta* sp.) e frammenti di adulti di *Carpophilus* sp. (Nitidulidae) (Singh et al. 2016).

Il campo dell'entomologia forense applicata ai cadaveri sepolti è caratterizzato da risultati parzialmente divergenti. Questo riflette la complessità reale nella standardizzazione della decomposizione in sepoltura: fattori multipli interagiscono e generano variabilità, rendendo difficile stimare il PMI.

2. SCOPO DELLA TESI

Il progetto di ricerca, nato dalla collaborazione tra la Fondazione Museo Civico di Rovereto e il Laboratorio di Entomologia Forense e Archeologia (FLEA) dell'Università di Genova, si propone un duplice obiettivo: da un lato l'arricchimento della collezione osteologica di confronto e dall'altro l'elaborazione, sulla base dei dati raccolti, di un'ipotesi interpretativa sui fattori che possono influenzare la colonizzazione di corpi sepolti.

Ci si è interrogati per individuare quali variabili possano essere rilevanti: la stagione di seppellimento, classe e dimensioni, il luogo di sepoltura, le caratteristiche intrinseche della specie (es. presenza/assenza di pelliccia) e la tipologia di terreno.

L'indagine quali-quantitativa degli artropodi ritrovati negli animali inumati permette di riflettere sui vari fattori che possono incidere sulla colonizzazione, in termini di abbondanza e varietà di specie.

3. MATERIALI E METODI

3.1 Campioni analizzati

Nel complesso dello studio sono stati presi in esame 23 cadaveri di animali appartenenti per la maggior parte (15) ai mammiferi mentre la restante parte (7) alla classe degli uccelli. Questi cadaveri si distinguono quindi per classe, ma all'interno della stessa, anche per dimensioni categorizzate come grandi, medie e piccole (*Tabella 1*).

I campioni sono stati ottenuti grazie alla collaborazione con la Fondazione Museo Civico di Rovereto, alla quale sono stati donati dal Museo Tridentino di Scienze Naturali (oggi MUSE), dal Servizio Faunistico della Provincia Autonoma di Trento e da locali. I cadaveri sono stati donati in seguito a ritrovamenti per cause di morte naturale o incidenti stradali e sono stati conservati nel freezer fino al momento della sepoltura.

Alcune specie sono state campionate molteplici volte, in particolare: tre faine (*Martes foina*), due volpi (*Vulpes vulpes*), due lepri (*Lepus europaeus*), due lupi (*Canis lupus*) e due tassi (*Meles meles*), mentre le restanti specie solo una volta. Per due degli animali oggetto di studio, la lepre (*Lepus europaeus*), AZ 241, e l'allocco (*Strix aluco*), AZ 226, non è stata effettuata la pulizia poiché erano stati già precedentemente ripuliti ma era stato conservato il tessuto non tessuto in cui erano contenuti durante il seppellimento; si è deciso di conseguenza di includerli nello studio.

3.2 Luoghi di sepoltura

Le inumazioni sono state effettuate in due siti: SperimentArea (SP) e Rovereto (RV) (*Figure 1-3*). Il Museo Civico di Rovereto, ha progettato e realizzato un'Area Test mirata alla sperimentazione denominata SperimentArea, sito collinare a pochi chilometri dal centro storico di Rovereto dove buona parte dei cadaveri è stata seppellita. Il sito si colloca all'interno di un pianoro prativo alternato a copertura arborea, la cui superficie è di circa 3000 m², caratterizzato da un substrato roccioso (calcare micritico Cretacico appartenente alla Formazione del Biancone) dall'andamento irregolare ricoperto da un deposito Quaternario eterogeneo che nella porzione inferiore è di natura glaciale, mentre superiormente è costituito da terreno agricolo ricco in humus (Finotti et al. 2003).



Figura 2. Cartina politica dell'Italia e in evidenza la regione del Trentino-Alto Adige.

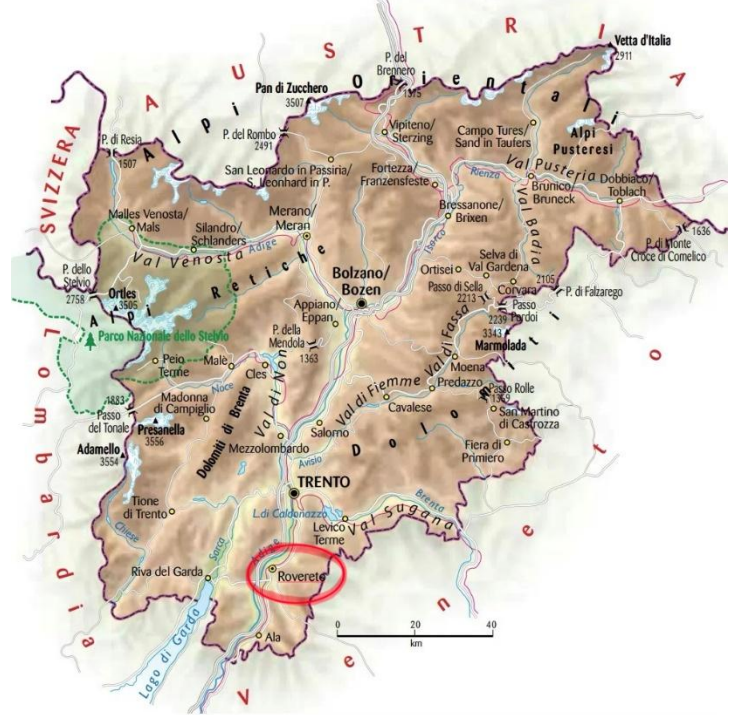


Figura 3. Cartina geo-politica della regione del Trentino-Alto Adige e in evidenza la città di Rovereto.

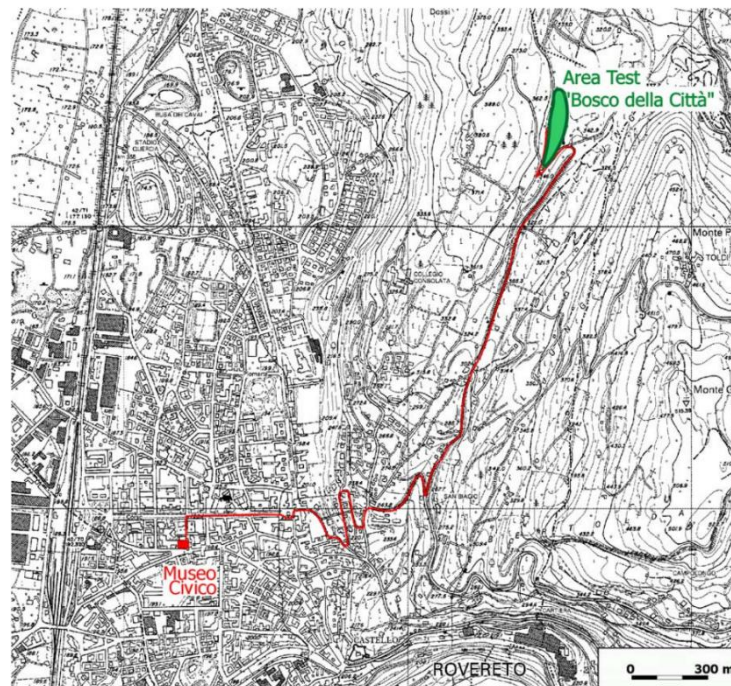


Figura 4. Mappa generale della città di Rovereto, con ubicazione dell'Area Test (Finotti and Zandonai 2003).

L'altra facility è un'area caratterizzata da un terreno di campagna ricco di Humus in prossimità dell'area urbana di Rovereto, nel quale sono stati seppelliti unicamente i due lupi (*Canis lupus*) e la gallina (*Gallus gallus*).

Tabella 1 Elenco, suddiviso per classe, degli animali considerati nello studio disposti secondo l'ordine di pulizia.

Mammalia	Aves
AZ 227 <i>Martes foina</i> (Erxleben,1777)	AZ 229 <i>Gallus gallus</i> (Linnaeus, 1758)
AZ 228 <i>Macaca mulatta</i> (Zimmermann, 1780)	AZ 231 <i>Phoeniconaias minor</i> (E. Geoffroy Saint-Hilaire, 1798)
AZ 230 <i>Vulpes vulpes</i> (Linnaeus, 1758)	AZ 234 <i>Anas wyvilliana</i> (P.L. Sclater, 1878)
AZ 232 <i>Rupicapra rupicapra</i> (Linnaeus 1758)	AZ 237 <i>Bubo bubo</i> (Linnaeus, 1758)
AZ 233 <i>Meles meles</i> (Linnaeus, 1758)	AZ 245 <i>Strix aluco</i> (Linnaeus, 1758)
AZ 235 <i>Capra hircus</i> (Linnaeus, 1758)	AZ 247 <i>Buteo buteo</i> (Linnaeus, 1758)
AZ 236 <i>Lepus europaeus</i> (Pallas, 1778)	AZ 248 <i>Podiceps cristatus</i> (Linnaeus, 1758)
AZ 238 <i>Canis lupus</i> (Linnaeus, 1758)	AZ 226 <i>Strix aluco</i> (Linnaeus, 1758)
AZ 239 <i>Canis lupus</i> (Linnaeus, 1758)	
AZ 240 <i>Meles meles</i> (Linnaeus, 1758)	
AZ 241 <i>Lepus europaeus</i> (Pallas, 1778)	
AZ 242 <i>Martes foina</i> (Erxleben,1777)	
AZ 243 <i>Vulpes vulpes</i> (Linnaeus, 1758)	
AZ 244 <i>Martes foina</i> (Erxleben,1777)	
AZ 246 <i>Sciurus vulgaris</i> (Linnaeus, 1758)	

3.3 Modalità di sepoltura e di esumazione

Gli animali sono stati seppelliti avvolti in un “tessuto non tessuto”, disposto in doppio strato, talvolta avvolgendo il corpo anche per più volte. La chiusura è stata realizzata “a caramella”: con l’utilizzo di spaghi sono state chiuse le estremità e in alcuni casi è stato effettuato un ulteriore giro di spago nella posizione centrale per migliorare la chiusura.

Al tessuto è stato inoltre fissato un cartellino identificativo riportante tutte le informazioni principali relative al cadavere, quali data di seppellimento, luogo del ritrovamento e numero dell’inventario.

L’impacchettamento così fatto è stato necessario per evitare la dispersione delle ossa e soprattutto per limitare le interazioni da parte di mammiferi e non compromettere la colonizzazione entomologica. Per impedire il disseppellimento da parte degli animali selvatici, sopra alle carcasse, si è stesa anche una rete metallica di protezione che è stata interrata.

Prima della sepoltura sono state effettuate documentazioni fotografiche sia dell’animale, anche prima del confezionamento, sia successivamente del sito e della posizione del campione al momento dell’inumazione (*Figura 4-6*).

Il disseppellimento è stato effettuato con l’utilizzo di un piccone, una pala e una cazzuola, togliendo a strati il terreno, in modo da non danneggiare le ossa sottostanti (*Figura 7*).



Figura 4. Documentazione fotografica di Faina (Martes foina), AZ 227, prima del seppellimento.



Figura 5. Documentazione fotografica di Germano delle Hawaii (Anas wyvilliana) AZ 234, prima del seppellimento.



Figura 6. Documentazione fotografica relativa all'impacchettamento e alla posizione di sepoltura dei due esemplari di lupo (Canis lupus) AZ 238 e AZ 239.



Figura 7. Disseppellimento dei due esemplari di lupo (Canis lupus) AZ 238 e AZ 239.

Le deposizioni nelle fosse sono state effettuate in momenti diversi, con particolare attenzione al fattore stagionale. La *Tabella 2* riporta, per ciascun esemplare, le date di seppellimento e di disseppellimento.

Tabella 2. Elenco degli esemplari oggetto di esame con le relative date di seppellimento e riesumazione, disposto in base all'ordine di pulizia delle ossa (le figure elencate in tabella sono riportate nelle appendici alla tesi).

	Campione		Data di sepoltura	Data di riesumazione
1	Faina (<i>Martes foina</i>)	Figg. A1-A5	12/10/2018	18/10/2023
2	Macaco Reso (<i>Macaca mulatta</i>)	Figg. B1-B5	22/05/2017	25/11/2022
3	Gallina (<i>Gallus gallus</i>)	Figg. C1-C2	9/04/2018	17/04/2024
4	Volpe (<i>Vulpes vulpes</i>)	Figg. D1-D3	15/06/2017	25/11/2022
5	Fenicottero minore (<i>Phoeniconaias minor</i>)	Figg. E1-E3	12/10/2018	18/10/2023
6	Camoscio (<i>Rupicapra rupicapra</i>)	Figg. F1-F4	27/03/2009	11/2011
7	Tasso (<i>meles meles</i>)	Figg. G1-G3	15/06/2017	25/11/2022
8	Germano delle Hawaii (<i>Anas wyvilliana</i>)	Figg. H1-H2	12/10/2018	18/10/2023
9	Capra (<i>Capra hircus</i>)	Figg. I1-I3	27/03/2009	11/2011
10	Lepre (<i>Lepus europaeus</i>)	Figg. J1-J2	22/11/2017	18/10/2023
11	Gufo reale (<i>Bubo bubo</i>)	Figg. K1-K3	12/10/2018	18/10/2023
12	Lupo (<i>Canis lupus</i>)	Figg. L1-L4	10/03/2022	16/05/2025
13	Lupo (<i>Canis lupus</i>)	Figg. M1-M4	10/03/2022	16/05/2025
14	Tasso (<i>meles meles</i>)	Figg. N1-N3	27/03/2009	11/2011
15	Lepre (<i>Lepus europaeus</i>)		27/03/2009	11/2011
16	Faina (<i>Martes foina</i>)	Figg. O1-O2	22/11/2017	18/10/2023
17	Volpe (<i>Vulpes vulpes</i>)	Figg. P1-P3	27/03/2009	11/2011
18	Faina (<i>Martes foina</i>)	Figg. Q1-Q2	27/03/2009	11/2011
19	Allocco (<i>Strix aluco</i>)	Figg. R1-R2	21/11/2008	11/2011
20	Scoiattolo (<i>Sciurus vulgaris</i>)	Figg. S1-S2	21/11/2008	11/2011
21	Poiana (<i>Buteo buteo</i>)	Figg. T1-T2	21/11/2008	11/2011
22	Svasso (<i>Podiceps cristatus</i>)	Figg. U1-U2	12/10/2018	18/10/2023
23	Allocco (<i>Strix aluco</i>)		21/11/2008	11/2011

3.4 Trattamento dei campioni osteologici

Un aspetto di particolare rilievo è rappresentato dalla collaborazione tra il la Fondazione Museo Civico di Rovereto e il laboratorio FLEA dell'università di Genova. Si può parlare, a tal proposito, di ricerca circolare, che ha permesso di integrare in un unico progetto l'archeozoologia e l'entomologia forense.

La circolarità della ricerca si esplicita nel reciproco arricchimento delle due istituzioni coinvolte. Infatti, da una parte il Museo ha beneficiato della pulizia e del recupero degli elementi ossei dei campioni, contribuendo così all'arricchimento della collezione osteologica di confronto, strumento fondamentale per l'analisi comparativa di resti provenienti da contesti di scavo archeologico.

D'altra parte, le operazioni di disseppellimento hanno reso possibile il prelievo di insetti sia direttamente dalle ossa sia mediante la successiva setacciatura dei terreni, fornendo materiale utile agli studi entomologici connessi al progetto.

La pulizia degli elementi ossei è stata effettuata dalla scrivente presso la sede del laboratorio di Archeozoologia e Dendrocronologia della Fondazione Museo Civico di Rovereto, nel periodo compreso tra il 28 aprile al 30 maggio 2025.

Il procedimento prevedeva, in primo luogo, la consultazione delle informazioni relative al cadavere in esame, al fine di inserirle il file Excel contenente i dati anagrafici e peculiari del campione e di tutti gli individui presenti nella collezione di confronto. Inoltre, veniva consultato l'inventario di ingresso nel freezer dato al momento della donazione dal Museo, prestando attenzione a eventuali annotazioni.

Successivamente si procedeva alla documentazione fotografica della parte esterna del tessuto non tessuto contenente il campione, facendo attenzione a includere nelle foto il cartellino identificativo associato. Prima dell'apertura dell'involucro è stata verificata l'eventuale presenza di elementi entomologici (ad esempio i pupari) sulla superficie esterna; se presenti, questi venivano fotografati per documentarne la posizione e l'abbondanza.

Una volta aperto il tessuto, è stata effettuata un'ulteriore documentazione fotografica volta a registrare lo stato di conservazione del campione e a valutare preliminarmente il grado di completezza dello scheletro. In ogni fotografia sono stati inseriti il cartellino identificativo e una scala metrica, al fine di garantire un riferimento dimensionale. Gli eventuali elementi entomologici rinvenuti sono stati prima fotografati in situ e solo successivamente prelevati e conservati in provette etichettate per le analisi future (*Figure 8-10*).



Figura 8. Repertamento di elementi entomologici durante l'apertura del tessuto non tessuto di camoscio (*Rupicapra rupicapra*), AZ 232.



Figura 9. Documentazione fotografica al momento dell'apertura del tessuto non tessuto di fenicottero minore (*Phoeniconaias minor*), AZ 231.



Figura 10. Pulizia a secco delle ossa di scoiattolo (*Sciurus vulgaris*), AZ 246.



Figura 11. Pulizia delle ossa sotto acqua corrente con l'utilizzo di uno spazzolino a setole morbide.



Figura 12. Pulizia delle ossa con soluzione di perossido di idrogeno.

Le ossa invece sono state inizialmente pulite grossolanamente con l'aiuto di un pennello a secco per rimuovere buona parte del sedimento terroso. Si è proceduto quindi al lavaggio in acqua fredda con l'ausilio di uno spazzolino a setole morbide, evitando di esercitare un'eccessiva pressione per

prevenire fratture o lesioni degli elementi ossei (*Figura 11*). L'intera operazione è stata effettuata sopra un setaccio, così da trattenere eventuali frammenti ossei di piccole dimensioni.

Per la rimozione delle componenti organiche maggiormente aderenti, sterilizzarle, sbiancarle e renderle “leggibili” si è ricorso infine a una procedura più invasiva immergendole in una soluzione di perossido di idrogeno a 130 vol. (H₂O₂) e acqua in rapporto 2:1 (acqua:perossido). Gli elementi ossei sono rimasti in soluzione, per ventiquattro-trentasei ore, fino alla rimozione del sedimento residuo, monitorando attentamente il processo per evitare alterazioni del tessuto osseo dovute ad un eccessivo sbiancamento (*Figura 12*). Il materiale di piccole dimensioni ha richiesto una procedura differente: esso non è stato sottoposto al primo lavaggio in acqua, ma immerso direttamente nella soluzione di perossido di idrogeno.

Una volta sbiancate, le ossa sono state lavate in acqua corrente e poste su fogli di giornale per l'asciugatura (*Figura 13*). Gli elementi ossei, una volta asciutti, sono stati organizzati e inseriti negli appositi contenitori della collezione osteologica di confronto, opportunamente etichettati.



Figura 13. Documentazione fotografica delle ossa di lupo (Canis lupus), AZ 238, lasciate ad asciugare.

Parallelamente alle operazioni di pulizia, i dati relativi a ciascun campione sono stati inseriti in un database dedicato, comprendente informazioni sulla specie, luogo e data di seppellimento e disseppellimento, donatore ed eventuali anomalie riscontrate.

3.5 Raccolta e trattamento dei campioni entomologici

Il tessuto non tessuto e il sedimento terroso in esso contenuto sono stati anch'essi conservati in sacchi separati per la successiva indagine, finalizzata alla ricerca degli elementi entomologici di piccole dimensioni, mediante setacciatura e osservazione allo stereomicroscopio.

Terminata l'esperienza al Museo, nel periodo compreso tra ottobre 2025 e marzo 2026, presso il laboratorio FLEA (Forensic Lab for Entomology and Archaeology) dell'Università di Genova, si è proceduto all'analisi dei campioni. I sacchi contenenti il tessuto non tessuto sono stati aperti, il sedimento trasferito in una bacinella e, mediante un pennello, si sono repertati eventuali elementi adesi alla superficie del tessuto.

Il sedimento è stato quindi esaminato allo stereomicroscopio per la ricerca di insetti (pupari o adulti, interi o frammentari).

Il livello di identificazione tassonomica (specie, famiglia o ordine) è dipeso dallo stato di conservazione del materiale. Tutto ciò che è stato prelevato è stato suddiviso per morfologia in diverse provette opportunamente etichettate.

Fanno eccezione i lupi, per i quali, data l'abbondanza del materiale, si è proceduto con una metodologia parzialmente differente: innanzitutto si è considerato unicamente un 20% di tutto il materiale repertato sul campo, mantenendo separati il terreno a diretto contatto con il tessuto non tessuto e quello contenuto al suo interno. Il terreno è stato successivamente setacciato progressivamente con maglie di dimensioni sempre minori; il materiale trattenuto nei setacci è stato esaminato allo stereomicroscopio e gli insetti separati in base alla morfologia.

3.6 Identificazione dei campioni entomologici

Nonostante le recenti pubblicazioni di chiavi di identificazione per alcune larve e adulti di mosca, mancano ancora strumenti per l'identificazione del pupario (Vanin et al. 2024).

L'identificazione unicamente morfologica dei pupari è difficile a causa della presenza di poche caratteristiche diagnostiche sulla loro superficie esterna. In tali circostanze, diventa fondamentale confrontare i resti di insetti con esemplari presenti in collezioni private o di musei di storia naturale e collaborare con esperti di tassonomia per identificare con successo una particolare specie. In alternativa, è possibile perseguire un approccio basato sul DNA sebbene, vista la quantità esigua di materiale genetico adesa ai pupari esso dia scarsi risultati (Vanin et al. 2024).

La maggior parte delle caratteristiche distintive dei pupari si trova nella regione posteriore, come gli spiracoli posteriori, e, sul lato ventrale del segmento addominale si guardano la dimensione, la forma e la distribuzione delle spicole. Vale la pena ricordare che gli scleriti orali possono essere analizzati ma, soprattutto in contesti archeologici, spesso non sono più presenti. I pupari, a seconda del contesto e della loro conservazione, sono molto spesso ricoperti da sostanze esterne, come polvere, fluidi decomposti, sporcizia, fibre e detriti di terreno che possono coprire e nascondere i caratteri diagnostici sopra menzionati, rendendo difficile, se non impossibile, una corretta identificazione degli esemplari. In letteratura, le tecniche di pulizia sono classificate in due gruppi principali: metodi basati sulla rimozione meccanica delle particelle di sporco e metodi basati su un sistema di ammollo che utilizza diversi solventi. La selezione del metodo più adatto per un campione specifico è strettamente correlata allo stato di conservazione dell'insetto (quanto è fragile il campione, lo stadio di sviluppo considerato, quanto è vecchio il campione, ecc.) e alla natura chimica e fisica della sostanza che si ritiene lo ricopra. In linea di principio, per essere correttamente identificati, i campioni devono preservare tutte le caratteristiche distintive dopo il trattamento di pulizia. Pertanto, evitare qualsiasi danno al campione è una priorità. Inoltre, a causa della sempre più comune applicazione delle tecniche del DNA per l'identificazione delle specie, anche per l'identificazione dei pupari, i processi di pulizia non dovrebbero interferire con l'estraibilità del DNA (Pradelli et al. 2021).

Nel nostro contesto si è deciso di utilizzare la soluzione di idrossido di sodio: i pupari sono stati immersi in una soluzione di idrossido di sodio (NaOH) al 10% per 5-10 minuti. I campioni sono stati quindi lavati delicatamente in acqua corrente e asciugati all'aria. La soluzione è molto efficace su campioni ricoperti da sostanze organiche. Questo metodo è anche comunemente utilizzato per diafanizzare le larve per la microscopia su vetrino (Pradelli et al. 2021).

Nel contesto del presente studio i primi criteri di distinzione utilizzati per l'identificazione dei pupari sono stati la dimensione e la macro-morfologia. Successivamente si è proceduto all'osservazione degli spiracoli posteriori valutandone la posizione, lo spessore, la forma, il grado di completezza del contorno del peritrema e la forma e distanza reciproca dei tubercoli.

L'identificazione dei restanti esemplari è stata eseguita mediante l'utilizzo di chiavi dicotomiche, descrizioni riportate in articoli scientifici e attraverso il confronto con la collezione entomologica del Professor Vanin. È stata poi allestita una scatola entomologica contenente tutti i principali esemplari entomologici ritrovati per ciascun campione.

Infine, gli elementi entomologici sono stati fotografati mediante stereomicroscopio Leica S9i, utilizzando il software LAS EZ v3.4.0, facendo particolare attenzione ai caratteri diagnostici.

3.7 Analisi dei risultati

I dati ottenuti dall'analisi quali-quantitativa dei vari esemplari nelle diverse specie di animali sono stati valutati in relazione a vari fattori, tra cui: la classe e le dimensioni dei campioni, la stagione di sepoltura, la durata e luogo del seppellimento, le caratteristiche intrinseche della specie (es. presenza/assenza di pelliccia) e la presenza naturale dell'animale nella fauna locale. Tutti questi fattori hanno aiutato ad individuare eventuali correlazioni in grado di influenzare la colonizzazione da parte degli insetti necrofagi.

4. RISULTATI

Tabella 3. Elenco dei i campioni esaminati. Vengono riportati: classe, dimensione corporea, anno di sepoltura, anno di riesumazione, durata di sepoltura, luogo e stagione di sepoltura (SP=SperimentArea; RV=Rovereto).

AZ	Campioni	Classe	Dimensioni	Anno di sepoltura	Anno di riesumazione	Durata sepoltura	Luogo di sepoltura	Stagione di sepoltura
227	Faina	Mammalia	Medio	2018	2023	5 anni	SP	Autunno
228	Macaco reso	Mammalia	Grande	2017	2022	5 anni	SP	Primavera
229	Gallina	Aves	Grande	2018	2024	6 anni	RV	Primavera
230	Volpe	Mammalia	Medio	2017	2022	5 anni	SP	Primavera
231	Fenicottero	Aves	Grande	2018	2023	5 anni	SP	Autunno
232	Camoscio (infante)	Mammalia	Medio	2009	2011	2 anni	SP	Primavera
233	Tasso	Mammalia	Medio	2017	2022	5 anni	SP	Primavera
234	Germano delle Hawaii	Aves	Medio	2018	2023	5 anni	SP	Autunno
235	Capra (infante)	Mammalia	Medio	2009	2011	2 anni	SP	Primavera
236	Lepre	Mammalia	Piccolo	2017	2023	6 anni	SP	Autunno
237	Gufo reale	Aves	Grande	2018	2023	5 anni	SP	Autunno
238	Lupo	Mammalia	Medio	2022	2025	3 anni	RV	Primavera
239	Lupo	Mammalia	Medio	2022	2025	3 anni	RV	Primavera
240	Tasso	Mammalia	Medio	2009	2011	2 anni	SP	Primavera
241	Lepre	Mammalia	Piccolo	2009	2011	2 anni	SP	Primavera
242	Faina	Mammalia	Medio	2017	2023	6 anni	SP	Autunno
243	Volpe	Mammalia	Medio	2009	2011	2 anni	SP	Primavera
244	Faina	Mammalia	Medio	2009	2011	2 anni	SP	Primavera
245	Allocco	Aves	Piccolo	2008	2011	3 anni	SP	Autunno
246	Scoiattolo	Mammalia	Piccolo	2008	2011	3 anni	SP	Autunno
247	Poiana	Aves	Medio	2008	2011	3 anni	SP	Autunno
248	Svasso	Aves	Medio	2018	2023	5 anni	SP	Autunno
226	Allocco	Aves	Piccolo	2008	2011	3 anni	SP	Autunno

Lo studio ha preso in considerazione ventitré cadaveri di animali con caratteristiche diverse. La principale distinzione riguarda l'appartenenza tassonomica, mammiferi (Mammalia) ed uccelli (Aves), tuttavia i campioni differiscono anche per dimensioni corporee, anno di sepoltura e riesumazione, luogo e stagione di sepoltura. In *Tabella 3* vengono riportate le informazioni relative ai campioni presi in esame. A partire da tali variabili è possibile analizzare i processi di colonizzazione da parte di artropodi e valutare eventualmente se le diverse condizioni influenzano la struttura della comunità entomologica.

L'intero campione è costituito per un 70% da mammiferi e per il restante 30% da uccelli. Sono state definite tre categorie di dimensioni: piccolo, medio e grande; la maggior parte degli animali sono di medie-grandi dimensioni. I cadaveri, interi, sono stati seppelliti principalmente a SperimentArea (SP), ad esclusione di *Gallus gallus* (AZ 229) e dei due esemplari di *Canis lupus* (AZ 238 e AZ 239) seppelliti in una campagna a Rovereto (RV). La durata di sepoltura è molto varia, si aggira tra i due e i sei anni e le stagioni di sepoltura sono sostanzialmente l'autunno e la primavera. Anche la stagione di sepoltura considerata per i due esemplari di lupo è la primavera, poiché, nonostante siano stati seppelliti in data 10/03/2022, quindi in tardo inverno, le temperature raggiunte in quel periodo erano paragonabili a quelle primaverili (temperatura massima intorno ai 16°C).

Sono stati raccolti elementi entomologici sia nel momento dell'apertura del tessuto non tessuto contenente il cadavere scheletrizzato, che successivamente nel terreno a stretto contatto con il corpo, raccolto durante il disseppellimento, tramite l'utilizzo dello stereomicroscopio. Al termine della raccolta è stata fatta l'identificazione, arrivando alla specie dove possibile. Gli esemplari maggiormente rappresentati sono costituiti da pupari di Diptera. In quantità minore sono stati repertati insetti appartenenti all'ordine dei Coleoptera e Hymenoptera, ma anche altri artropodi appartenenti all'ordine Arachnida.

Le famiglie di Diptera identificate sono dieci. In ordine di abbondanza, considerando tutti i campioni, troviamo: Phoridae, Muscidae, Sphaeroceridae, Scatopsidae, Sciaridae, Fanniidae, Heliomyzidae, Calliphoridae e Sarcophagidae (*Figure 14-18*). È da sottolineare inoltre che è stato trovato un unico esemplare appartenente alla famiglia Syrphidae, genere *Syrpitta* (*Figura 19*) nel tasso AZ 233 (*Meles meles*). I Phoridae sono anche la famiglia la cui presenza è stata riscontrata nel maggior numero di animali esaminati, ad essi seguono Sphaeroceridae, Sciaridae, Muscide e Scatopsidae.



Figura 14: Pupario di Muscina, ritrovato su esemplare di Canis lupus AZ 238. (Scala metrica 1 mm).



Figura 15: Pupario di Hydrotaea ritrovato su esemplare di Canis lupus AZ 239. (Scala metrica 1 mm).



Figura 16: Pupario di Scatopsidae ritrovato su esemplare di Canis lupus AZ 238. (Scala metrica 1 mm).



Figura 17: Pupario di Sphaeroceridae ritrovato su esemplare di Anas wyvilliana AZ 234. (Scala metrica 1 mm).



Figura 18: Pupario di Heleomyzidae ritrovato su esemplare di Vulpes vulpes AZ 243. (Scala metrica 1 mm).



Figura 19: pupario di Syrirta sp. ritrovato su esemplare di Meles meles AZ 233. (Scala metrica 1 mm).

Alcune specie sono state ritrovate in quantità limitate, tra cui Fanniidae, Heleomyzidae ma anche Calliphoridae e Sarcophagidae. A queste due famiglie appartengono le specie che generalmente colonizzano i cadaveri esposti.

Tra i Phoridae (*Figura 20*) sono stati isolati sei morfotipi differenti di pupari, oltre al genere *Dohrniphora*, facilmente distinguibile per forma e lunghezza dei processi caudali allungati.

Al fine di valutare la presenza ed abbondanza i morfotipi sono stati definiti come segue:

- Morfotipo G: pupari di grandi dimensioni (confrontabili con le dimensioni dei pupari *Hydrotaea*) e con tubercoli posteriori poco pronunciati;
- Morfotipo 1: pupari di dimensioni ridotte, con processi abbastanza pronunciati soprattutto nella parte posteriore;
- Morfotipo 2: pupari di dimensioni ridotte con processi accorciati e tutti equidistanti tra loro;
- Morfotipo 3: pupari molto simili ai precedenti ma con tubercoli centrali ravvicinati;
- Morfotipo 4: pupari molto simili ai precedenti ma con i tubercoli appena accennati;
- Morfotipo 5: pupari molto simili ai precedenti ma con i processi centrali con spiracoli posteriori globosi e ravvicinati.



Figura 20. Pupari di Phoridae presenti nello studio. Da sinistra a destra: morfotipo G, Dohrniphora, morfotipo 1, morfotipo 2, morfotipo 3, morfotipo 4, morfotipo 5. (Scala metrica 1mm).

I coleotteri ritrovati appartengono soprattutto alla famiglia degli Staphylinidae (*Figura 20*). In quantità minore, nell'ordine della decina, sono stati isolati anche esemplari ascrivibili alle famiglie dei Latridiidae (*Figura 21*), Cryptophagidae, Histeridae, Carabidae, Elateridae, Ptinidae, Trogidae, Scarabeidae e Buprestidae.

Oltre ai ditteri ed ai coleotteri è stata osservata anche una notevole abbondanza di Hymenoptera, come *Brachymeria* e Formicidae e Arachnida, in particolare Acarina.

Altri elementi ritrovati appartengono invece a taxa legati soprattutto al terreno e non al cadavere quali Isopoda e Myriapoda (Diplopoda).



Figura 20. Esemplare di Staphylinidae ritrovato su Canis lupus AZ 239. (Scala metrica 1 mm).



Figura 21. Esemplare di Latridiidae ritrovato su Meles meles AZ 240. (Scala metrica 1 mm).

4.1 Aves

Taxon		Gallina AZ 229	Fenicottero minore AZ 231	Germano delle Hawaii AZ 234	Gufo reale AZ 237	Allocco AZ 245	Poliana AZ 247	Svasso AZ 248	Allocco AZ 226
Diptera	Calliphoridae							**	
	Muscidae			XX				**	
		Gen. Spp. <i>Muscina</i>						**	
		Gen. Spp.				XXX	XXX	**	
		Ph. sp. G					X	**	
		Ph. sp. 1	XX					**	
		Ph. sp. 2	XXX				XXX	**	XX
		Ph. sp. 3					XXX	**	XX
		Ph. sp. 4						**	
		Sarcophagidae						**	
	Sciariidae	X				XX	**	XX	
	Sphaeroceridae			XX			**		
	Gen. Sp.	XX					**		
	X	X					**		
	X						**		
	Carabidae							**	
	Bembidion							**	
	Cryptophagidae					XX		**	
	Curculionidae							**	
	Dermestidae							**	
	Anthrenus							**	
	Elaeteridae	XXX						**	
	Latriidae						XX	**	
	Ptinidae	X						**	
	Ptinidae						XX	**	
	Lasioderma serricone							**	
	Staphylinidae	XXX						**	
	Armadillididae							**	
	Porcellionidae		X					**	
	Porcellio	XXX			XX			**	
	Acarina	XX				X		**	
	Araneae	XX						**	
	Forficule	XX						**	
	Formicidae	XX	XX	XX	XX		X	**	
	Tineidae			XX				**	

Tabella 4. Abbondanza e varietà di taxa rinvenuti nei campioni appartenenti alla classe Aves. Numero di esemplari: X = 1 esemplare; XX = 2–10 esemplari; XXX = 11–100 esemplari; XXXX = >100 esemplari.

Otto dei cadaveri considerati nello studio appartengono alla classe degli Aves (Tabella 4).

Nel complesso non sono stati osservati molti elementi entomologici ad eccezione del cadavere di svasso (*Podiceps cristatus*) AZ 248 che ha mostrato una grande abbondanza di resti di insetti.

Per quanto concerne i Diptera le principali famiglie riscontrate sono Phoridae, Sciaridae e Sphaeroceridae. Sono stati trovati principalmente pupari di Phoridae e Sphaeroceridae e soprattutto adulti di Sciaridae. Oltre ad essere le famiglie più abbondanti sono anche le più frequenti. I Phoridae sono i più ritrovati sia in termini di abbondanza che di frequenza nelle diverse specie: si trovano su quasi tutti i cadaveri ad eccezione del *Phoeniconaias minor* (AZ 231, fenicottero), *Bubo bubo* (AZ 237, gufo reale) e *Podiceps cristatus* (AZ 248, svasso). Gli Sciaridae si ritrovano su *Gallus gallus*, AZ 229, e sui due esemplari di *Strix aluco*, AZ 245 e AZ 226. Gli Sphaeroceridae unicamente su *Gallus gallus* e *Anas wyvilliana* (AZ 234, germano delle Hawaii).

Nei cadaveri di Uccelli non sono stati repertati Phoridae appartenenti al morfotipo 4, 5 e al genere *Dohrniphora*.

I Coleoptera ritrovati sono limitati, sia in termini di variabilità che di abbondanza e sono stati riscontrati solo in tre dei campioni. Nell'ordine della decina in *Strix aluco* (AZ 245) e *Buteo buteo* (AZ 247, poiana), fa eccezione *Gallus gallus*, che invece conteneva tanti Staphylinidae ed Elateridae, oltre che un esemplare di Carabidae ed uno di Ptinidae.

Tra i resti entomologici quelli appartenenti a Hymenoptera e Acarina risultano essere i più frequentemente repertati.

I due esemplari di allocco (*Strix aluco*) sono stati seppelliti e disseppelliti nello stesso mese sebbene in anni diversi (novembre 2008-novembre 2011) e nel medesimo luogo (SperimentArea); su entrambi sono stati trovati Phoridae e Sciaridae. L'entomofauna repertata nei due esemplari differisce solo per la presenza solo in uno dei due (AZ 245) di Coleoptera appartenenti alla famiglia dei Cryptopghagidae.

4.1.1 Relazione tra entomofauna e dimensioni

Sono stati considerati nella categoria "Grande" *Gallus gallus*, *Phoeniconaias minor* e *Bubo bubo*, nella categoria "Medio" *Anas wyvilliana*, *Buteo buteo* e *Podiceps cristatus* e nella categoria "Piccolo" i due esemplari di *Strix aluco*.

Le dimensioni non sembrano influire sulla colonizzazione da parte di artropodi: non c'è una variazione nella quantità di elementi ritrovati in relazione alla dimensione e nemmeno una differenza nella tipologia di taxa, tanto che, all'interno della stessa categoria di dimensione, ci sono differenze:

Buteo buteo presenta più varietà e quantità di resti entomologici rispetto *Anas wyvilliana*, e in *Podiceps cristatus* non sono stati trovati esemplari. I due esemplari di *Strix aluco* presentano Phoridae nello stesso ordine di grandezza di *Gallus gallus* e *Buteo buteo* nonostante le dimensioni differenti. *Phoeniconaias minor* e *Bubo bubo* non presentano né ditteri e neppure coleotteri ma solamente Hymenoptera e Arachnida.

4.1.2 Relazione tra entomofauna e durata di seppellimento

Tabella 5. Data di seppellimento e riesumazione e durata di sepoltura per i campioni appartenenti alla classe Aves.

Taxon	Data di seppellimento	Data di riesumazione	Anni di sepoltura
Gallina AZ 229	9/04/2018	17/04/2024	6 anni
Fenicottero AZ 231	12/10/2018	18/10/2023	5 anni
Germano delle Hawaii AZ 234	12/10/2018	18/10/2023	5 anni
Gufo reale AZ 237	12/10/2018	18/10/2023	5 anni
Allocco AZ 245	21/11/2008	11/2011	3 anni
Poiana AZ 247	21/11/2008	11/2011	3 anni
Svasso AZ 248	12/10/2018	18/10/2023	5 anni
Allocco AZ 226	21/11/2008	11/2011	3 anni

Osservando le tabelle 4 e 5, sembra esserci un nesso tra l'entomofauna e la durata del seppellimento. Se si confrontano i campioni seppelliti per tre e cinque anni si può notare che l'abbondanza dei resti entomologici è minore nei campioni seppelliti per un tempo più prolungato. In particolare, tutti i campioni seppelliti per tre anni mostrano Phoridae e Sciaridae e alcuni Coleoptera, mentre i campioni seppelliti per cinque anni non presentano né Diptera né Coleoptera ad eccezione unicamente del Germano delle Hawaii, che presenta alcuni Phoridae e Sphaeroceridae ma comunque, in quantità nettamente inferiore.

Il ritrovamento di Arachnida e Hymenoptera presenta invece un andamento opposto essendo maggiormente presenti nei campioni seppelliti più a lungo.

4.1.3 Relazione tra entomofauna e luogo di sepoltura

Le due aree in cui sono stati seppelliti i campioni sono: SperimentArea e la campagna di Rovereto. Le due zone si differenziano soprattutto per la tipologia di terreno: SperimentArea si trova nei pressi del monte Ghello, lontano dalla città ed è caratterizzata da terreno prevalentemente roccioso, con un bosco che la circonda mentre l'altra facility è limitrofa alla città e alle campagne coltivate e ricca di humus.

Gallus gallus è l'unico esemplare ad essere stato seppellito nella campagna di Rovereto, diversamente dal resto dei campioni, che si trovavano a SperimentArea. Si può notare una effettiva differenza in termini di abbondanza e varietà di taxa tra *G. gallus* rispetto a tutti gli altri animali. Tuttavia, non si possono trarre conclusioni se non supportate da ulteriori dati in quanto tale ipotesi si basa su un unico campione.

4.1.4 Relazione tra entomofauna e stagione di sepoltura

Tutti i campioni sono stati seppelliti in autunno, eccetto *G. gallus*, sotterrato in primavera. *Gallus gallus* è decisamente più ricco di resti entomologici, sia in termini di abbondanza che di variabilità di taxa. Per quanto riguarda i ditteri non si osserva una grande disuguaglianza, infatti, i Phoridae sono stati ritrovati in notevoli quantità anche negli esemplari di *Strix aluco*, in *Buteo buteo*, *Anas wyvilliana* come in *Gallus gallus*. Si può notare invece che in *Gallus gallus* sono stati ritrovati molti coleotteri: Elateridae, Staphylinidae, Ptininae e Carabidae. Inoltre, dal confronto non emerge differenza nella colonizzazione da parte di Arachnida e Hymenoptera.

4.2 Mammalia

Tabella 6. *Abbondanza e varietà di taxa rinvenuti nei campioni appartenenti alla classe Mammalia. Numero di esemplari: X = 1 esemplare; XX = 2-10 esemplari; XXX = 11-100 esemplari; XXXX = > 100 esemplari.*

Taxon	Gen. sp.	Faina AZ 227	Miacro reso AZ 228	Volpe AZ 230	Camoscio AZ 232	Tasso AZ 233	Capra AZ 235	Lepre AZ 236	Lupo AZ 238	Lupo AZ 239	Tasso AZ 240	Lepre AZ 241	Faina AZ 242	Volpe AZ 243	Faina AZ 244	Scoiattolo AZ 246	
Diptera	Calliphoridae				XXX				XXXX	XXXX	XX						
	Fanniidae								XXXX	XXXX	XX			XXXX			
	Heleomyzidae	<i>Hydrotaea</i> sp.	X				XX		XXXX	XXXX	XXX			XXXX			
	Muscidae	<i>Musca</i> sp.	XXXX		XX		X			XXXX	XXXX	XXX			XXXX		
		<i>Ph. sp. 1</i>	XXXX			XXXX	XXXX	XXXX		XXXX	XXXX	XX			XXXX		XX
		<i>Ph. sp. 2</i>	XXXX		X	XXXX	XXXX	XXXX		XXXX	XXXX	XX			XXXX		XX
		<i>Ph. sp. 3</i>	XXXX			XXXX	XXXX	XXXX	X	XXXX	XXXX	X			XXXX		X
	Sarcophagidae	<i>Ph. sp. 4</i>				XX	XX	XXXX		XXXX	XXXX	X			XXXX		XX
		<i>Ph. sp. 5</i> sp.						XX		XXXX	XXXX	XX			XXXX		XX
		<i>Sarcophaga</i> sp.								XXXX	XXXX	XX			XXXX		XX
		Scatopsidae					XX	XX		XXXX	XXXX	XXXX			XXXX		XX
		Sciariidae			XX	XX	XXXX	XXXX	XX	XXXX	XXXX	XXXX			XXXX		XX
		Spaeroceridae								XXXX	XXXX	XXXX			XXXX		XX
		Syrphidae															
		Anobidae															
Aglyptidae																	
Chrysomelidae																	
Coleoptera	Cleridae																
	Cryptophagidae																
	Cerambycidae																
	Curculionidae																
	Dermaptera																
	Dermeestidae																
	Elateridae																
	Histeridae																
	Gnathobius																
	Sagrinus																
	Latrididae																
	Plinidae																
	Plinidae																
	Lasioerma serricornis																
	Aglytus brunneus																
Staphylinidae																	
Tenebrionidae																	
Trogidae	<i>Trox</i> sp.																
Trogidae	<i>Trox scaber</i>																
Diplopoda																	
Chilopoda																	
Isopoda	Forcellionidae																
	Armadillidae																
	Forcellio sp.																
	<i>Armadillidium vulgare</i>																
	Acarina																
	Gen. spp.	XX	XXX	XXX	XXXX	XXXX	XXXX										
	Gen. spp.	X			XX	XX	XX										
	Pseudoscorpionida																
	Collembola																
	Hymenoptera	Formicidae															
Formica sp.																	
Chalcididae																	
<i>Alisa</i> sp.																	
Siphonoptera	Formicidae																
	Gen. spp.	XX	XXXX	XX	XXX	XX	XX	XX	XX	XX	XXXX	X	XX	XX	XX	XX	
	XX																
Ala - farfalla			X														

Quindici dei cadaveri considerati nello studio appartengono alla classe dei mammiferi.

I Diptera, come nel caso degli uccelli, è l'ordine più rappresentato. Le famiglie maggiormente repertate sono Phoridae, Muscidae, Sphaeroceridae, Scatopsidae e Sciaridae. Calliphoridae e Sarcophagidae sono stati repertati in numero modesto e solo in *Meles meles* AZ 240 è stato trovato un esemplare di *Syrirta* (Syrphidae).

Dohrniphora e tutti i morfotipi di Phoridae sono ampiamente presenti tra i resti dei mammiferi. *Muscina* e *Hydrotaea* sono i due generi di Muscidae riscontrati tra gli animali analizzati.

C'è un'ampia varietà di Coleotteri a livello di tutti i campioni, con Staphylinidae e Histeridae dominanti sulle altre famiglie.

In tre campioni sono stati trovati esemplari appartenenti all'ordine Siphonaptera: in due esemplari di *Martes foina* AZ 227 e AZ 242 e nell'esemplare di *Meles meles* AZ 233. Inoltre, di notevole rilevanza, è l'abbondante presenza in quasi tutti i campioni di Hymenoptera e Acarina.

4.2.1 Relazione tra entomofauna e dimensioni

Sono stati considerati nella categoria "Grande" *Macaca mulatta* e i due esemplari di *Canis lupus*, nella categoria "Medio" tre esemplari di *Martes foina*, due esemplari di *Vulpes vulpes* e *Meles meles*, *Rupicapra rupicapra*, *Capra hircus* e nella categoria "Piccolo" i due esemplari di *Lepus europaeus* e *Sciurus vulgaris*.

È difficile riuscire a capire se esiste una relazione tra colonizzazione e dimensioni dell'animale, poiché per certi aspetti potrebbe sembrare che i campioni di piccole dimensioni abbiano meno resti entomologici, rispetto alle altre due categorie. Nei due esemplari di *Lepus europaeus* e *Sciurus vulgaris* sono stati trovati pochi o nessun Coleottero. Tuttavia, se si considerano unicamente i ditteri, non sembra esserci questa differenza: quasi tutti i campioni, indipendentemente dalle dimensioni, presentano resti entomologici appartenenti a questa classe.

4.2.2 Relazione tra entomofauna e durata di seppellimento

Tabella 7. Data di seppellimento e riesumazione e durata di sepoltura per i campioni appartenenti alla classe Aves.

Taxon	Data di seppellimento	Data di riesumazione	Anni di sepoltura
Faina AZ 227	12/10/2018	18/10/2023	5 anni
Macaco AZ 228	22/05/2017	25/11/2022	5 anni
Volpe AZ 230	15/06/2017	25/11/2022	5 anni
Camoscio AZ 232	27/03/2009	11/2011	2 anni
Tasso AZ 233	15/06/2017	25/11/2022	5 anni
Capra AZ 235	27/03/2009	11/2011	2 anni
Lepre AZ 236	22/11/2017	18/10/2023	6 anni
Lupo AZ 238	10/03/2022	16/05/2025	3 anni
Lupo AZ 239	10/03/2022	16/05/2025	3 anni
Tasso AZ 240	27/03/2009	11/2011	2 anni
Lepre AZ 241	27/03/2009	11/2011	2 anni
Faina AZ 242	22/11/2017	18/10/2023	6 anni
Volpe AZ 243	27/03/2009	11/2011	2 anni
Faina AZ 244	27/03/2009	11/2011	2 anni
Scoiattolo AZ 245	21/11/2008	11/2011	3 anni

Quello che si evidenzia è una maggior presenza di ditteri nei campioni con un tempo più breve di seppellimento, mentre questa distinzione è meno evidente per i coleotteri. In particolare, i morfotipi G e 5 dei Phoridae non sono stati ritrovati in nessun campione seppellito per un tempo superiore ai 3 anni. Anche Calliphoridae e Fanniidae non sono presenti in campioni seppelliti a lungo, però non sono numerosi nemmeno nei campioni seppelliti al di sotto dei tre anni.

I coleotteri identificati sono molto variabili tra i diversi campioni però gli Staphylinidae risultano essere presenti indipendentemente dal tempo di sepoltura.

Non è rilevabile una differenza di abbondanza per quanto riguarda gli Arachnida e Hymenoptera.

4.2.3 Relazione tra entomofauna e luogo di sepoltura

Solo i due esemplari di *Canis lupus* sono stati seppelliti nella campagna di Rovereto, quindi in una zona con più vegetazione e adiacente a coltivazioni. Il luogo di seppellimento non sembra avere un legame con la colonizzazione poiché la quantità di campioni ritrovati nei due esemplari di lupo è paragonabile con quella di esemplari seppelliti a SperimentArea.

4.2.4 Relazione tra entomofauna e stagione di sepoltura

La colonizzazione nei campioni seppelliti in primavera è per tutti i taxa nettamente superiore a quella dei campioni sepolti in autunno. Tuttavia, anche per i campioni autunnali sono presenti alcuni resti entomologici. Tra gli animali seppelliti in autunno unicamente lo scoiattolo AZ 246 presenta una colonizzazione di ditteri rilevante, seppur minore rispetto ai campioni di primavera e la faina AZ 242. Inoltre, nei campioni seppelliti in autunno sono presenti, seppur in numero ridotto, esemplari di Sphaeroceridae, ritrovati, ma quantità maggiori anche in campioni seppelliti in primavera.

4.3 Contenuto stomacale

Durante l'analisi del terreno a diretto contatto con i cadaveri, finalizzata alla ricerca di elementi entomologici, è stato particolarmente interessante il rinvenimento di parti di insetti sminuzzati ma tra loro amalgamati. Oltre a questi frammenti sono stati individuati anche semi e resti ossei di piccoli mammiferi. Questo materiale organico rinvenuto è stato interpretato come residuo di contenuto stomacale, che si è conservato per diversi anni. L'analisi di questi resti può risultare utile per fare una valutazione della dieta dell'animale e del suo ultimo pasto.

Il ritrovamento non è da considerarsi casuale, poiché tre dei campioni analizzati nello studio, appartenenti sia alla classe dei mammiferi che degli uccelli, presentano questo materiale.

Tabella 8. Riportati i taxa degli artropodi ritrovati all'interno del contenuto gastrico di Volpe AZ 240, Tasso AZ 240 e Svasso AZ 248.

Campioni	Famiglie
Volpe AZ 230	Formicidae, Carabidae (generi <i>Abax</i> e <i>Carabus</i>)
Tasso AZ 240	Carabidae (generi <i>Carabus</i> e <i>Abax</i>)
Svasso AZ 248	Curculionidae, Scarabaeidae (<i>Aphodius</i>), Carabidae e Chrysomelidae

La presenza di ossa di micromammiferi, semi ed elitre-zampe e toraci di coleotteri è indice di una dieta mista. In particolare, ciò che è stato identificato nella Volpe AZ 230 è segnale di una alimentazione legata ad ambienti limitrofi a corsi d'acqua.

Altrettanto interessante è la presenza di due ossa bovine ritrovate durante il lavaggio delle ossa di *Canis lupus* AZ 239. La differenza nelle dimensioni delle ossa era evidente e, grazie al confronto con la collezione osteologica del Museo Civico di Rovereto, è stato possibile identificarle come ossa di bovino. È quindi molto probabile che si tratti dei resti di una preda consumata dal lupo.



Figura 22. Dettaglio di contenuto stomacale di *Vulpes vulpes* AZ 240.

5. DISCUSSIONE

È stata considerata l'associazione tra la colonizzazione di cadaveri sepolti da parte di artropodi e diversi fattori, tra cui la classe sistematica, le dimensioni dei cadaveri, la durata, il luogo e la stagione di seppellimento. I dati raccolti sono stati confrontati con uno studio precedente, condotto anch'esso in collaborazione con la Fondazione Museo Civico di Rovereto, che adottava lo stesso approccio metodologico. Erano stati considerati campioni appartenenti alla classe Mammalia e Aves con alcune differenze nelle specie analizzate rispetto al presente lavoro (Artini, 2023).

Considerando il campione nella sua totalità si può affermare che le famiglie di ditteri maggiormente rappresentate sono i Phoridae, Muscidae, Scatopsidae, Sphaeroceridae e Sciaridae. Sono stati identificati tra i Phoridae il genere *Dohrniphora* e cinque morfotipi diversi e per i Muscidae sono stati identificati due generi: *Muscina* e *Hydrotaea*. Ciò che è evidente, supportato anche dal precedente lavoro, è che Calliphoridae e Sarcophagidae sono presenti in quantità decisamente limitate.

I Phoridae sono in grado di colonizzare spazi chiusi e luoghi di sepoltura sotterranei a cui altri insetti non possono accedere (Guo et al. 2026). Sia gli adulti che le larve prediligono ambienti umidi e colonizzano substrati organici in decomposizione, tra cui cadaveri, sterco, materiale vegetale nonché alveari e formicai. I Phoridae possono arrivare ai cadaveri sepolti, a notevoli profondità, nelle fasi iniziali di decomposizione e possono sviluppare grandi popolazioni (Guo et al. 2026). La stima del minPMI di cadaveri in luoghi chiusi o sepolti è più accurata sfruttando i Phoridae rispetto ai Calliphoridae (Feng and Liu 2013; Reibe and Madea, 2010).

Molte specie di Muscidae sono sinantropiche e questo le rende molto interessanti dal punto di vista forense (Grzywacz et al. 2014). Il genere *Hydrotaea* è diffuso a livello mondiale, per i traffici commerciali, ma è originario delle regioni più calde. Comprende circa centocinquanta specie descritte e alcune sono state rinvenute in associazione con materia organica in decomposizione; infatti, sono state segnalate sia su cadaveri umani che animali. Le larve si sviluppano spesso in associazione con altri ditteri, come Calliphoridae, Sarcophagidae e altre specie di Muscidae. Queste specie vengono frequentemente raccolte su cadaveri esposti quando il corpo produce il forte odore di ammoniaca, ma anche nella fase iniziale della decomposizione. Tuttavia, *Hydrotaea* è capace di colonizzare resti sepolti, nei quali può svilupparsi in grandi quantità (Giordani et al. 2019). Il genere *Muscina* è rilevante nel caso di corpi sepolti perché le mosche adulte depongono le uova sul terreno che ricopre i resti e dopo la schiusa le larve possono penetrare e raggiungere il corpo. Tuttavia, il genere *Muscina*,

come indicatore forense, è limitato in quanto si hanno poche conoscenze sull'attività e sulla capacità di colonizzazione dei resti (Gunn, 2016).

I ditteri appartenenti al genere *Heleomyzidae* sono generalmente attratti da materiale in decomposizione, e in alcuni casi da cadaveri. Prediligono ambienti umidi, freschi o sotterranei (Carta et al. 2025). Alcuni studi testimoniano la capacità delle larve di *Heleomyzidae* di individuare e colonizzare, come risorsa trofica, cadaveri interrati, anche a profondità elevate (Magni et al., 2013). Sempre per quanto concerne i Diptera è interessante il ritrovamento in *Meles meles* AZ 233 di un esemplare del genere *Syritta*. Magni e collaboratori (2013) hanno riportato nel loro articolo la presenza di *Syritta pipiens* in due casi forensi molto diversi, localizzati geograficamente lontano. Questa specie è diffusa in tutta Europa e le larve sono state ritrovate anche in vari tipi di materia organica, di origine animale o vegetale, anche in decomposizione. Gli habitat preferiti da queste specie comprendono zone umide, margini di torbiere e aree prossime a corsi di acqua dolce, quali laghi, stagni, canali e fiumi. Gli adulti sono comuni anche in ambienti antropizzati, tra cui terreni agricoli, giardini e parchi urbani. Il periodo di volo si estende da febbraio ad ottobre con picchi di attività a maggio e a settembre.

In accordo con la letteratura, i risultati mostrano come la capacità degli insetti di raggiungere cadaveri sepolti, non è una caratteristica condivisa da tutte le specie di insetti necrofagi. La presenza significativa di solo alcuni taxa rappresenta pertanto un aspetto che merita ulteriori approfondimenti, considerando che la maggior parte degli insetti comunemente utilizzati per la stima del PMI non è in grado di colonizzare corpi ricoperti anche da un sottile strato di terreno (Gunn, 2016).

I dati ottenuti nel presente studio risultano inoltre coerenti con quelli riportati nello studio condotto nel 2024, nel quale le famiglie di Phoridae e Sphaeroceridae erano state identificate come taxa maggiormente rappresentati.

Esemplari appartenenti all'ordine dei Coleoptera sono stati ritrovati in numero limitato; le famiglie maggiormente rappresentate sono Staphylinidae, Histeridae e Latridiidae.

Gli Histeridae si nutrono principalmente di uova e larve di altri artropodi che sono a contatto con materiali animali o vegetali in decomposizione, già nelle prime fasi. Molte specie sono state registrate su cadaveri esposti, ma in particolare *Saprinus* sp. è stata raccolta in cadaveri sepolti (Al-Zahrani et al. 2023b). I Latridiidae si ritrovano in una ampia gamma di habitat, tra cui compost, micomiceti maturi, funghi in decomposizione, e in ambienti chiusi, negli impianti di condizionamento o nelle cantine dove prevalgono condizioni di umidità e presenza di muffe.

Altri taxa identificati con molta frequenza sono stati Arachnida e Hymenoptera (soprattutto Formicidae e *Brachymeria* - parassitoide dei pupari). Gli acari possono comparire nei campioni forensi perché spesso vengono trasportati da insetti necrofagi, come coleotteri o mosche, che si

nutrono di cadaveri. Alcune specie possono inoltre rappresentare una componente significativa della fauna associata ai cadaveri, svolgendo un ruolo di predatori delle uova di mosche necrofaghe. Solitamente si osservano durante la fase di scheletrizzazione della decomposizione, mentre nei cadaveri sepolti possono essere presenti durante tutto il processo decompositivo (Magni et al., 2013). Risulta che questi taxa non siano particolarmente influenzati dai fattori sopra citati; infatti, sono presenti nella maggior parte dei campioni.

5.1 Classe (*Aves/Mammalia*)

La classe tassonomica esercita un'influenza significativa sulla colonizzazione da parte degli artropodi. È plausibile che caratteristiche come la presenza di piume, le dimensioni corporee e le differenze nella dieta influiscano sull'arrivo degli artropodi. L'effetto della classe sulla colonizzazione era già risultato evidente nello studio condotto precedentemente. A supporto dell'ipotesi, il test non parametrico PERMANOVA, ha evidenziato differenze significative tra le classi Aves e Mammalia.

5.2 Dimensioni

È difficile stabilire con certezza l'esistenza di un nesso tra l'entomofauna e le dimensioni dei campioni. Nel caso degli uccelli, appare più evidente l'assenza di una relazione: campioni di dimensioni simili mostrano differenze sia in termini di abbondanza sia di diversità dei resti entomologici, e in alcuni casi la quantità di Phoridae nei campioni più piccoli è paragonabile, o addirittura superiore, a quella riscontrata in campioni di dimensioni medie o grandi. La situazione è leggermente diversa per Mammalia: i campioni di piccole dimensioni sembra contengano, nella totalità, un numero inferiore di esemplari; tuttavia, considerando esclusivamente i ditteri, questa tendenza non risulta confermata, in quanto tutti i campioni, indipendentemente dalle dimensioni, presentano numerosi esemplari appartenenti a questa classe. Tali considerazioni risultano coerenti con quanto evidenziato nella precedente analisi.

5.3 Durata di sepoltura

Sia per Mammalia che Aves sembra esserci un legame tra la durata di sepoltura e l'abbondanza di resti entomologici. In particolare, i campioni sepolti più a lungo tendono a contenere un numero inferiore di esemplari. Tale tendenza risulta evidente per i ditteri, sia nei campioni di mammiferi sia

in quelli di uccelli, mentre per i coleotteri la relazione appare meno chiara, per i mammiferi. Infatti, gli Staphylinidae sono presenti indipendentemente dalla durata della sepoltura. Questa considerazione però non risulta in linea con quanto osservato nello studio del 2024, il quale riportava che la durata del tempo di sepoltura non sembrava influenzare la colonizzazione da parte di artropodi. Tuttavia, è importante sottolineare che i dati non erano sufficienti a trarre conclusioni accettabili in quanto sarebbe stato necessario disporre di campioni appartenenti alla stessa specie e con caratteristiche più omogenee per evitare di creare bias di campionamento.

5.4 Luogo di sepoltura

Risulta difficile supportare l'ipotesi di una relazione tra luogo di sepoltura e variabilità entomologica, poiché solo una piccola percentuale di campioni è stata interrata in un terreno differente. In realtà è presente un ulteriore bias, ossia il fatto che tutti e tre i campioni sono stati sepolti, nella campagna di Rovereto, durante la primavera. Sebbene sia evidente l'elevata quantità di resti entomologici associati a *Gallus gallus* e ai due esemplari di *Canis lupus*, queste osservazioni devono essere interpretate con cautela e considerate come spunto di studi futuri.

5.5 Stagione di sepoltura

I dati suggeriscono l'esistenza di un effetto evidente tra stagione di sepoltura e colonizzazione da parte di artropodi. Tale effetto risulta particolarmente marcato nel caso di *Gallus gallus*, che mostra una quantità e una variabilità di taxa nettamente superiori rispetto agli altri campioni appartenenti alla classe Aves. Tuttavia, è importante sottolineare che *Gallus gallus* è anche l'unico esemplare sepolto in un terreno differente; pertanto, sarebbe necessario aumentare il numero di campioni per poter supportare tale ipotesi. Anche per Mammalia emerge una differenza significativa: ciò non implica che i campioni sepolti in autunno siano privi di esemplari, ma l'abbondanza risulta notevolmente ridotta.

5.6 Valutazione complessiva dello studio

L'analisi statistica condotta utilizzando il test PERMANOVA sulla totalità dei campioni (N=23), del precedente e attuale studio, ha evidenziato che le comunità di artropodi differiscono significativamente tra Aves e Mammalia. Sono emerse inoltre differenze significative in relazione alle dimensioni dei campioni: i campioni di piccole dimensioni risultano significativamente diversi

dai campioni medio-grandi, mentre tra campioni medi e grandi non è stata notata alcuna disomogeneità. Un ulteriore risultato riguarda la stagione di sepoltura, con differenze significative tra autunno e primavera, a indicare che la stagione influenza la colonizzazione in modo selettivo, con una ridotta abbondanza di resti entomologici nei campioni sepolti in autunno. Infine, gli effetti dei singoli fattori risultano indipendenti, ossia l'influenza della stagione non dipende dalla classe tassonomica né dalle dimensioni dei campioni. La *Figura 22* relativa all'analisi della PCA mette in evidenza chiaramente l'effetto della stagione di seppellimento.

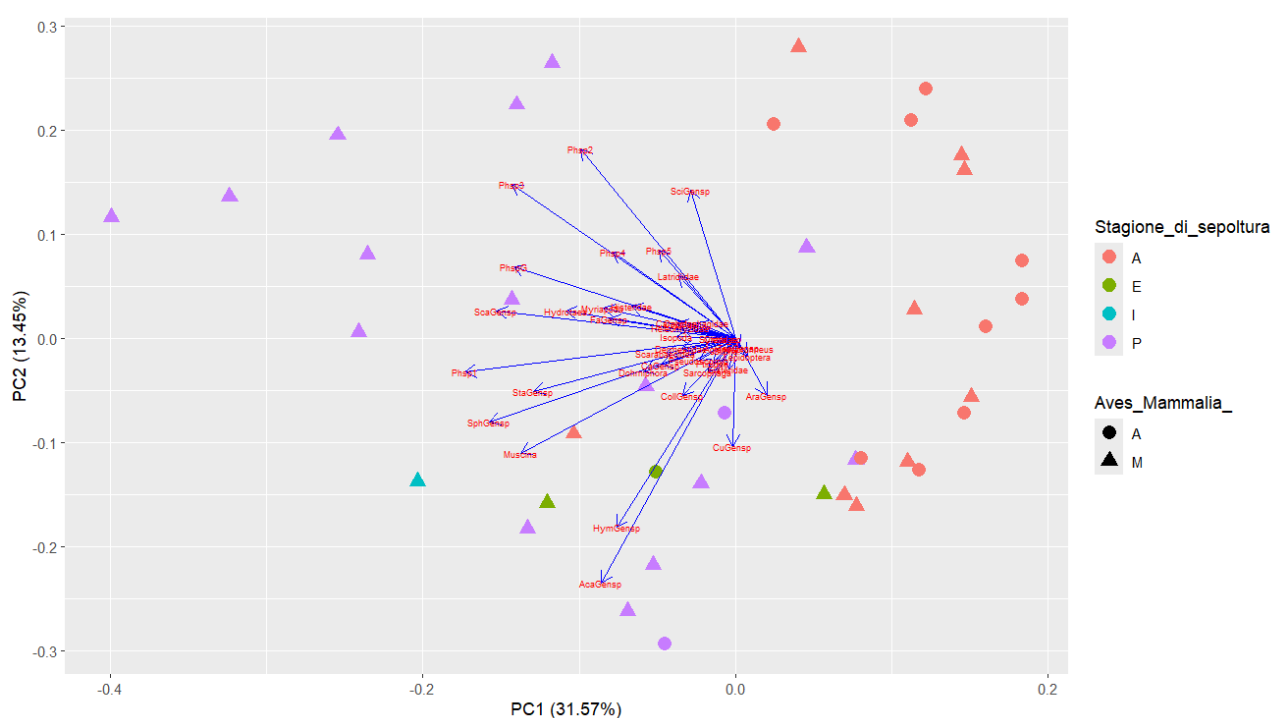


Figura 22. Diagramma ottenuto dall'analisi statistica che mette in evidenza l'effetto della stagione di seppellimento.

5.7 Contenuto stomacale

L'analisi del contenuto gastrico rappresenta uno strumento importante nella scienza forense, poiché può fornire informazioni sugli ultimi pasti della vittima, sulle ore precedenti al decesso e sui possibili collegamenti tra vittima, sospettati e luoghi ma anche per individuare patologie, farmaci o veleni. Tuttavia, questo metodo presenta diversi limiti: la masticazione e i processi digestivi nello stomaco possono rendere i resti alimentari difficili da identificare, mentre la somiglianza strutturale tra alimenti di taxa diversi può impedire una corretta identificazione tassonomica. Nonostante i vantaggi degli approcci molecolari, essi non sono ancora ampiamente utilizzati nella medicina legale per l'analisi completa dell'ultimo pasto (Schneider et al. 2021). È stato ipotizzato l'utilizzo del contenuto gastrico per stimare l'ora della morte. La stima si basa sulla conoscenza dei normali tempi di

svuotamento gastrico ma questi possono variare notevolmente. Diversi fattori influenzano lo svuotamento dello stomaco, tra cui la dimensione e composizione del pasto, stress, differenze individuali. È stato dimostrato che liquidi e solidi vengono svuotati con modalità e velocità diverse, e che farmaci, condizioni patologiche e stimoli stressanti possono modificarne il ritmo. A causa dell'elevato numero di variabili coinvolte, la stima dell'ora della morte basata sul contenuto gastrico ha un valore limitato e dovrebbe essere considerata solo come informazione di supporto ad altri metodi forensi (Horowitz et al. 1985).

6. CONCLUSIONI

La collaborazione tra enti di ricerca rappresenta una risorsa di grande valore: come “ricerca circolare” che permette di sviluppare studi complementari a partire dagli stessi materiali di ricerca. Oltre all’ampiamiento della collezione osteologica della Fondazione Museo Civico di Rovereto, lo studio successivo degli elementi entomologici associati ai cadaveri animali, ha permesso di trarre alcune conclusioni sull’influenza di diversi fattori sulla colonizzazione da parte di artropodi su cadaveri sepolti.

Dall’analisi è emerso che le famiglie come Phoridae e Sphaeroceridae, ma anche Muscidae, Scatopsidae e Sciaridae hanno un ruolo significativo nei pattern di colonizzazione di cadaveri sepolti. Al contrario, la sepoltura può limitare o impedire l’arrivo di artropodi, come avviene per Calliphoridae e Sarcophagidae, che non possiedono le capacità di colonizzare corpi interrati; i pupari ritrovati deriverebbero quindi dalla deposizione di uova avvenuta prima della sepoltura.

Combinando tutti i dati raccolti e i risultati statistici, si può concludere che fattori come la stagione di sepoltura, le dimensioni e soprattutto la classe tassonomica influenzano significativamente la colonizzazione di corpi sepolti. Rimane tuttavia incerto se la durata di seppellimento abbia un effetto diretto sull’ondata di colonizzazione, anche se i dati dello studio permettono di avanzare alcune ipotesi in merito.

Sarebbe interessante ampliare il progetto includendo ulteriori campioni sepolti nell’area di Rovereto, per comprendere meglio quali fattori abbiano influito sull’abbondanza della colonizzazione. Per quanto riguarda lo studio della durata di seppellimento, sarebbe utile considerare la stessa specie e per diversi periodi temporali.

È evidente la necessità di ulteriori approfondimenti, replicando gli esperimenti con alcuni accorgimenti. In particolare, per evitare possibili bias, è fondamentale utilizzare campioni omogenei in tutte le loro caratteristiche, così da indagare in modo più preciso la variabilità della colonizzazione da parte degli artropodi, inclusi gli insetti necrofagi (Gunn & Bird, 2011).

7. BIBLIOGRAFIA

Al-Zahrani, O., Al-Khalifa, M. S., & Al-Mekhlafi, F. A. (2023a). Beetles associated with buried carcasses: potential forensic importance in Riyadh, Saudi Arabia. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 30(7). <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2023.103706>

Al-Zahrani, O., Al-Khalifa, M. S., Al-Qahtni, A. H., & Al-Mekhlafi, F. A. (2023b). Decomposition and dipteran succession on buried rabbits carcasses. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 30(11). <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2023.103822>

Amendt, J., Krettek, R., & Zehner, R. (2004). Forensic entomology. *Naturwissenschaften*, 91(2), 51–65. <https://doi.org/10.1007/s00114-003-0493-5>

Amendt, J., Richards, C. S., Campobasso, C. P., Zehner, R., & Hall, M. J. R. (2011). Forensic entomology: Applications and limitations. *Forensic Science, Medicine, and Pathology*, 7(4), 379–392. <https://doi.org/10.1007/s12024-010-9209-2>

Artini, C. (2023). Valutazione dei fattori che influenzano la colonizzazione degli insetti nelle sepolture animali. Tesi di Laurea Magistrale, Università di Genova.

Bambaradeniya, T. B., Magni, P. A., & Dadour, I. R. (2023). A Summary of Concepts, Procedures and Techniques Used by Forensic Entomologists and Proxies. In *Insects*, 14(6). <https://doi.org/10.3390/insects14060536>

Carta, G., Larentis, O., Tonina, E., Gorini, I., & Vanin, S. (2025). Entomological Evidence Reveals Burial Practices of Three Mummified Bodies Preserved in Northeast Italy. *Heritage*, 8(10). <https://doi.org/10.3390/heritage8100406>

Carter, D. O., Yellowlees, D., & Tibbett, M. (2007). Cadaver decomposition in terrestrial ecosystems. In *Naturwissenschaften* 94(1), 12–24. <https://doi.org/10.1007/s00114-006-0159-1>

Catts, E. P., & Goff, M. L. (1992). Forensic entomology in criminal investigations. *Annual Review of Entomology*, 37(1), 253–272. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.37.010192.001345>

Colinet, H., Sinclair, B. J., Vernon, P., & Renault, D. (2015). Insects in fluctuating thermal environments. In *Annual Review of Entomology*, 60, 123–140. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-010814-021017>

Finotti, F., & Zandonai, F. (2003). L'AREA TEST “Bosco della Città”, Rovereto (TN). *Geologia Tecnica e Ambientale*.

Goff, M. L. (2009). Early post-mortem changes and stages of decomposition in exposed cadavers. *Experimental and Applied Acarology*, 49(1–2), 21–36. <https://doi.org/10.1007/s10493-009-9284-9>

Gunn, A. (2016). The colonisation of remains by the muscid flies *Muscina stabulans* (Fallén) and *Muscina prolapsa* (Harris) (Diptera: Muscidae). *Forensic Science International*, 266, 349–356. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2016.06.013>

- Gunn, A., & Bird, J. (2011). The ability of the blowflies *Calliphora vomitoria* (Linnaeus), *Calliphora vicina* (Rob-Desvoidy) and *Lucilia sericata* (Meigen) (Diptera: Calliphoridae) and the muscid flies *Muscina stabulans* (Fallén) and *Muscina prolapsa* (Harris) (Diptera: Muscidae) to colonise buried remains. *Forensic Science International*, 207(1–3), 198–204. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2010.10.008>
- Horowitz, M., & Pounder, D. J. (1985). Gastric Emptying-Forensic Implications of Current Concepts. In *Medicine, Science and the Law*, 25(3).
- Schneider, J., Mas-Carrió, E., Jan, C., Miquel, C., Taberlet, P., Michaud, K., & Fumagalli, L. (2021). Comprehensive coverage of human last meal components revealed by a forensic DNA metabarcoding approach. *Scientific Reports*, 11(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-88418-x>
- Macho-Callejo, A., Huidobro-Pasero, L., Honrubia-Clemente, E., Santos-González, J., Fernández-Jalvo, Y., & Gutiérrez, A. (2025). “Body farm time machine”: Results from taphonomic study of burial and underwater contexts. *Forensic Science International*, 367, 112-313. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2024.112313>
- Magni, P. A., Pérez-Bañón, C., Borrini, M., & Dadour, I. R. (2013). *Syrirta pipiens* (Diptera: Syrphidae), a new species associated with human cadavers. *Forensic Science International*, 231 (1–3). <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2013.05.023>
- Mariani, R., García-Mancuso, R., Varela, G. L., & Kierbel, I. (2017). New records of forensic entomofauna in legally buried and exhumed human infants remains in Buenos Aires, Argentina. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 52, 215–220. <https://doi.org/10.1016/j.jflm.2017.09.012>
- Pittner, S., Bugelli, V., Eric Benbow, M., Ehrenfellner, B., Zissler, A., Campobasso, C. P., Oostra, R. J., Aalders, M. C. G., Zehner, R., Lutz, L., Monticelli, F. C., Staufer, C., Helm, K., Pinchi, V., Receveur, J. P., Geißenberger, J., Steinbacher, P., & Amendt, J. (2020). The applicability of forensic time since death estimation methods for buried bodies in advanced decomposition stages, 15(12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0243395>
- Pradelli, J., Tuccia, F., Giordani, G., & Vanin, S. (2021). Puparia cleaning techniques for forensic and archaeo-funerary studies. *Insects*, 12(2), 1–9. <https://doi.org/10.3390/insects12020104>
- Reibe, S., & Madea, B. (2010). Use of *Megaselia scalaris* (Diptera: Phoridae) for post-mortem interval estimation indoors. *Parasitology Research*, 106(3), 637–640. <https://doi.org/10.1007/S00436-009-1713-5>
- Singh, R., Sharma, S., & Sharma, A. (2016). Determination of post-burial interval using entomology: A review. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 42, 37–40. <https://doi.org/10.1016/j.jflm.2016.05.004>
- Swann, L. M., Forbes, S. L., & Lewis, S. W. (2010). Analytical separations of mammalian decomposition products for forensic science: A review. In *Analytica Chimica Acta*, 682(1–2), 9–22. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2010.09.052>
- Turner, B., & Wiltshire, P. (1999). Experimental validation of forensic evidence: a study of the decomposition of buried pigs in a heavy clay soil. In *Forensic Science International*, 101.

Vanin, S., Tuccia, F., Pradelli, J., Carta, G., & Giordani, G. (2024). Identification of Diptera Puparia in Forensic and Archeo-Funerary Contexts. In *Insects*, 15(8). <https://doi.org/10.3390/insects15080599>

Varlet, V., Joye, C., Forbes, S. L., & Grabherr, S. (2020). Revolution in death sciences: body farms and taphonomics blooming. A review investigating the advantages, ethical and legal aspects in a Swiss context, 134(5). <https://doi.org/10.1007/s00414-020-02272-6>

8. RINGRAZIAMENTI

Desidero esprimere la mia più sincera gratitudine alla Fondazione Museo Civico Rovereto, in particolare a Maurizio Battisti, Stefano Marconi ed Eleonora Tomasini, per l'opportunità e la premurosa accoglienza. Sono profondamente riconoscente ad Eleonora e Stefano per l'impegno offerto e la grande disponibilità mostrata nei miei confronti.

Un sincero ringraziamento al professor Giorgio Bavestrello per la gentilezza, l'interesse e il tempo dedicato a questa tesi.

Ringrazio la professoressa Asnaghi per il contributo significativo nella lettura e interpretazione dei dati.

APPENDICE

A. Martes foina AZ 227



Figura A1. Tessuto non tessuto contenente l'esemplare, dopo l'esumazione.



Figura A2. Dettagli del materiale osteologico dopo l'apertura del campione.



Figura A3. Materiale osteologico prima del lavaggio in acqua.



Figura A4. Materiale osteologico in asciugatura.

B. *Macaco mulatta* AZ 228



Figura B1. Tessuto non tessuto contenente l'esemplare, dopo l'esumazione.



Figura B2. Dettagli del materiale osteologico dopo l'apertura del campione.

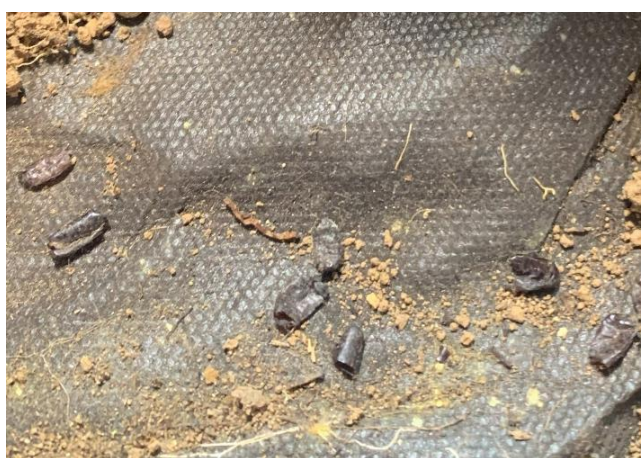


Figura B3. Dettagli del materiale entomologico presente all'interno del tessuto non tessuto (pupari di ditteri).



Figura B4. Dettaglio del cranio



Figura B5. Dettaglio dell'osso sacro

C. Gallus gallus AZ 229



Figura C1. Tessuto non tessuto contenente l'esemplare, dopo l'esumazione.



Figura C2. Dettagli del materiale osteologico dopo l'apertura del campione.

D. *Vulpes vulpes* AZ 230



Figura D1. Tessuto non tessuto contenente l'esemplare, dopo l'esumazione.



Figura D2. Dettagli del materiale osteologico dopo l'apertura del campione.



Figura D3. Dettaglio del contenuto stomacale

E. *Phoemiconaias minor* AZ 231



Figura E1. Tessuto non tessuto contenente l'esemplare, dopo l'esumazione.



Figura E2. Dettagli del materiale osteologico dopo l'apertura del campione.



Figura E3. Dettaglio del cranio

F. *Rupicapra rupicapra* AZ 232

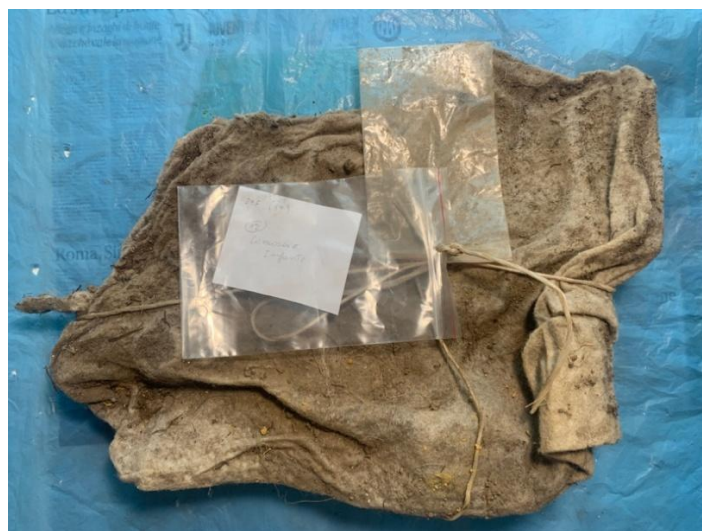


Figura F1. Tessuto non tessuto contenente l'esemplare, dopo l'esumazione.



Figura F2. Dettagli del materiale osteologico dopo l'apertura del campione.



Figura F3. Dettagli del materiale osteologico e entomologico dopo l'apertura del campione.



Figura F4. Dettaglio di un'aggregazione di pupari

G. Meles meles AZ 233



Figura G1. Tessuto non tessuto contenente l'esemplare, dopo l'esumazione.



Figura G2. Dettagli del materiale osteologico dopo l'apertura del campione.



Figura G3. Dettaglio di vertebra C1

H. *Anas wyvilliana* AZ 234



Figura H1. Tessuto non tessuto contenente l'esemplare, dopo l'esumazione.



Figura H2. Dettagli del materiale osteologico dopo l'apertura del campione.

I. *Capra hircus* AZ 235



Figura 11. Tessuto non tessuto contenente l'esemplare, dopo l'esumazione.



Figura 12. Dettagli del materiale osteologico dopo l'apertura del campione.



Figura 13. Dettagli di resti entomologici su ossa.

J. *Lepus europaeus* AZ 236



Figura J1. Tessuto non tessuto contenente l'esemplare, dopo l'esumazione.



Figura J2. Dettagli del materiale osteologico dopo l'apertura del campione.

K. *Bubo bubo* AZ 237



Figura K1. Tessuto non tessuto contenente l'esemplare, dopo l'esumazione.



Figura K2. Dettagli del materiale osteologico dopo l'apertura del campione.



Figura K3. Dettagli del materiale osteologico dopo l'apertura del campione.

L. *Canis lupus* AZ 238



Figura L1. Tessuto non tessuto contenente l'esemplare, dopo l'esumazione.



Figura L2. Dettagli del materiale osteologico ed entomologico



Figura L3. Dettaglio del cranio con materiale entomologico



Figura L4. Documentazione fotografica di materiale osteologico durante l'asciugatura.

M. Canis lupus AZ 239



Figura M1. Tessuto non tessuto contenente l'esemplare, dopo l'esumazione.



Figura M2. Dettaglio di materiale osteologico ed entomologico



Figura M3. Documentazione fotografica di materiale osteologico durante l'assicatura

N. *Meles meles* AZ 240



Figura N1. Tessuto non tessuto contenente l'esemplare, dopo l'esumazione.



Figura N2. Dettagli del materiale osteologico dopo l'apertura del campione.



Figura N3. Materiale entomologico presente all'interno del tessuto non tessuto (pupari di ditteri).

O. Martes foina AZ 242



Figura O1. Tessuto non tessuto contenente l'esemplare, dopo l'esumazione.



Figura O2. Dettagli del materiale osteologico dopo l'apertura del campione.

P. *Vulpes vulpes* AZ 243



Figura P1. Tessuto non tessuto contenente l'esemplare, dopo l'esumazione.



Figura P2. Dettagli del materiale osteologico dopo l'apertura del campione.



Figura P3. Materiale entomologico presente all'interno del tessuto non tessuto (pupari di ditteri).

Q. *Martes foina* AZ 244



Figura Q1. Tessuto non tessuto contenente l'esemplare, dopo l'esumazione.



Figura Q2. Dettagli del materiale osteologico dopo l'apertura del campione.

R. *Strix aluco* AZ 245

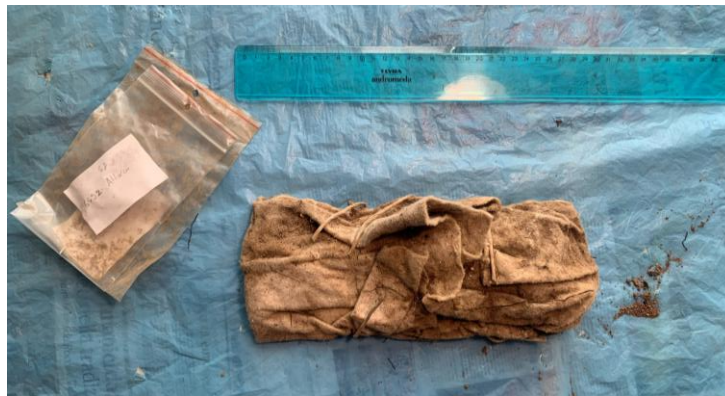


Figura R1. Tessuto non tessuto contenente l'esemplare, dopo l'esumazione.



Figura R2. Dettagli del materiale osteologico e entomologico dopo l'apertura del campione.

S. Scriurus vulgaris AZ 246



Figura S1. Tessuto non tessuto contenente l'esemplare, dopo l'esumazione.



Figura S2. Dettagli del materiale osteologico dopo l'apertura del campione.

T. *Buteo buteo* AZ 247

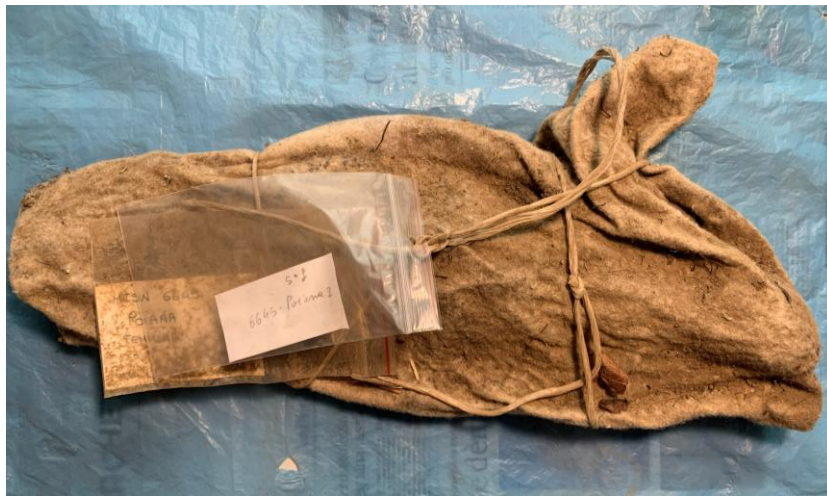


Figura T1. Tessuto non tessuto contenente l'esemplare, dopo l'esumazione.



Figura T2. Dettagli del materiale osteologico dopo l'apertura del campione.

U. *Podiceps cristatus* AZ 248



Figura U1. Tessuto non tessuto contenente l'esemplare, dopo l'esumazione.



Figura U2. Dettagli del materiale osteologico dopo l'apertura del campione.