



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PISA

Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN CONSERVAZIONE E  
EVOLUZIONE

Tesi di laurea

**RICERCA DI METODI E PROTOCOLLI PER IL  
MONITORAGGIO DELLA SPECIE SAPROXILICA  
*MORIMUS ASPER* (SULZER, 1776)  
(COLEOPTERA, CERAMBYCIDAE)**

A cura di  
Anna Cuccurullo

Relatori

Prof. Giulio PETRONI

Dott. Sönke HARDERSEN

Anno Accademico 2014 - 2015

# SOMMARIO

<b>RIASSUNTO.....</b>	<b>5</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>6</b>
<b>1. INTRODUZIONE.....</b>	<b>7</b>
1.1 DIRETTIVA HABITAT.....	7
1.2 UNIONE EUROPEA E AMBIENTE .....	9
1.2.1 Uno strumento per la salvaguardia dell'ambiente: Programma LIFE .....	9
1.2.2 Il Progetto MIPP.....	9
1.3 IL LEGNO MORTO: UN ECOSISTEMA PIÙ VIVO CHE MAI .....	11
1.3.1 Specie saproxiliche .....	11
1.3.2 Insetti saproxilici .....	12
1.3.2.1 Ecologia .....	13
1.3.2.2 Caratteristiche ambientali influenti sulla comunità saproxilica .....	14
1.3.2.3 Minacce per gli insetti saproxilici .....	14
1.3.2.4 Conservazione .....	15
1.3.3 La famiglia Cerambycidae .....	15
1.4 LA SPECIE <i>MORIMUS ASPER</i> (SULZER, 1776) .....	16
1.4.1 Tassonomia .....	16
1.4.2 Origine .....	16
1.4.3 Distribuzione.....	17
1.4.4 Morfologia .....	17
1.4.5 Ecologia .....	19
1.4.6 Minacce e conservazione .....	20
1.4.7 Metodi di monitoraggio .....	21
1.5 OBIETTIVI .....	22
<b>2. MATERIALI E METODI .....</b>	<b>23</b>
2.1 AREA DI STUDIO.....	23
2.2 ATTIVITÀ SPERIMENTALE E RACCOLTA DATI .....	25
2.2.1 Sostanze potenzialmente attrattive.....	26
2.2.1.1 Costruzione delle trappole a caduta con sostanze potenzialmente attrattive ...	26
2.2.1.2 Monitoraggio di <i>Morimus asper</i> .....	29
2.2.2 Cataste di legna fresca.....	29

2.2.2.1	Costruzione delle cataste.....	29
2.2.2.2	Monitoraggio di <i>Morimus asper</i> .....	31
2.3	ANALISI DEI DATI .....	34
2.3.1	Sostanze potenzialmente attrattive.....	34
2.3.2	Cataste di legna fresca.....	34
2.3.2.1	Avvistamento stagionale di <i>Morimus asper</i> sulle cataste .....	34
2.3.2.2	Avvistamento giornaliero di <i>M. asper</i> sulle cataste.....	34
2.3.2.3	Influenza del diametro dei tronchi e/o della specie di appartenenza del legno utilizzato sul numero di <i>M. asper</i> avvistati sulle cataste.....	34
2.3.2.4	Probabilità di sopravvivenza e probabilità di ricattura di maschi e femmine ... di <i>M. asper</i> .....	35
<b>3.</b>	<b>RISULTATI.....</b>	<b>35</b>
3.1	SOSTANZE POTENZIALMENTE ATTRATTIVE.....	35
3.2	CATASTE DI LEGNA.....	36
3.2.1	Dati di cattura.....	36
3.2.2	Avvistamento stagionale di <i>Morimus asper</i> sulle cataste.....	36
3.2.3	Avvistamento giornaliero di <i>M. asper</i> sulle cataste .....	38
3.2.4	Influenza del diametro dei tronchi e/o della del tipo di legno utilizzato sugli avvistamenti di <i>M. asper</i> sulle cataste.....	41
3.2.5	Probabilità di sopravvivenza e probabilità di ricattura di maschi e femmine di <i>Morimus asper</i> .....	44
<b>4.</b>	<b>DISCUSSIONE.....</b>	<b>47</b>
4.1	SOSTANZE POTENZIALMENTE ATTRATTIVE.....	47
4.2	CATASTE DI LEGNA FRESCA .....	47
4.2.1	Dati di cattura .....	47
4.2.2.	Avvistamento stagionale di <i>M. asper</i> sulle cataste.....	47
4.2.3	Avvistamento giornaliero di <i>M. asper</i> sulle cataste .....	48
4.2.4	Influenza del diametro dei tronchi e/o della del tipo di legno utilizzato sugli avvistamenti di <i>M. asper</i> sulle cataste .....	48
4.2.5	Probabilità di sopravvivenza e probabilità di ricattura di maschi e femmine di <i>M.</i> <i>asper</i> .....	49
4.2.6	Conclusioni.....	50
4.2.6.1	Conoscenze acquisite.....	50
4.2.6.2	Il caso di Bosco Fontana.....	50

4.2.6.3 Lacune conoscitive .....	50
4.2.6.4 Trappole ecologiche .....	50
<b>RINGRAZIAMENTI .....</b>	<b>52</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>53</b>

## RIASSUNTO

Fino al 2013 si riteneva che in Europa fossero presenti cinque diverse specie appartenenti al genere *Morimus*: *M. asper* (Sulzer, 1776), *M. funereus* Mulsant, 1862, *M. orientalis* Reitter, 1894, *M. verecundus* (Faldermann, 1836) e *M. ganglbaueri* Reitter, 1894. Uno studio del 2013, basato sull'utilizzo di marcatori molecolari, ha dimostrato che in realtà si tratta di varietà geneticamente e morfologicamente variabili appartenenti ad un'unica specie: *Morimus asper*. Nella Direttiva Habitat è stata elencata quella che allora era ritenuta la specie *M. funereus* (allegato II), classificata come specie vulnerabile dalla IUCN; vista la nuova classificazione tassonomica è necessario valutare lo stato di conservazione della specie *M. asper* (non elencata in Direttiva Habitat ma che ora include quella che era la specie *M. funereus*) e rivedere il suo inserimento in Direttiva Habitat. Per valutarne lo stato di conservazione è necessario sviluppare dei metodi di monitoraggio adatti. In questo studio sono stati indagati due diversi metodi di monitoraggio: sostanze potenzialmente attrattive e cataste di legna fresca. Con il primo metodo si vuole testare l'efficacia di alcune sostanze chimiche come potenziali attrattivi per la specie *M. asper*. Con l'utilizzo di cataste di legna fresca si vogliono incrementare le conoscenze riguardo la biologia e l'ecologia della specie per meglio adattare il metodo di monitoraggio. Dai risultati ottenuti si può affermare che le sostanze potenzialmente attrattive utilizzate non sono adatte per il monitoraggio della specie. Le cataste di legna sono invece un buon attrattivo per *M. asper* e sono utili per conoscere alcune abitudini ecologiche della specie. Con questo metodo è stato identificato il periodo più adatto per effettuare i monitoraggi, la fascia oraria più adatta e il tipo di legna (specie arborea e diametro dei tronchi) più indicato per costruire le cataste. Dai modelli costruiti con i dati raccolti è stato possibile stimare la probabilità di sopravvivenza e la probabilità di ricattura degli individui. Le informazioni ottenute possono essere utilizzate per migliorare il metodo di monitoraggio.

## RESUMEN

Until 2013 five different species of the genus *Morimus* were believed living in Europe: *M. asper* (Sulzer, 1776), *M. funereus* Mulsant, 1862, *M. orientalis* Reitter, 1894, *M. verecundus* (Faldermann, 1836) and *M. ganglbaueri* Reitter, 1894. A study published in the year 2013, using molecular markers, showed the five different species as only one, called *Morimus asper*, including genetically and morphologically variable individuals. In the Habitat Directive (II annex) was listed *M. funereus*, ranked as vulnerable species by IUCN, when it was still believed a species. But *M. funereus* isn't more a species, belongs to *M. asper* species and it couldn't be listed in the Habitat Directive. For this reason is important to value the conservation status of *M. asper* and his establishment in the Habitat Directive. To value his conservation status is necessary develop suitable monitoring methods. In this study were investigated two different monitoring methods: attractants and fresh cut log piles. With the first method the objective is to test the attractive power of some chemical substances for *M. asper*, while with the second one the objective is increase the biological and ecological knowledge to improve monitoring method. Results show that the substances used aren't attractants for the species, while fresh cut log piles are useful to learn more about the species. This method allows to identify the best time during the season and during the day to detect *M. asper*; also the best kind of fresh cut log piles (diameter of logs and tree species) to detect the species was investigated. Estimate the survival and recapture probability was possible building models with software MARK. These information made possible the improving of the monitoring method.

# 1. INTRODUZIONE

## 1.1 DIRETTIVA HABITAT

La conservazione della biodiversità è un tema che riguarda tutta l'umanità (Convegno sulla diversità biologica, 1992). Come biodiversità si intende la variabilità basata sull'ereditarietà a tutti i livelli di organizzazione, dai geni fino agli ecosistemi (Wilson, 1986). La IUCN (International Union for the Conservation of Nature) stima che il 22% dei mammiferi, il 32% degli anfibi, il 14% degli uccelli, e il 32% delle gimnosperme sono a rischio di estinzione (Hilton-Taylor *et al.*, 2008). La causa primaria di questo declino è l'alterazione degli habitat causata dalle attività antropiche (Kearns, 2010). Più precisamente sono i cambiamenti nell'uso del suolo, le invasioni di specie aliene e i cambiamenti climatici a influenzare gli ecosistemi a livello globale e quindi costituiscono una minaccia per la conservazione della biodiversità (Isbell, 2010).

In particolare l'Europa è un continente ricco dal punto di vista naturale, con una grande diversità di habitat. Purtroppo però questo continente è stato quello più soggetto ad alterazioni antropiche e il risultato è un paesaggio costituito da un mosaico di ambienti naturali e zone agricole circondati da aree urbane (Nieto & Alexander, 2010). Questo va ovviamente a infierire sulla biodiversità (EEA, 2010).

Per proteggere gli ambienti naturali e le specie che li popolano nasce la Direttiva n. 92/43/CEE relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche, detta più comunemente Direttiva Habitat. La suddetta è stata approvata il 21 Maggio 1992 dalla Commissione Europea in risposta al Summit Mondiale di Rio de Janeiro del 1992. L'Italia ha recepito la Direttiva attraverso il D.P.R. dell'8 settembre 1997 N. 357, modificato ed integrato dal D.P.R. N. 120 del 12 marzo 2003. Insieme alla Direttiva Uccelli costituisce la base legale per la difesa della biodiversità in Europa. Scopo principale è quello di "salvaguardare la biodiversità mediante la conservazione degli habitat naturali, nonché della flora e della fauna selvatiche nel territorio europeo degli Stati membri al quale si applica il trattato" (art 2).

Oltre al testo principale la Direttiva è composta da 6 allegati:

- ALLEGATO I: tipi di habitat naturali di interesse comunitario la cui conservazione richiede la designazione di aree speciali di conservazione

- ALLEGATO II: specie animali e vegetali d'interesse comunitario la cui conservazione richiede la designazione di zone speciali di conservazione
- ALLEGATO III: criteri di selezione dei siti atti ad essere individuati quali siti di importanza comunitaria e designati quali zone speciali di conservazione
- ALLEGATO IV: specie animali e vegetali di interesse comunitario che richiedono una protezione rigorosa
- ALLEGATO V: specie animali e vegetali di interesse comunitario il cui prelievo nella natura e il cui sfruttamento potrebbero formare oggetto di misure di gestione
- ALLEGATO VI: metodi e mezzi di cattura e di uccisione nonché modalità di trasporto vietati

La Direttiva Habitat prevede la costituzione di una Rete ecologica europea denominata "Natura 2000", formata dai Siti d'Interesse Comunitario (S.I.C.) individuati sulla base della Direttiva Habitat e dalle Zone di Protezione Speciale (Z.P.S.) designate sulla base della Direttiva Uccelli (Direttiva n. 79/409/CEE). I siti di interesse comunitario vengono individuati sulla base della presenza degli habitat e delle specie animali e vegetali elencati rispettivamente negli allegati I e II. Altro pilastro fondamentale della Direttiva è il regime di tutela delle specie elencate negli allegati IV. Nella Direttiva Habitat sono incluse più di 2000 specie animali e vegetali e oltre 200 tipi di habitat.

La Direttiva prevede che gli Stati membri stabiliscano opportune misure di conservazione per le zone speciali di conservazione (art. 6) e valuta il finanziamento necessario per l'attuazione delle misure di conservazione (art. 8) e il rilascio di eventuali deroghe (art. 16). Riconosce inoltre l'importanza degli elementi del paesaggio che svolgono un ruolo di connessione ecologica per la flora e la fauna selvatiche (art. 10). Infine gli art.11 e 17 riguardano rispettivamente il monitoraggio di habitat e specie e l'elaborazione di rapporti nazionali sull'attuazione delle disposizioni della Direttiva ogni sei anni, comprese osservazioni sullo stato di conservazione di specie e habitat.



## 1.2 UNIONE EUROPEA E AMBIENTE

### 1.2.1 Uno strumento per la salvaguardia dell'ambiente: Programma LIFE



Il programma LIFE è uno strumento finanziario dell'Unione Europea dedicato all'ambiente e al clima. La Commissione Europea gestisce questo strumento per favorire uno sviluppo sostenibile e facilitare l'integrazione delle questioni ambientali nelle altre politiche. Il primo programma LIFE è stato avviato nel 1992, e da allora si sono susseguite nel tempo 4 diverse fasi, in cui sono stati finanziati 4171 progetti per un totale di circa 3.400 milioni di euro. La penultima fase, dal 2007 al 2013, è stata nominata LIFE+ e include tre componenti tematiche:

- "Natura e biodiversità",
- "Politica e governance ambientali"
- "Informazione e comunicazione"

### 1.2.2 Il Progetto MIPP



Il progetto MIPP (LIFE11 NAT/IT/000252; [www.lifemipp.eu](http://www.lifemipp.eu)) è uno tra i progetti finanziati dal programma LIFE+.

Il progetto MIPP, sigla di Monitoring of Insect with Public Partecipation, è un progetto della durata di 5 anni, iniziato nel 2012 e con termine nel 2017. Il finanziamento complessivo previsto per questo periodo è di 2.734.430 euro. Il principale beneficiario è il Corpo Forestale dello Stato, inoltre sono presenti altri 5 partner associati: Sapienza Università di Roma, Università degli Studi RomaTre, CRA (Consiglio per la Ricerca e la sperimentazione in Agricoltura) di Firenze, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e Regione Lombardia.

L'obiettivo principale di questo progetto è quello di sviluppare e testare metodi di monitoraggio per valutare lo stato di conservazione di alcuni coleotteri elencati negli allegati della Direttiva Habitat (Allegati II e IV). Altri obiettivi del progetto sono il coinvolgimento del pubblico nella raccolta di dati faunistici e la diffusione di informazione.

Il primo obiettivo riguarda in particolare 5 specie di coleotteri saproxilici (fig. 1.1) (per la definizione del termine guardare il paragrafo n° 1.3.1): *Osmoderma eremita* (Scopoli, 1763), *Lucanus cervus* (Linnaeus, 1758), *Cerambyx cerdo* (Linnaeus, 1758), *Rosalia alpina* (Linnaeus, 1758), *Morimus asper* (Sulzer, 1776). La Direttiva Habitat richiede infatti (art. 11) che “Gli Stati membri garantiscano la sorveglianza dello stato di conservazione delle specie”. Per poter valutare lo stato di conservazione di una specie è necessario controllarne l'andamento nel tempo, effettuando rilevazioni periodiche e sistematiche. Questo è possibile solo se il monitoraggio è standardizzato e costante nel tempo, in modo da applicare misure di protezione dove necessario (Campanaro *et al.*, 2011). Il progetto MIPP prevede un confronto di vari metodi di monitoraggio in differenti aree sparse sul territorio italiano, precisamente in cinque riserve gestite dal Corpo Forestale dello Stato:

- Lombardia: Bosco Fontana
- Friuli-Venezia Giulia: Parco Naturale Regionale delle Prealpi Giulie
- Emilia Romagna: Bosco della Mesola
- Emilia-Romagna/Toscana: Foreste Casentinesi
- Abruzzo: Castel di Sangro

I metodi di monitoraggio testati sono multipli e variano in funzione della specie. La scelta di un metodo piuttosto che un altro nel monitorare una data specie dipende dalla sua ecologia e dalle conoscenze attuali. Nella tabella 1.1 sono riportati i metodi utilizzati per il monitoraggio delle diverse specie.

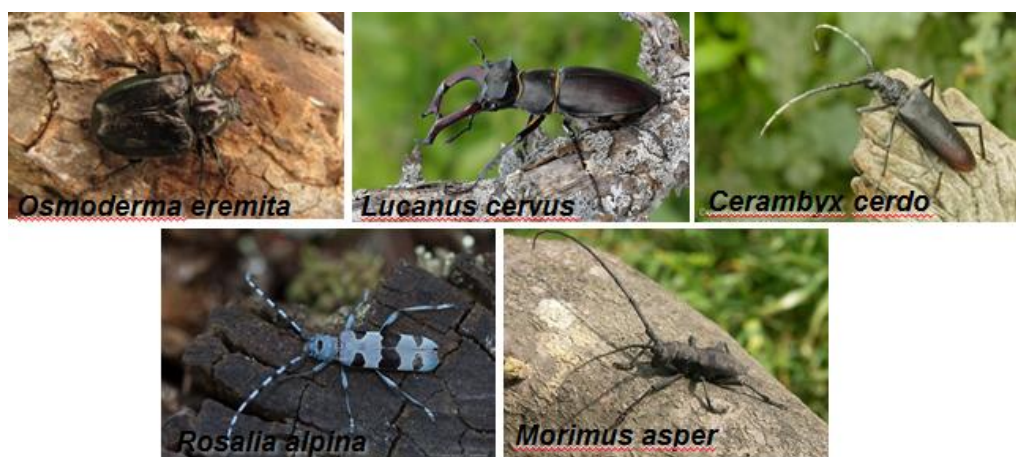


Fig. 1.1 Coleotteri per cui è richiesto lo sviluppo di metodi di monitoraggio nell'ambito del progetto MIPP

	<i>L. cervus</i>	<i>C. cerdo</i>	<i>O. eremita</i>	<i>R. alpina</i>	<i>M. asper</i>
Transetto	X				
Ricerca resti	X				
VES	X	X			
CMR	X		X	X	X
Telemetria	X				
Boxes per larve	X				
Trappole attrattive	X	X	X		X
Wood mould sampling			X		
Foto-identificazione				X	
Osmodog			X		
Tripodi				X	
Cataste di legna					X

Tab. 1.1 Metodi di monitoraggio impiegati per le differenti specie saproxiliche

Altro obiettivo del progetto è la raccolta di dati faunistici via web, basata su osservazioni effettuate da cittadini. Oltre a includere le 5 specie già menzionate sono state incluse altre 4 specie: *Lopinga achine* (Lepidoptera), *Parnassius apollo* (Lepidoptera), *Zerynthia polyxena* (Lepidoptera) e *Saga pedo* (Orthoptera), perché considerate facilmente determinabile anche dai non esperti entomologici. Chiunque può partecipare alla raccolta dei dati faunistici della specie inviando la propria segnalazione tramite sito web (<http://lifemipp.eu>) o utilizzando l'apposita applicazione per smartphone Android™ (dall'anno prossimo scaricabile anche per iPhone™). Le segnalazioni sono in seguito valutate dagli esperti responsabili. Questo coinvolgimento dei cittadini nei progetti scientifici è un approccio relativamente recente, chiamato "Citizen scienze".

Il terzo ed ultimo obiettivo riguarda l'educazione ambientale e l'informazione del pubblico. In particolare il progetto MIPP utilizza "Osmo-dog", un cane molecolare (un cane addestrato a riconoscere una determinata sostanza) impiegato nella ricerca del coleottero *Osmoderma eremita* e anche per le relazioni pubbliche.

## 1.3 IL LEGNO MORTO: UN ECOSISTEMA PIÙ VIVO CHE MAI

### 1.3.1 Specie saproxiliche

Il termine "saproxilico" è formato dall'unione di due parole, dal greco "sapro" e "xylon", che significano rispettivamente "putrido" e "legno". Nella letteratura scientifica esistono varie

definizioni del termine saproxilico. Dajoz (1966) fu il primo a utilizzare questo termine per indicare insetti viventi nel legno marcescente (fig. 1.2). Successivamente Speight (1989) ha definito saproxiliche le specie di invertebrati che dipendono, in qualche fase del loro ciclo vitale, dal legno morto o deperente di alberi morti o senescenti (in piedi o a terra) o da funghi del legno o dalla presenza di altri saproxilici. La stessa definizione è valida per Hammond & Owen (1995), con l'unica differenza che non si riferiscono esclusivamente agli invertebrati. Secondo Mason *et al.* (2003) si definiscono saproxiliche le specie dipendenti, in qualche fase del proprio ciclo vitale, dal legno morto o alberi senescenti o legno a terra, o da altri organismi saproxilici. Nel 2008 Alexander considera saproxiliche quelle specie che sono dipendenti o coinvolte in processi di degradazione del legno da parte di funghi del legno, dai prodotti di tale degradazione e che sono associate ad alberi vivi e morti. Infine Stokland *et al.* (2012) definiscono saproxilica qualsiasi specie che, durante qualche fase del proprio ciclo vitale, dipende dal legno danneggiato o deperente di alberi vivi, indeboliti o morti.

Nel testo, con il termine saproxilico, si fa riferimento alla definizione di Speight (1989), che esclude i vertebrati.



*Fig. 1.2 Esempi di legno morto in un ambiente naturale. A sinistra: tronco marcescente a terra. A destra: albero sradicato.*

Le specie saproxiliche appartengono a diversi phyla, classi e ordini (Méndez Iglesias, 2009). Tra gli invertebrati si trovano specie saproxiliche in vari taxa: Platelminti, Nematodi, Molluschi, Gasteropodi, Aracnidi, Pseudoscorpioni, Acari, Isopodi e Insetti (Méndez Iglesias, 2009).

### **1.3.2 Insetti saproxilici**

Tra gli insetti, la maggior parte delle specie legate al legno morto appartiene a quattro ordini: Coleoptera, Diptera, Hymenoptera e Isoptera. Altri insetti saproxilici appartengono invece agli

ordini Lepidoptera, Hemiptera, Thysanoptera, Raphidioptera e Zoraptera (Stokland *et al.*, 2012).

### 1.3.2.1 Ecologia

Le specie saproxiliche sono stenoecie, hanno quindi delle esigenze particolari e necessitano di condizioni stabili per quanto riguarda temperatura, umidità e nutrienti (Campanaro *et al.*, 2007). Diverse specie saproxiliche occupano substrati e posizioni differenti a seconda delle loro esigenze (Speight, 1989). Esiste anche una successione temporale di specie saproxiliche, che dipende dallo stadio di decadimento del legno (Speight, 1989). Basandosi su questa successione gli organismi saproxilici possono essere suddivisi nel seguente modo:

- saproxilici primari, comprendono detritivori e fungivori;
- saproxilici secondari, comprendono anche predatori o parassitoidi di altri saproxilici;
- saproxilici terziari, commensali.

(Campanaro *et al.*, 2011)

Sono soprattutto i saproxilici primari ad essere più esigenti, infatti spesso sono specie-specifici, mentre nei successivi stadi di decadimento è la morfologia del microhabitat a determinare la colonizzazione da parte di una specie piuttosto che di un'altra (Warren & Key, 1991; Samuelsson *et al.*, 1994). Ai saproxilici primari appartengono le specie pioniere che colonizzano il legno appena morto (Speight, 1989). Tra questi sono inclusi i detritivori, cioè quegli organismi che si nutrono di detrito di origine animale o vegetale. Le principali famiglie che comprendono specie detritivore appartengono all'ordine Coleoptera, queste sono Buprestidae, Cerambycidae, Scolitidae, Curculionidae, Scarabaeidea, Anobiidae e Lucanidae (Méndez Iglesias, 2009; Stokland, 2012; Campanaro *et al.*, 2011). Ai saproxilici primari appartengono anche organismi fungivori, ovvero specie che si nutrono quasi esclusivamente di funghi (Stokland *et al.*, 2012). Questa prima fase di colonizzazione e di inizio degradazione del legno dura all'incirca un paio d'anni (Méndez Iglesias, 2009).

I saproxilici secondari utilizzano il legno già parzialmente degradato dai saproxilici primari o si nutrono direttamente di questi ultimi (Méndez Iglesias, 2009; Campanaro *et al.*, 2011). Questa fase, detta di decomposizione, è caratterizzata dal distacco della corteccia e si svolge durante un periodo di 8 - 10 anni (Stokland *et al.*, 2012; Méndez Iglesias, 2009). Le specie rappresentative di questa seconda fase appartengono principalmente all'ordine Coleoptera, in particolare alle famiglie dei Cerambycidae, Buprestidae e Lucanidae. Anche tra i ditteri ci sono famiglie che comprendono specie saproxiliche secondarie, come ad esempio la famiglia dei

Tipulidae o dei Sirfidae (Campanaro *et al.*, 2011). Sono saproxilici secondari anche i parassitoidi, ovvero specie che si nutrono di un solo ospite per completare il proprio ciclo vitale, portandolo alla morte (Stokland *et al.*, 2012).

La terza e ultima fase, detta di umificazione, è caratterizzata da una progressiva sostituzione degli organismi saproxilici da parte della fauna del suolo (collemboli, coleotteri, ditteri, isopodi, miriapodi, anellidi, nematodi, acari, pseudoscorpioni e gasteropodi) (Dajoz, 2000; Méndez Iglesias, 2009; Campanaro *et al.*, 2011). Ci sono comunque alcune specie di Lucanidae ed Elateridae che dopo aver colonizzato il legno durante la seconda fase di decadimento rimangono per diverso tempo nel legno ormai quasi totalmente degradato (Stokland *et al.*, 2012).

Partecipando nei processi di decomposizione del legno e nei cicli dei nutrienti i saproxilici rivestono un importante ruolo ecologico. (Nieto & Alexander, 2010).

### **1.3.2.2 Caratteristiche ambientali influenti sulla comunità saproxilica**

Una componente che influenza la composizione della comunità saproxilica è il grado di copertura vegetale, infatti alcune specie preferiscono alberi che si trovano in spazi aperti, mentre altre necessitano di maggiore ombreggiatura, dove la vegetazione è più fitta (Stokland *et al.*, 2012; Hammond *et al.*, 2004; Brunet and Isacsson, 2009; Vodka *et al.*, 2009). La ricchezza della comunità saproxilica dipende dalla quantità e dalla qualità di legno morto presente nell'ambiente, nonché dalla sua continuità (Stokland *et al.*, 2012). Se in generale vale la regola per cui il numero di specie aumenta con l'aumentare dell'area dell'habitat e viceversa (Connor & McCoy, 1979; Rosenzweig, 1995), per le specie saproxiliche l'habitat idoneo è rappresentato dal volume di legno morto, quindi una sua riduzione influisce negativamente sulla ricchezza di specie saproxiliche (Stokland *et al.*, 2012). La qualità del legno morto è invece importante in quanto molte specie saproxiliche richiedono un tipo specifico di legno morto, differenziando tra diverse specie arboree e diverso stadio di decadimento (Ehnstrom & Axelsson, 2002; Speight, 1989). Anche la continuità ambientale influisce sulla comunità saproxilica, essendo una caratteristica necessaria per quelle specie con scarsa capacità di dispersione (Stokland *et al.*, 2012).

### **1.3.2.3 Minacce per gli insetti saproxilici**

Le principali minacce per gli organismi saproxilici sono costituite dalla gestione forestale e dalla frammentazione dell'habitat (Nieto & Alexander, 2010; Stokland *et al.*, 2012). In generale, il volume di legno morto nelle foreste intensamente gestite equivale al 10% della quantità altrimenti presente in una foresta naturale (Siitonen, 2001). La principale causa di questa

riduzione è la rimozione di legname dalla foresta anche in funzione dell'atteggiamento che vede il legno morto come qualcosa di nocivo per la foresta stessa, e quindi come un elemento da rimuovere (Stokland *et al.*, 2012). La frammentazione dell'habitat invece è dannosa soprattutto per quelle specie con scarse capacità di dispersione, come ad esempio *Morimus asper* (Jonsson & Nordlander, 2006). Lo sviluppo dell'agricoltura e la crescita della popolazione hanno causato la frammentazione degli habitat per le specie saproxiliche come per le altre specie forestali (Stokland *et al.*, 2012; Butler & Laurance, 2008). Altra minaccia alla sopravvivenza della comunità saproxilica può essere costituita in minor misura dalla perdita di habitat. L'urbanizzazione e la conseguente intensificazione dell'uso del territorio hanno portato a una perdita di habitat, riducendo il numero di alberi vetusti e l'ammontare di legno morto negli ambienti non forestali (Peterken, 1996; Kirby & Watkins, 1998; Rackham, 2003).

#### **1.3.2.4 Conservazione**

In particolare in Europa 21 specie rare di insetti saproxilici sono state inserite negli allegati II e IV della Direttiva Habitat. Nel 2010 è stata pubblicata da Nieto & Alexander la prima valutazione dello stato di conservazione delle specie saproxiliche europee ("European Red List of saproxilic beetles, 2010"). Seguendo i criteri della IUCN delle 435 specie di coleotteri valutate l'11% sono considerate minacciate e il 13% quasi minacciate. La maggior parte delle specie valutate (153) appartengono alla famiglia dei Cerambicidi. Mancano però informazioni sufficienti per valutare lo stato di conservazione di altri coleotteri saproxilici (Nieto & Alexander, 2010; Stokland, 2012).

Per la protezione e conservazione dei saproxilici è importante mantenere la diversità di legno morto (volume, taglia e stato di decadimento) nelle foreste scegliendo un modello di gestione forestale che tenga in considerazione questi aspetti (Jonsson *et al.*, 2005; Jonsson & Ranius, 2009; Sahlin & Ranius, 2009).

### **1.3.3 La famiglia Cerambycidae**

La famiglia Cerambycidae appartiene all'ordine Coleoptera, sottordine Polyphaga e a livello globale comprende circa 35.000 specie (Grimaldi *et al.*, 2005) in 4000 generi (Hanks, 1999). Comunemente detti Cerambicidi o Cerambici, sono caratterizzati da lunghe antenne, che possono superare anche di tre volte la lunghezza totale del corpo nei maschi adulti (Hanks, 1999); da qui prendono anche il nome di Longicorni. In generale i cerambicidi sono considerati degli "ingegneri dell'ecosistema", infatti le larve scavano gallerie nel legno morto, creando nuovi habitat per altri saproxilici e altri invertebrati (Buse *et al.*, 2008).

In Europa, tra i coleotteri, sono una delle famiglie con il maggior numero di specie (Nieto & Alexander, 2010). Nel territorio europeo i cerambicidi si suddividono in sette sottofamiglie: Parandrinae, Prioninae, Lepturinae, Necydalinae, Spondylinae, Cerambycinae e Lamiinae (Danilevsky, 2003). Molte specie tra i cerambicidi sono rare e classificate come minacciate in Europa (Nieto & Alexander, 2010). Alcune specie di longicorni sono anche state proposte come specie ombrello per la conservazione della biodiversità (Albert *et al.*, 2012; Drag *et al.*, 2011). Tra le specie minacciate inserite in Direttiva Habitat è nominato anche *Morimus funereus* Mulsant, 1862 (Nieto & Alexander, 2010).

## **1.4 LA SPECIE *MORIMUS ASPER* (SULZER, 1776)**

### **1.4.1 Tassonomia**

Nel 1776 Sulzer descrisse la specie *Morimus asper*, sotto il nome di *Cerambyx asper*. Brullé nel 1832 nominò per primo il genere *Morimus* (Miroshnikov, 2008). In seguito Mulsant (1862) descrisse la specie *Morimus funereus* (Sama, 1988).

Fino al 2013 si riteneva che in Europa fossero presenti cinque diverse specie appartenenti al genere *Morimus*: *M. asper* (Sulzer, 1776), *M. funereus* Mulsant, 1862, *M. orientalis* Reitter, 1894, *M. verecundus* (Faldermann, 1836) e *M. ganglbaueri* Reitter, 1894 (Sama & Lobl, 2010). Per distinguere queste specie furono utilizzate differenze morfologiche, come la dimensione dei granuli elitrali e la colorazione delle elitre, compresa la forma e la dimensione delle macchie nere elitrali. Per la presenza di numerose forme di passaggio una corretta identificazione degli individui è stata considerata difficile (Sama, 1988). È stato discusso ripetutamente se considerare queste cinque forme come specie distinte (Dajoz, 1976; Sama & Lobl, 2010). Solano *et al.* (2013) hanno utilizzato i marcatori COI (mitondriale) e ITS2 (nucleare) per analizzare la variabilità genetica tra individui e hanno concluso che in Europa è presente un'unica specie appartenente al genere *Morimus*, chiamata *Morimus asper*, che comprende però individui morfologicamente e geneticamente variabili, appartenenti a diverse linee evolutive.

### **1.4.2 Origine**

Secondo l'ipotesi più plausibile il genere *Morimus* Brullé, 1832 avrebbe avuto origine in Oriente; da qui avrebbe poi colonizzato la regione europea. Le popolazioni europee più antiche si trovano in Croazia e nel sud Italia (essendo le più variabili geneticamente), luoghi che probabilmente presentano rifugi glaciali durante il Wurmiano. Da questi rifugi la specie avrebbe poi iniziato ad espandersi nel resto d'Europa (Solano *et al.*, 2013).



### 1.4.3 Distribuzione

La specie *Morimus asper* (Sulzer, 1776) ha una distribuzione nord mediterranea (Sama, 1988; Sama & Rappuzzi, 2011). Le diverse varietà si distribuiscono nel territorio europeo come segue:

- *M. asper asper* in Italia (in particolare in tutte le regioni tranne Val d'Aosta e Friuli Venezia Giulia), Francia, Spagna, Grecia, Albania, Svizzera e Romania;
- *M. asper funereus* in Italia (esclusivamente in Friuli Venezia Giulia), nell'Europa dell'est e centrale (Moldavia, Ucraina, Austria, Ungheria, Romania, Slovacchia, Repubblica Ceca) e nei Balcani (Albania, Bosnia, Bulgaria, Croazia, Grecia, Macedonia, Montenegro, Serbia e Slovenia);
- l- *M. asper orientalis* in Turchia e in Bulgaria;
- *M. asper ganglbaueri* in Albania, Slovenia, Grecia e Italia (Friuli e Calabria);
- *M. asper verecundus* dall'est della Turchia fino al Caucaso e in Iran.

(Sama, 1988; Sama & Rappuzzi, 2011; Simonetta, 1989; Roguet, 2015).

### 1.4.4 Morfologia

L'uovo, color avorio, come avviene generalmente nei Lamiinae, ha una forma ovale allungata, e nel caso di *M. asper* misura 4,5 x 1,2-1,6 mm (Pavan, 1948a; Bugnion, 1931). La superficie è scolpita, i rilievi sul corion appaiono come strutture a stella irregolari (Romero Samper & Bahillo, 1993). Quando viene deposto nel legno subisce una pressione tale da venire deformato e appiattito: la sua sezione, naturalmente circolare, diviene sub-rettangolare con i lati maggiori ravvicinati e paralleli, e lati minori fortemente convessi (Pavan, 1948a).

La larva è bianca e carnosa, con la testa sclerificata (Romero Samper & Bahillo, 1993). Inoltre è apoda e con antenne piccolissime (Pavan, 1948a) (fig. 1.3). La larva neonata misura 5 mm (Romero Samper & Bahillo, 1993) ma arrivata all'ultimo stadio larvale può raggiungere una lunghezza di 60 mm (Pavan, 1948b). Possiede dei rompi guscio mandibolari e craniali (frontali e gulari) che utilizza al momento della schiusa per facilitare la rottura del guscio dell'uovo (Pavan, 1948a).



Fig. 1.3 Larva di *Morimus asper*



*Fig. 1.4. Pupa di Morimus asper*

La pupa è di color bianco latte e si scurisce man mano che la metamorfosi avanza (Romero Samper & Bahillo, 1993) (fig. 1.4).

L'adulto ha una lunghezza di 15-40 mm (Parisi & Busetto, 1992), il corpo è allungato, di forma ovale. Le elitre sono saldate tra loro, rendendo questa specie inabile al volo, e hanno un aspetto granuloso e una tipica colorazione grigio scuro o nera; sono presenti due macchie nere per elitra, ma a volte sono quasi invisibili se la colorazione di base è molto scura (Sama, 2002) (fig. 1.5). Invece la varietà *funereus* presenta una colorazione molto più chiara, grigio-azzurra e quindi le macchie nere sulle elitre sono chiaramente visibili (fig. 1.6); le antenne in questa forma sono leggermente più corte (Dajoz, 1976). La specie in generale è caratterizzata da un dimorfismo sessuale: la principale caratteristica che distingue i maschi dalle femmine è la lunghezza delle antenne. Nei maschi le antenne sono più lunghe (possono superare i 7,5 cm di lunghezza) e superano la lunghezza del corpo (Parisi & Busetto, 1992). Inoltre le femmine hanno in genere un addome più arrotondato e gonfio rispetto ai maschi (fig. 1.7).



*Fig. 1.5 Maschio adulto di Morimus asper asper.*



*Fig. 1.6 Maschio adulto di Morimus asper funereus.*



Fig. 1.7 Da sinistra a destra: maschio e femmina di *Morimus asper*.

#### 1.4.5 Ecologia

L'uovo fecondato, dopo essere stato deposto, necessita dai 9 ai 12 giorni per schiudersi, a seconda della temperatura e dell'umidità del sito di deposizione (Pavan, 1948a).

La larva è polifaga, si nutre di legno appena morto di piante decidue o anche di conifere, vivendo al di sotto della corteccia (Lopez Vaamonde *et al.*, 1993). Per completare lo sviluppo larvale sono necessari dai 3 ai 4 anni (Council of Europe, 1996). A questo punto la larva scava una camera pupale, di circa 8 cm di lunghezza, che può localizzarsi nella corteccia o più in profondità nel legno (Romero Samper & Bahillo, 1993; Pavan, 1948a). Qui in primavera avviene la metamorfosi (Romero Samper & Bahillo, 1993).

La pupa impiega circa 20 giorni per svilupparsi in adulto (Romero Samper & Bahillo, 1993).

Per altri 14–20 giorni l'adulto rimane nella camera pupale per terminare la sclerificazione del tegumento, dopo di che emerge, lasciando sulla superficie del legno un foro d'uscita circolare di circa 10 mm di diametro (Romero Samper & Bahillo, 1993).

Gli adulti di *M. asper* vivono nei boschi di pianura o in montagna, fino ai 1500 m di altitudine (Pérez Moreno & Herrera-Mesa, 1987). Sono attivi da marzo a settembre (Vrezec *et al.*, 2010). Hanno abitudini principalmente crepuscolari o notturne (Romero Samper & Bahillo, 1993), con un picco di attività tra le h 20:00 e le h 03:00 (Vrezec *et al.*, 2010), ma sono attivi anche di giorno (Bordignon *et al.*, 1992). La loro attività dipende dalle condizioni atmosferiche, diminuendo o cessando del tutto al di sotto dei 17°C e al di sopra dei 27 °C (Polak, 2012). Probabilmente gli adulti possono sopravvivere per un periodo di 2 anni (Polak, 2010). Gli adulti sono attratti dal legno appena morto, preferibilmente se questo si trova a livello del terreno; tronchi o alberi caduti sono punti di incontro per *Morimus asper*. I maschi scelgono un

tronco idoneo e tentano di difenderlo da altri maschi rivali, la femmina si aggira tra i tronchi cercando conspecifici per riprodursi e poi deporre (Polak, 2012) (fig. 1.8). La femmina si può accoppiare più volte con lo stesso maschio o con vari maschi (Romero Samper & Bahillo, 1993; Polak, 2012). Il periodo di ovodeposizione si estende da maggio a settembre (Romero Samper & Bahillo, 1993). Le femmine scavano con le mandibole una fessura nella corteccia dove deporre l'uovo, che viene deposto con un ovopositore di sostituzione. (Romero Saper & Bahillo, 1993). Nel caso vengano deposte più uova vicine la prima larva che ne esce mangia le altre uova (Pavan, 1948a).



*Fig. 1.8 Maschio e femmina di Morimus asper durante l'accoppiamento.*

#### **1.4.6 Minacce e conservazione**

Le principali minacce per *Morimus asper*, come in generale per le specie saproxiliche, sono la perdita e la frammentazione dell'habitat (Nieto & Alexander, 2010; Stokland *et al.*, 2012). La rimozione di legno morto dalle foreste, dovuta all'utilizzo del legname o a pratiche di “pulizia del bosco”, costituisce una perdita di habitat per la specie oggetto di studio (Stokland *et al.*, 2012; Lopez Vaamonde *et al.*, 1993; Romero Samper & Bahillo, 1993). Inoltre l'uomo può creare involontariamente delle vere e proprie trappole ecologiche per questa specie, accatastando legno appena tagliato che successivamente è rimosso dalla foresta (Robertson *et al.*, 2006). Queste attività rimuovono le uova fecondate dal bosco e possono causare facilmente un'estinzione locale (Robertson *et al.*, 2006). *M. asper* non è in grado di volare e non ha quindi particolari abilità di dispersione (Thomas, 2000). Una gestione forestale che tenga conto dell'ecologia di questa specie è dunque necessaria per garantire la sopravvivenza delle popolazioni locali (Jonsson *et al.*, 2005; Jonsson & Ranius, 2009; Shalin & Ranius, 2009).

La varietà *M. asper fumereus*, quando ancora era ritenuta una specie distinta da *M. asper*, è stata inserita nell'allegato II della Direttiva Habitat ed è stata catalogata come vulnerabile (VU)

secondo i criteri della IUCN (World Conservation Monitoring Centre 1996. *Morimus funereus*. The IUCN Red List of Threatened Species). Con la nuova classificazione tassonomica la varietà *funereus* non potrebbe più essere elencata in Direttiva Habitat, in quanto non è più ritenuta una specie. Dato che le altre varietà di *M. asper* (che ora include quella che era la specie *M. funereus*) non sono mai state elencate in Direttiva Habitat è necessario rivalutare lo stato di conservazione della specie e modificare di conseguenza la Direttiva Habitat (Chiari *et al.*, 2013).

#### 1.4.7 Metodi di monitoraggio

Recentemente sono stati pubblicati vari studi riguardo il monitoraggio delle popolazioni di *Morimus asper* (Ambrozic *et al.*, 2010; Campanaro *et al.*, 2011; Vrezec *et al.*, 2007, 2008, 2010, 2012). Queste ricerche dimostrano come l'uso di trappole a caduta posizionate vicino a ceppaie recentemente morte o danneggiate e il controllo di legna appena morta in natura siano metodi sfruttabili per il monitoraggio di questa specie. La preferenza di *Morimus asper* per la legna morta fresca che si trova a livello del terreno è stata sfruttata utilizzando delle cataste composte da legno appena tagliato come attrattivo e queste sono risultate efficienti (Chiari *et al.*, 2013). L'utilizzo di attrattivi infatti può aumentare la probabilità di cattura di una specie (Duelli & Wermlinger 2005; Larsson & Svensson 2009, 2011; Ray *et al.*, 2009).

Un'altra possibile esca sono le sostanze chimiche come i semiochimici, ovvero molecole odorose che servono per la comunicazione inter e intraspecifica (Gullan & Cranston 2010; Butenandt *et al.*, 1959), rispettivamente detti allelochimici e feromoni. In particolare per alcune specie strettamente relazionate tra loro e appartenenti alla sottofamiglia dei Lamiinae (a cui appartiene anche *M. asper*) sono stati identificati come componenti di feromoni di aggregazione le seguenti sostanze (Sweeny *et al.*, 2014; Silk *et al.*, 2007; Sweeney *et al.*, 2010; Fonseca *et al.*, 2010, Liendo *et al.*, 2005):

- (E)-6,10-dimethyl-5,9-undecadien-2-ol, detto più comunemente fuscumol
- (E)-6,10-dimethyl-5,9-undecadien-2-one, detto comunemente geranyl acetone
- (E)-6,10-dimethyl-5,9-undecadien-2-yl acetate, fuscumol acetate

Queste sostanze potrebbero essere attrattive anche per *Morimus asper* dato che specie di cerambicidi tassonomicamente affini possono condividere alcuni componenti dei feromoni o anche produrre lo stesso feromone per il principio di parsimonia che esiste nel processo di biosintesi, come dimostrato da Mitchell *et al.* (2011). Inoltre anche i composti volatili prodotti dalle piante ospiti sembrano attrarre le specie di Cerambicidi, e se aggiunti al feromone ne possono aumentare il potere attrattivo (Sweeney *et al.*, 2010; Hanks & Millar, 2012).

## 1.5 OBIETTIVI

L'obiettivo principale di questo lavoro è contribuire allo sviluppo di un metodo di monitoraggio adatto per la specie *Morimus asper*. Sono stati indagati due metodi di monitoraggio differenti:

- 1) uso di sostanze potenzialmente attrattive
- 2) costruzione di cataste di legna fresca

In riferimento al metodo 1) lo scopo primario è di testare l'efficienza di diverse sostanze chimiche come attrattivi per *Morimus asper*. In riferimento al metodo 2) lo scopo primario è di rispondere alle seguenti domande:

- a) Come varia il numero di adulti di *Morimus asper* avvistati sulle cataste durante la stagione? L'ipotesi è che esista un periodo circoscritto in cui *Morimus asper* è presente con il maggior numero di individui, tale da poter rappresentare il periodo più indicato per effettuare i monitoraggi.
- b) Come varia il numero di adulti di *Morimus asper* avvistati sulle cataste durante il giorno? L'ipotesi è che esista una fascia oraria in cui *Morimus asper* è presente con il maggior numero di individui, la quale dovrebbe rappresentare la fascia oraria più adatta per effettuare i monitoraggi.
- c) Come varia il numero di adulti di *Morimus asper* avvistati su cataste costruite con tronchi di diametro diverso? L'ipotesi è che esista un diametro dove *Morimus asper* è presente con il maggior numero di individui, il quale dovrebbe rappresentare il diametro più adatto per la costruzione delle cataste destinate al monitoraggio.
- d) Come varia il numero di adulti di *Morimus asper* avvistati su cataste costruite con tronchi di specie arboree diverse? L'ipotesi è che esista una specie arborea dove *Morimus asper* è presente con il maggior numero di individui, la quale dovrebbe rappresentare la specie arborea più adatta per la costruzione delle cataste destinate al monitoraggio.
- e) Ci sono differenze tra maschi e femmine di *Morimus asper* per quanto riguarda la probabilità di osservazioni, di sopravvivenza e di ricattura? L'ipotesi è che maschi e femmine siano caratterizzati da uguale probabilità di osservazione, sopravvivenza e ricattura.

## 2. MATERIALI E METODI

### 2.1 AREA DI STUDIO

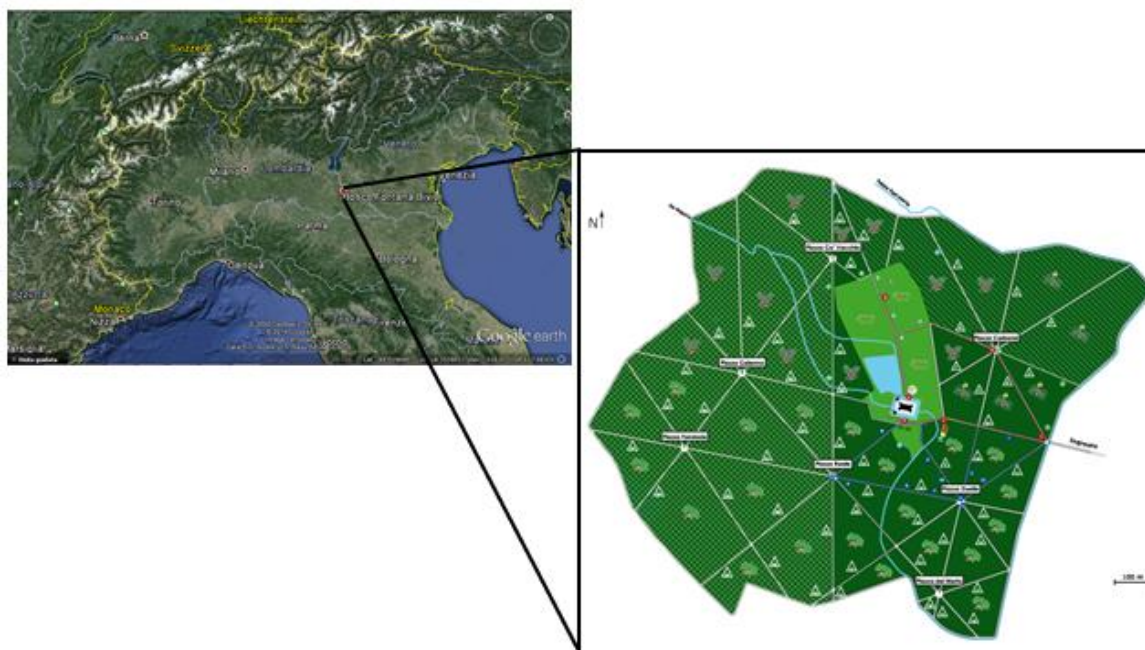


Fig. 2.1 Posizione geografica e mappa della Riserva Naturale di Bosco Fontana.

Questo studio si è svolto nella Riserva Naturale di Bosco Fontana (UTM 32T 636632 5006732, 25 m s.l.m.), localizzata in Lombardia, in provincia di Mantova, nel comune di Marmirolo (fig. 2.1).

Bosco Fontana è stato dichiarato ZPS a partire dal 1998 e SIC dal 2004 (SIC/ZPS IT20B0010). Sono 52 le specie animali tutelate a livello comunitario secondo la Direttiva Habitat e la Direttiva Uccelli presenti a Bosco Fontana. Tra queste sono elencati invertebrati (tra cui le specie saproxiliche *Lucanus cervus* e *Cerambyx cerdo*), pesci (ad esempio il cobite comune), anfibi (con la rana di Lataste) e uccelli (tra cui il nibbio bruno, il picchio nero, l'airone rosso e il martin pescatore) (Casale *et al.*, 2008; Casale *et al.*, 2011)

Bosco Fontana rappresenta uno degli ultimi relitti della foresta planiziale tipica della Pianura Padana (Campanaro *et al.*, 2007) (fig. 2.2). La sua conservazione è dovuta alla famiglia Gonzaga che nel XVI secolo stabilì qui la propria riserva di caccia, preservando l'area dalla deforestazione. Nei secoli successivi l'area boscata ha subito molteplici riduzioni, fino ad arrivare all'attuale estensione di 233 ha.

La principale associazione vegetale che caratterizza quest'ambiente è *Polygonato multiflori-Quercetum roboris* Sartori 1984, composto da *Quercus robur* e *Carpinus betulus*. Nella parte nord della foresta però *Quercus robur* è sostituita da *Quercus cerris*; altre specie vegetali comuni sono ad esempio *Fraxinus ornus*, *Sorbus torminalis*, *Cornus mas*. Il sottobosco è molto fitto ed è composto da varie specie vegetali arboree ed erbacee, come *Corylus avellana*, *Cornus mas*, *Sambucus nigra*, *Viburnum opulus*, *Ligustrum vulgare*, *Euonymus europeas*, *Crataegus monogina* e infine *Ruscus aculeatus*. Un'altra componente vegetale presente è l'associazione *Carici elongatae-Alnetum glutinosae* Weisser 1970, si trova nelle aree più umide interne alla foresta e lungo i corsi d'acqua che attraversano la riserva ed è composta da specie igrofile. È rappresentata da due tipi di cenosi: una dominata da *Alnus glutinosa* e un'altra con *Fraxinus angustifolia oxycarpa* come specie dominante. La prima specie dominante si trova in associazione con *Leucojum vernalis*, *Viburnum opulus*, *Rubus caesius*, *Equisetum fluviale*, *Caltha palustris*, *Angelica sylvestris*, *Carex acutiformis*, *Carex riparia*, *Cirsium palustre*, *Berula erecta*, *Valeriana dioica*, mentre la presenza della seconda specie è accompagnata da *Pulmonaria officinalis*, *Lathraea squamaria*, *Lamium orvala*, *Allium ursinum*, *Equisetum telmateja* (Campanaro *et al.*, 2007). Sono presenti alcune specie vegetali alloctone. Tra queste merita particolare attenzione una specie aliena invasiva: la ormai diffusa *Quercus rubra* (Dalponte *et al.*, 2007). Altre specie aliene, ma con ridotta capacità competitiva, sono *Platanus hispanica* e *Juglans nigra*. Tutte queste specie alloctone sono state introdotte dall'Amministrazione Forestale tra il 1952 e il 1958. Attualmente uno dei principali obiettivi della gestione della riserva è quello di eliminare le specie aliene presenti (Campanaro *et al.*, 2007).

L'area di studio è caratterizzata da un tipico clima continentale, con inverni freddi e estati calde. La temperatura media annua è di 13,4°C e le precipitazioni medie annue sono di 658 mm. Le temperature più alte si riscontrano in estate, con una temperatura media di 24,2°C, mentre in inverno la temperatura media del mese più freddo scende fino a 1,3°C (Mason *et al.*, 2002; Campanaro *et al.*, 2007).





*Fig. 2.2 Riserva Naturale di Bosco Fontana: a sinistra una strada forestale che attraversa la foresta planiziale, a destra la palazzina dei Gonzaga.*

## 2.2 ATTIVITÀ SPERIMENTALE E RACCOLTA DATI

Per rispondere alle domande precedentemente elencate sono stati utilizzati due diversi approcci sperimentali, come riassume la tabella seguente (tab. 2.1).

<b>METODO</b>	
<b>Sostanze potenzialmente attrattive</b>	<b>Cataste di legna fresca</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Le sostanze utilizzate sono realmente attrattive per la specie?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Come varia il numero di adulti avvistati sulle cataste durante la stagione?</li> <li>• Come varia il numero di adulti avvistati sulle cataste durante il giorno?</li> <li>• Come varia il numero di adulti avvistati su cataste costruite con tronchi di diametro diverso e/o di specie arborea differente?</li> <li>• Ci sono differenze tra maschi e femmine per quanto riguarda la probabilità di osservazioni, di sopravvivenza e di ricattura?</li> </ul>

*Tab. 2.1 Metodi di monitoraggio testati e rispettivi argomenti su cui indagare*

## 2.2.1 Sostanze potenzialmente attrattive

### 2.2.1.1 Costruzione delle trappole a caduta con sostanze potenzialmente attrattive

Per la scelta delle sostanze da utilizzare come potenzialmente attrattive per la specie *Morimus asper* è stata effettuata una ricerca bibliografica. Basandosi principalmente sugli studi di Mitchell *et al.* (2011) e di Sweeny *et al.* (2010, 2014) sono state identificate le sostanze da testare ed in seguito sono state prodotte le seguenti miscele potenzialmente attrattive:

1. 0,1 ml racemic (E/Z) Fuscumol + 0,9 ml Isopropanolo
2. 0,05 ml Fuscumol acetate + 0,95 ml Isopropanolo
3. 0,1 ml Fuscumol + 0,05 ml Fuscumol acetate + 0,85 ml Isopropanolo
4. 1 ml Etanolo 100%

A queste sono stati aggiunti due tipi di controllo:

5. 1 ml Isopropanolo
6. controllo bianco

Il racemic fuscumol e il fuscumol acetate sono sostanze identificate come componenti di feromoni di specie tassonomicamente affini a *M. asper*, mentre l'isopropanolo è stato usato come carrier, ovvero come sostanza che facilita il trasporto delle altre sostanze. Il controllo composto da 1 ml di Isopropanolo è stato realizzato per verificare che il carrier non avesse un proprio potere attrattivo. Il controllo bianco, cioè una trappola senza esca, è stato effettuato per determinare la probabilità di cattura casuale di *M. asper* della trappola.

Per testare quindi il potere attrattivo delle suddette miscele sono state utilizzate delle trappole a caduta. Queste sono state costruite utilizzando dei vasi di plastica con un'apertura superiore di 10 cm di diametro e alti 21 cm (fig. 2.3). Questi sono stati chiusi con un imbuto avente lo stesso diametro. La parte più stretta dell'imbuto è stata tagliata lasciando un'apertura di 3 cm, sufficiente per far cadere gli adulti di *M. asper* all'interno della trappola (fig. 2.3). Le trappole sono state sotterrate fino a livello del terreno. Le miscele erano contenute in bustine di polietilene (4,8 cm x cm 6,2) poste appena dietro l'imbuto, a cui erano attaccate con del nastro adesivo (fig. 2.4) (Mitchell *et al.*, 2011).

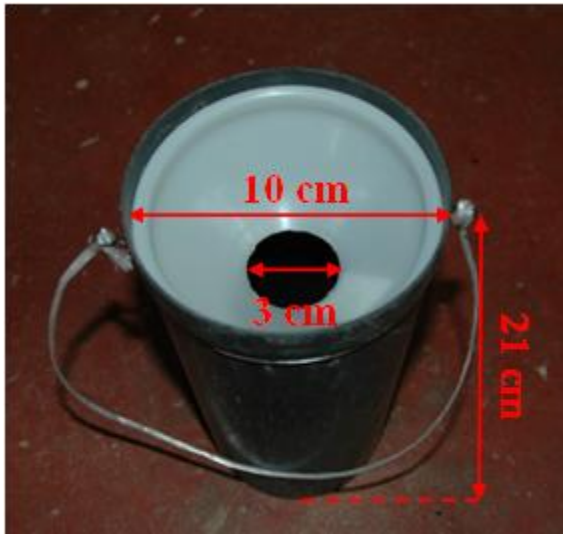


Fig. 2.3 Trappola a caduta.



Fig. 2.4 Posizione della bustina di polietilene.

Per questo monitoraggio è stata selezionata un'area di Bosco Fontana, nella parte nord-est della foresta ( $45^{\circ}12'17.0''N$   $10^{\circ}45'17.0''E$ ) (fig. 2.5). Qui sono state identificate 7 aree idonee al posizionamento delle trappole, distanziate almeno 100 m tra loro e almeno 5 m dalle strade forestali. Seguendo un randomized block design (Sweeney *et al*, 2014) in ognuna delle 7 aree sono state posizionate 6 trappole, i rispettivi 6 trattamenti (4 miscele + 2 controlli) sono stati distribuiti in ordine casuale, mantenendo una distanza di 20 m tra una trappola e l'altra (fig. 2.6). Il randomized block design permette di ridurre il rumore di fondo causato da fattori non controllabili e la possibile interazione tra trattamenti.

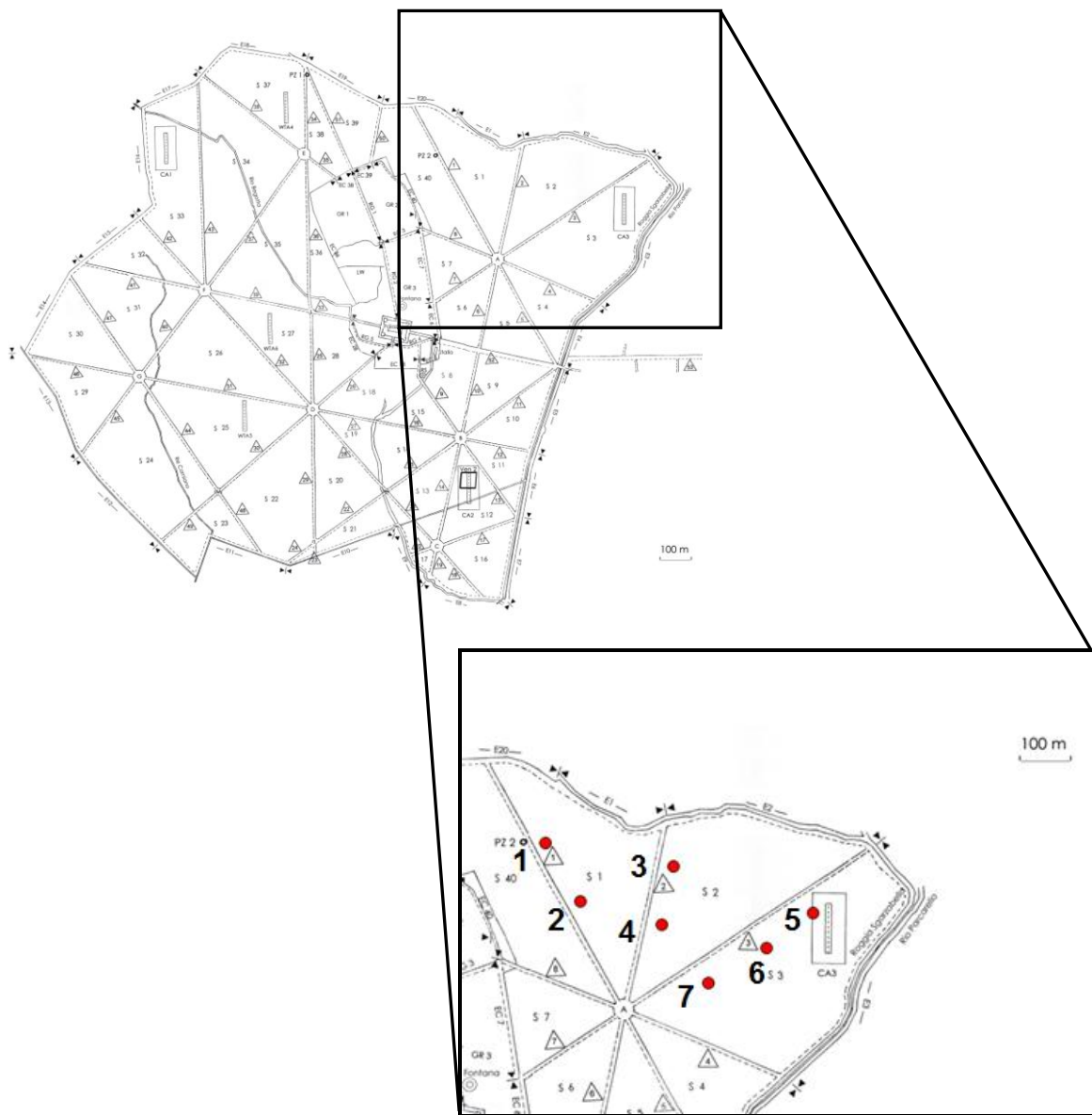


Fig. 2.5 Mappa di Bosco Fontana e disposizione delle 7 aree selezionate per l'esperimento.

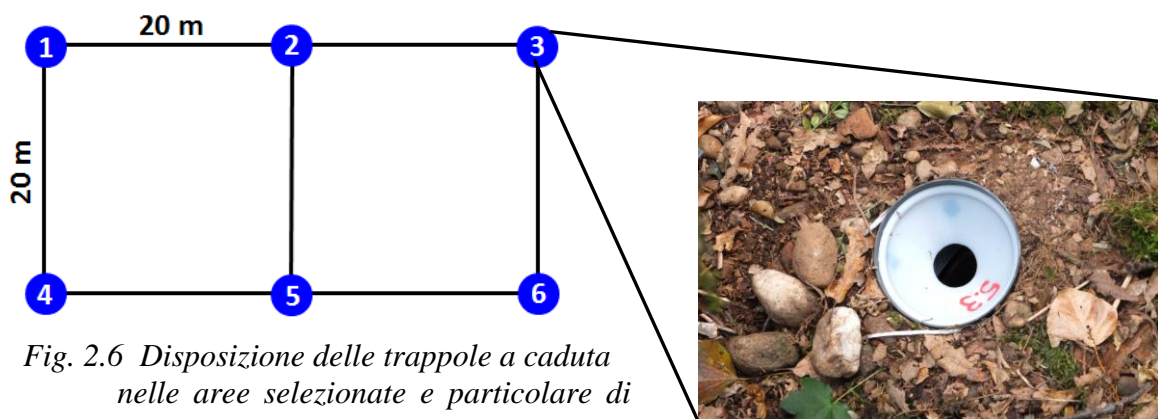


Fig. 2.6 Disposizione delle trappole a caduta nelle aree selezionate e particolare di una trappola a caduta interrata.

### 2.2.1.2 Monitoraggio di *Morimus asper*

Il controllo delle 42 trappole (6 trattamenti x 7 aree) (fig. 2.7) si è svolto dal 11 giugno fino al 20 giugno 2014, ogni mattina, ad eccezione dei giorni 14 e 15 giugno 2014, durante i quali le trappole sono state chiuse con un coperchio in plastica. Erano necessarie circa 4 ore per controllare tutte le trappole. Durante il monitoraggio sono stati indossati dei guanti in lattice usa e getta, cambiandoli ad ogni trappola, per evitare di mescolare odori di diverse sostanze.



Fig. 2.7 Controllo delle trappole a caduta.

## 2.2.2 Cataste di legna fresca







### 2.2.2.1 Costruzione delle cataste

L'utilizzo di cataste di legna fresca come metodo di campionamento per la specie *Morimus asper* è stato proposto da Chiari *et al.* (2013). In particolare Chiari *et al.* (2013) hanno dimostrato che cinque controlli di 33 cataste sono sufficienti per raggiungere una probabilità di osservare la specie del 99% (SE = 0,05) e del 95% (SE = 0,08) su cataste con un volume di 0,50 m<sup>3</sup> e 0,25 m<sup>3</sup> rispettivamente. Basandoci su questo studio sono state quindi costruite cataste di legna fresca con le caratteristiche elencate di seguito.

Sono state create 6 tipologie di cataste: queste differivano per la specie arborea utilizzata e per il diametro dei tronchi usati (tab 2.1). Alcune cataste sono state costruite con legno di farnia (*Quercus robur*), mentre altre con legno di carpino (*Carpinus betulus*); in entrambi i casi è stato

utilizzato legname proveniente dalla foresta stessa. Poi i tronchi tagliati con una lunghezza standard di 60 cm sono stati suddivisi in 3 classi di diametro:

- “small” per un diametro di 5-12 cm
- “medium”, 13-30 cm
- “large”, 31-60 cm

		DIAMETRO		
		SMALL	MEDIUM	LARGE
SPECIE	Q			
	C			

Tab. 2.1 Differenti tipologie di cataste. Q = quercia, C = carpino.

Ogni catasta è stata costruita quindi un volume di legno standard di  $0,3 \text{ m}^3$ , seguendo le indicazioni fornite dal lavoro di Chiari *et al.* (2013) in base al quale su cataste con un volume di legna di  $0,25 \text{ m}^3$  si ha una probabilità di osservare la specie del 95%. Nella costruzione delle cataste bisogna tenere conto degli spazi vuoti che si creano tra un tronco e l'altro, quindi il volume finale della catasta è maggiore del volume del legno utilizzato. È stato quindi calcolato il volume stereo (volume dei tronchi più volume degli spazi vuoti che si creano tra un tronco e l'altro) e le tre dimensioni ottenute sono  $60 \text{ cm} \times 100 \text{ cm} \times 70 \text{ cm}$ . Innanzitutto i tronchi sono stati tagliati con la lunghezza standard di  $60 \text{ cm}$  e in seguito per misurare le altre due dimensioni è stata usata una semplice struttura composta da due aste di legno collegate da una corda lunga  $100 \text{ cm}$ . Le due aste di legno sono fissate nel terreno, in modo che la corda risulti tesa e quindi le due aste siano distanziate di  $100 \text{ cm}$ . Questa struttura è stata poi riempita con i tronchi da un'asta all'altra fino a un'altezza di  $70 \text{ cm}$ , in modo da ottenere il volume desiderato. In seguito la struttura è rimossa e la catasta acquista il suo aspetto finale (fig. 2.8).

**Durante la costruzione**



**Aspetto finale**



*Fig. 2.8 Costruzione delle cataste e loro aspetto finale.*

In tutto sono state costruite 30 cataste, 5 repliche per ogni tipologia, ognuna contrassegnata da un numero di riconoscimento. Le cataste sono state distribuite nella foresta lungo le strade forestali seguendo una numerazione randomizzata.

L'area di Bosco Fontana scelta per questa indagine si trova nella parte sud-ovest della foresta (fig. 2.9).

#### **2.2.2.2. Monitoraggio di *Morimus asper***

Il controllo delle cataste si è svolto dal 26 marzo al 16 luglio 2014, un giorno a settimana, tre volte al giorno (h 16:00; h 20:00; h 24:00). Inoltre le cataste sono state controllate in modo intensivo dal 12 al 16 maggio e dal 11 al 13 giugno 2014, in cui il controllo è stato effettuato 6 volte al giorno, ogni 4 ore, coprendo quindi tutto l'arco della giornata (h 8:00; h 12:00; h 16:00; h 20:00; h 24:00; h 4:00). Questi controlli sono stati realizzati grazie all'aiuto degli operatori di Bosco Fontana.

Il controllo delle cataste consisteva nell'ispezionare la superficie dei tronchi, senza muoverli, cercando individui adulti di *Morimus asper*, guardando attentamente anche negli spazi che si formano tra un tronco e l'altro con l'aiuto di una lampadina "frontale" (Petzl TIKKA PRO) (fig. 2.10).

Gli individui avvistati durante i controlli sono stati marcati (solo dal 2 aprile in poi), ne è stato determinato il sesso, si è preso nota delle informazioni raccolte e poi gli individui sono stati immediatamente rilasciati sulla stessa catasta dove è avvenuto il ritrovamento. La marcatura è stata effettuata incollando sull'elitra dell'animale un bollino numerato e colorato (numeri per segnare le regine Opalith ordinati su <http://www.kipgo.net>) (Schöps, 2002; Butler *et al.*, 2012; Townsend, 2013) (fig. 2.11). Il collante utilizzato è stato la Loctite Super Attak Power Flex Gel (Etilcianoacrilato). È stata scelta questa tecnica di marcaggio in quanto già utilizzata con

risultati soddisfacenti e caratterizzata da una bassa probabilità di perdita casuale (19,7%) (Butler *et al.*, 2012; Townsend, 2013). I colori a disposizione erano: bianco, blu, arancione, verde, giallo, con numeri tra 1 e 99. Nei primi 491 esemplari il numero è stato incollato sull'elitra destra (dei 495 bollini a disposizione 4 erano difettati o sono stati persi prima di essere stati incollati), una volta esaurite le combinazioni a disposizione il bollino veniva incollato sull'elitra sinistra. Nel caso di ritrovamento di individui già marcati è stato annotato il numero di marcatura e il numero della catasta. Per ogni controllo sono state annotate anche l'ora di inizio e di fine controllo e informazioni riguardo eventuale pioggia, vento o nubi. Le informazioni metereologiche sono state annotate indicando un valore da 0 a 4 (0 = assenza; da 1 a 4 = progressivo aumento della rispettiva condizione metereologica).



*Fig. 2.10 Controllo delle cataste di legna fresca.*



*Fig. 2.11 Individuo di *Morimus asper* marcato con un bollino numerato e colorato*



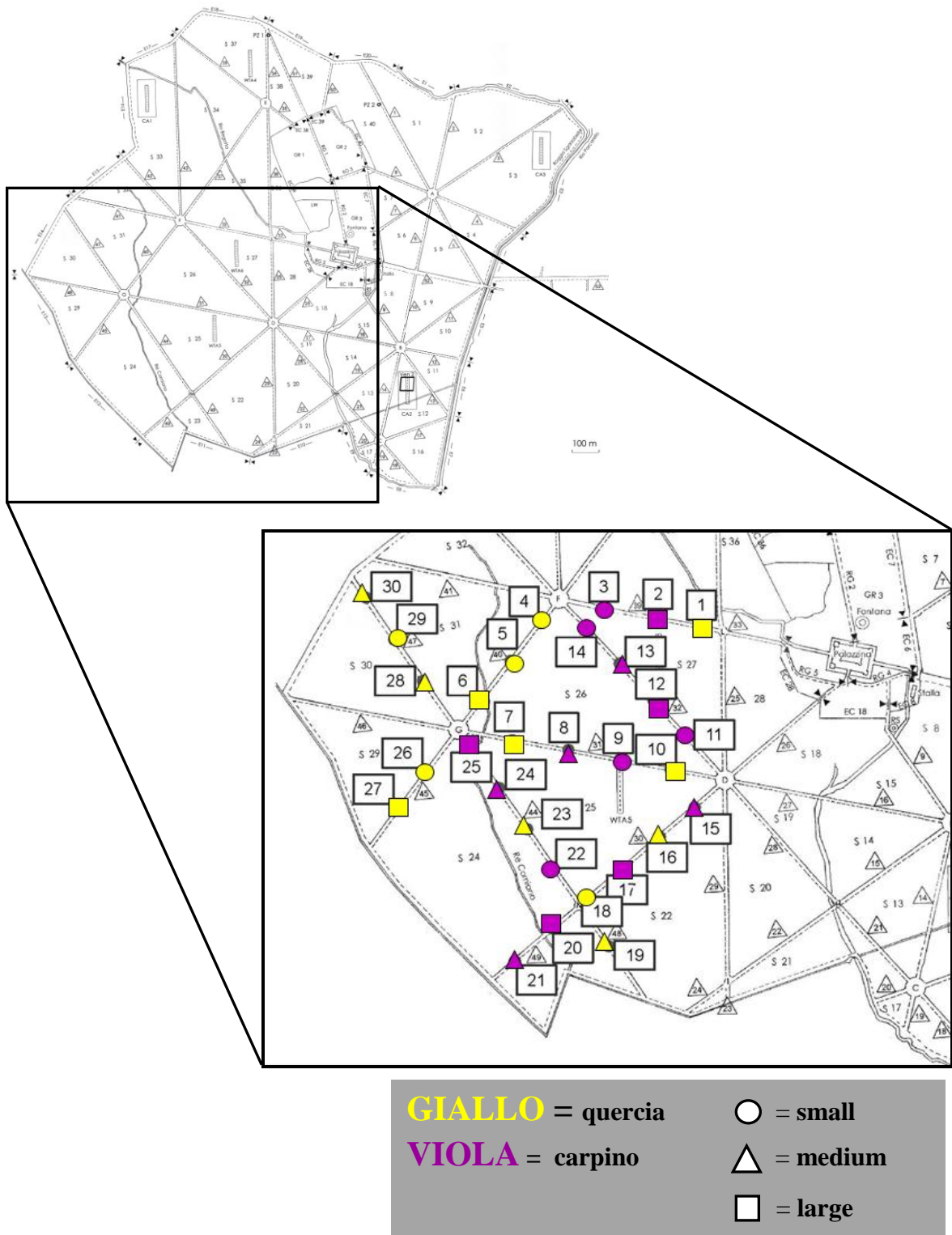


Fig. 2.9 Mappa di Bosco Fontana e posizione casuale delle cataste nell'area selezionata per l'esperimento.

## **2.3 ANALISI DEI DATI**

### **2.3.1 Sostanze potenzialmente attrattive**

I dati raccolti sarebbero stati analizzati effettuando un'analisi della varianza (ANOVA) per verificare se i diversi trattamenti influivano sulla cattura di individui adulti di *M. asper*.

### **2.3.2 Cataste di legna fresca**

#### **2.3.2.1 Avvistamento stagionale di *Morimus asper* sulle cataste**

L'andamento degli avvistamenti di *Morimus asper* è stato rappresentato tramite grafici che indicano il numero di individui adulti avvistati durante il periodo di monitoraggio, giorno per giorno, per maschi e femmine sia raggruppati che separatamente. Per analizzare la differenza numerica tra maschi e femmine è stato usato il test statistico  $\chi^2$ .

#### **2.3.2.2 Avvistamento giornaliero di *M. asper* sulle cataste**

Le differenze tra il numero di individui avvistati in differenti fasce orarie sono state analizzate per mezzo del test statistico  $\chi^2$ . Sono stati utilizzati i dati ottenuti dal campionamento intensivo (sei uscite giornaliere) per indagare possibili differenze sull'intero arco della giornata; è stato considerato il valore medio di individui avvistati al giorno durante una determinata fascia oraria. Sono stati analizzati anche i dati ottenuti dal campionamento effettuato un giorno a settimana, considerando il numero totale di individui avvistati in una determinata fascia oraria. Il  $\chi^2$  è stato calcolato sia confrontando tutte le fasce orarie insieme che confrontando le fasce orarie a due a due. Le possibili differenze tra maschi e femmine sono state rappresentate graficamente.

#### **2.3.2.3 Influenza del diametro dei tronchi e/o della specie di appartenenza del legno utilizzato sul numero di *M. asper* avvistati sulle cataste**

Le cataste sono state costruite per indagare l'effetto di due variabili: la specie di albero utilizzato e il diametro dei tronchi che la costituiscono. Per determinare l'influenza di queste due variabili sul numero di *M. asper* avvistati, e la loro possibile interazione, è stata effettuata un'analisi della varianza (ANOVA) a due vie.

Per verificare se i dati analizzati rispettano le assunzioni dell'ANOVA sono stati eseguiti il test di Shapiro-Wilks e il test di Hartley, rispettivamente per verificare la normalità e l'omoschedasticità dei dati.

Per analizzare a posteriori l'influenza delle variabili, e quindi individuare dove è significativa la differenza del numero di individui osservati su diverse tipologie di cataste è stato usato il Tukey's test HSD (Honest Significant Difference).

Per eseguire questi test è stato utilizzando il programma OpenStat (versione 08.12.14).

I dati utilizzati per analizzare l'influenza del diametro dei tronchi e/o del tipo di legno sono quelli dei controlli effettuati un giorno a settimana (per un totale di tre uscite giornaliere). È stato considerato il numero totale di avvistamenti per catasta.

#### **2.3.2.4 Probabilità di sopravvivenza e probabilità di ricattura di maschi e femmine**

##### **di *M. asper***

Per calcolare il tasso di sopravvivenza e la probabilità di ricattura sono stati costruiti dei modelli utilizzando il Programma MARK, in particolare basandosi sul modello Cormac Jolly-Seber. Sono stati confrontati modelli con probabilità di sopravvivenza e probabilità di ricattura costanti ( $\cdot$ ), tempo-dipendenti ( $t$ ), gruppo-dipendenti ( $g$ ) e sia tempo che gruppo dipendenti ( $g*t$ ). Il modello migliore è stato poi selezionato confrontando l'AIC value (Akaike Information Criterion) (Akaike, 1974). Per analizzare l'andamento della probabilità di sopravvivenza e della probabilità di ricattura sono stati utilizzati i dati raccolti durante i controlli effettuati un giorno a settimana, raggruppando le tre uscite giornaliere.

### **3. RISULTATI**

#### **3.1 SOSTANZE POTENZIALMENTE ATTRATTIVE**

Nessun individuo di *Mormus asper* è stato catturato con le trappole contenenti le sostanze potenzialmente attrattive.

## 3.2 CATASTE DI LEGNA

### 3.2.1 Dati di cattura

Durante la stagione di monitoraggio sono stati marcati 712 individui di *M. asper*, di cui 11 hanno sicuramente perso la marcatura (è stato ritrovato solo il bollino numerato) e quindi 701 individui sono stati presi in considerazione per le analisi. I maschi marcati, 509 individui, superano di numero le femmine marcate, 192 individui (tab. 3.1); questa differenza è statisticamente significativa ( $\chi^2 = 344,08$  P < 0,01).

	NUM. INDIVIDUI MARCATI	%
<b>MASCHI</b>	509	72,6
<b>FEMMINE</b>	192	27,4
<b>TOT</b>	<b>701</b>	

Tab. 3.1 Numero e percentuale di maschi e femmine di *M. asper* marcati

### 3.2.2 Avvistamento stagionale di *Morimus asper* sulle cataste

Il primo individuo adulto di *M. asper* è stato avvistato il 26 marzo. La prima marcatura è avvenuta il 2 aprile e l'ultima cattura il 16 luglio. La maggior parte delle catture è avvenuta nel primo periodo di campionamento, dal 2 aprile al 21 maggio, con un picco di 170 individui avvistati in data 23 aprile. In questo primo periodo si osserva un numero relativamente basso di individui nelle date del 16 aprile e del 30 aprile, giorni in cui si sono verificate condizioni di pioggia. L'andamento degli avvistamenti è raffigurato nel grafico in fig. 3.1.

La prima femmina adulta di *Morimus asper* è stata avvistata il 2 aprile, a differenza dei maschi già avvistati una settimana prima. Sia maschi che femmine di *M. asper* sono stati avvistati fino al 16 luglio. Il picco di individui avvistati si verifica per entrambi i sessi in data 23 aprile, con 126 maschi e 44 femmine. L'andamento degli avvistamenti di maschi e femmine è simile, come dimostra il grafico in fig. 3.2.

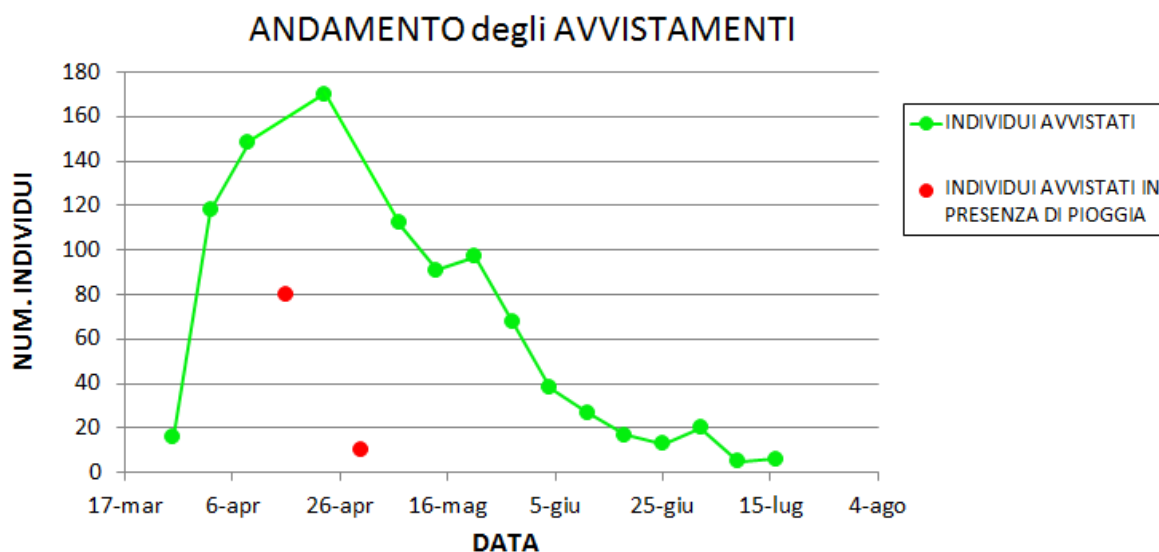


Fig. 3.1 Numero di individui di *Morimus asper* avvistati durante il monitoraggio (dal 26/03/14 al 16/07/14). Le tre uscite giornaliere sono state considerate in modo cumulativo. Gli avvistamenti del 16 aprile e del 30 aprile (contrassegnati in rosso) non sono stati considerati per rappresentare l'andamento degli avvistamenti in quanto il basso numero di individui avvistati si pensa sia dovuto alle condizioni di pioggia.

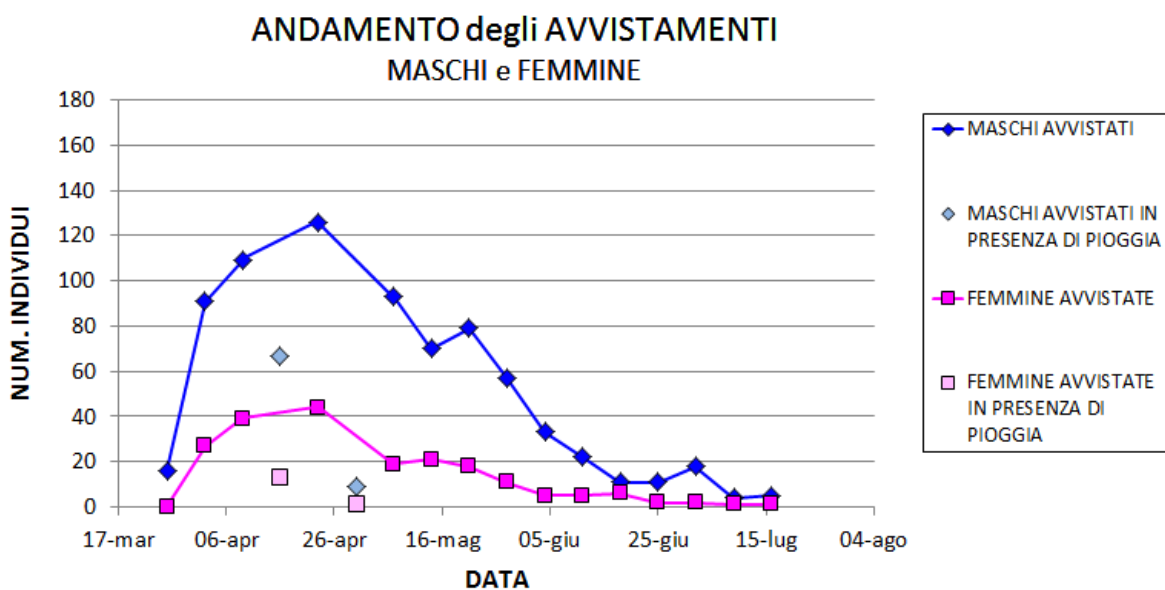


Fig. 3.2. Numero di maschi e femmine di *Morimus asper* avvistati durante il monitoraggio (dal 26/03/14 al 16/07/14). Le tre uscite giornaliere sono state considerate in modo cumulativo. Gli avvistamenti del 16 aprile e del 30 aprile (contrassegnati in rosso) non sono stati considerati per rappresentare l'andamento degli avvistamenti in quanto il basso numero di individui avvistati si pensa sia dovuto alle condizioni di pioggia.

### 3.2.3 Avvistamento giornaliero di *M. asper* sulle cataste

Analizzando i dati ottenuti dal campionamento intensivo risulta che la distribuzione catture delle degli individui (tab. 3.2) non è indipendente dalla fascia oraria di campionamento ( $\chi^2 = 27,002$   $P < 0,01$ ). Confrontando a coppie le 6 fasce orarie risulta significativa ( $P < 0,01$ ) la differenza che esiste tra i controlli diurni (h 8:00, h 12:00, h 16:00) e quelli serali (h 20:00 e h 24:00), mentre non esiste una differenza significativa tra i due controlli delle h 20:00 e delle h 24:00 e nemmeno tra i tre controlli giornalieri. Riguardo al controllo delle h 4:00 non risulta significativa ne la differenza con i controlli diurni ne con i due controlli serali. Gli avvistamenti di *Morimus asper* non sono quindi distribuiti in modo casuale, ma si concentrano nella fascia oraria delle h 20:00 e delle h 24:00 (fig. 3.3). Anche considerando maschi e femmine separatamente la fascia oraria in cui è stato avvistato un maggior numero di individui rimane quella delle h 20:00, immediatamente seguita da quella delle h 24:00 (fig. 3.4).

Analizzando i dati ottenuti dal campionamento settimanale risulta che la distribuzione delle catture (tab. 3.3) non è indipendente dalla fascia oraria di campionamento ( $\chi^2 = 21,085$   $P < 0,01$ ). Confrontando a coppie le 3 fasce orarie risulta significativa la differenza tra i campionamenti effettuati alle h 20:00 con quelli delle h 16:00 e delle h 24:00 (rispettivamente  $\chi^2 = 16,819$   $P < 0,01$  e  $\chi^2 = 13,316$   $P < 0,01$ ), mentre non è significativa la differenza tra i controlli delle h 16:00 e quelli delle h 24:00 (fig. 3.5).

Dei 701 individui marcati durante tutto il periodo di monitoraggio, se si considera soltanto la fascia oraria delle h 20:00, il 59% sarebbe stato catturato, di cui 317 individui maschi e 99 femmine. Considerando soltanto la fascia oraria delle h 16:00 e delle h 24:00 sarebbe stato catturato rispettivamente il 49% e il 45% di tutti gli individui marcati.

	FASCIA ORARIA					
	08:00	12:00	16:00	20:00	24:00	04:00
MASCHI	9	7	8	24	24	16
FEMMINE	1	2	2	6	6	3
TOT	10	9	10	30	30	19

Tab. 3.2 Media degli individui di *M. asper* avvistati nelle differenti fasce orarie durante il monitoraggio intensivo.

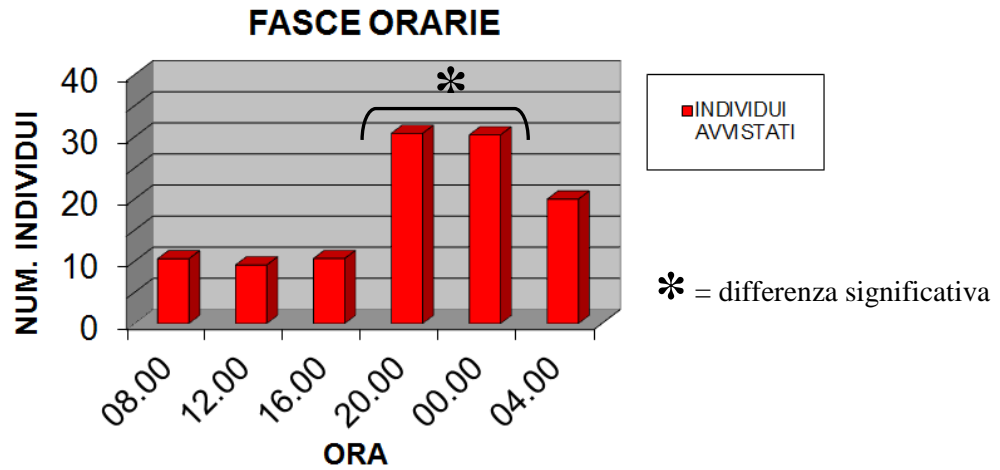


Fig. 3.3 Numero di individui di *Morimus asper* avvistati nelle diverse fasce orarie durante il monitoraggio intensivo. Le barre rappresentano la media degli individui avvistati.

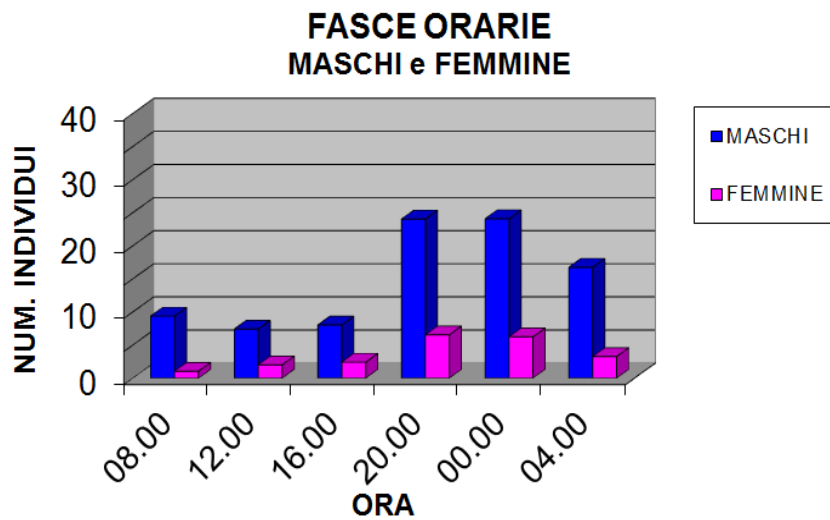


Fig. 3.4 Numero di maschi e femmine di *Morimus asper* avvistati nelle diverse fasce orarie durante il monitoraggio intensivo. Le barre rappresentano la media degli individui avvistati.

		FASCE ORARIE		
		16:00	20:00	24:00
<b>DATA</b>	02/04/14	32	77	63
	09/04/14	78	79	55
	16/04/14	36	42	14
	23/04/14	77	88	52
	30/04/14	2	6	2
	07/05/14	49	53	28
	14/05/14	20	57	52
	21/05/14	34	36	52
	28/05/14	29	36	32
	04/06/14	8	15	25
	11/06/14	3	14	17
	18/06/14	9	7	6
	25/06/14	7	7	3
	02/07/14	11	6	10
	09/07/14	4	2	1
16/07/14	3	2	3	
	<b>TOT</b>	<b>402</b>	<b>527</b>	<b>415</b>

Tab. 3.3 Numero di individui di *M. asper* avvistati nelle diverse fasce orarie durante le date del monitoraggio settimanale

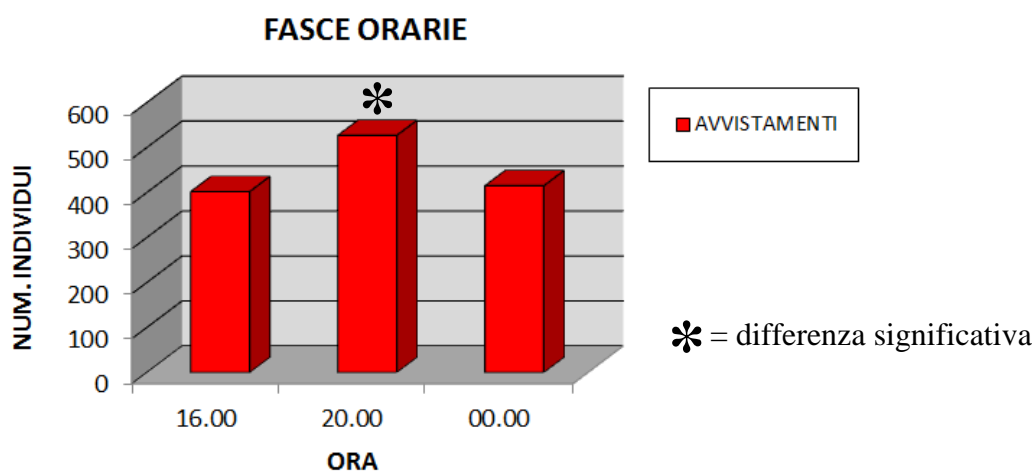


Fig. 3.5 Numero di individui totali di *Morimus asper* avvistati nelle diverse fasce orarie durante il monitoraggio settimanale.



### 3.2.4 Influenza del diametro dei tronchi e/o della del tipo di legno utilizzato sugli avvistamenti di *M. asper* sulle cataste

Dal risultato ottenuto con il test di Shapiro-Wilks si può affermare che i dati seguono una distribuzione normale (Shapiro-Wilks:  $W = 0,97$ ;  $P = 0,644$ ). Il risultato ottenuto eseguendo l'Hartley test non risulta significativo ( $F_{\max} \text{ calc.} = 8,90 < F_{\max} \text{ tab.} = 29,5$ ), l'ipotesi di omoschedasticità dei dati viene accettata.

Dall'ANOVA a due vie, analizzando il numero totale degli individui avvistati sulle sei tipologie di cataste, risulta che entrambi le variabili (specie di albero e diametro dei tronchi) sono influenti sull'avvistamento di *Morimus asper* ( $F_{(1, 28)} = 15,221$ ;  $P = 0,001$  e  $F_{(2, 27)} = 8,449$ ;  $P = 0,002$ ) e non esiste interazione tra le due variabili ( $F_{(5,24)} = 1,367$ ;  $P = 0,274$ ).

La tipologia di catasta dove sono stati avvistati più individui di *Morimus asper* è quella costituita da tronchi di quercia a diametro medio (73,6 avvistamenti totali per catasta) (tab. 3.4 e fig. 3.6). Se si considera la specie di albero utilizzato è la quercia su cui sono stati osservati più individui (168,2 avvistamenti per catasta ritrovati in totale contro 102 avvistamenti totali ritrovati su cataste di carpino). Tra le cataste di carpino il diametro con più avvistamenti è quello più largo (tab. 3.4 e fig. 3.6). Le cataste costituite da tronchi a diametro piccolo sono per entrambe le specie di albero quelle in cui il minor numero di individui è stato avvistato (tab 3.4 e fig. 3.6). Le stesse preferenze si riscontrano se si trattano i maschi separatamente dalle femmine (tab 3.4 e fig. 3.7 e 3.8).

Eseguendo il Tukey's test HSD, considerando soltanto il diametro delle cataste di legna, risulta significativa la differenza tra le cataste a diametro piccolo con le cataste a diametro medio e a diametro grande ( $P = 0,0018$  e  $P = 0,0159$ ), mentre non è significativa la differenza tra cataste a diametro grande e a diametro medio ( $P = 0,6397$ ). Confrontando le cataste di quercia con un diverso diametro risulta significativa la differenza tra le cataste a diametro piccolo e quelle a diametro medio, mentre tra le cataste di carpino a diverso diametro non esistono differenze significative. Infine confrontando cataste caratterizzate da uno stesso diametro ma costituite da specie differenti di albero risulta significativa la differenza tra le cataste di quercia e di carpino a diametro medio (tab. 3.5).

	DIAMETRO		
	SMALL	MEDIUM	LARGE
<b>CATASTE DI QUERCIA</b>			
MASCHI	29,4	57,2	45,6
FEMMINE	9	16,4	10,6
<b>TOT</b>	<b>38,4</b>	<b>73,6</b>	<b>56,2</b>
<b>CATASTE DI CARPINO</b>			
MASCHI	17,2	33	34,6
FEMMINE	2,4	5,8	9
<b>TOT</b>	<b>19,6</b>	<b>38,8</b>	<b>43,6</b>

Tab. 3.4 Media del numero di individui di *M. asper* avvistati su una singola catasta di una determinata categoria, durante tutto il periodo di monitoraggio.

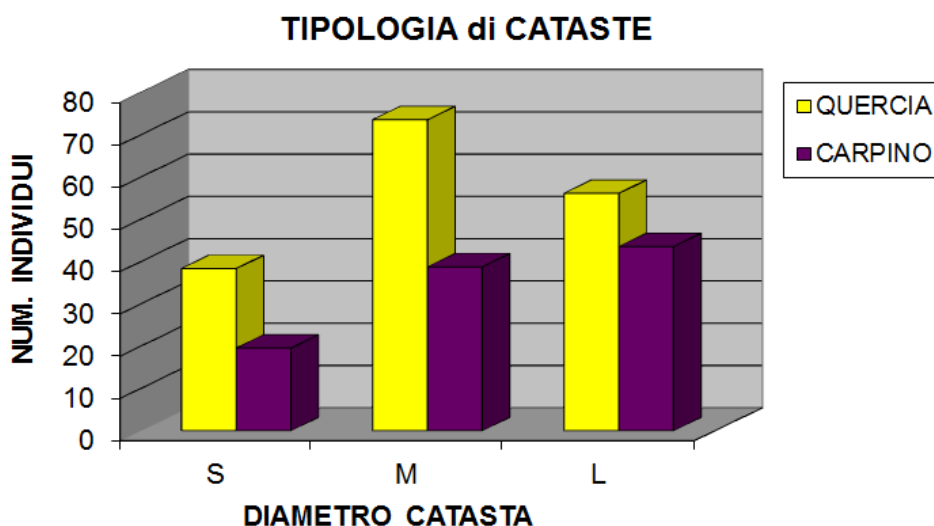


Fig. 3.6 Numero di individui di *Morimus asper* ritrovati su differenti tipologie di cataste durante tutto il periodo di monitoraggio. Le barre rappresentano la media degli individui avvistati per catasta. Small: 5-12 cm Medium: 13-30 cm Large: 31-60 cm

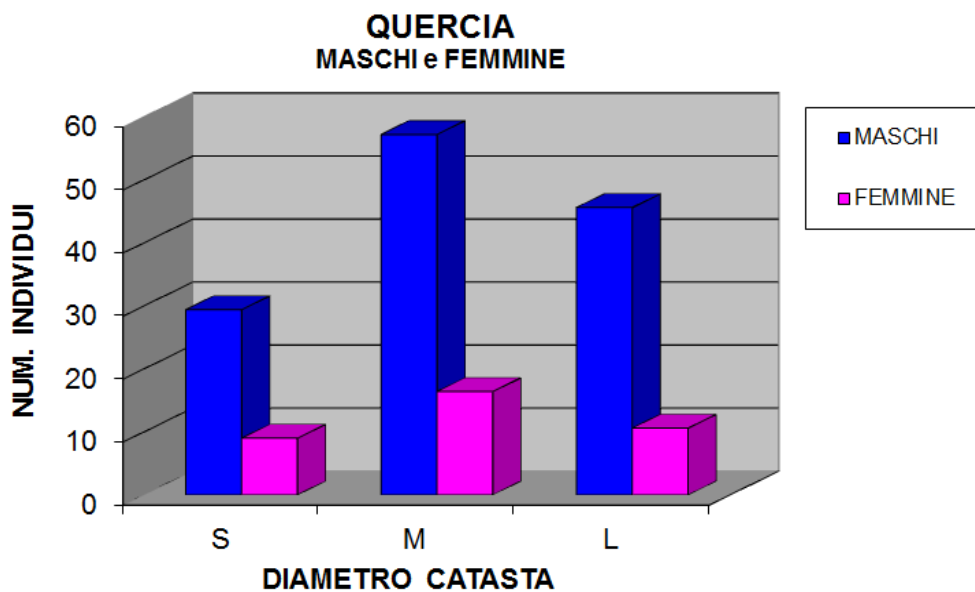


Fig. 3.7 Numero di maschi e femmine di *Morimus asper* ritrovati su cataste di farnia con diversi diametri durante tutto il periodo di monitoraggio. Le barre rappresentano la media del numero di maschi e femmine avvistati per catasta. Small: 5-12 cm Medium: 13-30 cm Large: 31-60 cm

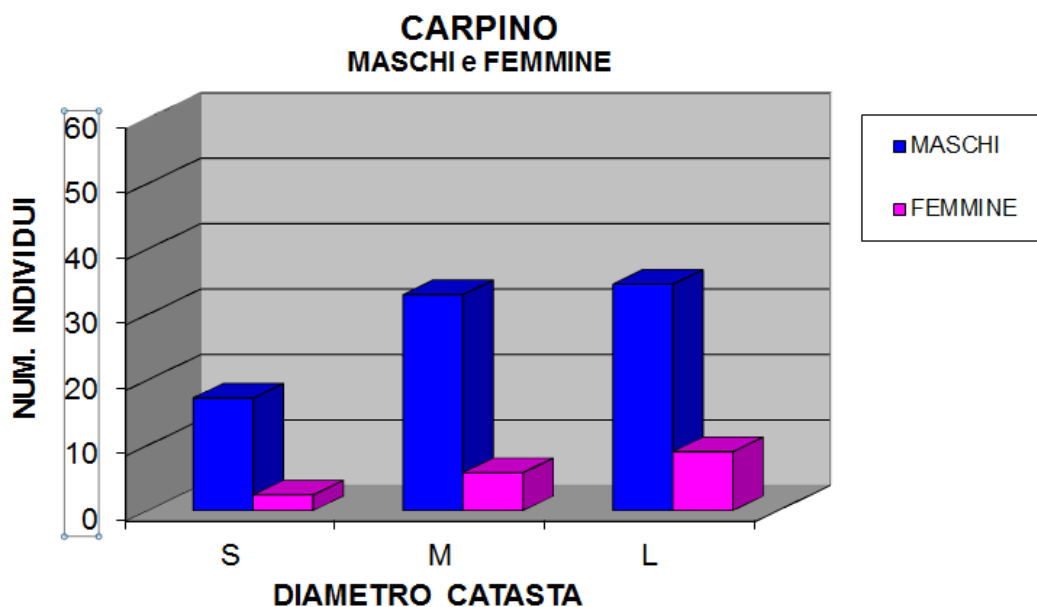


Fig. 3.8 Numero di maschi e femmine di *Morimus asper* ritrovati su cataste di carpino con diversi diametri durante tutto il periodo di monitoraggio. Le barre rappresentano la media del numero di maschi e femmine avvistati. Small: 5-12 cm Medium: 13-30 cm Large: 31-60 cm

### Tukey HSD test, alfa = 0,05

Tipologia di cataste	Differenza num. Individui	q	P value	P < 0,05
<b>Cataste di Quercia e Carpino</b>				
Small – Medium	-27,200	5,553	0,0018	*
Small – Large	-20,900	4,267	0,0159	*
Medium – Large	6.300	1,286	0,6397	
<b>Cataste di Quercia</b>				
Small – Medium	-35.200	5.081	0.0041	*
Small – Large	-17.800	2.570	0.1854	
Medium – Large	17.400	2.512	0.1988	
<b>Cataste di Carpino</b>				
Small – Medium	-19.200	2.772	0.1440	
Small – Large	-24.000	3.465	0.0553	
Medium – Large	-4.800	0.693	0.8768	
<b>Cataste con diametro Small</b>				
Quercia – Carpino	18.800	2.714	0.0670	
<b>Cataste con diametro Medium</b>				
Quercia – Carpino	34.800	5.024	0.0017	*
<b>Cataste con diametro Large</b>				
Quercia – Carpino	12.600	1.819	0.2107	

Tab. 3.5 Risultati del Tukey's test eseguito con il programma OpenStat.

### 3.2.5 Probabilità di sopravvivenza e probabilità di ricattura di maschi e femmine di *Morimus asper*

Dei 701 individui marcati 181 sono stati ricatturati in giorni successivi, per un totale di 998 avvistamenti (considerando in modo cumulativo i tre controlli giornalieri). Il 74% degli individui marcati non è stato più ricatturato (68% per i maschi e 91% per le femmine), il 17% è stato ricatturato una volta (19% per i maschi, 9% per le femmine) e solo maschi sono stati ricatturati due o più volte (6% due volte, 3% tre volte, 2% quattro volte, 0,4% cinque volte, 0,6% sei volte, 0,4% sette volte e 0,2% otto volte) (fig. 3.9). Il tempo medio che intercorre tra una cattura e l'altra è di 11 giorni per i maschi e 15,5 giorni per le femmine, con un massimo di tempo di 100 giorni per i maschi e 45 giorni per le femmine.

Il modello migliore costruito con MARK, ovvero il modello che presenta il QAICc value (l'AIC value aggiustato per il valore del median chat) più basso, è quello che presenta una probabilità di sopravvivenza ( $P_{hi}$ ) costante nel tempo (.), uguale per maschi e femmine, e una probabilità di ricattura ( $p$ ) che varia nel tempo e diversa per maschi e femmine ( $g^*t$ ). La stima della probabilità di sopravvivenza tra un controllo settimanale e l'altro è di 0,58 sia per i maschi che per le femmine. L'andamento della probabilità di ricattura di maschi e femmine è illustrato nei grafici in fig. 3.10 e 3.11. La media delle stimate probabilità di ricattura tra un

controllo settimanale e quello successivo è di 0,45 per i maschi e 0,04 per le femmine, la differenza osservata è significativa ( $\chi^2 = 34,306$   $P < 0,01$ ).

Per determinare la bontà di adattamento dei modelli costruiti è stato usato l'approccio del median chat. Il median chat stimato è di 1,21. Essendo un valore basso (chat < 2), i modelli costruiti hanno una buona bontà di adattamento. Il valore del median chat ottenuto è stato utilizzato per aggiustare i modelli, i loro AIC values e le conseguenti stime dei parametri.

	RICATTURE					
	0	1	2	3	4	>4
% MASCHI	68	19	6	3	2	2
% FEMMINE	91	9	0	0	0	0
% TOT	74	17	5	2	1	1

Tab. 3.6 Percentuale degli individui di *M. asper* ricatturati nessuna, una o più volte durante il monitoraggio settimanale.

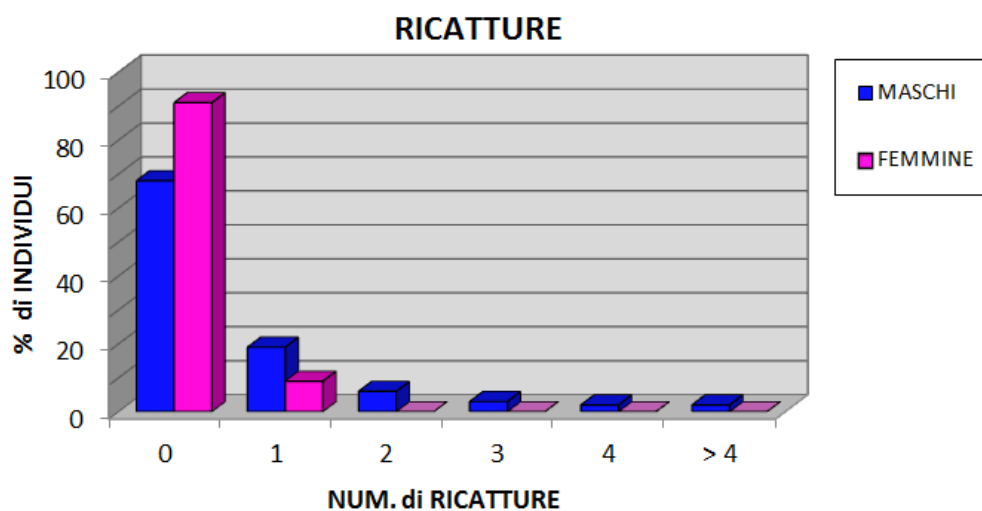


Fig. 3.9 Percentuale di maschi e femmine di *Morimus asper* ricatturati durante il monitoraggio. 0 = nessuna ricattura; 1 = ricatturato una volta; 2 = ricatturato due volte; 3 = tre volte; 4 = quattro volte >4 = da cinque ad otto volte

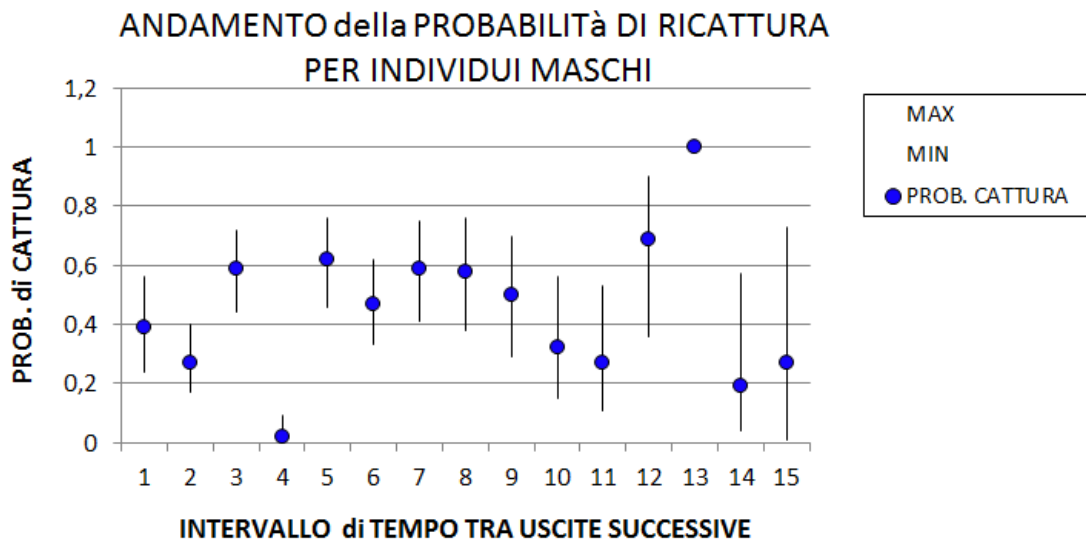


Fig. 3.10 Probabilità di ricattura e relativi limite superiore e inferiore dell'errore standard di individui maschi di *Morimus asper* durante il monitoraggio.

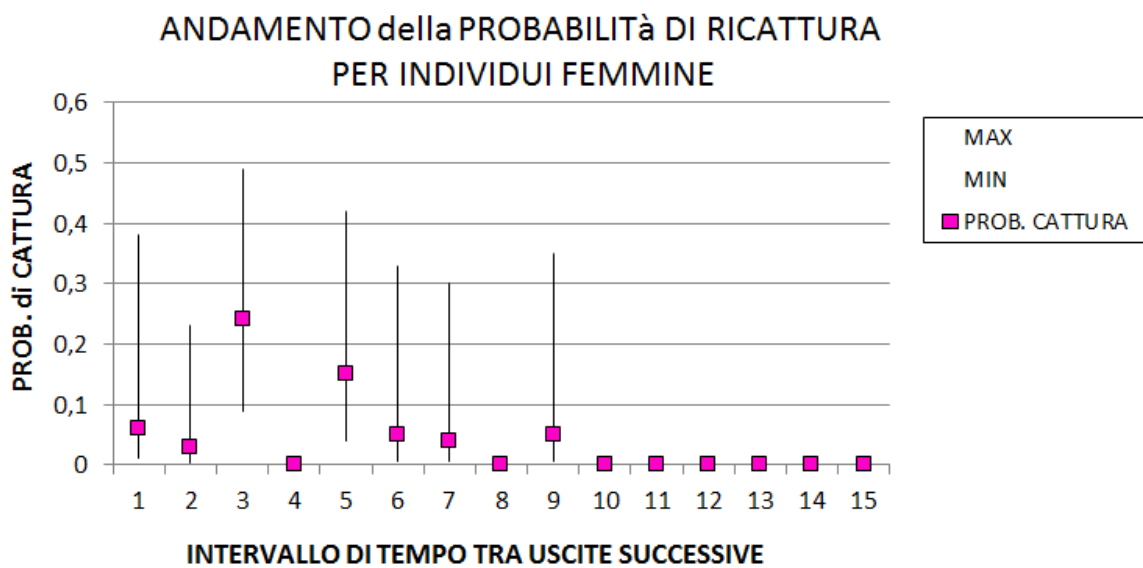


Fig. 3.11 Probabilità di ricattura e relativi limite superiore e inferiore dell'errore standard di individui femmine di *Morimus asper* durante il monitoraggio.

## 4. DISCUSSIONE

### 4.1 SOSTANZE POTENZIALMENTE ATTRATTIVE

Le sostanze potenzialmente attrattive testate a Bosco Fontana per sviluppare un metodo di monitoraggio adatto per la specie *M. asper*, non hanno permesso di catturare nessun individuo della specie target. Trappole a caduta con l'imbuto come quelle utilizzate per le sostanze potenzialmente attrattive sono state impiegate con successo per monitorare *Morimus asper* (Vrezec *et al.*, 2012) e probabilmente sono idonee per il monitoraggio della specie, per questo motivo sembra che le sostanze testate non siano attrattive per *M. asper*. Gli studi svolti da Mitchell *et al.* (2011) e da Sweeny *et al.* (2010, 2014) hanno dimostrato che l'utilizzo di queste stesse sostanze può essere utile come attrattivo per altre specie saproxiliche che, sebbene appartengano alla stessa sottofamiglia di *M. asper* (Lamiinae), probabilmente utilizzano dei feromoni differenti dalla specie target.

### 4.2 CATASTE DI LEGNA FRESCA

#### 4.2.1 Dati di cattura

Sono stati marcati significativamente più maschi (il 73% del totale) rispetto alle femmine e questo concorda con altri studi sui cerambicidi (Drag *et al.*, 2011; Lopez-Pantoja *et al.*, 2011). Questo risultato non riflette necessariamente una reale differenza tra il numero di maschi e femmine presenti, ma potrebbe essere causato da una differenza nel comportamento dei due sessi (Barbour *et al.*, 2006; Lawrence, 1988; Lopez-Pantoja *et al.*, 2008, 2011). I maschi di *M. asper* scelgono un tronco idoneo dove aspettare le femmine conspecifiche per poi riprodursi, difendendolo da altri maschi (Polak, 2012). Questo comportamento potrebbe risultare in una più alta probabilità di cattura in confronto con le femmine, le quali probabilmente visitano le cataste esclusivamente per riprodursi (Polak, 2012).

#### 4.2.2. Avvistamento stagionale di *M. asper* sulle cataste

Dai dati raccolti durante questo studio si osserva che il maggior numero di individui è stato avvistato nei mesi di aprile e maggio. Vrezec *et al.* (2008, 2012) hanno osservato che il periodo di attività degli adulti di *M. asper* si estende da marzo a settembre, con un picco compreso tra la

fine di maggio e l'inizio di luglio. Il picco di attività riscontrato a Bosco Fontana è anticipato rispetto ai risultati ottenuti da Vrezec *et al.* (2008, 2012). Questa discordanza potrebbe essere dovuta a differenti caratteristiche climatiche e ambientali dell'area di studio. L'esperimento condotto da Vrezec *et al.* ha avuto luogo in Slovenia (673 m s.l.m.), mentre il lavoro da me svolto riguarda l'area di Bosco Fontana (30 m s.l.m.). Allo stesso modo, siccome la specie è presente dalle zone di pianura fino ai 1500 m di altitudine, popolazioni che si trovano in zone montane potrebbero presentare un picco di attività posticipato rispetto alle popolazioni di pianura, a causa di differenze climatiche, come è stato osservato per altri coleotteri (Faccoli, 2009; Battisti & Faccoli, 2009; Wassmer, 2014).

Un'altra ipotesi considera che l'attrattività del legno utilizzato per la costruzione delle cataste potrebbe diminuire con il passare del tempo. È noto che *M. asper* depone le uova nel legno appena morto (Lopez Vaamonde *et al.*, 1993). Le cataste utilizzate per le ricerche sono state create nel periodo compreso tra il 19 febbraio e il 3 marzo 2014, verso la fine del periodo di campionamento il legno utilizzato era vecchio di quasi 5 mesi. Sembra probabile che il legno, con l'avanzamento del tempo, sia diventato sempre meno attrattivo per *M. asper*. In questo caso l'andamento degli avvistamenti potrebbe non coincidere con la fenologia della specie e questa potrebbe essere presente con un alto numero di individui anche se non avvistati sulle cataste.

#### **4.2.3 Avvistamento giornaliero di *M. asper* sulle cataste**

Dall'analisi dei dati raccolti si osserva che gli adulti di *M. asper* sono attivi soprattutto nella fascia oraria delle h 20:00, immediatamente seguita da quella delle h 24:00, e l'attività si prolunga, in minor misura, fino alle h 4:00. Vrezec *et al.* (2010) affermano che la specie è attiva dalle h 20:00 fino alle h 3:00. I risultati ottenuti a Bosco Fontana non sono in contrasto con lo studio di Vrezec *et al.* (2010). Per il monitoraggio della specie sarebbe preferibile effettuare i controlli nella fascia oraria delle h 20:00, quando la specie è più attiva.

#### **4.2.4 Influenza del diametro dei tronchi e/o della del tipo di legno utilizzato sugli avvistamenti di *M. asper* sulle cataste**

Dai dati raccolti a Bosco Fontana risulta che il diametro più piccolo (Small) è il meno adatto per avvistare *M. asper*. Il minor numero di avvistamenti può essere dovuto a una reale minor presenza della specie: gli individui potrebbero essere attratti maggiormente da tronchi di grandi o medie dimensioni. Un'altra ipotesi riguarda la probabilità di avvistamento: tra tronchi di piccole dimensioni si formano più superfici nascoste che tra tronchi più grandi e gli individui di *M. asper* potrebbero non essere avvistati dall'operatore, il che risulterebbe in una



probabilità di avvistamento ridotta. In entrambi i casi questa tipologia di catasta è la meno adeguata per il monitoraggio di *M. asper*. Tra il diametro medio (Medium) e quello grande (Large) non esiste una differenza significativa ma il maggior numero di avvistamenti è avvenuto su cataste a diametro medio. Una possibile spiegazione per questo risultato potrebbe essere una maggior attrattività dei tronchi a diametro medio.

Riguardo alla specie di albero utilizzato il numero di individui avvistati su cataste di quercia è superiore qualsiasi sia il diametro dei tronchi utilizzato. Tra le cataste di quercia sono quelle costruite con tronchi a diametro medio (Medium) dove è stato osservato un significativo maggior numero di individui.

Uno studio che ha indagato sulle preferenze di *M. asper* riguardo alla tipologia di catasta di legna fresca è quello svolto da Chiari *et al.* (2013), il quale ha dimostrato che il volume totale della legna utilizzata per la catasta ha un effetto sulla probabilità di avvistare la specie. Seguendo le indicazioni fornite da Chiari *et al.* (2013) sono state costruite cataste di 0,3 m<sup>3</sup> per poter avere in 5 controlli una probabilità di osservare la specie che supera il 95%. Chiari *et al.* (2013) hanno indagato anche sull'influenza della specie arborea utilizzata per la costruzione delle cataste, non trovando però nessun effetto influente. Non ci sono invece studi che hanno indagato l'influenza del diametro dei tronchi utilizzati.

#### **4.2.5 Probabilità di sopravvivenza e probabilità di ricattura di maschi e femmine di *M. asper***

Dal miglior modello risulta che maschi e femmine hanno la stessa probabilità di sopravvivere tra un controllo e l'altro e che questa probabilità rimane costante durante tutto il periodo di monitoraggio ( $P_{hi} = 0,58$ ). Invece la probabilità di ricatturare un individuo varia nel tempo in modo casuale. Questo potrebbe essere dovuto all'influenza di alcune variabili non note. In media la probabilità di ricattura è più alta (il doppio) per i maschi che per le femmine. Tra gli individui marcati infatti la maggior parte (il 73% del totale) sono maschi e solo tra questi ci sono individui ricatturati una o più volte. Questa differenza sembra rispecchiare una differenza nel comportamento di maschi e femmine, come spiegato precedentemente (Drag *et al.*, 2011; Lopez-Pantoja *et al.*, 2011).

## **4.2.6 Conclusioni**

### **4.2.6.1 Conoscenze acquisite**

Dai risultati ottenuti a Bosco Fontana si può concludere che il periodo consigliato per effettuare il monitoraggio di *M. asper* è quello compreso tra i mesi di aprile e maggio, durante l'ora delle h 20:00. Si consiglia di utilizzare cataste costituite da un volume di legna di 0,3 m<sup>3</sup>, costruite con tronchi di *Quercus robur* con un diametro medio o grande.

Combinare il campionamento su cataste con il marcaggio degli individui ha permesso di stimare la probabilità di sopravvivenza e di ricattura della specie.

### **4.2.6.2 Il caso di Bosco Fontana**

Bisogna tener presente che Bosco Fontana è un'area molto particolare: unico relitto della foresta planiziale circondata da un paesaggio agricolo, dove il legno morto non viene rimosso dalla foresta, rappresenta un luogo molto idoneo per *M. asper*, che è presente con una popolazione molto numerosa. Bosco Fontana quindi è un'area ideale per sviluppare e testare un metodo di campionamento adatto alla specie. Invece nelle foreste gestite con scarsa o nulla attenzione per il legno morto le popolazioni possono essere poco numerose. Per questo motivo lo stesso metodo di campionamento utilizzato a Bosco Fontana potrebbe risultare meno adatto in aree dalle diverse caratteristiche ambientali.

### **4.2.6.3 Lacune conoscitive**

Ulteriori indagini sono necessarie per analizzare altre variabili influenti sull'avvistamento di *M. asper*. Sarà allora possibile migliorare ulteriormente il metodo di campionamento e ottenere il metodo di monitoraggio più adatto, applicabile a livello europeo, per valutare lo stato di conservazione della specie.

### **4.2.6.4 Trappole ecologiche**

Le cataste di legna fresca possono rappresentare anche una risorsa per le specie saproxiliche, costituendo un luogo di deposizione e crescita larvale. Per lo stesso motivo possono diventare una trappola ecologica. Questo si verifica quando una specie tende a preferire un habitat per la sua alta attrattività piuttosto che per la sua qualità, ma l'attrattività non è proporzionale al valore dell'habitat (Robertson *et al.*, 2006; Battin, 2004). L'uomo accatastando legna appena tagliata e rimuovendola successivamente dalla foresta può involontariamente rimuovere con essa le uova fecondate deposte dalle specie attratte dall'alto potere attrattivo delle cataste

(Robertson *et al.*, 2006). Per evitare questo rischio si consiglia di lasciare le cataste utilizzate per il monitoraggio nella foresta fino al loro totale decadimento.

## RINGRAZIAMENTI

Vorrei ringraziare innanzitutto il Professor Petroni, che come relatore interno mi ha seguito e guidato nella preparazione dell'esame di laurea e negli aspetti più burocratici.

Un ringraziamento particolare va a Sönke Hardersen, mio relatore esterno, guida e punto di riferimento durante tutto il periodo di svolgimento di questa tesi di laurea. Con grande pazienza mi ha trasmesso parte delle sue conoscenze e ha contribuito a far crescere la passione che già nutro per l'entomologia.

Grazie anche a tutto il personale di Bosco Fontana, che oltre ad aver partecipato vivamente a questo lavoro, mi ha accolto e sostenuto come una vera famiglia fin dal primo momento.

Quindi grazie a:

Alessandro Campanaro  
Marco Bardiani  
Livia Zapponi  
Ilaria Toni  
Serena Corezzola  
Emma Minari  
Rosy Fezzardi  
Gianluca Nardi  
Laura Spada

Marco Ascari  
Oscar  
Daniele Birtele  
Davide Badano  
Paolo Cornacchia  
Gianluca Scaglioni  
Fabio Gorian  
Franco Mason

Inoltre vorrei ringraziare anche tutte le altre persone che al di fuori di Bosco Fontana hanno partecipato al progetto MIPP e reso ancora più piacevole quest'esperienza. Grazie a:

Stefano Chiari  
Alessandro Cini  
Fabio Mosconi

Emanuela Maurizi  
Gloria Atonini  
Lara Redolfi De Zan

Infine, grazie alla mia famiglia che mi ha permesso sempre di portare avanti i miei studi, supportandomi psicologicamente ed economicamente, e soprattutto sopportandomi sempre e comunque.

Grazie a tutti!

## BIBLIOGRAFIA

- Akaike H (1974): A new look at the statistical model identification. *Trans. Automat. Contr.* **19**, pp 716-723
- Albert J, Platek M, Cizek L (2012): Vertical stratification and microhabitat selection by the Great Capricorn Beetle (*Cerambyx cerdo*) (Coleoptera: Cerambycidae) in open-grown, veteran oaks. *European Journal of Entomology* **109**, pp 553-559
- Ambrozic S, Kapla A, Vrezec A (2010): Monitoring scheme of saproxylic beetles in the scope of Natura 2000 in Slovenia. Book of abstracts, 6th European symposium on the conservation of saproxylic beetles, Ljubljana, p 16
- Barbour J.D, Cervantes D.E, Lacey E.S, Hanks L.M (2006): Calling behavior in the primitive longhorned beetle *Prionus californicus* mots. *Journal of Insect Behaviour* **19**, pp 623-629
- Battin, J (2004): When good animals love bad habitats: Ecological traps and the conservation of animal populations. *Conservation Biology* **18** (6), pp 1482–1491
- Battisti A, Faccoli M, (2009): Effetti dei cambiamenti climatici sulle popolazioni di insetti forestali. *Atti Accademia Nazionale Italiana di Entomologia Anno LVII*, pp 79-82
- Bordignon S, Foddai D, Racasso C, Minelo A (1992): Comparative morphology of italian long-horn beetles (Coleoptera, Cerambycidae) in relation to terrestrial locomotion and activity patterns. *Lavori-Società Veneziana di Scienze Naturali*. **17**, pp 69-85
- Brunet J, Isacson G (2009): Restoration of beech forest for saproxylic beetles: effects of habitat fragmentation and substrate density on species diversity and distribution. *Biodiversity and Conservation* **18**, pp 2387-2404
- Bugnino E (1931): L'appareil copulateur des Longicornes du sexe mâle. *Bulletin Biologique, France-Belgique*, **LXV**, pp 234-265
- Buse J, Ranius T, Assmann T (2008): An endangered longhorn beetle associated with old oaks and its possible role as an eco system engineer. *Conservation Biology* **22**, pp 329-337
- Butenandt A, Beckmann R, Stamm D, Hecker E (1959): Uber den Sexual-Lockstoff des Seidenspinners *Bombyx mori*. *Reindarstellung und Konstitution. Zeitschrift für Naturforschung* **14b**, pp 283-284
- Butler S.R, Jurzenski J, Hoback W.W (2012): Evaluation of Marking Techniques, Mark Retention, and Mortality Due to Marking of Burying Beetles (Coleoptera: Silphidae). *The Coleopterists Bulletin* **66**(2), pp 149-154
- Butler R.A, Laurance F.L (2008): New strategies for conserving tropical forest. *Biological Conservation* **119**, pp 305-318

- Campanaro A, Hardersen S, Mason F (2007): Piano di Gestione della Riserva Naturale Statale e Sito natura 200 "Bosco della Fontana". Cierre edizioni, Verona, pp 15-21, 28
- Campanaro A, Bardiani M, Spada L, Carnevali L, Montalto F, Antonini G, Mason F, Audisio P (2011): Linee guida per il monitoraggio e la conservazione dell'entomofauna saproxilica. Quaderni Conservazione Habitat, **6**. Cierre edizioni, Verona, pp 12-18, 32-33
- Casale F, Dellavedova R, Lenna P, Perracino M, Rampa A (2008): Atlante dei SIC della Lombardia. Fondazione Lombardia per l'Ambiente e Regione Lombardia, Milano, pp 261 – 464
- Casale F, Brambilla M, Falco R, Bogliani G (2011): Atlante delle Zone di Protezione Speciale della Lombardia. Fondazione Lombardia per l'Ambiente e Regione Lombardia, Milano, pp 417 – 424
- Chiari S, Bardiani M, Zauli A, Hardersen S, Mason F, Spada L, Campanaro A (2013): Monitoring of the saproxylic beetle *Morimus asper* (Sulzer, 1776) (Coleoptera: Cerambycidae) with freshly cut log piles. *Journal of Insect Conservation* **17**, pp 1255-1265;
- Connor E.F, Mc Coy E.D (1979): The statistics and biology of the species-area relationship. *American Naturalist* **113**, pp 791-833
- Council of Europe 1996: Background information on invertebrates of the Habitats Directive and the Bern convention, nature and environment. Council of Europe Publishing, Strasbourg, **79**, pp 59-62
- Dajoz R (1976): Etude morphologique et biometrique des *Morimus* ( Col. Cerambycidae) de la faune européenne. *L'Entomologiste* **32(6)**, pp 212-231
- Dajoz R (2000): Insects and forests: the role and diversity of insects in the forest environment. Intercept. Lavoisier Publishing, Paris, pp 668
- Dalponte M, Giannelle D, Bruzzone L (2007): Use of hyperspectral and LIDAR data for classification of complex forest areas. In: Giannelle D, Travaglini D, Mason F, Minari E, Chirici G, Chemini C (eds.): Canopy analysis and dynamics of a floodplain forest. Rapporti scientifici, **3**. Cierre Grafica Editore, Verona, pp 25-37
- Danilevsky M.L (2003): Systematic list of Longicorn Beetles (Coleoptera, Cerambycoidea) of Europe. In: Hoskovec M. & Rejzek M.: Longhorn beetles (Cerambycidae) of the West Palaearctic Region. <http://cerambyx.uochb.cz/index.htm>
- Davies Z.G, Tyler C, Stewart G.B, Pullin A.S (2008): Are current management recommendations for saproxylic invertebrates effective? A systematic review. *Biodiversity Conservation* **17**, pp 209-234
- Dojnov B, Vujcic Z, Bozic N, Margetic A, Vujcic M, Nenadovic V, Ivanovic J (2012): Adaptations to captive breeding of the longhorn beetle *Morimus funereus* (Coleoptera: Cerambycidae); application on amylase study. *Journal of Insect Conservation* **16**, pp 239-247

- Drag L, Hauck D, Pokluda P, Zimmermann K, Cizek L (2011): Demography and dispersal ability of a threatened saproxylic beetle: a mark-recapture study of the Rosalia Longicorn (*Rosalia alpina*). *Journal Plos One* **6(6)**: e21345
- Duelli P, Wermlinger B (2005): *Rosalia alpina* L. Un Cerambicide raro ed emblematico. *Sherwood* **114**, pp 19-25
- EEA 2010: Assessing biodiversity in Europe - the 2010 report.
- Ehnstrom B, Axelsson R (2002): Insects galleries in bark and wood. Uppsala:ArtDatabanken, SLO.
- Faccoli M (2009): Effect of Weather on *Ips typographus* (Coleoptera Curculionidae) Phenology, Voltinism, and Associated Spruce Mortality in the Southeastern Alps. *Environmental Entomology* **38(2)**, pp 307-316
- Fonseca M.G, Vidal D.M, Zarbin P.H. G (2010): Male-produced sex pheromone of the cerambycid beetle *Hedypathes betulinus*: chemical identification and biological activity. *Journal of Chemical Ecology* **36**, pp 1132-1139
- Grimaldi D, Engel M.S (2005): Evolution of the Insects. Cambridge University Press, Cambridge.
- Gullan P.J, Cranston P.S (2010): The insects: an outline of entomology, 4th edition. Wiley-Blackwell, New York.
- Hammond H.E, Langor D.W, Spence J (2004): Saproxylic beetles (Coleoptera) using *Populus* in boreal aspen stands of western Canada: spatiotemporal variation and conservation in assemblages. *Canadian Journal of Forest Research* **34**, pp 1-19
- Hanks L.M (1999): Influence of the larval host plant on reproductive strategies of cerambycid beetles. *Annual Review of Entomology* **44**, pp 483-505
- Hanks L.M, Millar J.G (2012): Field bioassays of cerambycid pheromones reveal widespread parsimony of pheromone structures, enhancement by host plant volatiles, and antagonism by components from heterospecifics. *Chemoecology* **23**, pp 21-34
- Hilton-Taylor C, Pollock C.M, Chanson J.S, Butchart S.H.M, Oldfield T.E.E , Katariya V (2008): State of the world's species. In: Vié J.C, Hilton-Taylor C, Stuart S.N (eds): Wildlife in a changing world. An analysis of the 2008 IUCN Red List of Threatened Species, pp 15-41
- Isbell F (2010): Causes and Consequences of Biodiversity Declines. *Nature Education Knowledge* **3(10)**, pp 54
- Roguet J.P (2015): Lamiaires du Monde (Coleoptera Cerambycidae Lamiinae)  
<http://www.lamiinae.org>
- Jonsson B.G, Kruys N, Ranius T (2005): Ecology of species living on dead wood: lessons for dead wood management. *Silva Fennica* **39**, pp 283-309
- Jonsson M, Nordlander G (2006): Insect colonisation of fruiting bodies of the woody-decaying fungus *Fomitopsis pinicola* at different distances from an old-growth forest. *Biodiversity and*

*Conservation* **15**, pp 295-309

- Jonsson B.G, Ranius T (2009): The temporal and spatial challenges of target setting for dynamic habitats: the case of dead wood in boreal forests. In: Villard M. A. & Jonsson B.G (eds): Setting conservation targets for managed forest landscapes. Cambridge University Press, Cambridge.
- Kearns C (2010): Conservation of Biodiversity. *Nature Education Knowledge* **3(10)**, pp 7
- Kirby K.J, Watkins C (1998): The ecological history of European forests. Wallingford, UK: CAB International.
- Larsson M.C, Svensson G.P (2009): Pheromone monitoring of rare and threatened insects: exploiting a pheromone-kairomone system to estimate prey and predator abundance. *Conservation Biology* **6**, pp 1516-1525
- Lawrence W.S (1988): Movement ecology of the red milkweed beetle in relation to population size and structure. *Journal of Animal Ecology* **57**, pp 21-35
- Liendo C, Morillo F, Sanchez P, Muoz W, Guerra J *et al.* (2005): Olfactory behavior and electroantennographic responses of the cocoa beetle, *Steirastoma breve* (Coleoptera: Cerambycidae). *Florida Entomologist* **88**, pp 117-122.
- Lopez-Pantoja G, Dominguez L, Sanchez-Osorio I (2008): Mark-recapture estimates of the survival and recapture rates of *Cerambyx welensii* Kuster (Coleoptera cerambycidae) in a cork oak dehesa in Huelva (Spain). *Central European Journal of Biology* **3** pp 431-441
- Lopez-Pantoja G, Dominguez L, Sanchez-Osorio I (2011): Analysis of *Prinobius myardi* Mulsant population dynamics in a Mediterranean cork oak stand. *Annals of the Entomological Society* **47** pp 260-268
- Lopez-Vaamonde C, Pino-Perez J.J, Martinez-Fernandez A, Fernandez-Abelleira J, Devesa-Regueiro S (1993): Contribucion al conocimiento de los Cerambycidae Latreille, 1804 de interes forestal (I): *Morimus asper* (Sulz., 1776) en Galicia (Coleoptera, Polyphaga). Congreso forestal espanol 1993, Lourinzan. *Ponencias y comunicaciones*, **3**, pp 317-322
- Mason F, Cerretti P, Tagliapietra A, Speight M.C.D, Zapparoli M (2002): Invertebrati di una foresta della Pianura padana Bosco della Fontana. Gianluigi Arcari Editore, p 17
- Méndez Iglesias M (2009): Los insectos saproxílicos en la Península Ibérica: qué sabemos y qué nos gustaría saber. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa* **44**, pp 505-512
- Miroshnikov A.I (2008): *Morimus* Brullè, 1882, the valid name of the genus incorrectly referred to as *Morinus* Brullè, 1832 (Coleoptera, Cerambycidae). *Entomological Review* **6(88)**, pp 721-723
- Mitchell R.F, Graham E.E, Wong J.C.H, Reigel P.F, Striman B.L (2011): Fuscumol and fuscumol acetate are general attractants for many species of cerambycid beetles in the subfamily



- Lamiinae. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **141**, pp 71-77
- Nieto A, Alexander K.N.A (2010): European Red List of Saproxyllic Beetles. Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- Parisi V, Buetto A (1992): Scarabaeidae, Lucanidae, Cerambycidae. In: Revisione dei coleotteri presenti nella collezione "A. Leosini". Museo di Storia Naturale, Università di Parma, vol **70**
- Pavan M (1948a): Uovo, stadio ovulare e primo stadio larvale in *Morimus asper* Sulz. e *Lamia textor* L. (Col. Cerambyc). *Bolletino di zoologia* **15**, pp 1-3, 49-64
- Pavan M (1948b): Sulla durata del ciclo biologico di *Morimus asper* Sulz. (Col. Cerambycidae) *Bolletino di zoologia* **15**, pp 1-3, 33-36
- Pavan M (1948c): Sulla deposizione della uova in *Morimus asper* Sulz. e *Lamia textor* L. (Col. Cerambycidae). *Attività della Società Italiana di Scienze Naturali, Milano*, **LXXXVII**, pp 53-60
- Pérez-Moreno I, Herrera-Mesa L (1987): Contribución al conocimiento de los Coleópteros Cerambícidos de Navarra (Coleóptera, Cerambycidae) II. Institución Príncipe de Viana. *Suplemento de Ciencias* **1**, pp 45-84
- Peterken G.F (1996): Natural woodland: ecology and conservation in northern temperate regions. Cambridge University Press, Cambridge.
- Polak S (2010): Phenology and mating behavior of *Morimus funereus* (Coleoptera, Cerambycidae). In: European symposium and workshop on the conservation of saproxyllic beetles. Ljubljana, 2010.
- Polak S (2012): Phenology and mating behaviour of *Morimus funereus* (Coleoptera, Cerambycidae). In: Maja J (ed): Saproxyllic beetles in Europe: monitoring, biology and conservation. *Studia Forestalia Slovenica* **137**, pp 43-52
- Prunar F, Nicolin A, Prunar S, Uruci C, Fora C (2013): Saproxyllic NATURA 2000 beetles in the Nera Gorges-Beusnita National Park. *Research Journal of Agricultural Science* **45(1)**, pp 208.214
- Rackham O (2003): Ancient woodland: its history, vegetation and uses in England. Castelpoint Press, Dalbeattie.
- Ray A.M, Millar J.C, McElfresh S, Swift I.P, Barbour J.D (2009): Male produced aggregation pheromone of the cerambycid beetle *Rosalia funebris*. *Journal of Chemical Ecology* **35**, pp 96-103
- Robertson B.A, Hutto R.L (2006): A framework for understanding ecological traps and an evaluation of existing evidence. *Ecology* **87**, pp 1075-1085
- Romero-Samper J, Bahül P (1993): Algunas observaciones sobre la distribución y biología de *Morimus asper* (Sulzer, 1776) (Coleóptera: Cerambycidae) en la Península Ibérica. *Boletín de la Asociación española de Entomología*. **17(2)**, pp 103-12

- Rosenzweig M.I (1995): Species diversity in space and time. Cambridge University Press, Cambridge.
- Sahlin E, Ranius T (2009): Habitat availability in forests and clearcuts for saproxylic beetles associated with aspen. *Biodiversity and Conservation* **18**, pp 621-638
- Sama G (1988): Coleoptera Cerambycidae. Catalogo topografico e sinonimico. Edizioni Calderini, Bologna.
- Sama G (2002): Atlas of Cerambycidae of Europe and the Mediterranean area. Nakladatelstvi Kabeurek, Zlin.
- Sama G, Lobl I (2010): Cerambycidae, Western Palaearctic taxa, eastward to Afghanistan, excluding Oman and Yemen and the countries of the former Soviet Union. In: Lobl I, Smetana A (eds): *Catalogue of Palaearctic Coleoptera*, vol **6**: Chrysomeloidea. Apollo Books, Stenstrup, pp 84-334
- Sama G, Rapuzzi P (2011): Una nuova checklist dei Cerambycidae d'Italia (Insecta Coleoptera Cerambycidae). *Quaderno-Società per gli Studi Naturalistici della Romagna* **32**, pp 121-164
- Samuelsson J, Gustafsson L, Ingelög T (1994): Dying and dead trees: a review of their importance for biodiversity. Swedish Threatened Species Unit. Uppsala.
- Schöps K, (2002): Local and regional dynamics of a specialist herbivore: overexploitation of a patchily distributed host plant. *Oecologia* **132**, pp 256-263
- Siitonen J (2001): Forest management, coarse woody debris and saproxylic organisms: Fennoscandian boreal forest as an example. *Ecological Bulletins* **49**, pp 11-41
- Silk P.J, Sweeney J.D, Wu J, Price J, Gutowski J.M, Kettela E.G (2007): Evidence for a male-produced pheromone in *Tetropium fuscum* (F.) and *Tetropium cinnamopterum* (Kirby) (Coleoptera:Cerambycidae). *Naturwissenschaften* **94**, pp 697-701.
- Simonetta J (1989): Contributo alla conoscenza dei cerambicidi della Calabria (Coleoptera, Cerambycidae). *Bollettino dell'Associazione Romana di Entomologia* **43**, pp 49-53
- Solano E, Mancini E, Ciucci P, Mason F, Audisio P, Antonini G (2013): The EU protected taxon *Morimus funereus* Mulsant, 1862 (Coleoptera: Cerambycidae) and its western Palaearctic allies: systematics and conservation outcomes. *Conservation Genetics Resources*.
- Speight M.C.D (1989): Saproxylic invertebrates and their conservation. *Nature and Environment* **46**. Council of Europe. Estrasburgo.
- Stokland J.N, Siitonen J, Jonsson B.G (2012): Biodiversity in dead wood. Cambridge University Press, Cambridge.
- Sweeney J.D, Silk P.J, Gutowski J.M, Wu J, Lemay M.A *et al.* (2010): Effect of chirality, release rate, and host volatiles on response of *Tetropium fuscum* (F.), *Tetropium cinnamopterum* (Kirby) and *Tetropium castaneum* (L.) to the aggregation pheromone, fuscumol. *Journal of Chemical*

- Ecology* **36**, pp 1309-1321
- Sweeney J.D, Silk P.J, Grebennikov V (2014): Efficacy of semiochemical-baited traps for detection of longhorn beetles (Coleoptera: Cerambycidae) in the Russian Far East. *European Journal of Entomology* **111(3)**, pp 397-406
- Thomas C.D (2000): Dispersal and extinction in fragmented landscapes. *Proceedings of the Royal Society: Biological Science* **267**, pp 139-145
- Townsend J.I (2013): Ecological observations on *Mecodema oconnori* Broun (Coleoptera: Carabidae: Broscini). *The Weta* **44(1)**, pp 20-27
- Vodka S, Konvicka M, Cizek L (2009): Habitat preferences of oak-feeding xylophagous beetles in a temperate woodland: implication for forest history and management. *Journal of Insect Conservation* **13**, pp 553-562
- Vrezec A, Polak S, Kapla A, Pirnat A, Grobelnik V, Salamun A (2007): Monitoring populacij izbranih ciljnih vrst hroscev - *Carabus variolosus*, *Leptodirus hochenwartii*, *Lucanus cervus*, *Morimus funereus*, *Rosalia alpina*. Nacionalni institut za biologijo, Ljubljana.
- Vrezec A, Pirnat S, Kapla A, Denac D (2008): Zasnova spremljanja stanja populacij izbranih ciljnih vrst hroscev vključno z dopolnitvijo predloga območij za vključitev v omrežje NATURA 2000 (končno poročilo). *Morinus funereus*, *Rosalia alpina*, *Cerambyx cerdo*, *Osmoderma eremita*, *Limoniscus violaceus*, *Graphoderus bilineatus*. Nacionalni institut za biologijo, Ljubljana.
- Vrezec A, Ambrozic S, Kapla A (2010): Biology and ecology of flightless cerambycid *Morinus funereus* (Muslant, 1862) as a background for monitoring application: laboratory and large scale field study. Book of abstracts, 6th European symposium on the conservation of saproxylic beetles, Ljubljana.
- Vrezec A, Ambrozic S, Kapla A (2012): An overview of sampling methods tests for monitoring schemes of saproxylic beetles in the scope of Natura 2000 in Slovenia. In: Maja J (ed.): Saproxylic beetles in Europe: monitoring, biology and conservation. *Studia Forestalia Slovenica* **137**, pp. 73-90
- Warren M.S, Key R.S (1991): Woodlands: past, present and potential for insects. In: Collins N.M. & Thomas J.A (eds.): The conservation of insects and their habitats. Academic Press. Londres.
- Wassmer, T (2014): Seasonal occurrence (phenology) og coprophilous beetles (Coleoptera: Scarabaeidae and Hydrophilidae) from cattle and sheep farms in Southeastern Michigan, USA. *The Coleopterists Bulletin*, **68(3)**, pp 603-618
- Wilson E.O (1986): National Forum on Biodiversity, Washington, 1986.