



DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI E AMBIENTALI
CORSO DI LAUREA IN: SCIENZE FORESTALI, DEI SUOLI E DEL PAESAGGIO

TITOLO DELL'ELABORATO
INDAGINE SULLE METODOLOGIE DI STUDIO DEI CHIROTTERI
NELL'AMBITO DEI PIANI DI MONITORAGGIO AMBIENTALE
RELATIVI ALLE PROCEDURE DI VIA (D.LGS. 152/2006).

TIPO TESI: sperimentale

Studentessa:

AURORA GUERRINI

Relatore:

DOTT. MARCO BONACOSCIA

Correlatrice:

DOTT.SSA GIADA GIACOMINI

ANNO ACCADEMICO 2022-2023
SESSIONE FEBBRAIO 2024

*“Non sai mai cosa c’è dietro l’angolo.
Potrebbe essere tutto.
Oppure potrebbe essere nulla.
Continua a mettere un piede davanti all’altro,
e poi un giorno ti guarderai indietro
e scoprirai di aver scalato una montagna.”*

SOMMARIO

ELENCO DELLE TABELLE	1
ELENCO DELLE FIGURE.....	2
INTRODUZIONE E SCOPO DELLA TESI.....	5
CAPITOLO 1 CHIROTTEROFAUNA ITALIANA	7
1.1 Brevi cenni di ecologia delle specie presenti in Italia	10
1.1.1 Stato di conservazione.....	13
1.1.2 Chiroteri come indicatori ambientali.....	18
1.2 Monitoraggio dei Chiroteri.....	20
1.2.1 Rilievo acustico con bat detector	23
1.2.2 Caratteristiche dei bat detector.....	25
1.3 Piano di Monitoraggio Ambientale	26
1.3.1 Normative di riferimento per il monitoraggio ambientale	28
CAPITOLO 2 MATERIALI E METODI.....	29
2.1 Inquadramento aree di studio.....	29
2.1.1 Area di Ravenna.....	30
2.1.2 Area di Sestino-Minerbio	33
2.1.3 Area di San Salvo.....	37
2.1.4 Identificazione delle specie tramite spettrogrammi e indice acustico	40
2.2 Analisi statistica	45
CAPITOLO 3 RISULTATI	46
3.1 Ricchezza di specie e attività	46
3.1.1 Area di Ravenna.....	46
3.1.2 Area di Sestino-Minerbio	51
3.1.3 Area di San Salvo.....	55
3.2 Curva di accumulo delle specie e stimatore Jackknife	60
3.2.1 Area di Ravenna.....	61
3.2.2 Area di Sestino-Minerbio	64
3.2.3 Area di San Salvo.....	67
CAPITOLO 4 DISCUSSIONE.....	71
4.1 Limitazioni del presente studio e raccomandazioni per studi futuri.....	73

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	74
RINGRAZIAMENTI	75
BIBLIOGRAFIA.....	77

ELENCO DELLE TABELLE

Tabella 1 Sintesi delle principali disposizioni legislative riguardanti la tutela e il monitoraggio della Chiroterofauna.	17
Tabella 2 Coordinate e denominazione siti di rilievo (PMA Ravenna, 2019).	30
Tabella 3 Coordinate e denominazione siti di rilievo (PMA Sestino-Minerbio, 2023).	33
Tabella 4 Coordinate e denominazione siti di rilievo (PMA San Salvo, 2023).	37

ELENCO DELLE FIGURE

Figura 1 Esempio di specie appartenente al genere <i>Rhinolophus</i> : <i>Rhinolophus ferrumequinum</i> (Spagnesi et al., 2002).	8
Figura 2 Esempio di specie appartenente alla famiglia <i>Vespertilionidae</i> : <i>Barbastella barbastellus</i> (Spagnesi et al., 2002).	8
Figura 3 Esempio di specie appartenente alla famiglia dei <i>Miniotteridi</i> : <i>Miniopterus schreibersii</i> (Spagnesi et al., 2002).	9
Figura 4 Esempio di specie appartenente alla famiglia dei <i>Molossidi</i> : <i>Tadarida teniotis</i> (Spagnesi et al., 2002).	9
Figura 5 Spettrogramma di alcune specie rappresentative delle quattro categorie (Agnelli et al., 2004).	12
Figura 6 In questa immagine sono rappresentate le 11 categorie di rischio.	14
Figura 7 Alcuni tipi di bat box utilizzabili per incrementare il numero dei potenziali siti di rifugio per i Chiroteri (Agnelli et al., 2004).	20
Figura 8 “Marcatura di un chiroterero mediante inanellamento. Il codice utilizzato per ciascun soggetto è univoco e permette di riconoscere individualmente l’animale marcato.” (Agnelli et al., 2004).	21
Figura 9 Nell’immagine troviamo uno dei primi modelli utilizzati. Si tratta di un rilevatore di ultrasuoni modello Pattersson D980. (Agnelli et al.,2004).	22
Figura 10 In figura degli esempi di spettrogramma del genere <i>Rhinolophus</i> (Russo et al., 2002).	22
Figura 11 Bat detector Song Meter mini Bat (Wildlife Acoustics, Inc.).	23
Figura 12 Bat detector AudioMoth v1.2.0 (Open Acoustic Devices).	24
Figura 13 Stazioni di monitoraggio dei Chiroteri: in rosso il tracciato in progettazione, in verde il tracciato in dismissione, in arancio la rete Natura 2000.	30
Figura 14 Punto di rilievo stazione VEP02RA-A (PMA Ravenna, 2019).	31
Figura 15 Punto di rilievo della stazione VED01RA-B (PMA Ravenna, 2019).	32

Figura 16 Inquadramento area di studio Sestino-Minerbio. In verde i punti di monitoraggio, in rosso l'opera in progetto, in azzurro i confini della regione Emilia-Romagna e in giallo i confini della regione Toscana.	33
Figura 17 Punto di ascolto FA06CES-M.	35
Figura 18 Punto di ascolto FA07CES-B.	36
Figura 19 Stazioni di monitoraggio della Chiroterofauna. In rosso è possibile osservare i tracciati in progetto e in verde quelli in dismissione (PMA San Salvo, 2023).	37
Figura 20 Punto di ascolto FA01-B.	38
Figura 21 Punto di ascolto FA02-B.	39
Figura 22 Punto di ascolto FA03-B.	39
Figura 23 Spettrogramma <i>Eptesicus serotinus</i>	40
Figura 24 Spettrogramma <i>Hypsugo Savii</i>	41
Figura 25 Spettrogramma di <i>Miniopterus schreibersii</i>	41
Figura 26 Spettrogramma <i>Myotis sp.</i>	42
Figura 27 Spettrogramma <i>Pipistrellus nathusii</i>	42
Figura 28 Spettrogramma social calls <i>Pipistrellus nathusii</i>	43
Figura 29 Spettrogramma <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	43
Figura 30 Spettrogramma <i>Pipistrellus kuhlii</i>	44
Figura 31 Spettrogramma <i>Rhinolophus hyposideros</i>	44
Figura 32 Grafico riguardante l'attività di specie presenti nella stazione VED01RA-B nei mesi di giugno, luglio, agosto e settembre.	47
Figura 33 Grafico riguardante l'attività di specie presenti nella stazione VEP02RA-A nei mesi di giugno, luglio, agosto e settembre.	48
Figura 34 Grafico che rappresenta l'attività totale, all'interno della stazione VED01RA-B per specie nell'intero periodo di monitoraggio.	49
Figura 35 Grafico che rappresenta l'attività totale, all'interno della stazione VEP02RA-A, per specie nell'intero periodo di monitoraggio.	50
Figura 36 Grafico riguardante l'attività di specie presenti nella stazione FA06CES-M nei mesi di giugno, luglio, agosto e settembre.	51
Figura 37 Grafico riguardante l'attività di specie presenti nella stazione FA07CES-B nei mesi di giugno, luglio, agosto e settembre.	52
Figura 38 Grafico che rappresenta l'attività totale, all'interno della stazione FA06CES-M, per specie nell'intero periodo di monitoraggio.	53

Figura 39 Grafico che rappresenta l'attività totale, all'interno della stazione FA07CES-B, per specie nell'intero periodo di monitoraggio.	54
Figura 40 Grafico riguardante l'attività di specie presenti nella stazione FA01-B nei mesi di giugno, luglio, agosto e settembre.	55
Figura 41 Grafico riguardante l'attività di specie presenti nella stazione FA02-B nei mesi di giugno, luglio, agosto e settembre.	56
Figura 42 Grafico riguardante l'attività di specie presenti nella stazione FA03-B nei mesi di giugno, luglio, agosto e settembre.	57
Figura 43 Grafico che rappresenta l'attività totale, all'interno della stazione FA01-B, per specie nell'intero periodo di monitoraggio.	58
Figura 44 Grafico che rappresenta l'attività totale, all'interno della stazione FA02-B, per specie nell'intero periodo di monitoraggio.	58
Figura 45 Grafico che rappresenta l'attività totale, all'interno della stazione FA03-B, per specie nell'intero periodo di monitoraggio.	59
Figura 46 Grafico curva di accumulo delle specie stazione VED01RA-B.....	61
Figura 47 Grafico curva di accumulo delle specie stazione VEP02RA-A.....	62
Figura 48 Risultati stimatore Jackknife stazioni: VED01RA-B e VEP02RA-A.....	63
Figura 49 Grafico curva di accumulo delle specie stazione FA06CES-M.....	64
Figura 50 Grafico curva di accumulo delle specie stazione FA07CES-B.....	65
Figura 51 Risultati stimatore Jackknife stazioni: FA06CES-M e FA07CES-B.	66
Figura 52 Grafico curva di accumulo delle specie stazione FA01-B.....	67
Figura 53 Grafico curva di accumulo delle specie stazione FA02-B.....	68
Figura 54 Grafico curva di accumulo delle specie stazione FA03-B.....	69
Figura 55 Risultati stimatore Jackknife stazioni: FA01-B, FA02-B e FA03-B.....	70

INTRODUZIONE E SCOPO DELLA TESI

I Chiroteri rappresentano uno degli ordini di Mammiferi più numerosi al mondo e solo in Italia sono presenti 34 specie. A livello globale, essi forniscono servizi fondamentali come l'impollinazione di piante, la dispersione di semi e il controllo dei parassiti; perciò, nel corso del tempo e attraverso varie ricerche, si è iniziato a comprendere l'importanza del monitoraggio di tali organismi in quanto essi mostrano un'elevata sensibilità ai cambiamenti che avvengono nell'ambiente e perciò sono utilizzati come bioindicatori.

Il monitoraggio della Chiroterofauna europea viene trattato all'interno di normative sia nazionali che comunitarie e, con l'entrata in vigore del D.Lgs. 152/2006, il monitoraggio ambientale entra a far parte del processo di Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) come strumento in grado di fornire informazioni sull'ambiente nelle diverse fasi di attuazione di un progetto o un'opera.

Il principale metodo di monitoraggio chiroterologico utilizzato nei Piani di Monitoraggio Ambientale (PMA) all'interno della procedura di VIA, e quindi trattato in questo elaborato, è quello di tipo acustico. Esso si basa sull'utilizzo di un apposito strumento (chiamato *bat detector*), il quale permette di registrare i segnali ultrasonori emessi dai Chiroteri. Tali suoni vengono poi analizzati, attraverso appositi software, e rielaborati in modo da ottenere informazioni sulla presenza e attività di determinate specie all'interno di aree circoscritte.

L'obiettivo principale del presente elaborato è quello di analizzare le metodologie di monitoraggio della Chiroterofauna applicate all'interno dei Piani di Monitoraggio Ambientale riferiti alla progettazione di gasdotti con lo scopo di determinarne l'efficacia nel quantificare in maniera rappresentativa la diversità delle specie presenti all'interno dei siti.

Per questa ricerca, sono stati presi in considerazione tre diversi PMA, riferiti a progetti di SNAM Rete Gas S.p.A., le cui aree di indagine sono collocate in Emilia-Romagna, Toscana e Abruzzo.

I dati sono stati raccolti, attraverso sessioni di monitoraggio ripetute nei mesi di giugno, luglio, agosto e settembre, analizzati e post-processati. Si è poi provveduto a determinare l'indice di attività dei Chiroteri e la curva di accumulo delle specie (SAC). L'indice di attività fornisce informazioni sul grado di utilizzo dell'ambiente da parte delle specie mentre la SAC viene qui utilizzata per determinare se lo sforzo di campionamento sia sufficiente a quantificare in maniera rappresentativa la diversità della comunità.

Capitolo 1

CHIROTTEROFAUNA ITALIANA

In Italia sono presenti 34 specie di Chiroteri appartenenti a 11 generi e 4 famiglie. Nel corso degli anni, sul nostro territorio sono state individuate le seguenti famiglie:

- **Famiglia dei Rinolofidi:** anche chiamati ferri di cavallo poiché presentano una particolare struttura cartilaginea che si sviluppa attorno alle narici e che assume una forma a “ferro di cavallo”. Tale struttura svolge un’importante funzione nel direzionare le onde ultrasonore le quali nelle specie di questa famiglia vengono emesse dalle narici. L’unico genere presente in Europa e Italia appartenente a questa famiglia è il genere *Rhinolophus* (fig.1).
- **Famiglia dei Vespertilionidi:** è la famiglia di Chiroteri italiani più diversificata con 8 generi e 29 specie. Essi presentano un’appendice cartilaginea alla base del padiglione auricolare denominata *trago* che ha una funzione nella ricezione dell’eco degli ultrasuoni. Ad eccezione del genere *Barbastella* e *Plecotus*, che emette ultrasuoni sia dal naso che dalla bocca, tutte le altre specie li emettono solo dalla bocca. Fanno parte di questa famiglia i generi: *Barbastella*, *Eptesicus*, *Hypsugo*, *Myotis*, *Nyctalus*, *Pipistrellus*, *Plecotus*, *Vespertilio* (fig. 2).
- **Famiglia dei Miotteridi:** in Italia e in Europa troviamo una sola specie, *Miniopterus schreibersii*. I Miotteridi presentano un muso semplice con orecchie provviste di *trago*. Come particolarità, presentano le membrane alari allungate e saldate posteriormente alle caviglie (fig.3).
- **Famiglia dei Molossidi:** in Italia e in Europa è presente una sola specie, *Tadarida teniotis*. Presentano un muso semplice e orecchie provviste di *trago*. A questa famiglia appartiene il genere *Tadarida* (Agnelli et al., 2004) (fig. 4).



Figura 1 Esempio di specie appartenente al genere *Rhinolophus*: *Rhinolophus ferrumequinum* (Spagnesi et al., 2002).



Figura 2 Esempio di specie appartenente alla famiglia *Vespertilionidae*: *Barbastella barbastellus* (Spagnesi et al., 2002).



Figura 3 Esempio di specie appartenente alla famiglia dei Miniotteridi: *Miniopterus schreibersii* (Spagnesi et al., 2002).



Figura 4 Esempio di specie appartenente alla famiglia dei Molossidi: *Tadarida teniotis* (Spagnesi et al., 2002).

1.1 Brevi cenni di ecologia delle specie presenti in Italia

I Chiroteri rappresentano uno degli ordini di Mammiferi più numeroso al mondo, secondo solo ai roditori. Un'elevata percentuale delle specie esistenti risulta però rara e minacciata. Rappresentano inoltre uno dei gruppi faunistici di maggiore interesse scientifico per la loro ecologia e storia evolutiva (Agnelli et al., 2008). Sono infatti gli unici mammiferi capaci di volo attivo e hanno evoluto questa capacità più di 50 milioni di anni fa.

L'evoluzione dei Chiroteri è un processo complesso che ha portato l'Ordine a adattarsi a una vasta gamma di diete che, a seconda della specie, si specializzano in frutta, nettare, insetti, piccoli animali (anfibi, pesci e altri pipistrelli) e sangue. In Italia ed Europa, tutte le specie di Chiroteri sono predatori notturni di insetti e come tali svolgono un fondamentale servizio ecosistemico nel regolare le popolazioni di insetti, in particolare quelli nocivi alla produzione agricola e forestale. Ad esempio, negli Stati Uniti è stato stimato che la scomparsa dei pipistrelli dal paese potrebbe portare a perdite agricole in oltre 3,7 miliardi di dollari all'anno (Boyles et al., 2011).

Inoltre, i Chiroteri sono considerati ottimi indicatori ambientali. I cambiamenti nell'attività e nella popolazione dei pipistrelli sono infatti associati al cambiamento climatico, alla qualità dell'acqua, all'intensificazione dell'agricoltura, alla perdita e frammentazione degli habitat forestali e all'inquinamento degli habitat (Jones et al. 2009).

Tutte queste caratteristiche rendono i Chiroteri un gruppo faunistico di grande interesse scientifico e conservazionistico.

Le caratteristiche del volo delle diverse specie dipendono dalla forma dell'ala: le specie che necessitano di maggiore manovrabilità ed efficienza aerodinamica al fine di evitare ostacoli come la vegetazione, presentano un'ala corta e larga. Le specie che presentano un'ala lunga e appuntita sono in grado di volare a maggiore velocità e per distanze elevate (Zou et al., 2022). Importante per il volo è l'*uropatagio*; esso è una membrana alare che svolge un ruolo importante nell'attività di volo e può essere tesa o rilassata a seconda delle manovre che l'animale intende compiere.

La comunicazione intra e interspecifica comporta una vasta gamma di segnali comportamentali, tattili, odorosi, sonori, con diversa funzione: sessuale, intimidatoria, di sottomissione, sociale, di rapporto madre-figlio etc. Per citare un esempio, segnali tattili, odorosi e sonori vengono utilizzati nel rapporto tra madre e figlio: nella maggior parte delle specie gli individui molto piccoli, se separati dalla madre, emettono emissioni sonore udibili e si fanno riconoscere dalla madre anche per il loro particolare odore (Fornasari et al., 1997).

Si può dire quindi che i Chiroteri utilizzino vari modi per comunicare questo perché sono tra i Mammiferi più gregari, infatti, alcune specie formano colonie anche di migliaia di individui. Ad esempio, i *Vespertilionidae* e i *Miniopteridi* non di rado si aggrappano gli uni agli altri, disponendosi in strati successivi come in una sorta di grappolo. Varie sono le cause che determinano il fenomeno del gregarismo; una delle più comuni è rappresentata dalla necessità di ridurre la dispersione del calore. Nei Chiroteri, inoltre, troviamo tutti i tipi di organizzazione sociale proprie dei mammiferi: dal comportamento solitario, alla famiglia monogama fino ad arrivare all'*harem*; tutto ciò per ribadire quanto siano mammiferi complessi

e per ciò, quanto sia importante studiarne i comportamenti, la comunicazione e più in generale l'intera ecologia (Fornasari et al., 1997).

Oltre alla comunicazione intra e interspecifica, è importante comprendere come i pipistrelli utilizzino suoni per orientarsi nello spazio (ecolocalizzazione). I pipistrelli emettono suoni (chiamati *calls*) sia udibili dall'uomo, sia ultrasuoni. Le emissioni sonore udibili possono essere descritte come cinguettii, pigolii, ronzii, squittii; di regola hanno funzione sociale (*social calls*) cioè di comunicazione tra individui di una stessa specie, sia tra adulti, sia tra madre e figlio ma anche per la comunicazione interspecifica (es. con significato di allerta per la delimitazione territoriale). I suoni non udibili, gli ultrasuoni, vengono normalmente emessi durante il volo e a bocca aperta; fatta eccezione dei generi *Barbastella* e *Plecotus* (capaci di emetterli anche dal naso) e *Rhinolopus* (che emette suoni solo dal naso). Nella maggior parte delle specie la localizzazione degli ostacoli e delle prede avviene tenendo conto della differenza cronologica che intercorre tra l'emissione dell'ultrasuono e la ricezione della sua eco (Fornasari et al., 1997).

In tutte le specie capaci di ecolocalizzare, i parametri dei segnali emessi (es. frequenza e durata) hanno una certa plasticità poiché variano in relazione all'altezza di volo, alla distanza dagli ostacoli o dalla preda e alla presenza di conspecifici. Le emissioni di ecolocalizzazione subiscono anche variazioni di frequenza in base all'età, al sesso e alla taglia corporea. Ciò nonostante, la maggior parte delle specie può essere identificata a livello di specie o genere a partire dall'analisi acustica delle emissioni sonore. I Chiroteri Italiani emettono frequenze sonore comprese tra i 12 e i 110 kHz e, in base al tipo di emissione, possono essere distinti in quattro categorie (fig.5):

1. Genere *Rhinolophus*: l'emissione sonora, emessa dal naso, è caratterizzata da una porzione dominante, a frequenza costante (CF= *constant frequency*), spesso combinata con una breve porzione a modulazione di frequenza (FM= *frequency modulated*) (Fornasari et al., 1997).
2. Generi *Pipistrellus*, *Hypsugo*, *Nyctalus*, *Eptesicus*, *Vespertilio*, *Miniopterus* e *Tadarida*: l'emissione sonora è emessa dalla bocca e caratterizzata da una parte iniziale (FM) e quella finale QFC (quasi-constant frequency) in cui la frequenza è quasi costante.
3. Genere *Myotis*: le emissioni sonore, emesse dalla bocca, sono di tipo FM, lineari.
4. Generi *Plecotus* e *Barbastella*: emettono suoni sia dalla bocca sia dal naso di tipo FM e sono caratterizzati da armoniche (Fornasari et al., 1997).

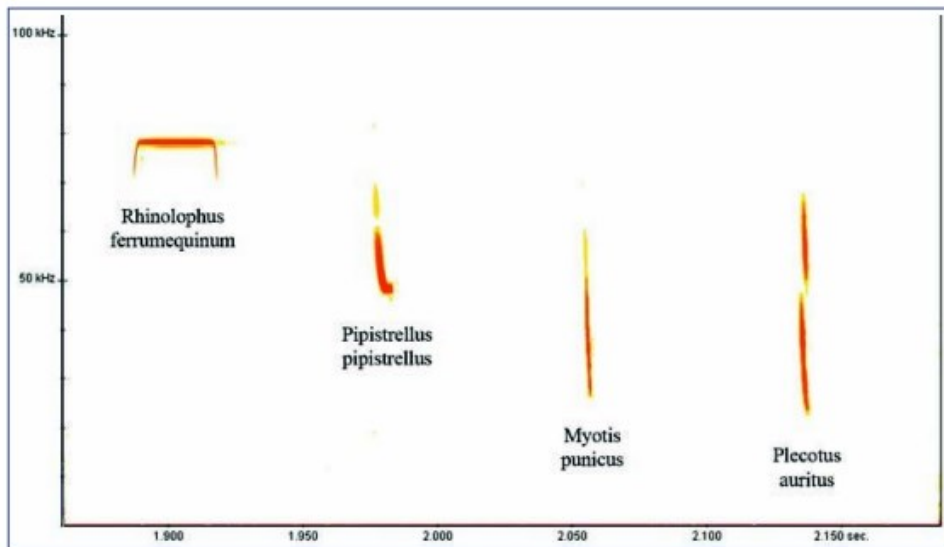


Figura 5 Spettrogramma di alcune specie rappresentative delle quattro categorie (Agnelli et al., 2004).

I segnali di tutti Chiroterri italiani, ad eccezione del genere *Plecotus* e *Rhinolophus*, presentano maggiore energia sulla prima armonica e le armoniche successive sono spesso invisibili in quanto di bassa intensità. Le armoniche dei *Plecotus*, invece, sono spesso più forti e pertanto visibili mentre il genere *Rhinolophus* pone maggiore energia sulla seconda armonica e la prima risulta spesso invisibile.

Grazie alle differenze interspecifiche delle emissioni sonore, i Chiroterri possono essere identificati a livello di specie, genere o gruppo acustico utilizzando registratori di ultrasuoni (*bat detector*) e software specifici per la visualizzazione e l'analisi acustica. Per questo motivo con la bioacustica è possibile monitorare la presenza e l'attività delle specie di Chiroterri.

1.1.1 Stato di conservazione

L'Italia mostra un elevato livello di biodiversità, soprattutto in termini di ricchezza di specie endemiche, dovuta alla strategica collocazione geografica dell'Italia al centro del bacino del Mediterraneo. Questo fattore determina la presenza di una fauna tra le più ricche dei paesi europei. Complessivamente circa il 10% della fauna italiana è endemica, vale a dire presente esclusivamente nel nostro paese. Questa elevata diversità di specie è sempre più soggetta a minacce concrete dovute all'attività umana (Rondinini et al., 2022).

Attualmente, in Italia sono istituiti 24 Parchi Nazionali, 146 Parchi Regionali, 147 Riserve Naturali Statali, 32 Aree Marine Protette, circa 400 Riserve regionali, inoltre una vasta rete di siti protetti la maggior parte dei quali rientranti nella Rete Natura2000. In ogni caso, a livello globale è stato dimostrato come le azioni di conservazione siano comunque insufficienti a contrastare l'aumento delle pressioni antropiche sulle specie animali e vegetali, e che questo stia portando e porterà ad un deterioramento generale dello stato della biodiversità, portando le specie via via all'estinzione.

L'Unione Internazionale per la Conservazione della Natura (*IUCN, International Union for Conservation of Nature*), fondata oltre 60 anni fa, si propone come obiettivo quello di "influenzare, incoraggiare, le società di tutto il mondo a conservare l'integrità e diversità della natura e di assicurare che ogni utilizzo delle risorse naturali sia equo e ecologicamente sostenibile" (Rondinini et al., 2022).

Sono state individuate così undici categorie di estinzione e rischio (fig.6):

- Estinto (EX, *Extinct*), attribuita alle specie per le quali si ha la certezza che anche l'ultimo individuo sia deceduto;
- Estinto in Ambiente Selvatico (EW, *Extinct in the Wild*), assegnata alle specie per le quali non esistono più popolazioni naturali ma solo individui in cattività;
- Categorie di minaccia: come vulnerabile (VU, *Vulnerable*), in Pericolo (EN, *Endangered*) e in Pericolo Critico (CR, *Critically Endangered*); identificano specie che corrono un crescente pericolo nel breve e medio periodo;
- Minor Preoccupazione (LC, *Least Concern*), adottata per le specie che non rischiano l'estinzione nel breve o medio termine;
- Dati insufficienti (DD, *Data deficient*), un taxon viene inserito in questa categoria se mancano dati precisi riguardanti l'abbondanza o la distribuzione. Tale categoria non è una categoria di minaccia;
- Specie estinta nella regione (RE, *Regionally extinct*), una specie viene inserita in questa categoria nel caso in cui essa sia estinta all'interno di una regione;
- Specie potenzialmente minacciata (NT, *Near threatened*), specie che si colloca vicino ai limiti per la classificazione in una categoria di minaccia;
- Taxon non valutato (NE, *Not evaluated*), quando una specie non è stata valutata secondo i criteri;
- Categoria non applicabile (NA, *Not applicable*), le specie che ricadono in questa categoria sono specie occasionali o di recente colonizzazione.

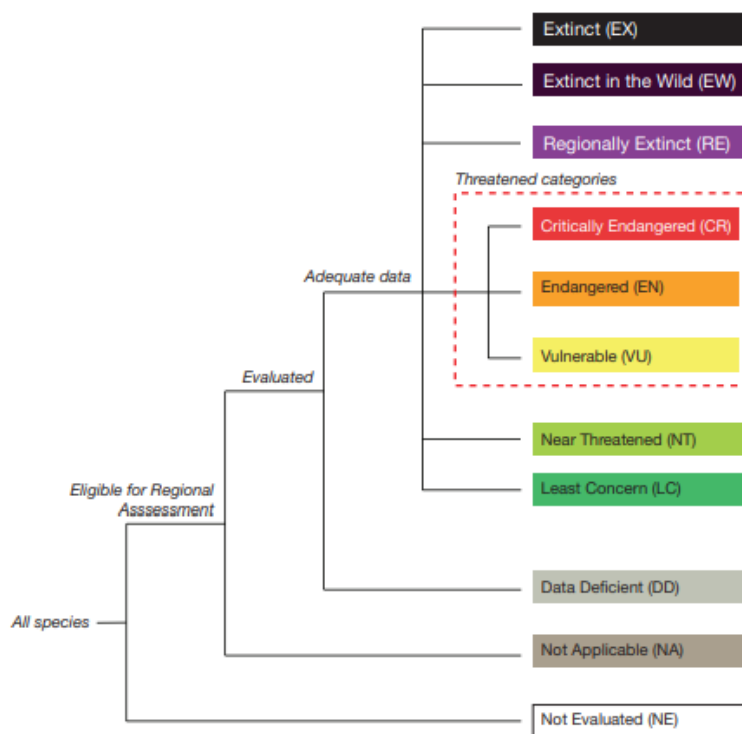


Figura 6 In questa immagine sono rappresentate le 11 categorie di rischio.

Per quanto riguarda lo stato di conservazione della Chiroterrofauna italiana (Rondinini et al., 2022):

- Per il genere *Rhinolophus*: le specie *Rhinolophus euryale*, *Rhinolophus ferrumequinum* sono considerate vulnerabili, ovvero con un alto rischio di estinzione nel futuro breve periodo. Oltre ad essere sensibili all'inquinamento, il maggior pericolo è rappresentato dall'azione di disturbo da parte dell'uomo nei loro rifugi abituali (Spagnesi et al., 2002). Le specie *Rhinolophus hipposideros*, *Rhinolophus mehelyi* sono considerate in pericolo, ovvero con un altissimo rischio di estinzione nel prossimo futuro. Il maggiore pericolo è sempre rappresentato dall'azione dell'uomo di disturbo nei loro rifugi abituali.
- Per il genere *Eptesicus*: la specie italiana *Eptesicus nilssonii* ricade nella categoria "minor preoccupazione" ovvero quelle specie che non rischiano l'estinzione nel breve e medio periodo. La specie *Eptesicus serotinus* è considerata "quasi minacciata" e quindi il suo stato di conservazione non è esente da rischi.
- La specie *Barbastella barbastellus* è considerata in pericolo. Inquinamento a parte, il maggior pericolo è rappresentato dall'azione di disturbo da parte dell'uomo nei rifugi situati in grotte e costruzioni e dal taglio di vecchi alberi cavi (Spagnesi et al., 2002).
- La specie *Hypsugo savii* ricade nella categoria "minor preoccupazione" ovvero quelle specie che non rischiano l'estinzione nel breve e medio periodo.
- Per il genere *Myotis*: le specie *Myotis bechsteinii* e *Myotis di capaccini* sono considerate in pericolo. Le specie *Myotis blythii*, *Myotis myotis*, *Myotis mystacinus*, sono considerate vulnerabili. Per la specie *Myotis brandtii* lo status della specie non è

valutabile per “carezza di informazioni” (Rondinini, et al., 2022). La specie *Myotis daubentonii* ricade nella categoria “minor preoccupazione”. La specie *Myotis emarginatus* è considerata “quasi minacciata” ovvero il suo stato di conservazione non è esente da rischi.

- Per il genere *Nyctalus*: la specie *Nyctalus lasiopterus* è considerata in pericolo. Il maggior pericolo è rappresentato dal taglio dei vecchi alberi cavi. La specie *Nyctalus leisleri* ricade nella categoria “quasi minacciata”. Mentre la specie *Nyctalus noctula* è considerata vulnerabile. Il pericolo principale è l’azione di disturbo dell’uomo dovuta al taglio di vecchi alberi cavi.
- Per il genere *Pipistrellus*: le specie *Pipistrellus kuhlii*, *Pipistrellus nathusii*, *Pipistrellus pipistrellus* sono considerate a “minor preoccupazione” ovvero quelle specie che non rischiano l’estinzione nel breve e medio periodo. Il pericolo principale è sempre rappresentato dall’azione di disturbo dell’uomo nei rifugi situati in grotte, costruzioni e vecchi alberi cavi. La specie *Pipistrellus pygmaeus* è considerato “quasi minacciato” ovvero il suo stato di conservazione non è esente da rischi.
- Per il genere *Plecotus*: la specie *Plecotus auritus* ricade nella categoria “a più basso rischio”. *Plecotus sardus*, specie endemica della Sardegna, è considerato in “pericolo critico” ovvero la sua probabilità di estinzione è superiore al 50% in 10 anni. La specie *Plecotus austriacus* ricade nella categoria “quasi minacciato”: il suo stato di conservazione non è esente da rischi. *Plecotus macbullaris* è “in pericolo” ovvero la sua probabilità di estinzione è del 20% in 20 anni.
- La specie *Miniopterus schreibersii* è considerato vulnerabile in quanto il pericolo maggiore è dovuto all’azione di disturbo dell’uomo.
- La specie *Tadarida teniotis* ricade nella categoria a “minor preoccupazione” ovvero quelle specie che non rischiano l’estinzione nel breve e medio periodo.

I Chiroteri sono mammiferi tutelati secondo normative sia nazionali che internazionali tra cui (Agnelli et al., 2004) (tabella 1):

Normativa	Specie di interesse	Disposizione
Convenzione di Bonn 1979	Specie migratorie appartenenti alla fauna selvatica	Conservazione delle specie migratorie appartenenti alla fauna selvatica
Convenzione di Berna 1979	Tutte	Conservazione della vita selvatica e dell'ambiente naturale in Europa.
Convenzione di Berna Dir. 92/43/CEE (D.P.R. 357/97); <i>Bat agreement</i>	Tutte	Divieto di abbattimento, cattura, detenzione, distruzione dei siti, commercio
Convenzione di Rio de Janeiro 1992 "convenzione sulla diversità biologica"	Tutte	Conservazione diversità biologica e uso sostenibile dei componenti della diversità biologica.
Direttiva 92/43/CEE (D.P.R. 357/97) relativa alla "conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche"	<i>Rhinolophus blasii, Rhinolophus euryale, Rhinolophus ferrumequinum, Barbastella barbastellus, Miniopterus schreibersii, Myotis bechsteinii, Myotis blythii, Myotis capaccinii, Myotis dasycneme, Myotis emarginatus, Myotis myotis, Rousettus aegyptiacus, Rhinolophus hipposideros, Rhinolophus mehelyi, Rhinolophus ferrumequinum Rhinolophus hipposideros Rhinolophus mehelyi (allegati II,IV)</i>	Tutela attraverso la designazione a Psic,SIC,ZSC, (Rete Natura 200) e l'adozione di misure di conservazione.
Dir. 92/43/CEE (D.P.R. 357/97; D.P.R. 120/03) <i>Bat agreement</i> ; Raccomandazioni del Comitato permanente della Convenzione di Berna nn. 36,43,72,73.	Tutte	Monitoraggio dello stato di conservazione anche attraverso il censimento dei siti di rifugio, l'adozione di Action Plan, o l'implementazione di preesistenti piani di conservazione.
Dir. 92/43/CEE (D.P.R. 357/97)	Tutte	Monitoraggio delle catture e uccisioni accidentali.

<p>Legge n.157 11/02/1992 "norme per la protezione della fauna selvatica omeoterma e per il prelievo venatorio".</p>	<p>Tutte</p>	<p>Protezione specie.</p>
--	--------------	---------------------------

Tabella 1 Sintesi delle principali disposizioni legislative riguardanti la tutela e il monitoraggio della Chiroterofauna.

1.1.2 *Chiropteri come indicatori ambientali*

I bioindicatori sono organismi che reagiscono ai cambiamenti che avvengono nell'ambiente e perciò sono molto importanti per monitorare alterazioni del sistema ambientale (Russo et al., 2021). Attraverso varie ricerche i bioindicatori sono stati distinti in: indicatori ambientali, ecologici e di biodiversità. I bioindicatori ecologici sono utilizzati per rilevare e monitorare gli effetti di un fattore di stress sul biota; gli indicatori ambientali consentono di rilevare e monitorare i cambiamenti all'interno dell'ambiente e gli indicatori di biodiversità permettono di identificare e monitorare la diversità di un'intera comunità di specie in una certa regione.

I pipistrelli sono un gruppo di mammiferi molto vasto i quali, a livello globale, forniscono servizi ecosistemici fondamentali come la lotta ai parassiti, l'impollinazione e la dispersione di semi. Essi mostrano un'elevata sensibilità ai cambiamenti che avvengono nell'ambiente e perciò sono utilizzati come bioindicatori. Risulta chiaro come il ruolo dei pipistrelli come indicatori sia fondamentale; EUROBATS (accordo sulla conservazione delle popolazioni di pipistrelli europei, che attualmente vincola 37 paesi) esorta le parti a sviluppare indicatori di biodiversità dei pipistrelli a livello nazionale, internazionale e regionale con l'obiettivo di facilitare la raccolta dati e così da creare piattaforme di cooperazione per facilitare lo scambio di informazioni.

I pipistrelli possono essere utilizzati come bioindicatori ecologici, ambientali e di biodiversità. Ad esempio, molti studi hanno dimostrato come i fiumi presentino un'elevata presenza di specie di pipistrelli e che sia la qualità dell'acqua che la vegetazione ripariale influenzino la disponibilità delle risorse (Mas et al., 2021). Di conseguenza, viene suggerito come i pipistrelli potrebbero essere utili bioindicatori ecologici della qualità delle acque dei fiumi e laghi. In un lavoro condotto in Inghilterra a Galles, gli autori hanno sviluppato un modello predittivo della distribuzione e dell'abbondanza del pipistrello *Myotis daubentoni* nei siti dei corsi d'acqua sulla base dei dati acustici di monitoraggio disponibili (Langton et al., 2010). È stata monitorata questa specie poiché essa foraggia prevalentemente in habitat ripariali. Da questo studio è emerso come l'attività di questa specie fosse più elevata nei corsi d'acqua più grandi e con una buona qualità chimica dell'acqua e con boschi nelle vicinanze. Avendo comunque pochi dati a riguardo, questo modello non può essere applicato di *routine* per la valutazione della qualità dell'acqua. In ogni caso, anche attraverso studi e ricerche fatte in aree geografiche diverse, si è comunque potuto osservare come, per alcune specie, l'attività di foraggiamento aumentasse nei siti con maggiore qualità delle acque.

Sono state eseguite delle ricerche anche in ambito agricolo dove si è potuto osservare come nei terreni agricoli gestiti a biologico ci fossero più specie di pipistrelli rispetto a terreni agricoli ad agricoltura intensiva (Park et al., 2003). Si è potuto osservare come la presenza o meno di specie sia legata semplicemente a quali pratiche agricole vengono eseguite nei terreni, come l'utilizzo di pesticidi. Infatti, nei terreni coltivati a biologico troviamo una maggiore variabilità di insetti rispetto ai terreni nei quali vengono utilizzati elevati quantitativi di pesticidi; l'agricoltura biologica porta ad una maggiore disponibilità di foraggiamento e quindi una maggiore presenza di pipistrelli.

Sappiamo inoltre che i pipistrelli si adattano molto bene ad ambienti forestali; questo perché utilizzano questi paesaggi come ambienti di rifugio diurno e per spostamenti. La presenza e l'attività dei pipistrelli sono influenzate dalla struttura della foresta e anche

dalla gestione forestale (Russo et al., 2016). Ad esempio, il ceduo è una forma di gestione che implica un'alta densità di alberi con diametri ridotti, il tutto rende questo tipo di forma di governo inadatta sia al rifugio che al foraggiamento. Le foreste, invece, ad alto fusto che ospitano molti alberi secolari e un'elevata presenza di necromassa, offrono un'ambiente molto più adatto ai pipistrelli in quanto essi trovano un ottimo rifugio in alberi cavi. Pertanto, alla luce di queste ricerche, essi potrebbero essere utilizzati come indicatori della gestione forestale. Si potrebbe perciò dire che essi, avendo un'elevata sensibilità alle variazioni di temperatura e disponibilità di acqua, sarebbero potenzialmente ottimi indicatori dei cambiamenti climatici.

Poiché i Chiroteri sono buoni bioindicatori ecologici e ambientali questo gruppo tassonomico viene incluso all'interno delle componenti ambientali monitorate dai PMA delle opere soggette alle procedure di VIA. Oltre alla loro funzionalità come indicatori, queste specie sono importanti da monitorare poiché sono tutte protette da leggi nazionali e comunitarie (Tabella 1) e molte di queste risultano comunque rare o in pericolo d'estinzione.

1.2 Monitoraggio dei Chiroteri

L'obiettivo principale negli studi sulla Chiroterofauna è quello di monitorare le specie con lo scopo primario della conservazione. Solo attraverso il monitoraggio attivo è infatti possibile comprendere quali siano le specie maggiormente minacciate e per poter così agire sulla salvaguardia di tali popolazioni (Agnelli et al., 2004).

Esistendo diversi metodi per rilevare la presenza dei Chiroteri, di seguito i principali:

- Censimento presso i *roost* naturali e artificiali (incluse *bat box*, fig. 7): ovvero presso i luoghi utilizzati dai Chiroteri per il riposo. Questo offre l'opportunità di condurre studi su distribuzione, ecologia e comportamento della Chiroterofauna;
- Cattura temporanea di esemplari: la cattura consente di osservare le caratteristiche morfologiche degli esemplari e quindi a identificare in maniera univoca la specie. La cattura può avvenire manualmente o attraverso l'utilizzo di un retino a mano o attraverso specifiche reti in nylon chiamate *mistnet*;
- Inanellamento: i Chiroteri vengono marcati in modo permanente attraverso l'applicazione di anelli apposti sull'avambraccio contrassegnati da una sigla specifica (fig.8) (Agnelli et al., 2004). Questa tecnica è utile a indagare gli spostamenti a lungo e breve raggio di una popolazione o una specie;
- Metodo bioacustico: consiste nell'utilizzo di un apposito strumento chiamato, *bat detector*, in grado di registrare i segnali ultrasonori emessi dai pipistrelli, così da poterli analizzare e identificare la specie o gruppo acustico di appartenenza.

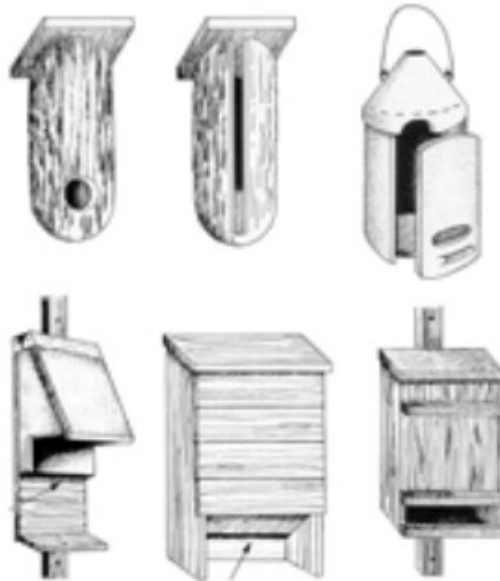


Figura 7 Alcuni tipi di bat box utilizzabili per incrementare il numero dei potenziali siti di rifugio per i Chiroteri (Agnelli et al., 2004).



Figura 8 "Marcatura di un chiroterro mediante inanellamento. Il codice utilizzato per ciascun soggetto è univoco e permette di riconoscere individualmente l'animale marcato." (Agnelli et al., 2004).

Il metodo di monitoraggio che viene trattato in questo elaborato è quello di tipo acustico, il quale corrisponde alla metodologia utilizzata all'interno dei PMA per monitorare i Chiroterri. Ormai è noto come i Chiroterri si orientino nel volo e identifichino le prede grazie al sistema di ecolocalizzazione. Gli impulsi di ecolocalizzazione emessi dalla Chiroterrofauna ricadono, nella maggior parte dei casi, in un intervallo di frequenze superiori alla soglia udibile dall'orecchio umano (> 20 kHz). Proprio per questi motivi, negli ultimi decenni, sono stati creati dei rilevatori acustici chiamati *bat detector* (fig.9). La loro funzione fondamentale è quella registrare segnali ultrasonori: quando, perciò, un chiroterro entra nel raggio di sensibilità del rilevatore, la sua presenza viene captata dallo strumento. Il raggio d'azione del *bat detector* dipende da fattori quali (Agnelli et al., 2004):

- Sensibilità del microfono;
- Grado di densità dell'habitat in cui si effettua il rilevamento;
- Distanza tra sorgente pipistrello e microfono.

È importante tenere a mente come anche le condizioni metereologiche giochino un ruolo fondamentale nella buona riuscita di un monitoraggio acustico. Per un buon rilievo:

- Temperatura superiore ai 15 °C;
- Assenza di forte vento;
- Assenza di precipitazioni.

Il segnale registrato viene poi analizzato attraverso appositi *software* e App, i quali consentono, attraverso uno spettrogramma, l'identificazione della specie (fig. 10).



Figura 9 Nell'immagine troviamo uno dei primi modelli utilizzati. Si tratta di un rilevatore di ultrasuoni modello Patterson D980. (Agnelli et al.,2004).

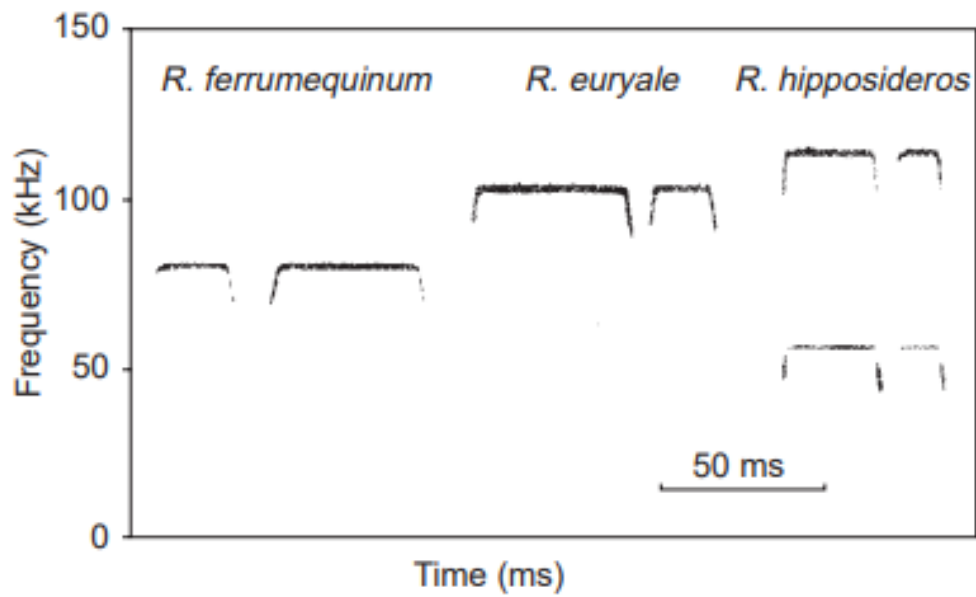


Figura 10 In figura degli esempi di spettrogramma del genere *Rhinolophus* (Russo et al., 2002).

1.2.1 Rilievo acustico con bat detector

Per questa ricerca, i rilievi acustici sono stati realizzati attraverso l'utilizzo di *bat detector*. I *bat detector* impiegati sono stati: *bat detector* Song Meter mini Bat (Wildlife Acoustics, Inc.) (fig.11) e *bat detector* AudioMoth v1.2.0 (Open Acoustic Devices) (fig.12). Entrambi i rilevatori bioacustici sono *full spectrum* e, per questa ricerca, sono stati impostati per registrare da 30 minuti dopo il tramonto e per le due ore e trenta successive, per una volta al mese (da giugno a settembre). I dati raccolti sono stati poi analizzati in maniera manuale per determinare le specie presenti, attraverso l'utilizzo:

- della guida “*Bat calls of Britain and Europe*”;
- del *software Kaleidoscope Lite* (Wildlife Acoustics, Inc.);
- dei fogli di calcolo *Excel* (per la rielaborazione dei dati);
- del linguaggio di programmazione R (R Core Team, 2023) per l'analisi statistica.



Figura 11 Bat detector Song Meter mini Bat (Wildlife Acoustics, Inc.).



Figura 12 Bat detector AudioMoth v1.2.0 (Open Acoustic Devices).

1.2.2 Caratteristiche dei bat detector

Per i rilievi bioacustici vengono utilizzati i cosiddetti *bat detector*, in grado di convertire i segnali ultrasonori non udibili in segnali acustici. In base allo scopo con il quale si esegue un rilievo, si possono individuare tre diversi tipi di strumenti che lavorano attraverso quattro modalità differenti (Brigham et al., 2004):

- *Bat detector* a eterodinia: permette di percepire la presenza di pipistrelli sul campo in quanto miscela l'ultrasuono emesso con un segnale sonoro creato dallo strumento stesso creando un suono udibile dall'orecchio umano. È uno strumento utile per rilevare la presenza di pipistrelli ma permette di identificare le specie.
- *Bat detector* a divisione di frequenza: il rilevatore divide la frequenza captata con lo scopo di produrre un suono udibile, ad esempio se il rilevatore capta una frequenza a 50 kHz, esso la riduce a 5 kHz, rendendo così il suono da non udibile a udibile. I suoni poi possono essere registrati e analizzati tramite software specifici. Lo strumento ha la capacità di registrare in maniera continua; quindi, registrando tutti i passaggi dei pipistrelli, ma la divisione di frequenza riduce la qualità del suono registrato rendendo difficoltoso, e talvolta impossibile, l'identificazione di certe specie di pipistrelli.
- *Bat detector* ad espansione temporale: strumenti in grado di rilevare tutte le frequenze senza modificarle ma, poiché il segnale viene trasformato da ultrasonoro a udibile rallentando la velocità del suono di dieci o più volte, non c'è continuità temporale poiché lo strumento deve fare il playback del suono rallentato per poterlo registrare. Questo significa che, se lo strumento registra per 1 secondo poi sta in pausa per 10 secondi perdendo potenziali passaggi di pipistrelli.
- *Bat detector* a spettro completo (*full spectrum*): consentono di registrare le frequenze originali in uno stato inalterato e in maniera continua. Ad oggi, è la tipologia di strumento migliore per il monitoraggio acustico.

È importante tenere conto che le caratteristiche di un suono registrato sono generalmente determinate dalla sorgente sonora (ad esempio, l'animale), dal canale di trasmissione del suono (ad esempio, l'ambiente) e dall'attrezzatura di registrazione (ad esempio, il *bat detector* utilizzato) che, insieme, concorrono alla buona riuscita di una misurazione bioacustica. Questi tipi di rilievi sono diventati sempre più facili, veloci ma molti fattori ambientali, biologici e tecnici possono portare a variazioni ed errori nei risultati perciò, durante una ricerca, occorre comprenderli e prestare attenzione per ottenere così corrette misurazioni bioacustiche.

1.3 Piano di Monitoraggio Ambientale

Con l'entrata in vigore della Parte Seconda del D.Lgs. 152/2006, il Monitoraggio Ambientale è stato inserito all'interno del processo di Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) assumendo la funzione di strumento in grado di fornire informazioni sull'ambiente nelle diverse fasi di attuazione di un progetto e soprattutto di fornire i necessari segnali per azioni correttive nel caso in cui le risposte ambientali non rispondano alle previsioni effettuate nell'ambito della VIA (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, 2014). Il monitoraggio ambientale, quindi, rappresenta l'insieme di azioni che consentono di verificare, attraverso l'utilizzo di determinati parametri biologici, chimici e fisici, gli eventuali impatti ambientali che possono essere generati nelle fasi di realizzazione di un progetto o un'opera.

Le attività di monitoraggio descritte nel PMA possono essere così schematizzate:

- monitoraggio *ante operam* (osservazione delle componenti ambientali prima dell'avvio dei lavori per la realizzazione dell'opera);
- monitoraggio degli effetti ambientali in corso d'opera e *post operam*; tali attività consentono di:
 - a) verificare l'efficacia delle misure di mitigazione adottate per ridurre gli impatti ambientali individuati in fase di progetto;
 - b) individuare eventuali impatti ambientali non previsti e programmare le opportune misure correttive.
- comunicazione degli esiti delle attività alle autorità preposte.

Sulla base della documentazione prodotta in fase di VIA, nel PMA vengono identificate le componenti ambientali che possono subire degli impatti durante e a seguito della realizzazione dell'opera e che quindi devono essere monitorate per garantire che gli effetti su di esse siano nulli o bassi. Le componenti ambientali potenzialmente oggetto di monitoraggio possono essere così riassunte:

1. Atmosfera e polveri
2. Rumore
3. Ambiente idrico
 - a. Acque sotterranee
 - b. Acque superficiali
4. Suolo e sottosuolo
5. Biodiversità
 - a. Vegetazione e flora
 - b. Fauna ed ecosistemi
6. Paesaggio

Il monitoraggio dei Chiroteri fa parte del monitoraggio della componente "Fauna ed ecosistemi" che, a seconda delle caratteristiche degli habitat interessati e delle opere in progetto, può includere anche altri gruppi tassonomici come la fauna ittica, l'erpetofauna, l'avifauna, gli invertebrati e altri mammiferi come il moscardino.

Per ognuna delle componenti ambientali da monitorare, il PMA definisce i metodi di monitoraggio da utilizzare e le aree di indagine sulle quali sono attesi gli impatti generati dalla

realizzazione/esercizio dell'opera. All'interno di queste aree vengono localizzate le stazioni/punti di monitoraggio necessarie alla caratterizzazione dello stato di ciascuna componente ambientale nelle diverse fasi, *ante operam*, corso d'opera e *post operam*. Nel PMA viene inoltre definito il cronoprogramma di ciascun monitoraggio dove viene indicata la frequenza e tempistiche del monitoraggio così da garantire che ogni componente sia indagata nel periodo adeguato a rilevare gli impatti dell'opera.

1.3.1 Normative di riferimento per il monitoraggio ambientale

Nell'ambito delle direttive comunitarie, il monitoraggio ambientale viene trattato all'interno di varie normative:

- Direttiva 96/61/CE: “*direttiva sulla prevenzione e la riduzione integrate nell'inquinamento per talune attività industriali e agricole (sostituita dalla direttiva 2007/1/CE e oggi confluita nella direttiva 2010/75 UE sulle emissioni industriali)*”;
- Direttiva 2001/42/CE: “*direttiva sulla valutazione ambientale strategica di piani e programmi*” (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, 2014);
- La direttiva 2014/52/UE: direttiva che modifica la direttiva 2011/92/UE concernente la Valutazione d'Impatto Ambientale, Essa introduce importanti novità in merito al monitoraggio ambientale, riconosciuto come strumento finalizzato al controllo degli effetti negativi significativi sull'ambiente derivanti dalla costruzione e dall'esercizio dell'opera, all'identificazione di eventuali effetti negativi significativi impreveduti e alla adozione di misure correttive. La direttiva 2014/52/UE stabilisce inoltre che il monitoraggio:
 - non deve duplicare eventuali monitoraggi ambientali già previsti da altre normative sia comunitarie che nazionali;
 - definisce i tipi di parametri da monitorare e la durata dello stesso (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, 2014).

Nell'ambito delle normative nazionali:

- DPCM 27.12.1988 recante “*Norme tecniche per la redazione degli Studi di Impatto Ambientale*”, prevede che “*...la definizione degli strumenti di gestione e di controllo e, ove necessario, le reti di monitoraggio ambientale, documentando la localizzazione dei punti di misura e i parametri ritenuti opportuni costituisca parte integrante del Quadro di Riferimento Ambientale*”;
- D.Lgs.152/2006 e s.m.i. “*rafforza la finalità del monitoraggio ambientale attribuendo ad esso la valenza di vera e propria fase del processo di VIA*” (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, 2014).
- Il D. Lgs.163/2006 riguarda:
 - Il controllo degli impatti ambientali significativi provocati dalle opere approvate;
 - L'individuazione tempestiva degli impatti negativi impreveduti per consentire all'autorità competente di adottare le opportune misure correttive;
 - L'informazione al pubblico sulle modalità di svolgimento del monitoraggio (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, 2014).

Capitolo 2

MATERIALI E METODI

2.1 Inquadramento aree di studio

Questa ricerca è stata condotta all'interno di aree di studio distinte ricadenti all'interno di tre diversi Piani di Monitoraggio Ambientale relativi al potenziamento o creazione di nuovi gasdotti, a titolarità SNAM Rete Gas, sul territorio italiano. In questa tesi, per semplicità, i progetti vengono denominati:

- Ravenna
- Sestino-Minerbio
- San Salvo

Si evidenzia che, come previsto dalla normativa, tutti i dettagli di tali progetti possono essere consultati nel portale del Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica – Valutazioni e Autorizzazioni Ambientali: <https://va.mite.gov.it/it-IT>.

All'interno di queste tre aree sono state individuate le stazioni di monitoraggio nelle quali applicare il protocollo di registrazione di due ore e trenta minuti a partire da mezz'ora dopo il tramonto. Come già citato sopra, per questo scopo sono stati utilizzati i *bat detector* Song Meter mini Bat (Wildlife Acoustics, Inc.) e *bat detector* AudioMoth v1.2.0 (Open Acoustic Devices).

2.1.1 Area di Ravenna

Come già citato sopra, i monitoraggi sono stati eseguiti all'interno di aree di studio distinte. All'interno dell'area di Ravenna sono stati svolti dei monitoraggi con lo scopo di rilevare la presenza dei Chiroterri durante il corso d'opera per il progetto di rifacimento del metanodotto Ravenna mare- Ravenna Terra (PMA Ravenna., 2022) (fig. 13).

Il PMA per l'area di Ravenna individua sette stazioni di monitoraggio con due punti d'ascolto ciascuna; per questa ricerca sono stati selezionati due punti d'ascolto appartenenti a due stazioni distinte denominate VED01RA-B e VEP02RA-A.

Di seguito verranno riportate le coordinate e le denominazioni dei siti di rilievo inserite in questa tesi (tabella 2):

Denominazione sito	Coordinate
VEP02RA	
A	44.377521° 12.272604°
VED01RA	
B	44.448833° 12.270614°

Tabella 2 Coordinate e denominazione siti di rilievo (PMA Ravenna, 2019).



Figura 13 Stazioni di monitoraggio dei Chiroterri: in rosso il tracciato in progettazione, in verde il tracciato in dismissione, in arancio la rete Natura 2000.

La stazione VEP02RA è localizzata nei pressi della pineta di Classe. In questa stazione sono stati inseriti due punti di ascolto, ma per questa ricerca solo nel punto di ascolto VEP02RA-A sono state eseguite registrazioni di 2 ore e 30 minuti a partire da mezz'ora dopo il tramonto. Questo punto è situato lungo la strada sterrata (arginata da uno scolo) che costeggia la pineta (fig.14).



Figura 14 Punto di rilievo stazione VEP02RA-A (PMA Ravenna, 2019).

La stazione VED01RA è situata nei pressi dell'area umida della Piallassa dei Piomboni; in contesto è dominato da aree a copertura erbacea (fig.15). In questa stazione sono stati inseriti due punti di ascolto, ma per questa ricerca solo nel punto di ascolto VED01RA-B sono state eseguite registrazioni di 2 ore e 30 minuti a partire da mezz'ora dopo il tramonto.



Figura 15 Punto di rilievo della stazione VED01RA-B (PMA Ravenna, 2019).

2.1.2 Area di Sestino-Minerbio

L'area di studio di Sestino-Minerbio ricade tra due regioni ovvero Toscana ed Emilia-Romagna (fig.16). All'interno di questa area sono stati svolti dei monitoraggi con lo scopo di rilevare la presenza dei Chiroteri durante la fase precedente l'esecuzione dell'opera.

Per l'area di studio di Sestino-Minerbio, il PMA individua sette stazioni con due punti di ascolto ciascuna: per questa ricerca sono stati selezionati due punti d'ascolto (in cui eseguire registrazioni per 2 ore e 30 a partire da mezz'ora dopo il tramonto) appartenenti a due stazioni distinte denominate FA06CES-M e FA07CES-B.

Di seguito verranno riportate le coordinate e le denominazioni dei siti di rilievo (tabella 3):

Denominazione sito	Coordinate
FA06CES	
M	44.055027° 12.188117°
FA07CES	
B	44.091013° 12.200091°

Tabella 3 Coordinate e denominazione siti di rilievo (PMA Sestino-Minerbio, 2023).

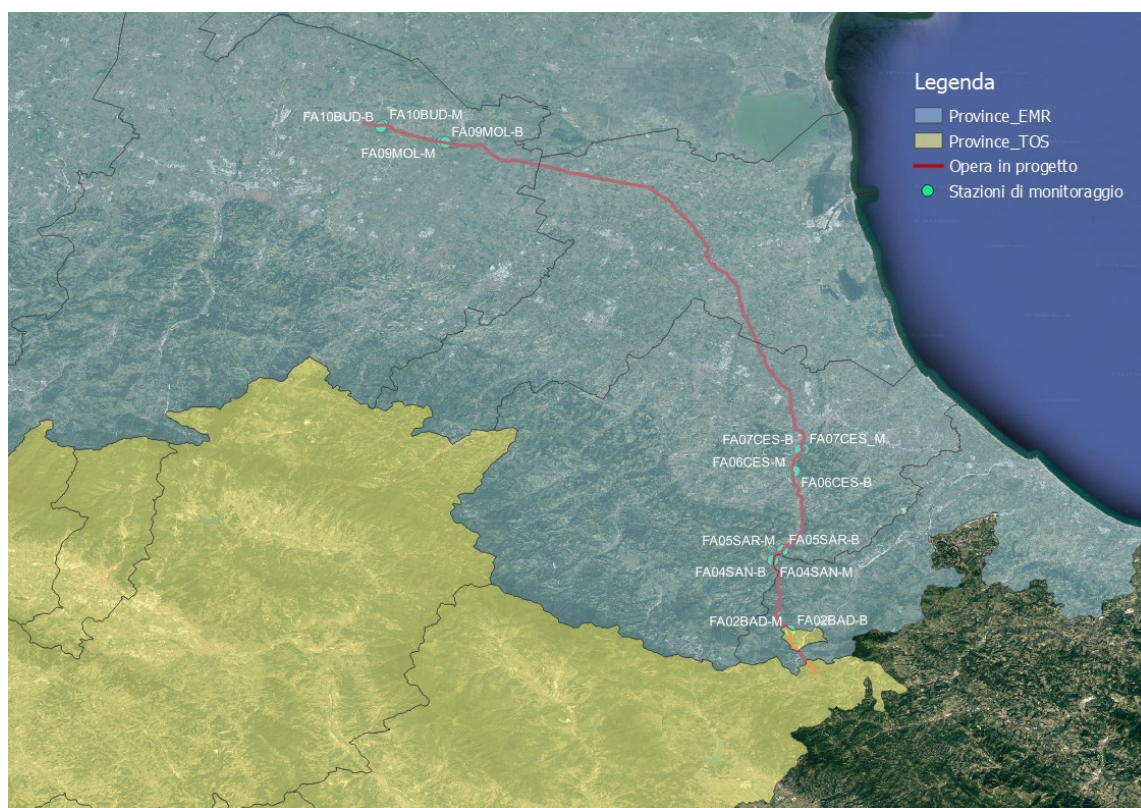


Figura 16 Inquadramento area di studio Sestino-Minerbio. In verde i punti di monitoraggio, in rosso l'opera in progetto, in azzurro i confini della regione Emilia-Romagna e in giallo i confini della regione Toscana.

Per il tratto meridionale, il tracciato si sviluppa a nord-ovest del territorio del comune di Sestino per poi proseguire, in Emilia-Romagna, nel comune di Pennabilli e per 400 m nel comune di Casteldelci. Da qui, rientra nel territorio di competenza della Regione Toscana, nel comune di Badia Tedalda. Per il tratto settentrionale, il tracciato attraversa l'alta valle del fiume Marecchia per poi svilupparsi per un lungo tratto nella valle del fiume Savio fino a sud-ovest di Cesena. Il tracciato interferisce direttamente con i seguenti siti di importanza comunitaria:

- IT4090004 Monte S. Silvestro, Monte Ercole e Gessi di Sapigno, Maiano e Ugrigno;
- IT4080014 Rio Mattero e Rio Cuneo;
- IT4050022 Biotopi e Ripristini ambientali di Medicina e Molinella;
- IT4050023 Biotopi e Ripristini ambientali di Budrio e Minerbio.

I punti di ascolto FA06CES-M e FA07CES-B sono situati in Emilia-Romagna; il paesaggio che domina questi siti è prettamente arboreo con vegetazione tipicamente ripariale (fig.17 e 18).



Figura 17 Punto di ascolto FA06CES-M.



Figura 18 Punto di ascolto FA07CES-B.

2.1.3 Area di San Salvo

L'area di studio di San Salvo è situata in Abruzzo. All'interno di questa area sono stati svolti dei monitoraggi con lo scopo di rilevare la presenza dei Chiroterteri durante la fase *ante operam* del progetto di rifacimento del metanodotto della rete di San Salvo e opere connesse.

I campionamenti per il monitoraggio della Chiroterrofauna sono stati eseguiti, da giugno a settembre, nelle stazioni: FA01, FA02 e FA03, all'interno delle quali, per ognuna, sono stati individuati due punti di ascolto (fig.19).

Di seguito verranno riportate le coordinate e le denominazioni dei siti di rilievo (tabella 4):

Denominazione sito	Coordinate
FA01	
B	42.060737° 14.7382132°
FA02	
B	42.057793° 14.719488°
FA03	
B	42.030218° 14.701012°

Tabella 4 Coordinate e denominazione siti di rilievo (PMA San Salvo, 2023).

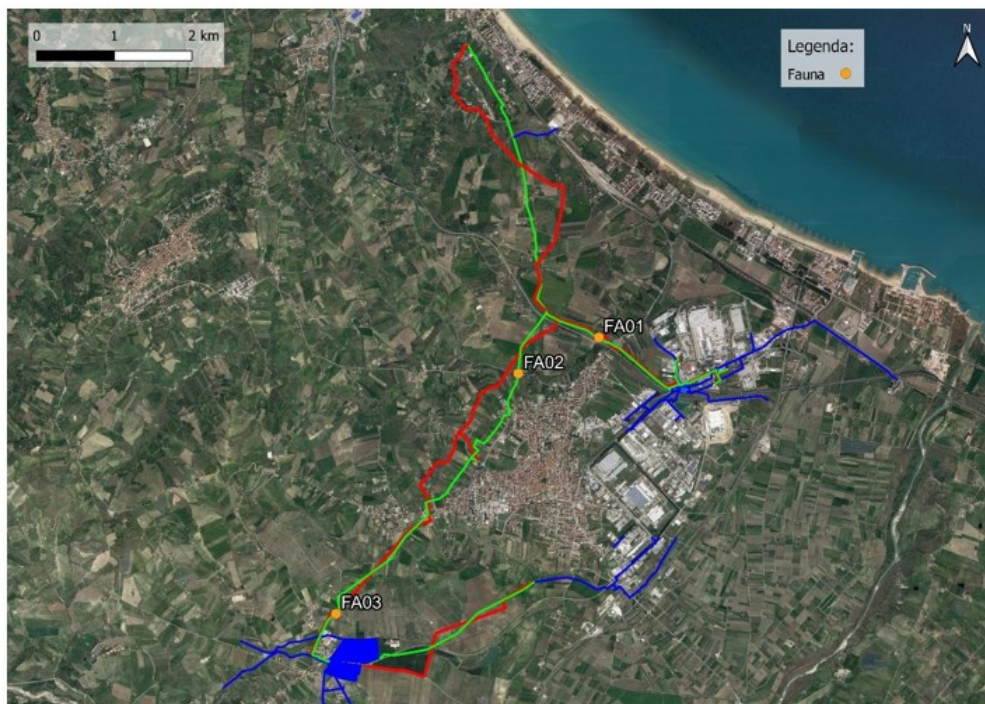


Figura 19 Stazioni di monitoraggio della Chiroterrofauna. In rosso è possibile osservare i tracciati in progetto e in verde quelli in dismissione (PMA San Salvo, 2023).

Per questa ricerca sono state eseguite registrazioni di due ore e trenta minuti a partire da mezz'ora dopo il tramonto, solamente nei tre punti di ascolto (FA01-B, FA02-B, FA03-B).

Tutte e tre le stazioni sono dominate da un paesaggio agricolo con modesta variabilità di specie erbacee e arbustive (fig.20-21-22)

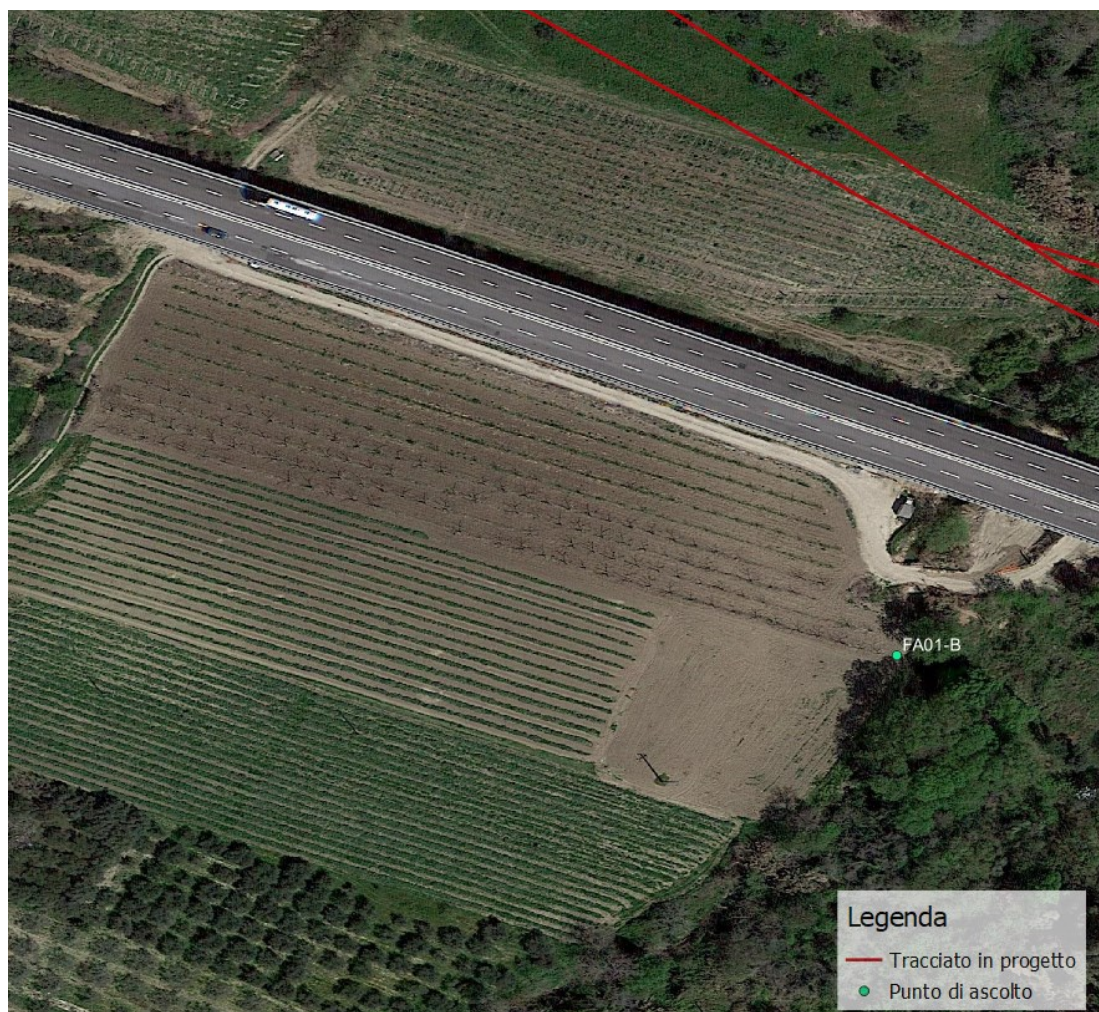


Figura 20 Punto di ascolto FA01-B.



Figura 21 Punto di ascolto FA02-B.



Figura 22 Punto di ascolto FA03-B.

2.1.4 Identificazione delle specie tramite spettrogrammi e indice acustico

Per spettrogramma si intende la rappresentazione grafica dell'intensità del suono in funzione del tempo e della frequenza. Lo spettrogramma è utilizzato nello studio della Chiroterofauna in quanto permette di identificare le diverse specie presenti nell'ambiente circostante.

Per questa tesi è stata utilizzata l'analisi dei sonogrammi con lo scopo di individuare le specie presenti nell'ambiente. Questa analisi permette di identificare in maniera certa alcune specie, come per esempio la maggior parte dei Rinolofi, mentre, nei casi in cui non sia possibile l'identificazione, viene utilizzato il gruppo acustico. In questa ricerca:

- tutte le specie di *Myotis* sono state trattate come *Myotis sp.*;
- specie caratterizzate da sovrapposizione del range di frequenze (es. *Pipistrellus kuhlii* e *P. nathusii*) sono state trattate come gruppo acustico.

Di seguito verranno approfonditi e analizzati gli spettrogrammi di alcune delle specie di pipistrelli comuni nell'area di studio:

1. *Eptesicus serotinus*: produce chiamate FM-qCF che scendono da 33 kHz a 21 kHz con una frequenza massima di energia solitamente a 28 kHz. La durata media della chiamata è di circa 10 ms e l'intervallo tra gli impulsi è di circa 150 ms (fig.23).

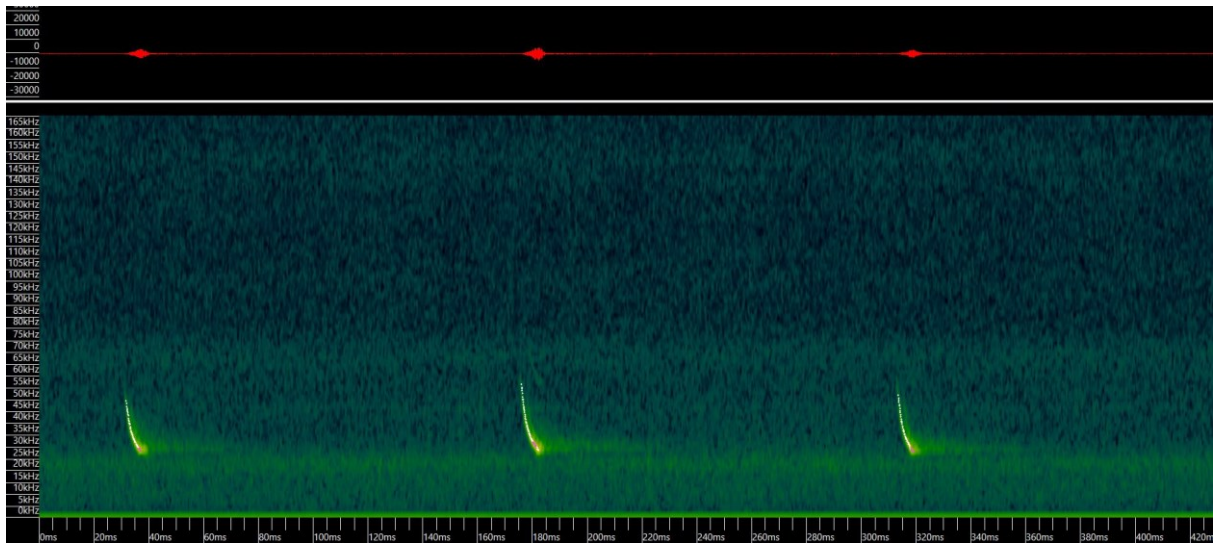


Figura 23 Spettrogramma *Eptesicus serotinus*.

2. *Hypsugo savii*: i suoni prodotti da *Hypsugo savii* sono simili a quelli di *Pipistrellus kuhlii* ma solitamente risultano più lunghi e con frequenze più basse. Produce chiamate FM-qCF che spaziano da circa 70 kHz a 33-34 kHz con una frequenza di massima energia attorno ai 33-35 kHz. La durata media della chiamata è di circa 10 ms e l'intervallo tra gli impulsi è circa 226 ms (fig.24).

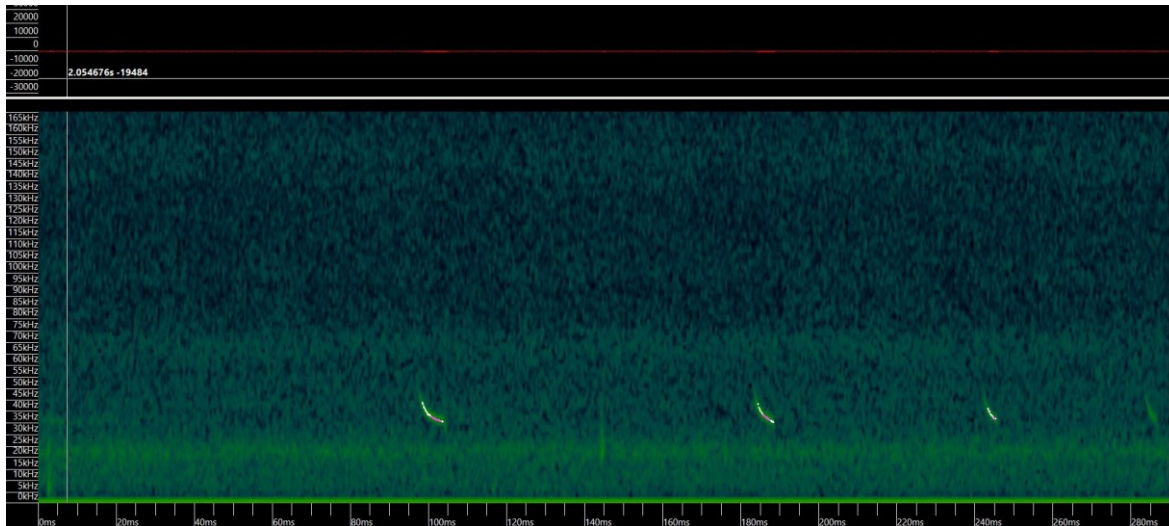


Figura 24 Spettrogramma *Hypsugo Savii*.

3. *Miniopterus schreibersii*: i richiami di ecolocalizzazione hanno una struttura FM-qCF e spaziano da circa 80 kHz a 51 kHz con una frequenza massima di energia di 54 kHz. La durata media della chiamata è di circa 6 ms e l'intervallo tra gli impulsi è di circa 80-90 ms (fig.25). La specie può essere confusa con *Pipistrellus pygmaeus* il quale produce chiamate di ecolocalizzazione simili ma è distinguibile da questo per la struttura dei *feeding buzz* (sequenze di alimentazione).

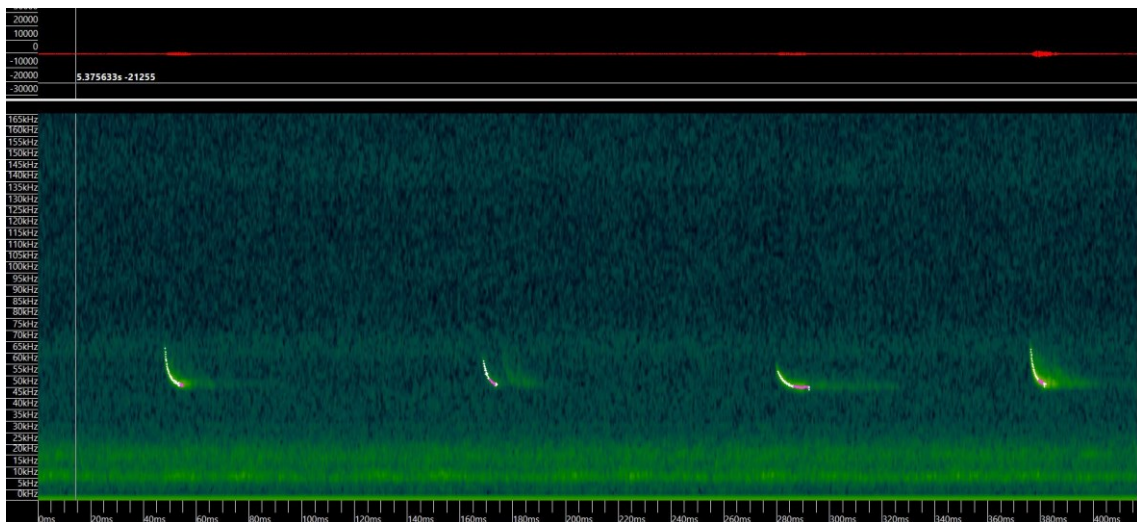


Figura 25 Spettrogramma di *Miniopterus schreibersii*.

4. *Myotis sp.*: le specie che appartengono a questo genere utilizzano segnali di ecolocalizzazione in FM con frequenza massima di energia che varia a seconda delle specie da 37 kHz a 64 kHz (circa). La durata del segnale è di circa 4 ms e l'intervallo tra gli impulsi è di circa 82 ms (fig.26).

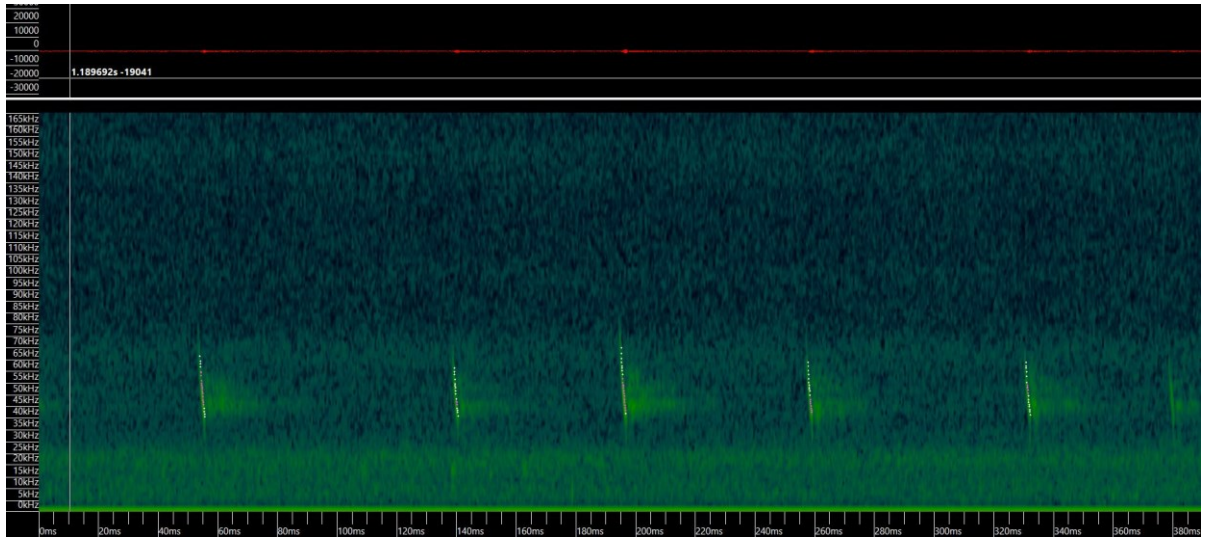


Figura 26 Spettrogramma *Myotis sp.*

5. *Pipistrellus nathusii*: produce un tipico suono che inizia circa a 51 kHz e termina a circa 36 kHz. La frequenza massima di energia è compresa tra 35.5-46.1 kHz. La durata media dell'impulso è di circa 6 secondi e l'intervallo tra gli impulsi è di 130 ms (fig.27). È importante tenere a mente che *Pipistrellus nathusii* e *Pipistrellus kuhlii* sono discriminabili solo in presenza di suoni sociali (social calls) (fig.28):

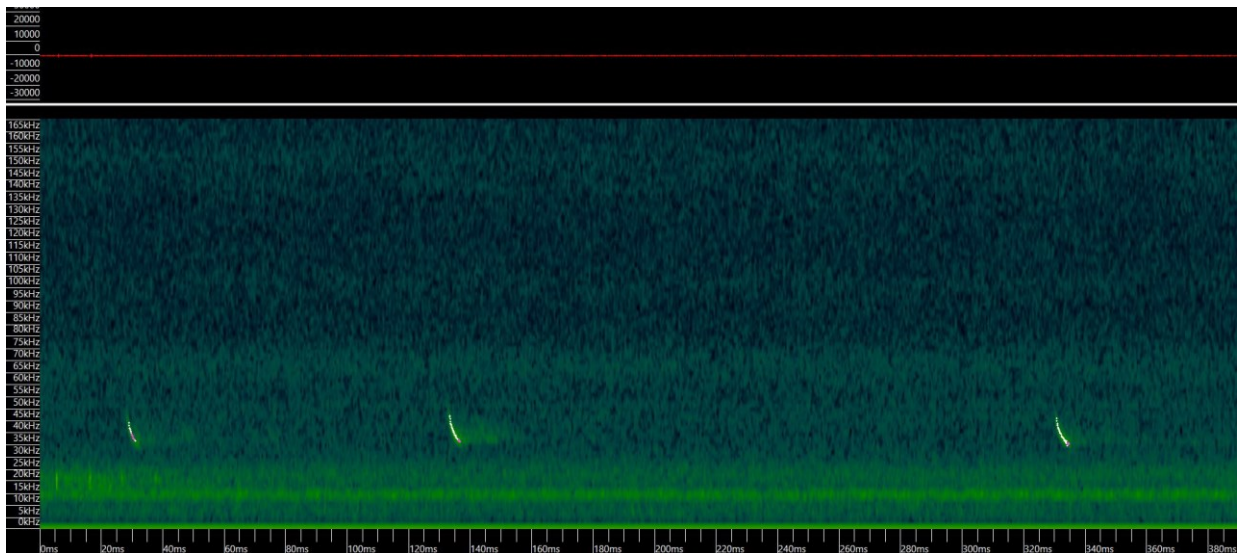


Figura 27 Spettrogramma *Pipistrellus nathusii*.

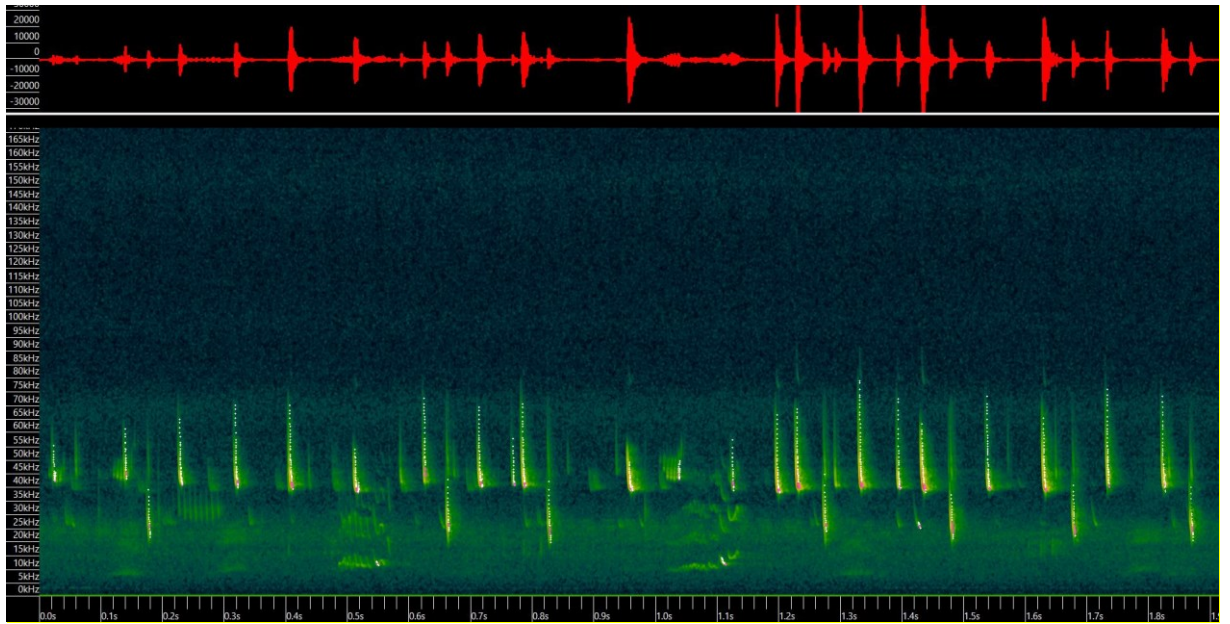


Figura 28 Spettrogramma social calls *Pipistrellus nathusii*.

6. *Pipistrellus pipistrellus*: produce chiamate FM-qCF che vanno da circa 70 kHz a circa 43 kHz con una frequenza massima di energia compresa tra 41.6 e 50.6 kHz. La durata media dell'impulso è di circa 6 ms e l'intervallo tra gli impulsi è di circa 100 ms (fig.29):

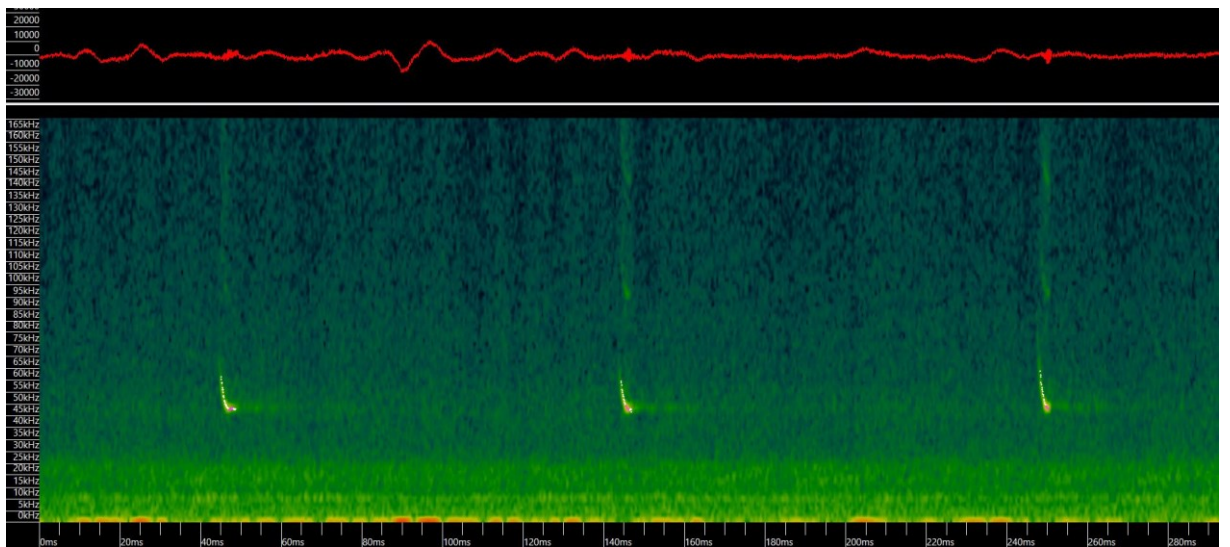


Figura 29 Spettrogramma *Pipistrellus pipistrellus*.

7. *Pipistrellus kuhlii*: produce suoni che spaziano da circa 70 kHz a circa 35.40 kHz con una frequenza massima di energia compresa tra i 40 e 41 kHz. La durata media della chiamata è di circa 6 secondi e l'intervallo tra gli impulsi è di circa 110 ms (fig.30):

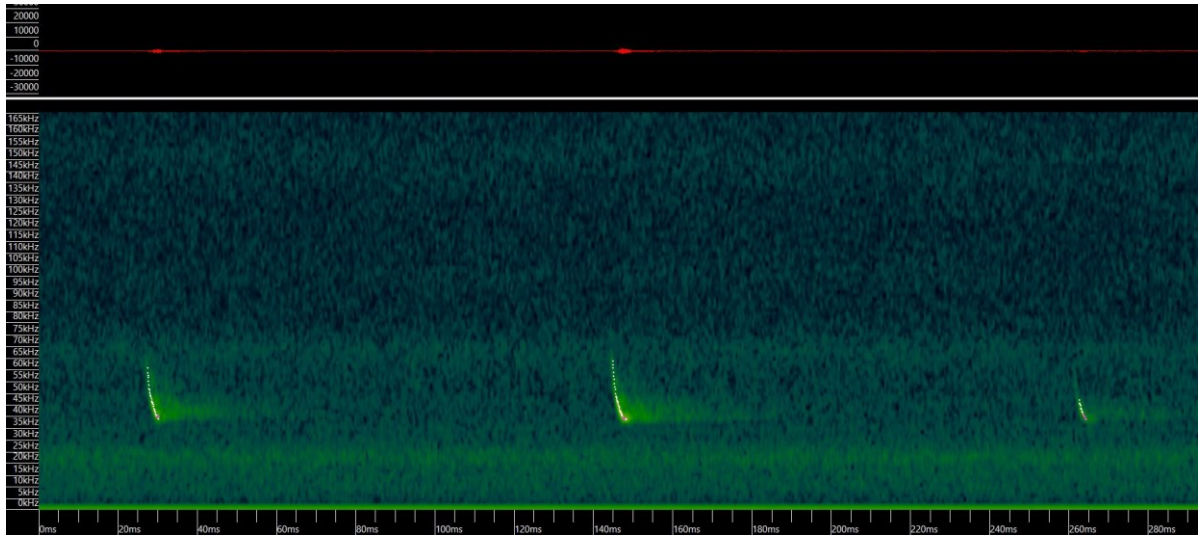


Figura 30 Spettrogramma *Pipistrellus kuhlii*.

8. *Rhinolophus hyposideros*: il suono emesso è costituito da frequenze costanti con una frequenza modulata iniziale ascendente ed una finale discendente. La frequenza di massima energia della componente FC può assumere valori compresi tra 105 e 113 kHz (fig.31).

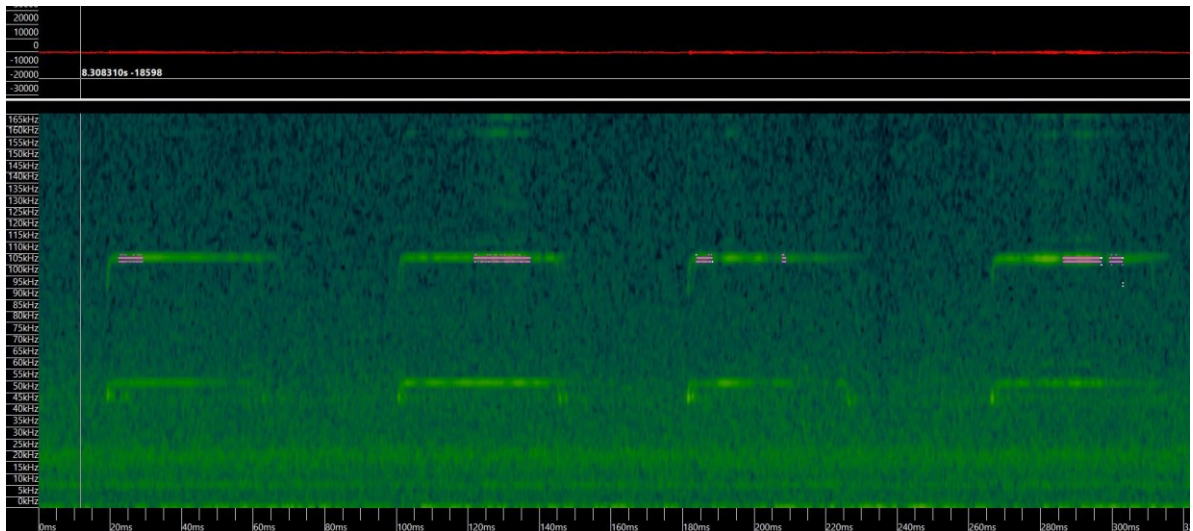


Figura 31 Spettrogramma *Rhinolophus hyposideros*.

2.2 Analisi statistica

L'analisi statistica ha due scopi principali:

1. Determinare per ogni stazione in cui è stato eseguito il campionamento, la **ricchezza** di specie/gruppo acustico e relativa **attività** nel periodo di monitoraggio (da giugno a settembre);
2. Valutare tramite il calcolo della curva di accumulo delle specie (SAC) se con il protocollo standard di monitoraggio dei PMA (i.e quindici minuti di registrazione per due punti di ascolto, da giugno a settembre) si riescono a identificare tutte le specie e gruppi acustici presenti all'interno di un'area di studio.

Per il calcolo dell'attività delle specie, si fa riferimento all'indice di attività dei Chiroterri. Tale indice di attività è indicatore del grado di utilizzo dell'ambiente da parte delle specie e, in certe condizioni, può essere utilizzato come *proxy* dell'abbondanza di una popolazione. Esso può essere calcolato in diversi modi: in questo elaborato è stato calcolato come la somma del numero di individui della stessa specie o gruppo acustico presenti per ogni minuto di registrazione. A titolo di esempio, se per la stessa specie sono stati registrati due individui contemporaneamente al cinquantesimo minuto e poi di nuovo un altro vocalizzo al sessantesimo minuto, l'attività totale corrisponderà alla somma 2+1 (tre).

Per quanto riguarda le curve di accumulo delle specie (SAC), esse possono essere utilizzate per determinare se lo sforzo di campionamento è sufficiente a quantificare in maniera rappresentativa la diversità di una comunità. Esse, inoltre, possono essere calcolate utilizzando diverse funzioni di accumulatore. Per questa ricerca è stato utilizzato il metodo classico, ossia quello "random", che trova la media del SAC e la sua deviazione standard tramite permutazioni casuali dei dati con campionamento senza reinserimento (Gotelli et al., 2001).

L'analisi statistica di questa ricerca è stata condotta utilizzando il linguaggio di programmazione R (R Core Team, 2023). Nello specifico, per valutare se lo sforzo di campionamento (2 ore e 30 minuti al mese da giugno a settembre) e se il protocollo standard dei PMA (quindici minuti per due punti di ascolto per ogni stazione da giugno a settembre) fossero sufficienti a identificare tutte le specie presenti, è stato utilizzato il seguente approccio:

- Il periodo di campionamento mensile di 2 ore e 30 minuti è stato suddiviso in intervalli di 15 minuti risultando quindi in 10 intervalli;
- Il numero di specie identificate per ognuno degli intervalli di 15 minuti è stato permutato (con randomizzazione dei campioni; 1000 permutazioni) tramite la funzione di *specaccum* del pacchetto R *vegan* (Oksanen et al. 2015) creando così la curva di accumulo (SAC);
- È stato calcolato lo **stimatore Jackknife** il quale stima il numero di specie potenzialmente presenti nel sito;
- È stato infine stimato il numero di specie che si sarebbero potute ottenere se si fosse utilizzato il campionamento con metodo standard del PMA (30 minuti mensili registrando 15 minuti in 2 punti per ogni stazione) comparando questo risultato al numero di specie osservato con il campionamento di 2 ore e 30 minuti mensile per ogni stazione.

Capitolo 3

RISULTATI

3.1 Ricchezza di specie e attività

Come già citato sopra, all'interno delle aree di studio sono stati eseguiti diversi monitoraggi e in seguito, i dati acquisiti, sono stati rielaborati ed analizzati tramite specifici *software*. Dalle analisi sono stati ricavati grafici riguardanti l'attività delle specie all'interno dei siti nei mesi di giugno, luglio, agosto e settembre.

3.1.1 Area di Ravenna

All'interno dell'area di Ravenna i dati riguardanti l'attività di specie, sono stati raccolti nelle stazioni: VED01RA-B e VEP02RA-A.

La stazione VED01RA-B è situata nei pressi di una zona umida e all'interno di un paesaggio dominato da aree a copertura erbacea. All'interno di questo sito sono state individuate diverse specie di Chiroteri tra cui (fig.32):

- *Eptesicus serotinus*;
- *Hypsugo savii*;
- *Hypsugo savii/Pipistrellus kuhlii* (gruppo acustico);
- *Myotis sp.*;
- *Nyctalus/Eptesicus* (gruppo acustico);
- *Pipistrellus nathusii/Pipistrellus kuhlii* (gruppo acustico);
- *Pipistrellus pipistrellus*

Poiché alcune specie di Chiroteri sono acusticamente criptiche, si è reso necessario ricorrere all'identificazione a livello di gruppo acustico (es. *Nyctalus/Eptesicus*) mentre per le specie, di cui non è stato possibile risalire nemmeno al gruppo è stata utilizzata la dicitura "indeterminati".

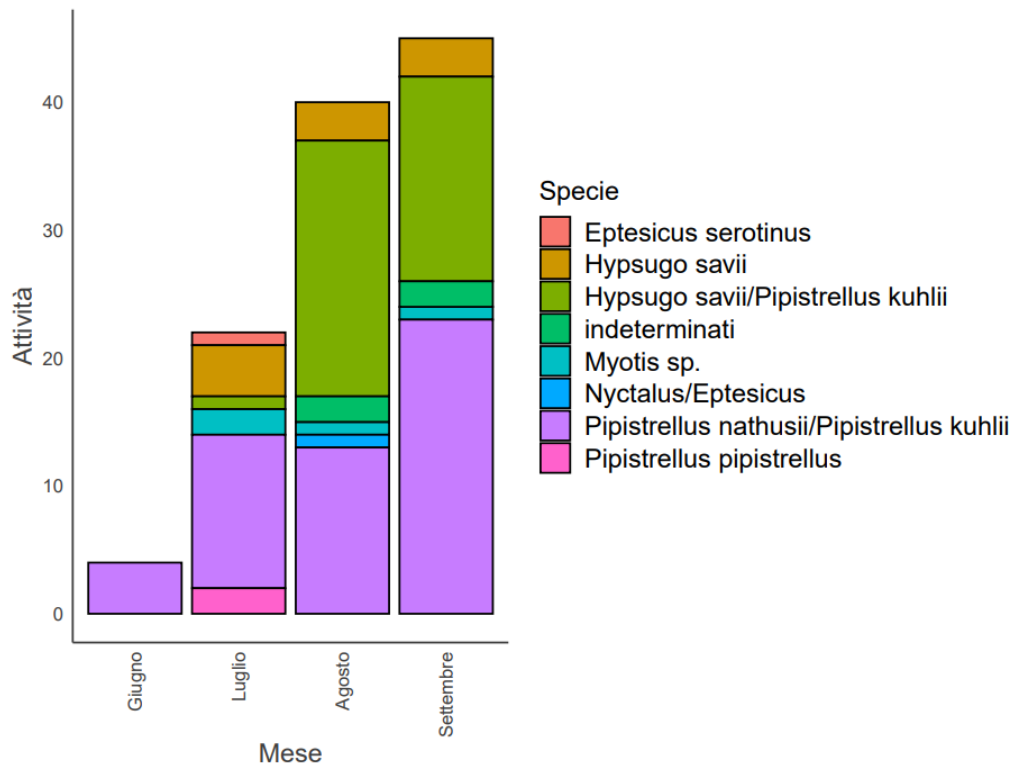


Figura 32 Grafico riguardante l'attività di specie presenti nella stazione VED01RA-B nei mesi di giugno, luglio, agosto e settembre.

La stazione VEP02RA-A è situata nei pressi di una pineta; all'interno di un paesaggio dominato da aree a copertura arborea. All'interno di questo sito sono state individuate diverse specie di Chiroteri tra cui (fig.33):

- *Eptesicus serotinus*;
- *Hypsugo savii*;
- *Hypsugo savii/Pipistrellus kuhlii* (gruppo acustico);
- *Miniopterus schreibersii*;
- *Myotis sp.*;
- *Nyctalus noctula*;
- *Nyctalus/ Eptesicus* (gruppo acustico);
- *Pipistrellus kuhlii*;
- *Pipistrellus nathusii*;
- *Pipistrellus nathusii/Pipistrellus kuhlii* (gruppo acustico);
- *Pipistrellus pipistrellus*.

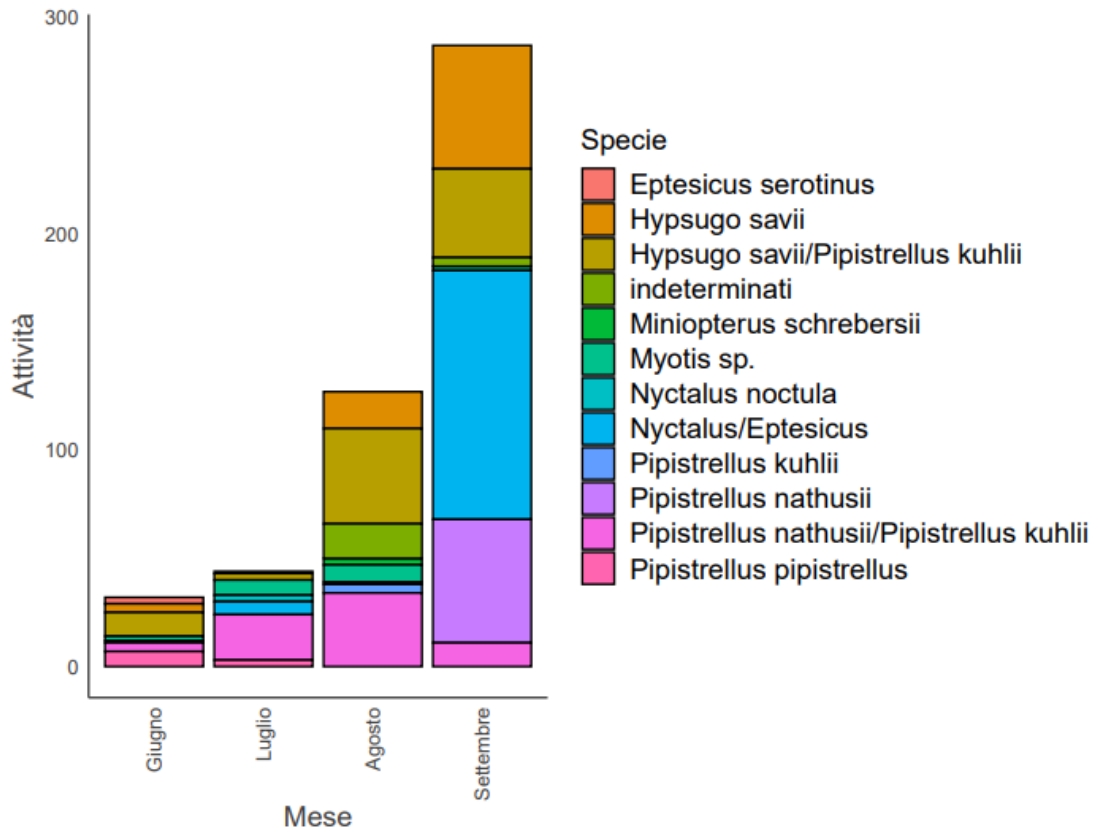


Figura 33 Grafico riguardante l'attività di specie presenti nella stazione VEP02RA-A nei mesi di giugno, luglio, agosto e settembre.

All'interno dell'area di Ravenna sono state individuate otto specie di Chiroteri. *Eptesicus serotinus* è stato rilevato in entrambe le stazioni ma con un'attività maggiore nel sito VEP02RA-A; essendo un Chiroterio legato prettamente ad ambienti forestali, trova nella pineta, un habitat più adatto alle sue esigenze. Le specie *Pipistrellus kuhlii*/ *Pipistrellus nathusii* sono entrambe specie antropofile ma *Pipistrellus nathusii* è legato maggiormente ad ambienti forestali, infatti, è stato rilevato solamente nel sito della pineta. Il genere *Myotis* racchiude diverse specie con specializzazioni differenti (ad esempio specie forestali, specie legate ad ambienti umidi e specie di prateria). La specie *Miniopterus schreibersii* è legata ad ambienti scarsamente antropizzati ed infatti è stata individuata solamente all'interno della stazione VEP02RA-A. Le specie *Nyctalus noctula* e *Pipistrellus pipistrellus* sono entrambe antropofile e legate ad ambienti forestali e urbani.

Di seguito verranno riportati i grafici rappresentanti l'attività di specie totale all'interno delle stazioni VED01RA-B (fig.34) e VEP02RA-A (fig.35) durante l'intero periodo di monitoraggio.

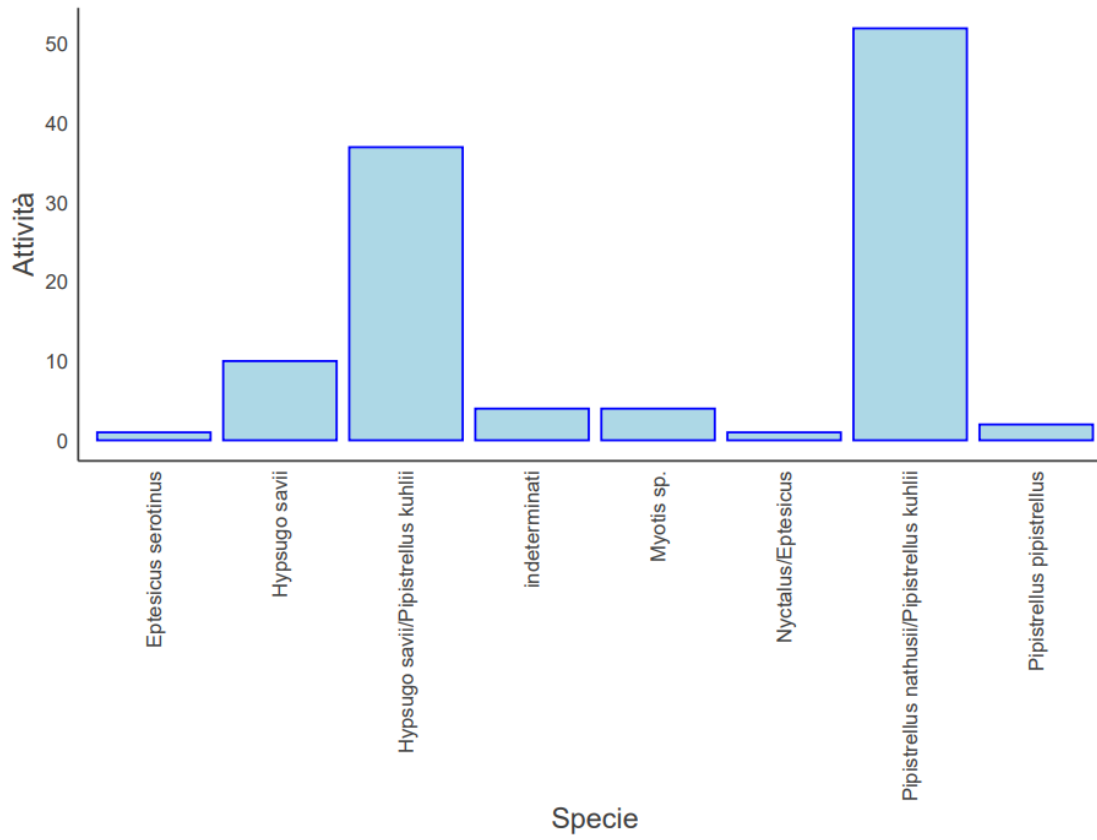


Figura 34 Grafico che rappresenta l'attività totale, all'interno della stazione VED01RA-B per specie nell'intero periodo di monitoraggio.

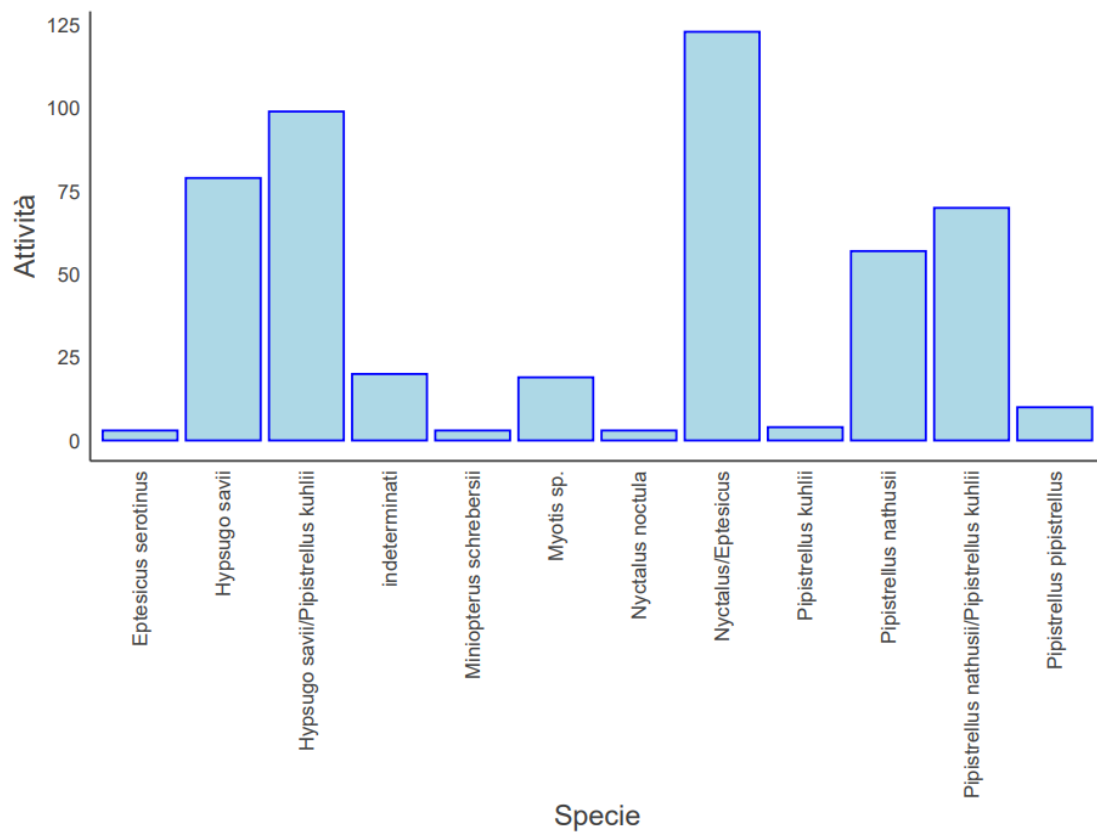


Figura 35 Grafico che rappresenta l'attività totale, all'interno della stazione VEP02RA-A, per specie nell'intero periodo di monitoraggio.

3.1.2 Area di Sestino-Minerbio

Per questa ricerca, all'interno dell'area di Sestino-Minerbio i dati riguardanti l'attività di specie, sono stati raccolti solamente in due stazioni: FA06CES-M e FA07CES-B.

La stazione FA06CES-M è situata nei pressi di un fiume; all'interno di un paesaggio dominato da vegetazione ripariale. All'interno di questo sito sono state individuate diverse specie di Chiroterteri tra cui (fig.36):

- *Eptesicus serotinus*;
- *Hypsugo savii*;
- *Hypsugo savii/Pipistrellus kuhlii* (gruppo acustico);
- *Miniopterus schreibersii*;
- *Myotis daubentonii*;
- *Myotis sp.*;
- *Nyctalus leisleri*;
- *Nyctalus noctula*;
- *Nyctalus/ Eptesicus* (gruppo acustico);
- *Pipistrellus kuhlii*;
- *Pipistrellus nathusii*;
- *Pipistrellus nathusii/Pipistrellus kuhlii* (gruppo acustico);
- *Pipistrellus pipistrellus*.
- *Pipistrellus sp.*

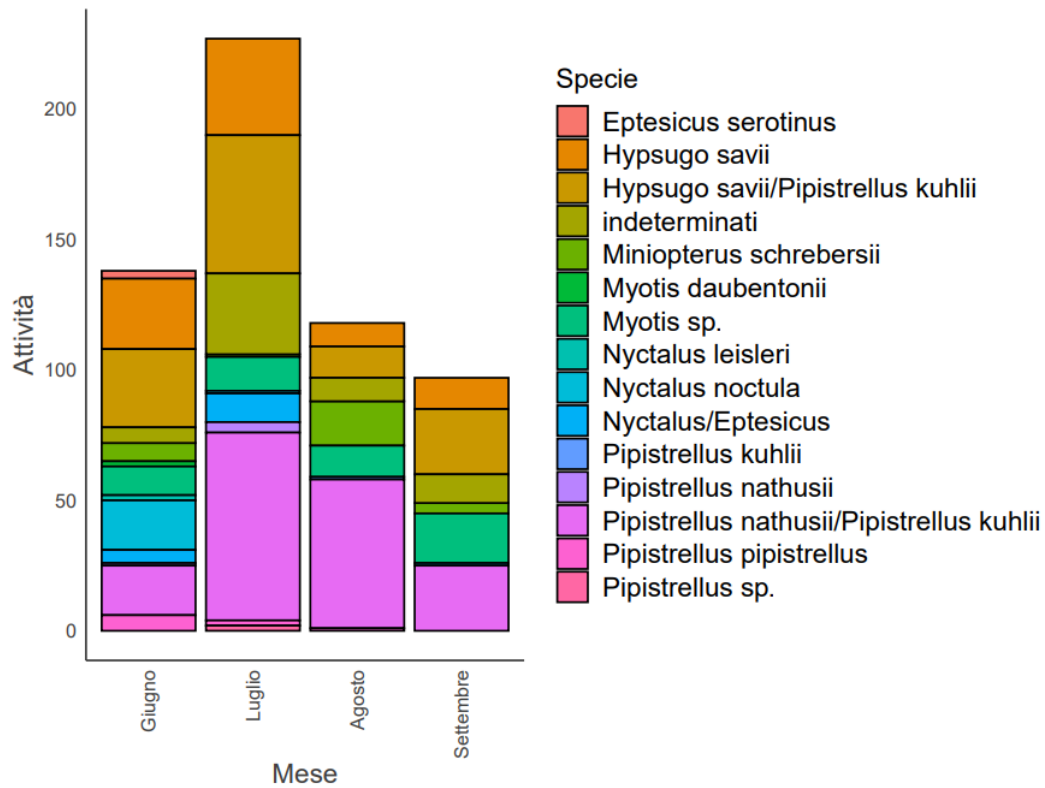


Figura 36 Grafico riguardante l'attività di specie presenti nella stazione FA06CES-M nei mesi di giugno, luglio, agosto e settembre.

La stazione FA07CES-B è situata, anch'essa, nei pressi di un fiume; all'interno di un paesaggio dominato da vegetazione ripariale. All'interno di questo sito sono state individuate diverse specie tra cui (fig.37):

- *Eptesicus serotinus*;
- *Hypsugo savii*;
- *Hypsugo savii/Pipistrellus kuhlii* (gruppo acustico);
- *Miniopterus schreibersii*;
- *Myotis daubentonii*;
- *Myotis sp.*;
- *Nyctalus noctula*;
- *Nyctalus/ Eptesicus* (gruppo acustico);
- *Pipistrellus nathusii*;
- *Pipistrellus nathusii/Pipistrellus kuhlii* (gruppo acustico);
- *Pipistrellus pipistrellus*.
- *Rhinolophus hipposideros*.

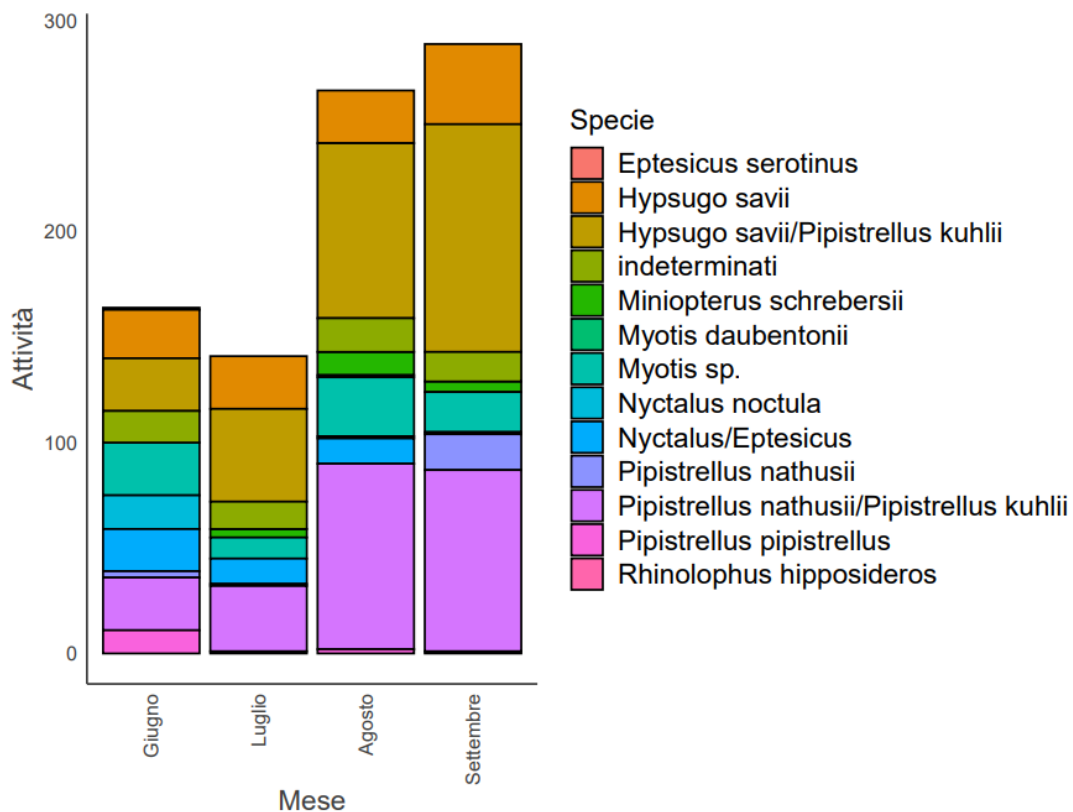


Figura 37 Grafico riguardante l'attività di specie presenti nella stazione FA07CES-B nei mesi di giugno, luglio, agosto e settembre.

L'area di Sestino-Minerbio, trovandosi, in un contesto poco antropizzato, è ricca di specie differenti. La specie *Rhinolophus hipposideros* è stata individuata solamente nel sito FA07CES-B; è una specie legata prettamente ad ambienti forestali ed è considerata una specie

rara. *Myotis daubentonii*, Chiroterro rilevato in entrambe le stazioni, è una specie specialista di habitat acquatici e quindi legata ad ambienti ripariali. *Nyctalus leisleri* è una specie generalista legata tipicamente ad ambienti forestali la cui attività è stata registrata solamente nella stazione FA06CES-M.

Di seguito verranno riportati i grafici rappresentanti l'attività di specie totale all'interno delle stazioni FA06CES-B (fig.38) e FA06CES-M (fig.39) durante l'intero periodo di monitoraggio.

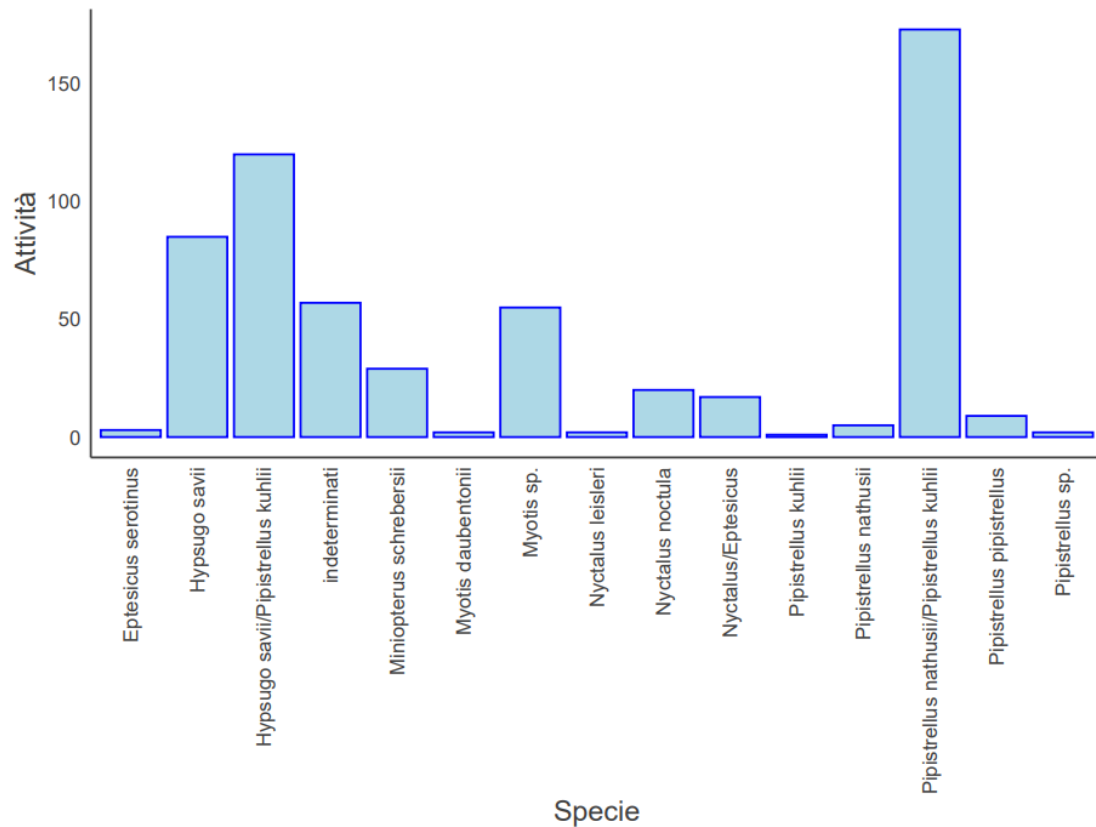


Figura 38 Grafico che rappresenta l'attività totale, all'interno della stazione FA06CES-M, per specie nell'intero periodo di monitoraggio.

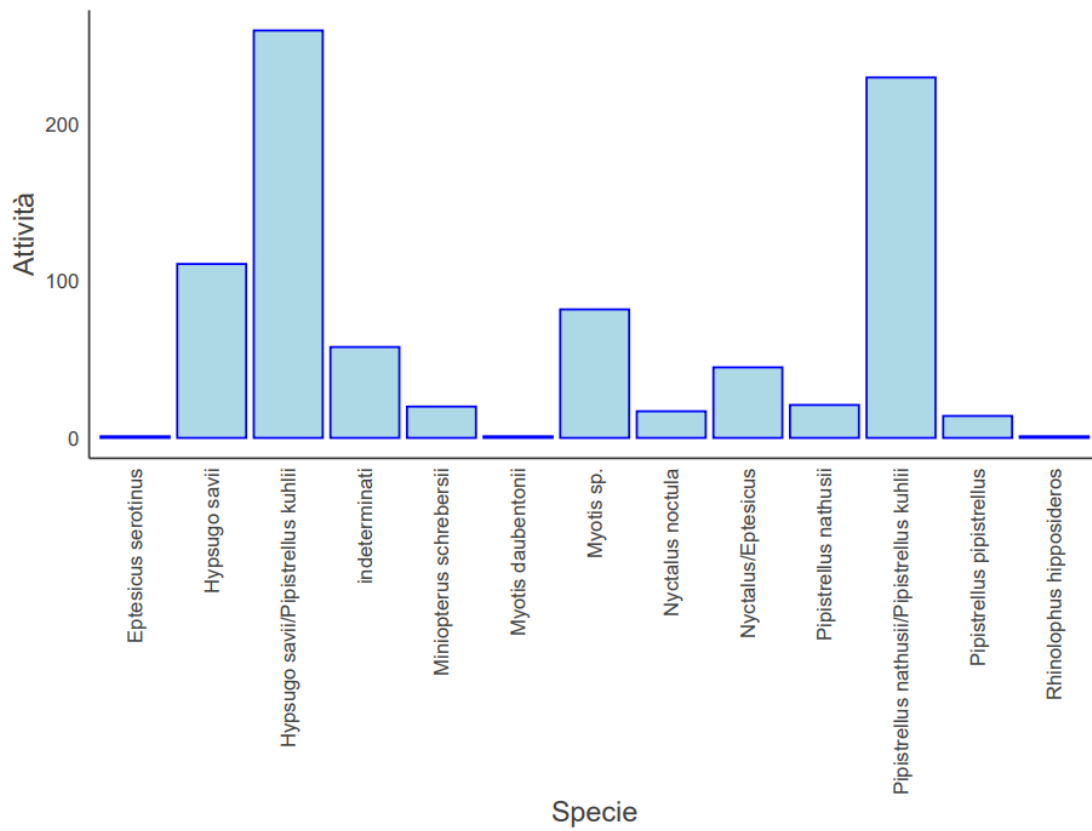


Figura 39 Grafico che rappresenta l'attività totale, all'interno della stazione FA07CES-B, per specie nell'intero periodo di monitoraggio.

3.1.3 Area di San Salvo

All'interno dell'area di San Salvo i dati riguardanti l'attività di specie, sono stati raccolti nelle stazioni: FA01-B, FA02-B e FA03-B.

La stazione FA01-B è situata nei pressi di un terreno agricolo; in un paesaggio dominato da vegetazione erbacea e arbustiva. All'interno di questo sito sono state individuate diverse specie di Chiroterteri tra cui (fig.40):

- *Eptesicus serotinus*;
- *Hypsugo savii*;
- *Hypsugo savii/Pipistrellus kuhlii* (gruppo acustico);
- *Myotis sp.*;
- *Nyctalus sp.*;
- *Nyctalus/ Eptesicus* (gruppo acustico);
- *Pipistrellus kuhlii*;
- *Pipistrellus nathusii/Pipistrellus kuhlii* (gruppo acustico);
- *Pipistrellus pygmaeus*.

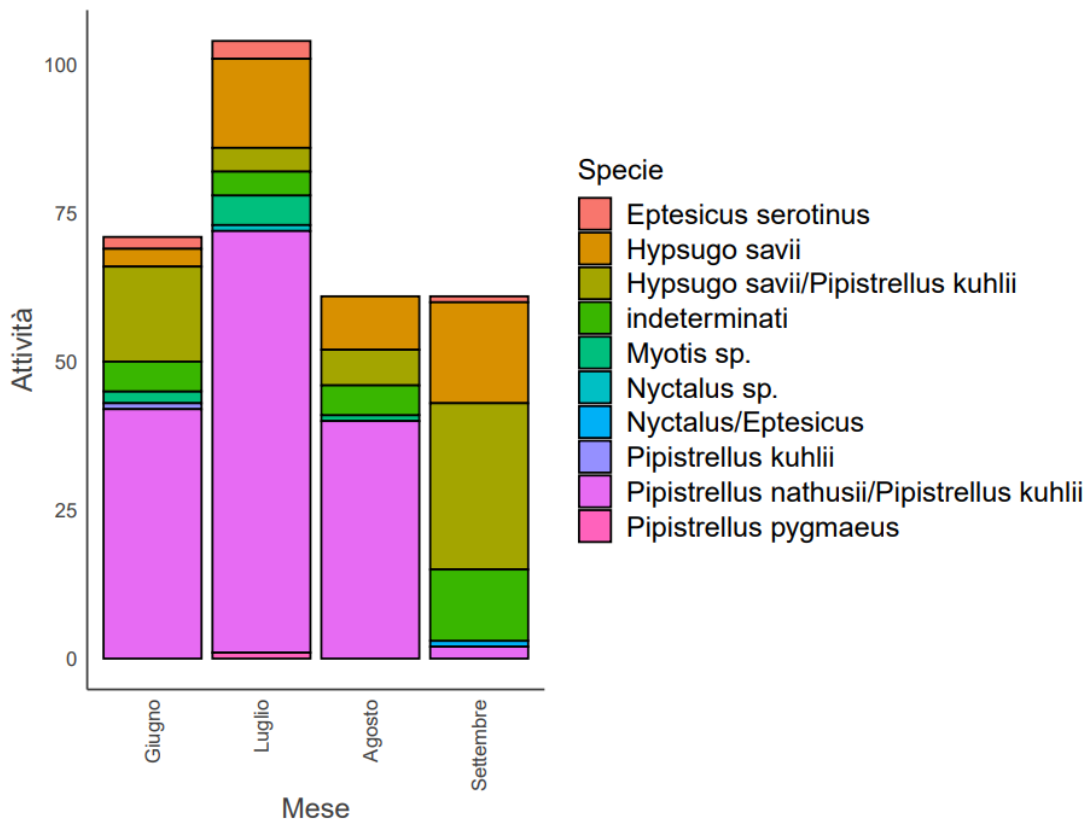


Figura 40 Grafico riguardante l'attività di specie presenti nella stazione FA01-B nei mesi di giugno, luglio, agosto e settembre.

La stazione FA02-B è situata all'interno di un contesto collinare; in un paesaggio dominato da vegetazione erbacea e arbustiva. All'interno di questo sito sono state individuate diverse specie tra cui (fig.41):

- *Hypsugo savii*;
- *Hypsugo savii/Pipistrellus kuhlii* (gruppo acustico);
- *Miniopterus schreibersii*;
- *Myotis sp.*;
- *Nyctalus/Eptesicus* (gruppo acustico);
- *Pipistrellus kuhlii*;
- *Pipistrellus nathusii/Pipistrellus kuhlii* (gruppo acustico);
- *Pipistrellus pygmaeus*.

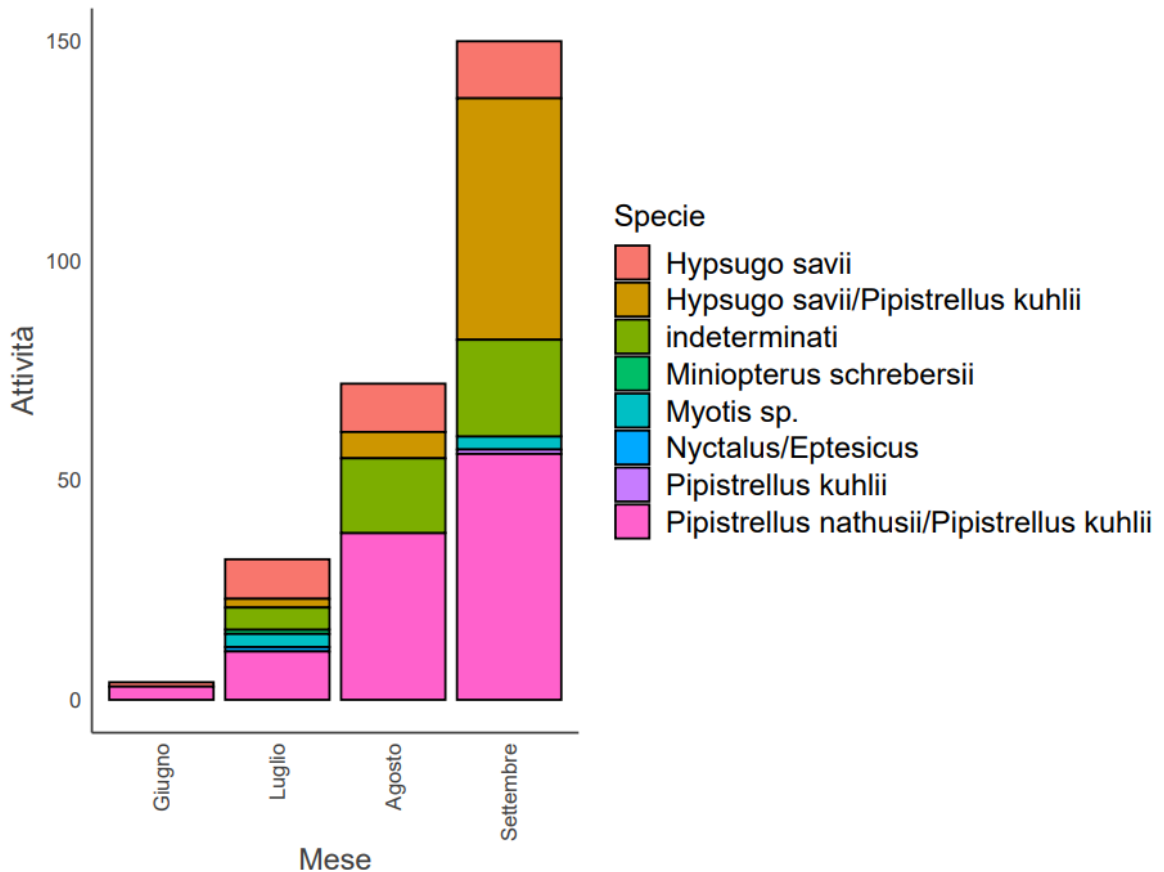


Figura 41 Grafico riguardante l'attività di specie presenti nella stazione FA02-B nei mesi di giugno, luglio, agosto e settembre.

La stazione FA03-B è situata all'interno di un contesto collinare; in un paesaggio dominato da vegetazione erbacea e terreni agricoli a vigneto. All'interno di questo sito sono state individuate diverse specie tra cui (fig.42):

- *Hypsugo savii*;
- *Hypsugo savii/Pipistrellus kuhlii* (gruppo acustico);

- *Pipistrellus kuhlii*;
- *Pipistrellus nathusii/Pipistrellus kuhlii* (gruppo acustico).

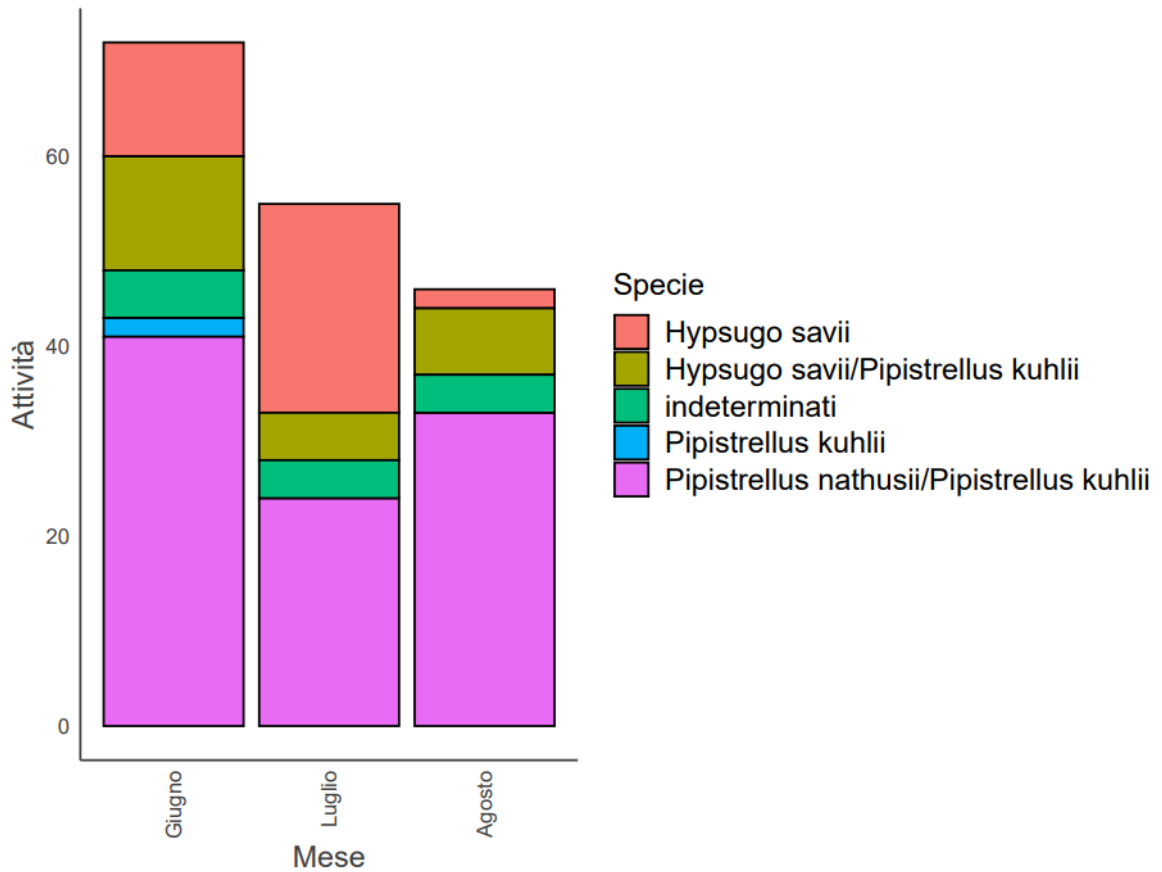


Figura 42 Grafico riguardante l'attività di specie presenti nella stazione FA03-B nei mesi di giugno, luglio, agosto e settembre.

All'interno dell'area di San Salvo sono state individuate un minor numero di specie; questo è dovuto al fatto che essa si trova immersa in un paesaggio costituito principalmente da aree agricole coltivate. Solo nell'area di San Salvo, all'interno della stazione FA02-B, è stata rilevata, a luglio, l'attività di *Pipistrellus Pygmaeus*: pipistrello generalista, il quale è solito frequentare habitat ecotonali. All'interno delle tre stazioni, l'attività maggiore è stata quella del gruppo acustico *Pipistrellus nathusii/Pipistrellus kuhlii*, specie generaliste e frequentanti habitat ecotonali.

Di seguito verranno riportati i grafici rappresentanti l'attività di specie totale all'interno delle stazioni FA01-B (fig.43), FA02-B (fig.44) e FA03-B (fig.45) durante l'intero periodo di monitoraggio.

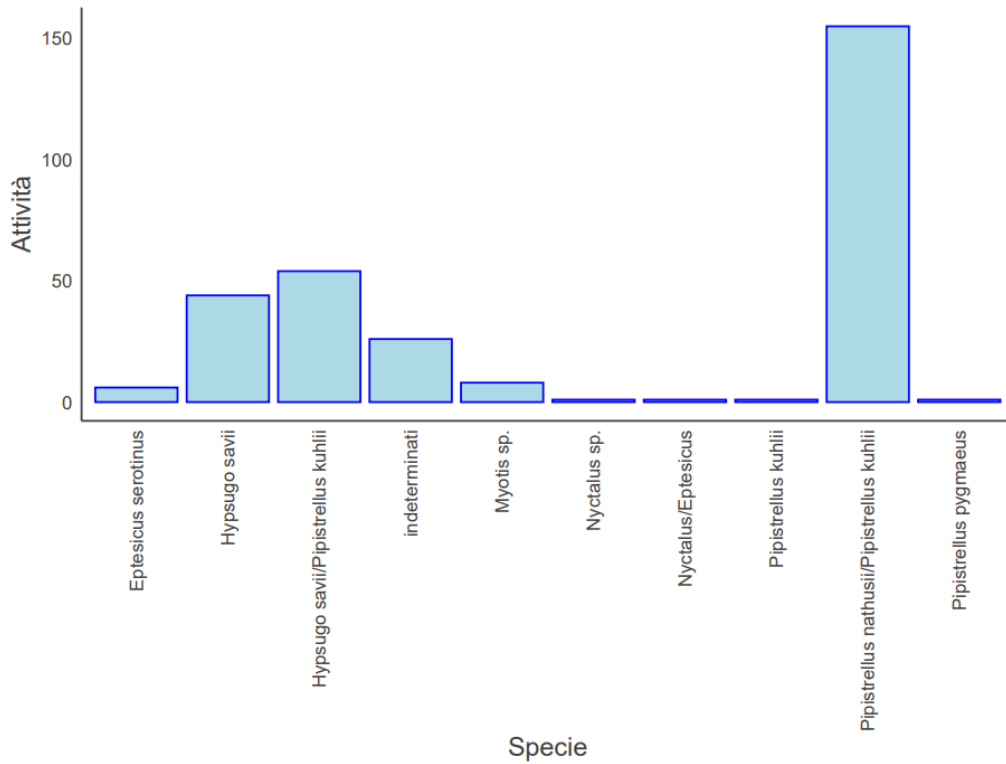


Figura 43 Grafico che rappresenta l'attività totale, all'interno della stazione FA01-B, per specie nell'intero periodo di monitoraggio.

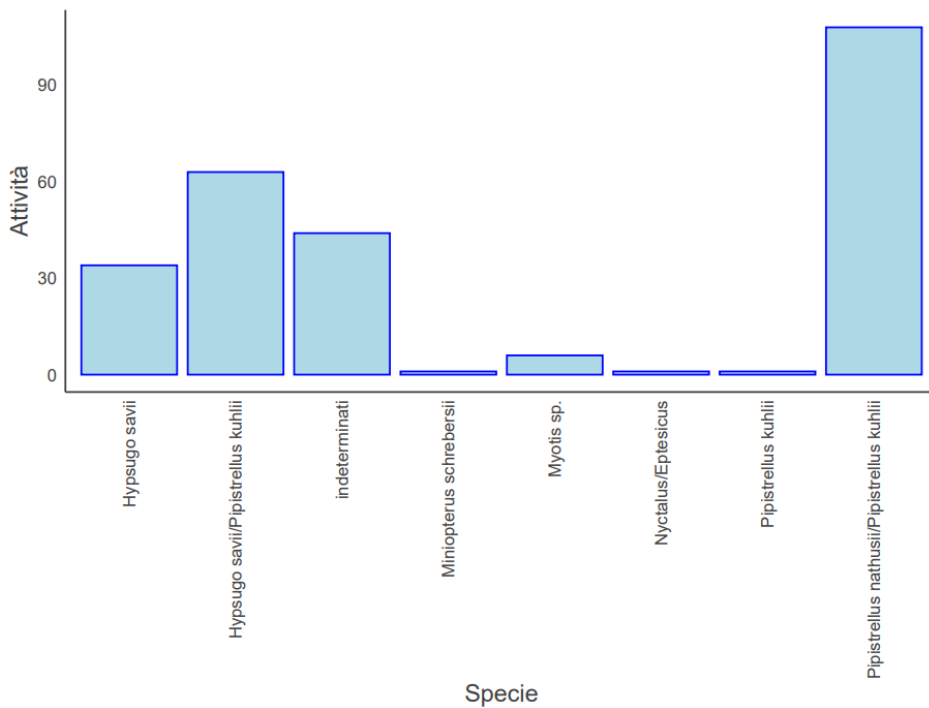


Figura 44 Grafico che rappresenta l'attività totale, all'interno della stazione FA02-B, per specie nell'intero periodo di monitoraggio.

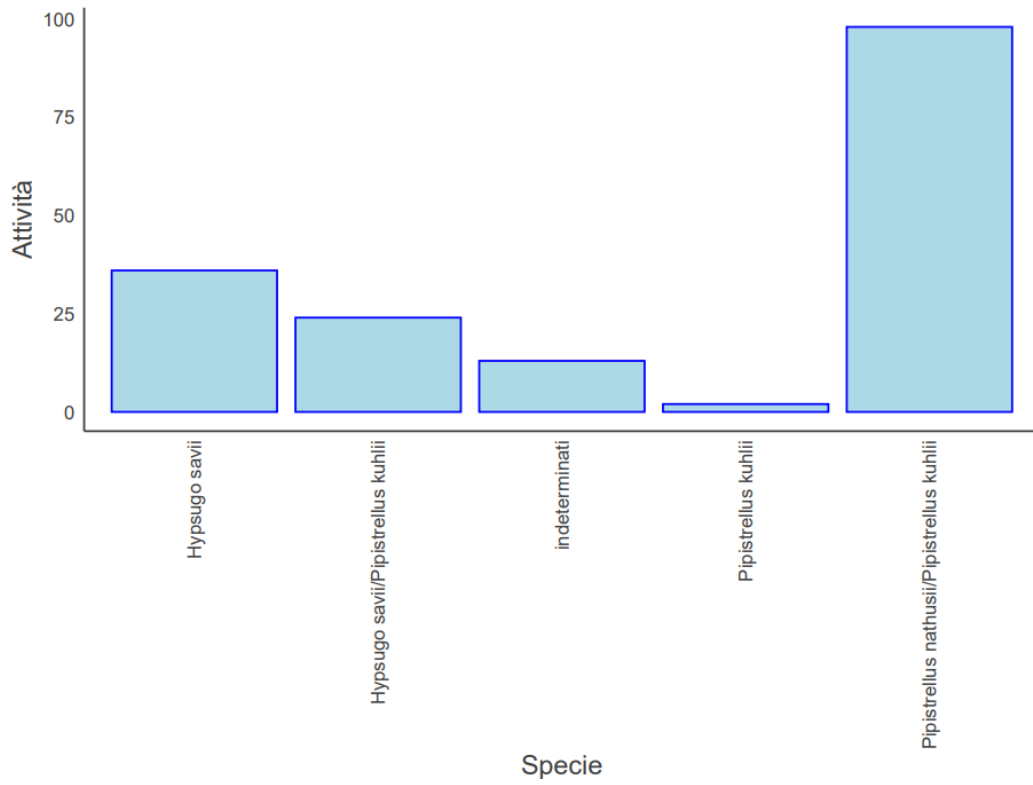


Figura 45 Grafico che rappresenta l'attività totale, all'interno della stazione FA03-B, per specie nell'intero periodo di monitoraggio.

3.2 Curva di accumulo delle specie e stimatore Jackknife

All'interno delle tre aree di studio sono stati eseguiti monitoraggi Chiropterologici bioacustici con lo scopo di valutare se lo sforzo di campionamento utilizzato in questa ricerca (ovvero registrare due ore e trenta minuti al mese da giugno a settembre) o quello utilizzato nel protocollo standard del PMA (ovvero registrare per quindici minuti all'interno dei siti da giugno a settembre), sia sufficiente per identificare tutte le specie potenzialmente presenti all'interno dei siti.

A questo scopo, per ogni stazione di monitoraggio, è stata calcolata la curva di accumulo delle specie, la quale viene utilizzata per determinare quanti campioni sono necessari a quantificare in maniera rappresentativa la diversità di una comunità all'interno di un'area. Ogni grafico è rappresentato da:

- curva blue (curva di accumulo delle specie);
- deviazione standard (in azzurro);
- linea rossa verticale corrispondente al numero di specie che si rileverebbero utilizzando il protocollo standard dei PMA.

Per ogni area è stato utilizzato il metodo di ricampionamento Jackknife il quale stima il numero delle specie potenzialmente presenti all'interno dei siti.

Di seguito, per ogni area, verranno analizzati i dati ottenuti sia per lo stimatore Jackknife che per la curva di accumulo delle specie.

3.2.1 Area di Ravenna

All'interno delle stazioni di monitoraggio di Ravenna, VED01RA-B e VEP02RA-A, sono state individuate rispettivamente otto e dodici specie.

La curva di accumulo delle specie della stazione VED01RA-B è rappresentata dal seguente grafico:

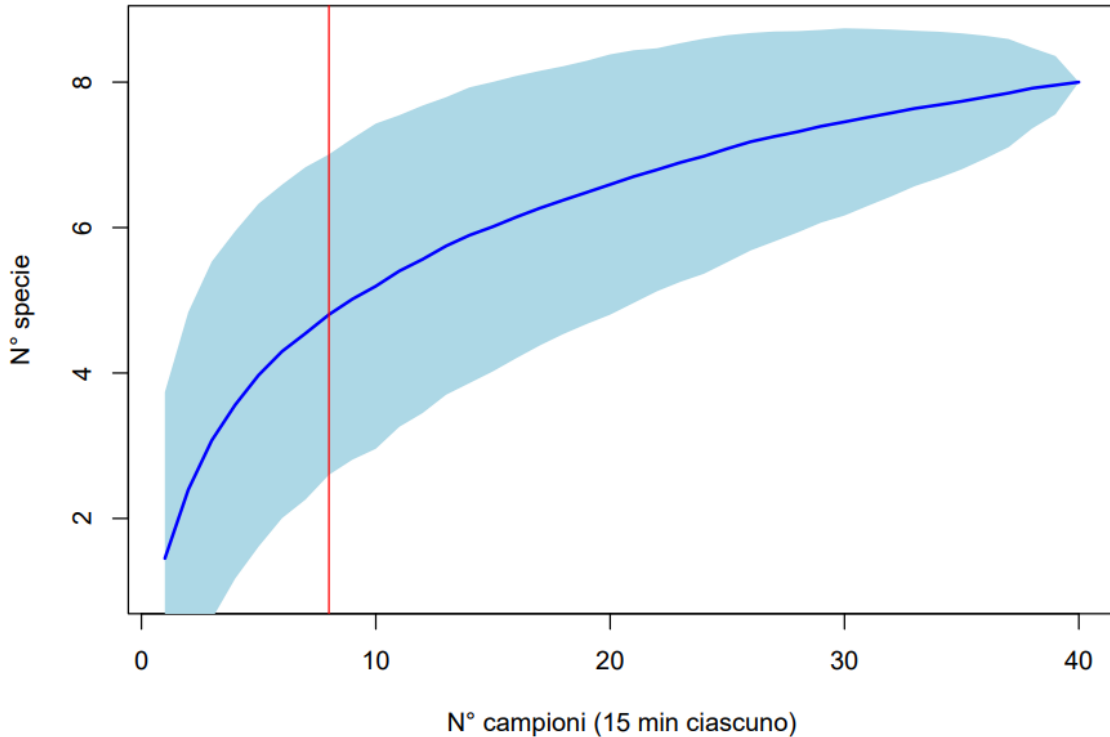


Figura 46 Grafico curva di accumulo delle specie stazione VED01RA-B.

Tale grafico mette in relazione le specie con il numero di campioni all'interno del sito (ogni campione è costituito da 15 minuti di registrazione). Si può osservare come la curva blue continui a crescere di molto dopo l'intersezione con la linea rossa; questa crescita sta ad indicare come, con l'utilizzo del protocollo standard dei PMA, non si riesca a campionare tutta la ricchezza di specie presente nel sito. Ampliando invece lo sforzo di campionamento di questa tesi, ovvero registrando per due ore e trenta consecutive, è possibile osservare, attraverso questo grafico, come aumentino di conseguenza le specie individuate.

Per la stazione VEP02RA-A, la curva di accumulo delle specie è rappresentata dal seguente grafico:

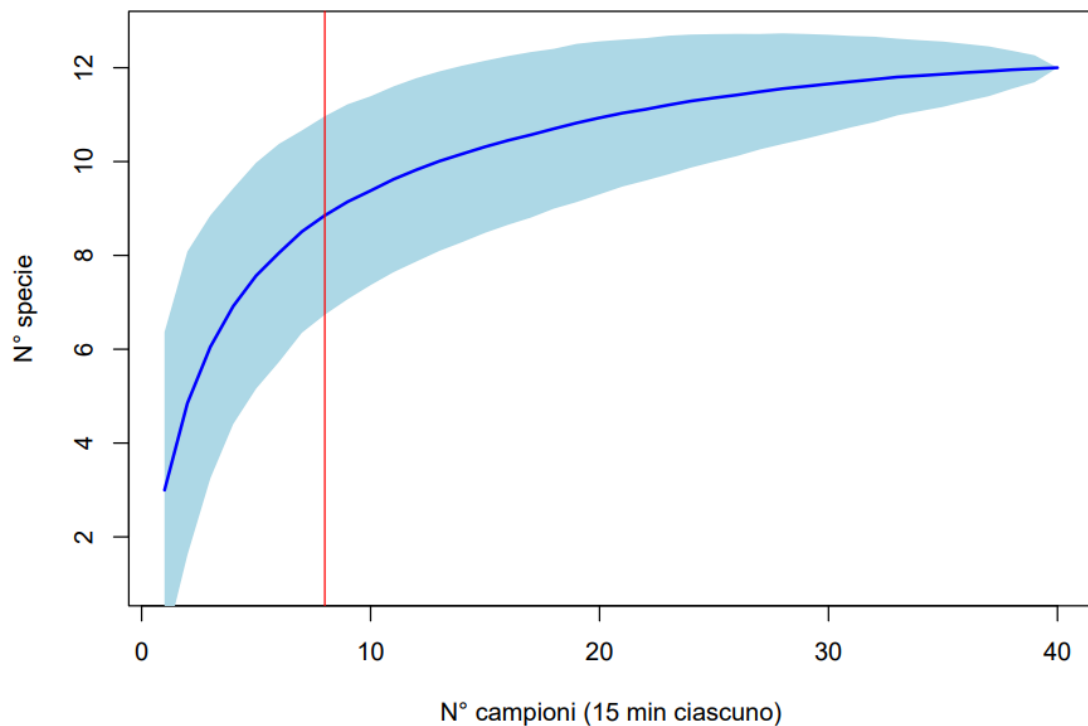


Figura 47 Grafico curva di accumulo delle specie stazione VEP02RA-A.

Anche all'interno di questo grafico è possibile osservare come la curva blue aumenti dopo l'intersezione con la linea verticale rossa; in questo caso la curva non aumenta vertiginosamente come nel grafico della stazione precedente, ma cresce in modo più dolce indicando comunque che lo sforzo di campionamento con protocollo standard porta ad una sottostima delle specie potenzialmente presenti all'interno del sito.

Per quanto riguarda il metodo di ricampionamento Jackknife, i risultati sono rappresentati dal seguente grafico (fig.48):

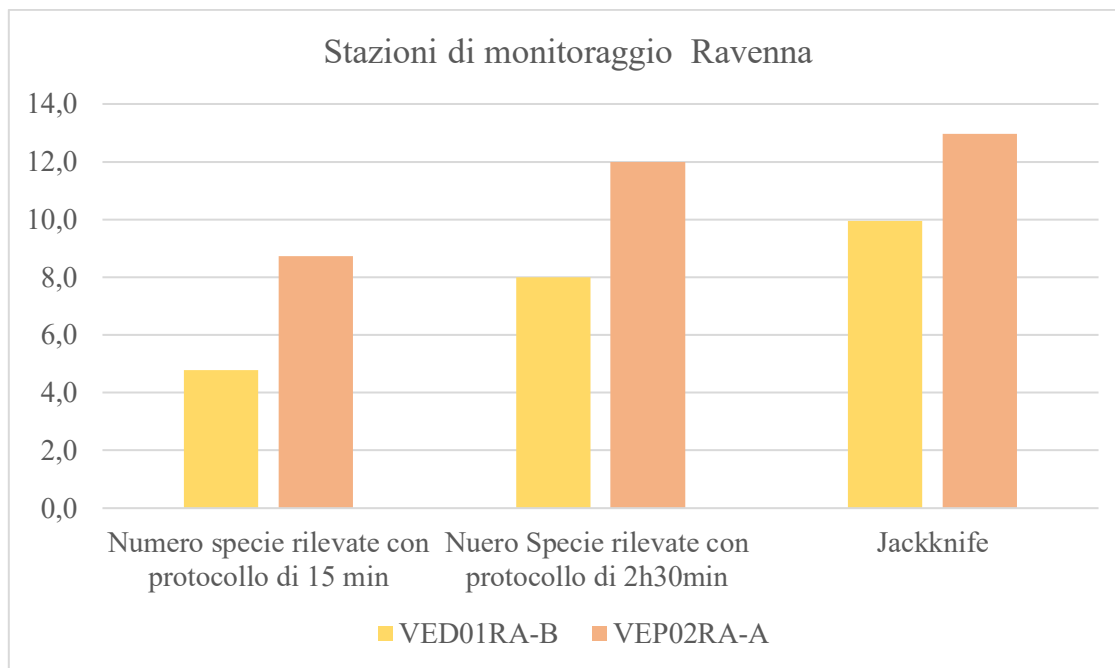


Figura 48 Risultati stimatore Jackknife stazioni: VED01RA-B e VEP02RA-A.

Da questo grafico è possibile notare come lo sforzo di campionamento, sia con protocollo standard che con protocollo di 2 ore e 30 minuti, non sempre porta a identificare tutte le specie potenzialmente presenti nei siti. Per l'area di Ravenna lo stimatore Jackknife assume valori maggiori rispetto ai due protocolli; questo indica come questi due tipi di campionamento potrebbero portare ad una sottostima delle specie potenzialmente presenti nei siti.

Nonostante il protocollo di 2 ore e 30 minuti migliori la stima, lo stimatore Jackknife suggerisce che comunque potrebbe essere insufficiente alla determinazione di tutte le specie presenti nei siti.

3.2.2 Area di Sestino-Minerbio

L'area di Sestino- Minerbio è immersa in un paesaggio vario che offre molte opportunità alla Chiroterofauna; infatti, all'interno delle due stazioni FA06CES-M e FA07CES-B, sono state rilevate un numero elevato di specie.

La variabilità delle specie nella stazione FA06CES-M è rappresentata dal seguente grafico:

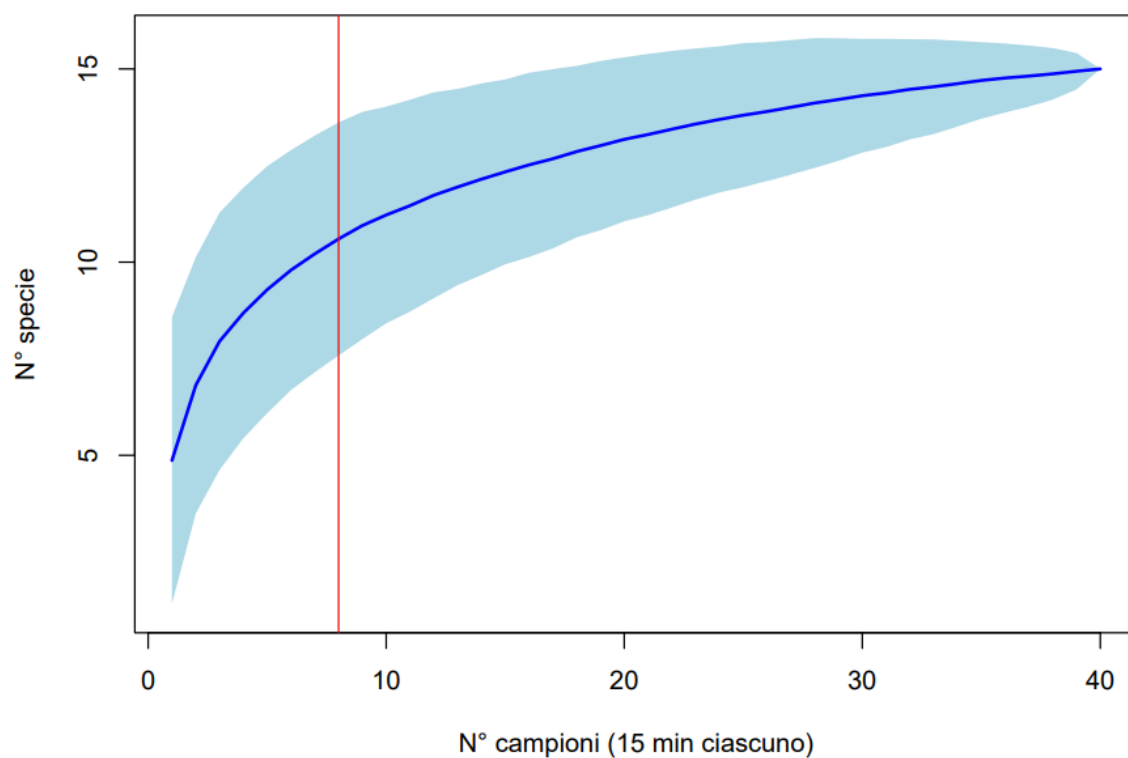


Figura 49 Grafico curva di accumulo delle specie stazione FA06CES-M.

Si può osservare come la curva blue, dopo l'intersezione con la linea rossa, salga lievemente; anche in questo caso, registrare per soli quindici minuti per stazione porta ad una sottostima nel campionamento delle specie potenzialmente presenti nel sito.

Di seguito il grafico rappresentante le specie campionate nella stazione FA07CES-B:

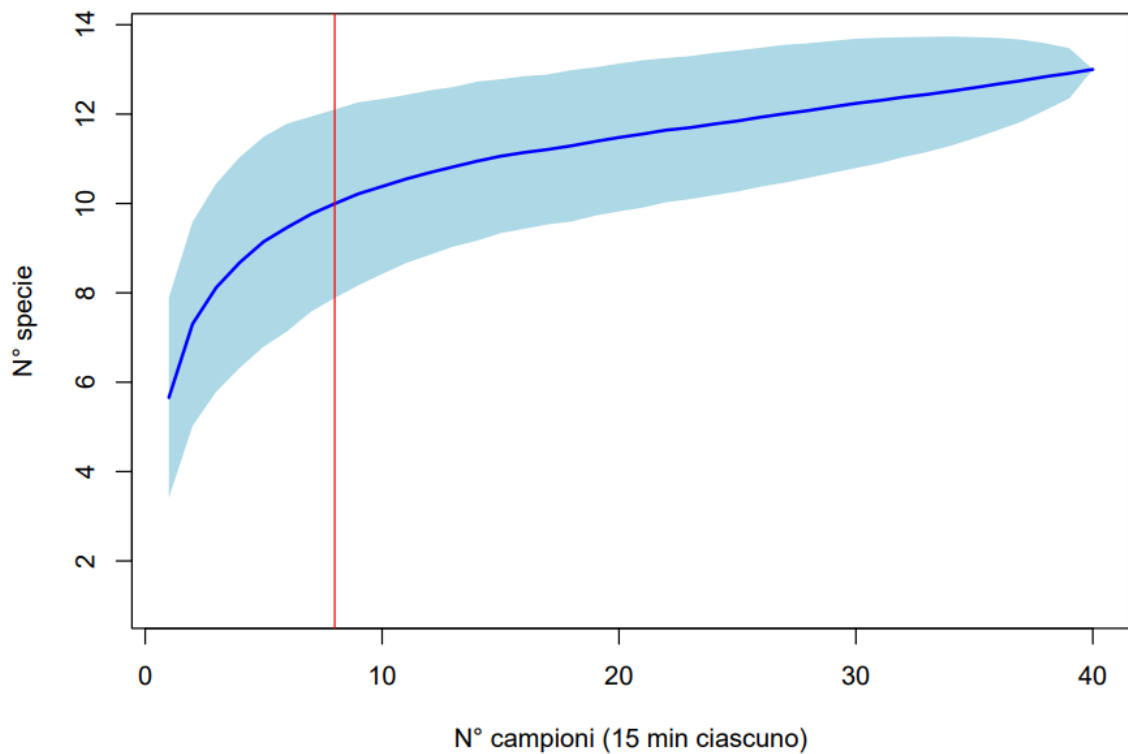


Figura 50 Grafico curva di accumulo delle specie stazione FA07CES-B.

Rispetto al grafico precedente, la curva blue, dopo l'intersezione con la linea verticale rossa, sale meno ripidamente; questo però indica che anche in questo caso, utilizzare il protocollo standard, porta ad un sotto campionamento delle specie potenzialmente presenti all'interno del sito.

Per quanto riguarda il metodo di ricampionamento Jackknife, i risultati, per l'area di Sestino-Minerbio, sono rappresentati dal seguente grafico (fig. 51):

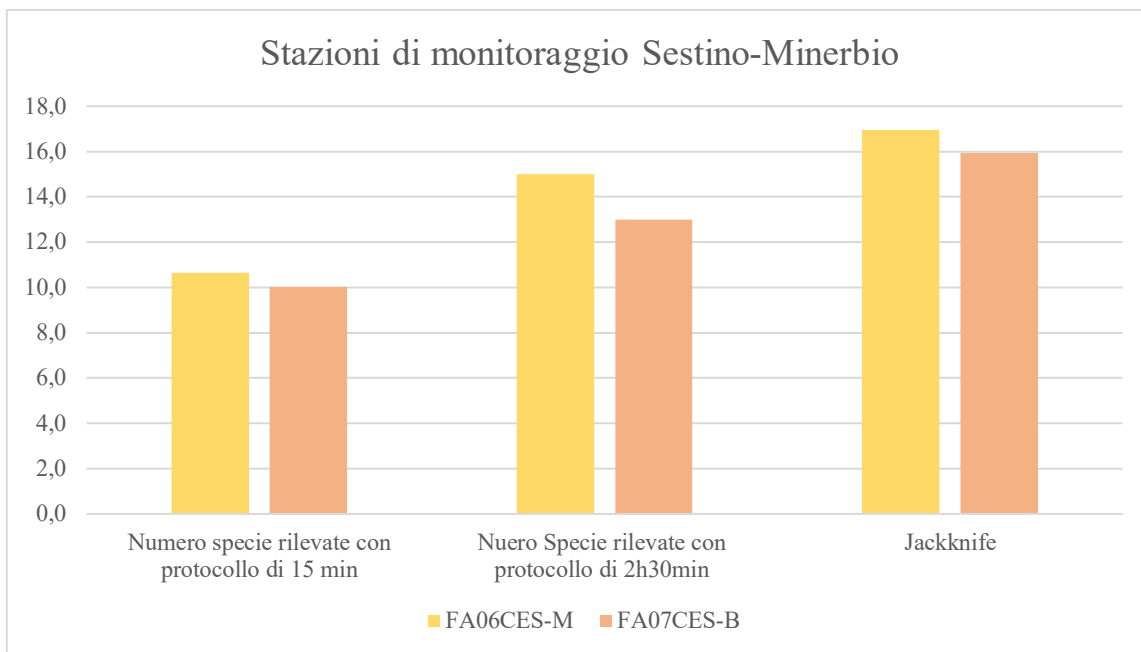


Figura 51 Risultati stimatore Jackknife stazioni: FA06CES-M e FA07CES-B.

Come per l'area di Ravenna, è possibile notare come, anche in questo caso, lo sforzo di campionamento dei due protocolli, tramite analisi attraverso lo stimatore Jackknife, potrebbe non risultare sufficiente all'identificazione delle specie potenzialmente presenti nei siti. Questi siti sono caratterizzati da una ricchezza di specie elevata ma, nonostante il protocollo di 2 ore e 30 minuti potrebbe migliorare la stima, esso potrebbe non risultare comunque sufficiente alla determinazione di tutte le specie all'interno due siti.

3.2.3 Area di San Salvo

L'area di Sal Salvo è situata in un paesaggio prettamente agricolo dominato da una varietà di specie erbacee e arbustive. All'interno di tale area sono state individuate le tre stazioni di monitoraggio (FA01-B, FA02-B e FA03-B) nelle quali sono state eseguite le analisi bioacustiche con lo scopo, anche in questo caso, di estrapolare i dati per la creazione della curva di accumulo delle specie.

Di seguito i grafici rappresentanti le curve di accumulo delle specie delle stazioni FA01-B (fig.52) e FA02-B (fig.53).

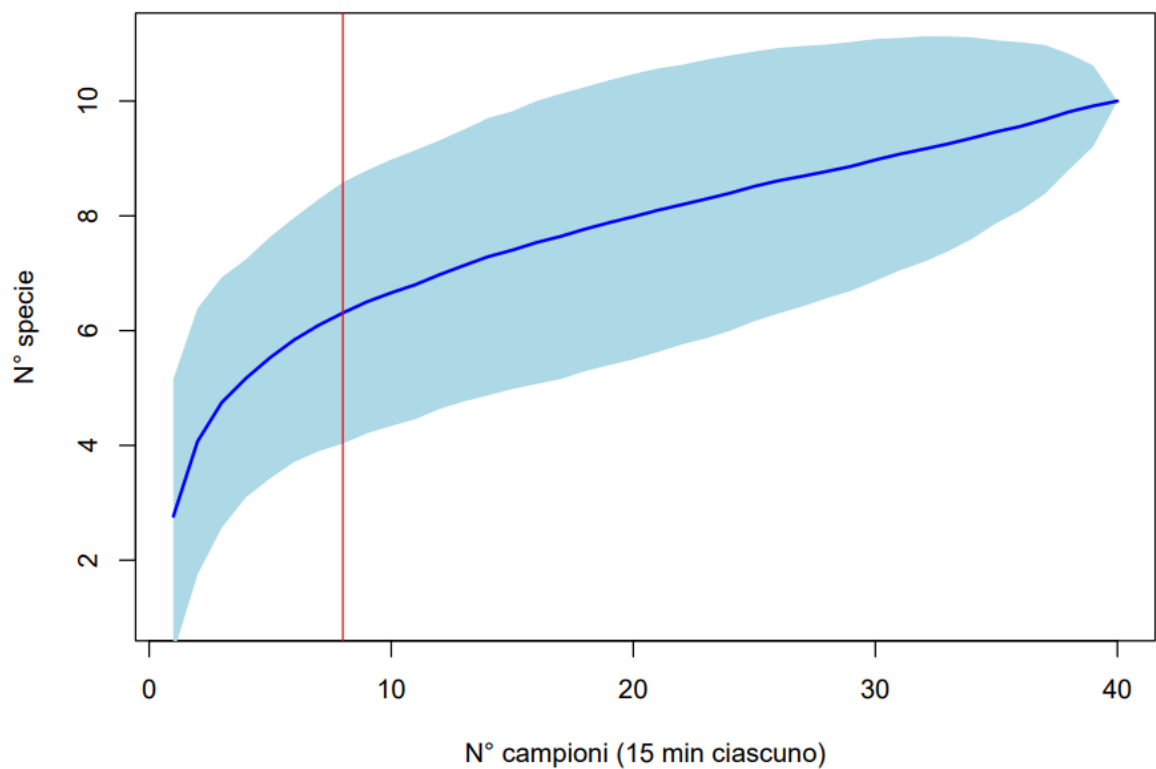


Figura 52 Grafico curva di accumulo delle specie stazione FA01-B.

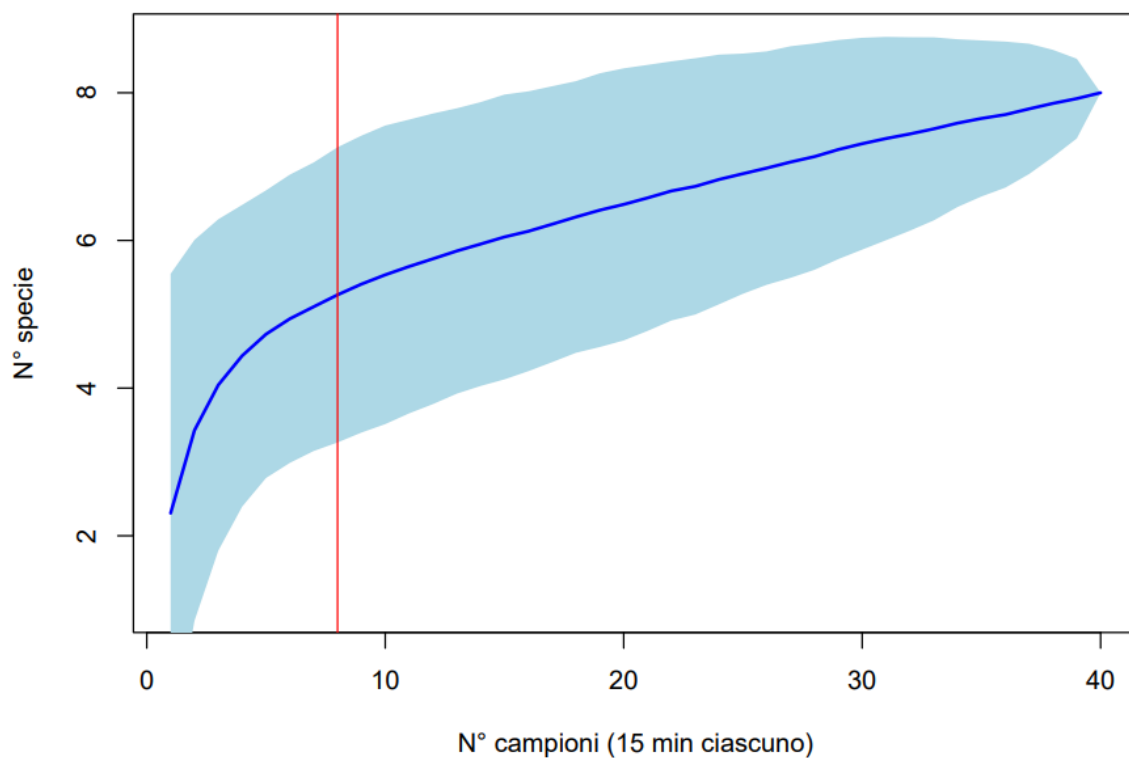


Figura 53 Grafico curva di accumulo delle specie stazione FA02-B.

Le curve di accumulo delle stazioni FA01-B e FA02-B, presentano un andamento simile in quanto entrambe, dopo l'intersezione con la retta rossa, continuano a crescere più o meno rapidamente; tali forme vanno ad enfatizzare come il protocollo standard sotto-campioni il numero di specie potenzialmente presenti nei siti.

Di seguito verrà riportato il grafico riguardante la curva di accumulo delle specie del sito FA03-B:

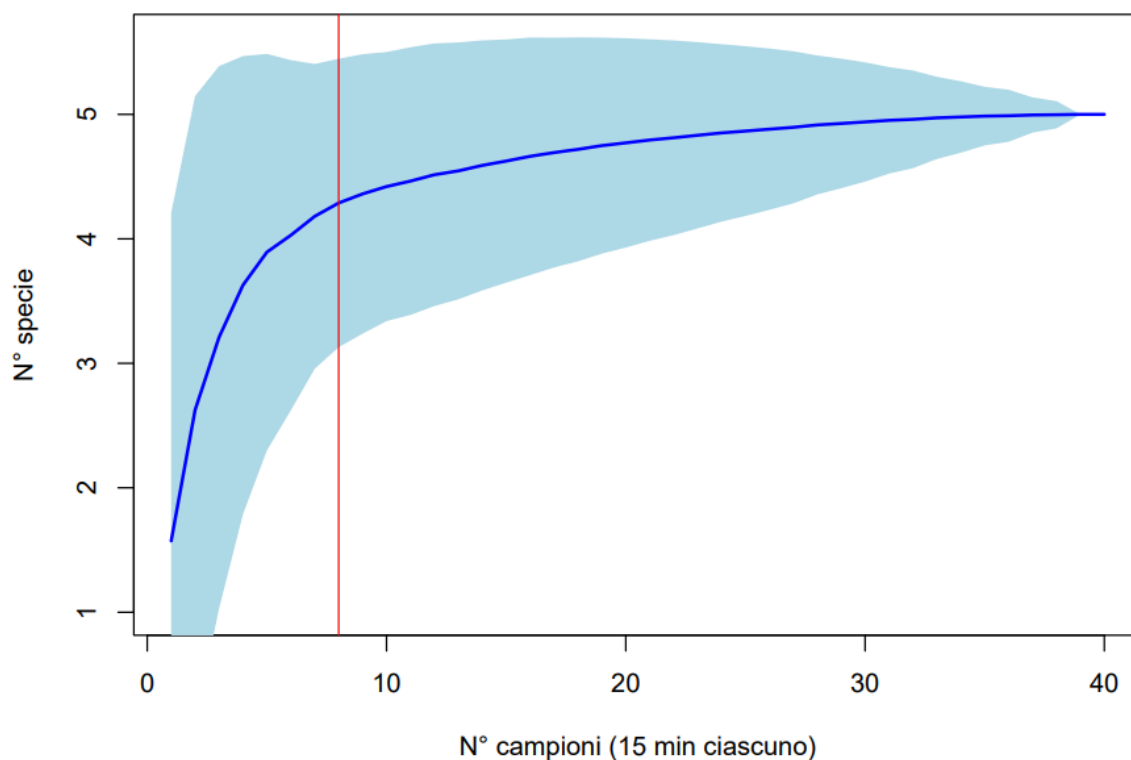


Figura 54 Grafico curva di accumulo delle specie stazione FA03-B.

Si può osservare come la curva blue, dopo l'intersezione con la retta rossa, non cresca ripidamente ma tenda ad appiattirsi formando un plateau. Questa forma, che assume il grafico, indica che, in questo caso, il protocollo standard risulterebbe sufficiente per campionare tutte le specie presenti all'interno dell'area.

Per quanto riguarda il metodo di ricampionamento Jackknife, i risultati, per l'area di San Salvo, sono rappresentati dal seguente grafico (fig.55):

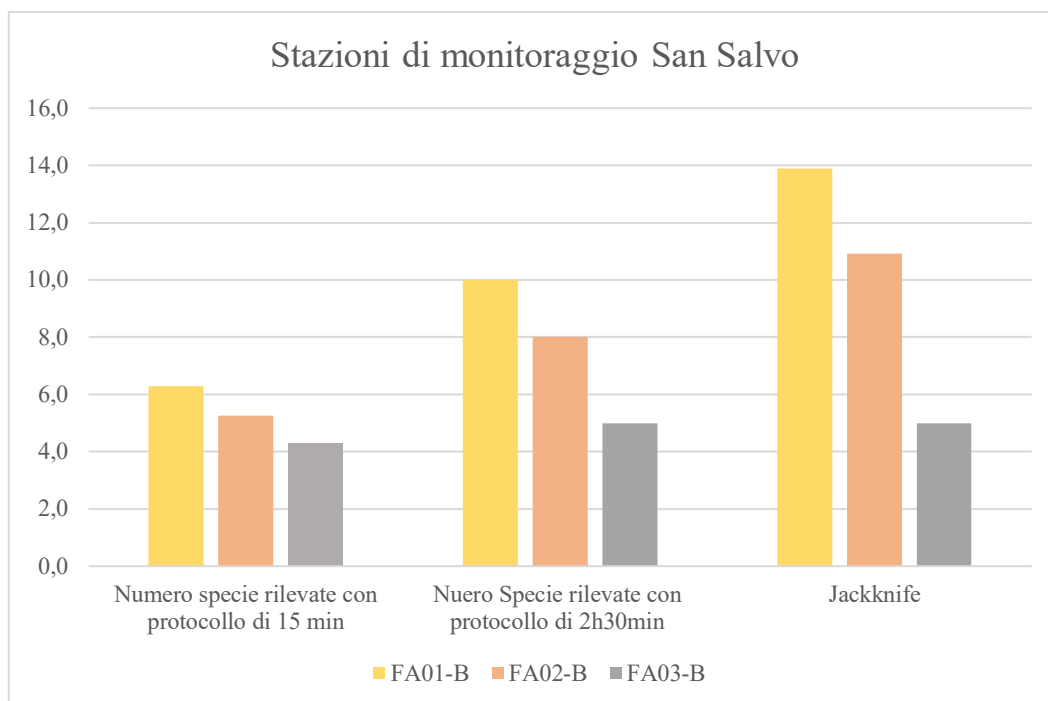


Figura 55 Risultati stimatore Jackknife stazioni: FA01-B, FA02-B e FA03-B.

Attraverso questo grafico è possibile notare come (per le stazioni FA01-B e FA02-B) il valore dello stimatore Jackknife risulti notevolmente maggiore rispetto ai valori assunti dai due protocolli; lo stimatore Jackknife suggerisce, perciò, come lo sforzo di campionamento dei due protocolli potrebbe non essere sufficiente all'identificazione delle specie potenzialmente presenti nei siti.

Per quanto riguarda i dati della stazione FA03-B, è possibile notare come il valore dello stimatore Jackknife e il valore del protocollo di 2 ore e 30 minuti, risultino uguali. Questo dato suggerisce che per i siti in cui la diversità specifica è limitata a poche specie generaliste, tale protocollo di campionamento potrebbe essere sufficiente alla determinazione delle specie presenti nei siti.

Capitolo 4

DISCUSSIONE

Dall'analisi dell'attività dei Chiroteri presenti all'interno delle tre aree di studio è emerso come gli sforzi di campionamento utilizzati nel protocollo standard e nel protocollo applicato in questa tesi, potrebbero non essere sufficienti a determinare tutte le specie potenzialmente presenti all'interno dei siti, soprattutto per le specie meno frequenti, che tendono ad essere anche quelle più specialiste e di interesse conservazionistico.

I risultati ottenuti dal metodo di ricampionamento Jackknife suggeriscono che lo sforzo di campionamento applicato in questa ricerca permette di individuare tutte le specie potenzialmente presenti per le aree in cui la diversità specifica è limitata a poche specie generaliste. Sebbene registrare una volta al mese, per due ore e trenta consecutive a partire da mezz'ora dopo il tramonto, porti a rilevare un numero più elevato di specie rispetto al protocollo standard dei PMA, risulta comunque necessario valutare l'applicazione di schemi di campionamento differenti.

Le ricerche di Froidevaux et al. (2014), hanno portato alla valutazione di differenti schemi di campionamento utilizzati in Europa tra i quali troviamo:

- Campionamenti con registrazioni della durata dell'intera notte;
- Campionamenti con registrazioni della durata di quattro ore (a partire da dopo il tramonto);
- Campionamenti con registrazioni a partire da due ore dopo il tramonto e da due ore prima dell'alba.

Queste ricerche hanno dimostrato come registrare per tutta la notte, sia il metodo più efficace per rilevare le specie potenzialmente presenti nei siti; in più, il fatto che la variabilità dei risultati si stabilizzi dopo le prime quattro ore di registrazione suggerisce che questa finestra temporale sia il minimo sforzo di campionamento necessario per garantire un'adeguata rappresentatività delle specie presenti nelle aree di studio.

Per quanto riguarda il numero di notti consecutive nelle quali eseguire i monitoraggi, Law et al. (2015) suggeriscono come sia più funzionale registrare per due notti consecutive attraverso l'utilizzo di più rilevatori presenti all'interno dello stesso sito, rispetto all'utilizzo di un unico *bat detector* che registri per sei notti consecutive. Perciò gli autori esortano ad utilizzare più *bat detector* all'interno dello stesso sito di campionamento in modo da incrementare il rilevamento dell'attività delle specie presenti nelle aree di studio.

È inoltre necessario tenere in considerazione che lo sforzo minimo di campionamento varia in base a:

- contesto paesaggistico: in ambienti "aperti", come una prateria, in cui il suono non viene attenuato da ostacoli ambientali le specie saranno più facilmente rilevabili

acusticamente. Al contrario, in contesti “chiusi” come ad esempio un bosco, i suoni prodotti dai pipistrelli vengono attenuati dagli elementi del paesaggio riducendo la probabilità che il *bat detector* li possa registrare;

- fenologia delle specie: alcune specie sono migratrici, per cui vengono registrate con maggiore facilità solo in certi periodi dell’anno;
- composizione comunità di specie: specie rare o specie la cui popolazione risulta di piccole dimensioni nell’area di studio necessitano di uno sforzo di campionamento maggiore per poterle rilevare.

Sebbene in una situazione ideale sia auspicabile ottenere dati di campo che rappresentino alla perfezione la comunità di Chiropteri reale, la realtà ci pone spesso nelle condizioni di calcolare i costi-benefici quando si valuta di aumentare lo sforzo di campionamento. In molti monitoraggi, si considera sufficiente ottenere una rappresentatività del 90% della diversità specifica di una comunità. Per esempio, Lopez-Baucells et al. (2021) suggeriscono che la finestra minima per rilevare almeno il 90% delle specie di pipistrelli presenti in una area di studio della foresta neotropicale, sia rappresentata da registrazioni della durata di quattro ore, a partire da dopo il tramonto.

4.1 Limitazioni del presente studio e raccomandazioni per studi futuri

Il monitoraggio bioacustico è un mezzo molto efficace per monitorare l'attività dei pipistrelli nel tempo e nello spazio e, nel corso degli anni, è stata posta molta attenzione allo sviluppo di protocolli di monitoraggio acustico specifici per la Chiroterofauna (Frick, 2013).

Per questa ricerca sono stati confrontati due protocolli di monitoraggio acustico:

- Protocollo standard applicato nel PMA (registrare per quindici minuti per ogni stazione per una volta al mese);
- Protocollo applicato in questo studio (registrare per due ore e trenta in modo consecutivo da mezz'ora dopo il tramonto).

La curva di accumulo delle specie è stata utilizzata per valutare se lo sforzo di campionamento, con metodo standard dei PMA e con metodo applicato in questa ricerca, fosse sufficiente a quantificare in maniera rappresentativa la diversità delle specie presenti nei siti.

I risultati di questa tesi contribuiscono alla comprensione dell'efficienza delle metodologie di campionamento dei Chiroteri applicate ai PMA; tuttavia, sono presenti limitazioni che possono essere potenzialmente superate con studi futuri:

- i campionamenti sono stati eseguiti in un numero limitato di habitat; perciò, i risultati ottenuti non sono rappresentativi di tutte le situazioni di monitoraggio presenti sul territorio italiano;
- l'utilizzo dei gruppi acustici anziché l'identificazione di tutti i sonogrammi a livello di specie, porta ad una visione non definita del numero di specie reali presenti nei siti questo perché l'utilizzo dei gruppi acustici si basa su un raggruppamento di più specie. Questo raggruppamento, sebbene necessario, porta alla non identificazione specifica soprattutto di quelle specie più criptiche come per esempio *Myotis*.

Perciò le ricerche future potrebbero vertere sulla valutazione dell'utilizzo di protocolli di monitoraggio tarati su:

- registrazioni bioacustiche della durata di almeno 4 ore a partire da mezz'ora dopo il tramonto (Froidevaux et al., 2014);
- monitoraggi suddivisi in più giornate all'interno dello stesso mese (così da avere maggiore possibilità di contatto con specie specialiste e rare).

Diventa importante comprendere come queste sottostime nei campionamenti possano portare, nel corso del tempo, ad una diminuzione nel grado di protezione delle specie di interesse conservazionistico soprattutto per le specie in pericolo di estinzione. Appare dunque necessario creare un protocollo di analisi che meno sottostimi la presenza della Chiroterofauna nei siti di interesse e che abbia come obiettivo finale la protezione e tutela dell'ambiente e delle specie.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Questa ricerca ha permesso di porre attenzione alle metodologie di monitoraggio della Chiroterofauna; specialmente quelle presenti all'interno dei Piani di Monitoraggio Ambientale. I risultati ottenuti dall'analisi statistica, hanno evidenziato come i protocolli di monitoraggio analizzati in questo elaborato, hanno delle limitazioni nella determinazione di tutte le specie presenti all'interno delle tre aree di studio.

Il protocollo con raccolta dati estesa a due ore e trenta minuti rileva la presenza di un numero di specie più elevato rispetto al protocollo standard utilizzato nei PMA. Inoltre, in siti in cui la comunità di specie risulta composta per lo più da specie generaliste e ubiquitarie, il metodo di raccolta dati è in grado di individuare tutte le specie presenti nell'area di studio. Tuttavia, in aree in cui le comunità sono più complesse e composte anche da specie rare, l'estensione a due ore e trenta minuti non sembra risultare sufficiente a rilevare il 100% della diversità specifica dell'area.

Si suggerisce dunque di valutare l'adozione di protocolli di campionamento capaci di migliorare la stima del numero di specie presenti all'interno di un sito. A tale scopo, attraverso il confronto con altre ricerche è stato possibile evidenziare come la finestra minima necessaria per rilevare almeno il 90% delle specie di Chiroteri presenti in una particolare area di studio, sia rappresentata da registrazioni di almeno quattro ore, a partire da dopo il tramonto, su giorni consecutivi.

Il monitoraggio della Chiroterofauna risulta, perciò, un tema molto importante principalmente perché i Chiroteri sono organismi in grado di reagire attivamente ai cambiamenti che avvengono nell'ambiente, perciò, esso risulta utile a determinare gli effetti di un fattore di stress su una determinata popolazione. Solo una conoscenza dettagliata della fenologia delle specie e del contesto paesaggistico consentirà di individuare il protocollo più ottimale per ogni caso specifico.

Infine, è possibile comprendere come questo elaborato sia frutto di analisi effettuate in un arco temporale limitato e perciò gli studi futuri potrebbero vertere sull'approfondimento di tali tematiche e sulla creazione di banche dati utili per l'istituzione di protocolli e misure atte alla salvaguarda delle specie, in particolare quelle di interesse conservazionistico.

RINGRAZIAMENTI

“Non sai mai cosa c’è dietro l’angolo. Potrebbe essere tutto. Oppure potrebbe essere nulla. Continua a mettere un piede davanti all’altro, e poi un giorno ti guarderai indietro e scoprirai di aver scalato una montagna.”

Ora che questo mio cammino è giunto al termine, mi guardo indietro e osservo quanta strada ho percorso.

Mi sono iscritta a Scienze Forestali dei suoli e del paesaggio, senza troppe pretese non immaginandomi minimamente quanto sarebbe stata arricchente questa esperienza.

Innanzitutto, un sentito ringraziamento va al mio relatore il Dott. Marco Bonacoscia che mi ha seguita in questo percorso con disponibilità e gentilezza. Ringrazio inoltre la Dott.ssa Giada Giacomini, sempre pronta a guidarmi in ogni fase della realizzazione di questa tesi. Mi hai trasmesso la tua passione per questo meraviglioso mondo e sono grata di aver potuto condividere con te questa parte del mio percorso.

Un ringraziamento particolare è rivolto alla Società SNAM Rete Gas per aver consentito di effettuare l’indagine presso le aree di progetto. Si ringrazia anche la Società Hystrix incaricata di realizzare i monitoraggi faunistici in esecuzione dei PMA.

La mia gratitudine va anche al Dott. Stefano Foschi, per avermi guidata durante il mio tirocinio formativo: porterò sempre con me gli insegnamenti che mi hai trasmesso.

Ringrazio anche tutti quei professori che, senza saperlo, sono riusciti a trasmettermi la loro passione per i boschi e per la natura.

Ringrazio mia Sorella e mia Mamma: senza la vostra comprensione e il vostro sostegno, non sarei arrivata fino a qui. Grazie per essere i miei fari in mezzo al mare.

Ringrazio mia zia Serena per avermi coccolata con le sue specialità culinarie, dandomi la giusta carica per affrontare gli esami.

Ringrazio mia cugina Chiara (Gina), la quale non ha mai smesso di credere in me. Con la quale ho affrontato le tempeste più grandi, sempre mano nella mano. Grazie per tutto.

Ringrazio Riccardo, il quale ha creduto in me anche quando io non riuscivo a farlo. Grazie per avermi spronata a dare sempre di più.

Un grazie va ad Eva, la quale riesce sempre a tirare fuori la parte migliore di me. Grazie a te ho riscoperto la bellezza nelle piccole cose.

Ringrazio Eleonora, la quale, nonostante il passare degli anni, non ha mai smesso di tenermi la mano. Grazie per essere al mio fianco e per avermi sostenuta passo dopo passo.

Ringrazio Veronica, con la quale ho affrontato questo percorso universitario. Grazie per avermi trasmesso l'amore per il vento e per la libertà.

Ringrazio Giulia, la quale mi ha aiutata a non scoraggiarmi di fronte agli ostacoli. Grazie per la tua delicatezza e per la tua pazienza.

Grazie anche a Francesco e Simone, miei compagni di questo intenso viaggio. Grazie per essere stati sempre disponibili a darmi una mano.

Inoltre, ringrazio Cinzia, Francesco, Sofia, Angelica, Caterina, Franco, per aver sempre fatto il tifo per me.

Grazie a chiunque abbia incrociato il mio percorso e mi abbia permesso di arrivare fino a qui. E grazie a chi, con pazienza, è riuscito a srotolare tutti i gomitoli di pensieri che ho nella testa e a illuminarmi la strada con estrema delicatezza.

Infine, ringrazio me stessa per non essermi mai arresa e per aver portato avanti non solo il mio sogno, ma anche il sogno delle persone che mi volevano bene ma che ora non ci sono più.

Il più amaro Grazie va al mio Papà Felice: la persona più simile a me. Grazie per avermi insegnato ad amare e a vivere controcorrente.

BIBLIOGRAFIA

Agnelli P., Martinoli A., Patriarca E., Russo D., Scaravelli D., Genoves P., 2004. Linee guida per il monitoraggio dei Chiroteri: indicazioni metodologiche per lo studio e la conservazione dei pipistrelli in Italia.

Agnelli P., Russo D., Martinoli A., 2008. Linee guida per la conservazione dei Chiroteri nelle costruzioni antropiche e la risoluzione degli aspetti conflittuali connessi.

Barataud M., 1996. Ballades dans l'in audible-Identification acoustique de le chauves-suoris de France.

Barataud M., 2005. Variabilité acoustique et probabilités d'identification chez neuf espèces de chiroptères appartenant au genre *Myotis*.

Barataud M., 2012. Acoustic Ecology of European Bats. Identification des espèces, études de leurs habitats et comportements de chasse. Biotope Editions, Mèze. Muséum national d'histoire naturelle, Paris (collection Inventaires et biodiversité), 344 p.

Barré, K., Le Viol, I., Julliard, R., Pauwels, J., Newson, S.E., Julien, J.F., Claireau, F., Kerbiriou, C., Bas, Y., 2019. Accountin for automated identification errors in acoustic surveys.

Boyles J.G., Cryan P.M., McCracken G.F., Kunz H.T., 2011. Economic importance of Bats.

Brigham, R. M., et al., eds. 2004. Bat Echolocation Research: tools, techniques and analysis. Bat Conservation International. Austin, Texas.

Denzinger, A., Schnitzler, H.U., 2013. Bat guilds, a concept to classify the highly diverse foraging and echolocation behaviors of microchiropteran bats.

Fornasari L., Violani C., Zava B., 1997. I Chiroteri italiani.

Frick W., 2013. Acoustic monitoring of bats, considerations of options for long-term monitoring.

Froidevaux, J. S. P., F. Zellweger, K. Bollmann, and M. K. Obrist. 2014. Optimizing passive acoustic sampling of bats in forests. *Ecology and Evolution* 4:4690–4700.

Gareth, J., Jacobs, D.S., Kunz, T.H., Willing, M.R., Racey, P.A., 2009. Carpe noctem: the importance of bats as bioindicators.

Griffin, D.R., Galambos, R. 1941. The sensory basis of obstacle avoidance by flying bats. Harvard University, Cambridge, Massachusetts. Vol 86, pp.450-481.

Gotelli, N.J., Colwell, R.K., 2001. Quantifying Biodiversity: Procedures and Pitfalls in the Measurement and Comparison of Species Richness.

- Hutterer R., Ivanova T., Meyer-Cords, Rodrigues L., 2005. Bat Migration in Europe. A review of banding data and literature. BN, Federal Agency for Nature Conservation.
- Lacki, M.; Hayes, J.; Kurta, A. *Bats in Forests: Conservation and Management*; Baltimore, M.D., Ed.; The John Hopkins University Press: Baltimore, MD, USA, 2007; p. 329.
- Langton S.D., Briggs P.A., Haysom K.A., 2010. Daubenton's bat distribution along rivers—developing and testing a predictive model. *Aquat. Conserv.*20, S45–S54.
- Law, B., L. Gonsalves, P. Tap, T. Penman, and M. Chidel. 2015. Optimizing ultrasonic sampling effort for monitoring forest bats. *Austral Ecology* 40:886–897.
- Lopez-Baucells, A., N. Yoh, R. Rocha, P. E. D. Bobrowiec, J. M. Palmeirim, and C. F. J. Meyer., 2021. Optimising bat bioacoustic surveys in human-modified neotropical landscapes. *Ecological Applications*.
- Mas, M., Flaquer, C., Rebelo, H., López-Baucells, A., 2021. Bats and wetlands: Synthesising gaps in current knowledge and future opportunities for conservation.
- Ministero dell' Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare – Direzione per le Valutazioni Ambientali. *Linee Guida per la predisposizione del Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA) delle opere soggette a procedure di VIA (D. Lgs.152/2006 e s.m.i., D.Lgs.163/2006 e s.m.i.)*, 2014.
- Olimpi, E.M., Philpott, S.M., 2018. Agroecological farming practices promote bats. *Agric. Ecosyst. Environ* 265, 282–291.
- Park K.J., 2015. Mitigating the impacts of agriculture on biodiversity: Bats and their potential role as bioindicators. *Mamm. Biol.* 80, 191–204.
- R Core Team, 2023. *_R: A Language and Environment for Statistical Computing_*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Rondinini C., Battistoni A., Teofili C., per il volume (compilatori), 2022. *Lista Rossa IUCN dei vertebrati italiani 2022 Comitato Italiano IUCN e Ministero dell' Ambiente e della Sicurezza Energetica*, Roma.
- Russ J., 2021. *Bat calls of Britain and Europe*.
- Russo D., Salinas-Ramos V.B., Cistrone L., Smeraldo S., Bosso L., Ancillotto L., 2021. *Do We Need to Use Bats as Bioindicators?*
- Russo D., Billington G., Bontadina F., Dekker J., Dietz M., Jones G., Meschede A., Rebelo H., Reiter G., 2016. Identifying key research objectives to make European forests greener for bats. *Front. Ecol. Evol.* 4.
- Spagnesi M., De Marinis A.M., 2002. *Mammiferi d' Italia*.
- Stoch F., Genovesi P. (ed.), 2016. *Manuali per il monitoraggio di specie e habitat di interesse comunitario (Direttiva 92/43/CEE) in Italia: specie animali*. ISPRA, Serie Manuali e linee guida, 141/2016.
- Temple, H.J., Terry, A., 2007. *The Status and Distribution of European Mammals*. Office for Official Publications of the European Communities.

Toffoli R., 2010. I Chiroterri del parco Nazionale della Val Grande.

Wickramasinghe, L.P., Harris, S., Jones, G., Vaughan, N., 2003. Bat activity and species richness on organic and conventional farms: Impact of agricultural intensification. *J. Appl. Ecol.* 40, 984–993.

Zou, W., Liang, H., Wu, P., Lou, B., Zhou, D., Liu, W., Wu, J., Fang, L., Lei, Y., Feng, L., 2022. Correlated evolution of wing morphology and echolocation calls in bats.