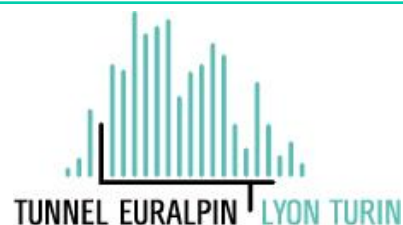




UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TORINO



**NOUVELLE LIGNE LYON TURIN – NUOVA LINEA TORINO LIONE
PARTIE COMMUNE FRANCO-ITALIENNE – PARTE COMUNE ITALO-FRANCESE
CUP C11J05000030001**

CONVENZIONE N. C200118

**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI TORINO – DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA VITA E BIOLOGIA DEI SISTEMI
Attività di ricerca nel corso dell'anno 2020/2021 sui Chirotteri nelle zone di Salbertrand, Giaglione e
Chiomonte**

Monitoraggio chirotteri a La Maddalena – Maggio 2020

0	0	0	C	2	0	0	1	1	8	M	A	-	-	-	-	E	N	T	A	M	0	0	0	1	0
Cantiere Operativo Chantier Opérationnel			Contratto Contrat					Opera Ouvrage			Tratta Tronçon	Parte Partie	Fase Phase	Tipo documento Type de document	Oggetto Objet	Numero documento Numéro de document		Indice							

Il responsabile scientifico:
PROF. SANDRO BERTOLINO

Sandro Bertolino

-
Scala / Echelle

A	P
Stato / Statut	
Indirizzo / Adresse GED	





Università degli Studi di Torino
DIPARTIMENTO di SCIENZE DELLA VITA
E BIOLOGIA DEI SISTEMI



Monitoraggio acustico della chiroterofauna nell'area del cantiere de La Maddalena

Maggio 2020

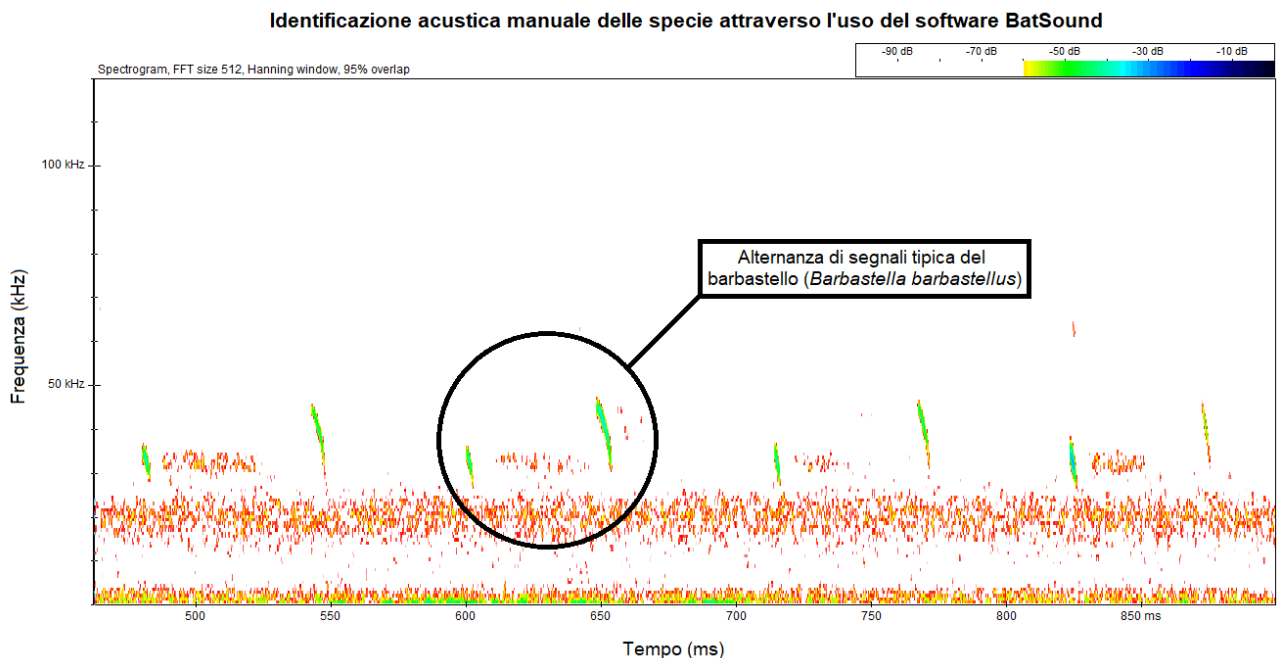


A cura di:

Fabrizio Gili, Carlotta Fassone, Sandro Bertolino

Monitoraggio acustico della chiroterofauna nell'area del cantiere de La Maddalena

Lavoro realizzato nell'ambito della Convenzione tra il Dipartimento di Scienze della Vita e Biologia dei Sistemi e TELT (Tunnel Euralpin Lyon Turin) sas: Monitoraggio dei chiroterri a Salbertrand e uso di rifugi artificiali in ambiente forestale



Gruppo di lavoro:

Sandro Bertolino – Coordinamento scientifico

Fabrizio Gili – Monitoraggio chiroterri

Carlotta Fassone – Supporto al monitoraggio

Citazione per questo report:

Gili F., Fassone C., Bertolino S. 2020. Monitoraggio acustico della chiroterofauna nell'area del cantiere de La Maddalena. Dipartimento di Scienze della Vita e Biologia dei Sistemi, Università di Torino, pp. 1-48.

1. INTRODUZIONE

1.1 - Premessa

Con la Delibera n. 30/39 del 2018 il Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica (CIPE) ha approvato la Variante di progetto di cantierizzazione per la parte italiana della sezione transfrontaliera della Torino-Lione. Tra i diversi interventi di variante autorizzati, figurano:

- la realizzazione di un cantiere industriale nel comune di Salbertrand, in cui è previsto l'impianto di caricamento su treno dello smarino per il trasporto e utilizzo come recupero ambientale dei siti di Caprie e Torrazza, l'impianto di frantumazione e valorizzazione per la produzione degli aggregati e l'impianto per la prefabbricazione dei conci;
- lo spostamento dell'area principale dei lavori da Susa a Chiomonte, dove sarà ampliato di circa 4,5 ettari l'attuale cantiere per la costruzione del cunicolo esplorativo de La Maddalena.

Nella Delibera, in relazione alla necessità di integrazione dell'analisi degli impatti nei confronti della fauna selvatica originati dall'azione di disturbo e dall'effetto barriera generati dalla presenza delle nuove aree di cantiere, nonché di individuazione delle misure di mitigazione/compensazione ambientale da attuare nel lungo periodo, si richiedeva al proponente di presentare alla Regione Piemonte dei protocolli di monitoraggio relativi ad alcuni gruppi faunistici particolarmente sensibili ai disturbi derivanti dagli interventi previsti.

Nello specifico, al fine di conciliare le prescrizioni n. 131, 135 e 136 della Delibera, TELT ha istituito un gruppo di ricerca multidisciplinare costituito dal Dipartimento di Scienze della Vita e Biologia dei Sistemi (DIBIOS) e dal Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari (DISAFA) dell'Università degli Studi di Torino. Il gruppo di ricerca ha avviato dei progetti finalizzati allo studio di *Zerynthia polyxena* (lepidottero diurno), chiroteri (pipistrelli) e insetti saproxilici (specie legate al legno deperiente o morto di alberi senescenti o caduti).

1.2 - I chiroteri e le maggiori criticità legate alla cantierizzazione

Tutte le specie di chiroteri presenti in Italia sono protette a livello europeo ai sensi della Direttiva Habitat (93/43/CEE), oltre che dalla normativa nazionale (L. 157/92, D.P.R. 357/97; L. 104/2005) e da convenzioni e accordi internazionali (Convenzione di Berna, 1979; Convenzione di Bonn, 1979; EUROBATS, 1991). In Piemonte sono segnalate 28 specie di chiroteri (Agnelli *et al.*, 2004; Debernardi *et al.*, 2009), 10 delle quali inserite nell'Allegato II della Direttiva Habitat e la cui conservazione richiede quindi la designazione di Zone Speciali di Conservazione (ZSC).

La maggior parte delle specie di chiroteri, tra le quali molte delle specie più rare e a rischio, sono legate almeno in parte agli ambienti forestali. Gli habitat forestali svolgono per i chiroteri tre funzioni fondamentali: offrono rifugio a un gran numero di specie, producono un'ampia varietà di prede (insetti) e fungono da elementi di riferimento durante gli spostamenti. I rifugi negli alberi possono essere rappresentati da nidi di picchio abbandonati, cavità scavate da insetti xilofagi di grandi dimensioni, parti di corteccia sollevate, rotture e fessurazioni di rami e tronchi (Bat Tree Habitat Key, 2018). Per ospitare dei chiroteri l'albero non deve essere necessariamente ancora vitale, spesso infatti gli alberi morti molto fessurati offrono numerose opportunità di rifugio (Chambers *et al.*, 2002). Il legno morto è, inoltre, un importante substrato per lo sviluppo e il nutrimento di moltissime comunità di organismi come licheni, funghi e insetti, che contribuiscono

al mantenimento di una ricca biodiversità e di conseguenza all'equilibrio dell'ecosistema (Bauhus *et al.*, 2018). In generale, per la maggior parte dell'anno le foreste sostengono una grande varietà e abbondanza di invertebrati di cui i chiroteri si nutrono (Hill & Greenaway, 2008). Non da ultimo, gli ambienti forestali rivestono un ruolo centrale ai fini degli spostamenti dei chiroteri, i quali seguono spesso strutture lineari come filari di alberi, siepi e margini forestali (Entwistle *et al.*, 1996; Verboom & Huitema, 1997; Downs & Racey, 2006; Boughey *et al.*, 2011; Kelm *et al.*, 2014; Toffoli, 2016). La perdita di ambienti forestali rappresenta pertanto una severa minaccia per la chiroterofauna, specialmente quando si tratta di formazioni naturali, mature e diversificate. È comunque opportuno tenere a mente che molte specie necessitano di un'ampia ricchezza di strutture e di un mosaico di habitat differenti, tra cui figurano ecotoni, aree aperte e corpi idrici.

Uno dei maggiori fattori che hanno contribuito al declino delle popolazioni di chiroteri in Europa è l'inquinamento luminoso. Le luci artificiali rappresentano barriere che riducono gli ambienti a disposizione e obbligano a traiettorie di spostamento alternative rispetto a quelle ottimali, con varie possibili conseguenze negative, come lo spreco di energia e maggiori rischi legati alla predazione (Debernardi & Patriarca, 2010). È stato inoltre dimostrato che la luce influenza il comportamento delle specie che sfruttano i corsi d'acqua per gli spostamenti, anche a livelli molto bassi di intensità luminosa (Kuijper *et al.*, 2008). Sebbene alcune specie di chiroteri si siano adattate a cacciare in ambienti illuminati sfruttando il gran numero di insetti che si concentrano intorno ai lampioni (Rydell, 1991; 1992; Jung & Kalko, 2010; Polak *et al.*, 2011), i volatori lenti e le specie particolarmente adattate agli ambienti forestali, come quelle appartenenti ai generi *Barbastella*, *Rhinolophus*, *Myotis* e *Plecotus*, normalmente non foraggiano intorno ai lampioni ed evitano in generale le aree illuminate (Rydell, 1992; Blake *et al.*, 1994; Stone *et al.*, 2015). La maggior parte delle specie appartenenti a quest'ultimo gruppo sono anche quelle di maggiore interesse conservazionistico (Lacoeuilhe *et al.*, 2014). In ogni caso, la capacità di alcune specie di chiroteri di sfruttare gli impianti di illuminazione come fonti di foraggiamento non è mai da considerarsi un fenomeno positivo. Infatti, le alterazioni causate dall'inquinamento luminoso alle complesse interazioni tra pipistrelli e insetti potrebbero portare a conseguenze dannose per gli ecosistemi (Minnaar *et al.*, 2014).

Al fine di liberare le superfici per l'allestimento delle nuove aree di cantiere nei siti de La Maddalena e di Salbertrand, sono previste delle opere di disboscamento, che potranno interferire con le popolazioni di chiroteri presenti. Le opere di disboscamento prevedono delle compensazioni definite come importo nelle Delibere CIPE 30 e 39/2018. Gli interventi di compensazione al taglio sono stati definiti nell'ambito del tavolo tecnico costituito presso Regione Piemonte. Per quanto riguarda i chiroteri, sono finalizzati a compensare la perdita di habitat costituito dal taglio di alberi ricchi di cavità.

Il cantiere previsto a Salbertrand presenterà cicli di lavorazione continui o comunque di durata superiore a quella diurna, con conseguente esigenza di illuminazione artificiale continua. Per quanto riguarda il cantiere di Salbertrand, nella Relazione di incidenza ambientale per il SIC Gran Bosco di Salbertrand sono descritte le misure di mitigazione dell'impatto luminoso del cantiere. Con la Delibera 39/2018 si sottolineava la necessità di effettuare un monitoraggio finalizzato a verificare lo scenario a ridotto impatto luminoso previsto, includendo anche il monitoraggio degli effettivi valori di illuminamento in prossimità dei punti più sensibili.

1.3 - Obiettivi dello studio

Questo studio è diviso in due parti; entrambe hanno avuto come principale obiettivo di quantificare l'attività della chiroterofauna nei dintorni delle aree di cantiere, al fine di:

- individuare gli habitat forestali caratterizzati dalla più elevata attività e ricchezza specifica, al fine di fornire suggerimenti per gli interventi di compensazione forestale per i chiroteroteri;
- definire un protocollo di monitoraggio dei chiroteroteri per rilevare gli effetti dell'inquinamento luminoso legati alla costruzione del nuovo cantiere di Salbertrand. Essendo questo cantiere solo in progettazione, si è preso come riferimento per la sperimentazione il cantiere de La Maddalena.

2. METODI

2.1 - Dati pregressi sulla chiroterofauna nelle aree de La Maddalena e di Salbertrand

A partire dal 2012, nell'area del cantiere de La Maddalena sono stati eseguiti annualmente dei monitoraggi delle specie di chiroteri presenti. In Tabella 2.1 si riporta una sintesi delle specie rilevate nell'area vasta di monitoraggio e della frequenza con cui esse sono state rilevate nel corso di sei anni di monitoraggio, dove il primo anno (2012) rappresenta il monitoraggio *ante operam* e gli anni successivi (2013-2017) rappresentano i monitoraggi in corso d'opera. In questi anni i dati sono stati raccolti con un diverso protocollo di monitoraggio. Non è quindi possibile un loro confronto con i dati illustrati in questa relazione.

Tabella 2.1: Scheda riassuntiva delle specie e dei gruppi di specie rilevati nel corso dei monitoraggi della chiroterofauna effettuati nell'area vasta di monitoraggio ambientale del cantiere de La Maddalena. Una casella verde indica che la specie o il gruppo di specie sono stati rilevati con almeno un contatto per quell'anno di monitoraggio, una casella rossa indica che la specie o il gruppo di specie non sono stati rilevati per quell'anno. Per ogni specie è riportato l'Allegato (o gli Allegati) della Direttiva Habitat in cui è inserita e la categoria di minaccia ad essa applicata secondo i criteri IUCN (LC = Minor Preoccupazione; NT = Quasi Minacciata; VU = Vulnerabile; EN = In Pericolo; DD = Carenza di Dati).

Specie	Allegato Direttiva Habitat (93/43/CEE)	Categoria IUCN	2012	2013	2014	2015	2016	2017
<i>Barbastella barbastellus</i>	II - IV	EN						
<i>Eptesicus nilssoni / Hypsugo savii</i>	IV / IV	DD / LC						
<i>Eptesicus nilssoni / Hypsugo savii / Nyctalus noctula</i>	IV / IV / IV	DD / LC / VU						
<i>Eptesicus serotinus</i>	IV	NT						
<i>Eptesicus serotinus / Nyctalus leisleri</i>	IV / IV	NT / NT						
<i>Eptesicus serotinus / Nyctalus noctula</i>	IV / IV	NT / VU						
<i>Hypsugo savii</i>	IV	LC						
<i>Hypsugo savii / Pipistrellus kuhlii</i>	IV / IV	LC / LC						
<i>Miniopterus schreibersii</i>	II - IV	VU						
<i>Miniopterus schreibersii / Pipistrellus pygmaeus</i>	II - IV / IV	VU / DD						
<i>Myotis myotis / M. blythii</i>	II - IV	VU / VU						
<i>Myotis</i> spp. (gruppo piccoli <i>Myotis</i> : <i>M. bechsteini</i> , <i>M. capaccinii</i> , <i>M. emarginatus</i>)	II - IV / II - IV / II - IV	EN / EN / NT						
<i>Nyctalus leisleri</i>	IV	NT						
<i>Nyctalus noctula</i>	IV	VU						
<i>Pipistrellus kuhlii</i>	IV	LC						
<i>Pipistrellus kuhlii / Pipistrellus nathusii</i>	IV / IV	LC / NT						
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	IV	LC						
<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	IV	DD						
<i>Plecotus</i> spp.	IV							
<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	II - IV	VU						

Gli unici dati attualmente esistenti sulla chiroterofauna presente nell'area di Salbertrand provengono da specifici rilievi effettuati durante 2 uscite il 25 e 26 agosto 2016 finalizzati alla redazione della Relazione di incidenza ambientale per il Sic Gran bosco di Salbertrand. Mancano tuttavia indagini sulla frequentazione dell'area da parte dei chiroteri durante l'intero periodo di attività che generalmente va da aprile ad ottobre. In Tabella 2.2 si riporta una sintesi delle specie rilevate nell'area monitorata nel 2016.

Tabella 2.2: Scheda riassuntiva delle specie e dei gruppi di specie rilevati nel corso dei monitoraggi della chiroterofauna effettuati nell'area di Salbertrand nel 2016. Per ogni specie è riportato l'Allegato (o gli Allegati) della Direttiva Habitat in cui è inserita e la categoria di minaccia ad essa applicata secondo la IUCN (LC = Minor Preoccupazione; NT = Quasi Minacciata; VU = Vulnerabile; DD = Carenza di Dati).

Specie	Allegato Direttiva Habitat (93/43/CEE)	Categoria IUCN
<i>Eptesicus serotinus</i>	IV	NT
<i>Hypsugo savii</i>	IV	LC
<i>Myotis daubentonii</i>	IV	LC
<i>Myotis emarginatus</i>	II - IV	NT
<i>Myotis nattereri</i>	IV	VU
<i>Myotis spp.</i>		
<i>Nyctalus leisleri</i>	IV	NT
<i>Pipistrellus kuhlii</i>	IV	LC
<i>Pipistrellus kuhlii / Pipistrellus nathusii</i>	IV / IV	LC / NT
<i>Pipistrellus nathusii</i>	IV	NT
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	IV	LC
<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	IV	DD
<i>Plecotus spp.</i>	IV	

2.2 - Monitoraggio finalizzato allo studio della selezione dell'habitat

Nel corso di alcuni monitoraggi svolti dall'università di Torino nel 2018, era stata evidenziata la presenza nelle aree nei dintorni del cantiere de La Maddalena di *Zerynthia polyxena*, una specie di lepidottero diurno protetta ai sensi della Direttiva Habitat.

I ricercatori che lavorano sulla farfalla hanno individuato sei aree distribuite all'interno dei comuni di Chiomonte, Giaglione e Salbertrand (4 aree nei dintorni del cantiere de La Maddalena e 2 aree nei dintorni del cantiere di Salbertrand, nelle frazioni Fenils e Combes) all'interno delle quali è stato effettuato il monitoraggio di *Z. polyxena*, insieme a rilievi fitosociologici finalizzati alla descrizione della composizione vegetazionale e della struttura verticale (strato erbaceo, arbustivo e arboreo). Anche il monitoraggio della chiroterofauna è stato effettuato all'interno di queste 6 aree, utilizzando esclusivamente metodi bioacustici.

2.2.1 - Monitoraggio acustico della chiroterofauna

In ognuna delle 6 aree sono state individuate tre tipologie di habitat sulla base della copertura arborea presente (bosco, ecotono e habitat aperto), all'interno di ognuna delle quali è stato selezionato un punto presso il quale è stato posizionato un bat detector. Nel caso in cui in un'area non fossero rappresentati tutti e tre gli ambienti, o in caso di estensione dell'area eccessivamente ridotta (essendo i chiroteri specie mobili in grado di coprire anche diversi chilometri in una singola notte), uno o più punti di campionamento sono stati posti esternamente all'area, nella prima zona utile (Figure 2.1 e 2.2).

Il monitoraggio acustico è stato effettuato da maggio a settembre. È stata applicata la tecnica del monitoraggio acustico passivo (PAM), utilizzando bat detector automatici (Wildlife Acoustics Song Meter SM4BAT FS). Ogni notte di campionamento gli strumenti sono rimasti attivi dal tramonto all'alba e sono stati impostati per effettuare singole registrazioni della durata massima di 8 secondi ogni qualvolta avvenisse il superamento di una frequenza di soglia, impostata a 8 kHz. Presso

ognuno dei 18 punti di campionamento è stata effettuata una notte di registrazione ogni 2 mesi circa, per un totale di 3 notti di registrazione per ogni punto. Questo ha permesso di monitorare l'attività della chiroterofauna durante tutte le fasi della stagione attiva.

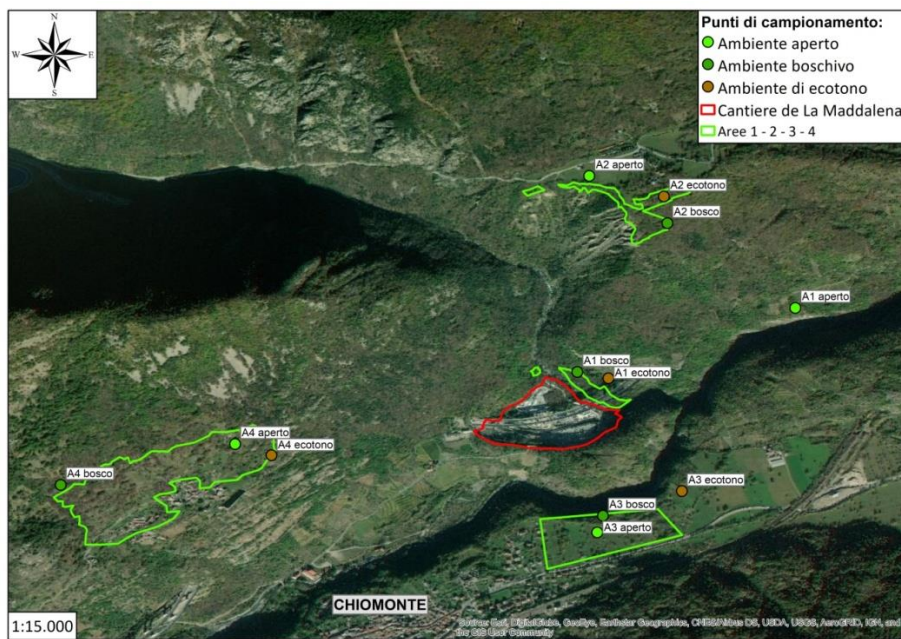


Figura 2.1: Punti di campionamento selezionati per il monitoraggio finalizzato allo studio della selezione dell'habitat: sono visibili le quattro aree di monitoraggio situate nelle vicinanze del cantiere de La Maddalena, Chiomonte (Aree 1, 2, 3 e 4).

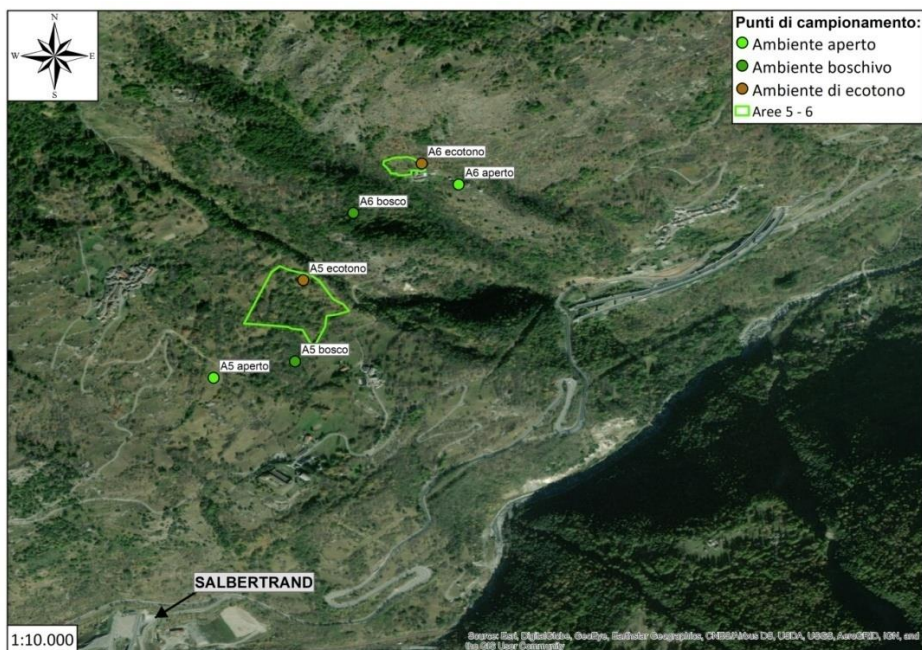


Figura 2.2: Punti di campionamento selezionati per il monitoraggio finalizzato allo studio della selezione dell'habitat: sono visibili le due aree di monitoraggio situate nei pressi del comune di Salbertrand, nelle frazioni Fenils e Combes (Aree 5 e 6).

2.3 - Monitoraggio finalizzato allo studio degli effetti dell'inquinamento luminoso

Non essendo ancora stato realizzato il cantiere di Salbertrand, si è deciso di scegliere come area di studio alternativa il cantiere della Nuova Linea Ferroviaria già attivo a La Maddalena. Il presente studio ha avuto quindi lo scopo di definire un protocollo per monitorare gli effetti dell'inquinamento luminoso di un cantiere industriale sulla chiroterofauna. Protocollo che potrà essere applicato in seguito a Salbertrand.

Essendo questo uno studio di un anno e non avendo a disposizione dati pregressi, raccolti prima della realizzazione del cantiere de La Maddalena con la stessa metodologia qui proposta, i dati ottenuti non potranno essere utilizzati per valutare gli effetti della costruzione del cantiere industriale de La Maddalena. Il protocollo attuato potrà servire a valutare come i chiroteri usano lo spazio intorno al cantiere dopo diversi anni di attività dello stesso.

2.3.1 - Monitoraggio acustico della chiroterofauna

Il monitoraggio dell'attività della chiroterofauna finalizzato a verificare gli effetti dell'inquinamento luminoso è stato effettuato da maggio a settembre. È stato eseguito tramite PAM utilizzando bat detector automatici (Wildlife Acoustics Song Meter SM4BAT FS) attivi dal tramonto all'alba durante ogni notte di campionamento e impostati per effettuare singole registrazioni della durata massima di 8 secondi ogni qualvolta avvenisse il superamento di una frequenza di soglia (8 kHz).

Sono stati selezionati un totale di 20 punti fissi di monitoraggio, dei quali:

- n. 5 punti situati all'interno o nelle immediate vicinanze del cantiere della Maddalena, in zone a fortissima intensità luminosa. In particolare, di questi, n. 3 punti erano situati all'interno dell'area di cantiere, mentre n. 2 punti erano collocati fuori dal cantiere, ma entro la recinzione più esterna dell'area de La Maddalena, uno nella zona retrostante il Museo de La Maddalena e uno lungo Via dell'Avanà, in prossimità di uno dei punti di monitoraggio della chiroterofauna effettuati nell'area vasta di monitoraggio ambientale del cantiere de La Maddalena (CHI09).
- n. 5 punti situati nel centro urbano del comune di Chiomonte (4) e presso la frazione di Ramats (1), in zone ad intensità luminosa relativamente elevata;
- n. 5 punti situati in aree periferiche del comune di Chiomonte (3) e presso la frazione di Ramats (2), in zone ad intensità luminosa ridotta;
- n. 5 punti situati in aree naturali non illuminate, individuate entro il raggio di 1,5 km dall'area del cantiere de La Maddalena. Questi 5 punti sono stati selezionati tra quelli già individuati per lo studio finalizzato a valutare la selezione dell'habitat: in particolare, sono stati selezionati n. 2 punti in ambiente boschivo, n. 2 punti in ambiente di ecotono e n. 1 punto in ambiente aperto.

Presso ognuno dei 20 punti di campionamento (illustrati in Figura 2.3) è stata effettuata una notte di registrazione ogni 20 giorni circa, per un totale di 5-6 notti di registrazione per ogni punto.

Presso ogni punto di campionamento è stata misurata l'intensità luminosa massima presente a livello del suolo durante la notte (in orario compreso tra le 00:00 e le 03:00) mediante un esposimetro (RS Pro IM-720 LUX/FC Light Meter). Verifiche preliminari utilizzando questo modello di esposimetro hanno portato a concludere che la sensibilità dello strumento non fosse tale da determinare una variazione nella lettura del valore di intensità luminosa in relazione alle fasi lunari, o se presente, tale variazione potesse considerarsi trascurabile. Considerato quindi che le

sorgenti luminose artificiali emettono con intensità luminosa costante, la misurazione è stata effettuata una singola notte per ogni punto di campionamento nel corso della stagione e il valore ottenuto è stato ritenuto rappresentativo del livello di intensità luminosa presente.

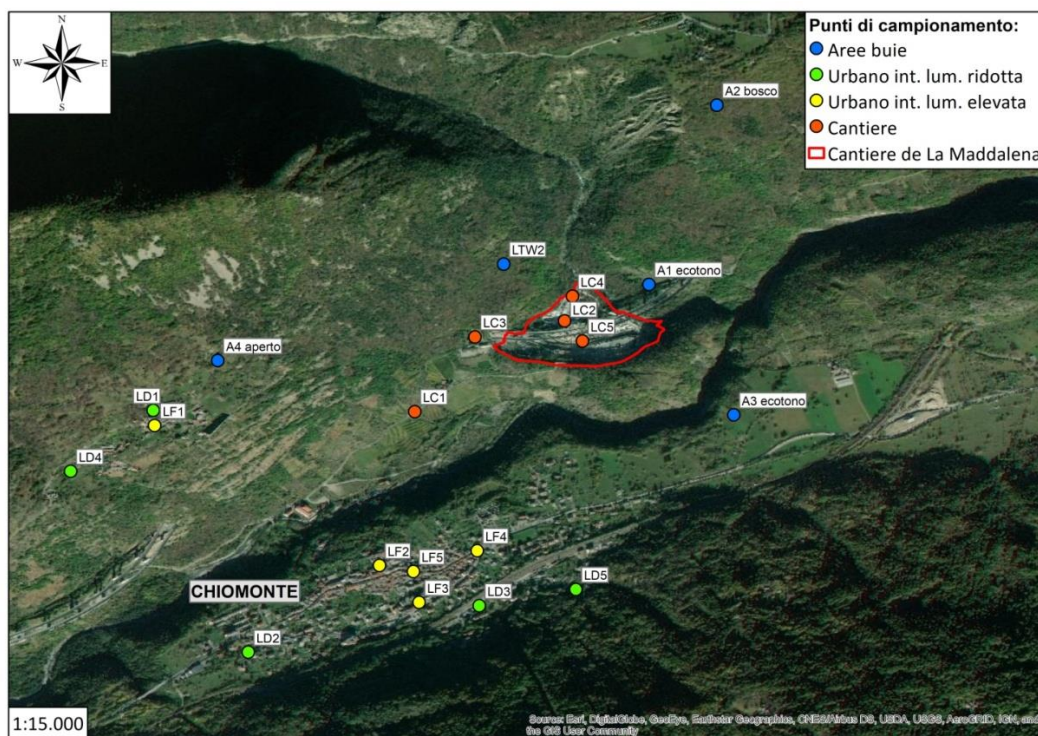


Figura 2.3: Punti di campionamento selezionati per il monitoraggio finalizzato allo studio degli effetti dell'inquinamento luminoso.

2.3.2 - Monitoraggio dell'intensità luminosa

Accanto al monitoraggio dell'attività dei chirotteri in zone a diverso grado di inquinamento luminoso, è stato effettuato un monitoraggio dell'intensità luminosa nei dintorni dell'area del cantiere de La Maddalena e nella zona di Chiomonte per mezzo di un esposimetro (RS Pro IM-720 LUX/FC Light Meter), con l'obiettivo di verificare le variazioni nell'intensità luminosa all'aumentare della distanza dal cantiere e valutare l'applicabilità di un protocollo analogo a Salbertrand.

Partendo dal centro del cantiere e seguendo otto direttrici di 1 km di lunghezza disposte lungo le direzioni cardinali, sono stati individuati 10 punti lungo ogni direttrice, distanziati tra loro di 100 metri, per un totale di 80 punti più quello centrale (Figura 2.4). Presso ognuno di essi è stata misurata l'intensità luminosa massima presente a livello del suolo durante la notte, seguendo le stesse modalità di cui al paragrafo 2.3.1.

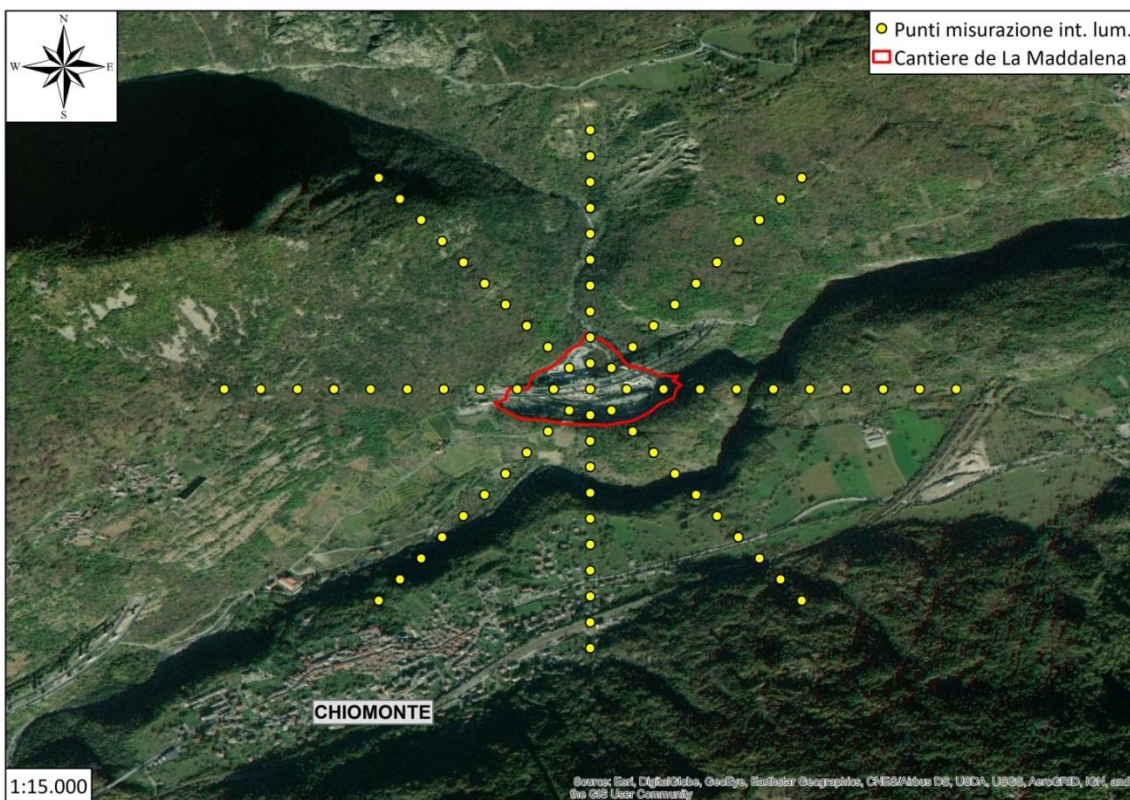


Figura 2.4: Punti di misurazione dell'intensità luminosa lungo le otto direttrici a partire dal centro del cantiere de La Maddalena.

2.4 - Monitoraggio in punti aggiuntivi

Su successiva richiesta di Arpa Piemonte, sono stati individuati alcuni punti di campionamento aggiuntivi nelle zone boschive adiacenti al cantiere de La Maddalena.

Sono stati individuati 4 ulteriori punti di campionamento nell'area che sarà soggetta a disboscamento per l'espansione del cantiere de La Maddalena (denominata Area 1), con l'obiettivo di descrivere con maggiore dettaglio la frequentazione attuale dell'area da parte dei chiroterteri, prima dell'inizio dei lavori di disboscamento (Figura 2.5).

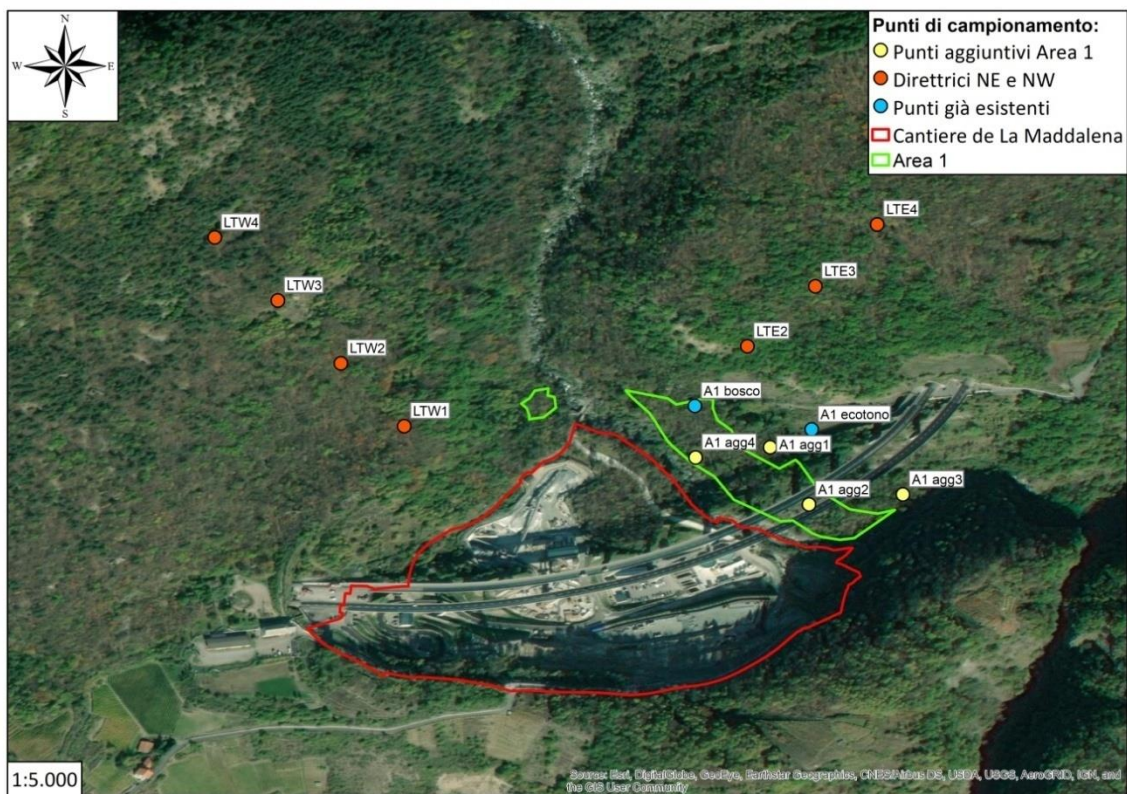


Figura 2.5: Punti aggiuntivi selezionati nelle zone boschive adiacenti al cantiere de La Maddalena. Sono visibili i 4 ulteriori punti di campionamento individuati in Area 1 e i punti lungo le direttrici nord-est e nord-ovest. Il primo punto lungo la direttrice nord-est coincide con il punto di campionamento in ambiente boschivo selezionato per lo studio della selezione dell'habitat.

Inoltre, sono stati selezionati ulteriori 8 punti (4+4) in ambiente forestale, posti lungo due direttrici aventi origine presso due lati del cantiere de La Maddalena e rivolte nelle direzioni nord-est e nord-ovest, risalendo rispettivamente i versanti in sinistra e destra orografica del torrente Clarea (Figura 2.5). I punti sono stati disposti lungo le direttrici a ca. 100 metri di distanza fra loro, a partire da ca. 100 metri dalla recinzione del cantiere e quindi fino a ca. 400 metri di distanza. Il primo punto lungo la direttrice nord-est coincideva in realtà con il punto di campionamento in ambiente boschivo che era già stato selezionato per lo studio della selezione dell'habitat, perciò i punti effettivamente aggiunti lungo le direttrici sono stati 7.

L'obiettivo del monitoraggio lungo le direttrici era di verificare se e come variano la ricchezza specifica e l'attività dei chiroteri allontanandosi gradualmente dalla sorgente luminosa (cantiere) verso zone boschive non illuminate. Pertanto, anche presso questi punti è stata misurata l'intensità luminosa massima presente a livello del suolo durante la notte mediante un esposimetro, effettuando una singola misurazione per ogni punto di campionamento e considerando il valore ottenuto rappresentativo del livello di intensità luminosa presente.

Presso i punti di campionamento aggiuntivi l'attività di monitoraggio è stata effettuata da giugno a settembre, con le stesse modalità utilizzate per gli altri punti di campionamento. I punti aggiuntivi individuati in Area 1 sono stati campionati a metà e a fine stagione, per un totale di 2 notti di registrazione per punto. Presso i punti di campionamento lungo i transetti è stata effettuata una notte di registrazione ogni 20 giorni circa.

2.5 - Identificazione acustica delle specie di chiroterri

L'identificazione delle specie di chiroterri attraverso l'analisi acustica presenta alcuni limiti, in quanto alcune specie, spesso congeneri, emettono segnali di ecolocalizzazione molto simili tra loro in struttura e frequenza (Obrist *et al.*, 2004; Russo & Voigt, 2016). Un esempio sono le specie del genere *Myotis*, con alcune eccezioni, come *M. nattereri*, per cui i segnali di ecolocalizzazione sono spesso caratteristici (Siemers & Schnitzler, 2000; Obrist *et al.*, 2004; Barataud, 2015). La struttura del segnale inoltre varia in base alla conformazione dell'habitat, con differenze notevoli tra habitat chiusi e habitat aperti. Nei primi si assiste a un generale aumento della larghezza di banda della frequenza, a una riduzione della durata del segnale e a un innalzamento della frequenza iniziale, finale e di massima energia. In tali circostanze, tipiche di ambienti boschivi, l'identificazione può risultare più difficile (Agnelli *et al.*, 2004). Ulteriori differenze nella struttura dei segnali possono infine derivare da variazioni geografiche intraspecifiche (Russo *et al.*, 2007; Sun *et al.*, 2013), sesso (Russo *et al.*, 2001; Puechmaille *et al.*, 2014), età (Jones & Ransome, 1993), condizioni corporee (Puechmaille *et al.*, 2014). Per queste ragioni, spesso nell'analisi acustica è opportuno limitarsi a una identificazione a livello di genere o di gruppi di specie.

In questo studio l'identificazione acustica a livello di specie (o gruppi di specie) è stata effettuata in un primo step tramite l'utilizzo del classificatore automatico TADARIDA (Bas *et al.*, 2017). L'utilizzo del classificatore automatico è servito in primo luogo a selezionare, e quindi scartare, tutte le registrazioni nelle quali non erano presenti segnali appartenenti a chiroterri. Spesso infatti il trigger del bat detector che avvia la registrazione può essere attivato anche da suoni emessi da altri animali, come ortoterri o uccelli, o da rumori di varia origine quali ad esempio il vento o il passaggio di autovetture. Delle registrazioni rimanenti, per i generi *Pipistrellus* e *Hypsugo* sono state ritenute valide le assegnazioni a livello di specie aventi una probabilità di identificazione corretta uguale o superiore al 90%. Per le restanti specie, per le quali poteva esserci un rischio maggiore di identificazione errata, tutte le registrazioni sono state analizzate manualmente utilizzando il software BatSound e avendo come riferimento i lavori di Barataud (2015) e Russo & Jones (2002). Quando presenti, anche i segnali sociali diagnostici per cui esiste letteratura di riferimento sono stati usati al fine dell'identificazione.

2.6 - Calcolo dell'attività ed elaborazione grafica dei dati raccolti

I dati ottenuti nel corso di ogni monitoraggio sono stati trattati sia come dati di presenza-assenza, sia come dati di attività. La misura dell'attività dei chiroterri è stata ottenuta considerando il numero di passaggi (*bat passes*) registrati per ogni ora di monitoraggio (si veda Hundt, 2012). Per ogni notte quindi è stata calcolata l'attività media di ogni specie (o gruppo di specie), espressa in *bat passes per hour* (bp/ora) e corrispondente al numero medio di passaggi registrati entro le ore di registrazione. Un passaggio è stato qui definito come ogni registrazione della durata di 8 secondi in cui fossero presenti almeno due richiami di ecolocalizzazione. A differenza di un dato di presenza, l'attività media fornisce informazioni circa il grado di frequentazione di una certa area. I dati di presenza-assenza e quelli relativi all'attività media delle diverse specie sono stati confrontati graficamente con le tipologie di habitat considerati. In particolare, è stato valutato l'utilizzo da parte della chiroterrofauna di habitat:

- a diversa copertura arborea;
- a diverso grado di inquinamento luminoso;
- a diversa distanza dal cantiere de La Maddalena.

2.7 - Analisi statistica dei dati

2.7.1 - Calcolo delle variabili ambientali

I dati ottenuti nel corso del monitoraggio finalizzato allo studio degli effetti dell'inquinamento luminoso sono stati analizzati statisticamente, al fine di verificare quali fossero i fattori ambientali in grado di influenzare maggiormente la distribuzione o l'attività della chiroterofauna nelle aree prossime al cantiere della Nuova Linea Ferroviaria già attivo (La Maddalena).

Sono state considerate una serie di variabili ambientali ritenute importanti per l'ecologia dei chiroteri, nonché potenzialmente rilevanti ai fini dello studio. In particolare, per ognuno dei 20 punti di campionamento sono state calcolate le seguenti variabili ambientali:

- Quota, misurata direttamente sul campo tramite dispositivo GPS (Garmin GPSMAP 66s);
- Intensità luminosa massima, misurata direttamente sul campo come descritto nel paragrafo 2.3.1;
- Distanza lineare dal cantiere;
- Distanza dal corso d'acqua più vicino, misurata utilizzando come riferimento il dataset vettoriale Reticolo idrografico Direttiva Quadro Acque WFD 60/2000/CE fornito da Arpa Piemonte (<https://webgis.arpa.piemonte.it>);
- Superficie edificata totale presente nel raggio di 500 m, calcolata a partire dal raster dataset Imperviousness Density 2015 prodotto dal sistema di monitoraggio satellitare europeo Copernicus Land Monitoring Service (CLMS; <https://land.copernicus.eu/pan-european/high-resolution-layers>);
- Superficie forestale totale presente in un buffer con raggio di 500 m, calcolata a partire dal raster dataset Tree Cover Density 2015 prodotto dal sistema di monitoraggio satellitare europeo CLMS;
- Superficie totale occupata da prati e pascoli presente nel raggio di 500 m, calcolata a partire dal raster dataset Grassland 2015 prodotto dal sistema di monitoraggio satellitare europeo CLMS;
- Lunghezza complessiva delle fasce ecotonali presenti nel raggio di 500 m, calcolata a partire dal dataset vettoriale Land Cover Piemonte: Classificazione uso del suolo 2010 (III livello) (<https://www.regione.piemonte.it/sit>).

Il calcolo delle variabili è stato eseguito tramite i software ArcGIS (ESRI, 2011) ed R (R Core Team, 2018), utilizzando i pacchetti rgdal (Bivand *et al.*, 2019) e rgeos (Bivand & Rundel, 2019).

È stata testata la potenziale intercorrelazione tra le variabili ambientali selezionate attraverso il calcolo dell'indice di correlazione di Pearson, considerando due variabili come altamente correlate tra loro quando il coefficiente di correlazione risultava $\geq 0,7$. Sono state trovate alcune intercorrelazioni tra le variabili selezionate, perciò è stata fatta una selezione mantenendo le variabili ritenute in grado di descrivere meglio la composizione e la struttura dell'habitat. Le variabili risultanti da questa prima selezione, in seguito utilizzate nei modelli, sono le seguenti:

- Quota;
- Intensità luminosa massima;
- Distanza dal cantiere;
- Superficie edificata totale;

- Superficie forestale totale;
- Superficie totale di prati e pascoli.

A queste variabili sono poi state aggiunte due variabili temporali: il giorno giuliano e l'ora della notte (quest'ultima in base alla specie o gruppi di specie considerati, si veda di seguito). Inoltre, dal momento che il bat detector utilizzato è provvisto di termometro che registra la temperatura esterna ogni minuto per tutta la durata della notte, è stata calcolata la temperatura media per notte o per ora della notte, a seconda dei gruppi tassonomici considerati.

2.7.2 - Costruzione dei modelli statistici

Per la costruzione dei modelli statistici sono state considerate solo le specie o i gruppi di specie per i quali si disponeva di dati sufficienti. Per alcune specie troppo rare in loco o caratterizzate da una contattabilità molto bassa (es. il genere *Rhinolophus*) non è stato infatti possibile ottenere modelli sufficientemente robusti.

Sulla base dell'attività media e dei dati di presenza-assenza precedentemente calcolati, è stata effettuata una prima distinzione tra specie più comuni e specie più rare. All'interno di ognuno dei due gruppi sono quindi state selezionate 4 specie (o gruppi di specie) per l'analisi statistica. Tra le specie più comuni sono state selezionate *H. savii*, *N. leisleri*, *P. kuhlii* / *P. nathusii* e *P. pipistrellus* (nel gruppo *P. kuhlii* / *P. nathusii* sono state incluse tutte le registrazioni attribuite a *P. kuhlii*, tutte le registrazioni attribuite a *P. nathusii* e tutte le registrazioni per cui si era in dubbio tra le due specie); tra le specie più rare sono state selezionate *B. barbastellus*, il gruppo dei piccoli *Myotis* (7 specie possibili), il genere *Plecotus* (3 specie possibili) e *T. teniotis*.

Per le specie più comuni, che spesso effettuano anche diverse decine di passaggi nel corso di una singola ora, ogni ora di monitoraggio è stata considerata come un'osservazione ed è stato utilizzato il numero di passaggi registrati nel corso dell'ora (*bat passes per hour*) come variabile dipendente nei modelli. Per queste specie, quindi, la variabile che esprimeva l'ora di monitoraggio (più precisamente, ogni ora è stata indicata in base al numero di ore dopo il tramonto, 1a, 2a, 3a, ecc.) è stata inserita tra le variabili esplicative. Sono stati utilizzati modelli misti lineari generalizzati (GLMM) con una distribuzione binomiale negativa, inserendo l'identità del punto di campionamento come fattore random, in modo da tenere conto della probabile omogeneità dei dati raccolti presso lo stesso punto di campionamento. La distribuzione binomiale negativa è stata usata in alternativa alle distribuzioni di Poisson e quasi-Poisson, poiché i modelli costruiti usando tali distribuzioni sono risultati sovradispersi. Per ogni specie è stato eseguito un numero di modelli sufficiente a includere tutte le combinazioni possibili di variabili esplicative, partendo dai modelli più semplici con singole variabili fino ad arrivare al modello più complesso contenente tutte le variabili. È stato quindi selezionato il modello migliore (più supportato) tramite il criterio d'informazione di Akaike (AIC; Akaike, 1973). In particolare, è stato selezionato il modello caratterizzato dal valore di AIC più basso e, nel caso in cui fossero presenti più modelli con valori di AIC simili ($\Delta AIC \leq 2$, considerando eventualmente anche i modelli con $\Delta AIC \leq 6$), la selezione è stata eseguita sulla base: a) del numero di variabili, favorendo modelli con un minor numero di variabili, in modo da evitare il fenomeno dell'overfitting (adattamento eccessivo del modello ai dati osservati); b) della varianza spiegata dal modello; c) del grado di sovradispersione del modello. È stato verificato anche l'inserimento di un termine quadratico per la variabile che esprimeva l'ora di monitoraggio, in quanto normalmente l'attività dei chiroterteri varia nel corso della notte, raggiungendo un picco che può variare come momento e durata a seconda della specie considerata (si veda ad esempio: Swift, 1980; Parsons *et al.*, 2003; Ciechanowski *et al.*, 2009).

Per le specie più rare non è stato considerato il numero di passaggi per ogni ora di monitoraggio, ma la sola presenza o assenza della specie considerata nell'arco di ogni notte di monitoraggio. In questo caso quindi, un'osservazione corrispondeva a una notte di monitoraggio. Sono stati utilizzati modelli misti lineari generalizzati (GLMM) con una distribuzione binomiale, inserendo l'identità del punto di campionamento come fattore random. Per ogni specie è stato eseguito un numero di modelli sufficiente a includere tutte le combinazioni possibili di variabili esplicative, partendo dai modelli più semplici con singole variabili fino ad arrivare al modello più complesso contenente tutte le variabili. È stato quindi selezionato il modello migliore sulla base dell'AIC e, nel caso di presenza di più modelli con valori di AIC simili, sulla base delle caratteristiche descritte per i modelli delle specie più comuni. I modelli statistici sono stati costruiti utilizzando i pacchetti lme4 (Bates *et al.*, 2015) e MuMIn (Barton, 2019).

3. RISULTATI

3.1 - Selezione dell'habitat

Per il monitoraggio finalizzato allo studio della selezione dell'habitat sono state effettuate un totale di 54 notti di registrazione. Si è deciso tuttavia di concentrare l'analisi sulle quattro aree di monitoraggio situate in prossimità del cantiere de La Maddalena (aree 1, 2, 3 e 4), principalmente per questione di omogeneità territoriale e di tempistiche relative all'analisi delle registrazioni raccolte. I dati raccolti presso le due aree di monitoraggio situate nel comune di Salbertrand saranno analizzati insieme ai dati raccolti nel corso del progetto di ricerca che sarà attivato proprio a Salbertrand durante la stagione 2020.

Vengono di seguito presentati i risultati relativi alle quattro aree di monitoraggio prossime al cantiere de La Maddalena, in cui sono state effettuate un totale di 36 notti di registrazione (9 notti per ogni area), corrispondenti a un totale di 20.944 registrazioni di chiroteri. Le Figure 3.1 e 3.2 mostrano le differenze nell'attività media dei chiroteri all'interno dei tre habitat monitorati (bosco, ecotono e habitat aperto). Al fine di rendere maggiormente visibili le differenze nell'attività media di ogni specie all'interno dei tre habitat, è stata effettuata una distinzione tra specie più comuni, caratterizzate da valori di attività media molto più elevati, e specie più rare. I grafici relativi ai due gruppi di specie sono stati quindi presentati separatamente. Per i dati relativi all'attività media delle diverse specie presso ogni punto di campionamento si rimanda all'Appendice 3.

Alcuni individui della specie *P. pipistrellus* possono emettere segnali di ecolocalizzazione aventi una frequenza di massima energia (FME) maggiore o uguale a 50 kHz, entrando nel range di frequenze delle specie *P. pygmaeus* e *M. schreibersii*. Per questi individui non è stata quindi possibile un'identificazione sicura, lo è stata invece per gli individui che emettevano i tipici segnali di ecolocalizzazione con FME intorno ai 45 kHz. Per distinguere tra le due casistiche, nei grafici e nelle tabelle ci si è riferiti espressamente a *P. pipistrellus* 45 kHz e *P. pipistrellus* 50 kHz.

La specie in assoluto più abbondante in tutti e tre gli ambienti considerati è stata *P. pipistrellus*, a cui appartiene oltre la metà delle registrazioni raccolte ($n = 10.983$). Per questa specie, il valore di attività medio registrato in ambiente di ecotono ($55,49 \pm 21,34$ bp/ora) è risultato oltre doppio del valore registrato in ambiente boschivo ($25,62 \pm 12,26$ bp/ora) e oltre il triplo di quello registrato in ambiente aperto ($18,36 \pm 5,60$ bp/ora). La seconda specie più abbondante in tutti e tre gli ambienti considerati è stata *P. kuhlii* ($n = 4.138$), per la quale comunque sono stati registrati valori di attività media dalle 2 alle 3 volte inferiori rispetto a quelli di *P. pipistrellus* (valore più elevato, registrato in ambiente di ecotono: $24,65 \pm 15,10$ bp/ora). Seguono *H. savii* ($n = 1.352$) e *N. leisleri* ($n = 1.154$), con valori di attività media comparabili (ca. 2-5 bp/ora). Come per le prime due, anche per queste specie l'ambiente di ecotono è risultato quello maggiormente selezionato. L'impossibilità di distinguere in molti casi tra *P. kuhlii* e *P. nathusii* comporta l'esistenza di un certo margine di incertezza nello stabilire gli effettivi valori di attività media di quest'ultima specie, in ogni caso sempre molto inferiori a quelli di *P. kuhlii* e più elevati in ambienti ecotonali.

Tra i taxa più rari, il gruppo dei piccoli *Myotis* ($n = 1057$) è stato quello caratterizzato dai valori di attività media più elevati, tuttavia va considerato che di questo gruppo fanno parte 7 possibili specie. Per questo gruppo di specie, il valore di attività media registrato in ambiente boschivo (5.52 ± 4.57 bp/ora) è risultato oltre il doppio di quello registrato in ambiente ecotonale (2.52 ± 0.93 bp/ora) e aperto (2.07 ± 0.86 bp/ora). Altre specie frequentemente registrate nell'area di studio sono

state il genere *Plecotus* (n = 271), la coppia di specie *P. pygmaeus*/*M. schreibersii* (n = 494) e *B. barbastellus* (n = 180), per le quali i valori di attività più elevati sono stati registrati rispettivamente in ambiente aperto, boschivo ed ecotonale. Non è stato possibile stabilire con certezza la presenza di *M. schreibersii*, a causa della mancanza di segnali con struttura e caratteristiche tali da consentirne una sicura distinzione da *P. pygmaeus*. Al contrario, la presenza di quest'ultima è stata accertata in più occasioni (n = 78), spesso anche grazie al rilevamento di segnali sociali caratteristici. Le due specie più rare sono state la coppia di grandi *Myotis* (*M. myotis*/*M. blythii*, n = 8), contattata in due occasioni (ambiente ecotonale dell'Area 3, il 02/07/2019; ambiente aperto dell'Area 1, il 04/07/2019), e *R. ferrumequinum* (n = 2), anch'esso contattato in due occasioni (ambiente ecotonale dell'Area 3, il 09/05/2019; ambiente ecotonale dell'Area 2, il 09/09/2019).

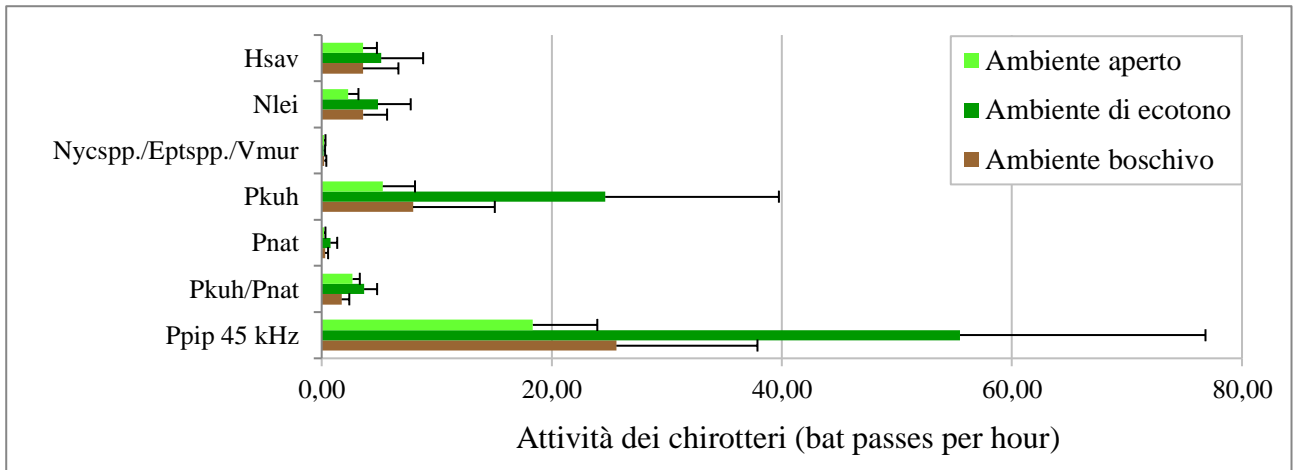


Figura 3.1: Attività media (+ DS) delle specie di chiroteri (o gruppi di specie) più comuni registrate nei tre habitat individuati all'interno delle quattro aree di monitoraggio situate in prossimità del cantiere de La Maddalena (aree 1, 2, 3 e 4). Significato delle abbreviazioni: Hsav = *H. savii*; Nlei = *N. leisleri*; Nycspp./Eptspp./Vmur = *Nyctalus* spp./*Eptesicus* spp./*V. murinus*; Pkuh = *P. kuhlii*; Pnat = *P. nathusii*; Pkuh/Pnat = *P. kuhlii/P. nathusii*; Ppip 45 kHz = *P. pipistrellus* 45 kHz.

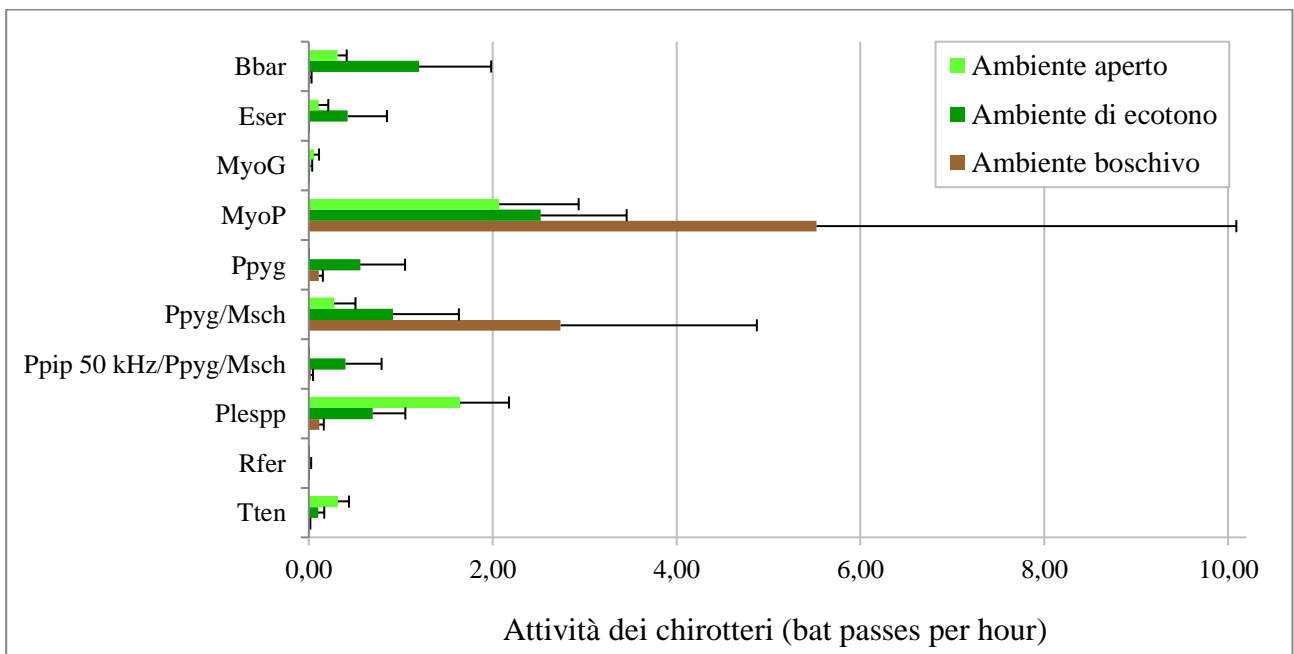


Figura 3.2: Attività media (+ DS) delle specie di chiroteri (o gruppi di specie) più rare registrate nei tre habitat individuati all'interno delle quattro aree di monitoraggio situate in prossimità del cantiere de La Maddalena (aree 1, 2, 3 e 4). Significato delle abbreviazioni: Bbar = *B. barbastellus*; Eser = *E. serotinus*; MyoG = gruppo dei grandi *Myotis* (*M. myotis/M. blythii*); MyoP = gruppo dei piccoli *Myotis* (*Myotis* spp.); Ppyg = *P. pygmaeus*; Ppyg/Msch = *P. pygmaeus/M. schreibersii*; Ppip 50 kHz/Ppyg/Msch = *P. pipistrellus* 50 kHz/*P. pygmaeus/M. schreibersii*; Plespp = *Plecotus* spp.; Rfer = *R. ferrumequinum*; Tten = *T. teniotis*.

3.2 - Effetti dell'inquinamento luminoso

3.2.1 – Elaborazioni quantitative

Per il monitoraggio finalizzato allo studio degli effetti dell'inquinamento luminoso sono state effettuate un totale di 113 notti di registrazione, corrispondenti a un totale di 144.490 registrazioni di segnali emessi dai chiroteri. Le Figure 3.3 e 3.4 mostrano le differenze nell'attività media dei chiroteri presso le aree a diverso grado di inquinamento luminoso monitorate (aree buie, aree urbane a ridotta intensità luminosa, aree urbane a elevata intensità luminosa, cantiere de La Maddalena). Al fine di rendere maggiormente visibili le differenze nell'attività media di ogni specie nelle diverse aree, i grafici relativi a specie più comuni e specie rare sono stati presentati separatamente. Per i dati relativi all'attività media delle diverse specie presso ogni punto di campionamento si rimanda all'Appendice 4.

I valori medi di intensità luminosa (\pm DS) registrati nelle quattro aree di campionamento sono riportati di seguito:

- Aree buie: 0.48 ± 0.86 lx;
- Aree urbane a ridotta intensità luminosa: 20.26 ± 13.31 lx;
- Aree urbane a elevata intensità luminosa: 66.94 ± 48.95 lx;
- Cantiere de La Maddalena: 146.58 ± 75.23 lx.

Importanti differenze si osservano confrontando la selezione di aree a diverso grado di inquinamento luminoso da parte di specie più comuni e di specie rare: mentre le specie più comuni concentrano la loro attività in aree mediamente più illuminate, le specie rare concentrano la loro attività quasi esclusivamente in aree buie o a ridotto inquinamento luminoso. La specie registrata più frequentemente è stata *P. kuhlii*, a cui appartiene quasi la metà delle registrazioni raccolte ($n = 66.241$) e i valori più elevati di attività media registrati in tre delle quattro tipologie di aree. In particolare, il valore di attività media più elevato è stato registrato nelle aree di cantiere (108.81 ± 19.06 bp/ora), mentre nelle aree buie è stato registrato un valore quasi otto volte minore (13.80 ± 6.66 bp/ora), questo ambiente è risultato infatti il meno frequentato da parte di questa specie. Una selezione analoga delle aree illuminate è stata osservata per *N. leisleri* ($n = 22.311$), per cui nelle aree di cantiere è stato registrato un valore di attività media (50.63 ± 9.84 bp/ora) da 2 a quasi 20 volte superiore rispetto alle aree caratterizzate da un inquinamento luminoso più ridotto. Anche *H. savii* ($n = 10.959$) ha mostrato una maggiore preferenza per le aree illuminate rispetto alle aree buie, tuttavia per questa specie i valori di attività media più elevati sono stati registrati nelle aree urbane. Una selezione marcatamente differente è invece stata osservata per la specie *P. pipistrellus* ($n = 26.489$), che pur essendo la seconda specie più abbondante nell'area di studio, ha mostrato una netta preferenza per le aree buie e poco illuminate, in cui sono stati registrati valori di attività media tre volte superiori a quelli registrati nelle aree urbane intensamente illuminate e alle aree di cantiere. Tra la metà di agosto e la metà di settembre sono stati registrati gli unici segnali attribuibili con sicurezza a *N. noctula* ($n = 43$), tutti registrati nell'area di cantiere e in uno dei due punti di campionamento più prossimi ad essa (punto LTW2). Inoltre, in un'occasione è stato possibile accertare la presenza di *V. murinus* (punto LD2, il 03/09/2019).

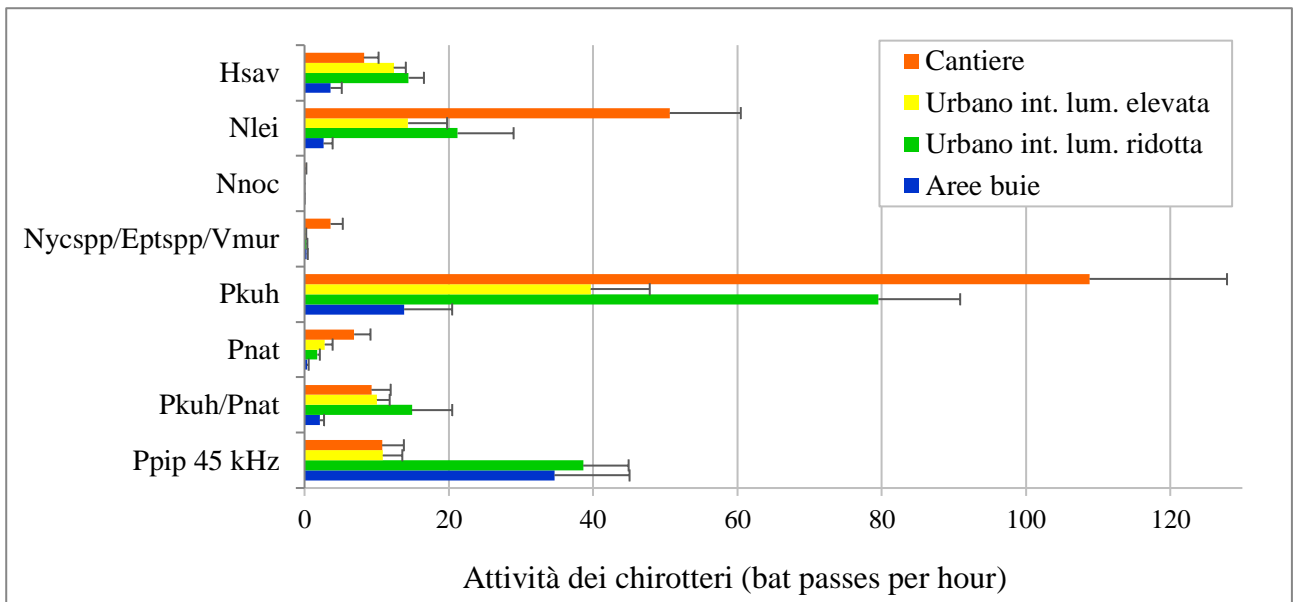


Figura 3.3: Attività media (+ DS) delle specie di chirotteri (o gruppi di specie) più comuni registrate nelle aree a diverso grado di inquinamento luminoso monitorate. Significato delle abbreviazioni: Hsav = *H. savii*; Nlei = *N. leisleri*; Nnoc = *N. noctula*; Nycspp/Eptspp/Vmur = *Nyctalus* spp./*Eptesicus* spp./*V. murinus*; Pkuh = *P. kuhlii*; Pnat = *P. nathusii*; Pkuh/Pnat = *P. kuhlii*/*P. nathusii*; Ppip 45 kHz = *P. pipistrellus* 45 kHz.

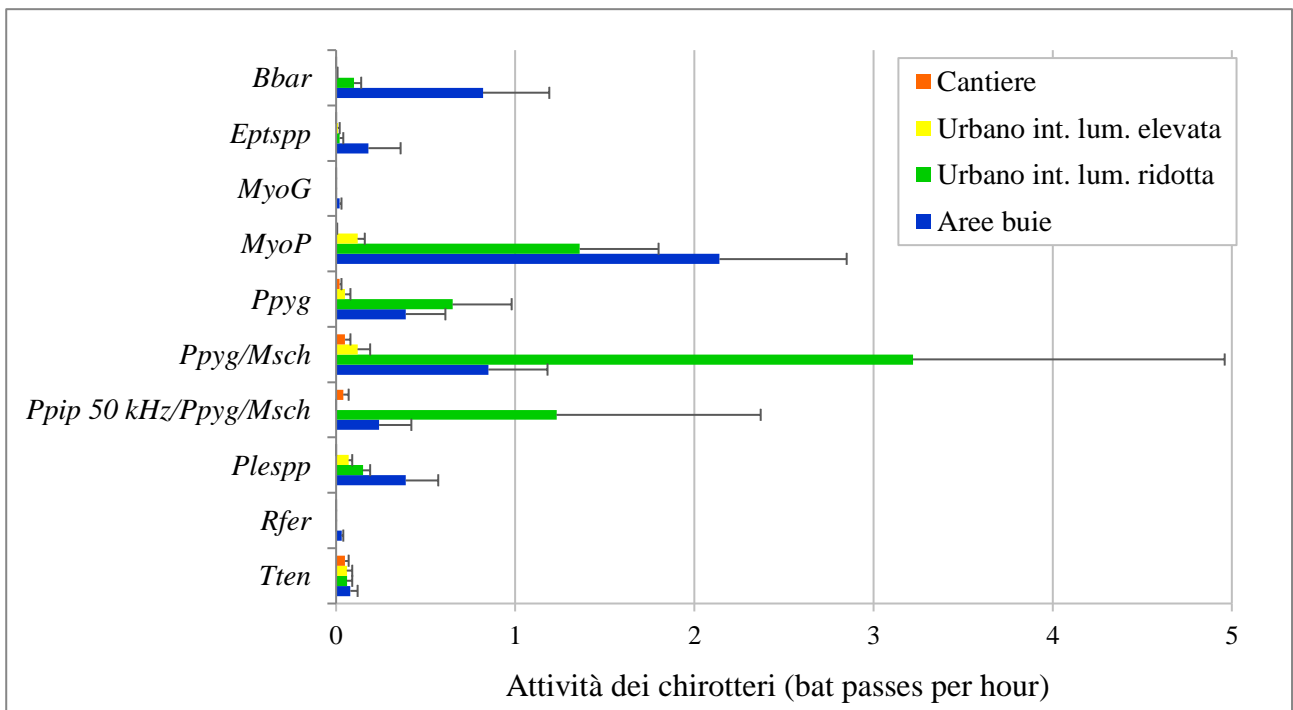


Figura 3.4: Attività media (+ DS) delle specie di chirotteri (o gruppi di specie) più rare registrate nelle aree a diverso grado di inquinamento luminoso monitorate. Significato delle abbreviazioni: Bbar = *B. barbastellus*; Eptspp = *Eptesicus* spp.; MyoG = gruppo dei grandi *Myotis* (*M. myotis*/*M. blythii*); MyoP = gruppo dei piccoli *Myotis* (*Myotis* spp.); Ppyg = *P. pygmaeus*; Ppyg/Msch = *P. pygmaeus*/*M. schreibersii*; Ppip 50 kHz/Ppyg/Msch = *P. pipistrellus* 50 kHz/*P. pygmaeus*/*M. schreibersii*; Plespp = *Plecotus* spp.; Rfer = *R. ferrumequinum*; Tten = *T. teniotis*.

Per molte delle specie più rare (*B. barbastellus*, *Eptesicus* spp., *M. myotis*/*M. blythii*, *Plecotus* spp., *R. ferrumequinum*) non sono mai stati registrati passaggi nelle aree di cantiere. Inoltre, per *B. barbastellus* (n = 262) in tutta la stagione è stato registrato un solo passaggio in aree urbane a intensità luminosa elevata (punto LF4, il 24/07/2019), mentre *M. myotis*/*M. blythii* (n = 4) e *R. ferrumequinum* (n = 6) sono stati registrati esclusivamente in aree buie (*M. myotis*/*M. blythii* in ambiente ecotonale dell'Area 3, il 02/07/2019 e presso il punto LTW2, il 05/08/2019; *R. ferrumequinum* in ambiente ecotonale dell'Area 3, nelle date 09/05/2019, 22/07/2019 e 12/08/2019 e presso il punto LTW2, il 24/06/2019). Un singolo passaggio in area di cantiere (punto LC4, il 14/09/2019) è stato registrato per il gruppo dei piccoli *Myotis* (n = 1.004), che hanno mostrato una selezione quasi esclusiva per le aree buie (2.14 ± 0.71 bp/ora) o poco illuminate (1.36 ± 0.44 bp/ora). In riferimento alla coppia di specie *P. pygmaeus*/*M. schreibersii* (n = 1277), i valori più elevati di attività media sono stati registrati nelle aree urbane a ridotto inquinamento luminoso (3.22 ± 1.74), a cui seguono le aree buie, in cui comunque i valori di attività media registrati sono stati inferiori di quasi 4 volte (0.85 ± 0.33). Questa scelta per aree poco illuminate o buie trova conferma anche quando si considerala sola specie *P. pygmaeus* (n = 304), o il gruppo completo contenente anche potenziali individui di *P. pipistrellus* in grado di emettere segnali con FME pari o superiore a 50 kHz. In una sola occasione è stato possibile accertare la presenza di *M. schreibersii* (ambiente ecotonale dell'Area 3, il 22/07/2019). Inoltre, in un'occasione è stata accertata la presenza di *E. nilssonii*, presso un'area urbana a ridotta intensità luminosa (punto LD1, il 03/08/2019). In tutti gli altri casi, con *Eptesicus* spp. si fa riferimento alla specie *E. serotinus* (n = 58). Sebbene relativamente raro e assente nelle aree di cantiere, il genere *Plecotus* (n = 182) è risultato diffuso all'interno dell'area di studio, essendo stato registrato in quasi tutti gli altri punti di campionamento (13 su 15), mostrando comunque una marcata selezione per le aree buie o poco illuminate. Infine, *T. teniotis* (n = 76) non ha mostrato particolari preferenze per aree a diversa illuminazione, facendo registrare la propria presenza in maniera uniforme all'interno dall'area di studio.

3.2.2 - Analisi statistiche

I modelli statistici selezionati per le specie più comuni (*H. savii*, *N. leisleri*, *P. kuhlii* / *P. nathusii* e *P. pipistrellus*) sono composti da 5-8 variabili ambientali, oltre al fattore random relativo all'identità del punto di campionamento. In tabella 3.1 sono riassunti i risultati dei modelli. Le uniche variabili inserite in tutti e quattro i modelli selezionati sono state la distanza dal cantiere e l'ora di campionamento, quest'ultima risultata sempre significativa. Tre dei quattro taxa considerati hanno mostrato una correlazione positiva significativa tra la propria attività e l'intensità luminosa massima, inoltre *H. savii* e la coppia *P. kuhlii*/*P. nathusii* hanno mostrato un aumento significativo della propria attività all'aumentare della distanza dal cantiere. Le correlazioni tra l'attività delle specie considerate e le variabili relative alla superficie di aree edificate, aree boschive e aree aperte non sono mai risultate significative.

I modelli statistici selezionati per le specie più rare (*B. barbastellus*, piccoli *Myotis*, *Plecotus* spp. e *T. teniotis*) sono composti da 1-6 variabili ambientali, oltre al fattore random relativo all'identità del punto di campionamento. In tabella 3.2 sono riassunti i risultati dei modelli. L'unica variabile inserita in tutti e quattro i modelli è stata il giorno giuliano, positivamente correlata con la presenza di tre delle quattro specie considerate. *B. barbastellus* e il gruppo dei piccoli *Myotis* hanno mostrato una correlazione negativa significativa tra la propria presenza e l'intensità luminosa massima. Per il genere *Plecotus* sono state osservate correlazioni significative per tutte e sei le variabili che costituiscono il modello; in particolare la presenza di questo genere è risultata positivamente correlata con la superficie di aree edificate, aree boschive e anche aree aperte. Diverso è il caso di *T.*

teniotis, per cui il modello selezionato è risultato composto dalla sola variabile relativa al giorno giuliano. Quest'ultima specie è stata anche quella per cui il modello selezionato è stato in grado di spiegare la percentuale minore di varianza, solo il 15%, mentre per gli altri sette taxa questo valore è risultato sempre compreso tra il 45% e il 75%.

Tabella 3.1: Risultati dei modelli statistici costruiti per le quattro specie più comuni selezionate. Se una variabile ambientale non è stata inserita nel modello, la casella corrispondente è occupata da una X. Le correlazioni significative positive sono indicate con un segno “+”, quelle negative con un segno “-”, quelle non significative con l’abbreviazione “NS”. Per le relazioni quadratiche è fornita la forma della curva di predizione. Per ogni correlazione significativa è riportato il livello di significatività, espresso attraverso i seguenti codici: “*” per $0.01 < p < 0.05$; “**” per $0.001 < p < 0.01$; “***” per $p < 0.001$. Nel caso delle relazioni quadratiche, il codice si riferisce al termine quadratico. Nelle ultime due colonne è riportata la percentuale di varianza spiegata dal modello: il primo valore (delta R^2_m , *marginal R*²) rappresenta la varianza spiegata dagli effetti fissi, il secondo valore (delta R^2_c , *conditional R*²) rappresenta la varianza spiegata dall’intero modello, includendo gli effetti sia fissi sia casuali (random).

Specie	Quota	Intensità luminosa massima	Distanza dal cantiere	Superficie edificata totale	Superficie forestale totale	Superficie totale di prati e pascoli	Temperatura media	Giorno giuliano	Ore dopo il tramonto	Varianza spiegata % (delta R^2_m)	Varianza spiegata % (delta R^2_c)
<i>H. savii</i>	X	* +	** +	X	X	NS	*** +	X	**	0.35	0.49
<i>N. leisleri</i>	X	** +	NS	NS	NS	NS	NS	X	*** -	0.25	0.47
<i>P. kuhlii / P. nathusii</i>	NS	** +	* +	NS	NS	X	NS	*** +	***	0.38	0.60
<i>P. pipistrellus</i>	X	X	NS	NS	NS	NS	X	X	***	0.22	0.54

Tabella 3.2: Risultati dei modelli statistici costruiti per le quattro specie più rare selezionate. Se una variabile ambientale non è stata inserita nel modello, la casella corrispondente è occupata da una X. Le correlazioni significative positive sono indicate con un segno “+”, quelle negative con un segno “-”, quelle non significative con l’abbreviazione “NS”. Per ogni correlazione significativa è riportato il livello di significatività, espresso attraverso i seguenti codici: “*” per $0.01 < p < 0.05$; “**” per $0.001 < p < 0.01$; “***” per $p < 0.001$. Nelle ultime due colonne è riportata la percentuale di varianza spiegata dal modello: il primo valore (delta R^2_m , *marginal R*²) rappresenta la varianza spiegata dagli effetti fissi, il secondo valore (delta R^2_c , *conditional R*²) rappresenta la varianza spiegata dall’intero modello, includendo gli effetti sia fissi sia casuali (random).

Specie	Quota	Intensità luminosa massima	Distanza dal cantiere	Superficie edificata totale	Superficie forestale totale	Superficie totale di prati e pascoli	Temperatura media	Giorno giuliano	Varianza spiegata % (delta R^2_m)	Varianza spiegata % (delta R^2_c)
<i>B. barbastellus</i>	NS	* -	X	X	X	X	X	NS	0.54	0.59
Piccoli <i>Myotis</i> (<i>Myotis</i> spp.)	X	*** -	X	X	X	X	* -	* +	0.48	0.73
<i>Plecotus</i> spp.	** +	X	X	** +	* +	** +	** -	*** +	0.56	0.63
<i>T. teniotis</i>	X	X	X	X	X	X	X	*** +	0.15	0.15

3.2.3 - Monitoraggio dell'intensità luminosa

La misurazione dell'intensità luminosa lungo le otto direttrici è stata eseguita presso un totale di 50 punti, mentre i restanti 31 erano posti in aree interdette al passaggio o non raggiungibili in sicurezza da parte degli operatori. Si sono riscontrate alcune importanti difficoltà nell'applicazione della metodologia descritta, che vengono di seguito riportate:

- Limitazioni da parte dello strumento utilizzato nel percepire minori variazioni nell'intensità luminosa, requisito fondamentale in zone a ridotto inquinamento luminoso: mentre l'operatore era in grado di apprezzare differenze nell'illuminazione presente nei diversi punti, lo strumento utilizzato non è risultato sufficientemente sensibile da rilevare tali differenze, indicando spesso un valore di intensità luminosa pari a 0,0 lx anche in presenza di illuminazione diffusa percepibile.
- In aree illuminate, elevata variabilità nei valori di intensità luminosa misurati, in dipendenza dalla vicinanza alla sorgente luminosa: una distanza di pochi metri dalla sorgente era sufficiente per osservare importanti variazioni nell'intensità luminosa misurata. Per ridurre parzialmente tale problema, in questo studio è stata usata l'intensità luminosa massima registrata in un'area di un metro attorno a ogni punto, riuscendo pertanto a discriminare tra zone a inquinamento luminoso elevato e ridotto.
- Nelle aree forestali, sostanziali differenze tra l'intensità luminosa misurata a livello del suolo e quella che potrebbe essere misurata sopra la canopea, la quale scherma la luce in entrata.
- Mancanza di informazioni riguardo alla tipologia di illuminazione utilizzata. L'intensità luminosa è un dato importante per stimare potenziali impatti dell'inquinamento luminoso sulla chiroterofauna, ma rimane un'informazione incompleta senza conoscere anche la tipologia di illuminazione utilizzata e quindi lo spettro luminoso.

Nonostante le difficoltà incontrate, sono state rilevate notevoli differenze tra i valori di illuminazione misurati in cantiere (27,0-145,0 lx) e quelli misurati in zone urbane o naturali (0,0-5,0 lx). In Figura 3.5 sono mostrati i punti per i quali è stato possibile effettuare la misurazione dell'intensità luminosa.

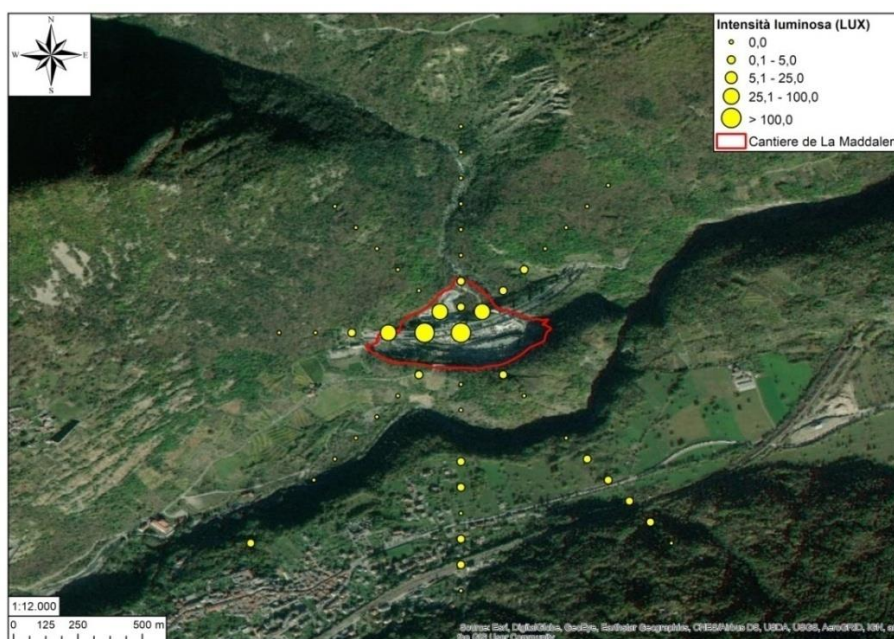


Figura 3.5: Punti di misurazione dell'intensità luminosa lungo le otto direttrici cardinali e relativi valori di illuminazione espressi in lux (lx).

3.3 - Monitoraggio lungo le direttrici nord-est e nord-ovest

Per il monitoraggio dell'attività della chiroterofauna lungo le direttrici nord-est e nord-ovest, sono state effettuate un totale di 38 notti di registrazione, corrispondenti a un totale di 20.121 registrazioni di chiroteri. Le Figure 3.6 e 3.7 mostrano le differenze nell'attività media dei chiroteri alle diverse distanze dal cantiere. Al fine di rendere maggiormente visibili le differenze nell'attività media di ogni specie, i grafici relativi a specie più comuni e specie rare sono stati presentati separatamente. Per i dati relativi all'attività media delle diverse specie presso ogni punto di campionamento si rimanda all'Appendice 5.

Nel complesso, è possibile notare come le specie contattate più di frequente siano le stesse per le quali sono stati registrati i valori più elevati di attività media nel corso del progetto volto a valutare gli effetti dell'inquinamento luminoso. Anche in questo caso, *P. kuhlii* è stata la specie più abbondante ($n = 8.744$), seguita da *P. pipistrellus* ($n = 5.641$) e *H. savii* ($n = 2.700$). In generale comunque, per le specie più comuni non sono state osservate particolari differenze nell'attività allontanandosi gradualmente dall'area di cantiere. In riferimento alle specie più rare invece, *B. barbastellus* e il gruppo dei piccoli *Myotis* hanno mostrato un aumento della propria attività allontanandosi dall'area di cantiere: *B. barbastellus* ($n = 57$) è stato contattato solo in un'occasione a 100 m e a 200 m di distanza dal cantiere (presso i punti LTW1 e LTW2, il 11/09/2019), mentre è stato contattato più frequentemente presso i quattro punti di campionamento posti a 300 m e 400 m di distanza (da 2 a 4 notti positive per ogni punto); il gruppo dei piccoli *Myotis* ($n = 236$) è stato in generale contattato più frequentemente (da 3 a 5 notti positive per ogni punto di campionamento), tuttavia l'attività media registrata a 400 m di distanza dal cantiere è risultata il doppio di quella registrata a 100 m di distanza. Le specie più rare registrate lungo le direttrici sono state *R. ferrumequinum*, contattato in tre occasioni (presso i punti: LTW2, il 24/06/2019; LTE2, il 22/08/2019; LTE4, il 04/08/2019) e la coppia di specie *M. myotis/M. blythii*, contattata in una sola occasione (presso il punto LTW2, il 05/08/2019).

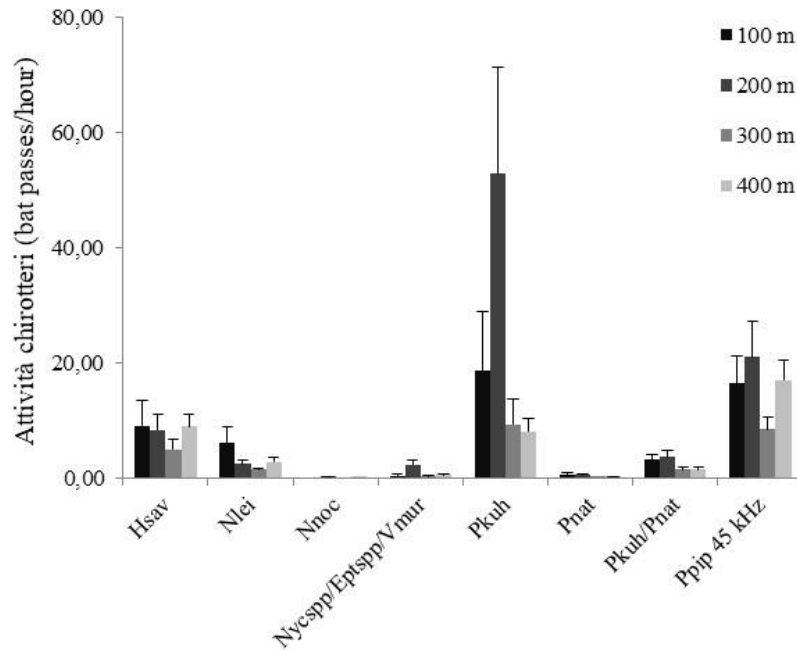


Figura 3.6: Attività media (+ DS) delle specie di chiroteri (o gruppi di specie) più comuni registrate lungo le direttrici nord-est e nord-ovest partendo dal cantiere de La Maddalena (Chiomonte). Significato delle abbreviazioni: Hsav = *H. savii*; Nlei = *N. leisleri*; Nnoc = *N. Noctula*; Nycspp/Eptspp/Vmur = *Nyctalus spp./Eptesicus spp./V. murinus*; Pkuh = *P. kuhlii*; Pnat = *P. nathusii*; Pkuh/Pnat = *P. kuhlii/P. nathusii*; Ppip 45 kHz = *P. pipistrellus* 45 kHz.

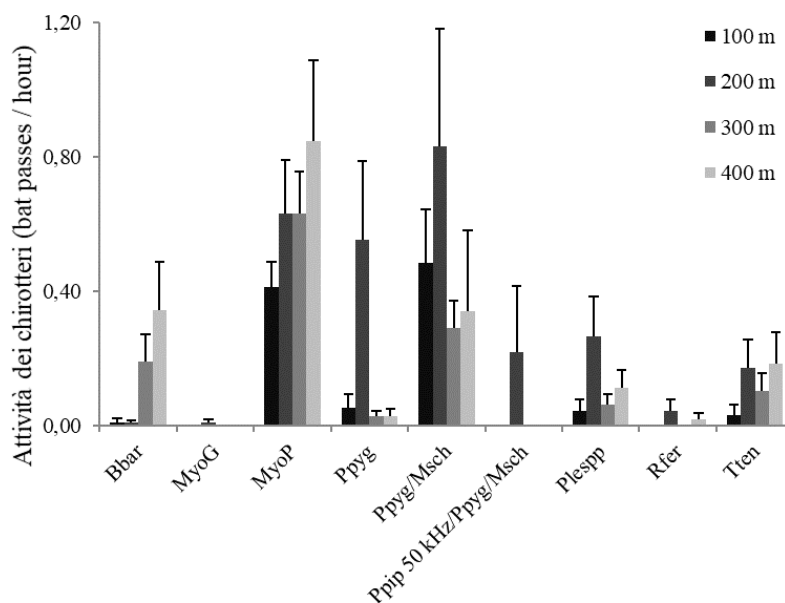


Figura 3.7: Attività media (+ DS) delle specie di chiroteri (o gruppi di specie) più rare registrate lungo le direttrici nord-est e nord-ovest partendo dal cantiere de La Maddalena (Chiomonte). Significato delle abbreviazioni: Bbar = *B. barbastellus*; MyoG = gruppo dei grandi *Myotis* (*M. myotis*/*M. blythii*); MyoP = gruppo dei piccoli *Myotis* (*Myotis* spp.); Ppyg = *P. pygmaeus*; Ppyg/Msch = *P. pygmaeus*/*M. schreibersii*; Ppip 50 kHz/Ppyg/Msch = *P. pipistrellus* 50 kHz/*P. pygmaeus*/*M. schreibersii*; Plespp = *Plecotus* spp.; Rfer = *R. ferrumequinum*; Tten = *T. teniotis*.

3.4 - Monitoraggio presso i punti aggiuntivi dell'Area 1

All'interno del perimetro dell'Area 1 sono state effettuate un totale di 14 notti di registrazione, considerando i due punti in ambiente boschivo ed ecotonale individuati per il monitoraggio della selezione dell'habitat (3 notti per punto) e i quattro punti aggiuntivi individuati in seguito (2 notti per punto). In quest'area sono state raccolte un totale di 12.323 registrazioni di chiroteri. La Tabella 3.3 mostra le specie di chiroteri contattate presso ogni punto.

Tabella 3.3: Specie di chiroteri contattate presso i punti di campionamento individuati all'interno del perimetro dell'Area 1. Una casella di colore verde indica che la specie è stata contattata almeno una volta presso quel punto, una casella di colore rosso indica che la specie non è mai stata contattata presso quel punto.

Punto	<i>B. barbastellus</i>	<i>E. serotinus</i>	<i>H. savii</i>	Piccoli <i>Myotis</i>	<i>N. leisleri</i>	<i>N. noctula</i>	<i>Nyctalus</i> sp./ <i>Eptesicus</i> sp./ <i>V. murinus</i>	<i>P. kuhlii</i>	<i>P. nathusii</i>	<i>P. kuhlii</i> / <i>P. nathusii</i>	<i>P. pipistrellus</i> 45 kHz	<i>P. pygmaeus</i>	<i>P. pygmaeus</i> / <i>M. schreibersii</i>	<i>P. pipistrellus</i> 50 kHz / <i>P. pygmaeus</i> / <i>M. schreibersii</i>	<i>Plecotus</i> sp.	<i>T. teniotis</i>
A1 agg1	Green	Red	Green	Green	Green	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
A1 agg2	Red	Green	Green	Green	Green	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Red	Red	Red	Green	Red
A1 agg3	Green	Red	Green	Green	Green	Red	Green	Green	Red	Green	Green	Green	Green	Red	Green	Red
A1 agg4	Red	Red	Green	Green	Green	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Red	Green	Red	Red	Red
A1 bosco	Red	Red	Green	Green	Green	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Red	Red	Red
A1 ecotono	Green	Red	Green	Green	Green	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Red	Green

4. DISCUSSIONE

4.1 - Selezione dell'habitat

Quando si effettuano studi sulla chiroterofauna, è opportuno considerare le differenze esistenti nell'abbondanza e nella contattabilità delle diverse specie e in virtù di questo valutare per quali specie è opportuno utilizzare i dati di attività (conteggio del numero di passaggi) e per quali invece è opportuno basarsi sui dati di presenza-assenza. Pertanto, per specie molto comuni quali ad esempio *P. pipistrellus* e *P. kuhlii* è opportuno fare riferimento ai dati di attività, mentre per specie rare e/o caratterizzate da una contattabilità molto bassa quali *R. ferrumequinum* o il genere *Plecotus* è preferibile utilizzare dati di presenza/assenza. In questo studio l'analisi dei risultati è stata impostata seguendo questo approccio.

Nel complesso, lo studio ha evidenziato la necessità, da parte della chiroterofauna che frequenta l'area, della presenza di una elevata varietà di habitat. Questo si può evincere in primo luogo dal fatto che l'habitat maggiormente selezionato cambia a seconda delle specie o gruppi di specie considerati. Inoltre, la maggior parte delle specie ha mostrato una preferenza o comunque un utilizzo elevato delle aree ecotonali, suggerendo che in generale i chiroteri prediligano ambienti differenziati e ricchi di strutture.

Le due specie più comuni *P. kuhlii* e *P. pipistrellus* cacciano in generale in una grande varietà di habitat (Hutson *et al.*, 2008; Juste & Paunović, 2016) e in particolare *P. pipistrellus* è noto per sfruttare margini forestali, strutture lineari e aree ecotonali (Boye & Dietz, 2005). La selezione per gli ambienti di ecotono evidenziata nel presente studio riflette quindi le esigenze ecologiche di queste specie, che prediligono habitat caratterizzati da una maggiore complessità. È interessante notare come *P. pygmaeus*, specie criptica distinguibile la maggior parte delle volte dalla specie sorella *P. pipistrellus* utilizzando l'approccio bioacustico (la separazione tra le due specie è avvenuta solo nel 1999; Barratt *et al.*, 1997; Jones & Barratt, 1999), sia molto meno abbondante di quest'ultima nell'area di studio. È d'altra parte noto che questa specie è meno legata ad ambienti antropici e presenta una minor versatilità nell'uso dell'habitat rispetto a *P. pipistrellus* (Agnelli *et al.*, 2004). Molte specie del genere *Myotis* sono legate ad ambienti forestali (es. *M. bechsteinii*, *M. brandtii*, *M. mystacinus*, *M. nattereri*; Lanza, 2012; Dietz & Kiefer, 2016), pertanto il fatto che anche nell'area di studio il gruppo dei piccoli *Myotis* sia stato contattato più spesso in habitat forestali è una conferma della selezione operata da questo genere. Sebbene rara, *B. barbastellus* non è risultata una specie particolarmente difficile da contattare, essendo stata registrata più volte in tutte le quattro aree di monitoraggio, compresa l'Area 1.

Confrontando tra loro le aree di monitoraggio, l'Area 3 è stata l'unica nella quale sono state contattate tutte le specie rilevate nello studio, comprese le più rare *M. myotis*/*M. blythii* e *R. ferrumequinum*. La posizione di quest'area può essere ritenuta particolarmente favorevole alla chiroterofauna per alcuni fattori, tra i quali: la presenza del fiume Dora Riparia nelle immediate vicinanze; la presenza di un'area boschiva non gestita, con molti alberi maturi e la presenza di legno morto al suolo, a fianco di un'ampia area aperta adibita a prato stabile; la presenza di un margine boschivo ben definito, che può essere usato come corridoio per gli spostamenti da parte di numerose specie di chiroteri; la vicinanza del centro abitato di Chiomonte, che per le specie che sfruttano gli edifici può significare un gran numero di opportunità di rifugio; la presenza della Strada Statale SS24 a costituire uno dei quattro confini dell'area, la quale è provvista di illuminazione stradale

continua che può contribuire ad attirare insetti e quindi alcune specie di chirotteri (es. i generi *Pipistrellus* e *Nyctalus*); la scarsa illuminazione generale, in particolare per quanto riguarda gli ambienti di bosco e di margine boschivo, lontani dalla SS24 e non colpiti dalla luce proveniente dal cantiere.

I risultati di questa indagine hanno messo in evidenza la presenza di numerose specie o gruppi di specie d'interesse conservazionistico nell'area vasta dello studio e una buona ricchezza specifica nell'area 1, con la presenza di specie legate agli ambienti forestali. La ricchezza di specie è probabilmente anche legata alla presenza in questa area di numerosi castagneti di notevoli dimensioni, in grado di fornire riparo ai chirotteri e ospitanti una ricca entomofauna. In quest'area sono previsti dei tagli di alberi per l'ampliamento del cantiere de La Maddalena (Delibere CIPE n. 30/2018 e n. 39/2018). Il taglio previsto di una parte di questi alberi, in particolare i vecchi castagni, costituirà quindi una perdita di habitat per i chirotteri.

Nell'ambito degli interventi di compensazione forestale, già approvati, si prevede quindi di creare cavità artificiali nei tronchi di alberi di grosse dimensioni in modo da aumentare la disponibilità di rifugi naturali e compensare la perdita di habitat causata dal taglio degli alberi. Questi interventi saranno affiancati dall'installazione di *bat box* e di pannelli in vetroresina ondulata disposti intorno ai tronchi, con l'obiettivo di incrementare la varietà di rifugi disponibili e verificare l'efficacia delle diverse tipologie.

4.2 - Effetti dell'inquinamento luminoso

All'interno dell'area di studio, l'inquinamento luminoso svolge sicuramente un ruolo predominante nel determinare la distribuzione e i livelli di attività della chirotterofauna, in base alla sensibilità delle diverse specie alla luce. Gli impianti di illuminazione presenti in cantiere sono ampiamente sfruttati per il foraggiamento da parte delle specie più generaliste *P. kuhlii* e *N. leisleri*, note per essere attratte dalle sorgenti luminose (Rydell, 2006; Mathews *et al.*, 2015). Queste due specie selezionano gli ambienti di cantiere in misura maggiore rispetto agli altri ambienti considerati, è quindi possibile affermare che gli impianti di illuminazione utilizzati all'interno del cantiere hanno provocato un cambiamento nella selezione dell'habitat da parte di *P. kuhlii* e *N. leisleri*, che si sono abituate a sfruttare le grandi quantità di falene e altri insetti che si concentrano intorno alle sorgenti luminose presenti in cantiere come fonte di cibo preferita. Insieme a queste due, anche altre specie (*P. nathusii*, *P. pipistrellus*, *H. savii*) utilizzano spesso le aree di cantiere per il foraggiamento. Questo non solo significa un cambiamento nelle abitudini e nelle strategie di caccia dei chirotteri rispetto a quanto avverrebbe in assenza del disturbo, ma soprattutto si traduce in gravi impatti sulle popolazioni di insetti coinvolte. Già di per sé, le luci artificiali provocano effetti negativi sulle popolazioni di molti insetti, in particolare le falene, che usano le luci artificiali anziché la luna per orientarsi e muoiono per sfinimento girando intorno a un lampione o per collisione con la sua superficie incandescente (Degen *et al.*, 2016). Inoltre, molti insetti rimangono abbagliati e si immobilizzano quando si avvicinano a una sorgente luminosa, quindi si riposano sul terreno o nella vegetazione, diventando facili prede (Eisenbeis, 2006). Questi fenomeni, uniti al cosiddetto "effetto aspirapolvere", cioè l'attrazione a lunga distanza delle specie sensibili alla luce verso le lampade, rimuovono un gran numero di insetti dall'ecosistema (Eisenbeis & Hänel, 2009). La predazione degli insetti intorno alle sorgenti luminose da parte dei chirotteri non fa quindi che accentuare gli effetti negativi già esistenti dell'inquinamento luminoso sull'entomofauna notturna. In particolare, la luce artificiale altera il comportamento evasivo delle falene timpanate (Svensson & Rydell, 1998), che in condizioni normali percepirebbero gli intensi segnali di ecolocalizzazione emessi dai

chiroterri ed eviterebbero la predazione (Jones, 1992). Ciò consente ai pipistrelli di catturare facilmente queste falene, con conseguenti effetti negativi sulle loro popolazioni.

Nonostante la forte selezione delle aree di cantiere per il foraggiamento da parte di *P. kuhlii* e *N. leisleri*, è possibile notare che mentre il primo ha mostrato allo stesso tempo una marcata selezione per le aree urbane, lo stesso non si può dire per il secondo. Questo è dovuto al fatto che mentre *P. kuhlii* è una specie nota in Italia per sfruttare ampiamente i centri abitati sia per il foraggiamento sia per le possibilità di rifugio da essi offerte (Ancillotto *et al.*, 2015), *N. leisleri* è una specie tipicamente forestale, che stabilisce i propri rifugi in cavità arboree e normalmente caccia vicino alle chiome degli alberi, lungo sentieri forestali o presso specchi o corsi d'acqua (Ruczyński *et al.*, 2010; Dietz & Kiefer, 2016). Osservando i risultati dei modelli statistici eseguiti per le specie più comuni, si nota come l'attività della coppia *P. kuhlii/P. nathusii* e di *H. savii* cresca all'aumentare della distanza dal cantiere, sebbene allo stesso tempo sia positivamente correlata con l'aumento dell'intensità luminosa. Questo risultato, che può sembrare contraddittorio, è probabilmente dovuto al fatto che per queste specie sono stati sempre registrati valori elevati di attività presso i punti di campionamento posti nelle aree urbane, che sono distanti dall'area di cantiere. È possibile quindi concludere che *P. kuhlii/P. nathusii* e *H. savii* sfruttano le sorgenti luminose presenti in cantiere come siti di foraggiamento, ma rimangono comunque maggiormente legate agli habitat urbani, dove oltre alle prede trovano anche molte opportunità di rifugio. *N. leisleri* non ha mostrato questa tendenza, è probabile quindi che questa sia la specie per cui l'inquinamento luminoso da cantiere abbia provocato il cambiamento più evidente nel comportamento e nelle strategie di caccia. Diverso è il caso di *P. pipistrellus*, maggiormente legato ad habitat naturali e alla periferia urbana, quindi zone in generale meno disturbate rispetto a quelle frequentate dal congenere *P. kuhlii*. Questo conferma la selezione da parte di *P. pipistrellus* di aree rurali, ecotonali e forestali per il foraggiamento (Hutson *et al.*, 2008).

Se per le specie più comuni l'inquinamento luminoso è in grado di provocare cambiamenti anche marcati nelle abitudini e nell'attività predatoria, per le specie più rare esso si traduce in una perdita di habitat. I generi *Barbastella*, *Myotis*, *Plecotus* e *Rhinolophus*, insieme anche a *P. pygmaeus*, evitano quasi completamente le aree urbane più illuminate e molte di queste specie non sono mai state registrate nelle aree di cantiere. Si assiste quindi a un effetto barriera molto importante da parte delle aree maggiormente illuminate, che impediscono o rendono più difficoltosi gli spostamenti di queste specie sul territorio e riducono gli spazi da esse utilizzabili. L'effetto negativo dell'inquinamento luminoso sulla presenza di *B. barbastellus* e del gruppo dei piccoli *Myotis* è inoltre confermato dai risultati dei modelli statistici: per queste specie la sola variabile relativa all'intensità luminosa massima è sufficiente per spiegarne in gran parte la distribuzione entro l'area di studio, mascherando le relazioni esistenti con le variabili che descrivono la composizione dell'habitat, come la superficie forestale totale. Premesso che l'assenza di illuminazione rappresenti sempre la soluzione migliore per queste specie più sensibili, l'utilizzo delle aree urbane a ridotta illuminazione da parte del gruppo dei piccoli *Myotis*, dal genere *Plecotus* e occasionalmente da *B. barbastellus* indica che probabilmente i livelli ridotti di intensità luminosa presenti nella periferia del comune di Chiomonte sono in una certa misura tollerabili da queste specie, anche grazie alla vicinanza con gli ambienti naturali. L'unica specie per cui non è stata osservata una preferenza per alcuna tipologia di habitat e per cui non è stato possibile costruire un modello statistico in grado di spiegarne la distribuzione entro l'area di studio è *T. teniotis*. È possibile che le aree di foraggiamento di questa specie non ricadano all'interno dell'area di studio e che i rari contatti registrati appartenessero a individui di passaggio. Questa specie è infatti un volatore veloce ad altezze comprese tra 10 e 50 m (Benda & Piraccini, 2016) e i suoi spostamenti si limitano

normalmente a un volo diretto verso i siti di foraggiamento, dove gli individui rimangono per il resto del tempo prima di fare ritorno al rifugio (Marques *et al.*, 2004).

4.3 - Monitoraggio in punti aggiuntivi

Il monitoraggio presso i punti aggiuntivi ha permesso di acquisire maggiori informazioni sulla frequentazione delle aree adiacenti al cantiere de La Maddalena da parte della chirotterofauna e in particolare circa la presenza di alcune specie rare e/o difficilmente contattabili.

Il monitoraggio lungo le direttrici nord-est e nord-ovest ha evidenziato come anche entro poche centinaia di metri di distanza dal cantiere sia possibile apprezzare delle variazioni nella presenza di *B. barbastellus* e nell'attività del gruppo dei piccoli *Myotis*. *Barbastellus barbastellus* è risultato praticamente assente nei punti di monitoraggio posti entro 200 m dal cantiere, mentre è stato rilevato con una certa frequenza nei siti a 300-400 m. I piccoli *Myotis* invece, sono risultati attivi anche vicino al cantiere, anche se l'attività aumentava allontanandosene. Bisogna tuttavia ricordare che questo gruppo comprende sette specie potenzialmente presenti nell'area e quindi il trend rilevato potrebbe essere la somma di specie a diversa attività. Pertanto, sulla base di questo monitoraggio, è stato possibile evidenziare una tendenza di *B. barbastellus* ad allontanarsi dal cantiere, mentre per i piccoli *Myotis* l'effetto è meno accentuato. Il monitoraggio lungo le direttrici ha inoltre permesso di accertare la presenza nell'area di *M. myotis*/*M. blythii* e *R. ferrumequinum*.

Grazie al monitoraggio presso i quattro punti aggiuntivi in Area 1 è stato possibile determinare la presenza in quest'area di *E. serotinus*, *N. noctula* e del genere *Plecotus*, quest'ultimo contattato presso tre dei quattro punti selezionati. Presso due punti aggiuntivi è stata inoltre confermata la presenza di *B. barbastellus*, specie che in passato era stata rilevata solo nel primo anno di monitoraggio. Con almeno 12 specie di chirotteri accertate, l'Area 1, ricca di alberi maturi, è in grado di offrire buone opportunità per il rifugio e il foraggiamento della chirotterofauna.

4.4 - Misurazione dell'intensità luminosa presente

Dall'analisi delle difficoltà riscontrate durante la misurazione dei valori di intensità luminosa, risulta evidente come sia necessario un approccio diverso al fine di poter valutare in maniera obiettiva e approfondita il livello di illuminazione presente nell'area di studio. In primo luogo, è necessario utilizzare strumenti in grado di restituire una misura dell'intensità luminosa media a livello di area anziché a livello puntuale. È stato infatti osservato che, con lo strumento in dotazione, il valore di intensità luminosa ottenuto variava notevolmente anche nel raggio di pochi metri. Sarebbe quindi necessario utilizzare strumentazioni in grado di rilevare anche piccole variazioni nell'intensità luminosa, al fine di poter distinguere tra loro aree ad inquinamento luminoso simile, seppur attenuato. Nelle aree forestali, la schermatura della luce da parte della canopea risulta in una notevole differenza di illuminazione tra il livello del suolo e la zona soprastante. Diverse specie di chirotteri (es. il genere *Nyctalus*) si spostano volando al di sopra della canopea, queste specie quindi potrebbero essere maggiormente influenzate dal livello di illuminazione presente in questa fascia. Pertanto, nelle aree forestali sarebbe opportuno misurare l'intensità luminosa sia a livello del suolo, sia sopra la canopea. Infine, la carenza di informazioni circa lo spettro di emissione delle fonti di illuminazione utilizzate può rendere difficoltoso stabilirne il reale impatto sulla chirotterofauna.

5. PROPOSTE PER LE ATTIVITÀ A SALBERTRAND

Il presente studio aveva gli obiettivi di definire un protocollo di monitoraggio dei chiroteri che fosse applicabile a Salbertrand, dove è previsto l'insediamento di un cantiere industriale legato alla costruzione della linea ferroviaria Torino – Lione, e di raccogliere dati utili a supportare interventi di miglioramento ambientale nell'ambito degli interventi di compensazione forestale.

Il monitoraggio acustico ha permesso di rilevare la presenza di molte specie, o gruppi di specie, di chiroteri nelle aree indagate e definire un indice di utilizzo delle aree (bat-passes/ora) per le specie più comuni. Pur con alcune limitazioni, legate all'impossibilità di discriminare con l'analisi acustica alcune specie tra loro (vedi piccoli e grandi *Myotis*), i risultati mostrano chiaramente gli effetti dell'inquinamento luminoso prodotto dal cantiere e da aree urbane a forte illuminazione, sulla distribuzione e l'uso dello spazio di molte specie di chiroteri. È anche emersa l'importanza della diversificazione ambientale, ad esempio l'alternanza di bosco, radure ed ecotono, sulla presenza e attività dei chiroteri.

Occorre comunque sottolineare che i dati raccolti non possono essere utilizzati per valutare l'impatto del cantiere de La Maddalena sulla comunità di chiroteri in quanto non ci sono dati comparabili da confrontare, né *ante operam* né in corso d'opera. In base ai monitoraggi della chiroterofauna effettuati negli anni precedenti nell'area vasta di monitoraggio ambientale, *B. barbastellus*, ad esempio, non veniva contattato dal 2012. Si ritiene che il motivo della mancata segnalazione di questa e altre specie, relativamente rare ma sicuramente presenti nell'area di studio (es. *P. pygmaeus*, *Plecotus* spp., *R. ferrumequinum*), nel corso dei precedenti monitoraggi, sia da imputare principalmente al ridotto numero di punti di ascolto selezionati e al breve periodo di ascolto effettuato presso ogni punto. In ciascun giorno di monitoraggio, si effettuavano infatti punti di ascolto della durata di 30 minuti, mentre in questo studio sono stati effettuati registrazioni per più notti intere di monitoraggio presso ogni punto. A titolo di esempio, è opportuno evidenziare come sia assai improbabile che una specie molto comune come *N. leisleri* non fosse presente nell'area di studio negli anni 2016 e 2017, tuttavia i monitoraggi effettuati non ne hanno rilevato la presenza. Il maggior numero di punti di monitoraggio selezionati nel presente studio, unito al monitoraggio continuo della chiroterofauna per l'intera durata della notte e con più repliche nel corso della stagione, ha permesso di incrementare la probabilità di contattare anche le specie più rare e quindi di ottenere una checklist più attendibile delle specie o gruppi di specie di chiroteri presenti nell'area, oltre alla possibilità di fornire un indice di frequentazione delle varie aree da parte di quelle più comuni.

5.1 - Proposta per il monitoraggio a Salbertrand

In base ai risultati ottenuti, seppur in un solo anno d'indagine, si ritiene che un protocollo di monitoraggio simile a quello seguito a La Maddalena possa essere applicato anche a Salbertrand per indagare nel tempo le variazioni della comunità chiroterologica. Una proposta di protocollo di monitoraggio è quindi illustrata nel paragrafo 6. Al fine di migliorare la comprensione degli effetti dell'inquinamento luminoso sui chiroteri e le loro prede, si consiglia di monitorare anche l'entomofauna notturna (prede dei chiroteri). Inoltre, si propone di integrare, almeno nel primo anno, il monitoraggio acustico passivo con la ricerca di eventuali roost e prevedere anche alcune sessioni di cattura dei chiroteri. Queste attività potrebbero mettere in evidenza siti riproduttivi o di

svernamento rilevanti (roost) e potrebbero aiutare a definire con più precisione l'elenco delle specie presenti in zona (roost, catture), anche in considerazione dell'impossibilità di discriminare alcuni gruppi di specie solo con il rilevamento acustico.

Si consiglia, inoltre, di approfondire le tecniche di rilevamento dell'intensità luminosa, in modo che si possano avere misure più precise nei punti di monitoraggio della chiroterofauna.

5.2 - Mitigazione e compensazione

Gli interventi possibili per ridurre gli impatti delle infrastrutture sulle specie e gli ecosistemi, prevedono un approccio gerarchico, basato su evitamento, riduzione, mitigazione e compensazione degli impatti. L'evitamento è legato a una valutazione che può essere fatta a livello di progettazione che potrebbe portare a evitare l'insediamento di infrastrutture in aree particolarmente sensibili. In fase di progettazione è possibile ridurre le fonti d'impatto sulle specie e gli ecosistemi e una volta costruita l'opera è ancora possibile mitigarne gli effetti negativi. Le opere di compensazione sono invece interventi non strettamente collegati con l'opera, che vengono realizzati a titolo di parziale compensazione del danno, specie se non mitigabile. Ad esempio, si può prevedere la creazione di zone boscate o zone umide per compensare un danno ambientale.

Il presente studio ha mostrato come nell'area de La Maddalena l'inquinamento luminoso svolga un ruolo predominante nel determinare la distribuzione e i livelli di attività dei chiroteri, in base alla sensibilità delle diverse specie alla luce. Pur non potendo valutare gli effetti della costruzione del cantiere, per mancanza di dati pregressi comparabili, il monitoraggio effettuato ha messo in evidenza un effetto dell'illuminazione attuale del cantiere sulla distribuzione spaziale delle diverse specie di chiroteri, in particolare quelle più sensibili alla luce, ritenute prioritarie per la conservazione. A questo proposito è fondamentale notare come le maggiori fonti di illuminazione presenti siano i grandi fari utilizzati dalle Forze dell'ordine ai fini della sicurezza. Questi fari non si limitano a illuminare l'area di cantiere e le sue immediate vicinanze, ma l'inquinamento luminoso da essi prodotto è percepibile e misurabile anche a notevole distanza, a seconda del grado di schermatura del bosco. Le aree attorno al cantiere sono infatti risultate poco utilizzate da parte di specie lucifughe, quali quelle appartenenti ai generi *Barbastella*, *Rhinolophus*, *Myotis* e *Plecotus*.

5.2.1 - Mitigazione

TELT ha elaborato per il cantiere di Salbertrand uno scenario a ridotta illuminazione, con una descrizione delle caratteristiche dei sistemi di illuminazione e della potenza luminosa emessa. Lo scenario proposto tiene conto delle attività del cantiere di durata superiore a quella diurna e con cicli di lavorazione continui e della necessità di fornire un'illuminazione artificiale che garantisca un livello di illuminamento adeguato. Questo scenario non considera invece l'illuminazione aggiuntiva che potrebbe essere installata dalle Forze dell'ordine.

Interventi di riduzione dell'impatto possono prevedere anche meccanismi di accensione e spegnimento delle luci per ridurre il tempo di illuminazione e strumenti per focalizzare il più possibile la luce dove serve, evitando di illuminare zone naturali e boschive caratterizzate da una maggiore vocazionalità per molte specie di chiroteri. Da questo punto di vista i LED, oltre all'assenza di emissioni UV, hanno il vantaggio di un'accensione istantanea.

Tuttavia, occorre sottolineare come anche adottando scenari a ridotta illuminazione sia estremamente difficile eliminare ogni impatto sui chiroteri. Esiste un'ampia letteratura che

dimostra gli effetti dell'inquinamento luminoso, anche ridotto, sulle specie più sensibili di chirotteri (e.g. Stone *et al.*, 2012, 2015). In particolare, si è visto come anche una illuminazione LED di soli 3,6 lx, inferiore alle emissioni previste dallo scenario a illuminazione ridotta, possa ridurre l'attività del rinolofo minore (*Rhinolophus hipposideros*) e delle specie del genere *Myotis* (Stone *et al.*, 2012).

A fronte di questo scenario occorre aggiungere che una eventuale illuminazione aggiuntiva da parte delle Forze dell'ordine accentuerebbe di molto l'impatto dell'inquinamento luminoso sui chirotteri. Peraltro, esistono oggi soluzioni innovative in grado di coniugare le esigenze di sicurezza con una riduzione degli impatti luminosi che potrebbero essere adottate come alternative all'illuminazione più tradizionale. A titolo di esempio, si può citare l'utilizzo di sensori di movimento che attivano delle luci LED solo in caso di passaggio, o di telecamere ad infrarossi che possono garantire la visibilità all'interno e all'esterno del cantiere, senza la necessità di illuminare.

5.2.2 - Compensazione

In seguito agli impatti più o meno elevati che potrebbero risultare sui chirotteri dalla costruzione del previsto cantiere di Salbertrand, a seconda dell'applicazione dello scenario a ridotta illuminazione già elaborato, eventualmente con altri accorgimenti tecnici per ridurre ulteriormente l'intensità della luce diffusa, o di soluzioni più impattanti, legati in particolare all'illuminazione che potrebbe essere prevista dalle Forze dell'ordine, possono essere previsti interventi di compensazioni degli impatti prodotti sui chirotteri.

A questo proposito si riportano le proposte fornite dall'Ente di Gestione delle Aree Protette delle Alpi Cozie con una memoria inviata al Tavolo Tecnico sui Chirotteri convocato ai sensi del Protocollo d'intenti tra la Regione Piemonte e Tunnel Euralpin Lyon Turin (TELT).

L'Ente Parco ha proposto come eventuale compensazione di acquisire e tutelare delle porzioni di bosco e di zone umide o di creare zone umide artificiali. In particolare, l'Ente Parco suggerisce di considerare le seguenti tipologie di intervento:

- acquisizione e destinazione per soli fini di conservazione della biodiversità di parcelle forestali, rilasciandole all'evoluzione naturale o effettuandovi limitati interventi volti a incrementarne il livello di naturalità;
- acquisizione e destinazione per finalità di conservazione di zone umide lungo il fondovalle (ad esempio, qualora fosse disponibile, lo stagno in località Passeggeri, all'imbocco della Val Cenischia, o eventuali terreni che possano servire alla protezione della zona umida di Malpasso, in comune di San Giorio di Susa);
- realizzazione di una-due zone umide artificiali all'interno della ZSC IT1110030 Oasi xerotermiche della valle di Susa Orrido di Chianocco. Tale tipologia d'intervento viene valutata particolarmente utile in un ambito in cui gli interventi antropici hanno contribuito alla riduzione della disponibilità di zone umide lentiche, già scarsa per motivi naturali, sortendo effetti limitanti sulla distribuzione dei chirotteri e di altri gruppi zoologici.

6. PROTOCOLLO PER IL MONITORAGGIO DELLA CHIROTTEROFAUNA A SALBERTRAND

6.1 - Introduzione

In base ai risultati di questo studio è stato possibile implementare un protocollo di monitoraggio della chiroterofauna utilizzato, per applicarlo quindi all'area di Salbertrand nel corso della stagione 2020. In questo caso si tratterà di un monitoraggio ante-operam ad ampio spettro, che non sarà effettuato solo tramite metodi bioacustici, ma anche attraverso altre metodologie di indagine, con l'obiettivo di ampliare le conoscenze sulla chiroterofauna del luogo e sulle popolazioni di prede disponibili. Accanto al monitoraggio acustico, saranno pertanto effettuate delle sessioni di cattura della chiroterofauna, unite alla ricerca attiva di potenziali roost e al monitoraggio dell'entomofauna notturna.

6.2 - Monitoraggio acustico della chiroterofauna

Il monitoraggio della chiroterofauna sarà effettuato tramite monitoraggio acustico passivo (PAM) utilizzando bat detector automatici (Wildlife Acoustics Song Meter SM4BAT FS Ultrasonic Recorder + SMM-U2 External Ultrasonic Microphone). Saranno selezionati un totale di 26-30 siti di campionamento nell'area del comune di Salbertrand, secondo uno schema che potrà variare, ma indicativamente così strutturato:

- n. 10-12 nella zona di fondovalle, di cui n. 4 all'interno della futura area di cantiere e gli altri nelle immediate vicinanze;
- n. 6 sul versante orografico sinistro della Valle di Susa, disposti su 2 transetti ad altitudini progressive;
- n. 10-12 sul versante orografico destro della Valle di Susa, disposti su 2-3 transetti altitudinali.

La maggior concentrazione di punti di rilevamento nel versante orografico destro è giustificata dalla presenza del Parco Regionale di Salbertrand che arriva fino a ridosso dell'area del cantiere.

Presso ogni sito, sarà posizionato un bat detector a registrare per un'intera notte ogni 60 giorni circa, nel periodo compreso tra il 15 maggio e il 15 ottobre 2020.

L'identificazione acustica a livello di specie (o gruppi di specie) sarà effettuata in una prima fase tramite l'utilizzo del classificatore automatico TADARIDA (Bas *et al.*, 2017). L'utilizzo del classificatore automatico servirà in primo luogo a scartare tutte le registrazioni nelle quali non sono presenti segnali appartenenti a chiroteri. Delle registrazioni rimanenti, per i generi *Pipistrellus* e *Hypsugo* e per *N. leisleri* saranno ritenute valide le assegnazioni a livello di specie aventi una probabilità di identificazione corretta uguale o superiore all'80%. Per le restanti specie, per le quali potrebbe esserci un rischio maggiore di identificazione errata, tutte le registrazioni saranno analizzate manualmente utilizzando il software BatSound e avendo come riferimento i lavori di Barataud (2015), Middleton *et al.* (2014) e Russo & Jones (2002).

La misura dell'attività dei chiroteri sarà effettuata considerando il numero di passaggi (*bat passes*) registrati per ogni ora di monitoraggio (si veda: Hundt, 2012). Per ogni notte quindi sarà calcolata l'attività media di ogni specie (o gruppo di specie), espressa in *bat passes per hour* e corrispondente

al numero medio di passaggi registrati entro le ore di registrazione (definendo un passaggio come ogni registrazione della durata di 8 secondi in cui siano presenti almeno due richiami di ecolocalizzazione). L'analisi dei picchi di attività nelle diverse ore della notte e la presenza di *feeding buzz* nelle registrazioni (Griffin *et al.*, 1960) permetteranno inoltre l'identificazione di eventuali aree selezionate dai chiroterteri per gli spostamenti o per il foraggiamento.

6.3 - Operazioni di cattura della chiroterrofauna

Nel periodo compreso tra il 15 agosto e il 30 settembre 2020, quando l'attività dei chiroterteri è più intensa, saranno organizzate un totale di 6-8 serate/notte in cui saranno effettuate operazioni di cattura dei chiroterteri (seguite da determinazione a livello di specie e successivo rilascio) in ambienti di foraggiamento/abbeverata o lungo corridoi di transito degli animali. Saranno selezionati n. 2 siti di cattura all'interno della futura area di cantiere o nelle sue immediate vicinanze, n. 2-3 siti sul versante orografico sinistro e n. 2-3 siti sul versante orografico destro della Valle di Susa, presso ognuno dei quali sarà effettuata una notte di campionamento. Le catture saranno effettuate utilizzando reti di tipo mist-net (reti nebbia). In seguito alla cattura, per ogni individuo saranno determinati la specie, il sesso, l'età (giovane/adulto) e lo stato sessuale. Saranno inoltre effettuate le seguenti misurazioni:

- lungh. avambraccio;
- lungh. terzo dito;
- lungh. quinto dito;
- lungh. tibia;
- lungh. e largh. orecchio (grandi *Myotis*);
- lungh. e largh. trago (gen. *Plecotus*);
- peso.

Gli individui catturati saranno rilasciati subito dopo aver eseguito le misurazioni. Le operazioni di cattura potranno contribuire ad accertare la presenza di alcune specie di chiroterteri nell'area di studio, integrando i dati provenienti dall'analisi bioacustica.

6.4 - Ricerca attiva di roost

Uno dei metodi più efficaci per accertare la presenza di chiroterteri all'interno di un'area di studio è la ricerca attiva di rifugi (roost). Questa attività acquisisce particolare importanza se svolta nei periodi tardo-primaverili ed estivi, quando si formano le colonie riproduttive (maternity colonies) composte dalle femmine con i piccoli, e nei periodi invernali, quando si formano le colonie ibernanti (winter colonies).

Il monitoraggio della chiroterrofauna nella zona di Salbertrand comprenderà la ricerca attiva di roost, che sarà effettuata in due periodi:

- 15 giugno - 30 luglio: ricerca di colonie riproduttive;
- 1 dicembre - 28 febbraio 2021: ricerca di colonie ibernanti.

In entrambi i periodi, la ricerca interesserà il territorio compreso nel raggio di 1 km dall'area del futuro cantiere di Salbertrand. Saranno oggetto di ispezione edifici vecchi e/o abbandonati, cavità e strutture naturali e artificiali quali grotte, ponti, antiche fortificazioni militari, gallerie in disuso.

Per quanto riguarda il monitoraggio delle colonie riproduttive, qualora fosse rinvenuta una colonia, il conteggio degli individui sarà effettuato all'imbrunire, al momento dell'uscita dal roost. Nel caso di colonie molto numerose, gli animali saranno ripresi in video e successivamente contati riproducendo il video in slow motion. Al termine dell'emergenza serale, sarà effettuato un rapido sopralluogo all'interno e saranno fotografati gli individui rimasti (normalmente, alcune femmine adulte e i piccoli) e il numero di individui sarà conteggiato successivamente sulla base della documentazione fotografica.

Per quanto riguarda il monitoraggio delle colonie ibernanti, i sopralluoghi dovranno essere effettuati agendo con il massimo della cautela al fine di non arrecare disturbo agli animali in un periodo così delicato del loro ciclo annuale. Qualora venissero rinvenuti chiroterteri in ibernazione, la sosta nelle loro vicinanze dovrà limitarsi al tempo necessario all'identificazione della specie e al conteggio degli individui, per poi proseguire oltre, il tutto nel maggiore silenzio possibile. L'utilizzo di un binocolo in questi casi risulta utile ai fini dell'identificazione della specie senza avvicinarsi troppo all'animale. Nel caso in cui fossero rinvenuti cluster composti da un numero elevato di individui ibernanti, essi saranno fotografati e successivamente conteggiati sulla base della documentazione fotografica.

6.5 - Monitoraggio dell'entomofauna notturna

Accanto al monitoraggio della chiroterrofauna, nel periodo compreso tra il 15 maggio e il 15 ottobre 2020 sarà effettuato un monitoraggio dell'entomofauna notturna tramite l'utilizzo di trappole luminose (light traps), al fine di stabilire la distribuzione e l'abbondanza delle potenziali prede dei chiroterteri nell'area di studio, anche in funzione delle sorgenti luminose artificiali già presenti.

Le trappole luminose sono composte da una lampada a fluorescenza, che esercita un'attrazione non selettiva nei confronti degli insetti, alla base della quale è posto un imbuto che raccoglie e imprigiona gli insetti all'interno di un contenitore di plastica, contenente etere o ammoniaca. Gli esemplari attratti dalla luce cadono nell'imbuto e si conservano all'interno del contenitore, in attesa dell'identificazione.

Saranno selezionati un totale di 10 siti di monitoraggio, di cui:

- n. 2 all'interno della futura area di cantiere di Salbertrand;
- n. 4 a distanza di circa 500 m dalla futura area di cantiere, dei quali n. 2 sul versante orografico destro e n. 2 sul versante orografico sinistro della Valle di Susa;
- n. 4 a distanza di circa 1000 m dalla futura area di cantiere, dei quali n. 2 sul versante orografico destro e n. 2 sul versante orografico sinistro della Valle di Susa.

Presso ogni sito, una volta al mese sarà installata una trappola luminosa per la durata di un'intera notte, per un totale di 6 notti di campionamento per ogni sito nel corso del periodo di campionamento. L'identificazione degli esemplari sarà effettuata a livello di ordine o famiglia.

7. BIBLIOGRAFIA

- Agnelli, P., Martinoli, A., Patriarca, E., Russo, D., Scaravelli, D., Genovesi, P. (2004). Linee guida per il monitoraggio dei Chiroteri: indicazioni metodologiche per lo studio e la conservazione dei pipistrelli in Italia. Quaderni di Conservazione della Natura N. 19. Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio, Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica.
- Akaike, H. (1973). Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. In: Petrov, B.N., Csaki, B.F. (eds.), Second International Symposium on Information Theory. Academiai Kiado, Budapest, pp. 267–281.
- Ancillotto, L., Tomassini, A., Russo, D. (2015). The fancy city life: Kuhl’s pipistrelle, *Pipistrellus kuhlii*, benefits from urbanisation. *Wildlife Research* 42, 598–606.
- Barataud, M. (2015). Acoustic Ecology of European Bats: Species Identification, Study of Their Habitats and Foraging Behaviour. Biotope Editions, Mèze. National Museum of Natural History, Paris (Collection Inventaires et Biodiversité), 340 pp.
- Barratt, E.M., Deaville, R., Burland, T.M., Bruford, M.W., Jones, G., Racey, P.A., Wayne, R.K. (1997). DNA answers the call of pipistrelle bat species. *Nature* 387, 138–139.
- Barton, K. (2019). MuMIn: Multi-Model Inference. R package version 1.43.15. <https://CRAN.R-project.org/package=MuMIn>
- Bas, Y., Bas, D., Julien, J.-F. (2017). Tadarida: A Toolbox for Animal Detection on Acoustic Recordings. *Journal of Open Research Software* 5, 6. DOI: <http://doi.org/10.5334/jors.154>.
- Bat Tree Habitat Key (2018). Bat Roosts in Trees - A guide to identification and assessment for tree-care and ecology professionals. Pelagic Publishing, Exeter, 264 pp.
- Bates, D., Maechler, M., Bolker, B., Walker, S. (2015). Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software* 67, 1–48.
- Bauhus, J., Baber, K., Müller, J. (2018). Dead Wood in Forest Ecosystems. Oxford Bibliographies. DOI: 10.1093/OBO/9780199830060-0196.
- Benda, P., Piraccini, R. (2016). *Tadarida teniotis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T21311A22114995.
- Bivand, R., Keitt, T., Rowlingson, B. (2019). rgdal: Bindings for the ‘Geospatial’ Data Abstraction Library. R package version 1.4-8. <https://CRAN.R-project.org/package=rgdal>
- Bivand, R., Rundel, C. (2019). rgeos: Interface to Geometry Engine - Open Source (‘GEOS’). R package version 0.5-2. <https://CRAN.R-project.org/package=rgeos>
- Blake, D., Huston, A.M., Racey, P.A., Rydell, J., Speakman, J.R. (1994). Use of lamplit roads by foraging bats in Southern England. *Journal of Zoology* 234, 453–462.
- Boughey, K.L., Lake, I.R., Haysom, K.A., Dolman, P.M. (2011). Improving the biodiversity benefits of hedgerows: How physical characteristics and the proximity of foraging habitat affect the use of linear features by bats. *Biological Conservation* 144, 1790–1798.
- Boye, P., Dietz, M. (2005). Research Report 661 - Development of good practice guidelines for woodland management for bats. English Nature, Peterborough.
- Chambers, C.L., Aim, V., Siders, M.S., Rabe, M.J. (2002). Use of artificial roosts by forest-dwelling bats in northern Arizona. *Wildlife Society Bulletin* 30, 1085–1091.
- Ciechanowski, M., Zając, T., Biłás, A., Dunajski, R. (2009). Nathusius pipistrelles *Pipistrellus nathusii* (Chiroptera) reveal different temporal activity patterns in wooded and open riparian sites. *Mammalia* 73, 105–109.
- Debernardi, P., Patriarca, E. (2010). Pipistrelli e inquinamento luminoso. Bats and lighting of monumental buildings, UNEP/EUROBATS.
- Debernardi, P., Patriarca, E., Toffoli, R. (2009). Lista delle specie di chiroteri segnalate in Italia e in Piemonte. www.centroregionalechiroteri.org.

- Degen, T., Mitesser, O., Perkin, E.K., Weiß, N.-S., Oehlert, M., Mattig, E., Hölker, F. (2016). Street lighting: sex-independent impacts on moth movement. *Journal of Animal Ecology* 85, 1352–1360.
- Dietz, C. and Kiefer, A. (2016). *Bats of Britain and Europe*. Bloomsbury Publishing, London, UK. ISBN: 978-1-4729-2202-1.
- Downs, N.C., Racey, P.A. (2006). The use by bats of habitat features in mixed farmland in Scotland. *Acta Chiropterologica* 8, 169–185.
- Eisenbeis, G. (2006). Artificial night lighting and insects: attraction of insects to streetlamps in a rural setting in Germany. In: Rich, C., Longcore, T. (eds.), *Ecological consequences of artificial night lighting*. Island Press, Washington, DC, pp 281–304.
- Eisenbeis, G., Hänel, A. (2009). Light pollution and the impact of artificial night lighting on insects. In: McDonnell, M.J., Hahs, A.H., Breuste, J.H. (eds.), *Ecology of Cities and Towns*. Cambridge University Press, Cambridge, pp 243–263.
- Entwistle, A.C., Racey, P.A., Speakman, J.R. (1996). Habitat exploitation by a gleaning bat, *Plecotus auritus*. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 351, 921–931.
- ESRI (2011). *ArcGIS Desktop: Release 10*. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute.
- Falchi, F., Cinzano, P., Elvidge, C.D., Keith, D.M., Haim, A. (2011). Limiting the impact of light pollution on human health, environment and stellar visibility. *Journal of Environmental Management* 92, 2714–2722.
- Fure, A. (2006). Bats and Lighting. *The London Naturalist* 85, 1–20.
- Hill, D.A., Greenaway, F. (2008). Conservation of bats in British woodlands. *British Wildlife* February 2008, 161–169.
- Hundt, L. (2012). *Bat Surveys Good Practice Guidelines*, 2nd edition. Bat Conservation Trust. ISBN-13: 9781872745985.
- Hutson, A.M., Spitzenberger, F., Aulagnier, S., Coroiu, I., Karataş, A., Juste, J., Paunovic, M., Palmeirim, J., Benda, P. (2008). *Pipistrellus pipistrellus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008: e.T17317A6968203.
- Hutson, A.M., Spitzenberger, F., Aulagnier, S., Coroiu, I., Karataş, A., Juste, J., Paunovic, M., Palmeirim, J., Benda, P. (2008). *Pipistrellus pipistrellus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008: e.T17317A6968203.
- Jones, G. & Ransome, R.D. (1993). Echolocation calls of bats are influenced by maternal effects and change over a lifetime. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 252, 125–128.
- Jones, G. (1992). Bats vs Moths: Studies on the Diets of Rhinolophid and Hipposiderid Bats Support the Allotonic Frequency Hypothesis. In: Horacek, I., Vohralik, V. (eds.): *Prague studies in mammalogy*, Charles University Press, Prague, pp. 87–92.
- Jones, G., Barratt, E.M. (1999). *Vespertilio pipistrellus* Schreber, 1774 and *V. pygmaeus* Leach, 1825 (currently *Pipistrellus pipistrellus* and *P. pygmaeus*; Mammalia, Chiroptera): proposed designation of neotypes. *The Bulletin of zoological nomenclature* 56, 182–186.
- Jung, K., Kalko, E.K.V. (2010). Where forest meets urbanization: foraging plasticity of aerial insectivorous bats in an anthropogenically altered environment. *Journal of Mammalogy* 91, 144–153.
- Juste, J., Paunović, M. (2016). *Pipistrellus kuhlii*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T17314A22132946.
- Kelm, D.H., Lenski, J., Kelm, V., Toelch, U., Dziock, F. (2014). Seasonal Bat Activity in Relation to Distance to Hedgerows in an Agricultural Landscape in Central Europe and Implications for Wind Energy Development. *Acta Chiropterologica* 16, 65–73.
- Kuijper, D.P.J., Schut, J., van Dullemen, D., Toorman, H., Goossens, N., Ouweland, J., Limpens, H.J.G.A. (2008). Experimental evidence of light disturbance along the commuting routes of pond bats (*Myotis dasycneme*). *Lutra* 51, 37–49.

- Lacoeuilhe, A., Machon, N., Julien, J.-F., Le Bocq, A., Kerbiriou, C. (2014). The influence of low intensities of light pollution on bat communities in a semi-natural context. *PLoS ONE* 9(10): e103042.
- Lanza, B. (2012). *Fauna d'Italia - Mammalia V - Chiroptera*. Calderini, Bologna. ISBN: 88-506-5379-4.
- Marques, J.T., Rainho, A., Carapuço, M., Oliveira, P., Palmeirim, J.M. (2004). Foraging Behaviour and Habitat use by the European Free-Tailed Bat *Tadarida teniotis*. *Acta Chiropterologica* 6, 99–110.
- Mathews, F., Roche, N., Aughney, T., Jones, N., Day, J., Baker, J., Langton, S. (2015). Barriers and benefits: implications of artificial night-lighting for the distribution of common bats in Britain and Ireland. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 370, 20140124.
- Minnaar, C., Boyles, J.G., Minnaar, I.A., Sole, C.L., McKechnie, A.E. (2014). Stacking the odds: light pollution may shift the balance in an ancient predator-prey arms race. *Journal of Applied Ecology* 52, 522–531.
- Obrist, M.K., Boesch, R., Flückiger, P.F. (2004). Variability in echolocation call design of 26 Swiss bat species: consequences, limits and options for automated field identification with a synergetic pattern recognition approach. *Mammalia* 68, 307–322.
- Parsons, K.N., Jones, G., Greenaway, F. (2003). Swarming activity of temperate zone microchiropteran bats: effects of season, time of night and weather conditions. *Journal of Zoology, London* 261, 257–264.
- Polak, T., Korine, C., Yair, S., Holderied, M.W. (2011). Differential effects of artificial lighting on flight and foraging behaviour of two sympatric bat species in a desert. *Journal of Zoology* 285, 21–27.
- Puechmaille, S.J., Borissov, I.M., Zsebok, S., Allegrini, B., Hizem, M., Kuenzel, S., Schucjmann, M., Teeling, E.C., Siemers, B.M. (2014). Female mate choice can drive the evolution of high frequency echolocation in bats: a case study with *Rhinolophus mehelyi*. *PLoS ONE* 9: e103452.
- R Core Team (2018). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Royal Commission on Environmental Pollution (2009). *Artificial light in the environment*. Stationery Office, London.
- Ruczyński, I., Nicholls, B., MacLeod, C.D., Racey, P.A. (2010). Selection of roosting habitats by *Nyctalus noctula* and *Nyctalus leisleri* in Białowieża Forest—Adaptive response to forest management? *Forest Ecology and Management* 259, 1633–1641.
- Russo, D., Jones, G. (2002). Identification of twenty-two bat species (Mammalia: Chiroptera) from Italy by analysis of time-expanded recordings of echolocation calls. *Journal of Zoology, London* 258, 91–103.
- Russo, D., Jones, G., Mucedda, M. (2001). Influence of age, sex and body size on echolocation calls of Mediterranean (*Rhinolophus euryale*) and Mehely's (*Rhinolophus mehelyi*) horseshoe bats (Chiroptera: Rhinolophidae). *Mammalia* 65, 429–436.
- Russo, D., Mucedda, M., Bello, M., Biscardi, S., Pidinchedda, E., Jones, G. (2007). Divergent echolocation call frequencies in insular rhinolophids (Chiroptera): a case of character displacement? *Journal of Biogeography* 34, 2129–2138.
- Russo, D., Voigt, C.C. (2016). The use of automated identification of bat echolocation calls in acoustic monitoring: A cautionary note for a sound analysis. *Ecological Indicators* 66, 598–602.
- Rydell, J. (1991). Seasonal use of illuminated areas by foraging northern bats *Eptesicus nilssoni*. *Ecography* 14, 203–207.
- Rydell, J. (1992). Exploitation of insects around streetlamps by bats in Sweden. *Functional Ecology* 6, 744–750.

- Rydell, J. (2006). Bats and their insect prey at streetlights. In: Rich, C., Longcore, T. (eds.), Ecological consequences of artificial night lighting. Island Press, Washington, DC, pp. 43–60.
- Siemers, B.M., Schnitzler, H.-U. (2000). Natterer's bat (*Myotis nattereri* Kuhl, 1818) hawks for prey close to vegetation using echolocation signals of very broad bandwidth. Behavioral Ecology & Sociobiology 47, 400–412.
- Stone, E.L., Harris, S., Jones, G. (2015). Impacts of artificial lighting on bats: a review of challenges and solutions. Mammalian Biology 80, 213–219.
- Stone, E.L., Jones, G., Harris, S. (2012). Conserving energy at a cost to biodiversity? Impacts of LED lighting on bats. Global Change Biology 18, 2458–2465.
- Sun, K., Luo, L., Kimball, R.T., Wei, X., Jin, L., Jiang, T., Li, G., Feng, J. (2013). Geographic variation in the acoustic traits of greater horseshoe bats: testing the importance of drift and ecological selection in evolutionary processes. PLoS ONE 8: e70368.
- Svensson, A.M., Rydell, J. (1998). Mercury vapour lamps interfere with the bat defence of tympanate moths (*Operophtera* spp.; Geometridae). Animal Behaviour 55, 223–226.
- Swift, S.M. (1980). Activity patterns of Pipistrelle bats (*Pipistrellus pipistrellus*) in north-east Scotland. Journal of Zoology, London 190, 285–295.
- Toffoli, R. (2016). The Importance of Linear Landscape Elements for Bats in a Farmland Area: The Influence of Height on Activity. Journal of Landscape Ecology 9, 49–62.
- Verboom, B., Huitema, H. (1997). The importance of linear landscape elements for the pipistrelle *Pipistrellus pipistrellus* and the serotine bat *Eptesicus serotinus*. Landscape Ecology 12, 117–125.

Appendice 1. Punti di campionamento

Elenco dei punti di campionamento presso i quali è stata monitorata l'attività della chiropterofauna nel corso della stagione di monitoraggio 2019. Per "Progetto Habitat" è inteso il progetto finalizzato allo studio della selezione dell'habitat, per "Progetto Luce" è inteso il progetto finalizzato allo studio degli effetti dell'inquinamento luminoso, per "Progetto Direttrici" è inteso il monitoraggio lungo le direttrici nord-est e nord-ovest e per "Progetto Area 1" è inteso il monitoraggio presso i quattro punti aggiuntivi individuati in Area 1. Se i dati raccolti presso un dato punto sono stati utilizzati per più progetti, essi sono riportati separati da una barra obliqua.

Punto	Progetto	Descrizione	Latitudine (WGS84 ° dec.)	Longitudine (WGS84 ° dec.)
A1 agg1	Area 1	Punto aggiuntivo Area 1	45.130221	6.992279
A1 agg2	Area 1	Punto aggiuntivo Area 1	45.129552	6.992733
A1 agg3	Area 1	Punto aggiuntivo Area 1	45.12967	6.993831
A1 agg4	Area 1	Punto aggiuntivo Area 1	45.130102	6.991408
A1 aperto	Habitat	Ambiente aperto Area 1	45.133507	7.00094
A1 bosco	Habitat / Direttrici	Ambiente bosco Area 1	45.130703	6.991398
A1 ecotono	Luce / Habitat	Ambiente ecotono Area 1	45.130429	6.992765
A2 aperto	Habitat	Ambiente aperto Area 2	45.139275	6.99192
A2 bosco	Luce / Habitat	Ambiente bosco Area 2	45.137217	6.995337
A2 ecotono	Habitat	Ambiente ecotono Area 2	45.138379	6.995188
A3 aperto	Habitat	Ambiente aperto Area 3	45.123683	6.992273
A3 bosco	Habitat	Ambiente bosco Area 3	45.124409	6.992523
A3 ecotono	Luce / Habitat	Ambiente ecotono Area 3	45.125488	6.995972
A4 aperto	Luce / Habitat	Ambiente aperto Area 4	45.127548	6.976431
A4 bosco	Habitat	Ambiente bosco Area 4	45.12576	6.968805
A4 ecotono	Habitat	Ambiente ecotono Area 4	45.127056	6.978021
A5 aperto	Habitat	Ambiente aperto Area 5	45.085724	6.89783
A5 bosco	Habitat	Ambiente bosco Area 5	45.08619	6.900158
A5 ecotono	Habitat	Ambiente ecotono Area 5	45.088512	6.90039
A6 aperto	Habitat	Ambiente aperto Area 6	45.091242	6.904822
A6 bosco	Habitat	Ambiente bosco Area 6	45.090427	6.901819
A6 ecotono	Habitat	Ambiente ecotono Area 6	45.091842	6.903769
LC1	Luce	Cantiere esterno	45.125616	6.983893
LC2	Luce	Cantiere interno	45.129045	6.989565
LC3	Luce	Cantiere esterno	45.128441	6.986171
LC4	Luce	Cantiere interno	45.129979	6.989868
LC5	Luce	Cantiere interno	45.128282	6.990241
LD1	Luce	Urbano a intensità luminosa ridotta	45.125662	6.973983
LD2	Luce	Urbano a intensità luminosa ridotta	45.116511	6.977589
LD3	Luce	Urbano a intensità luminosa ridotta	45.118271	6.986334
LD4	Luce	Urbano a intensità luminosa ridotta	45.123356	6.970861
LD5	Luce	Urbano a intensità luminosa ridotta	45.118885	6.989991
LF1	Luce	Urbano a intensità luminosa elevata	45.125089	6.974039
LF2	Luce	Urbano a intensità luminosa elevata	45.119791	6.982556
LF3	Luce	Urbano a intensità luminosa elevata	45.118394	6.984056
LF4	Luce	Urbano a intensità luminosa elevata	45.120354	6.986258
LF5	Luce	Urbano a intensità luminosa elevata	45.119562	6.983841
LTE2	Direttrici	Direttrice nord-est	45.1314	6.992014
LTE3	Direttrici	Direttrice nord-est	45.132101	6.992808
LTE4	Direttrici	Direttrice nord-est	45.132825	6.993531
LTW1	Direttrici	Direttrice nord-ovest	45.130467	6.988003
LTW2	Luce / Direttrici	Direttrice nord-ovest	45.131202	6.987264
LTW3	Direttrici	Direttrice nord-ovest	45.131936	6.986526
LTW4	Direttrici	Direttrice nord-ovest	45.132671	6.985788

Appendice 2. Elenco specie accertate nell'area vasta di monitoraggio

Elenco delle specie o dei gruppi di specie di cui è stata accertata la presenza all'interno dell'area vasta di monitoraggio del cantiere de La Maddalena nel 2019. Per ogni specie è riportato l'Allegato (o gli Allegati) della Direttiva Habitat in cui è inserita e la categoria di minaccia ad essa applicata secondo la IUCN (LC = Minor Preoccupazione; NT = Quasi Minacciata; VU = Vulnerabile; EN = In Pericolo; DD = Carezza di Dati; NA = Non Applicabile). Nel caso dei piccoli *Myotis*, tutte le specie sono inserite nell'Allegato IV della Direttiva Habitat e, delle sette specie segnalate in Piemonte (Debernardi *et al.*, 2009), tre sono inserite nell'Allegato II (*M. bechsteinii*, *M. capaccinii*, *M. emarginatus*). Per quanto riguarda le categorie IUCN applicate alle sette specie di piccoli *Myotis* segnalate in Piemonte, una è considerata LC (*M. daubentonii*), una NT (*M. emarginatus*), due VU (*M. mystacinus*, *M. nattereri*), due EN (*M. bechsteinii*, *M. capaccinii*) e una DD (*M. brandtii*). Per le tre specie del genere *Plecotus* presenti in Piemonte, due sono NT (*P. auritus*, *P. austriacus*) e una è DD (*P. macrobullaris*).

Specie	Allegato Direttiva Habitat (93/43/CEE)	Categoria IUCN
Famiglia: Vespertilionidae		
<i>Barbastella barbastellus</i>	II-IV	EN
<i>Eptesicus serotinus</i>	IV	NT
<i>Eptesicus nilssonii</i>	IV	DD
<i>Hypsugo savii</i>	IV	LC
Piccoli <i>Myotis</i>		
Grandi <i>Myotis</i> (<i>M. myotis</i> / <i>M. blythii</i>)	II-IV	VU
<i>Nyctalus leisleri</i>	IV	NT
<i>Nyctalus noctula</i>	IV	VU
<i>Pipistrellus khulii</i>	IV	LC
<i>Pipistrellus nathusii</i>	IV	NT
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	IV	LC
<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	IV	DD
<i>Plecotus</i> spp.	IV	
<i>Vespertilio murinus</i>	IV	NA
Famiglia: Miniopteridae		
<i>Miniopterus schreibersii</i>	II-IV	VU
Famiglia: Rhinolophidae		
<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	II-IV	VU
Famiglia: Molossidae		
<i>Tadarida teniotis</i>	IV	LC

Appendice 3. Selezione dell'habitat: attività media per punto

Si riporta di seguito l'attività media (\pm ds) calcolata per le specie o i gruppi di specie contattati presso ogni punto di campionamento selezionato per il monitoraggio finalizzato allo studio della selezione dell'habitat.

Punto	<i>B. barbastellus</i>		<i>E. serotinus</i>		<i>H. savii</i>		Grandi <i>Myotis</i>		Piccoli <i>Myotis</i>		<i>N. leisleri</i>		<i>Nyctalus</i> sp. / <i>Eptesicus</i> sp. / <i>V. murinus</i>		<i>P. kuhlii</i>		<i>P. nathusii</i>		<i>P. kuhlii</i> / <i>P. nathusii</i>		<i>P. pipistrellus</i> 45 kHz		<i>P. pygmaeus</i>		<i>P. pygmaeus</i> / <i>M. schreibersii</i>		<i>P. pipistrellus</i> 50 kHz / <i>P. pygmaeus</i> / <i>M. schreibersii</i>		<i>Plecotus</i> sp.		<i>R. ferrumequinum</i>		<i>T. teniotis</i>			
	Att.	ds	Att.	ds	Att.	ds	Att.	ds	Att.	ds	Att.	ds	Att.	ds	Att.	ds	Att.	ds	Att.	ds	Att.	ds	Att.	ds	Att.	ds	Att.	ds	Att.	ds	Att.	ds	Att.	ds		
A1 aperto	0.67	0.17	0.00	0.00	3.38	2.87	0.22	0.22	2.76	0.76	4.43	2.14	0.30	0.30	13.80	10.71	0.33	0.33	2.76	1.35	23.19	4.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.43	0.57	0.00	0.00	0.00	0.00
A1 bosco	0.00	0.00	0.00	0.00	12.60	12.48	0.00	0.00	0.43	0.10	13.35	5.56	0.74	0.74	29.70	28.21	1.16	1.03	4.20	2.08	21.78	12.71	0.11	0.11	0.75	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
A1 ecotono	0.39	0.20	0.00	0.00	15.44	14.73	0.00	0.00	1.18	0.21	16.48	9.26	0.11	0.11	32.77	32.06	2.60	2.31	5.82	3.09	43.12	29.91	0.07	0.07	0.19	0.19	0.04	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04		
A2 aperto	0.14	0.10	0.00	0.00	3.77	3.06	0.00	0.00	4.50	3.15	1.06	0.26	0.11	0.06	1.83	0.42	0.24	0.16	2.29	1.80	8.49	4.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.39	1.19	0.00	0.00	0.84	0.14		
A2 bosco	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23	0.08	0.00	0.00	0.75	0.58	0.34	0.02	0.04	0.04	0.31	0.12	0.00	0.00	0.41	0.41	6.83	3.38	0.04	0.04	0.16	0.11	0.00	0.00	0.11	0.06	0.00	0.00	0.03	0.03		
A2 ecotono	0.17	0.10	0.00	0.00	0.88	0.56	0.00	0.00	1.68	0.56	0.60	0.30	0.00	0.00	1.01	0.28	0.15	0.15	3.66	1.75	31.62	12.89	0.00	0.00	0.03	0.03	0.00	0.00	0.33	0.19	0.03	0.03	0.09	0.05		
A3 aperto	0.36	0.24	0.42	0.42	5.66	3.13	0.00	0.00	0.92	0.34	3.59	2.55	0.51	0.17	3.39	2.89	0.31	0.25	2.95	1.31	9.84	7.06	0.00	0.00	0.94	0.94	0.00	0.00	2.51	1.68	0.00	0.00	0.15	0.15		
A3 bosco	0.07	0.04	0.00	0.00	0.82	0.68	0.00	0.00	20.36	17.65	0.52	0.29	0.09	0.09	0.91	0.62	0.00	0.00	1.23	0.56	71.87	40.02	0.18	0.09	9.83	8.15	0.09	0.09	0.06	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00		
A3 ecotono	4.24	2.71	1.70	1.70	2.52	1.94	0.07	0.07	6.74	2.58	2.31	1.47	0.63	0.34	61.59	52.54	0.27	0.27	0.45	0.45	134.14	67.66	2.13	1.88	3.21	2.77	1.57	1.57	1.14	0.93	0.03	0.03	0.00	0.00		
A4 aperto	0.09	0.09	0.00	0.00	1.58	0.62	0.00	0.00	0.10	0.06	0.15	0.10	0.03	0.03	2.23	0.75	0.00	0.00	2.76	1.28	31.92	20.43	0.00	0.00	0.16	0.11	0.00	0.00	0.25	0.16	0.00	0.00	0.27	0.27		
A4 bosco	0.00	0.00	0.00	0.00	0.65	0.35	0.00	0.00	0.55	0.14	0.25	0.20	0.00	0.00	0.84	0.52	0.00	0.00	1.12	0.71	2.00	1.06	0.11	0.11	0.22	0.17	0.00	0.00	0.29	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00		
A4 ecotono	0.00	0.00	0.00	0.00	1.83	1.09	0.00	0.00	0.50	0.17	0.16	0.11	0.00	0.00	3.22	1.06	0.00	0.00	4.82	2.68	13.07	4.90	0.04	0.04	0.24	0.24	0.00	0.00	1.31	1.13	0.00	0.00	0.27	0.27		

Appendice 4. Effetti dell'inquinamento luminoso: attività media per punto

Si riporta di seguito l'attività media (\pm ds) calcolata per le specie o i gruppi di specie contattati presso ogni punto di campionamento selezionato per il monitoraggio finalizzato allo studio degli effetti dell'inquinamento luminoso.

Punto	<i>B. barbastellus</i>		<i>Eptesicus</i> sp.		<i>H. savii</i>		Grandi <i>Myotis</i>		Piccoli <i>Myotis</i>		<i>N. leisleri</i>		<i>N. noctula</i>		<i>Nyctalus</i> sp. / <i>Eptesicus</i> sp. / <i>V. murinus</i>		<i>P. kuhlii</i>		<i>P. nathusii</i>		<i>P. kuhlii</i> / <i>P. nathusii</i>		<i>P. pipistrellus</i> 45 kHz		<i>P. pygmaeus</i>		<i>P. pygmaeus</i> / <i>M. schreibersii</i>		<i>P. pipistrellus</i> 55 kHz / <i>P. pygmaeus</i> / <i>M. schreibersii</i>		<i>Plecotus</i> sp.		<i>R. ferrumequinum</i>		<i>T. teniotis</i>		
	Att.	sd	Att.	sd	Att.	sd	Att.	sd	Att.	sd	Att.	sd	Att.	sd	Att.	sd	Att.	sd	Att.	sd	Att.	sd	Att.	sd	Att.	sd	Att.	sd	Att.	sd	Att.	sd	Att.	sd	Att.	sd	
A1 ecotono	0.37	0.12	0.02	0.02	10.46	8.62	0.00	0.00	1.14	0.15	10.76	6.18	0.00	0.00	0.02	0.02	22.11	18.75	1.52	1.37	6.53	1.75	49.13	17.15	0.14	0.08	0.59	0.35	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.05	
A2 bosco	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43	0.10	0.00	0.00	0.47	0.29	0.27	0.04	0.00	0.00	0.06	0.03	0.35	0.08	0.00	0.00	0.31	0.19	5.37	1.76	0.02	0.02	0.45	0.27	0.00	0.00	0.09	0.03	0.00	0.00	0.16	0.09	
A3 ecotono	3.45	1.26	0.83	0.83	2.22	0.97	0.06	0.04	7.93	2.00	1.68	0.79	0.00	0.00	0.99	0.56	39.62	25.63	0.18	0.13	1.96	1.22	93.62	36.07	1.19	0.95	2.16	1.33	0.78	0.78	1.43	0.73	0.07	0.03	0.00	0.00	
A4 aperto	0.07	0.05	0.00	0.00	2.31	0.61	0.00	0.00	0.12	0.04	0.24	0.12	0.00	0.00	0.02	0.02	1.77	0.44	0.00	0.00	1.55	0.80	17.49	11.19	0.00	0.00	0.11	0.05	0.00	0.00	0.25	0.12	0.00	0.00	0.14	0.14	
LC1	0.00	0.00	0.00	0.00	11.60	3.99	0.00	0.00	0.00	0.00	20.94	9.95	0.00	0.00	3.04	2.77	162.41	27.25	8.31	6.67	15.82	11.70	7.24	4.57	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.09	
LC2	0.00	0.00	0.00	0.00	2.21	1.25	0.00	0.00	0.00	0.00	91.25	7.94	0.73	0.73	0.83	0.63	49.12	16.52	18.23	8.66	10.52	5.00	0.29	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.06
LC3	0.00	0.00	0.00	0.00	19.27	6.61	0.00	0.00	0.06	0.06	49.50	25.46	0.03	0.03	7.58	6.84	226.32	17.15	3.61	1.11	10.53	4.59	32.96	8.87	0.04	0.04	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	
LC4	0.00	0.00	0.00	0.00	6.20	2.20	0.00	0.00	0.01	0.01	84.39	22.61	0.00	0.00	5.69	3.66	94.28	35.98	6.21	3.90	8.58	2.87	6.45	1.83	0.05	0.02	0.19	0.10	0.16	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	
LC5	0.00	0.00	0.00	0.00	1.15	0.71	0.00	0.00	0.00	0.00	8.45	4.29	0.05	0.05	0.00	0.00	2.88	0.70	0.46	0.23	1.35	0.71	5.56	2.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.07	
LD1	0.02	0.02	0.02	0.02	19.70	5.91	0.00	0.00	0.28	0.08	84.23	24.81	0.00	0.00	0.49	0.24	134.42	31.64	0.85	0.46	11.92	4.05	45.55	16.88	1.79	1.32	13.71	7.29	0.00	0.00	0.10	0.05	0.00	0.00	0.02	0.02	
LD2	0.05	0.05	0.07	0.07	10.40	2.90	0.00	0.00	1.35	0.79	3.30	0.99	0.00	0.00	0.44	0.22	56.31	14.53	1.58	0.89	14.44	7.27	30.51	10.49	0.03	0.03	0.00	0.00	0.02	0.02	0.14	0.12	0.00	0.00	0.05	0.05	
LD3	0.03	0.02	0.00	0.00	10.87	3.18	0.00	0.00	0.32	0.11	5.92	1.05	0.00	0.00	0.23	0.12	39.97	12.66	2.89	0.79	5.98	1.67	8.69	2.49	0.06	0.04	0.03	0.02	0.03	0.03	0.19	0.08	0.00	0.00	0.08	0.06	
LD4	0.00	0.00	0.00	0.00	5.85	2.92	0.00	0.00	3.08	2.28	2.86	2.17	0.00	0.00	0.09	0.05	110.78	31.01	0.53	0.33	36.70	31.52	26.39	7.62	0.02	0.02	0.04	0.04	0.00	0.00	0.11	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	
LD5	0.37	0.18	0.00	0.00	23.91	4.59	0.00	0.00	2.05	0.47	6.74	2.70	0.00	0.00	0.24	0.15	61.44	14.76	2.85	0.74	9.01	2.64	79.93	8.04	1.26	0.80	1.81	0.88	5.90	5.46	0.23	0.10	0.00	0.00	0.16	0.12	
LF1	0.00	0.00	0.06	0.06	14.99	3.25	0.00	0.00	0.02	0.02	47.63	23.46	0.02	0.02	0.28	0.11	85.17	31.08	8.51	4.69	18.67	6.23	29.59	10.38	0.02	0.02	0.11	0.04	0.00	0.00	0.12	0.05	0.00	0.00	0.01	0.01	
LF2	0.00	0.00	0.00	0.00	8.82	2.86	0.00	0.00	0.35	0.10	8.18	2.41	0.00	0.00	0.19	0.09	20.72	4.92	0.20	0.08	5.35	1.48	6.63	1.38	0.00	0.00	0.05	0.02	0.00	0.00	0.06	0.03	0.00	0.00	0.06	0.04	
LF3	0.00	0.00	0.00	0.00	14.37	3.40	0.00	0.00	0.03	0.03	6.30	2.28	0.00	0.00	0.12	0.07	24.00	6.40	0.45	0.28	14.32	2.87	6.13	2.89	0.19	0.12	0.00	0.00	0.02	0.02	0.04	0.03	0.00	0.00	0.11	0.11	
LF4	0.02	0.02	0.00	0.00	13.62	6.13	0.00	0.00	0.04	0.04	3.70	1.10	0.00	0.00	0.30	0.19	51.01	14.95	3.43	1.25	8.12	2.90	4.14	1.02	0.00	0.00	0.35	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
LF5	0.00	0.00	0.00	0.00	10.05	2.58	0.00	0.00	0.18	0.10	5.96	2.06	0.00	0.00	0.01	0.01	17.45	5.18	1.47	0.96	3.72	0.76	7.73	1.83	0.02	0.02	0.09	0.06	0.00	0.00	0.12	0.06	0.00	0.00	0.12	0.10	
LTW2	0.02	0.02	0.00	0.00	3.71	0.78	0.02	0.02	0.62	0.20	1.34	0.50	0.05	0.05	0.42	0.25	5.09	2.71	0.05	0.05	0.72	0.46	5.04	1.41	0.58	0.45	0.91	0.63	0.40	0.40	0.05	0.04	0.07	0.07	0.03	0.03	

Appendice 5. Monitoraggio lungo le direttrici: attività media per punto

Si riporta di seguito l'attività media (\pm ds) calcolata per le specie o i gruppi di specie contattati presso ogni punto di campionamento selezionato per il monitoraggio lungo le direttrici nord-est e nord-ovest. Il punto indicato come "LTE1" corrisponde al punto "A1 bosco", il punto in ambiente boschivo già selezionato per lo studio della selezione dell'habitat.

Punto	<i>B. barbastellus</i>		<i>H. savii</i>		Grandi <i>Myotis</i>		Piccoli <i>Myotis</i>		<i>N. leisleri</i>		<i>N. noctula</i>		<i>Nyctalus</i> sp. / <i>Eptesicus</i> sp. / <i>V. murinus</i>		<i>P. kuhlii</i>		<i>P. nathusii</i>		<i>P. kuhlii</i> / <i>P. nathusii</i>		<i>P. pipistrellus</i> 45 kHz		<i>P. pygmaeus</i>		<i>P. pygmaeus</i> / <i>M. schreibersii</i>		<i>P. pipistrellus</i> 55 kHz / <i>P. pygmaeus</i> / <i>M. schreibersii</i>		<i>Plecotus</i> sp.		<i>R. ferrumequinum</i>		<i>T. teniotis</i>	
	Att.	sd	Att.	sd	Att.	sd	Att.	sd	Att.	sd	Att.	sd	Att.	sd	Att.	sd	Att.	sd	Att.	sd	Att.	sd	Att.	sd	Att.	sd	Att.	sd	Att.	sd	Att.	sd	Att.	sd
LTE1	0.00	0.00	12.60	12.48	0.00	0.00	0.43	0.10	13.35	5.56	0.00	0.00	0.74	0.74	29.70	28.21	1.16	1.03	4.20	2.08	21.78	12.71	0.11	0.11	0.75	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
LTE2	0.00	0.00	12.93	4.74	0.00	0.00	0.64	0.27	3.54	0.82	0.02	0.02	4.07	1.44	100.64	20.17	0.96	0.37	6.48	1.64	36.91	6.93	0.29	0.12	0.76	0.39	0.00	0.00	0.48	0.20	0.02	0.02	0.31	0.14
LTE3	0.17	0.12	2.09	0.69	0.00	0.00	0.66	0.24	0.84	0.18	0.00	0.00	0.56	0.33	12.48	8.90	0.00	0.00	1.81	0.68	5.06	1.64	0.04	0.02	0.12	0.08	0.00	0.00	0.09	0.06	0.00	0.00	0.14	0.10
LTE4	0.52	0.26	8.74	4.06	0.00	0.00	1.31	0.38	3.15	1.40	0.00	0.00	0.64	0.11	11.72	3.82	0.13	0.11	2.04	0.64	20.53	6.37	0.00	0.00	0.12	0.08	0.00	0.00	0.17	0.10	0.04	0.04	0.26	0.19
LTW1	0.02	0.02	6.85	1.93	0.00	0.00	0.40	0.11	1.70	0.51	0.00	0.00	0.06	0.04	11.93	5.09	0.05	0.04	2.54	0.84	13.26	2.98	0.02	0.02	0.33	0.10	0.00	0.00	0.07	0.05	0.00	0.00	0.05	0.05
LTW2	0.02	0.02	3.71	0.78	0.02	0.02	0.62	0.20	1.34	0.50	0.05	0.05	0.42	0.25	5.09	2.71	0.05	0.05	0.72	0.46	5.04	1.41	0.82	0.44	0.91	0.63	0.44	0.39	0.05	0.04	0.07	0.07	0.03	0.03
LTW3	0.21	0.12	7.85	2.96	0.00	0.00	0.61	0.12	1.96	0.43	0.00	0.00	0.13	0.05	6.10	2.03	0.03	0.03	1.01	0.45	11.81	3.10	0.02	0.02	0.46	0.09	0.00	0.00	0.04	0.04	0.00	0.00	0.06	0.04
LTW4	0.17	0.09	9.14	1.66	0.00	0.00	0.39	0.11	2.30	1.16	0.02	0.02	0.26	0.12	4.48	0.88	0.02	0.02	0.82	0.24	13.43	2.24	0.06	0.04	0.56	0.49	0.00	0.00	0.06	0.04	0.00	0.00	0.11	0.05