

Monitoraggio del ciclo biologico del gufo reale *bubo bubo* con metodi bioacustici in una zona di difficile accesso del cantone Ticino (Svizzera)

Autor(en): **Rampazzi, Filippo**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bollettino della Società ticinese di scienze naturali**

Band (Jahr): **108 (2020)**

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-1002966>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Monitoraggio del ciclo biologico del gufo reale *Bubo bubo* con metodi bioacustici in una zona di difficile accesso del Cantone Ticino (Svizzera)

Filippo Rampazzi

Museo cantonale di storia naturale, Viale Carlo Cattaneo 4, CP 5487, 6901 Lugano, Svizzera

filippo.rampazzi@ti.ch

Riassunto: In Svizzera il gufo reale *Bubo bubo* è una specie minacciata, ma la stima degli effettivi resta problematica a causa delle sue abitudini di vita e della topografia dei luoghi di nidificazione. I moderni metodi bioacustici possono in tal senso aiutare nella ricerca e nel monitoraggio della specie, soprattutto là dove un'osservazione diretta non è possibile. L'articolo illustra i risultati del monitoraggio di una coppia di gufo reale mediante l'impiego di registratori automatici in un'area di difficile accesso (gole del fiume Isorno, Ticino, Svizzera), dove il sito di nidificazione preciso rimane tuttora sconosciuto. I risultati provano l'efficacia dei metodi bioacustici passivi nel monitorare i diversi momenti del ciclo di vita della specie, dalla fase precedente la deposizione delle uova fino alla dispersione dei giovani, attraverso la sola analisi delle vocalizzazioni.

Parole chiave: Gufo reale, *Bubo bubo*, nidificazione, giovani, comportamento vocale, metodi bioacustici passivi

Monitoring of the biological cycle of eagle owl *Bubo bubo* by passive bioacoustic methods in an area of difficult access of the Canton Ticino (Switzerland)

Abstract: In Switzerland the eagle owl *Bubo bubo* is a threatened species, but the estimation of the population size is problematic due to the bird's lifestyle habits and the topography of the nesting areas. Modern bioacoustic methods can therefore help in searching and monitoring the species, especially where direct observation is not possible. This paper presents the results of the monitoring of an eagle owl's pair with automatic sound recorders in an area that is difficult to access (gorge of the Isorno river, Canton Ticino, Switzerland), where the precise nesting site still remains unknown. Results show that passive acoustic methods are very useful for monitoring the different moments of the life cycle of eagle owl, from the pre-laying period to the dispersal of juveniles, by the only analysis of its vocalizations.

Keywords: Eagle owl, *Bubo bubo*, nesting, juveniles, vocal behaviour, passive bioacoustic methods

INTRODUZIONE

Il gufo reale *Bubo bubo* è una specie distribuita in gran parte della regione eurasiatica dalla Penisola iberica alla Russia orientale con 13 sottospecie attualmente riconosciute (Cramp 1985; Del Hoyo et al. 1999; Penteriani & Delgado 2019). In Svizzera è presente la sottospecie nominale diffusa nelle Alpi, nell'arco giurassiano e in parte dell'Altipiano con 200-230 coppie nidificanti. I siti di nidificazione si trovano principalmente su pareti rocciose dalle basse quote fino al piano alpino (nidificazione più elevata a 2200 m, Cantone dei Grigioni, GR), anche se la maggior parte è confinata al di sotto dei 1000 m di altitudine (Knaus et al. 2018). La consistenza numerica della popolazione e la sua evoluzione variano in modo significativo da una regione all'altra: mentre nel Giura e sull'Altipiano si registra un evidente aumento, nelle Alpi la situazione è più articolata e meno chiara, con aree che presentano solidi effettivi (Engadina GR, Valle del Reno) accanto ad altre dove la specie sembra in regresso, come in

alcune aree del Cantone dei Grigioni e del Cantone Ticino (Jenny 2011; Lardelli & Zbinden 2017; Knaus et al. 2018). Le diverse dinamiche delle popolazioni in Svizzera dipendono in buona parte dalla differente pressione d'immigrazione di esemplari provenienti dalle nazioni confinanti, nelle quali la specie è in aumento (Francia, Germania). Come mostrato da (Schaub et al. 2010) il tasso d'immigrazione è infatti in grado di compensare l'alta mortalità causata dalle infrastrutture di origine antropica, come i tralicci della corrente elettrica (elettrocuzione) e le vie di traffico (collisione con treni e automezzi). La situazione è particolarmente critica nelle Alpi, dove sui fondivalle si registra la maggiore concentrazione di coppie nidificanti, ma anche quella di elettrodotti, cavi aerei e vie di traffico. Ciò potrebbe spiegare il diverso tasso di mortalità tra le zone pianeggianti e collinari del Paese (arco giurassiano, Altipiano) rispetto alle regioni situate nelle Alpi.

Nel Cantone Ticino la specie sembra in costante calo da molti anni. Dal confronto di tre censimenti effettuati nei periodi 1987-1989, 2009-2011 e 2013-2016 emer-

ge infatti una flessione delle coppie nidificanti del 36% tra il primo e il secondo periodo e addirittura del 55% tra il primo e il terzo periodo (Mosimann-Kampe et al. 1998; Lardelli & Zbinden 2017). Oltre all'elevato tasso di mortalità causato da infrastrutture di origine antropica, nel Cantone Ticino il regresso potrebbe essere imputabile anche all'imboschimento delle zone rocciose e all'ampliamento delle zone edificate, che sui fondivalle riducono in modo significativo i siti idonei alla nidificazione e i territori di caccia. In Svizzera il gufo reale è iscritto nella Lista Rossa come specie fortemente minacciata (EN, *endangered*; Keller et al. 2010). L'esatta valutazione della popolazione nidificante è tuttavia resa problematica da vari fattori, come il comportamento discreto della specie durante il periodo riproduttivo, l'incostanza nell'occupazione dei siti di nidificazione e le difficoltà di localizzazione delle aree riproduttive situate spesso in zone impervie difficilmente accessibili. Questi fattori limitano fortemente la possibilità di osservazione diretta della specie, che può essere meglio rilevata attraverso metodi bioacustici. Le emissioni vocali del maschio possono infatti essere udite fino a 1-1.5 km di distanza, secondo alcuni autori addirittura fino a 4 km in condizioni eccezionali (Glutz von Blotzheim & Bauer 1980), anche se ciò dipende fortemente dalle condizioni ambientali (vento, pioggia, rumori causati dal traffico ecc.), dalla topografia del luogo e dalla posizione dell'ascoltatore rispetto alla fonte sonora. Occorre inoltre tenere presente che la propensione al canto può variare da individuo a individuo e risultare debole o discontinua anche durante il periodo riproduttivo a causa di vari fattori quali la stabilità della coppia, la presenza o meno di rivali e la densità della popolazione (Mebs & Scherzinger 2008; Penteriani & Delgado 2019). Più sessioni di ascolto sono quindi necessarie per comprovare o escludere la presenza della specie in un dato luogo e periodo, ciò che rende particolarmente vantaggioso l'impiego di registratori di suoni automatici su periodi di tempo prolungati. Attraverso questo metodo il presente studio si prefigge di monitorare il ciclo biologico della specie in un'area impervia e di difficile accesso del Cantone Ticino, dove il sito di nidificazione non è noto né può essere individuato con l'osservazione diretta sul terreno a causa della topografia del luogo. Per motivi di protezione della specie il presente contributo non rivela l'ubicazione precisa dei punti nei quali sono state eseguite le registrazioni sonore.

MATERIALI E METODI

Area di studio

L'area di studio è situata lungo le gole del fiume Isorno in un tratto che si estende per circa 2 km in direzione nord-sud tra le località di Intragna e di Auressio (Cantone Ticino, Svizzera). Le gole si sviluppano in altezza dai circa 300 m del letto del fiume ai circa 500-600 m del loro margine superiore, delimitato sul fianco sinistro della valle dalla strada cantonale e sul fianco destro da piccoli nuclei di case. Lo sviluppo delle gole è tortuoso con larghezze talvolta inferiori a 90-100 m

(a circa 400 m di quota). Le estese pareti rocciose che caratterizzano la zona, in alcuni tratti precipitano a picco per oltre 120 m, in altri discendono a balze lungo gli erti pendii cosparsi qua e là di alberi e cespugli. Un esteso bosco di latifoglie dominato dal castagno *Castanea sativa* sovrasta tutta la zona circostante. L'area è molto impervia e di difficile accesso, tale da ridurre fortemente le possibilità di spostamento. Inoltre la visuale è spesso ostacolata dalla fitta vegetazione boschiva, nonché dalla tormentata morfologia del luogo segnata da speroni rocciosi, rientranze e avvallamenti. I punti di osservazione propizi per l'individuazione di potenziali siti di nidificazione sono dunque molto scarsi, per cui l'ascolto delle emissioni vocali risulta in pratica essere l'unico mezzo in grado di rivelare la presenza della specie.

Registrazione dei suoni

Per la registrazione dei suoni sono stati impiegati apparecchi del tipo Song Meter SM4 di Wildlife Acoustics Inc., programmati per registrare quotidianamente da un'ora prima del tramonto a un'ora dopo l'alba (durante la fase iniziale dell'indagine, nei periodi 1.1-8.1.2019 e 9.2-17.2.2019, soltanto tra il tramonto e l'alba). Le registrazioni sono state eseguite in modalità stereofonica preamplificata (gain 16 dB, preamplificazione 26 dB) e con un filtro a 220 Hz (*high-pass filter*) per attenuare il rumore di fondo nelle frequenze più basse. La digitalizzazione del suono è avvenuta con una frequenza di campionamento di 24 kHz a 16 bit e una suddivisione della traccia sonora in file WAV non compressi di un'ora ciascuno su schede di memoria SanDisk da 64 e 128 GB.

Lo studio si è svolto in due fasi distinte: una fase preliminare per l'individuazione della specie (non oggetto della presente pubblicazione) e una seconda fase di monitoraggio della zona di nidificazione. La fase preliminare si è svolta all'inizio del periodo invernale (1.12.2018-10.1.2019) in un'area molto più estesa (circa 10 km²) attraverso l'impiego simultaneo di più registratori. La seconda fase è proseguita da metà gennaio alla fine di novembre (11.1-28.11.2019) in una zona delle gole dell'Isorno ritenuta prossima al sito di nidificazione. Tra l'11 gennaio e il 16 febbraio 2019 sono stati impiegati, talvolta in modo simultaneo, due registratori posizionati in punti diversi delle gole poco distanti l'uno dall'altro allo scopo di individuare il migliore punto di ascolto (massima probabilità di captare i suoni della specie con il minimo rumore di fondo). A partire dal 22 febbraio 2019 soltanto un registratore è rimasto in funzione per il resto dell'anno. Le schede di memoria sono state sostituite con cadenza da settimanale a mensile secondo la durata della notte nei vari periodi dell'anno e la capienza dei supporti di registrazione (per un totale di 25 uscite di controllo). Le sequenze sonore sono state in seguito salvate in modo centralizzato presso il Museo cantonale di storia naturale a Lugano.

Analisi dei suoni

L'analisi delle registrazioni è avvenuta con il programma Kaleidoscope Pro 5 di Wildlife Acoustics Inc., che permette di raggruppare i suoni in modo automatiz-

zato in funzione del loro grado di somiglianza (*cluster analysis*). In tal modo è stato possibile individuare agevolmente i diversi tipi di vocalizzazione attraverso l'esame visivo dei sonogrammi prodotti, per poi contrassegnarli con codici univoci. Ogni sequenza sonora è stata analizzata almeno tre volte con parametri specifici per il tipo di vocalizzazione ricercato: un'analisi è stata eseguita sui suoni di più bassa frequenza (220-800 Hz, canto del maschio e della femmina), una seconda su quelli che presentano un'ampia estensione tonale (400-8'000 Hz, vari versi e richiami degli adulti) e una terza su quelli che possono presentare un'estensione relativamente ampia delle frequenze, ma confinate in una fascia intermedia (1'000-4'600 Hz, richiamo dei giovani). Per l'interpretazione dei risultati si è dapprima proceduto all'eliminazione di talune vocalizzazioni presenti in doppio a causa dell'acquisizione stereofonica dei suoni. Le sequenze prodotte dall'analisi con Kaleidoscope Pro sono state depositate presso il Museo cantonale di storia naturale, mentre quelle illustrate nel presente articolo sono state anche trasmesse al sito xeno-canto.org, così da potere essere liberamente fruibili a titolo di compendio del presente articolo (le registrazioni sono contrassegnate da un codice numerico con iniziali "XC").

RISULTATI

Caratterizzazione delle emissioni vocali

Tra il 1° gennaio e il 28 novembre 2019 sono stati archiviati complessivamente 4'406 files audio in formato WAV non compresso (circa 1.1 TB) pari a 3'604 ore di registrazione (in media circa 15 ore al giorno, con un

massimo di circa 17 ore in inverno e un minimo di circa 10 ore e 15 minuti in estate). L'analisi delle registrazioni sonore ha permesso di individuare 19'359 singole vocalizzazioni, che sono state suddivise per tipologia come illustrato nei paragrafi sottostanti. Dal profilo quantitativo la maggior parte delle vocalizzazioni è risultata costituita dai richiami dei giovani (76.6%), seguiti dal canto del maschio (13.0%), dal verso della femmina (10.2%) e dal canto della femmina (0.2%). Il rimanente 0.1% è formato dai versi di allarme di entrambi i sessi, dai versi di accoppiamento della femmina e da quelli di eccitazione del maschio precedenti l'accoppiamento.

1) *Canto degli adulti* (Fig. 1 e Fig. 2a-b). Il canto degli adulti è una vocalizzazione formata da due note di diversa tonalità e intensità (*ù-hu*) ed è facilmente distinguibile tra maschio e femmina per frequenza e struttura. Nel maschio la prima nota, quella fondamentale, ha una frequenza più bassa rispetto a quella della femmina e il canto presenta un'estensione tonale maggiore tra la prima e la seconda nota. Se udito in lontananza, il tipico suono bitonale può sembrare monotonale, poiché la seconda nota, più bassa e debole, può svanire nel rumore di fondo. Nel caso specifico la nota fondamentale del canto del maschio si è sempre situata al di sotto di 400-450 Hz, mentre quella della femmina sempre al di sopra di 400 Hz. Nel canto del maschio si è potuto osservare che, accanto alle tipiche vocalizzazioni bitonali, ne possono talvolta comparire anche di monotonali, soprattutto nei momenti di maggiore eccitazione come nei duetti con la femmina. Nel canto della femmina compaiono invece più tipi di vocalizzazioni, che possono essere modulate in modo diverso secondo

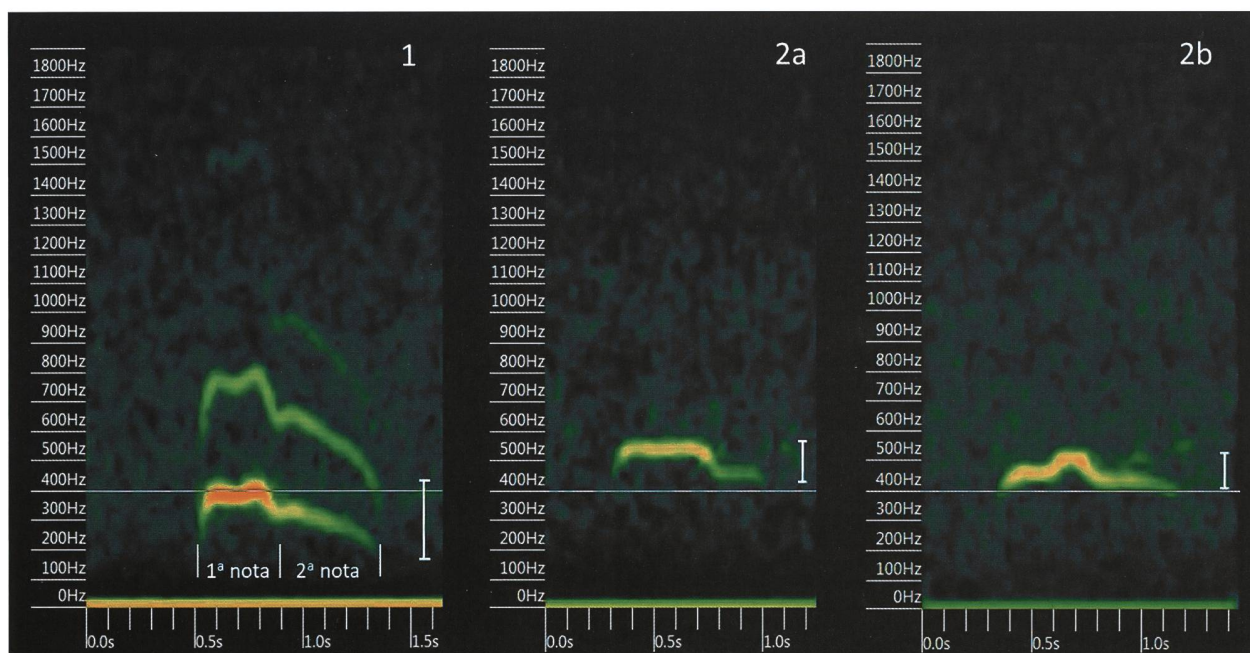


Figure 1 e 2a-b: Il canto del maschio e della femmina è formato da due note di diversa frequenza. 1) Nel maschio la frequenza della nota fondamentale si situa sempre al di sotto di 400-450 Hz. In suoni di forte intensità è possibile individuare fino a due armonici superiori che raggiungono circa 1'600 Hz (XC521237). 2a-b) Nella femmina la nota fondamentale si situa sempre al di sopra di 400 Hz e, rispetto al maschio, la differenza delle frequenze tra la prima e la seconda nota è minore (v. indicatore). A differenza del maschio, nel caso specifico la femmina ha inoltre mostrato di disporre di più varianti nelle note del canto (v. anche Fig. 3) (XC523516 e XC523518).

le circostanze. I vari tipi di vocalizzazione possono formare sia sequenze omogenee (serie di suoni dello stesso tipo) sia sequenze eterogenee (serie miste con suoni di diverso tipo) (Fig. 3).

2) *Verso specifico della femmina* (Fig. 4a-d). Questa vocalizzazione può estendersi oltre i 10'000 Hz ed è costituita da una nota aspra e vagamente nasale con sonorità difficilmente riproducibili (*kweck*, *chrià*, *chwet*). È molto frequente durante la fase nuziale in risposta al canto del maschio (*soliciting calls*), ma viene spesso

utilizzata anche quale mezzo di contatto con i giovani dopo l'involo. Soprattutto se debole e lontana, può ricordare il verso raspante della ghiandaia *Garulus glandarius* oppure quello più secco dell'airone cenerino *Ardea cinerea*. In questo caso il timbro è più gracchiante (*grack*) e starebbe a indicare piuttosto un suono di irritazione, allerta o allarme che, in questo caso, può essere emesso anche dal maschio.

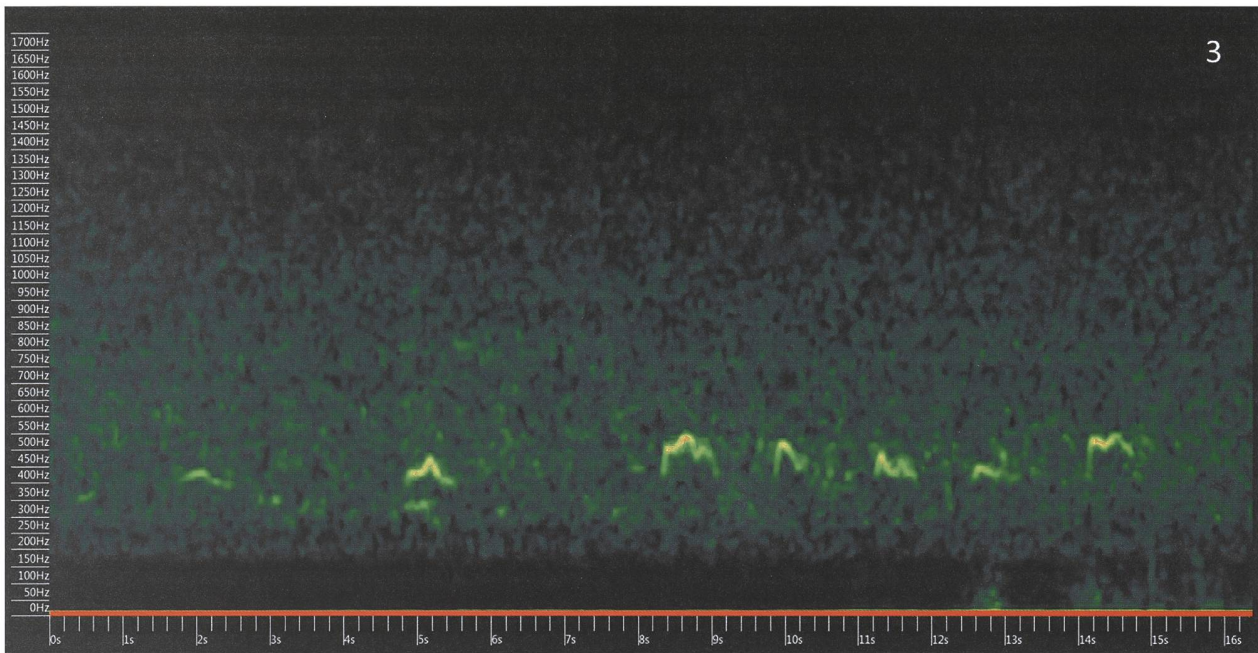


Figura 3: Canto modulato della femmina. La femmina ha mostrato una certa capacità di modulare le vocalizzazioni del proprio canto, con la possibilità di produrre sia sequenze omogenee formate dallo stesso tipo di vocalizzazione sia sequenze miste composte da vocalizzazioni diverse, come nel presente sonogramma (XC523519).

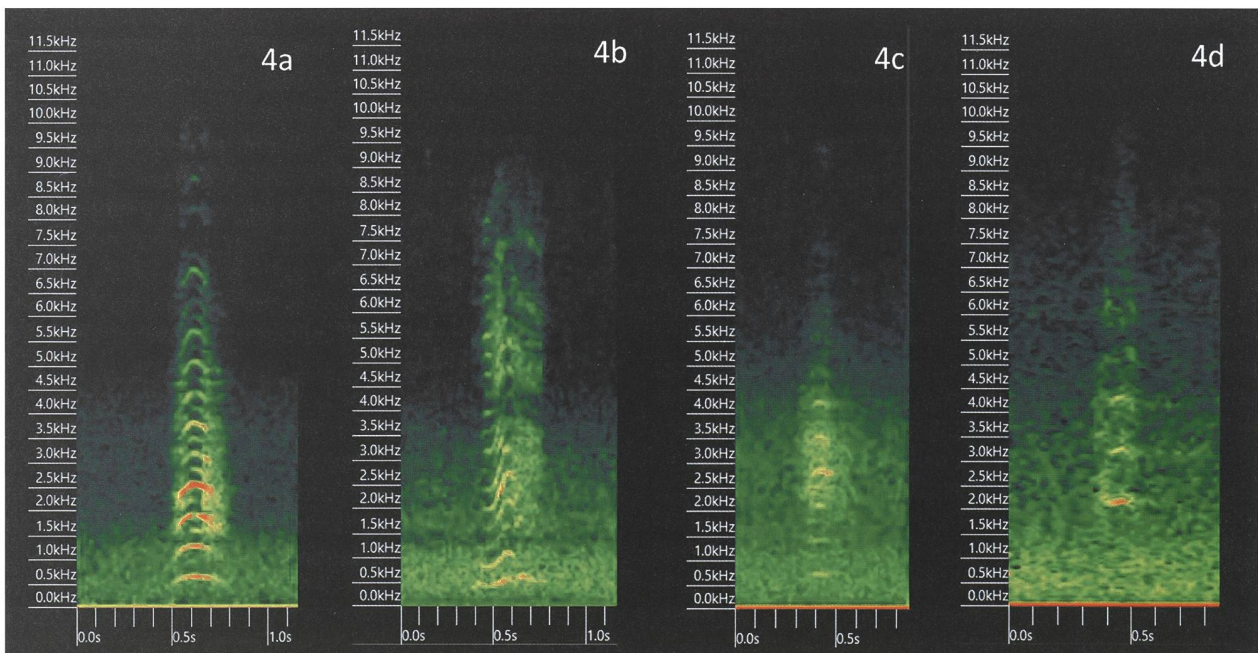


Figura 4a-d: Verso specifico della femmina. Il verso è emesso dalla sola femmina e presenta intensità e sonorità diverse in relazione alle circostanze. Può essere emesso singolarmente con funzione di contatto o di allerta per esempio nei confronti di giovani involati oppure in serie ripetitive anche di lunga durata come nei duetti con il maschio prima dell'accoppiamento (4a: XC524176; 4b: XC524179).

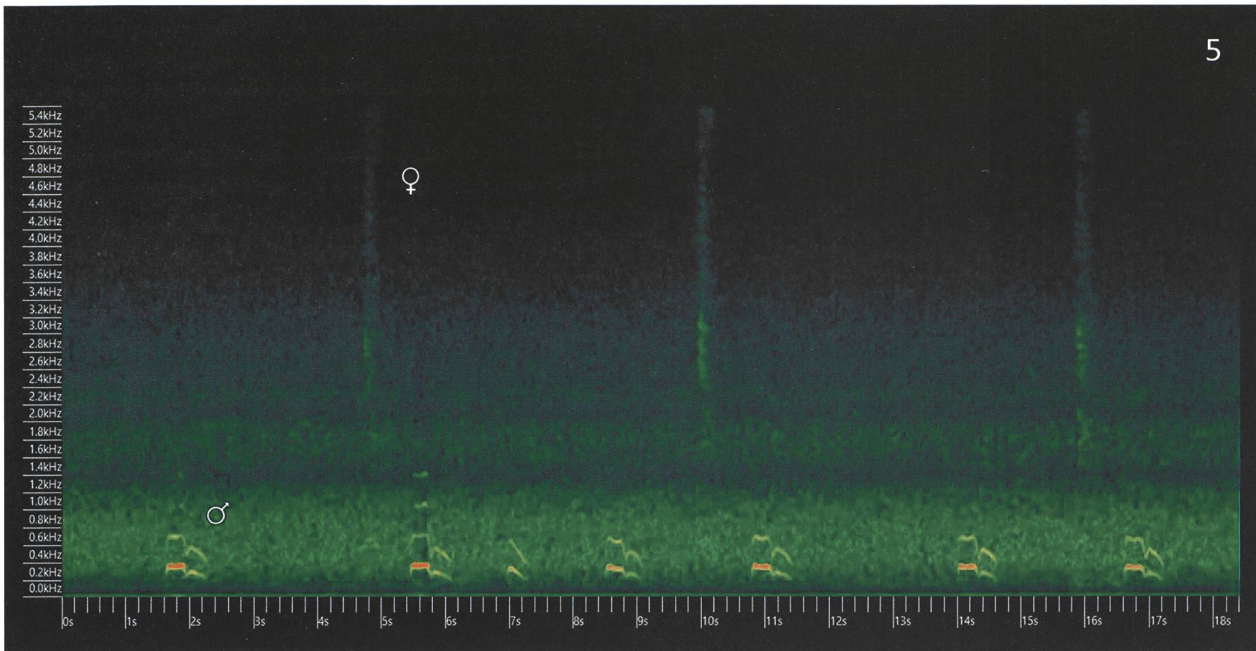


Figura 5: Duetto tra maschio e femmina. Duetto composto dal canto del maschio (più forte e vicino) e dal verso specifico della femmina (più debole e lontano, in cui le frequenze più basse sono offuscate dal rumore di fondo). Notare come le tipiche vocalizzazioni bitonali del maschio possono essere inframmezzate da singole vocalizzazioni monotoni (nel sonogramma a circa 7 s): ciò si verifica soprattutto nei momenti di maggiore eccitazione, quando anche la distanza tra le singole vocalizzazioni si abbrevia (XC524163).

3) *Verso "di allarme"*. Il cosiddetto verso "di allarme" è una sorta di abbaio nasale (*uâ-uâ-uâ...*) descritto talvolta anche come "risata satanica" ("*devil's cackles*") che può ricordare vagamente i versi di un germano reale *Anas platyrhynchos* o alcune vocalizzazioni della volpe *Vulpes vulpes* (abbai, latrati). Nel maschio la tonalità è più bassa e presenta un maggior numero di armonici. In realtà si tratta di un suono che indica piuttosto irrequietezza e viene impiegato in diverse circostanze sia per allertare i giovani in presenza di un potenziale pericolo sia quale verso di eccitazione durante la fase nuziale (Penteriani & Delgado 2019). Nel corso del presente studio questa vocalizzazione, solitamente abbastanza comune, è stata captata soltanto in due occasioni, sempre in lontananza e in modo troppo poco distinto da riuscire a produrre tracce apprezzabili nei sonogrammi.

4) *Verso di eccitazione del maschio e verso di accoppiamento della femmina* (Fig. 6). Durante il duetto della coppia che precede la copula, il maschio può emettere vocalizzazioni di bassa frequenza in rapida successione, che indicano uno stato di forte eccitazione e che ricordano vagamente i versi di uno "scimpanzé" (*gùgu-gùgu-gùgu...*, *ùhu-ùhu-ùhu...*). Essendo generalmente di bassa intensità, sono percepibili soltanto a distanza ravvicinata e il più delle volte si perdono nelle basse frequenze del rumore di fondo. Un suono molto simile, ma più rallentato e ritmato, è utilizzato dal maschio per indicare alla femmina un potenziale sito di nidificazione (*nest showing call*) e dalla femmina quando stimola i nidiacei a prendere il cibo (questa vocalizzazione non ha tuttavia potuto essere rilevata dall'indagine). Durante l'accoppiamento la femmina emette a sua volta una serie di vocalizzazioni modulate di frequenza medio-alta (*wihü-wihü-wihü...*) e di

intensità sufficiente da essere percepite anche a una certa distanza. Il verso di accoppiamento della femmina è di particolare importanza nel monitoraggio dell'attività riproduttiva e nel corso dell'indagine ha potuto essere rilevato con certezza almeno in sette occasioni.

5) *Richiamo dei giovani* (Fig. 7a-e). Il richiamo dei giovani è simile al suono prodotto da un tessuto strappato (*chzschit*) e inizia a svilupparsi nei nidiacei a partire dalle due settimane di vita. Fino a circa 40 giorni di età questa vocalizzazione è udibile soltanto da molto vicino, mentre si sviluppa in intensità ed estensione tonale soprattutto a partire dai 70 giorni (10 settimane) (Penteriani et al. 2005; Penteriani & Delgado 2019), quando può essere udito a diverse centinaia di metri di distanza, secondo Scherzinger (1974) addirittura fino a 1 km. Il richiamo non ha soltanto una funzione di richiesta di cibo nei confronti degli adulti (*begging calls*), ma anche di contatto tra i giovani della stessa covata, che dopo l'involo si allontanano progressivamente l'uno dall'altro. Se udito in lontananza, all'alba e al tramonto può ancora essere confuso con quello raspante della ghiandaia *Garrulus glandarius*, mentre di notte con i richiami dei giovani dell'allocco *Strix aluco* nei primi stadi di sviluppo. I richiami dei giovani gufi reali sono stati rilevati quasi ininterrottamente per ben due mesi e mezzo, ciò che ha permesso di seguirne l'evoluzione tra fine luglio e metà ottobre, ossia tra circa 90 e 180 giorni di età (13-26 settimane). Nei sonogrammi non è tuttavia mai stato possibile trovare richiami di più esemplari contemporaneamente, per cui si presume che solo un giovane della covata sia giunto effettivamente all'involo oppure, assai meno probabilmente, che la covata sia stata di un solo uovo.

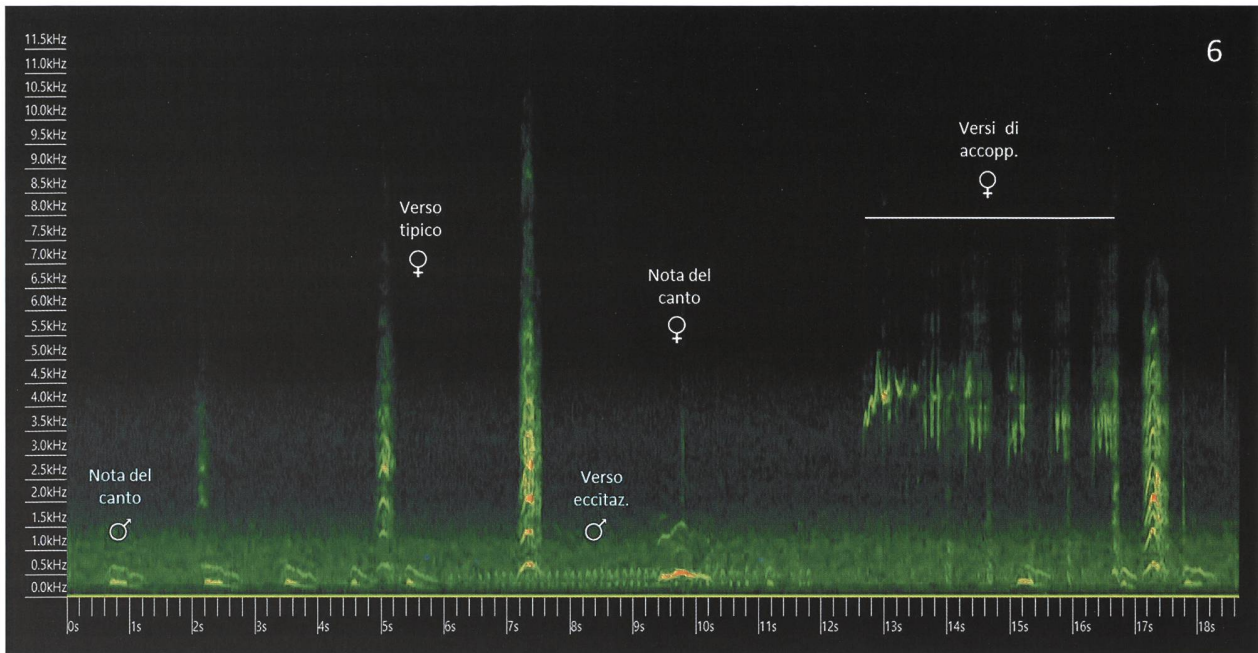


Figura 6: Sequenza di accoppiamento. Durante la fase di accoppiamento è possibile individuare alcune vocalizzazioni particolari, come il verso di eccitazione del maschio che precede la copula e quello della femmina durante la copula. Nel sonogramma si può riconoscere in sequenza le emissioni vocali seguenti: canto del maschio e verso della femmina alternati in duetto asincrono (fino a circa 6 s); rapida serie di versi di eccitazione del maschio (circa 6-11.8 s), inframmezzati da un forte verso della femmina (7.2-7.6 s) e da un'unica vocalizzazione del canto della femmina (9.4-10.2 s); versi di accoppiamento della femmina ripetuti più volte (12.6-16.6 s), inframmezzati dal canto del maschio (15.2-15.4 s); canto del maschio e della femmina nuovamente in duetto (da 16.6 s in poi) (XC524166).

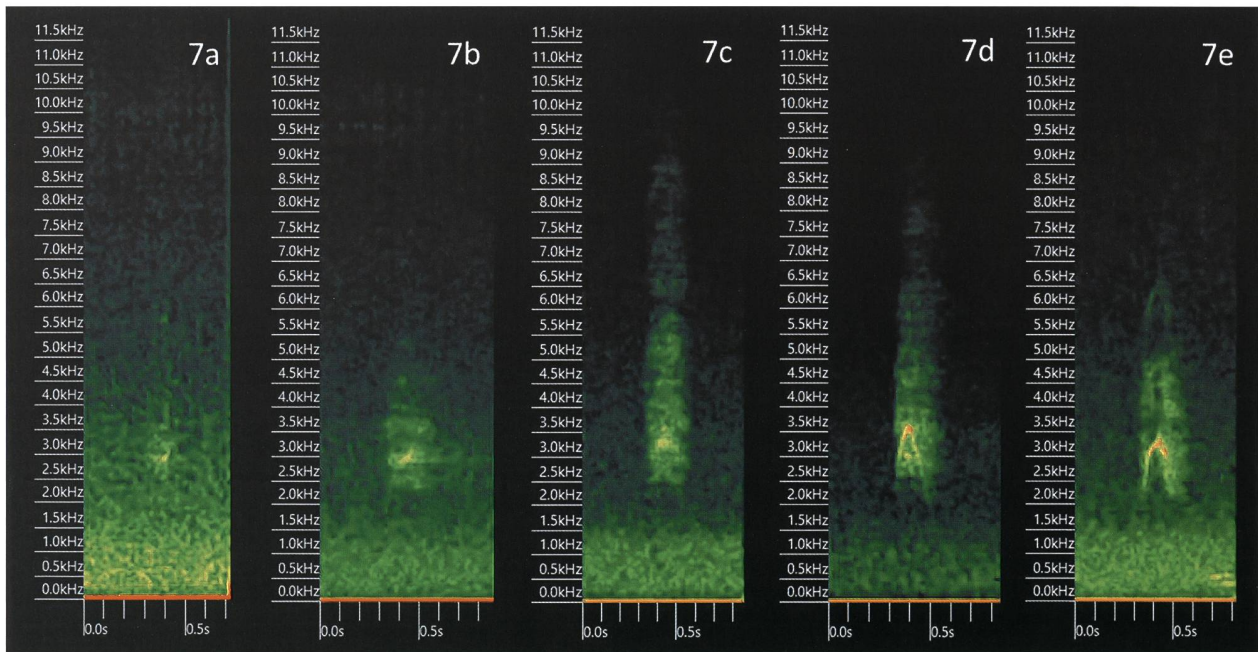


Figura 7a-e: Richiamo del giovane. I sonogrammi illustrano l'evoluzione del richiamo tra fine luglio e inizio ottobre: a) 24.7.2019, b) 6.8.2019, c) 18.8.2019 (XC524191), d) 15.9.2019, e) 7.10.2019 (XC524192).

Monitoraggio del ciclo biologico

Il grafico della Fig. 8 fornisce il quadro complessivo della distribuzione temporale delle 19'359 vocalizzazioni rilevate tra inizio gennaio e fine novembre 2019. Dall'esame della tipologia delle vocalizzazioni e del loro sviluppo temporale è stato possibile suddividere l'anno in diversi periodi corrispondenti ad altrettante fasi del ciclo biologico della specie.

Fase territoriale pre-nuziale

Nel periodo 1.1-8.2.2019 le vocalizzazioni sono state dominate dal canto del maschio, quando ancora molto scarsa era la risposta della femmina, che si è manifestata con il canto solo in poche occasioni (del tutto assente invece il verso specifico della femmina). Per il maschio è stata la fase di canto più intensa, che in più occasioni si è protratto per gran parte della notte con interruzioni solo di breve durata. In alcune notti sono state registrate serie di trenta minuti con oltre 100 vocalizzazioni emesse quasi di continuo con pause di 9-39 secondi (media 14 secondi) tra una vocalizzazione e l'altra (p.es. 24.1.2019 dalle 00:55 alle 01:25, 107 vocalizzazioni). Il canto della femmina si è per contro concentrato nell'ora successiva al tramonto e nelle due ore precedenti l'alba con vocalizzazioni singole o con serie di breve durata. In questa fase, che precede il corteggiamento vero e proprio e che prende generalmente avvio nel precedente mese di dicembre (fase pre-nuziale), il canto del maschio ha una funzione marcatamente territoriale, rivolta quindi non solo alla partner ma anche a possibili rivali (Penteriani 2002).

Fase nuziale

A partire dal 9 febbraio 2019 si assiste a un apprezzabile incremento del canto della femmina, così come alla comparsa e alla successiva forte impennata dei richiami della stessa, assenti nel periodo precedente. Secondo (Leibundgut 1973) i richiami della femmina si fanno più frequenti circa due settimane prima dell'inizio della deposizione. Al contempo il canto del maschio si concentra maggiormente nelle ore crepuscolari, con numerose vocalizzazioni emesse anche un'ora prima del tramonto (o forse prima ancora). È questa la fase in cui compaiono i duetti tra maschio e femmina, seguiti in molte occasioni dall'accoppiamento. Nella maggior parte dei casi i duetti sono composti dal canto del maschio e dal verso specifico della femmina, mentre il canto della femmina è risultato molto più raro anche in queste circostanze. Durante le fasi di maggiore eccitazione il canto del maschio si fa più serrato con pause anche solo di 1-3 secondi tra una vocalizzazione e l'altra. L'accoppiamento può avere luogo a ogni ora della notte dal crepuscolo all'alba, generalmente 1-3 volte per notte (Glutz von Blotzheim & Bauer 1980). Secondo Leibundgut (1973) un secondo accoppiamento avviene spesso dopo il primo a distanza di 25-30 minuti. Secondo vari autori (Frey 1969, Leibundgut 1973, H. Haller *in litt.* in Glutz von Blotzheim & Bauer 1980) durante il periodo riproduttivo il primo accoppiamento avviene al più presto 5 settimane prima della deposizione del primo uovo, mentre l'ultimo accoppiamento con la deposizione dell'ultimo uovo. Nel presen-

te studio il primo accoppiamento è stato rilevato il 10 febbraio, mentre l'ultimo il 20 marzo 2019. Il periodo intercorso tra il primo e l'ultimo accoppiamento è stato di 39 giorni, ossia poco più di 5 settimane. Sebbene nel presente caso non sia possibile sapere se la covata sia stata di uno o più uova, la deposizione dell'ultimo (o unico) uovo deve in ogni caso avere avuto luogo poco dopo l'ultimo accoppiamento, molto probabilmente il 20 marzo 2019.

Fase della cova e schiusa delle uova

Dopo la presunta data di deposizione la femmina ha cessato ogni tipo di vocalizzazione (per lo meno quelle udibili dal punto di ascolto). Il maschio ha invece continuato a cantare, seppur meno intensamente, ancora per una decina di giorni fino al 30 marzo 2019, soprattutto nelle ore a cavallo del tramonto. Il gufo reale depone in genere 2-3 uova, occasionalmente 1-4, eccezionalmente 5-6 a distanza di 2-4 giorni l'una dall'altra (Glutz von Blotzheim & Bauer 1980; Mebs & Scherzinger 2008). In Svizzera la covata più numerosa oggi nota è stata di cinque uova (Jenny & Strimer 2011). La femmina inizia a covare dopo la deposizione del primo uovo e l'incubazione dura mediamente 34-36 giorni, secondo alcuni autori 31-37 giorni in funzione della temperatura (Glutz von Blotzheim & Bauer 1980; Cramp 1985; Maumary et al. 2007; Mebs & Scherzinger 2008; Penteriani & Delgado 2019). Nel presente caso, non conoscendo né il numero di uova deposte né l'inizio della deposizione del primo uovo, non è possibile determinare la durata della cova. Si può però ragionevolmente ritenere che la schiusa dell'ultimo (o unico) uovo deposto abbia avuto luogo nel periodo 20.4-26.4.2019 (data intermedia presunta: 23.4.2019), dopo 31-37 giorni dalla data di deposizione (20.3.2019).

Fase della permanenza al nido dei nidiacei

Nessun tipo di vocalizzazione ha più potuto essere rilevato tra il 31 marzo e il 15 giugno 2019 per ben 77 giorni consecutivi (circa due mesi e mezzo). Il lungo lasso di tempo privo di segnali coincide grosso modo con il periodo della cova, con quello di permanenza al nido dei nidiacei e con le prime fasi del loro allontanamento dal luogo di nascita. I nidiacei possono allontanarsi dal nido già all'età di circa 30 giorni (4-5 settimane), ossia ben prima di essere in grado di volare. Studi mirati hanno per esempio mostrato che giovani ancora incapaci di volare possono allontanarsi fino a 270 m dal nido per poi farvi ritorno dopo due giorni e avere girovagato a piedi per ben 725 m (Görner 2016). La durata di permanenza al nido dipende tuttavia molto dalla topografia del luogo, poiché i nidi posti su pareti verticali non permettono ai giovani di allontanarsi prima di essere in grado per lo meno di planare, cioè al più presto a circa 60 giorni di età (circa 8-9 settimane) (Cramp 1985; Mebs & Scherzinger 2008; Penteriani & Delgado 2019). L'assenza totale di segnali in questo periodo è dunque con ogni probabilità dovuta al fatto che il registratore si trovava in una posizione sfavorevole oppure troppo distante dal nido da poter rilevare le flebili vocalizzazioni dei giovani o quelle più soffuse della femmina al nido (p.es vocalizzazioni emesse nei

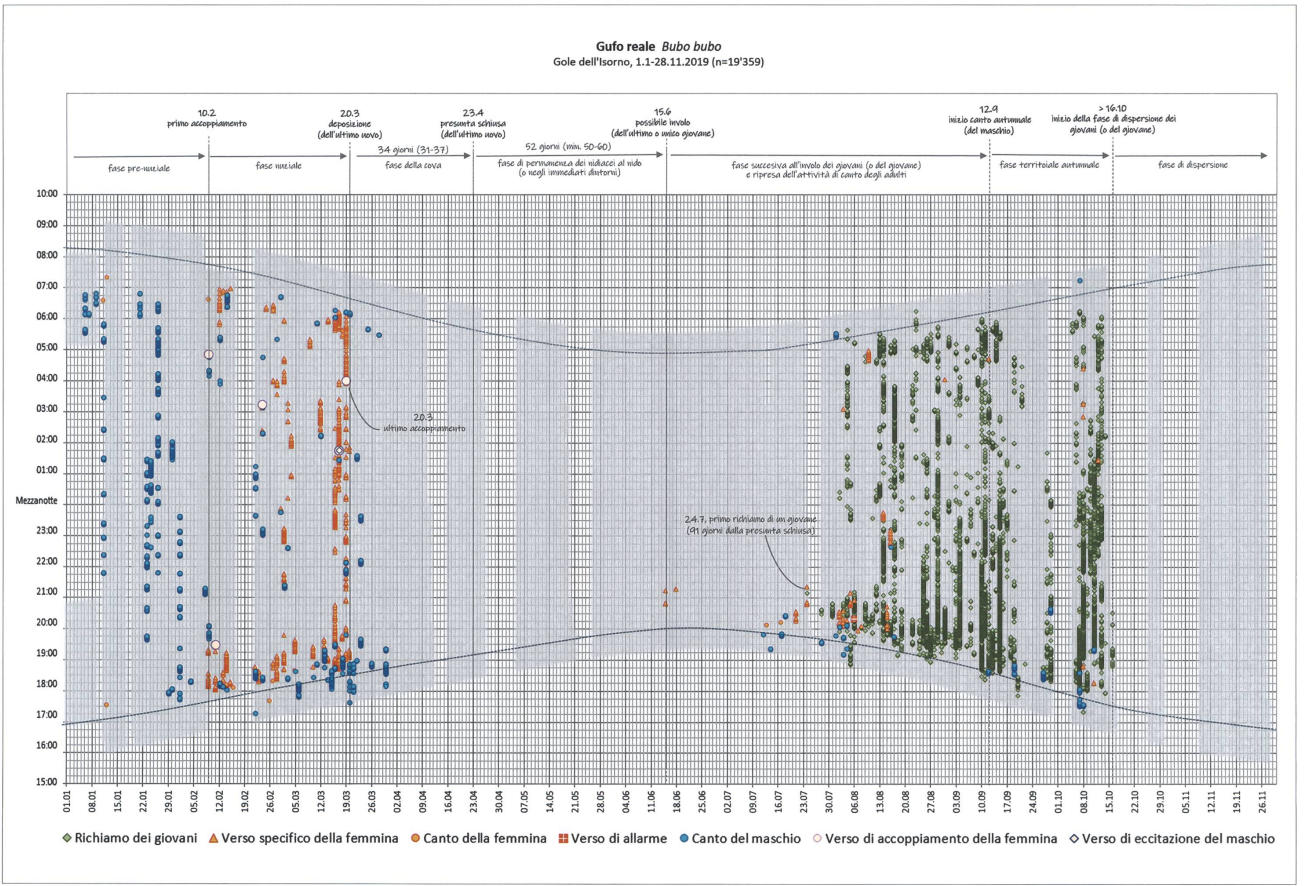


Figura 8: Distribuzione temporale delle diverse vocalizzazioni di gufo reale (n = 19'359) rilevate tra inizio gennaio e fine novembre 2019. Linee tratteggiate: andamento annuale dell'alba e del tramonto. Area evidenziata in grigio: durata effettiva delle registrazioni (da un'ora prima a un'ora dopo il tramonto, eccetto nei periodi 1-8, 1 e 9-17/2, 2019).

momenti di trasferimento del cibo tra maschio e femmina, rispettivamente tra quest'ultima e i nidiacei).

Fase dell'involo dei giovani

Il 15 giugno e il 18 giugno 2019 sono stati nuovamente captati alcuni versi della femmina un'ora circa dopo il tramonto. Il numero esiguo di queste vocalizzazioni non permette però di trarre conclusioni sul loro significato, ma è ipotizzabile che possa essersi trattato di segnali di allerta o di richiamo rivolti a giovani (o al giovane) allontanatisi dal nido (la data del 15.6.2019 corrisponde a un'età stimata di 52 giorni dalla presunta schiusa). I giovani sono infatti in grado di volare fino a 1-2 m di distanza dopo circa 50 giorni (7-8 settimane), ma solo dopo circa 60 giorni raggiungono in volo in modo mirato un luogo vicino, mentre volano attivamente dopo 70 giorni (10 settimane) (Glutz von Blotzheim & Bauer 1980). A causa della probabile posizione sfavorevole del punto di ascolto, anche in questa occasione non è stato possibile captare i segnali nelle prime fasi dell'involo, quando i giovani restano ancora vicino al luogo di nascita. I primi richiami risalgono infatti soltanto al 24 luglio 2019 a un'età stimata di 91 giorni, quando i giovani sono in grado di volare attivamente e possono ampliare il proprio raggio di azione, avvicinandosi così maggiormente anche al punto di registrazione.

Dal 5 agosto 2019 in poi (103 giorni dalla presunta schiusa) le vocalizzazioni, fino ad allora circoscritte alle prime ore dopo il tramonto, si sono fatte vieppiù numerose, intense e distribuite su tutto l'arco della notte (in alcuni casi anche un'ora prima del tramonto e tre quarti d'ora dopo l'alba). Tra le molte migliaia di vocalizzazioni analizzate non è tuttavia mai stato possibile individuare i richiami di due o più esemplari contemporaneamente all'interno di una stessa serie: ciò induce a pensare che solo un esemplare abbia realmente raggiunto l'involo oppure che, eccezionalmente, la covata sia stata di un solo uovo.

Sorprende tuttavia constatare la totale assenza di segnali da parte degli adulti fino al 12 luglio 2019, quando è ripresa in modo repentino l'attività canora da parte di entrambi i sessi con numerose vocalizzazioni (canto del maschio e della femmina, richiamo della femmina, versi di allarme), specialmente tra un'ora prima e un'ora dopo il tramonto. Questa fase di attività canora da parte degli adulti è concomitante con quella in cui si intensificano i richiami dei giovani, che a metà luglio sono ormai in grado di volare attivamente (età stimata il 12 luglio 2019: 79 giorni).

Fase territoriale autunnale

Dopo una pausa di circa tre settimane dall'ultima vocalizzazione (17.8.2019), l'attività canora del maschio è ripresa nuovamente in modo piuttosto intenso tra metà settembre e metà ottobre (12.9-11.10.2019), principalmente nelle ore a cavallo del tramonto e nelle prime ore della sera. Il canto della femmina non ha invece mai potuto essere rilevato. La femmina ha invece continuato a manifestarsi anche durante le ore notturne con i suoi tipici versi, più in risposta ai richiami del giovane che non al canto del maschio. Quest'ultimo periodo

coincide con una nuova fase di difesa del territorio da parte del maschio e con il rinsaldo dei vincoli di coppia (Mebs & Scherzinger 2008).

Fase della dispersione dei giovani

Gli abbondantissimi richiami notturni del giovane sono proseguiti per oltre due mesi e mezzo dalla fine di luglio al 17 ottobre 2019, data in cui purtroppo le registrazioni si sono interrotte a causa dello scaricamento precoce delle batterie. Nessun segnale né degli adulti né del giovane è stato captato in seguito, nonostante le registrazioni siano nuovamente riprese dal 28 ottobre al 28 novembre (con una nuova interruzione nel periodo 31.10-11.11.2019). L'inizio della fase di dispersione, che segna l'abbandono definitivo del luogo natale da parte del giovane, deve essere quindi avvenuta tra il 17 ottobre e il 28 ottobre 2019 a un'età stimata di circa 170-180 giorni (circa 24-26 settimane).

DISCUSSIONE

Registrazioni

Sebbene la qualità delle registrazioni sia risultata generalmente soddisfacente, il rumore di fondo causato dal fragore delle acque del fiume nelle gole, più o meno forte secondo le stagioni e le precipitazioni, ha talvolta causato un parziale mascheramento dei suoni più deboli e di quelli confinati nelle frequenze più basse (in particolare il canto del maschio e quello della femmina). La particolare topografia delle gole ha inoltre prodotto l'eco in alcune sequenze sonore, ciò che ha reso più difficile la successiva fase di analisi. Un inconveniente di rilievo è stato in più occasioni lo scaricamento troppo rapido delle batterie che ha causato l'interruzione delle registrazioni in ben otto occasioni, causando la perdita di informazioni preziose in alcuni periodi dell'anno. La velocità di scaricamento delle batterie non è infatti prevedibile con precisione, in quanto dipende da un gran numero di fattori quali la temperatura, il tipo e la qualità delle batterie, il tipo di schede di memoria impiegate, la frequenza di campionamento, i tempi di latenza tra una registrazione e l'altra e altro ancora.

Analisi e interpretazione dei dati

L'analisi dei suoni con Kaleidoscope Pro ha permesso di rilevare in modo automatizzato la quasi totalità delle vocalizzazioni presenti nelle registrazioni grazie all'inserimento di parametri specifici per ognuna di esse. Obiettivo prioritario dell'analisi non era infatti soltanto quello di massimizzare il rilevamento dei suoni effettivamente ricercati (*target*), ma al contempo anche di minimizzare il numero dei suoni da escludere (*non-target*). Ciò ha comportato un grande investimento iniziale di tempo per l'individuazione dei parametri migliori da impiegare nelle analisi con Kaleidoscope Pro, attraverso test specifici per ognuna delle vocalizzazioni ricercate.

Affinché il software sia in grado d'individuare le varie vocalizzazioni è indispensabile che il segnale possa essere distinto dal rumore di fondo, ciò che non è sempre stato possibile a causa dell'acustica particolare delle

gole. Nell'interpretazione dei risultati occorre dunque tenere presente che suoni deboli, molto lontani o emessi da posizioni sfavorevoli rispetto al punto di ascolto possono essere passati inosservati, sebbene la specie possa comunque essere stata presente. Talvolta si può intuire ciò anche dall'esame della distribuzione delle vocalizzazioni, come per esempio l'apparente assenza del canto del maschio (troppo lontano dal punto di ascolto) in presenza del canto o dei versi d'incitazione della femmina (*soliciting calls*), che in quel momento si trovava più vicina al punto di registrazione. In alcuni casi la traccia del canto del maschio lasciata nei sonogrammi da vocalizzazioni molto lontane è però risultata ancora visivamente riconoscibile, sebbene non fosse più percettibile all'ascolto (nemmeno in cuffia dopo aver filtrato i suoni). Questi suoni estremamente deboli non sono infatti rilevabili dall'analisi di Kaleidoscope Pro, ma possono comunque venire individuati con un accurato esame visivo dei sonogrammi prodotti. Questa ulteriore possibilità rende le registrazioni sonore un mezzo particolarmente potente per l'individuazione della specie anche laddove l'orecchio umano non è più in grado di percepirne il suono.

Vocalizzazioni

Lo studio ha prodotto un numero molto elevato di sequenze sonore, che hanno permesso non solo di caratterizzare le principali emissioni vocali della specie, ma anche il loro grado di variabilità. I richiami dei giovani (o del giovane), seppure rilevati soltanto tra fine luglio e metà ottobre, hanno costituito ben i tre quarti di tutte le vocalizzazioni, mentre il quarto rimanente è rappresentato quasi interamente dal canto del maschio e dal verso specifico della femmina. L'insieme delle vocalizzazioni restanti (canto della femmina, versi di allarme, versi di accoppiamento di entrambi i sessi) sono infatti da considerare ininfluenti dal profilo quantitativo, poiché complessivamente non hanno superato lo 0.3% del totale. Percentuali analoghe sono riportate in studi recenti per quanto concerne le emissioni vocali dei soli adulti (Mollet 2019).

Il canto del maschio (400-450 Hz) ha mostrato una frequenza elevata rispetto alla media degli altri maschi di questa specie (360-430 Hz in 27 esemplari, media 384 Hz (Glutz von Blotzheim & Bauer 1980)). Il canto della femmina ha per contro mostrato una certa variabilità delle emissioni vocali con modulazione delle note. Queste vocalizzazioni sono comunque rimaste costanti nell'arco di tutto l'anno sia nel maschio sia nella femmina. Come mostrato da alcuni autori (Lengange 2005), le vocalizzazioni resterebbero costanti anche nel corso degli anni, permettendo così di monitorare i singoli individui sul lungo periodo.

I versi tipici della femmina, emessi soprattutto durante il periodo nuziale e nuovamente dopo l'involo dei giovani, hanno mostrato un gran numero di sfumature sonore che meriterebbero uno studio più approfondito riguardo a variabilità e significato. Insolitamente rari sono stati i versi di allarme di entrambi i sessi, rilevati in pochissime occasioni e da troppo lontano per produrre tracce apprezzabili nei sonogrammi. Ottime sequenze sonore sono invece state ottenute durante le

fasi di accoppiamento: ciò ha permesso di mettere in evidenza le vocalizzazioni più rare tipiche del maschio e della femmina prima e durante la copula, di particolare rilievo ai fini del monitoraggio della nidificazione. I duetti caratteristici della fase nuziale (di quella che precede l'accoppiamento in particolare) si sono mostrati composti soprattutto dal canto del maschio e dal verso proprio della femmina, mentre il canto della femmina si è rivelato molto più raro. Purtroppo non è stato possibile individuare le prime vocalizzazioni dei nidiacei né seguire l'intero sviluppo del richiamo del giovane dopo l'involo fino all'abbandono del luogo natale (a causa dell'interruzione inaspettata delle registrazioni). Non è neppure stato possibile individuare un secondo tipo di richiamo, in cui la tipica vocalizzazione monotonale del giovane è sostituita (o accompagnata) da una seconda vocalizzazione simile ma bitonale, che già si avvicina al canto degli adulti. Come rilevato da Scherzinger (1974) in esemplari in cattività, questa vocalizzazione bitonale può manifestarsi a partire dalla 7. settimana di vita. Secondo (Heinroth & Heinroth 1924-1931) il tipico canto bitonale degli adulti sarebbe emesso dai giovani al più presto soltanto a partire dal quinto mese, mentre Desfayes & G eroudet (1949) menzionano un suono simile al canto dell'adulto in giovani di 129 giorni di et  (circa quattro mesi e mezzo).

Monitoraggio del ciclo biologico

La possibilit  di seguire le vocalizzazioni in modo continuo sull'arco di circa un anno ha permesso di monitorare con un buon grado di precisione le diverse fasi del ciclo biologico della specie, sebbene la posizione esatta del sito di nidificazione non fosse nota (n  lo sia nel momento di redazione del presente articolo). Come detto, il punto di ascolto si   rivelato non idoneo per riuscire a rilevare anche le vocalizzazioni pi  deboli dei nidiacei nelle prime fasi di vita, cos  come quelle della femmina durante la cova e il successivo periodo di accudimento dei nidiacei. Per contro le varie vocalizzazioni emesse durante le fasi di accoppiamento, di cui alcune anche molto vicine al punto di ascolto, hanno documentato nel dettaglio l'intero periodo nuziale e permesso di individuare la data di deposizione dell'ultimo (o unico) uovo, alla quale ha fatto seguito la brusca interruzione dell'attivit  canora da parte della femmina. Ci  ha permesso di stimare, seppure con una certa approssimazione, le date relative alla cova e alla permanenza al nido dei nidiacei, rispettivamente quella dell'involo. Complessivamente la distribuzione temporale delle vocalizzazioni primaverili precedenti la deposizione   stata simile a quanto riportato da altri autori (Piechocki & M arz 1985; Penteriani 2002; Delgado & Penteriani 2007), con un picco da parte del maschio nella fase pre-nuziale seguita da un forte incremento delle emissioni sonore da parte della femmina, per buona parte in duetto con il maschio, durante il periodo dell'accoppiamento vero e proprio.

I tipici richiami giovanili sono per  apparsi soltanto alla fine del mese di luglio, poco dopo la ripresa dell'attivit  canora da parte degli adulti di entrambi i sessi. I richiami si sono fatti molto intensi e numerosi a partire dall'inizio di agosto a un'et  stimata di circa 100-110

giorni. Ciò corrisponde in modo sorprendente a quanto riportato da altri autori, che indicano in circa 110 giorni l'età a partire dalla quale queste vocalizzazioni si fanno più numerose e uniformemente distribuite sull'arco della notte, diventando così un utile mezzo per individuare i siti di nidificazione occupati (Penteriani & Delgado 2019). Come detto in precedenza, in base all'analisi dei richiami è però molto probabile che solo un esemplare sia sopravvissuto fino all'involto, ciò che del resto riflette il successo riproduttivo della specie in Svizzera stimato in 1-2 (media 1.32) giovani involati per coppia (Maumary et al. 2007).

Un secondo picco nelle emissioni vocali soprattutto da parte del maschio è stato registrato tra metà settembre e metà ottobre in corrispondenza alla ripresa della fase territoriale autunnale. Un'imprevista interruzione delle registrazioni a metà ottobre non ha purtroppo più permesso di seguire l'evoluzione delle vocalizzazioni fino alla fine del mese, impedendo quindi di conoscere la durata complessiva dell'attività di canto degli adulti in autunno, così come il momento della scomparsa del giovane dal luogo natale.

La totale assenza di vocalizzazioni da parte degli adulti da metà ottobre a fine novembre corrisponde probabilmente a un periodo di inattività prima della ripresa della nuova fase territoriale. Non si può tuttavia escludere che la coppia abbia temporaneamente abbandonato l'area delle gole per raggiungere altri luoghi in grado di offrire maggiori opportunità di alimentazione. L'abbandono temporaneo del territorio di nidificazione tra novembre e gennaio, da parte di una specie per altro molto fedele ai luoghi di riproduzione, è infatti già stato documentato da altri autori (März 1940).

La scomparsa del giovane dal luogo di nascita ha invece certamente avuto luogo tra la metà e la fine del mese di ottobre all'età di circa 170-180 giorni (circa 24-26 settimane). Questi risultati concordano con quanto indicato in studi recenti in Vallese e nelle regioni confinanti, che hanno investigato la fase di dispersione mediante metodi convenzionali e satellitari di radiotelemetria (Aebischer et al. 2010). Sulla base di 41 giovani presi in esame, la fase di dispersione ha preso avvio tra metà agosto e la seconda decade di novembre (mediana: 30 settembre) a un'età compresa tra 144 e 203 giorni (mediana: 161 giorni, 23 settimane). L'indagine ha mostrato che i giovani sono in grado di coprire distanze considerevoli tra il luogo natale e il primo luogo di permanenza dopo la fase di dispersione (in media 102 km, al massimo di 230 km), valicando spesso anche alte creste fino a 3'000 m di altitudine.

CONCLUSIONI

Le considerazioni che emergono dal presente studio indicano chiaramente come l'impiego di metodi bioacustici passivi possa essere di grande aiuto nel monitoraggio del ciclo biologico e del successo riproduttivo di questa e altre specie difficilmente osservabili in natura. I più moderni strumenti di registrazione automatizzata dei suoni e i nuovi programmi di analisi aprono nuove prospettive sull'impiego dei metodi bioacustici nello

studio del linguaggio e del comportamento vocale di molte specie, così come nel monitoraggio delle popolazioni con metodi affidabili e standardizzati. L'approccio bioacustico diventa addirittura indispensabile nei luoghi più impervi e inaccessibili oppure là dove, per motivi diversi, l'osservazione diretta non è in alcun modo possibile. Questo è certamente anche l'aspetto più sorprendente del presente studio: riuscire a descrivere l'intero ciclo biologico di una coppia di gufi reali, senza averli mai visti una sola volta!

RINGRAZIAMENTI

L'autore ringrazia Luca Pagano per la collaborazione nella localizzazione e nel monitoraggio della specie durante la prima fase dello studio, che ha richiesto frequenti visite sul terreno per reperire i migliori punti di ascolto e controllare i registratori. Ringrazia anche Chiara Pradella per il prezioso aiuto nella ricerca della bibliografia, Nicola Zambelli e Bärbel Koch per la rilettura critica del testo, così come Brigitte Marazzi per la revisione dell'abstract in inglese.

REFERENZE BIBLIOGRAFICHE

- Aebischer A., Nyffeler P. & Arlettaz R. 2010. Wide-rand dispersal in juvenile Eagle Owls (*Bubo bubo*) across the European Alps calls for transnational conservation programmes. *Journal of Ornithology*, 151: 1-9.
- Cramp S. 1985. Handbook of the birds of Europe, the Middle East and North Africa. The birds of the Western Palearctic. Volume IV. Terns to Woodpeckers. Oxford, New York, Oxford University Press, 960 pp.
- Del Hoyo J., Elliot A. & Sargatal J. 1999. Handbook of the birds of the world. Vol. 5. Barn-owls to Hummingbirds. Barcelona, Lynx Editions, 759 pp.
- Delgado M. M. & Penteriani V. 2007. Vocal behaviour and neighbour spatial arrangement during vocal displays in eagle owls (*Bubo bubo*). *Journal of Zoology*, 271: 3-10.
- Desfayes M. & G eroudet P. 1949. Notes sur le Grand-Duc. *Nos Oiseaux*, 20: 49-60.
- Frey P. 1969. Beobachtungen zur Brut- und Ern ahrungsbiologie des Uhus im Oberengadin. Unveröff. Diplomarbeit am Zool. Inst. Univ. Zürich. Typoskript, 156 pp. In: Glutz von Blotzheim U. N. & Bauer K. M. 1980. Handbuch der Vögel Mitteleuropas. Band 9: Columbiformes - Piciformes. Wiesbaden, Akademische Verlagsgesellschaft, 1148 pp.
- Glutz von Blotzheim U. N. & Bauer K. M. 1980. Handbuch der Vögel Mitteleuropas. Band 9: Columbiformes - Piciformes. Wiesbaden, Akademische Verlagsgesellschaft, 1148 pp.
- Görner M. 2016. Zur Oekologie des Uhus (*Bubo bubo*) in Thüringen - Eine Langzeitstudie. *Acta ornithoecologica*, 8(3-4): 149-320.
- Heinroth O. & Heinroth M. 1924-1931. Die Vögel Mitteleuropas, Bd. 2. Berlin, Nachdruck 1967. In: Piechocki R. & März R. 1985. Der Uhu. Wittenberg Lutherstadt, Die Neue Brehm-Bücherei, 5.  berarbeitete Auflage.
- Jenny D. 2011. Bestandsentwicklung und Bruterfolg des Uhus *Bubo Bubo* im Engadin. *Der Ornithologische Bobachter*, 108(3): 233-250.

- Jenny D. & Strimer R. 2011. Brut des Uhus *Bubo bubo* mit fünf Eiern und später vier flüggen Jungvögeln im Engadin. Der Ornithologische Beobachter, 108(2): 117-121.
- Keller V., Gerber A., Schmid H., Volet B. & Zbinden N. 2010. Rote Liste Brutvögel. Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2010. Bundesamt für Umwelt, Bern, und schweizerische Vogelwarte, Sempach. Umwelt-Vollzug Nr. 1019, 53 S.
- Knaus P., Antoniazza S.W., Guélat J., Kéry M., Strebel N. & Sattler T. 2018. Atlante degli uccelli nidificanti in Svizzera 2013-2016. Distribuzione ed evoluzione degli effettivi degli uccelli in Svizzera e nel Liechtenstein. Sempach, Stazione ornitologica svizzera, 64 pp.
- Lardelli R. & Zbinden N. 2017. Il Gufo reale *Bubo bubo* in Ticino: confronto fra tre censimenti (1987-1989, 2009-2011, 2013-2016). Ficedula, 51: 25-31.
- Leibundgut H. 1973. Studien über das Verhalten des Uhus in der Gefangenschaft. Zeitschrift für Jagdwissenschaft: 122-131. In: Piechocki R. & März R. 1985. Der Uhu. Wittenberg Lutherstadt, Die Neue Brehm-Bücherei, 5. überarbeitete Auflage.
- Lengange T. 2005. Stimmanalyse beim Uhu *Bubo bubo* - eine Möglichkeit zur Individualerkennung. Ornithologischer Anzeiger, 44: 91-97.
- Magnus R. 2015. Undiscovered Owls. Poole, Dorset, UK, Undiscovered owls: A sound approach guide. The Sound Approach, Dorset, United Kingdom.
- März R. 1940. Querschnitt durch eine mehrjährige Nahrungskontrolle einiger Uhu-paare. Beiträge zur Fortpflanzungsbiologie der Vögel, 16: 125-222.
- Maumary L., Vallotton L. & Knaus P. 2007. Les oiseaux de Suisse. Station ornithologique suisse, Sempach et Nos Oiseaux, Montmolin, 848 pp.
- Mebs T. & Scherzinger W. 2008. Die Eulen Europas. Biologie, Kennzeichen, Bestände. Stuttgart, Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co. KG, 398 pp.
- Mollet P. 2019. Ueber die Rufaktivität eines Uhu-paares zur Balzeit. Der Ornithologische Beobachter, 116(1): 41-46.
- Mosimann-Kampe P., Haller H. & Arlettaz R. 1998. Verbreitung und Bestand des Uhus *Bubo bubo* in der Schweiz. Der Ornithologische Beobachter, 95: 143-151.
- Penteriani V. 2002. Variation in the function of Eagle Owl vocal behaviour: territorial defence and intra-pair communication? Ethology, Ecology & Evolution, 14: 275-281.
- Penteriani V. & Delgado M. M. 2019. The Eagle owl. London, T & AD Poyser, 384 pp.
- Penteriani V., Delgado M.M., Maggio C., Aradis A., & Sergio F. 2005. Development of chicks and dispersal behaviour of young in the Eagle Owl *Bubo bubo*. Ibis, 147: 155-168.
- Piechocki R. & März R. 1985. Der Uhu. Wittenberg Lutherstadt, Die Neue Brehm-Bücherei, 5. überarbeitete Auflage.
- Schaub M., Aebischer A., Gimenez O., Berger S. & Arlettaz R. 2010. Massive immigration balances high anthropogenic mortality in a stable eagle owl population: Lessons for conservation. Biological conservation, 143(8): 1911-1918.
- Scherzinger W. 1974. Die Jugendentwicklung des Uhus (*Bubo bubo*) mit Vergleich zu der von Schneeuule (*Nyctea scandiaca*) und Sumpfohreule (*Asio flammeus*). Bonner zoologische Beiträge, 25(1-3): 123-147.