



La Riserva Naturale Integrale di **Sasso Fratino**



Reparto Carabinieri Biodiversità Pratovecchio
via Dante Alighieri Pratovecchio 41 - 52015 Pratovecchio Stia (Arezzo)
tel. 0575 583763 - 582504
043602.001@carabinieri.it | far43602@pec.carabinieri.it

*Credi a chi ne ha esperienza: nelle foreste troverai più
che non nei libri. L'albero e le rocce ti insegneranno ciò
che non puoi imparare dai maestri*

(San Bernardo di Chiaravalle, Lettera a Enrico Murdach)

Coordinamento e organizzazione generale

2^a Edizione **PAOLA CIAMPELLI** (2018)

1^a Edizione **ALESSANDRO BOTTACCI** (2009)

Fotografie: gli autori sono citati nelle singole foto

Foto copertina: L. Di Battista

Foto retro copertina: A. Bottacci e Archivio Reparto Carabinieri Biodiversità Pratovecchio

Elaborazioni cartografiche: A. Alterini, E. Grasso

LA RISERVA NATURALE INTEGRALE DI SASSO FRATINO

a cura di Alessandro Bottacci e Paola Ciampelli

AGC Edizioni

Nuova edizione ampliata dicembre 2018

ISBN 978-88-96140-87-1

CITAZIONI BIBLIOGRAFICHE CONSIGLIATE

Citazioni generali dell'opera:

Bottacci A., Ciampelli P. (a cura di), AGC Edizioni, 2018 - *La Riserva Naturale Integrale di Sasso Fratino*, RCCB Pratovecchio.

Citazioni di un capitolo:

Bernicchia A., Pérez Gori6n S., 2009, «La biodiversità fungina nella Riserva naturale integrale di Sasso Fratino», in Bottacci A., Ciampelli P. (a cura di), AGC Edizioni, 2018 - *La Riserva Naturale Integrale di Sasso Fratino*, Reparto Carabinieri Biodiversità (RCCB) Pratovecchio.

AUTORI

Paolo Agnelli

Museo di Storia Naturale, Università degli Studi di Firenze, Sezione di Zoologia “La Specola”, via Romana 17, I-50125 Firenze, Italia

Nevio Agostini

Servizio Promozione, Ricerca e Conservazione della Natura del Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi, Monte Falterona e Campigna, via Neferti 3, I-47018 Santa Sofia (FC), Italia

Davide Alberti

Servizio Promozione, Ricerca e Conservazione della Natura del Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi, Monte Falterona e Campigna, via Neferti 3, I-47018 Santa Sofia (FC), Italia

Michele Baliva

Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali (DAFNE), Università degli Studi della Tuscia, località Riello, I-01100 Viterbo, Italia

Renato Benesperi

Università degli Studi di Firenze, Dipartimento di Biologia, via La Pira 4, I-50121 Firenze, Italia

Annarosa Bernicchia

Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agroambientali, Università degli Studi di Bologna, via Fanin 42, I-40127 Bologna, Italia

Libvio Bianchi

Libero professionista, liv-bian@libero.it

Ilaria Bonini

Museo Botanico, Dipartimento di Scienza della Vita, Università degli Studi di Siena, via P. A. Mattioli 4, I-53100 Siena, Italia

Alessandro Bottacci

Colonnello dell'Arma dei Carabinieri – CUFA, Comando Regione Carabinieri Forestale Toscana, già Capo dell'Ufficio Territoriale per la Biodiversità di Pratovecchio (AR), piazza Thomas Alva Edison 11, I-50133 Firenze, Italia

Pier Paolo Ceccarelli

Ornitologo, Società Cooperativa ST.E.R.N.A., via Pedriali 12, I-47121 Forlì (FC), Italia

Paola Ciampelli

Maggiore dell'Arma dei Carabinieri – CUFA, Comandante del Reparto Carabinieri Biodiversità di Pratovecchio, via Dante Alighieri Pratovecchio 41, I-52015 Pratovecchio Stia (AR), Italia

Fabio Cianferoni

Museo di Storia Naturale, Università degli Studi di Firenze, Sezione di Zoologia “La Specola”, via Romana 17, I-50125 Firenze, Italia
Istituto di Ricerca sugli Ecosistemi Terrestri (IRET), Consiglio Nazionale delle Ricerche (CREA), via Salaria Km 29,300, I-00015 Monterotondo (Roma), Italia

Luciano Cicognani

Tecnico Faunistico, Società Cooperativa ST.E.R.N.A., via Pedriali 12, I-47121 Forlì (FC), Italia

Fabio Clauser

Dirigente Superiore del CFS a riposo, già Amministratore delle Riserve Naturali Casentinesi, via Montalbino 4, I-52015 Pratovecchio (AR), Italia

Barbara Cursano

Ornitologo – Centro Ornitologico Toscano – C.P. 470, I-57100 Livorno, Italia

Alfredo Di Filippo

Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali (DAFNE), Università degli Studi della Tuscia, località Riello, I-01100 Viterbo, Italia

Filippo Fabiano

Museo di Storia Naturale, Università degli Studi di Firenze, Sezione di Zoologia “La Specola”, via Romana 17, I-50125 Firenze, Italia

Paola Fazzi

Wildlife biologist Independent Researcher, via S. Genesio 84/A, località Giustagnana, I-55047 Seravezza (LU), Italia

Vincenzo Gonnelli

Istituto Professionale di Stato per l'Agricoltura e l'Ambiente “A.M. Camaiti”, via S. Lorenzo-Belvedere 18, I-52036 Pieve S. Stefano (AR), Italia

Sergio Pérez Gorján

Departamento de Botánica & Centro Hispano-Luso de Investigaciones Agrarias, Universidad de Salamanca, Avda. Licenciado Méndez Nieto s/n. 37007, Salamanca, Spagna

Elisabetta Lori

Museo di Storia Naturale, Università degli Studi di Firenze, Sezione di Zoologia “La Specola”, via Romana 17, I-50125 Firenze, Italia

Marco Lucchesi

Wildlife biologist Independent Researcher, via S. Genesio 84/A, località Giustagnana, I-55047 Seravezza (LU), Italia

Federica Mattucci

Area per la Genetica della Conservazione, ISPRA, via Ca' Fornacetta 9, I-40064 Ozzano dell'Emilia (BO), Italia

Giuseppe Mazza

Museo di Storia Naturale, Università degli Studi di Firenze, Sezione di Zoologia “La Specola”, via Romana 17, I-50125 Firenze, Italia
Centro di Ricerca Difesa e Certificazione (CREA), sede di via di Lanciola 12/A, Cascine del Riccio, I-50125 Firenze, Italia

Franca Monti

Naturalista, Società Cooperativa ST.E.R.N.A., via Pedriali 12, I-47121 Forlì (FC), Italia

Maurizio Nanni

Brigadiere Capo dell'Arma dei Carabinieri – CUFA, Reparto Carabinieri Biodiversità di Pratovecchio, via Dante Alighieri Pratovecchio 41, I-52015 Pratovecchio – Stia (AR), Italia

Silvia Olivari

Tenente Colonnello dell'Arma dei Carabinieri – CUFA, Comandante del Reparto Carabinieri Parco Cinque Terre, Monterosso/Speszia, via Fegina 34 Bis, I-19016 Monterosso al Mare (SP), Italia

Marco Paci

Dipartimento di Scienze e Tecnologie Ambientali Forestali, Università degli Studi di Firenze, via San Bonaventura 13, I-50145 Firenze, Italia

Gianni Pavan

Centro Interdisciplinare di Bioacustica e Ricerche Ambientali Dipartimento di Scienze della Terra e dell'Ambiente Università di Pavia, via Taramelli 24, I-27100 Pavia, Italia

Gianluca Piovesan

Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali (DAFNE), Università degli Studi della Tuscia, località Riello, I-01100 Viterbo, Italia

Emanuele Presutti Saba

Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali (DAFNE), Università degli Studi della Tuscia, località Riello, I-01100 Viterbo, Italia

Pamela Priori

Museo Ornitologico “F. Foschi” e ST.E.R.N.A. via Pedriali 12, I-47121 Forlì, Italia

Giovanni Quilghini

Tenente Colonnello dell'Arma dei Carabinieri – CUFA, Comandante del Reparto Carabinieri Biodiversità di Follonica, via Bicchieri 2, I-58022 Follonica (GR), Italia

Roberta Righini

Centro Interdisciplinare di Bioacustica e Ricerche Ambientali Dipartimento di Scienze della Terra e dell'Ambiente Università di Pavia, via Taramelli 24, I-27100 Pavia, Italia

Saverio Rocchi

Museo di Storia Naturale, Università degli Studi di Firenze, Sezione di Zoologia “La Specola”, via Romana 17, I-50125 Firenze, Italia

Luca Santini

Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi, Monte Falterona e Campigna, via Guido Brocchi 7, I-52015 Pratovecchio Stia (AR), Italia

Roberto Santoni

via Cherubini 42, I-50019 Sesto Fiorentino (FI), Italia

Dino Scaravelli

Museo Ornitologico “F. Foschi” e ST.E.R.N.A. via Pedriali 12, I-47121 Forlì, Italia
IUCN Bat Specialist Group c/o Dipartimento di Medicina Veterinaria Università degli Studi di Bologna, via Tolara di Sopra 50, I-40064 Ozzano dell'Emilia (BO), Italia

Giancarlo Tedaldi

Museo di Ecologia del Comune di Meldola, via della Rocca 21, I-47014 Meldola (FC), Italia

Fabio Terzani

Museo di Storia Naturale, Università degli Studi di Firenze, Sezione di Zoologia “La Specola”, via Romana 17, I-50125 Firenze, Italia

Edoardo Velli

Area per la Genetica della Conservazione, ISPRA, via Ca' Fornacetta 9, I-40064 Ozzano dell'Emilia (BO), Italia

Francesca Zinetti

Museo di Storia Naturale, Università degli Studi di Firenze, Sezione di Zoologia “La Specola”, via Romana 17, I-50125 Firenze, Italia

Antonio Zoccola

Brigadiere Capo dell'Arma dei Carabinieri – CUFA, Comandante del Nucleo Carabinieri Tutela Biodiversità – Reparto a Cavallo di Camaldoli, località Camaldoli 21, I-52014 Poppi (AR), Italia

INDICE

Prefazione (2018)	11
DAVIDE DE LAURENTIS	
Presentazione (2009)	12
ALESSANDRO BOTTACCI	
Presentazione (2018)	13
PAOLA CIAMPELLI	
Le faggete vetuste di Sasso Fratino patrimonio dell'umanità	14
PAOLA CIAMPELLI	
La nascita della riserva	19
FABIO CLAUSER	
Descrizione generale	25
ALESSANDRO BOTTACCI	
Cenni storici	33
ALESSANDRO BOTTACCI	
Il clima di Sasso Fratino	43
VINCENZO GONNELLI, ALESSANDRO BOTTACCI	
Geologia e pedologia della Riserva Naturale Integrale di Sasso Fratino	51
SILVIA OLIVARI	
Struttura e dinamismo forestale nella R.N.I. di Sasso Fratino	73
LIVIO BIANCHI, ALESSANDRO BOTTACCI, MARCO PACI, GIOVANNI QUILGHINI	
Secondo contributo alla conoscenza della flora della Riserva Naturale Integrale di Sasso Fratino (Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi, Monte Falterona e Campigna)	79
VINCENZO GONNELLI, ALESSANDRO BOTTACCI, ANTONIO ZOCCOLA	
La biodiversità fungina nella Riserva Naturale Integrale di Sasso Fratino	125
ANNAROSA BERNICCHIA, SERGIO PÉREZ GORJÓN	
Contributo alla conoscenza della flora lichenica della Riserva Naturale Integrale di Sasso Fratino	147
RENATO BENESPERI	

Contributo alla flora briologica della Riserva Naturale Integrale di Sasso Fratino (Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi, monte Falterona e Campigna).....	155
ILARIA BONINI	
Ungulati selvatici e lupo nella Riserva Naturale Integrale di Sasso Fratino	165
LUCIANO CICOGNANI, MARCO LUCCHESI, GIANCARLO TEDALDI	
Micro e mesoteriofauna della Riserva Naturale Integrale di Sasso Fratino	197
PAOLO AGNELLI, MARCO LUCCHESI	
Note sull'avifauna della Riserva Naturale Integrale di Sasso Fratino	211
BARBARA CURSANO, MARCO LUCCHESI	
Gli anfibi e i rettili della Riserva Naturale Integrale di Sasso Fratino	225
GIANCARLO TEDALDI	
Gli invertebrati della Riserva Naturale Integrale di Sasso Fratino	231
FABIO CIANFERONI, FILIPPO FABIANO, GIUSEPPE MAZZA, SAVERIO ROCCHI, FABIO TERZANI, FRANCESCA ZINETTI	
Le ricerche dendroecologiche nella faggeta vetusta di Sasso Fratino: bioclina, longevità, dinamiche di crescita e naturalità	257
ALFREDO DI FILIPPO, NEVIO AGOSTINI, DAVIDE ALBERTI, MICHELE BALIVA, PAOLA CIAMPELLI, EMANUELE PRESUTTI SABA, GIOVANNI QUILGHINI, LUCA SANTINI, ANTONIO ZOCCOLA, GIANLUCA PIOVESAN	
Integrazioni alla Flora di Sasso Fratino	263
VINCENZO GONNELLI, ANTONIO ZOCCOLA, PAOLA CIAMPELLI	
Il paesaggio sonoro	267
GIANNI PAVAN, ROBERTA RIGHINI, PAMELA PRIORI, DINO SCARAVELLI	
Evoluzione della presenza del Picchio nero (<i>Dryocopus martius</i>) nella Riserva Integrale di Sasso Fratino e nelle riserve biogenetiche del Parco delle Foreste Casentinesi	277
PIER PAOLO CECCARELLI, ELABORAZIONI GIS: FRANCA MONTI	
Indagine genetica sulla popolazione di gatto selvatico europeo nelle riserve naturali biogenetiche casentinesi (Appennino Settentrionale)	281
EDOARDO VELLI, ROBERTO SANTONI, FEDERICA MATTUCCI, PAOLA FAZZI, MARCO LUCCHESI	
Ringraziamenti	291

BOX

Diploma europeo delle Aree protette	29
MAURIZIO NANNI	
Quadro normativo di riferimento	30
MAURIZIO NANNI	
Valori di Bioindicazione da Pignatti	120
VINCENZO GONNELLI, ALESSANDRO BOTTACCI, ANTONIO ZOCCOLA	
<i>Matteuccia struthiopteris</i> : una felce da studiare	123
VINCENZO GONNELLI, ALESSANDRO BOTTACCI, ANTONIO ZOCCOLA	
Particolarità dei funghi di Sasso Fratino	146
ANNAROSA BERNICCHIA, SERGIO PÉREZ GORJÓN	
<i>Lobaria pulmonaria</i> (L.) Hoffm.	152
RENATO BENESPERI	
Le Briofite	162
ILARIA BONINI	
La presenza del muflone nella Riserva Integrale di Sasso Fratino	190
MARCO LUCCHESI	
Il gatto selvatico nelle Foreste Casentinesi	194
GIANCARLO TEDALDI	
I Chiroterteri di Sasso Fratino	206
PAOLO AGNELLI	
Il rampichino alpestre	218
BARBARA CURSANO	
L'aquila reale	219
BARBARA CURSANO, MARCO LUCCHESI	
Presenza del picchio nero nella Riserva Integrale di Sasso Fratino	222
BARBARA CURSANO, MARCO LUCCHESI	
Le grotte	253
FABIO CIANFERONI, GIUSEPPE MAZZA	
La specie aliena: <i>Arion lusitanicum</i>	254
GIUSEPPE MAZZA, FABIO CIANFERONI, FABIO TERZANI, ELISABETTA LORI	
Coleotteri rari e protetti	255
GIUSEPPE MAZZA, FABIO CIANFERONI, FABIO TERZANI, FABIO ZINETTI	

Il paesaggio sonoro

GIANNI PAVAN, ROBERTA RIGHINI, PAMELA PRIORI, DINO SCARAVELLI

La Riserva Naturale Integrale di Sasso Fratino offre un paesaggio visivo estremamente ricco che nasce dallo sviluppo indisturbato di tutte le componenti dell'ecosistema e dalla mancanza dei segni della presenza umana. Ma, oltre a un complesso paesaggio visuale, la Riserva offre anche un paesaggio sonoro ricco e articolato che nasce dall'insieme di suoni e rumori generati dall'ambiente fisico e dalla comunità di animali che lo abitano. A tutto questo si aggiungono gli alberi che, con lo stormire delle foglie e lo scricchiolare dei tronchi, contribuiscono a costruire uno specifico e riconoscibile ambiente acustico, a seconda dei luoghi arricchito dal rumore delle acque correnti.

Il paesaggio sonoro è una espressione dell'ambiente che possiamo considerare sul piano estetico, ad esempio per il piacere che proviamo nell'ascoltare i suoni e i rumori della natura, ma che ha anche un grande valore scientifico per la comprensione dei fenomeni che vi si sviluppano sia a breve che a lungo termine (Schafer, 1985; Krause, 2002; Pavan, 2012; Farina, 2014; Farina & Gage, 2017).

I suoni prodotti dagli animali, come il canto degli uccelli o il gracidiare delle rane, un tempo considerati espressione della "forza vitale" o più poeticamente espressione della "gioia di vivere", sono riconosciuti come funzionali allo svolgimento di molteplici funzioni vitali, quali l'accoppiamento e la riproduzione, il coordinamento dei comportamenti individuali e sociali, la caccia e la ricerca del cibo, la percezione dell'ambiente. La bioacustica studia i suoni prodotti dagli animali per comunicare e, nei Chiroteri e nei Cetacei, per individuare, con l'ecolocalizzazione, ostacoli e prede (Griffin, 1958). Studia anche come gli animali recepiscono e interpretano i suoni e i rumori dell'ambiente e anche come reagiscono al rumore e al disturbo prodotto

dalle attività umane (Pavan, 2015, 2017, 2018).

L'ecoacustica ha come oggetto principale di ricerca il paesaggio sonoro, definito anche ambiente acustico, ovvero l'insieme dei suoni e rumori, di origine naturale e antropica che caratterizzano un determinato ambiente. In generale, il paesaggio sonoro è costituito da tre componenti, i suoni prodotti dalla comunità biologica (*biofonia*, oggetto di studio condiviso anche con la bioacustica), i rumori generati da fenomeni naturali (pioggia, vento, tuoni, acque correnti, ecc.) che rappresentano la *geofonia*, e i suoni e rumori prodotti dall'uomo (*antropofonia*) che in alcune situazioni possono avere effetti negativi e pertanto essere considerati come "inquinamento acustico" (Pavan, 2017, 2018).

La bioacustica e l'ecoacustica sono discipline emergenti e in rapido sviluppo nelle scienze della biodiversità e della conservazione: dal riconoscimento e monitoraggio delle singole specie fino allo studio del paesaggio sonoro, forniscono nuove informazioni e strumenti per la scienza, la conservazione e l'educazione (Laiolo, 2010; Obrist et al., 2010; Favaretto et al., 2011; Pijanovsky et al., 2011; Pavan, 2015; Pavan et al., 2015). L'ecoacustica deriva dalla relazione fra bioacustica ed ecologia; studia i suoni naturali, biologici e di origine antropica e il loro rapporto con l'ambiente fisico in un ampio intervallo di scale di studio, sia spaziali che temporali, a livello individuale, comunitario e di popolazione. L'ecoacustica considera tutti gli ecosistemi terrestri e acquatici, estendendo il campo di applicazione della bioacustica e dell'acustica, e fornisce nuovi strumenti per il monitoraggio, la gestione e la conservazione dell'ambiente.

La Riserva Naturale Integrale di Sasso Fratino è un esempio di ambiente naturale in cui

paesaggio visivo e paesaggio sonoro si fondono per dare una completa percezione di ambiente naturale. A questa percezione contribuisce in modo significativo la quasi totale mancanza di rumore di origine antropica.

Lo studio e la conservazione dei paesaggi sonori hanno molteplici implicazioni, sia per la

conservazione dell'ambiente naturale e delle sue funzioni, sia per offrire al visitatore attento e consapevole il ristoro dato dal silenzio e da un ambiente ricco di stimoli con le continue variazioni dei suoni naturali. Attraverso le loro manifestazioni sonore il visitatore percepisce la vita degli animali che lo circondano, anche quando



Fig. 1 - Registratore Wildlife Acoustics SM3 collocato ai margini di Pian dei Giusti, nel cuore della RNI. La batteria esterna consente il funzionamento per circa 90 giorni. In anni successivi sono stati affiancati i nuovi modelli SM4.

non visibili, e la ricchezza e biodiversità dell'ambiente naturale. I sentieri naturalistici adiacenti alla Riserva possono anche divenire percorsi di ascolto (Pavan & Pinoli, 2007) e contribuire alla formazione di una più ampia consapevolezza della ricchezza, diversità, e complessità degli ambienti naturali, ma anche della loro vulnerabilità al rumore prodotto dall'uomo.

IL MONITORAGGIO ACUSTICO DELLA RISERVA

Per le sue caratteristiche peculiari, si è avviato nella Riserva un progetto di ricerca sul paesaggio sonoro estendendolo alle frequenze ultrasoniche che, non percepibili dall'uomo, sono usate dai Chiroterteri per volare nella completa oscurità e cacciare le loro prede, perlopiù insetti in volo, durante le ore notturne. Il programma di ricerca nasce dal progetto SABIOD (*Scaled Acoustic BIODiversity*) delle Università di Pavia e di Tolone (Francia) per lo studio del paesaggio sonoro in ambienti naturali a diverso grado di integrità e di tutela, dalle riserve naturali integrali alle aree più soggette ad attività antropiche (Pavan et al., 2015). Il progetto è anche collegato al tema delle "quiet areas" (EEA, 2016) e all'importanza del silenzio, inteso come assenza del rumore delle attività umane, soprattutto dovute ai trasporti (traffico stradale, ferroviario e aereo), che ha un impatto negativo sulla salute umana (EEA, 2014), sugli animali e sugli ecosistemi (Fristrup et al., 2012; McGregor et al., 2013; Pavan, 2015, 2017, 2018). A partire dal 2014 sono stati installati nel cuore della Riserva e in aree adiacenti diversi registratori autonomi (Figura 1), programmati per registrare il paesaggio sonoro 10 minuti ogni mezz'ora, per periodi estesi da 45 a 90 giorni consecutivi (Pavan et al., 2015). Questi strumenti registrano su memorie a stato solido che periodicamente, al cambio delle batterie del registratore, vengono estratte e copiate su computer per essere successivamente archiviate, catalogate e analizzate.

AVIFAUNA

L'analisi del paesaggio sonoro udibile fornisce un quadro dell'ambiente acustico principalmente dominato, nelle ore diurne, dai canti di numerose specie di uccelli canori.

Lo studio delle registrazioni, che richiede l'ascolto dei canti e l'analisi delle immagini spettrografiche che mostrano la struttura dei suoni,

è ancora in corso ma già consente di avere una visione della ricchezza di specie presenti.

L'analisi delle registrazioni viene effettuata a diversi livelli, dapprima una visione generale del paesaggio sonoro giornaliero con spettrogrammi compatti (ovvero la rappresentazione grafica dell'intensità di un suono in funzione del tempo e della frequenza, Figura 2), che rappresentano 24 ore e che costituiscono una sorta di "indice" attraverso il quale si cercano "pattern sonori" ripetitivi e riconoscibili (Pavan et al., 2015), quindi l'analisi si focalizza su dettagli sempre più particolari, da periodi di 10 minuti (Figura 3) fino a frammenti temporali di pochi secondi (Figura 4), per il riconoscimento specifico dei vari canti o di altri eventi sonori. Un diverso approccio fornisce invece "indici" di ricchezza, di diversità sonora e di rumore antropico, prescindendo dal riconoscimento delle specie ma fornendo invece dei valori che consentono di valutare la qualità sonora ambientale dell'area studiata (Sueur et al., 2008).

La Figura 2 mostra i suoni registrati in una intera giornata (10 minuti di registrazione ogni mezz'ora) e, pur non consentendo la visione dei suoni nel dettaglio, evidenzia la diversità di bande di frequenza, la densità e la durata delle vocalizzazioni; le figure successive (Figure 3 e 4) mostrano invece analisi con maggiore risoluzione temporale che consentono di evidenziare e riconoscere le strutture acustiche delle varie specie. Il riconoscimento delle specie, che richiede il supporto di esperti ornitologi, viene anche verificato attraverso la consultazione delle fonoteche zoologiche, archivi sonori internazionali che conservano e catalogano le registrazioni delle varie specie animali fornite da studiosi di tutto il mondo. In questo lavoro vengono anche sperimentati e perfezionati software che riconoscono l'occorrenza di "modelli", ma la supervisione di un esperto rimane essenziale.

L'analisi specifica rivela la presenza di diverse specie di allegato I della direttiva 79/409 ed esempio certo più tipico per l'ambito forestale è dato dalla presenza del Picchio nero, *Dryocopus martius* che trova qui uno dei pochi punti di presenza al di fuori delle Alpi (Campedelli et al., 2014). Ma oltre a questi elementi faunistici rari, nel bosco si trovano altre decine di specie che possono sopravvivervi per i numerosi microambienti e le reti trofiche ancora complesse

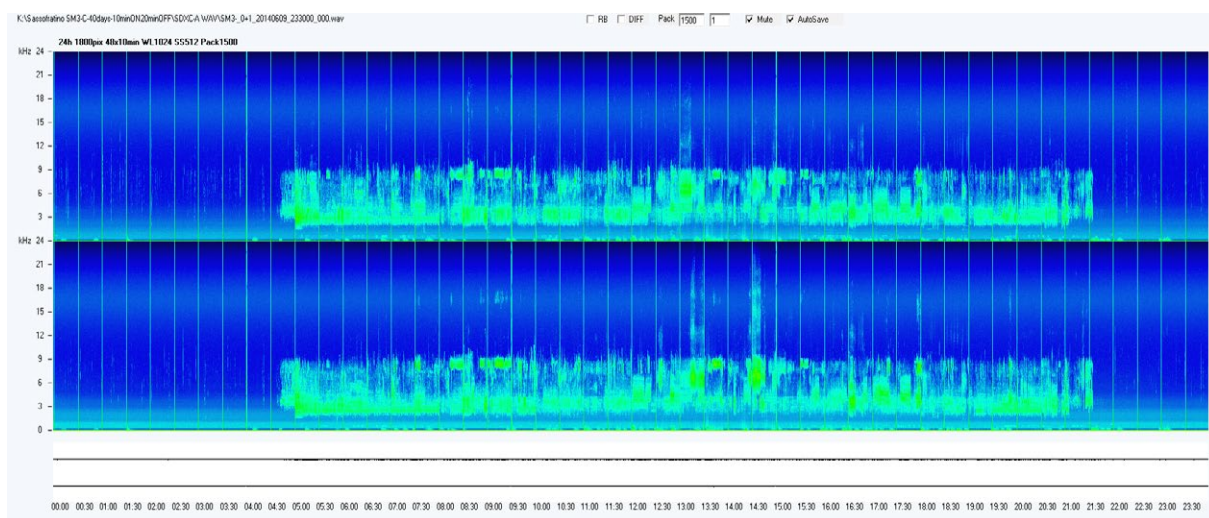


Fig. 2 - Spettrogramma compatto di un giorno di registrazione in Sasso Fratino, località la Bucaccia (2014-06-09), costituito da 10 minuti ogni mezz'ora (48 sezioni). L'immagine mostra una netta transizione all'alba e al tramonto con una intensa *biofonia* nelle ore diurne che si concentra fra 1.5 e 9 kHz. Le tracce a frequenze molto basse rappresentano il passaggio di aerei (asse x 24 ore, asse y 0-24 kHz). La figura è composta dalla rappresentazione grafica di 2 canali di registrazione.

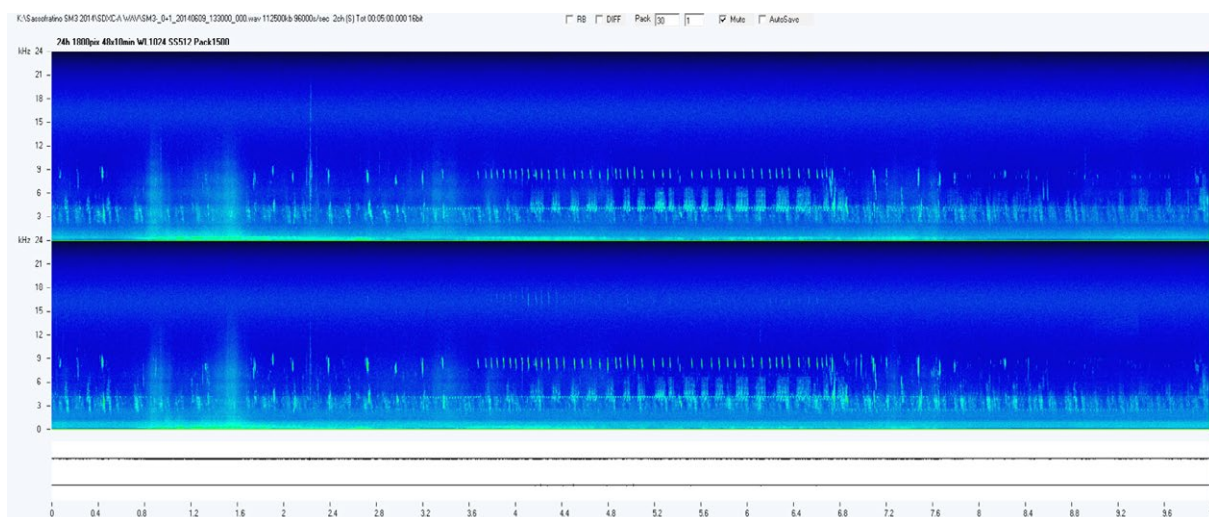


Fig. 3 - Spettrogramma compatto di 10 minuti di registrazione (2014-06-09 alle 13:30). Si notano le tracce di richiami e canti che si ripetono più volte. A sinistra il vento produce rumore sia a bassa frequenza che a larga banda, quest'ultimo generato dalle foglie mosse. (asse x 10 min, asse y 0-24 kHz, 2 canali).

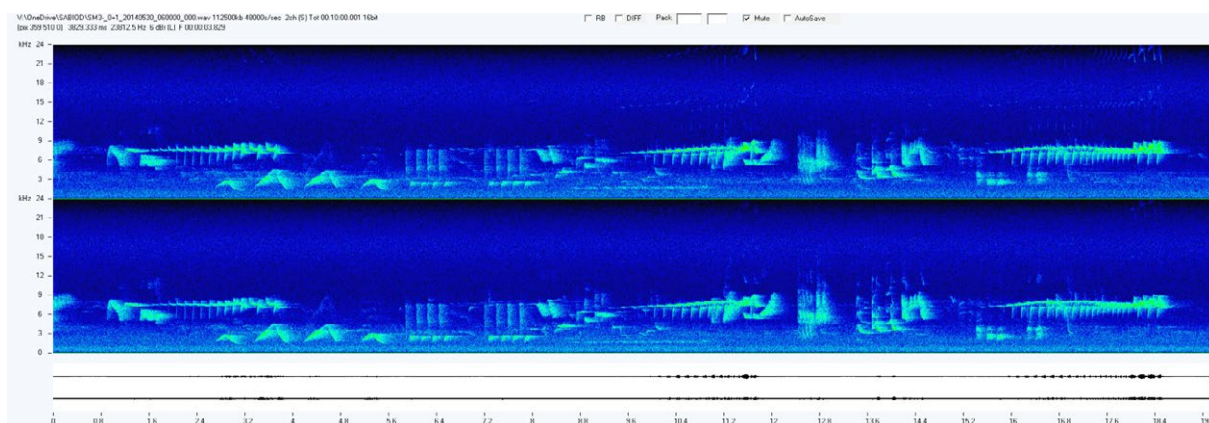


Fig. 4 - Spettrogramma ad alta risoluzione temporale che mostra la composizione della *biofonia* e consente il riconoscimento delle singole specie attraverso le forme grafiche dei relativi canti. (asse x 19.2 s, asse y 0-24 kHz, 2 canali).

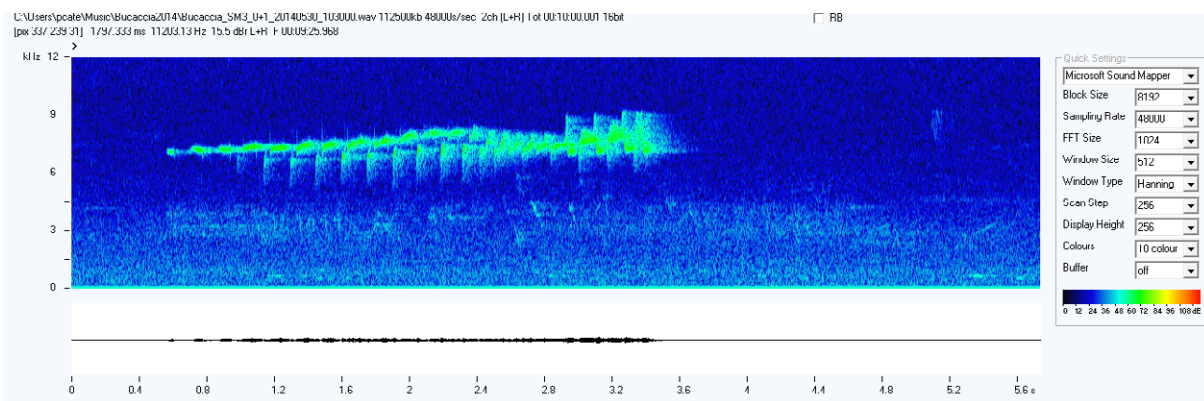


Fig. 5 - Spettrogramma ad alta risoluzione del canto di fiorrancino. (asse x 5.6 s, asse y 0-12 kHz).

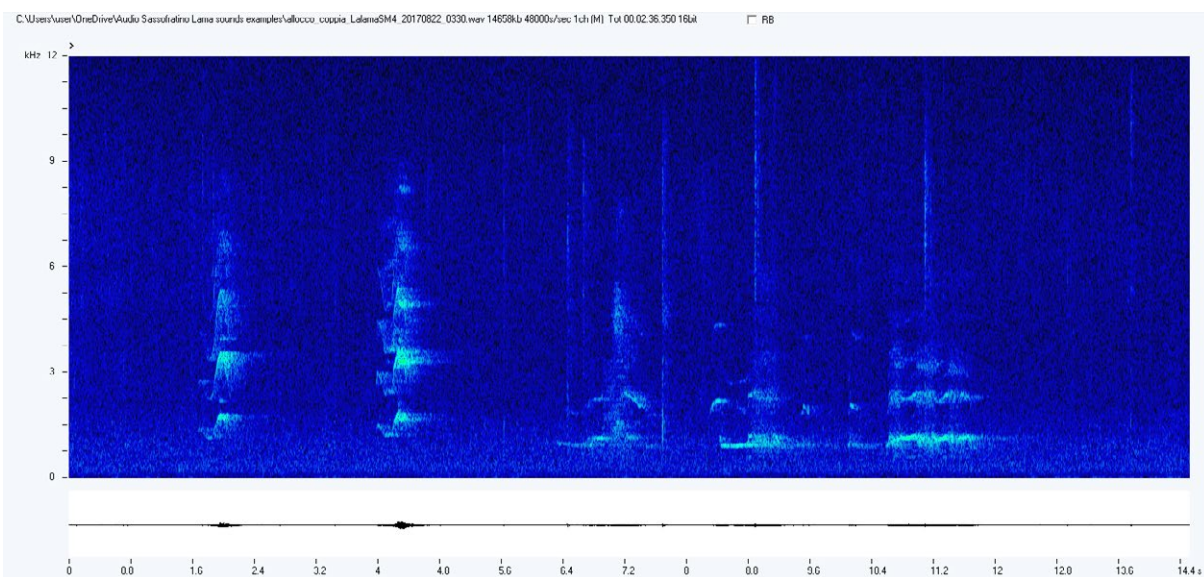


Fig. 6 - Spettrogramma ad alta risoluzione della vocalizzazione di una coppia di allocchi. (asse x s, asse y kHz). In particolare, nella specie *Strix aluco* è possibile distinguere acusticamente (e visivamente sullo spettrogramma) il verso della femmina, i primi due a sinistra, da quello del maschio, a destra.

e diversificate. Vi sono specie dai canti molto fievoli e ad alta frequenza come Fiorrancino *Regulus ignicapilla* (Figura 5), e poi Regolo *Regulus regulus*, Rampichino alpestre *Certhia familiaris*, Lui piccolo *Phylloscopus collybita* e Lui verde *Phylloscopus sibilatrix*, Usignolo *Luscinia megarinchos* e molti altri. Nelle notti silenziose emergono frequenti le note dell'Allocco *Strix aluco* (Figura 6). L'insieme di queste voci compone l'immagine di Figura 2 e indica la grande ricchezza e diversità sonora del bosco.

I CHIROTTERI E IL PAESAGGIO SONORO ULTRASONICO

I Chirotteri hanno una grande importanza per gli equilibri biologici e sono ottimi indicatori di integrità ambientale. La loro presenza testimonia la complessità e il livello di conservazione degli ambienti che abitano; tuttavia, in altri

ambienti, questi mammiferi sono in pericolo per le molteplici pressioni dovute alle attività umane proprio nei loro ecosistemi, sia naturali che variamente antropizzati, come aree urbane, periurbane, e agricole.

Per volare e catturare le prede nell'oscurità usano l'ecolocalizzazione, un sofisticato sistema di orientamento basato sull'emissione di brevi segnali ultrasonori e sulla capacità di percepire gli echi di ritorno che permette all'animale di valutare la distanza dall'oggetto colpito dall'ultrasuono oltre che ad avere informazioni sul suo movimento, dimensioni e caratteristiche (Griffin, 1958). Tutte le informazioni sonore vengono captate ed elaborate da specifiche unità del sistema nervoso centrale per la creazione di un'immagine "sonora" molto dettagliata dell'ambiente circostante e delle possibili prede (Schnitzler & Kalko, 2001).

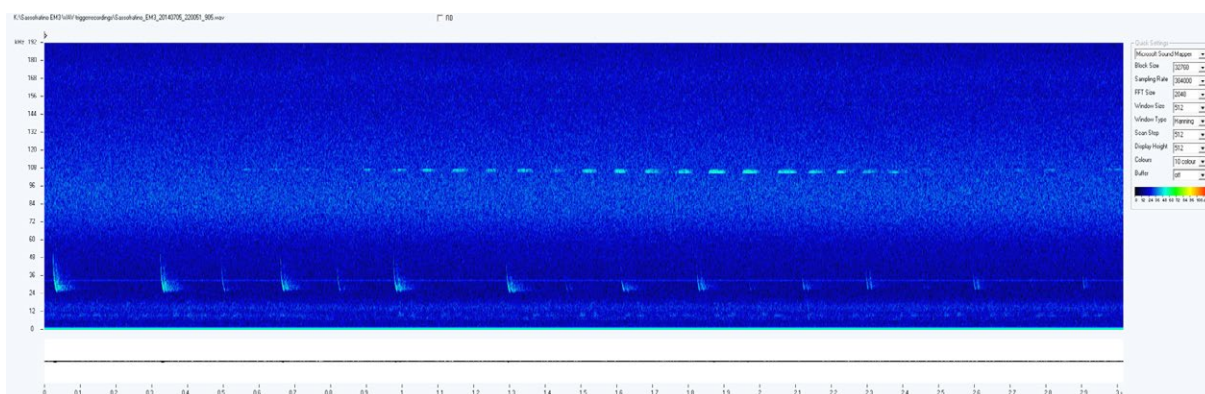


Fig. 7 - Spettrogramma di sequenze di ecolocalizzazione di due specie di Chiroterri, a circa 25 kHz e a 108 kHz; la più alta in frequenza è tipica di *Rhinolophus hipposideros* (asse x, 3 secondi; asse y 0-192 kHz). La registrazione è stata effettuata con registratore Wildlife Acoustics SM4BAT-FS.

Le specie forestali e montane sono tra le meno conosciute, sia in termini di distribuzione altitudinale sia come presenza e diversità di specie, anche nel panorama europeo. La collocazione in diversi siti, fino a 1400 metri di quota, di un registratore a loro dedicato ha fornito dati sorprendenti che indicano una diversità e una attività inattese e superiori alle aspettative. La Figura 7 mostra sequenze di ecolocalizzazione di alcune delle specie registrate nella piana della Lama, adiacente alla Riserva, con registratori programmati per registrare nelle ore notturne quando vi siano segnali in banda ultrasonica (Fig. 8). L'analisi esclusivamente acustica non sempre consente una accurata identificazione di tutte le specie registrate (Russo & Jones, 2002; Obrist et al., 2004) e solo la verifica diretta dei siti di rifugio o la cattura temporanea di esemplari consente la certezza di riconoscimento, soprattutto delle specie con caratteristiche acustiche e spettrografiche meno studiate in letteratura o che si sovrappongono come avviene con le specie del genere *Myotis*. Tuttavia, il metodo acustico fornisce una prima prova della loro presenza e, con l'analisi delle bande di frequenze usate, che si estende da circa 20 kHz a oltre 110 kHz, una preliminare stima di abbondanza e di diversità specifica.

Le ricerche tradizionali hanno evidenziato la presenza da tempo di una comunità molto ricca (Agnelli et al., 1998 e 1999) che oggi conta tra le specie di particolare rilevanza per la conservazione (in allegato II della direttiva Habitat) *Rhinolophus ferrumequinum* Rinolofo maggiore, *Rhinolophus hipposideros* Rinolofo minore (visibile in figura 7), *Rhinolophus euryale*, Rinolofo mediterraneo, *Barbastella barbastellus*

Barbastello, *Myotis emarginatus* Vespertilio smarginato, *Myotis myotis* Vespertilio maggiore, *Myotis blythii* Vespertilio di Blyth e *Miniopterus schreibersii* Miniottero. Inoltre, vi sono riscontri per le specie *Myotis daubentonii* Vespertilio di Daubenton, *Pipistrellus pipistrellus* Pipistrello nano, *Pipistrellus pygmaeus* Pipistrello pigmeo, *Pipistrellus kuhlii* Pipistrello albolimbato, *Hypsugo savii* Pipistrello di Savi, *Nyctalus leisleri* Nottola di Leisler, *Nyctalus noctula* Nottola comune, *Eptesicus serotinus* Serotino comune, *Plecotus austriacus* Orecchione grigio, *Plecotus auritus* Orecchione bruno, *Tadarida teniotis* Molosso di Cestoni. Per alcune di queste, con metodi bioacustici si sono determinati anche preferenze ambientali e determinanti ecologici (Campedelli et al. 2015 e 2016). Recentemente il valore della conservazione non solo della foresta ma anche degli edifici, storici e non, gestiti in seno alla compagine alberata, è stato oggetto di valutazione con la valorizzazione dell'importanza ai fini della conservazione di specie a rischio come i rinolofidi o il Vespertilio smarginato (Scaravelli e Priori 2016a, 2016b).

SILENZIO E RUMORE ANTROPICO

Anche i suoni e i rumori di origine antropica contribuiscono alla composizione e alla caratterizzazione di un paesaggio sonoro (Pavan, 2018), ma possono anche diventare invasivi fino ad essere considerati inquinamento acustico con un effetto negativo sia sull'uomo (EEA, 2014, 2016) che sulle comunità animali (McGregor et al., 2013; Pavan, 2015, 2017).

L'ambiente della RNI di Sasso Fratino è particolarmente silenzioso (Pavan, 2016), i suoni che vi si sentono sono essenzialmente i suoni della natura, canti di uccelli, insetti nei periodi più

caldi, i bramiti dei cervi a settembre, il vento con lo stormire delle foglie, lo scrosciare delle acque, e i rumori generati da fenomeni atmosferici (vento, pioggia, temporali). Nonostante la presenza di questi suoni e rumori naturali, si ha la percezione di profondo silenzio, dovuta alla mancanza del costante rombo a bassa frequenza del traffico stradale al quale siamo ormai assuefatti nella vita urbana (Pavan, 2017, 2018). I suoni di origine antropica sono praticamente assenti, l'unica strada nella valle è chiusa al traffico e l'ambiente è ben schermato dalle montagne circostanti coperte di foresta densa. L'unico rumore antropico ricorrente è il passaggio degli aerei ad alta quota che, nel silenzio, appaiono molto più invasivi rispetto alle normali situazioni in cui li udiamo, immersi nel rumore tipico dell'ambiente urbano (Pavan, 2016).

Per effettuare accurate misure di rumore sono stati necessari strumenti fonometrici con microfono a basso rumore. Nel perseguire questo obiettivo il vento è stato il problema principale, in un ambiente non pervaso dal rumore del traffico stradale vicino e lontano, anche solo con

una leggera brezza si sente il fruscio generato dalle foglie mosse (Figura 3). Per questo motivo non è stato facile trovare periodi sufficientemente lunghi con assenza di vento, e con insetti e uccelli in silenzio, e quindi le misure utili per determinare i livelli di massima silenziosità sono state possibili solo per brevi periodi.

La RNI di Sasso Fratino è risultata un'area naturale con elevata ricchezza e diversità di suoni biologici, concentrati dall'alba al tramonto, e particolarmente silenziosa per quanto riguarda il rumore di origine antropica. Nelle registrazioni più silenziose le misure mostrano livelli di rumore nei terzi di ottava inferiori a 100 Hz molto bassi, prossimi a 0 dB, talvolta inferiori. Nelle bande superiori, fra 200 Hz e 2 kHz, il livello è compreso fra 10 dB e 25 dB per il 95% del tempo (percentile 5).

Le misure visibili nella Figura 9, riferite a un periodo di 5 minuti, rappresentano:

- 1 Spettro in terzi di ottava (costante di tempo 100ms) con presentazione dei minimi, dei massimi, della media, e dei percentili 5, 50 e 95
- 2 Andamento temporale del livello sonoro con



Fig. 8 - Registratore Wildlife Acoustics SM4BAT-FS installato nella piana della Lama a una altezza di circa 2.5 metri.

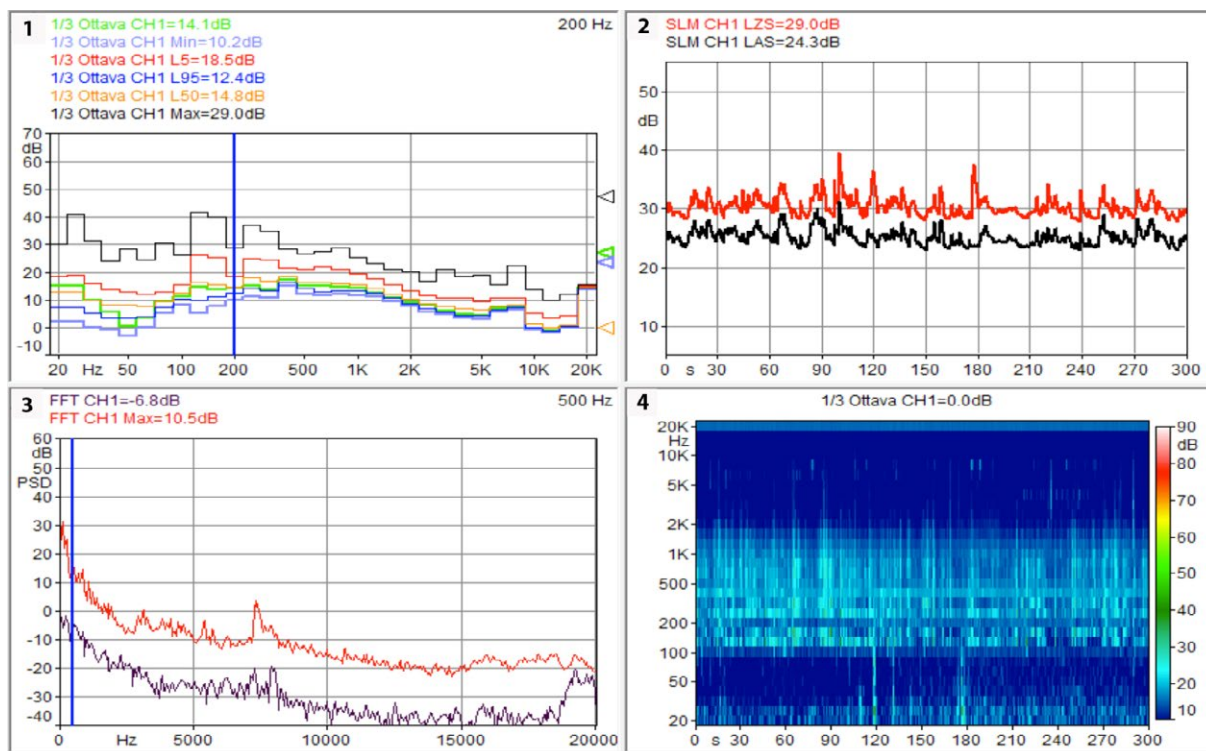


Fig. 9 - Registrazione in condizioni di basso rumore ambientale. Le tracce sonore visibili nello spettrogramma (4) sono prevalentemente dovute al ronzio degli insetti in volo e ai piccoli rumori provenienti dal bosco che determinano i livelli sonori fra 100 Hz e 2 kHz nel grafico 1 e il livello complessivo nel grafico 2. Le misure sono state effettuate con microfono a basso rumore PCB Piezotronics 378A45 collegato a sistema di acquisizione SINUS Harmony con software SAMURAI, al fine di rilevare livelli sonori inferiori a 0 dB, che è il livello minimo percepibile dall'orecchio umano.

e senza pesatura, LAS e LZS

- 3 Spettro lineare con indicazione del minimo e del massimo livello
- 4 Spettrogramma in terzi di ottava con scala colori da 10 dB a 90 dB

Nell'area delle riserve della Lama e di Sasso Fratino, lontani dal traffico stradale e da aree abitate, si ha una profonda e continua percezione di silenzio nonostante i ronzii degli insetti in volo, il rumore dello stormire delle foglie mosse dal vento, e il rumore delle acque correnti percepibile quando ci si avvicina ai corsi d'acqua. Dalle misure effettuate emerge un basso livello di rumore nelle frequenze più basse, usualmente prodotte dal traffico stradale, e sembra che questo sia fondamentale nel generare la percezione di "profondo silenzio". La scelta dei punti di misura non è banale; la presenza pressoché continua di suoni e rumori di origine biologica e geofisica, quale lo scorrere di acque presenti ovunque, pone la necessità di misure estese nel tempo per avere un preciso quadro spettro-statistico dell'ambiente acustico.

In questo contesto emerge il rumore prodotto dai sorvoli degli aerei che pervade anche le aree

naturali più remote. Sulle rotte più frequentate la frequenza dei passaggi aerei è molto elevata e ciascun passaggio aereo diventa particolarmente avvertibile a causa del basso rumore naturale a bassa frequenza. Nei vari passaggi aerei si nota una grande diversità di livello e composizione spettrale con un contrasto dinamico che talvolta supera i 60 dB nelle bande inferiori a 500 Hz. Da notare che il livello di rumore degli aerei ad alta quota è raramente percepito negli ambienti antropizzati perché si confonde con il rumore a bassa frequenza che può raggiungere livelli di oltre 70 dB nelle aree con traffico più intenso.

CONCLUSIONI

La RNI di Sasso Fratino è risultata un'area naturale con elevata ricchezza e diversità di suoni biologici e particolarmente silenziosa per quanto riguarda il rumore di origine antropica. In questo contesto particolare si possono effettuare studi sulle distanze di comunicazione degli animali, uccelli in particolare, sulla capacità del bosco di attenuare il rumore antropico e quindi ridurre la propagazione dell'inquinamento acustico all'interno delle aree protette, e sul disturbo dovuto a eventi transienti quali i

Bibliografia

- AGNELLI P., SCARAVELLI D., BERTOZZI M., CRUDELE G., 1998. Studio e conservazione dei Chiroterri nelle Riserve Biogenetiche del Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi Monte Falterona e Campigna. Atti II° Congresso Italiano di Teriologia – Varese.
- AGNELLI P., SCARAVELLI D., BERTOZZI M., CRUDELE G., 1999. Primi dati sui Chiroterri del Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi, M. Falterona e Campigna. Atti del I° Convegno Italiano sui Chiroterri. Castell'Azzara (GR).
- CAMPEDELLI T., TELLINI FLORENZANO G., LONDI G. E CUTINI S., 2014. Avifauna nidificante nella Riserva Naturale Integrale di Sassofratino – Risultati dei censimenti 2013. Report.
- CAMPEDELLI T., LONDI G., CUTINI S., SCARAVELLI D., PRIORI P., TELLINI FLORENZANO G., 2015. Composizione forestale e comunità di Chiroterri nel Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi, Monte Falterona e Campigna: il ruolo dei boschi di conifere. Abstr. III Conv. Ital. Chiroterri, Trento 9-11/10/2015: 18.
- CAMPEDELLI T., LONDI G., CUTINI S., SCARAVELLI D., PRIORI P., TELLINI FLORENZANO G., 2016. Chiroterri e boschi di conifere: il caso del Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi, Monte Falterona e Campigna. In Pavan G. e D. Scaravelli (eds), 2016. Workshop "Bioacustica ed Ecoacustica per il Monitoraggio Acustico Ambientale", 11-12/6/2016 Badia Prataglia (AR): 17-20.
- EEA, 2014. Noise in Europe. European Environmental Agency, Report 10/2014: 1-68
- EEA, 2016. Quiet areas in Europe. The environment unaffected by noise pollution. European Environmental Agency, Report 14/2016: 1-80.
- FARINA A., 2014. Soundscape Ecology. Principle, Patterns, Methods and Applications. Springer: 315pp.
- FARINA A., GAGE S.H. (Editors), 2017. Ecoacoustics. The ecological role of sound. Wiley: 352pp.
- FAVARETTO A., SALOGNI G., PAVAN G., DE BATTISTI R., 2011. Sistemi automatici di registrazione: nuove metodologie bioacustiche applicate a indagini ornitologiche in alcuni siti della Rete Natura 2000 del Veneto. Risultati e prospettive, Atti Conv. Faunisti Veneti 2010, «Bollettino del Museo di Storia Naturale di Venezia», 61: 118-123.
- FRISTRUP K.M., MENNITT D., 2012. Bioacoustical monitoring in terrestrial environments, *Acoustics Today*, 8-3: 16-24
- GRIFFIN D.R., 1958. Listening in the dark, Yale University Press
- KRAUSE B., 2002. Wild soundscapes: Discovering the voice of the natural world, Wilderness Press, Birmingham
- LAIOLO P., 2010. The emerging significance of bioacoustics in animal species conservation, *Biological Conservation*, 143: 1635-1645
- MCGREGOR P.K., HORN A.G., MARTY L., LEONARD M.L., THOMSEN F., 2013. Anthropogenic Noise and Conservation, in "Animal Communication and Noise", Brumm H. Editor, Springer: 409-444
- 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 (4): 307-322
- OBRIST M.K., PAVAN G., SUEUR J., RIEDE K., LLUSIA D. AND MÁRQUEZ R., 2010. Bioacoustic approaches in biodiversity inventories. In: Manual on Field Recording Techniques and Protocols for All Taxa Biodiversity Inventories, Abc Taxa, 8: 68-99
- PAVAN G., 2012. Paesaggi sonori terrestri e marini. In: "Filogenesi e ontogenesi della musica", a cura di Avanzini G., Longo T., Majno M., Malavasi S., Martinelli D., pp 45-54. Franco Angeli Editore
- PAVAN G., 2015. Bioacustica e Ecologia acustica. Cap. 18. Pp 803-828. In: Renato Spagnolo (a cura di), "ACUSTICA. Fondamenti e applicazioni", UTET Università: 1-1582
- PAVAN G., 2016. Il rumore negli ambienti naturali. Misura e interpretazione. Atti 43° Convegno AIA. CN43071.
- PAVAN G., 2017. Fundamentals of Soundscape Conservation. In: "Ecoacoustics. The ecological role of sound" (Farina A. & Gage S.H., editors). Wiley: 235-258.
- PAVAN G., 2018. I suoni naturali dell'antropocene. Bollettino Ingegneri, Anno LXVI - n. 1: 15-17.
- PAVAN G., FAVARETTO A., BOVELACCI B., SCARAVELLI D., MACCHIO S., GLOTIN H., 2015. Bioacoustics and Ecoacoustics applied to environmental monitoring and management. *Rivista Italiana di Acustica*, 39: 68-74
- PAVAN G., PINOLI G., 2007. Paesaggi Sonori. Suoni e rumori nella foresta della Valsolda. ERSAF Itinerari Tematici, 7: 1-38
- PIJANOWSKI B.C., VILLANUEVA-RIVERA L.J., DUMYAHN S.L., FARINA A., KRAUSE B.L., NAPOLETANO B.M., GAGE S.H., PIERETTI N., 2011. Soundscape Ecology: The Science of Sound in the Landscape, *BioScience*, 61-3: 203-210.
- RUSSO D., JONES G., 2002. Identification of twenty-two bat species (Mammalia: Chiroptera) from Italy by analysis of time-expanded recordings of echolocation calls. *J. Zool.*, 258: 91-103
- SCARAVELLI D. E P. PRIORI, 2016a. La gestione forestale per i Chiroterri: dalle teorie alla pratica. In Pavan G. e D. Scaravelli (editors), 2016. Workshop "Bioacustica ed Ecoacustica per il Monitoraggio Acustico Ambientale", 11-12/6/2016 Badia Prataglia (AR): 15-165
- SCARAVELLI D. E P. PRIORI, 2016b. Nota di studio sulla chiroterrofauna e suoi rifugi nelle Foreste Casentinesi. Report ufficio UTB Pratovecchio
- SCHAFER R.M., 1985, Il paesaggio sonoro (The tuning of the World, 1977), Unicopli, Milano
- SCHNITZLER H.-U., KALKO E.K.V., 2001. Echolocation by insect-eating bats. *Bioscience*, 51: 557-569
- SUEUR J., PAVOINE S., HAMERLYNCK O., DUVAIL S., 2008. Rapid acoustic survey for biodiversity appraisal, «PloSONE», 3, e4065

Siti web

- Cibra, Università di Pavia (<http://www.unipv.it/cibra>)
- Fonoteca Zoologica della British Library (<http://sounds.bl.uk/Environment>)
- Fonoteca Zoologica di Berlino (<http://www.tierstimmenarchiv.de>)
- Fonoteca Zoologica Xeno Canto (<http://www.xeno-canto.org>)
- Fonoteca Zoologica Cornell University (<http://macaulaylibrary.org>)
- Fonoteca Zoologica di Madrid (<http://www.fonozoo.com>)
- World Forum for Acoustic Ecology (<http://wfae.proscenia.net>)
- Nature sound map (<http://www.naturesoundmap.com>)
- Global soundscapes (<http://globalsoundscapes.org>)
- Wild Echoes (<http://www.wildechoes.org>)
- Martyn Stewart (<http://www.naturesound.org>)
- Bernie Krause (<http://www.wildsanctuary.com>)