

VALUTAZIONE DELL'EFFETTO DI ATTIVITÀ MOTORIZZATE SUL COMPORTAMENTO VOCALE RIPRODUTTIVO DELLA CORVINA

Relazione N° 2 della campagna estiva
2022

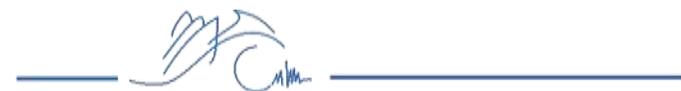
Autore :

Dr. Lucia Di Iorio
CEFREM - Université de Perpignan
con il contributo di Lorenzo
Bramanti LECOB-Sorbonne

lucia.diiorio@univ-perp.fr
+33 (0)6 50 81 30 57

Indice	
Contesto e obiettivi	3
Raccolta dati	4
Comportamento vocale e influsso delle attività motorizzate	5
Conclusione	10
Bibliografia.....	13

*Questa relazione è la seconda relazione relativa alla **convenzione CS23/0178** fra Il Parco Nazionale delle 5 Terre, Sorbonne Université et Université de Perpignan via Domitia.*



Contesto e obiettivi

Il rumore di origine antropica, particolarmente presente sul litorale mediterraneo, può compromettere le funzioni vitali di numerosi organismi (Duarte et al. 2021; Di Franco et al. 2023). Per questo motivo, il monitoraggio dell'inquinamento acustico è iscritto nella Direttiva quadro per la strategia marina (UE). Il descrittore 11 infatti riguarda l'introduzione di energia, comprese le fonti sonore sottomarine per il quale bisogna mantenere livelli al di sotto dei limiti che potrebbero danneggiare l'ambiente marino. Le raccomandazioni del Gruppo Tecnico sul Rumore Subacqueo (TG Noise) della Marine Strategy per una strategia di implementazione comune al livello Europeo è attualmente in fase di pubblicazione.

A livello istituzionale si sta cominciando a prendere provvedimenti per ridurre l'inquinamento acustico e preservare le specie e i loro habitat, ma sono ancora rari i casi in cui si cerca di regolare l'inquinamento acustico da imbarcazioni in zone costiere. Il Parco Nazionale delle 5 Terre ha già applicato provvedimenti relativi al contenimento dell'impatto delle attività di navigazione come il limite della velocità a 5 nodi (in assetto dislocante) entro 600 m dalla costa o le premialità per barche a carena tonda con emissioni acustiche moderate.

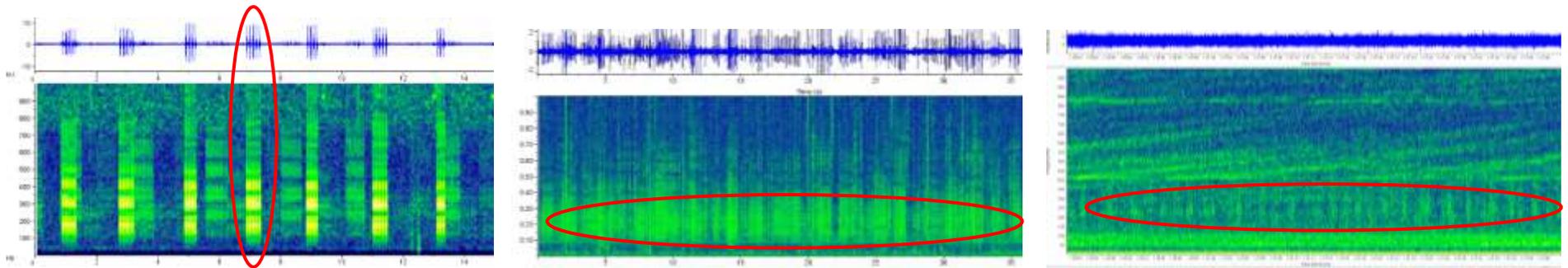


Figura 1: Spettrogrammi di vocalizzazioni di corvina. Più e verde, più i suoni sono forti. Sinistra (1a): Serie di suoni percussivi (canti) emessi da 3 individui (in rosso un suono percussivo di un canto). Centro (1b): Coro di corvine (ellissi rossa) nel quale i canti individuali non sono più distinguibili. La presenza di cori indica aggregazioni riproduttive. Destra (1c): Canti (ellissi rossa) in presenza di rumore di un'imbarcazione di passaggio.

Negli studi di acustica effettuati dal 2020, risulta che l'AMP Cinque Terre alberga siti di riproduzione di specie emblematiche e considerate vulnerabili dalla commissione IUCN come la corvina (*Sciaena umbra*) e la cernia bruna (*Epinephelus marginatus*) (Chao 2015). Possibili aggregazioni riproduttive della corvina sono state rilevate in particolar modo intorno alla Punta di Montenero e nella zona prospiciente il paese di Manarola. La cernia invece è principalmente presente nella zona di Punta Mesco. Entrambe le specie sono particolarmente sensibili al rumore antropico, in quanto dipendono dalla comunicazione acustica per la riproduzione. **La presenza della cernia e della corvina in un habitat marino è indice di stabilità della catena trofica.** Una biomassa e abbondanza elevata di queste specie apice o di alto livello trofico incide fortemente per la

strutturazione delle popolazioni dei livelli trofici inferiori (Sala et al. 2012; Picciulin et al. 2013). Sono anche specie che rispondo all'effetto riserva. I maschi di corvina emettono dei suoni percussivi in serie che possono durare diverse ore (Parmentier et al. 2018). Queste vocalizzazioni vengono usate durante il corteggiamento sia per attirare le femmine che nell'affronto fra maschi rivali (Fig. 1a). Alcuni siti presentano talmente tanti suoni che i canti individuali non sono più distinguibili e formano dei veri e propri cori (Fig. 1b) (Picciulin et al. 2012; Di Iorio et al. 2020). In altre specie di sciaenidae, la presenza di cori indica aggregazioni riproduttive e di deposizione e fecondazione delle uova (Connaughton & Taylor 1995; Luczkovich et al. 1999). Questi suoni si trovano nella stessa banda di frequenza del rumore delle imbarcazioni che può quindi interferire con i loro comportamenti vocali (Fig. 1c). Questa interferenza è particolarmente nociva durante i mesi estivi, che corrispondono al periodo di riproduzione di queste specie ma anche al periodo di maggiore attività turistica. I canti delle corvine si prestano dunque allo studio dell'interferenza tra un comportamento legato alla riproduzione e le attività turistiche motorizzate. Possono essere dunque utilizzate come indicatore di disturbo.

Questa relazione è relativa allo studio che valuta l'impatto del rumore da imbarcazioni da diporto ricreativo e delle attività commerciali sul comportamento riproduttivo acustico di specie emblematiche, come la corvina, nei 3 siti di monitoraggio, Montenero (zona A), Mesco (zona A) e Manarola (zona C). Nello specifico lo studio consiste:

- 1) Caratterizzare e quantificare la produzione sonora di specie emblematiche e strutturanti per gli ecosistemi rocciosi come la corvina, (e.g., individuare i picchi di attività vocali legate alla riproduzione,
- 2) Valutare se gli animali mostrano un comportamento vocale legato alla riproduzione alterato in presenza di attività motorizzate e se questo impatto varia in funzione del livello di frequentazione
- 3) Identificare procedimenti per poter presentare misure di regolamentazione delle attività umane senza compromettere le attività commerciali locali.

Raccolta dati

MATERIALE ACUSTICO & SITI

3 SYLENCE LP 440 della ditta RTSYS® con 3 idrofoni di tipo Colmar GT1516 sono stati usati per misurare il rumore delle imbarcazioni e della fauna al Mesco, Montenero e a Manarola. Le caratteristiche specifiche sono le seguenti

Sensibilità di -170 dB re 1 V/ μ Pa, Amplificazione: 0 dB, bits : 24, Dinamica : 2.5V. La frequenza di campionamento per lo studio sul rumore ambientale era di 78 kHz (EA-SDA14). Il ciclo di registrazione era continuo.

I registratori sono stati fissati a blocchi di cemento. Gli idrofoni invece erano fissati a un'asta metallica elevata di circa metro al di sopra del blocco di cemento su cui era posizionato il registratore (Fig. 2). Il periodo di registrazione utilizzato per le analisi di questa relazione va dal 5 al 19 agosto e



dall'1 al 6 settembre del 2022. Le registrazioni di questi periodi sono state visualizzate minuto per minuto e trattate manualmente per escludere errori dovuti a detezioni automatiche di vocalizzazioni o barche.



	Latitudine	Longitudine
Montenero	44.09205	9.738
Via dell'Amore	44.10239	9.7295
Mesco	44.13309	9.63499

Figura 2: Sinistra: Foto del sistema: Blocco di cemento con registratore e asta metallica alla quale è fissato l'idrofono. Destra: Tabella con le posizioni definite per il monitoraggio nei 3 siti.

Comportamento vocale e influsso delle attività motorizzate

IDENTIFICAZIONE DELL'ATTIVITA MASSIMA DI CANTI RIPRODUTTIVI

In primo luogo, è stato identificato il periodo della giornata con il più alto numero di vocalizzazioni della corvina per individuare i picchi di attività vocali legate alla riproduzione nell'AMP delle 5 Terre. La presenza di queste vocalizzazioni è stata cumulata sui giorni del mese di agosto ed ha mostrato che le corvine sono principalmente attive (acusticamente) fra le 20 e l'una del mattino. L'attività vocale avviene dunque principalmente nelle ore serali e notturne, un comportamento conosciuto nella corvina (Picciulin et al. 2012; Di Iorio et al. 2020). Come già identificato negli anni

precedenti, **Montenero e Manarola** presentano un numero simile ed elevato di vocalizzazioni, con veri e propri cori. Questi due siti sono dunque potenzialmente **siti di aggregazioni riproduttive**. Al Mesco, benché presenti in numero elevato, le vocalizzazioni non formano cori (Fig. 3).

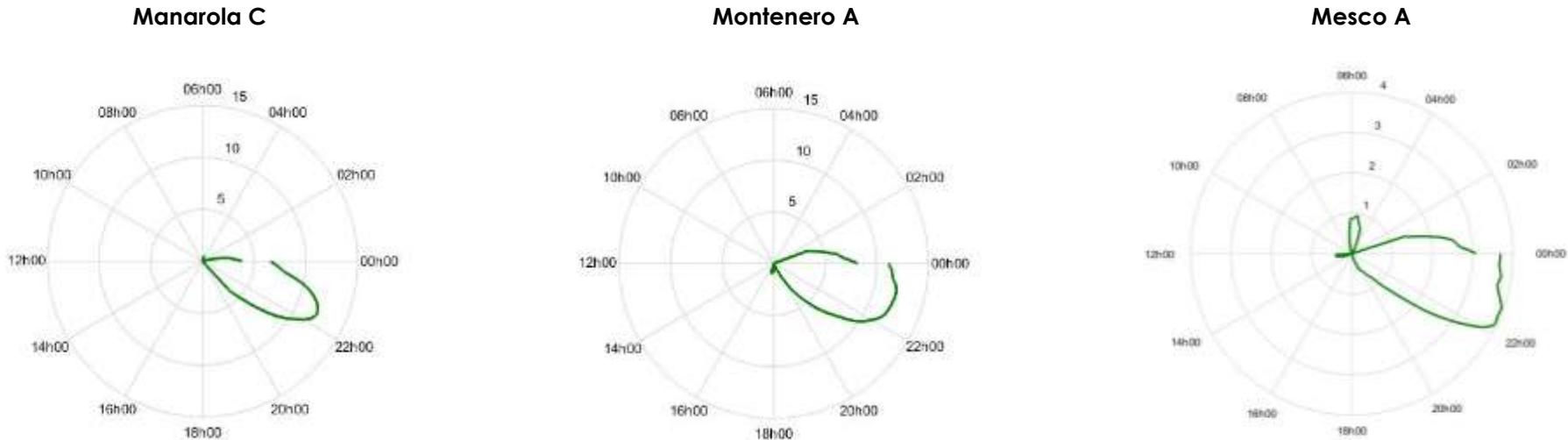


Figura 3: Polar plots dell'attività vocale giornaliera delle corvine dal 5 al 19 agosto nei 3 siti di monitoraggio. Le corvine cantano principalmente fra le 20 e mezzanotte, con un picco intorno alle 22. I plot si leggono in senso antiorario.

VALUTAZIONE DELL'IMPATTO DI ATTIVITÀ MOTORIZZATE SUI CANTI RIPRODUTTIVI

Il periodo di attività vocale identificato è stato usato per valutare se il passaggio di imbarcazioni influisce sul comportamento vocale riproduttivo delle corvine (Fig. 4). Benché non corrisponda al picco di attività turistica giornaliera, anche nelle ore serali e notturne i passaggi di imbarcazioni sono frequenti (Fig. 4). **Contrariamente ad altre AMP del Mediterraneo, non sono state individuate vocalizzazioni durante il giorno!** Dal grafico si nota anche una **fase ascendente** della produzione vocale con un picco fra le 21 e 22 e una **fase decrescente** della produzione sera. Durante la fase ascendente, nel tardo pomeriggio, le corvine cominciano ad emettere canti riproduttivi. Il numero di individui e di vocalizzazioni aumenta poi gradualmente per raggiungere una **fase di attività massima** fra le 21 e le 22. E in questa fascia oraria soprattutto che si possono osservare cori (se presenti). L'attività vocale cala in seguito progressivamente fino a circa l'una del mattino.

Le analisi sono state effettuate sul periodo complessivo di attività sonora ma anche per ognuna delle tre fasi nel mese di agosto e di settembre.

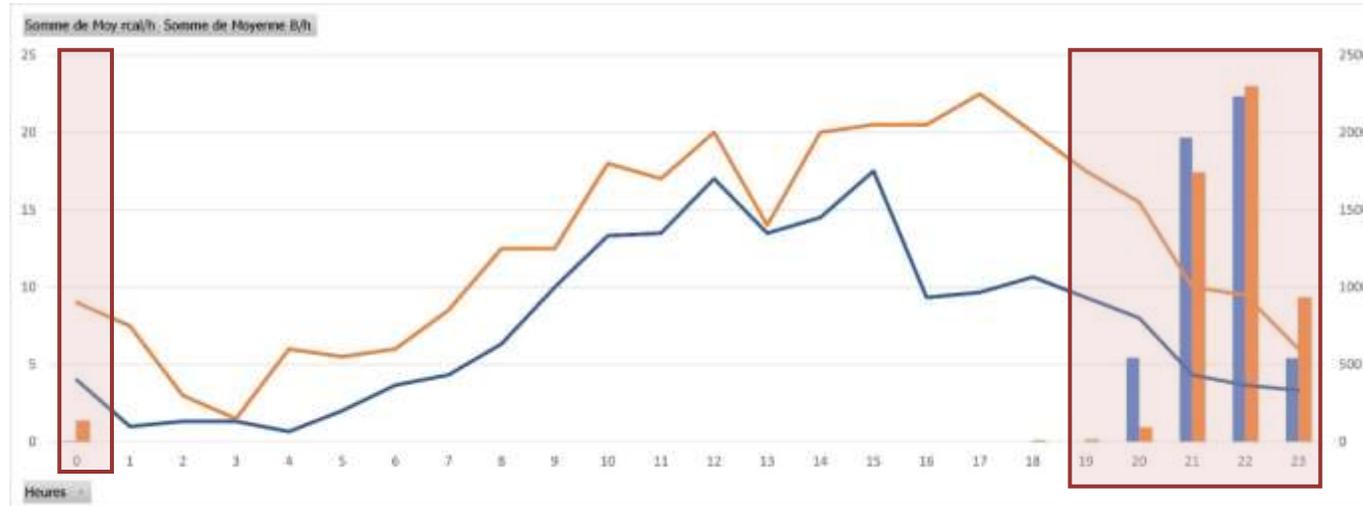


Figura 4: Numero di vocalizzazioni all'ora (barre verticali) e di passaggi di barche (curve) a Manarola (arancione) e Montenero (blu). La zona rossa indica il periodo utilizzato per valutare l'effetto delle attività nautiche motorizzate sui canti riproduttivi. Il grafico è stato fatto con dati dal 5 all'11 agosto 2022. Si nota la fase ascendente, il picco fra le 21 e le 22 e la fase decrescente dei canti riproduttivi.

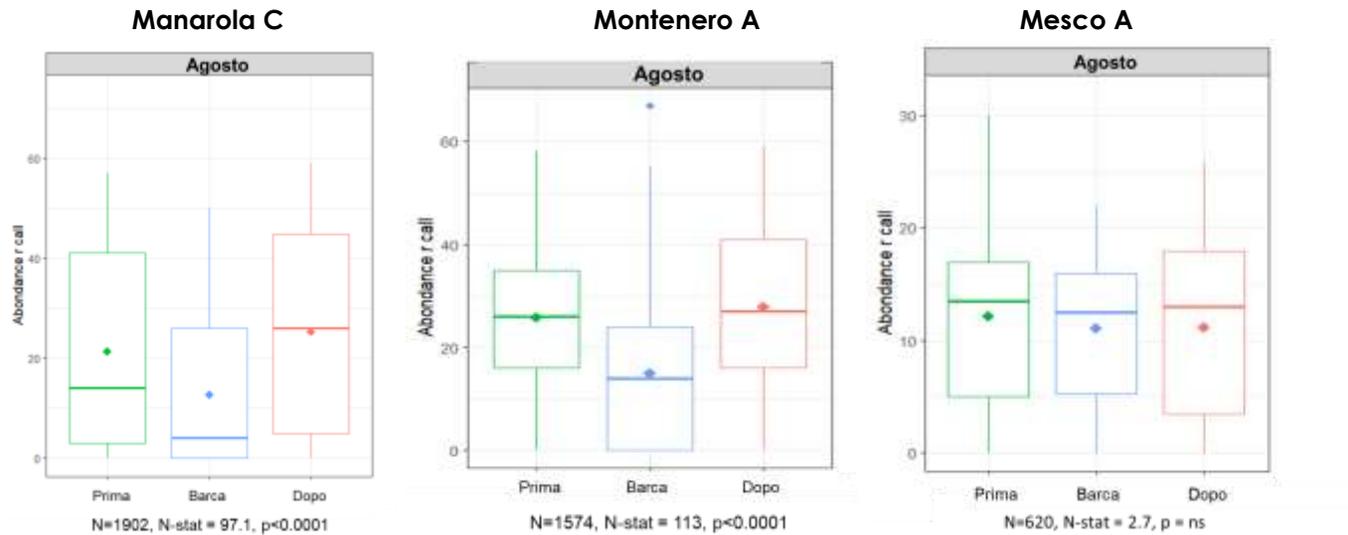
Poiché i risultati preliminari indicavano un calo delle vocalizzazioni in presenza di barche, per le analisi sono state usate le abbondanze delle vocalizzazioni nei 5 minuti prima del passaggio di un'imbarcazione (Prima), 5 min durante il passaggio (Barca) e 5 minuti dopo il passaggio di un'imbarcazione (Dopo). Le analisi sono poi state effettuate per ogni sito, ogni fase (FA, AM, FD) sia per il mese di agosto (5-19 agosto) che per i giorni di registrazione a settembre (1-6 settembre).

IL MESE DI AGOSTO

Le analisi indicano che **in presenza di barche c'è un calo significativo delle vocalizzazioni legate alla riproduzione delle corvine**. L'effetto è molto elevato nel mese di agosto in particolar modo a Manarola e a Montenero. Al Mesco, la riduzione non è significativa (Fig. 5). Questa differenza è probabilmente dovuta al minor numero di eventi, cioè di passaggi di barche durante il periodo di canto. Al Mesco, la fauna è dunque molto meno esposta al rumore rispetto a Manarola e a Montenero.

L'effetto è variabile a seconda delle fasi (Fig. 6). Il calo di vocalizzazioni è presente in ogni fase. Nei 5 minuti post barche, i valori tornano ad essere equivalenti a quelli prima dei passaggi delle imbarcazioni (Fig.6). Soltanto nella fase ascendente i valori post-passaggi possono essere superiori a quelli dei pre-passaggi perché il numero di vocalizzazioni aumenta naturalmente prima del picco delle 21:00/22:00. Durante la fase ascendente (FA)

e la fase di attività vocale massima (AM), l'effetto del rumore sui canti riproduttivi è particolarmente significativo, soprattutto a Manarola e a Montenero, mentre diminuisce durante la fase decrescente (FD) (Fig. 6). In quest'ultima fase, sia il numero di vocalizzazioni sia quello dei passaggi di imbarcazioni è comunque inferiore. In questa fase, solo a Manarola la diminuzione dei canti riproduttivi mostra un calo significativo anche durante la fase decrescente (FD).



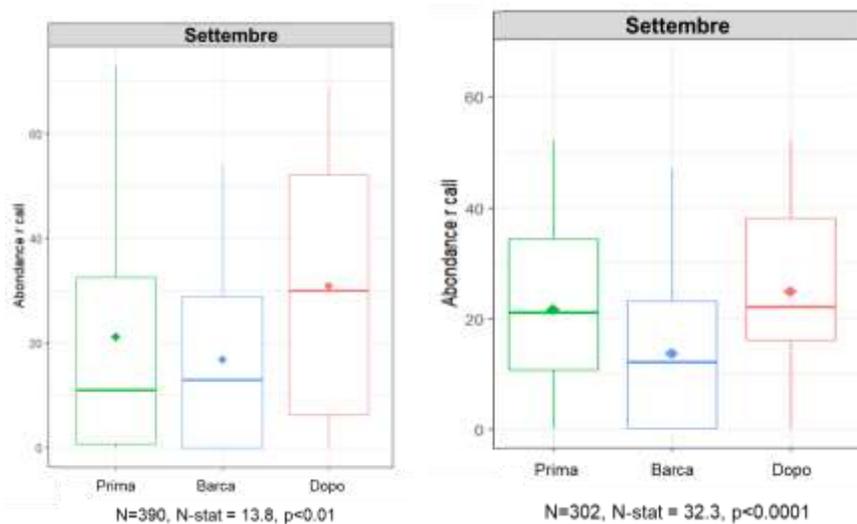


Figura 5: Confronto fra i tre siti in agosto (in alto) e settembre (in basso) del numero di vocalizzazioni riproduttive di corvine 5 minuti prima, durante e 5 minuti dopo il passaggio di imbarcazioni. In agosto, il numero di vocalizzazioni è fortemente in calo a Manarola e a Montenero (Kruskal-Wallis, $p < 0.0001$). A settembre l'effetto è presente ma leggermente inferiore. Il numero di eventi troppo basso al Mescò non consente analisi statistiche.

Al Mescò, l'effetto del rumore è presente durante la fase ascendente ma è significativo soltanto durante il picco delle vocalizzazioni (AM) (Fig. 6). Ciò significa che in tutti e tre i siti **il disturbo avviene principalmente durante il periodo di attività vocale massima**. L'effetto è simile a Manarola e a Montenero, mentre poco pronunciato al Mescò. **Il numero di barche inferiore al Mescò sembra dunque agire positivamente sui canti riproduttivi** (benché non si tratti di un sito di aggregazione).

IL MESE DI SETTEMBRE

Il confronto col mese di settembre, che si distingue per una minore frequentazione di imbarcazioni in AMP, potrebbe fornire ulteriori elementi per valutare l'impatto del rumore su un comportamento riproduttivo a causa di una frequentazione dell'AMP meno importante rispetto al mese di agosto. A settembre il numero di vocalizzazioni è simile a quello in agosto a Manarola e Montenero (Fig. 5 & 7), ma il periodo di canto si riduce di una o due ore circa (20:00 – 23:00). Al Mescò, il numero di vocalizzazioni a settembre diminuisce fortemente. Ciò significa che il periodo riproduttivo sta scemando. Ciò è particolarmente evidente nel confronto fra tre gironi a inizio agosto, a metà agosto e a settembre (Supplemento1). A metà agosto, l'abbondanza delle vocalizzazioni è la più elevata. **Il picco di riproduzione sembra dunque avvenire in concomitanza con il picco turistico!**

Il numero di eventi (concomitanza canti e barche) è inferiore a settembre perché ci sono meno passaggi di imbarcazioni e, come menzionato, il periodo di canto giornaliero è più breve. La diminuzione dei canti riproduttivi durante i passaggi è comunque presente, ma meno accentuata rispetto al mese di agosto (Fig. 5). A Manarola, durante il passaggio di imbarcazioni, il numero di vocalizzazioni non si riduce significativamente. Al Mescò, a causa del numero troppo basso di eventi, non siamo stati in grado di effettuare analisi statistiche. L'analisi delle tre fasi, ascendente, picco e decrescente, rivela che a settembre, **l'effetto è principalmente presente durante la fase di attività vocale massima (AM)**, sia a Manarola (unica

fase con impatto sulle vocalizzazioni) che a Montenero (Fig. 7). L'effetto nella fase ascendente è principalmente dovuto all'aumento dopo il passaggio delle imbarcazioni presente naturalmente durante la fase ascendente del comportamento vocale (Fig. 4).

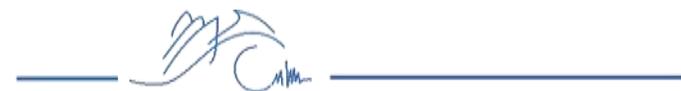
Conclusione

Questo studio mette in evidenza che il periodo turistico più intenso, purtroppo combacia con il picco di attività riproduttiva della corvina, cioè a metà agosto ma anche di altre specie come la cernia. Entrambe le specie svolgono un ruolo strutturante degli ecosistemi costieri (catena trofica). Le analisi sull'impatto del traffico marittimo sui suoni riproduttivi confermano che, in presenza di barche, c'è un calo significativo delle vocalizzazioni legate alla riproduzione delle corvine. L'effetto è particolarmente elevato a Manarola e a Montenero, i due siti con il maggior numero di passaggi di barche. Al Mesco, con quasi 3 volte meno passaggi, l'impatto del rumore sui canti è in gran parte assente o poco presente (soltanto durante la fase massima in agosto). La riduzione del numero di imbarcazioni tutela dunque il comportamento riproduttivo. L'impatto del rumore è maggiore durante la fase massima di canto. La presenza di cori, riscontrata a Manarola e a Montenero, che indica aggregazioni riproduttive, avviene anche in questa fase. E dunque il periodo più sensibile all'impatto poiché rappresenta il momento del giorno dedicato principalmente al corteggiamento e alla riproduzione. E proprio a Manarola e a Montenero, entrambi siti di aggregazione, l'impatto sui canti è molto elevato, sia ad agosto che a settembre. A settembre l'impatto è comunque meno pronunciato, dovuto a un calo di frequentazione. Lo stesso effetto è presente anche nelle registrazioni del 2021 effettuate durante 4 giorni nella seconda metà di luglio a Manarola e a Montenero (Supplemento, Fig. S2). La riduzione delle vocalizzazioni dovuta al rumore può essere dovuta a due cause: 1) Gli animali cessano volontariamente di cantare, oppure 2) il rumore "maschera" i canti; cioè, in presenza di rumore, i canti non sono più udibili, né per noi, né per gli individui ai quali sono rivolti. Il rumore provoca dunque un disfunzionamento della comunicazione e una riduzione dello spazio di comunicazione e della capacità di percepire suoni che possono interferire con la riproduzione di questa specie (Codarin et al. 2009b; Putland et al. 2018). Che questo calo o impedimento di comunicazione implichi una riduzione del successo di riproduzione non possiamo affermarlo ma osservazioni simili sono state fatte su altre specie ittiche (de Jong et al. 2017). Inoltre, nei siti riproduttivi di corvine dell'AMP delle 5 Terre c'è un'assenza totale di vocalizzazioni durante il giorno! Ciò non è il caso in altre AMP molto frequentate in Francia (Golfo del Leone) e in Sardegna (AMP Tavolara). Infatti, da studi da noi effettuati in siti di aggregazione di corvine e cernie in queste due AMP, risulta che le corvine vocalizzano anche durante il giorno, benché molto meno che durante le ore serali e notturne! Questa differenza potrebbe essere dovuta alla presenza quasi continua di imbarcazioni durante le ore diurne nell'AMP delle 5 Terre (c.f., relazione 1, 2022) e dal fatto che i siti A con presenza di aggregazioni riproduttive nelle altre due AMP sono più tutelate dalla presenza di imbarcazioni.

Benché il picco del canto delle corvine avvenga nel periodo della giornata con meno frequentazione, gli animali sono esposti tutto il giorno al rumore! Nella corvina e in altre specie di Scaenidae è stato ad esempio dimostrato che di giorno, durante il passaggio di imbarcazioni, gli animali cambiano comportamento e reagiscono con la fuga temporanea, la dispersione di coppie o banchi di pesci (La Manna et al. 2016), o che l'esposizione al rumore influisce sull'udito, riducendone la sensibilità (Vasconcelos et al. 2007; Codarin et al. 2009). Inoltre, è ben noto che in varie specie di pesce il rumore influisce non solo sulla comunicazione e l'udito ma anche su funzioni fisiologiche, comportamenti vitali (caccia, guardia



delle uova,...), ecc. (Di Franco et al. 2020). Ci sono anche indicazioni che un alta densità di traffico marittimo costiero, sia la causa di spostamenti di specie ittiche anche commerciali (Becker et al. 2013). L'analisi pluriennale dei canti, del traffico ma anche della temperatura in AMP, potrebbe rivelare modifiche nella fenologia di questa specie legate all'attività umana o a parametri ambientali (la temperatura influisce infatti sul comportamento vocale, (Di Iorio et al. 2020; Vieira et al. 2022)). Inoltre, uno studio specifico sull'impatto del rumore sulla riproduzione nella corvina e in altre specie sarebbe necessario per stimare l'effetto sulle popolazioni ittiche dell'AMP. Nonostante la frequentazione nelle ore serali sia ridotta, questo studio mette in evidenza che l'impatto sui canti riproduttivi è nettamente inferiore o quasi inesistente se il traffico è limitato, come al Mesco. Misure di riduzione del traffico o un distanziamento del passaggio delle imbarcazioni dai siti di Manarola e Montenero, potrebbero influire positivamente su questo importante comportamento riproduttivo.



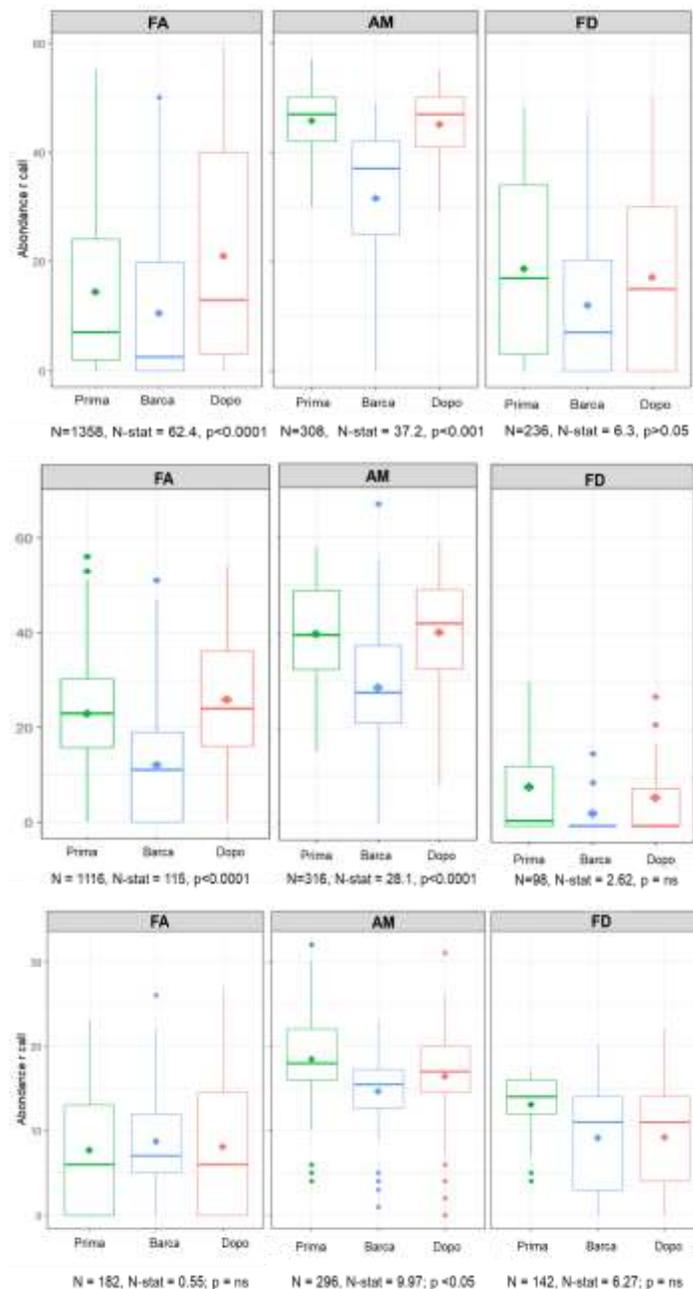


Figura 6: Confronto del numero di vocalizzazioni fra i tre siti in **agosto** durante le tre fasi di canto; ascendente (FA), massima (AM) e decrescente (FD). La diminuzione maggiore avviene durante la fase

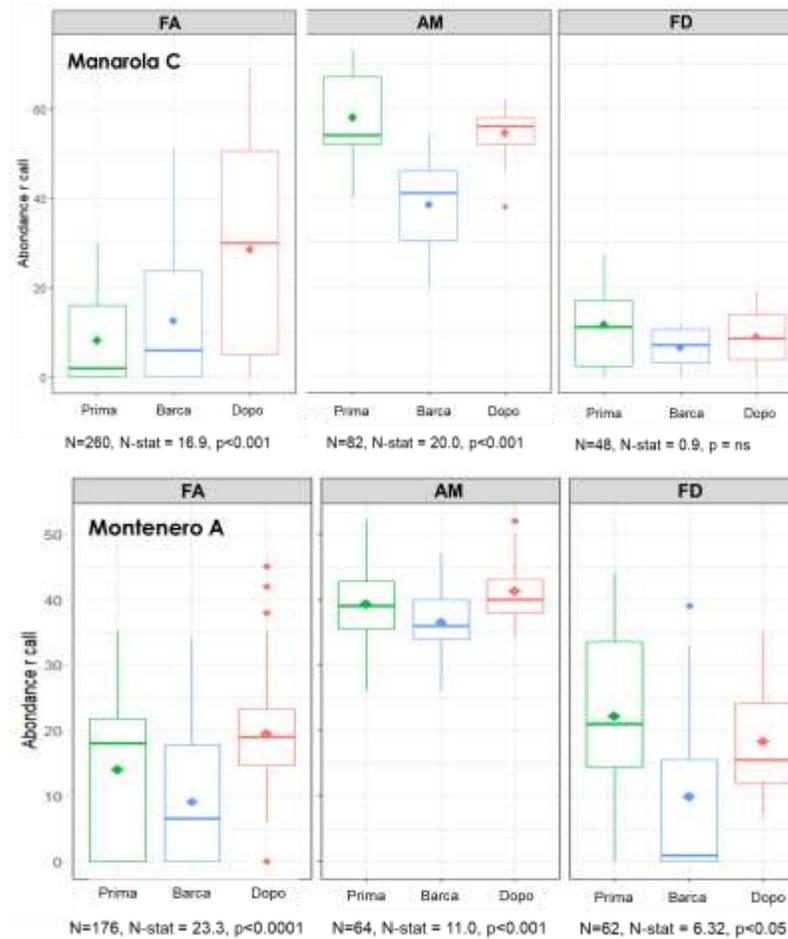


Figura 7: Confronto del numero di vocalizzazioni fra i tre siti a **settembre** durante le tre fasi di canto; ascendente (FA), massima (AM) e decrescente (FD). La diminuzione maggiore avviene durante la fase ascendente et massima dei canti.



Bibliografia

- Becker A, Whitfield AK, Cowley PD, Järnegren J, Næsje TF. 2013. Does boat traffic cause displacement of fish in estuaries? *Marine Pollution Bulletin* **75**:168–173. Pergamon.
- Chao L. 2015. *Sciaena umbra*. The IUCN Red List of Threatened Species. Available from <https://www.iucnredlist.org/species/pdf/83232286>.
- Codarin A, Wysocki LE, Ladich F, Picciulin M. 2009a. Effects of ambient and boat noise on hearing and communication in three fish species living in a marine protected area (Miramare, Italy). *Marine Pollution Bulletin* **58**:1880–1887. Available from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X09003075> (accessed June 3, 2015).
- Codarin A, Wysocki LE, Ladich F, Picciulin M. 2009b. Effects of ambient and boat noise on hearing and communication in three fish species living in a marine protected area (Miramare, Italy). *Marine Pollution Bulletin* **58**:1880–1887. Pergamon. Available from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X09003075> (accessed December 18, 2017).
- Connaughton MA, Taylor MH. 1995. Seasonal and daily cycles in sound production associated with spawning in the weakfish, *Cynoscion regalis*. *Environmental Biology of Fishes* **42**:233–240. Kluwer Academic Publishers.
- de Jong K, Amorim MCP, Fonseca PJ, Fox CJ, Heubel KU. 2017. Noise can affect acoustic communication and subsequent spawning success in fish. *Environmental Pollution*. Elsevier. Available from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749117326064> (accessed January 31, 2018).
- Di Franco E et al. 2020. Effects of marine noise pollution on Mediterranean fishes and invertebrates: A review. *Marine Pollution Bulletin* **159**.
- Di Franco E et al. 2023. Marine Noise Effects on Juvenile Sparid Fish Change among Species and Developmental Stages. *Diversity* **15**:92. Multidisciplinary Digital Publishing Institute. Available from <https://www.mdpi.com/1424-2818/15/1/92> (accessed January 12, 2023).
- Di Iorio L et al. 2020. Spatio-temporal surveys of the brown meagre *Sciaena umbra* using passive acoustics for management and conservation. *bioRxiv*:2020.06.03.131326. Cold Spring Harbor Laboratory.
- Duarte CM et al. 2021. The soundscape of the Anthropocene ocean. *Science* **371**:eaba4658. American Association for the Advancement of Science. Available from <https://www.sciencemag.org/lookup/doi/10.1126/science.aba4658> (accessed February 5, 2021).
- La Manna G, Manghi M, Perretti F, Sarà G. 2016. Behavioral response of brown meagre (*Sciaena umbra*) to boat noise. *Marine Pollution Bulletin* **110**.
- Luczkovich JJ, Sprague MW, Johnson SE, Pullinger RC. 1999. Delimiting spawning areas of weakfish *Cynoscion regalis* (family sciaenidae) in Pamlico Sound, North Carolina using passive hydroacoustic surveys. *Bioacoustics* **10**:143–160.
- Parmentier E, Di Iorio L, Picciulin M, Malavasi S, Lagardère JP, Bertucci F. 2018. Consistency of spatiotemporal sound features supports the use of passive acoustics for long-term monitoring. *Animal Conservation* **21**:211–220. Available from <http://doi.wiley.com/10.1111/acv.12362> (accessed July 25, 2017).
- Picciulin M, Bolgan M, Codarin A, Fiorin R, Zucchetta M, Malavasi S. 2013. Passive acoustic monitoring of *Sciaena umbra* on rocky habitats in the Venetian littoral zone. *Fisheries Research* **145**:76–81. Elsevier. Available from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0165783613000519> (accessed November 30, 2019).
- Picciulin M, Calcagno G, Sebastianutto L, Bonacito C, Codarin A, Costantini M, Ferrero E et al. 2012. Diagnostics of nocturnal calls of *Sciaena umbra* (L., fam. Sciaenidae) in a nearshore Mediterranean marine reserve. *Bioacoustics* **22**:1–12. Available from [http://www.researchgate.net/publication/231522479_Diagnostics_of_nocturnal_calls_of_Sciaena_umbra_\(L._fam._Sciaenidae\)_in_a_nearshore_Mediterranean_marine_reserve](http://www.researchgate.net/publication/231522479_Diagnostics_of_nocturnal_calls_of_Sciaena_umbra_(L._fam._Sciaenidae)_in_a_nearshore_Mediterranean_marine_reserve) (accessed June 17, 2015).
- Putland RL, Merchant ND, Farcas A, Radford CA. 2018. Vessel noise cuts down communication space for vocalizing fish and marine mammals. *Global Change Biology* **24**:1708–1721. Wiley/Blackwell (10.1111). Available from <http://doi.wiley.com/10.1111/gcb.13996> (accessed March 30, 2018).
- Sala E et al. 2012. The Structure of Mediterranean Rocky Reef Ecosystems across Environmental and Human Gradients, and Conservation Implications. *PLoS ONE* **7**:e32742. Public Library of Science. Available from <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0032742> (accessed November 20, 2018).
- Vasconcelos RO, Amorim MCP, Ladich F. 2007. Effects of ship noise on the detectability of communication signals in the Lusitanian toadfish. *The Journal of experimental biology* **210**:2104–12. The Company of Biologists Ltd. Available from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17562883> (accessed December 18, 2017).
- Vieira M, Amorim M, Marques T, Fonseca P. 2022. Temperature mediates chorusing behaviour associated with spawning in the sciaenid *Argyrosomus regius*. *Marine Ecology Progress Series* **697**:109–124. Inter-Research. Available from <https://www.int-res.com/abstracts/meps/v697/p109-124/> (accessed August 24, 2023).



SUPPLEMENTO

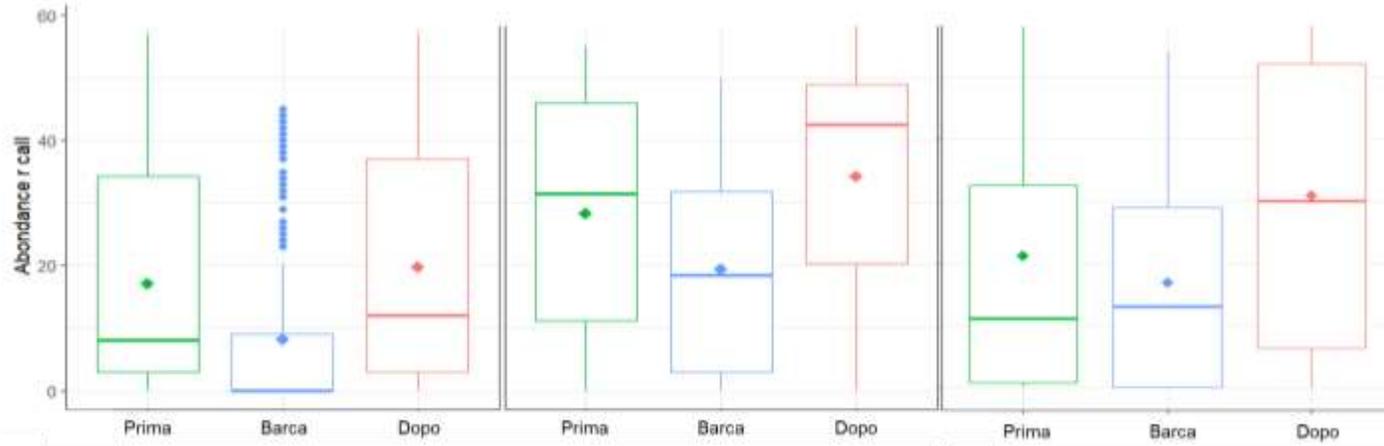


Figura S1. Confronto del numero di vocalizzazioni prima, durante e dopo il passaggio di imbarcazioni a inizio agosto (sinistra), metà agosto (centro, picco turistico) e a inizio settembre (destra) a Manarola. Il numero di vocalizzazioni maggiore è a metà agosto, durante il picco turistico. La diminuzione durante il passaggio di imbarcazioni è meno pronunciata a settembre.

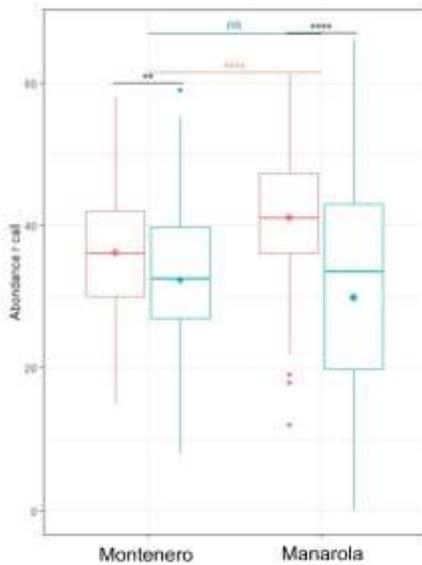


Figura S2: Confronto fra Montenero e Manarola nel mese di luglio 2021 del numero di vocalizzazioni riproduttive di corvine in presenza (blu) e in assenza (rosso) di barche. Il numero di vocalizzazioni diminuisce significativamente durante il passaggio di imbarcazioni.