



LO SVILUPPO DELL'EOLICO OFFSHORE E LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE MARINO NEL CONTESTO DELLA PIANIFICAZIONE SPAZIALE MARITTIMA (MSP) CON APPROCCIO ECOSISTEMICO

GUIDANCE PAPER – WWF ITALIA – OTTOBRE 2022



INDICE

EXECUTIVE SUMMARY	3
IMPORTANZA DELL'EOLICO OFFSHORE PER IL RAGGIUNGIMENTO DEGLI OBIETTIVI CLIMATICI	4
LE ENERGIE RINNOVABILI IN AMBIENTE MARINO	5
L'IMPORTANZA DI COMPRENDERE I RISCHI DELL'EOLICO OFFSHORE SULL'AMBIENTE MARINO	6
L'ENERGIA EOLICA OFFSHORE NEL CONTESTO DI UNA PIANIFICAZIONE SPAZIALE MARITTIMA BASATA SULL'APPROCCIO ECOSISTEMICO (EBA-MSP) IN ITALIA	8
LE ENERGIE RINNOVABILI OFFSHORE NEL CONTESTO TRANSFRONTALIERO	9
CRITERI DI COLLOCAZIONE SPAZIALE DELL'EOLICO OFFSHORE IN ITALIA E MITIGAZIONE DEGLI IMPATTI	10
CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI	16
ALLEGATO I: IMPATTI E MITIGAZIONE DELL'EOLICO OFFSHORE SU AVIFAUNA E CHIROTTERI	19
ALLEGATO II: IMPATTI E MITIGAZIONE DELL'EOLICO OFFSHORE SUI CETACEI	38
ALLEGATO III: IMPATTI E MITIGAZIONE DELL'EOLICO OFFSHORE SUL BENTHOS	47
ALLEGATO IV: IMPATTI E MITIGAZIONE DELL'EOLICO OFFSHORE SU ALTRE SPECIE	56

EXECUTIVE SUMMARY

I devastanti impatti del cambiamento climatico e il collasso della biodiversità sono le due più grandi minacce che l'uomo e la natura devono affrontare oggi e nei prossimi decenni.

Queste crisi sono intrecciate e devono essere affrontate in modo sinergico, quindi le soluzioni proposte non devono entrare in conflitto tra loro.

Per limitare l'aumento della temperatura globale a 1,5°C, come stabilito dall'accordo di Parigi, l'Unione Europea deve raggiungere la neutralità climatica ben prima del 2050 (come WWF sosteniamo entro il 2040) eliminando quindi i combustibili fossili e raggiungendo al più presto un approvvigionamento energetico basato al 100% su fonti rinnovabili e sul risparmio e l'efficienza energetica.

L'energia rinnovabile offshore costituisce una parte essenziale della transizione energetica verso un'economia resiliente e completamente decarbonizzata, ed è indispensabile per raggiungere un'Europa climaticamente neutrale.

Sono ora urgenti sforzi enormi a livello europeo per fornire le condizioni necessarie per aumentare sostanzialmente la capacità di energia rinnovabile entro il 2030. Lo sviluppo del settore delle energie rinnovabili offshore dell'UE genererà opportunità di lavoro, contribuendo all'economia blu sostenibile dell'UE e alla ripresa economica dopo la pandemia del Covid-19. Anche in questo contesto, l'Italia è in colpevole ritardo non solo per quanto attiene alla pianificazione dello spazio marittimo, ma anche per quello che riguarda lo stesso sviluppo dell'eolico offshore per cui, in assenza di un quadro regolatorio robusto ed efficace (compreso l'aggiornamento del Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima), a settembre 2021 si erano già accumulati progetti per oltre 17 GW (e oggi si stima che possano essere anche più di 20 GW).

Allo stesso tempo è evidente come un massiccio sviluppo delle energie rinnovabili offshore si aggiunga alle già numerose altre attività antropiche in mare, che sommano le loro pressioni sugli ecosistemi marini. I progetti di energia rinnovabile offshore devono essere considerati nel contesto più ampio del degrado della salute dei nostri mari, dovuto all'eccessivo sfruttamento delle risorse, all'inquinamento, all'acidificazione e alla distruzione degli habitat, per citarne alcune. Oltre alle implicazioni per la biodiversità, l'attuale degrado dei mari è problematico anche dal punto di vista climatico, poiché gli oceani giocano un ruolo vitale nella regolazione del clima del nostro pianeta.

Le infrastrutture rinnovabili offshore devono essere sviluppate eliminando, o riducendo al minimo, gli impatti sulla biodiversità marina. Come primo principio, non dovrebbero essere collocate all'interno di aree marine protette e in altre aree ecologicamente preziose per le specie e gli habitat sensibili. Inoltre, le infrastrutture vanno pianificate e progettate attraverso le migliori pratiche disponibili, valutate in modo rigoroso attraverso adeguati Studi di Impatto Ambientale (SIA), accurate Valutazioni di Impatto Ambientale (VIA) e, ove necessario, attraverso Valutazioni di Incidenza Ambientale (VINCA). Quando si sviluppano progetti di energia rinnovabile offshore, è fondamentale adottare un approccio ecosistemico all'interno del processo di pianificazione dello spazio marittimo, occorre cioè usare lo spazio marino assicurando la resilienza dei nostri mari e tenendo in considerazione che l'estensione degli ecosistemi non si ferma ai confini nazionali.

Lo sviluppo delle energie rinnovabili offshore raggiungerà il suo obiettivo di sostenere la transizione dell'UE verso società veramente sostenibili se offrirà soluzioni per la crisi climatica che siano pienamente compatibili con la tutela della biodiversità marina, la resilienza degli oceani e una giusta transizione energetica. Questo documento si riferisce principalmente all'energia eolica offshore in quanto, ad oggi, è l'energia rinnovabile marina più matura, tuttavia i principi generali delineati in questo documento si potrebbero applicare anche ad altre tecnologie di energia rinnovabile come quella proveniente dallo sfruttamento delle maree, delle onde, del sole e, in effetti, a qualsiasi forma di energia rinnovabile futura che preveda un utilizzo dello spazio marittimo.

IMPORTANZA DELL'EOLICO OFFSHORE PER IL RAGGIUNGIMENTO DEGLI OBIETTIVI CLIMATICI

La comunità scientifica sta ribadendo da molti anni e con sempre maggiore forza come la nostra sia ormai una vera e propria lotta contro il tempo per cercare di ridurre gli effetti più devastanti dei cambiamenti climatici. Questi effetti sono prodotti dall'insieme delle attività umane e, in particolare, dall'uso di combustibili fossili (petrolio, gas, carbone) le cui emissioni di carbonio si stanno accumulando nell'atmosfera.

Il **Sesto Rapporto di valutazione del Working Group I dell'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)**, pubblicato nell'estate 2021¹, rappresenta la più esaustiva e aggiornata rassegna della conoscenza scientifica sui cambiamenti climatici. **I dati sono sempre più allarmanti e ci allertano che ormai abbiamo meno di un decennio per limitare l'aumento della temperatura globale a 1,5°C (rispetto al periodo preindustriale) ed evitare gli impatti più catastrofici del cambiamento climatico.** Il rapporto mostra come le emissioni di gas serra provenienti dalle attività umane siano già responsabili di circa 1,1°C di riscaldamento e che, senza riduzioni immediate e drastiche delle emissioni di gas serra, limitare il riscaldamento a 1,5°C sarà assolutamente impossibile.

Anche l'**Emissions Gap Report 2022**² ha evidenziato come gli impegni assunti fino ad ora siano ancora molto lontani dagli obiettivi dell'accordo di Parigi e ci predispongano piuttosto ad un aumento della temperatura globale di 2,8°C entro la fine del secolo, con effetti catastrofici per il clima e per la specie umana. Occorrerebbe ridurre almeno del 55% le emissioni globali entro il 2030 per poter puntare al traguardo di 1,5°C.

Infine, come riferisce il **Global Carbon Budget 2021**³, realizzato dal **Global Carbon Project**⁴, oltre ad essere preponderante il contributo delle fonti fossili con quasi 35 GtCO₂ nel solo 2020 (pari a circa l'89% delle emissioni globali) a cui si sommano circa 4,1 GtCO₂ del cambiamento di uso dei suoli (attività sempre provocata dall'uomo), si evidenzia come i "pozzi" di assorbimento di carbonio (*sink*) naturali (foreste, suoli, oceani) siano ormai in grado di catturare solo poco più della metà delle emissioni antropiche complessive, mentre la restante parte (circa il 48%) finisce con l'accumularsi in atmosfera andando ad incrementare l'effetto serra e quindi il riscaldamento globale.

Ricordiamo anche come l'IPCC avesse già previsto⁵ la necessità di diventare *carbon neutral* a livello globale entro il 2050 per avere una probabilità del 50% di rimanere al di sotto dell'obiettivo di 1,5°C. **A livello europeo, è sia fattibile che necessario raggiungere la neutralità climatica entro il 2040, o quanto meno prima del 2050. Ciò può essere fatto attraverso una completa eliminazione dei combustibili fossili, incluso il gas naturale (che è prevalentemente composto da metano), e il passaggio al 100% di energie rinnovabili**⁶. Allo stesso tempo, è necessario intervenire su tutti i settori coinvolti (sia a livello individuale che collettivo), attraverso un uso più efficiente e intelligente dell'energia, cambiamenti comportamentali e una partecipazione pubblica sempre più diffusa associata ad un crescente impegno a favore della protezione dell'ambiente e della biodiversità.

Sono necessari enormi sforzi se vogliamo creare le condizioni favorevoli a livello europeo per aumentare sostanzialmente la capacità di energia rinnovabile durante questo decennio. Il pacchetto legislativo "*Fit for 55*"⁷ pubblicato a luglio 2021 dalla Commissione Europea include l'obiettivo di avere entro il 2030 un 40% di rinnovabili nel mix energetico complessivo e rappresenta sicuramente un'importante spinta all'azione in termini di mitigazione climatica, a cui i piani energetico-climatici dei vari paesi dell'unione devono adeguarsi (lo stesso Piano Nazionale Integrato Energia e Clima - PNIEC- italiano dovrà rivedere sensibilmente al rialzo i propri target di riduzione delle emissioni e incremento della quota di Fonti Energetiche Rinnovabili - FER). Quasi certamente, tuttavia, questo obiettivo non è sufficiente per raggiungere il target di neutralità climatica europea al 2040, così come non lo dovrebbe essere neanche il più recente "REPowerEU"⁸ che porta le rinnovabili al 45%: perché questo accada occorrerebbe infatti aumentare la quota complessiva del contributo FER ad almeno il 50% entro il 2030.

¹ IPCC – Climate Change 2021 – The Physical Science Basis – Sixth Assessment Report,

<https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i/>.

² United Nations Environment Programme (2022). Emissions Gap Report 2022: The Closing Window — Climate crisis calls for rapid transformation of societies. Nairobi.

<https://www.unep.org/emissions-gap-report-2022>

³ P. Friedlingstein et al.: Global Carbon Budget 2021. Published: 26 Apr 2022.

<https://essd.copernicus.org/articles/14/1917/2022/>

⁴ <https://www.globalcarbonproject.org/index.htm>.

⁵ IPCC, "Global Warming of 1.5°C: An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty", December 2018. <https://www.ipcc.ch/sr15/download/>.

⁶ Climate Action Network (CAN) Europe and European Environment Bureau, "Building a Paris Agreement Compatible (PAC) energy scenario"

(http://www.caneurope.org/content/uploads/2020/06/PAC_scenario_technical_summary_29jun20.pdf), June 2020; DIW Berlin, "Make the European Green Deal Real – Combining Climate Neutrality and Economic Recovery" (https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.791736.de/diwkompakt_2020-153.pdf), June 2020; Climact, "Increasing the EU's 2030 emissions reduction target", June 2020; LUT University, "100% renewable Europe. Leadership scenario" (<https://www.solarpowereurope.org/100-renewable-europe/>), May 2020.

⁷ https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_21_3541.

⁸ https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/repowereu-affordable-secure-and-sustainable-energy-europe_en

La maggior parte della capacità di energia rinnovabile dovrà essere coperta da fotovoltaico (PV) ed eolico. Mentre per il PV il maggiore sviluppo in Italia sarà molto probabilmente onshore, per quanto concerne la nuova capacità eolica, a parte l'auspicabile repowering degli impianti eolici (onshore), la componente più rilevante della nuova potenza di energia da vento dovrà essere sviluppata offshore, anche in considerazione dei potenziali che la nostra penisola esprime. Ad oggi però non abbiamo ancora numeri credibili che ci dicano quale sia il reale potenziale dell'eolico offshore. Quando si parla di reale potenziale infatti, non si fa riferimento a quello tecnico anemologico, che risulta teorico perché occorre tenere conto non solo dei dati di ventosità, ma anche delle batimetrie e delle stesse caratteristiche dei fondali (che possono determinare la possibilità o meno di ancorare gli impianti *floating*). Tutti questi aspetti tecnici si devono poi incrociare con i molteplici impieghi dello spazio marittimo (conservazione, pesca, trasporti, turismo, acquacoltura, ecc.), come ben descritto nel recente **Position paper WWF “Realizzare la pianificazione dello spazio marittimo attraverso l’approccio ecosistemico”**⁹.

Si ricorda come secondo dati Terna nel settembre 2021 erano già pendenti progetti (di recente presentazione) per oltre 17 GW (ma in realtà gli ultimi dati, non proprio perfettamente chiari, sarebbero sensibilmente superiori) e che secondo il Ministro della Transizione ecologica, il nuovo PNIEC dovrebbe prevedere al 2030 per l'Italia una capacità produttiva da fonti rinnovabili di 114 gigawatt (nel 2021 erano circa 57,7 GW¹⁰) e un taglio delle emissioni di gas serra del 51% rispetto al 1990 (un valore peraltro inferiore al target EU che è -55%). Si tratterebbe quindi di realizzare oltre 56 GW di nuova capacità FER (PV + eolico) in ben meno di 9 anni, ossia quasi 6,5 GW anno, praticamente un valore quasi 5 volte quello installato nel 2021 (o addirittura oltre 8 volte se si prendesse a riferimento l'installato del 2020). Ma stando ai dati di Elettricità Futura¹¹ in realtà si dovrebbero fare 70 GW entro il 2030 (oltre 8 GW anno) e se si volesse tenere conto del più recente REPowerEU¹², sempre secondo Elettricità Futura, occorrerebbe arrivare a realizzare ben nuovi 85 GW di rinnovabili entro il 2030, ossia quasi 10 GW anno.

Infine, la Strategia di Lungo Termine (LTG, “*Long Term Strategy*”¹³), coerentemente con la *Green Deal* e l'obiettivo di completa decarbonizzazione al 2050, ritiene necessario per l'Italia dover soddisfare un fabbisogno di 600-700 TWh con generazione rinnovabile compresa tra 95 e 100%, con un ruolo preponderante affidato al fotovoltaico, che raggiungerebbe un valore di 10-15 volte l'attuale (circa 200-300 GW) e l'eolico che, tra *onshore* ed *offshore*, si attesterebbe tra 40 e 50 GW (quasi 4-5 volte l'attuale potenza installata).

LE ENERGIE RINNOVABILI IN AMBIENTE MARINO

Le energie rinnovabili offshore, ed in particolar modo l'eolico, sono vitali per la transizione energetica. Il WWF promuove un cambiamento verso un'economia blu sostenibile che fornisca benefici sociali ed economici per le generazioni presenti e future, che ripristini, protegga e mantenga la biodiversità, la produttività e la resilienza degli ecosistemi marini e che si basi su tecnologie pulite e rinnovabili e sui flussi circolari dei materiali¹⁴.

Tuttavia, come anche riconosciuto dal programma delle Nazioni Unite per l'ambiente, a mano a mano che le energie rinnovabili offshore aumenteranno di importanza, sarà fondamentale fare maggiore chiarezza circa i loro impatti ambientali e socioeconomici, incluse le interazioni tra questo settore e gli altri settori marittimi¹⁵.

Con il termine **eolico offshore** ci si riferisce all'utilizzo di parchi eolici costruiti genericamente in ambiente marino al fine di convertire l'energia cinetica del vento in energia elettrica. Gli impianti eolici offshore si distinguono in fissi e flottanti.

I parchi eolici fissi, in cui gli aerogeneratori vengono installati tramite fondamenta fissate sul fondale, vengono solitamente collocati in ambienti marini con profondità non troppo elevate (non oltre qualche decina di metri). I parchi eolici offshore flottanti sono costituiti da turbine eoliche galleggianti solitamente poste in acque profonde alcune centinaia di metri e quindi spesso collocate anche a distanze sensibilmente maggiori dalla costa. Questo documento tratterà di entrambi con il termine generico di eolico offshore (così come è consuetudine a livello internazionale) facendo

⁹ WWF, Realizzare la pianificazione dello spazio marittimo attraverso l'approccio ecosistemico, 2021, <https://www.wwf.it/area-stampa/mediterraneo-wwf-un-approccio-ecosistemico/>.

¹⁰ ANIE - osservatorio FER - dati Gaudi – dicembre 2021

¹¹ Presentazione standard di PowerPoint (elettricitafutura.it).

¹² https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/repowereu-affordable-secure-and-sustainable-energy-europe_en

¹³ Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Ministero dello Sviluppo Economico, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Ministero delle Politiche agricole, Alimentari e Forestali. STRATEGIA ITALIANA DI LUNGO TERMINE SULLA RIDUZIONE DELLE EMISSIONI DEI GAS A EFFETTO SERRA, Gennaio, 2021.

¹⁴ WWF, Deep seabed mining is an avoidable environmental disaster, 2021, https://www.panda.org/wwf_news/press_releases/?1416441/Deep-seabed-mining-is-an-avoidable-environmental-disaster.

¹⁵ de Vos, K., Smith, J., Bruneau, N., Fritsch, D., Wilson, C., Garfunkel, A., Rising Tide: Mapping Ocean Finance for a New Decade, The United Nations Environment Programme Finance Initiative, 2021, https://www.unepfi.org/wordpress/wp-content/uploads/2021/02/The_Rising_Tide-Mapping_Ocean_Finance_for_a_New_Decade.pdf.

apposite distinzioni tra parchi flottanti e parchi fissi laddove possibile in base ai dati disponibili in Mediterraneo e/o in Europa.

È imperativo riconoscere che i grandi progetti di energia rinnovabile offshore sono infrastrutture industriali ed è quindi fondamentale comprendere i loro impatti ambientali, durante il loro intero ciclo di vita, affinché possano essere evitati e/o gestiti al meglio, evitando un ulteriore degrado degli ecosistemi marini.

L'IMPORTANZA DI COMPRENDERE I RISCHI DELL'EOLICO OFFSHORE SULL'AMBIENTE MARINO

Lo sviluppo dell'eolico offshore in Italia si inserisce in un contesto, il Mar Mediterraneo, fortemente degradato. Troppi decenni di sfruttamento insostenibile delle risorse naturali, uno sviluppo economico non regolamentato ed altri fattori concomitanti (come per esempio l'inquinamento e il cambiamento climatico), hanno debilitato il nostro mare, la cui biodiversità ne ha risentito drasticamente^{16 17 18}. Inoltre, molti settori marittimi, soprattutto quelli legati alla Blue Economy, sono destinati a crescere ulteriormente nei prossimi anni^{19 20 21 22}, incrementando la richiesta, e quindi i conflitti, per l'utilizzo degli spazi.

Attualmente, la forma più importante di energie rinnovabili offshore corrisponde ai parchi eolici offshore, OWFs (*Offshore Wind Farms*). In particolare, le OWFs fisse, cioè con fondamenta inserite nel fondale, sono la tecnologia rinnovabile marina con più dati a disposizione. Tuttavia, questa tecnologia è destinata ad essere sorpassata in tempi piuttosto rapidi dagli impianti di eolico offshore flottante, FOWs (*Floating Offshore Windfarms*), sui cui impatti ambientali nel breve e lungo termine si sa ancora poco. Un potenziale problema se non ben gestito, soprattutto nel Mediterraneo, dove già molte compagnie stanno orientando i loro progetti, spesso di dimensioni particolarmente elevate (anche di migliaia di MW).

I possibili impatti dei parchi eolici offshore possono essere diversi, per forma e intensità, come per esempio: inquinamento acustico (rumore di costruzione e operativo), rischio di collisione con specie marine legate al traffico navale relazionato all'impianto eolico; cambiamenti nell'idrodinamica e nelle dinamiche di sedimentazione; cambiamento, degradazione o perdita di habitat; potenziale effetto barriera o di aggregazione; varie forme di inquinamento come rifiuti, rilascio di sostanze chimiche, a causa di anodi sacrificali e rivestimenti anticorrosivi; inquinamento luminoso e ostacoli alla migrazione o foraggiamento^{23 24 25 26 27}.

¹⁶ WWF, Realizzare la pianificazione dello spazio marittimo attraverso l'approccio ecosistemico, 2021, <https://www.wwf.it/area-stampa/mediterraneo-wwf-un-approccio-ecosistemico/>.

¹⁷ Coll *et al.*, 2010.

¹⁸ Telasca *et al.*, 2015.

¹⁹ Randone *et al.*, 2017.

²⁰ Ibid.

²¹ WWF, 2020. For a thriving sustainable blue economy in the Mediterranean.

²² Randone *et al.* 2017. Reviving the economy of the Mediterranean Sea: Actions for a sustainable future.

²³ Defingou M, Bils F, Horchler B, Liesenjohann T & Nehls G (2019): PHAROS4MPAs- A Review of Solutions to Avoid and Mitigate Environmental Impacts of Offshore Windfarms, BioConsult SH on behalf of WWF France, https://tethys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/PHAROS4MPAs_OffshoreWindFarm_CapitalizationReport.pdf.

²⁴ WWF-France (2019), Safeguarding marine protected areas in the growing Mediterranean blue economy. Recommendations for the offshore wind energy sector. PHAROS4MPAs project, <https://pharos4mpas.interreg-med.eu/>.

²⁵ Piante, C., *et al.* 2019, Safeguarding Marine Protected Areas in the Mediterranean Blue Economy: Recommendations for Offshore Wind Energy Sector, Pharos4MPAs, Online https://pharos4mpas.interreg-med.eu/fileadmin/user_upload/Sites/Biodiversity_Protection/Projects/PHAROS4MPAs/OWF_POLICYBRIEF_17june_singl_e_page.pdf.

²⁶ Draget, E., Environmental Impacts of Offshore Wind Power Production in the North Sea: A Literature Overview, WWF Norway, 2014, https://www.wwf.no/assets/attachments/84-wwf_a4_report_havindrapport.pdf.

²⁷ Pellow, M. R. (ed.). Wildlife and Wind Farms, Conflicts and Solutions, Volume 3 (Offshore: Potential Effects), 290 pages, 2019, ISBN: 9781784271275; Volume 4 (Offshore: Monitoring and Mitigation), 330 pages, 2019, ISBN: 9781784271312.






Specie	Pressioni	Impatti	Intensità degli impatti			
			Scelta del sito	Costruzione	Funzionamento	Dismissione
 Benthos	Posa dei cavi Costruzione delle fondamenta Strutture sommerse Cavi in regime sommersi	Perdita di habitat, Danni fisici, Disturbo Perdita di habitat, Danni fisici, Disturbo Effetto scogliera Campi elettromagnetici, Aumento Temperatura	-	Medio - Alto	Basso	Basso-Sconosciuto
			-	Medio - Alto	Basso	-
			-	-	Sconosciuto	Sconosciuto
			-	-	Sconosciuto	-
 Pesci e Elasmobranchi	Rumore dovuto al piling Cavi in regime sommersi Strutture sommerse Costruzione delle fondamenta	Danni fisici, Disturbo Campi elettromagnetici Effetto barriera Perdita di habitat	-	Alto	-	-
			-	-	Sconosciuto	Sconosciuto
			-	-	Sconosciuto	Sconosciuto
			-	Medio	Basso	-
 Cetacei	Rumore dovuto al piling Presenza traffico nautico Rumore dovuto al traffico nautico	Danni fisici, Disturbo, Disorientamento Collisioni, Abbandono dell'area Abbandono dell'area, Disorientamento	-	Alto	-	-
			Sconosciuto	Sconosciuto	Sconosciuto	Sconosciuto
			Basso-Medio	Medio-Alto	Medio-Alto	Medio-Alto
			-	-	-	-
 Avifauna e Chiroterri	Presenza traffico nautico Inquinamento luminoso Pale eoliche in funzione Pale eoliche in funzione	Abbandono dell'area Collisioni Collisioni Effetto barriera	Basso-Medio	Basso-Medio	Basso-Medio-Alto*	Basso-Medio-Alto*
			Basso	Basso-Medio	Basso-Medio-Alto*	Basso-Medio-Alto*
			-	-	Basso-Medio-Alto*	-
			-	-	Basso-Sconosciuto	-
 Tartarughe	Presenza traffico nautico Rumore dovuto al piling Inquinamento luminoso Cavi in regime sommersi	Collisioni Danni fisici, Disturbo Disorientamento Campi elettromagnetici, Disorientamento	Basso-Medio	Medio - Alto	Basso-Medio	Basso-Medio
			-	Alto	-	-
			Sconosciuto	Sconosciuto	Sconosciuto	Sconosciuto
			-	-	Sconosciuto	-

Figura 1: Pressioni, occorrenza e intensità degli impatti sugli habitat marini e su diversi gruppi di specie durante le quattro fasi del ciclo di vita di un impianto eolico offshore. Adattato da "Defingou M; Bils F, Horchler B, Liesenjohann T & Nehls G (2019): PHAROS4MPAs- A REVIEW OF SOLUTIONS TO AVOID AND MITIGATE ENVIRONMENTAL IMPACTS OF OFFSHORE WINDFARMS. BioConsult SH on behalf of WWF France, p.264".

Per maggiori informazioni si vedano gli allegati tecnici, presenti a fine documento, relativi agli impatti e mitigazione dell'eolico offshore su: avifauna e chiroterri (**Allegato I**), cetacei (**Allegato II**), benthos (**Allegato III**) e altre specie (**Allegato IV**).

A causa di questi impatti, i parchi eolici offshore influenzano tutti gli ecosistemi circostanti, dal fondale lungo tutta la colonna d'acqua così come fuori dall'acqua, influenzando specie e comunità bentoniche, planctoniche, di pesci, di mammiferi marini, di elasmobranchi, di tartarughe marine, così come uccelli e pipistrelli.

Inoltre, gli effetti dei parchi eolici offshore sull'ambiente marino hanno anche una dimensione temporale. Come tali, l'importanza dei loro possibili impatti può variare secondo le stagioni di migrazione degli uccelli e dei cetacei, le stagioni di deposizione delle uova per i pesci, o in base ad altre pressioni stagionali di origine antropica come le stagioni di pesca.

Infine, è opportuno notare che gli impatti e i rischi variano a seconda della tecnologia utilizzata, così come della scala e dell'ubicazione dei progetti. **Le valutazioni dei rischi e degli impatti dovrebbero pertanto sempre essere caso-specifico.**

I progetti di energia rinnovabile offshore e le infrastrutture a loro associate, come i cavi di trasmissione²⁸, possono costituire nuove fonti di impatto cumulativo sugli ambienti marini e costieri di cui occorre tenere debitamente conto, considerando che i nostri mari europei sono già in una situazione ambientalmente disastrosa. È da notare che l'obiettivo di raggiungere un buono stato ambientale in tutte le acque marine dell'UE entro il 2020, come richiesto dalla MSFD (*Marine Strategy Framework Directive*), è fallito²⁹. Lo sviluppo dell'energia rinnovabile offshore dovrebbe essere allineato con un piano d'azione coerente e accelerato per la conservazione e il ripristino dell'ambiente marino, raggiungendo gli obiettivi di conservazione europei e internazionali esistenti e aumentando la resilienza degli ecosistemi marini.

²⁸ For instance, see European Commission, Guidance on Energy Transmission Infrastructure and EU nature legislation, 91, 2018, https://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/management/pdf/guidance_on_energy_transmission_infrastructure_and_eu_nature_legislation_en.pdf.
²⁹ European Environmental Agency, Marine Message II, EEA Report No 17/2019, <https://www.eea.europa.eu/highlights/europes-seas-face-uncertain-future>.

L'ENERGIA EOLICA OFFSHORE NEL CONTESTO DI UNA PIANIFICAZIONE SPAZIALE MARITTIMA BASATA SULL'APPROCCIO ECOSISTEMICO (EBA-MSP) IN ITALIA

Per la prima volta nella sua storia, l'Italia si trova a dover pianificare e gestire il proprio spazio marittimo, in applicazione della Direttiva UE sulla Pianificazione dello spazio marittimo (MSPD)³⁰. Pianificazione che mira ad organizzare l'uso dello spazio marittimo per conciliare le diverse attività che vi si sviluppano, sia presenti che future, garantendo allo stesso tempo un livello di protezione adeguato ed efficace che soddisfi gli obiettivi della MSFD, la quale mira a ripristinare e mantenere un buono stato ecologico degli ecosistemi marini, e della Nuova Strategia sulla Biodiversità per il 2030, che punta a proteggere in modo efficace il 30% degli ecosistemi marini con un 10% rigorosamente protetto³¹.

Lo sviluppo dell'eolico offshore rientra dunque, così come tutti gli altri settori marittimi, all'interno del framework della MSPD e della MSFD. In un contesto in cui molte aree sono già state individuate per lo sviluppo di eolico offshore, è fondamentale che le nuove potenziali aree vengano individuate tenendo in considerazione le attività già esistenti e soprattutto i loro impatti cumulativi sull'ecosistema. La pressione cumulativa di queste attività infatti sta aumentando in un ambiente marino che è già fortemente degradato. Da un punto di vista ambientale, non è sufficiente valutare gli impatti ambientali del singolo progetto. È possibile che un progetto sia valutato positivamente dalla VIA, ma che non sia ancora sostenibile a causa dei suoi impatti cumulativi sull'ambiente quando viene aggiunto ad altri progetti, anche a livello transfrontaliero.

BOX - La questione degli impatti cumulativi

Gli impatti cumulativi in mare sono l'insieme degli impatti subiti dall'ambiente marino, e derivano non solo dalla somma delle attività umane in mare, ma anche da effetti sinergici quando gli impatti si rafforzano a vicenda, cioè moltiplicando i loro effetti sugli ecosistemi.

Questi impatti potenzialmente esistono già in tutto lo spazio marittimo poiché molti settori marittimi vi operano già. Si pone quindi la questione degli effetti dell'additività di nuovi impatti dovuti all'arrivo di uno o più settori marittimi aggiuntivi. Prima dell'autorizzazione di nuove attività, le autorità competenti dovrebbero valutare, attraverso una serie di analisi e studi, il livello di impatti cumulativi che caratterizzano quello spazio marittimo, per determinare se l'inserimento di nuove attività vada a compromettere la salute dell'ambiente marino e delle sue risorse, anche in considerazione degli usi già presenti. Per esempio, un impianto eolico offshore di 30 turbine potrebbe impattare entro livelli sostenibili l'ambiente marino e le sue risorse e quindi ricevere dalle autorità competenti l'autorizzazione per la sua realizzazione. Tuttavia, se nella stessa area è prevista la costruzione di altri parchi eolici offshore con numeri di turbine equiparabili o superiori, allora la questione potrebbe essere ben diversa: la somma degli impatti cumulativi dei diversi progetti, congiuntamente a quelli già esistenti, dovrebbe essere seriamente analizzata per assicurare che la loro realizzazione non incida negativamente nel breve e lungo termine sull'ambiente marino e le sue risorse.

Nel caso molto specifico del co-uso, ossia della coesistenza di due o più settori marittimi nella stessa area, gli impatti cumulativi sono più localizzati. Il co-uso consente a due o più attività marittime di beneficiare dello stesso spazio rendendo più efficiente l'utilizzo di una determinata area. Tuttavia, allo stesso tempo, impatti e pressioni su quel sito sono destinati ad aumentare (aumento del rumore, del rischio di collisione, dell'effetto barriera, ecc.). Questi impatti aggiuntivi devono essere pertanto considerati prima di prendere una qualsiasi decisione dal punto di vista autorizzativo, considerando gli aspetti e gli interessi ambientali, sociali ed economici in gioco.

³⁰ WWF, Realizzare la pianificazione dello spazio marittimo attraverso l'approccio ecosistemico, 2021, <https://www.wwf.it/area-stampa/mediterraneo-wwf-un-approccio-ecosistemico/>.

³¹ WWF, Realizzare la pianificazione dello spazio marittimo attraverso l'approccio ecosistemico, 2021, <https://www.wwf.it/area-stampa/mediterraneo-wwf-un-approccio-ecosistemico/>.

È quindi fondamentale, anche quando si sviluppano progetti di energie rinnovabili offshore, adottare un approccio integrato, usando lo spazio marittimo con attenzione, considerando che l'obiettivo di sostenere una transizione energetica sostenibile avverrà solo se si adotteranno soluzioni contro il cambiamento climatico pienamente compatibili con il recupero e la resilienza della biodiversità nei nostri mari. L'obiettivo è quello di **realizzare il pieno potenziale dell'energia rinnovabile offshore, in Italia ed in Europa, senza compromettere il raggiungimento di un buono stato ambientale nelle acque europee e degli obiettivi di protezione marina e di conservazione della biodiversità così come definiti dalla stessa Strategia Europea sulla Biodiversità per il 2030**. In altre parole, raggiungere gli obiettivi di produzione energetica rinnovabile è un'equazione all'interno della quale i requisiti ambientali sono una costante, e l'innovazione tecnologica è una variabile che può evolvere positivamente nel tempo³².

Ecco perché **la selezione sistematica, strategica e intelligente dei siti deve essere obbligatoria per tutte le attività in mare, inclusa l'energia rinnovabile, andando oltre l'analisi dei singoli progetti per assegnare lo spazio per lo sviluppo di queste attività solo in aree considerate adatte dal punto di vista ecologico**. Il processo di selezione dei siti deve allinearsi con gli standard internazionali, con criteri ambientali chiari e con la conoscenza attuale degli impatti cumulativi, oltre che sulla base di valutazioni che comprendano l'intero ciclo di vita delle specie che ricadono nell'area di influenza di un impianto eolico³³.

Un'adeguata selezione dei siti deve essere facilitata da una pianificazione dello spazio marittimo con approccio ecosistemico (EBA-MSP)^{34 35 36}, su cui l'Italia è in forte ritardo. Per guidare lo sviluppo sostenibile di nuove attività come le rinnovabili offshore, questi piani dovrebbero essere basati su mappature di sensibilità, la maggior parte delle quali sono ancora carenti in Europa, e fornire localizzazioni finali basate su una serie di vincoli ecologici che escludono aree chiave come i principali corridoi ecologici, importanti vivai, zone di alimentazione e in future aree di rifugio climatico. Ogni volta che vengono identificate lacune conoscitive (come, per esempio, la mancanza o l'incompletezza di informazioni all'interno dell'area di influenza dell'opera), queste devono essere colmate ad opera del proponente al fine di assicurare che l'opera non sia implementata in un'area sensibile. I ministeri competenti, supportati dalla ricerca, dovrebbero dedicare sforzi significativi all'identificazione di aree adatte allo sviluppo delle energie rinnovabili offshore dove gli impatti sulla natura saranno minimi, così come alla valutazione degli impatti cumulativi derivanti dalla moltiplicazione di progetti su larga scala.

La progettazione dell'energia rinnovabile offshore, inquadrata all'interno del processo di EBA-MSP, deve favorire sin dalle prime fasi il dialogo multi-stakeholders sia per mitigare o evitare eventuali conflitti d'uso per lo spazio marittimo (che comporterebbero rallentamenti delle attività, incertezza finanziaria per gli investitori, ecc.), e ove possibile facilitando il co-uso dell'area (se possibile anche incentivando la co-localizzazione di più tecnologie FER, come eolica e fotovoltaica in un unico luogo al fine di ridurre lo spazio complessivo necessario per la generazione di elettricità in mare, ossia massimizzando la produzione per unità di superficie), sia per accedere più facilmente ai finanziamenti per la *Blue Economy*^{37 38}.

LE ENERGIE RINNOVABILI OFFSHORE NEL CONTESTO TRANSFRONTALIERO

Lo sviluppo dell'energia eolica offshore dovrebbe riconoscere l'importanza dello sviluppo transfrontaliero come strumento per ridurre i costi attraverso economie di scala e di spazio che tengano conto dei confini degli ecosistemi marini. Lo sviluppo di questo settore, soprattutto in Mediterraneo, non potrà limitarsi unicamente alla cooperazione tra Stati Membri ma dovrà includere anche gli Stati vicini, e la Commissione Europea dovrà giocare un ruolo importante e fondamentale come promotrice di questa cooperazione su scala regionale.

La collaborazione tra Stati a livello di bacino permetterebbe inoltre l'archiviazione centralizzata di mappe e dati, inclusi quelli relativi ai monitoraggi e *best practices*. Condivisione che sarà fondamentale per limitare al minimo gli impatti

³² WWF, Ecosystem-based Maritime Spatial Planning in Europe and how to assess it, Guidance Paper, 2021.

³³ Si veda per esempio la Convenzione sulle Specie Migratorie, Renewable Energy Technologies and Migratory Species: Guidelines for Sustainable Deployment, 2014, https://www.cms.int/sites/default/files/document/Doc_10_2_2_Guidelines_Renewable_Energy_E.pdf.

³⁴ WWF, Realizzare la pianificazione dello spazio marittimo attraverso l'approccio ecosistemico, 2021, <https://www.wwf.it/area-stampa/mediterraneo-wwf-un-approccio-ecosistemico/>.

³⁵ WWF, Achieving ecosystem-based marine spatial plans, 2020, https://wwf.eu.awsassets.panda.org/downloads/wwf_position_paper_ecosystem_based_approach_in_msp_feb2020.pdf.

³⁶ WWF, Guidance Paper, Ecosystem-based Maritime Spatial Planning in Europe and how to assess it, 2021,

https://wwf.eu.awsassets.panda.org/downloads/wwf_eb_maritime_spatial_planning_guidance_paper_march_2021.pdf.

³⁷ United Nations Environment Programme Finance Initiative (2021) Turning the Tide: How to finance a sustainable ocean recovery—A practical guide for financial institutions, <https://www.unepfi.org/publications/turning-the-tide/>.

³⁸ Per saperne di più, vedere per esempio: Foundation For European Progressive Studies, The People's Transition: Community-led development for Climate Justice, https://www.feps-europe.eu/resources/publications/762-com_publications_publications.html; The Europe Beyond Coal "Seven Golden Rules for Open and Inclusive Just Transition Planning" provide further guidance on the specific timelines and practices for meaningful consultation and engagement of stakeholders, available here: <https://beyond-coal.eu/2019/07/15/seven-golden-rules-for-open-and-inclusive-just-transitionplanning-at-the-regional-level/>.

negativi sull'ambiente, soprattutto in riferimento al potenziale uso delle nuove tecnologie *floating*, ancora poco sperimentate, a livello globale, e ancora mai implementate in Mediterraneo.

CRITERI DI COLLOCAZIONE SPAZIALE DELL'EOLICO OFFSHORE IN ITALIA E MITIGAZIONE DEGLI IMPATTI

La limitazione dell'impatto ambientale delle infrastrutture per l'energia rinnovabile offshore inizia con una appropriata e corretta localizzazione. Questo permette di evitare aree sensibili o protette, e favorisce il confronto con altri settori, oltre a facilitare l'accettabilità socioeconomica dei progetti.

La scelta dell'ubicazione deve essere fatta in linea con il piano di gestione dello spazio marittimo ed integrando pienamente un approccio ecosistemico. In fase di pianificazione, quindi, i ministeri competenti dovrebbero definire le macro-aree dove poter inserire gli impianti eolici offshore in modo coerente con i criteri EBA-MSP. **Per WWF, sia le scelte da parte degli enti governativi competenti sia quelle da parte del proponente devono essere in linea con: la pianificazione dello spazio marittimo con approccio ecosistemico, la MSFD, le Direttive Europee a protezione della natura (per es. le Direttive Habitat e Uccelli) e la nuova Strategia sulla Biodiversità per il 2030.**

EVITARE GLI ECOSISTEMI E LE AREE MARINE SENSIBILI

Una strategia chiave per limitare gli effetti negativi dei progetti di energia rinnovabile offshore consiste nell'evitare le aree sensibili e protette, all'interno delle quali i loro impatti ambientali sarebbero particolarmente negativi. A maggior ragione considerando che tali aree sono anche vitali per mitigare e alleviare gli impatti del cambiamento climatico^{39 40}.

Come primo principio, gli sviluppi delle energie rinnovabili di taglia industriale non dovrebbero essere collocati all'interno di aree marine protette e in altre aree ecologicamente preziose per le specie e gli habitat sensibili. In particolare, non devono essere permessi in aree rigorosamente protette dell'UE designate come tali nell'ambito della Nuova Strategia dell'UE sulla Biodiversità per il 2030.

I progetti rinnovabili offshore di tipo industriale dovrebbero essere considerati sempre caso per caso e dovrebbero essere accompagnati da un adeguato Studio di Impatto Ambientale (SIA), da una rigorosa Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) e, dove necessario, da una Valutazione di Incidenza Ambientale (VINCA). Queste devono essere tanto più dettagliate e robuste, quanto più ci si avvicina alle aree marine a vario titolo protette⁴¹ e/o altri siti considerati sensibili o di rilevanza ecologica e/o biologica.

Le analisi scientifiche devono altresì dimostrare che gli impianti rinnovabili offshore, durante tutta la loro vita operativa, non siano dannosi per gli obiettivi di conservazione delle aree marine a vario titolo protette e/o degli ecosistemi sensibili. Qualora venissero a mancare informazioni rilevanti circa l'importanza ecologica e/o biologica di un'area di interesse per un progetto di OFW, dovrà essere fatto obbligo al proponente di fornire dati adeguati.

Secondo WWF inoltre, in linea con la IUCN⁴², i progetti rinnovabili offshore dovrebbero essere evitati anche in qualsiasi OECMs (*Other Effective area-based Conservation Measures*) che contribuisca all'obiettivo UE di proteggere il 30% del mare entro il 2030.

³⁹ Roberts, C., et al., Marine reserves can mitigate and promote adaptation to climate change, PNAS 114 (24), 2017, <https://www.pnas.org/content/pnas/114/24/6167.full.pdf>.

⁴⁰ WWF, Marine Protected Areas: Delivering ocean resilience to alleviate the effects of climate change, 2020, https://wwf.eu.awsassets.panda.org/downloads/mpa_fact_sheet_the_role_of_mpas.pdf.

⁴¹ Aree Marine Protette, siti Natura 2000 e OECMs.

⁴² IUCN, 2019, Recognising and reporting other effective area-based conservation measures <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/PATRS-003-En.pdf>, p.5.

PERCHÉ SECONDO WWF LE AREE DEDICATE ALLE RINNOVABILI OFFSHORE NON POSSONO ESSERE CONSIDERATE *DE FACTO* COME AREE MARINE PROTETTE (AMP) O OECS

I parchi eolici offshore possono contribuire a ridurre la pressione di alcuni settori marittimi su alcuni ecosistemi marini, poiché possono fornire a certe specie un rifugio da determinati impatti (ad esempio la pesca) grazie alle misure spaziali necessarie per il loro funzionamento. Tuttavia, questi progetti offshore hanno intrinsecamente degli impatti negativi che possono essere minimizzati, ma non completamente annullati.

L'introduzione delle infrastrutture di energia rinnovabile offshore nell'ecosistema marino si traduce nell'aggiunta di substrati duri artificiali (soprattutto per quanto riguarda l'eolico offshore fisso), anche dove non presenti precedentemente. La ricerca scientifica è ancora in corso per valutare se questi substrati artificiali possano facilitare la creazione di hotspot di biodiversità tramite un potenziale effetto barriera e se questo effetto sia realmente positivo o meno. Uno studio recente ha infatti concluso che *"i rapporti precedenti sulle turbine eoliche offshore come hotspot di biodiversità dovrebbero essere letti con cautela"*, poiché tali affermazioni spesso si riferiscono *"al tipico secondo stadio di successione ricco di specie raggiunto dopo alcuni anni di colonizzazione, ma che scompare in una fase successiva"*⁴³. Allo stesso modo, il Servizio di Ricerca del Parlamento Europeo ha riconosciuto che, quando le turbine eoliche attirano la vita marina per un effetto barriera, è anche necessario assicurarsi che *"questo non porti ad una distorsione delle specie o agisca come un trampolino di lancio per le specie invasive"*⁴⁴. Infatti, *"un effetto barriera positivo dipende dalla natura e dalla posizione della barriera e dalle caratteristiche delle popolazioni native"*⁴⁵.

Infine, la sola limitazione della pesca nelle aree dei parchi eolici non può essere considerata un intervento di semplice ripristino passivo, perché lo sviluppo dei parchi eolici può portare esso stesso a impatti e cambiamenti negli ecosistemi⁴⁶

La protezione indiretta che i parchi eolici possono offrire come conseguenza delle misure spaziali, non può sostituire la legislazione ambientale specifica dell'UE adottata per ripristinare e/o proteggere habitat e specie sensibili da tali attività, poiché questo non è lo scopo dei parchi eolici. Pertanto, **le aree in cui si collocano le rinnovabili offshore non possono e non devono essere considerate *de facto* AMP**. Bisogna ricordare che l'obiettivo primario dietro la creazione di un'AMP è la conservazione della biodiversità e il ripristino degli ecosistemi, non la crescita economica delle industrie marittime. Un'economia blu sostenibile e le conseguenti opportunità economiche sono invece benefici aggiunti graditi delle AMP, se non compromettono gli obiettivi di conservazione dei siti. Le AMP devono essere designate sulla base di dati scientifici per raggiungere specifici obiettivi di conservazione e, se gestite in modo efficace, contribuiscono a raggiungere un buono stato ambientale nelle acque dell'UE. La loro identificazione e designazione deve seguire principi di coerenza ecologica, affinché si costituisca una rete efficace di AMP. Infine, le AMP devono avere piani di gestione, la cui implementazione garantisca il raggiungimento degli obiettivi di conservazione dell'AMP stessa⁴⁹.

Un'area che viene protetta da alcune forme di pressione umana grazie alla presenza di infrastrutture di energia rinnovabile offshore non corrisponde necessariamente a questi criteri. Contrariamente alle AMP, il primo obiettivo di un'area dedicata alle energie rinnovabili offshore è produrre energia, quindi risponde ad una logica soprattutto di tipo economico, anche se coerente con gli obiettivi di decarbonizzazione (contrasto al cambiamento climatico), e i benefici derivanti dalla protezione della natura sono generalmente considerati solo come un valore aggiunto o indiretto (a causa degli impatti del cambiamento climatico sulla biodiversità).

Oltre alle AMP, anche le **OECS** (*Other Effective Area-based Conservation Measures*) sono strumentali per realizzare i nuovi obiettivi di protezione del 30% degli ecosistemi marini al 2030. Si ricorda che la Convenzione sulla Diversità Biologica (CBD) definisce una OECS come *"un'area geograficamente definita diversa da un'Area Protetta, governata e gestita in modo da ottenere risultati positivi e duraturi a lungo termine per la conservazione della biodiversità in situ, con funzioni e servizi ecosistemici associati e, ove applicabili, valori culturali, spirituali, socioeconomici e altri valori rilevanti a livello locale"*. Ai sensi della CBD, una OECS: 1) Non deve già essere stata riconosciuta o designata come

⁴³ Degraer, S., Brabant, R., Rumes, B. & Vigin, L. (eds). 2019. Environmental Impacts of Offshore Wind Farms in the Belgian Part of the North Sea: Marking a Decade of Monitoring, Research and Innovation. Brussels: Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD Natural Environment, Marine Ecology and Management, 134 p.

⁴⁴ Wilson A, B., Offshore wind energy in Europe, Briefing, European Parliamentary Research Service, November 2020, Online:

[https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2020/659313/EPRS_BRI\(2020\)659313_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2020/659313/EPRS_BRI(2020)659313_EN.pdf)

⁴⁵ Langhamer O. (2012). Artificial reef effect in relation to offshore renewable energy conversion: state of the art. The Scientific World Journal, 386713. Online:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3541568/pdf/TSWJ2012-386713.pdf>

⁴⁶ WWF, Nature protection and offshore renewable energy, Position Paper, 2021: <https://www.wwf.eu/?3451341/WWF-position-on-offshore-renewable-energy-and-nature>

⁴⁷ Degraer, Steven, et al. "OFFSHORE WIND FARM ARTIFICIAL REEFS AFFECT ECOSYSTEM STRUCTURE AND FUNCTIONING: A Synthesis." *Oceanography*, vol. 33, no. 4, Oceanography Society, 2020, pp. 48–57, <https://www.jstor.org/stable/26965749>.

⁴⁸ Jean-Philippe Pezy, Aurore Raoux, Jean-Claude Dauvin, An ecosystem approach for studying the impact of offshore wind farms: a French case study, *ICES Journal of Marine Science*, Volume 77, Issue 3, May-June 2020, Pages 1238–1246, <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsv125>.

⁴⁹ Borg, J., Burgess, S., Milo-Dale, L., Protecting our Ocean: Europe's challenges to meet the 2020 deadlines, WWF, 2019, https://wwf.eu.awsassets.panda.org/downloads/protecting_our_ocean.pdf.

Area Protetta; 2) Deve avere un'autorità di *governance* legittima e deve essere gestita; 3) Deve assicurare un risultato effettivo e duraturo di conservazione della biodiversità *in situ*; 4) Deve sostenere le funzioni e i servizi ecosistemici associati, i valori culturali, spirituali, socioeconomici e altri valori pertinenti a livello locale.

In generale le aree di energia rinnovabile offshore non dovrebbero essere classificate come OECM, poiché ad oggi non sussiste una pianificazione dello spazio marittimo che assicuri una gestione e minimizzazione degli impatti cumulativi e dovuti al potenziale co-uso di queste aree tra diverse attività, e poiché non ci sono prove scientifiche affidabili per dare credito alle affermazioni secondo cui esse contribuiscono a risultati positivi e mantenuti a lungo termine per la conservazione *in situ* della biodiversità e delle funzioni e dei servizi ecosistemici associati⁵⁰. In futuro, qualora i gap menzionati venissero colmati, le valutazioni per determinare se una determinata area soddisfa i diversi criteri di OECM previsti dalle linee guida internazionali dovranno essere fatte caso per caso.

PROGETTARE UN'INFRASTRUTTURA SOSTENIBILE

Dopo aver stabilito l'ubicazione di un impianto eolico offshore, inizia la fase di progettazione vera e propria. Essa, se correttamente considerata, offre nuove possibilità per limitare gli impatti ambientali dei progetti, e talvolta può integrare componenti ecologiche per il bene della natura. È importante capire chiaramente i pro e i contro delle varie opzioni di progettazione disponibili e i loro limiti.

Per chiarezza, è importante notare che la nozione di "misure di mitigazione" può essere intesa in due modi specifici. Le misure di mitigazione possono essere intese in senso ampio, includendo quelle che vanno dalla pianificazione all'installazione (ad esempio con misure di evitamento o opzioni di progettazione, come l'affiancamento durante la fase di costruzione *in situ* dell'utilizzazione di tende a bolle - *bubble curtains* - per ridurre l'inquinamento acustico), all'operatività dell'impianto (per esempio con la chiusura temporanea dell'impianto per ridurre le collisioni con gli uccelli) e smantellamento (per esempio con il repowering dell'impianto)⁵¹. Tuttavia, nel contesto della Valutazione di Impatto Ambientale le "misure di mitigazione" possono anche essere intese più specificamente come le misure concepite sulla base dei risultati della VIA per affrontare gli impatti ambientali delle opzioni tecniche scelte per l'infrastruttura da costruire. Per evitare qualsiasi confusione, è quindi importante specificare sempre a quale tipo di misure di mitigazione ci si riferisce.

La progettazione inclusiva della natura (*nature-inclusive design*) è un approccio ingegneristico che cerca di integrare il più possibile le costruzioni umane nell'ambiente naturale attraverso l'uso di materiali e forme appropriate. **Ove possibile, le infrastrutture di energia rinnovabile offshore dovrebbero essere progettate in modo inclusivo della natura, riducendo il più possibile l'impatto sull'ambiente fin dalla fase di progettazione**⁵².

L'eco-design include la natura adottando la prospettiva specifica dell'ecosistema, e si applica specificamente alla fase preliminare di ricerca e sviluppo o di concezione del progetto. Gli ingegneri incaricati di sviluppare i piani dell'infrastruttura collaborano con i biologi marini per migliorare l'integrazione dell'infrastruttura stessa nell'ambiente marino. L'eco-design potrebbe quindi guidare le decisioni in modo da integrare al meglio l'infrastruttura nell'ambiente⁵³
⁵⁴ ⁵⁵. L'eco-design, inoltre, potrebbe comportare un supporto della ricerca, per esempio nella selezione dei materiali di costruzione che non siano fonte di inquinamento per l'ambiente⁵⁶.

A causa della complessità degli ecosistemi marini, le misure di ecodesign possono avere impatti ambientali sia positivi che negativi e quindi richiedono dei test pilota. Per esempio, un design della piattaforma che includa la natura può cercare di produrre un effetto barriera. A questo proposito, è importante assicurarsi che l'effetto barriera sia coerente con gli ecosistemi circostanti e con un insediamento di vita marina compatibile. Tale coerenza può essere ottenuta utilizzando una bio-superficie appropriata per promuovere adeguati e complessi assembramenti di specie e un substrato

⁵⁰ WWF, Nature protection and offshore renewable energy, Position Paper, 2021: <https://www.wwf.eu/?3451341/WWF-position-on-offshore-renewable-energy-and-nature>.

⁵¹ Si veda per esempio la Figura 1 in: Gartman *et al.*, Mitigation Measures for Wildlife in Wind Energy Development, Consolidating the State of Knowledge — Part 1: Planning and Siting, Construction, Journal of Environmental Assessment Policy and Management Vol. 18, No. 3, 2016, <https://tethys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/Gartman-et-al-Part%201-Mitigation-Measures.pdf>.

⁵² Hermans, A., O. G. Bos, and I. Prusina. *Nature-Inclusive Design: a catalogue for offshore wind infrastructure: Technical report*. No. 114266/20-004.274. Witteveen+ Bos, 2020. <https://edepot.wur.nl/518699>.

⁵³ Hermans, A., O. G. Bos, and I. Prusina. *Nature-Inclusive Design: a catalogue for offshore wind infrastructure: Technical report*. No. 114266/20-004.274. Witteveen+ Bos, 2020. <https://edepot.wur.nl/518699>.

⁵⁴ Lengkeek, W., Dideren, Karin, Teunis, Malenthe, Driessen, Floor, Coolen, Joop, Bos, Oscar, Vergouwen, Sophie, Raaijmakers, Tim, de Vries, Mindert, van Koningsveld, Mark, *Eco-friendly design of scour protection: potential enhancement of ecological functioning in offshore wind farms. Towards an implementation guide and experimental set-up*. Technical report, n° 17 - 001, 2017, https://www.researchgate.net/publication/315589657_Eco-friendly_design_of_scour_protection_potential_enhancement_of_ecological_functioning_in_offshore_wind_farms_Towards_an_implementation_guide_and_experimental_set-up.

⁵⁵ Lengkeek, W., Dideren, Karin, Teunis, Malenthe, Driessen, Floor, Coolen, Joop, Bos, Oscar, Vergouwen, Sophie, Raaijmakers, Tim, de Vries, Mindert, van Koningsveld, Mark, *Eco-friendly design of scour protection: potential enhancement of ecological functioning in offshore wind farms. Towards an implementation guide and experimental set-up*. Technical report, n° 17 - 001, 2017, https://www.researchgate.net/publication/315589657_Eco-friendly_design_of_scour_protection_potential_enhancement_of_ecological_functioning_in_offshore_wind_farms_Towards_an_implementation_guide_and_experimental_set-up.

⁵⁶ Per un esempio di eco-design si veda Lacroix and Pioch, *The multi-use in wind farm projects: More conflicts or a win-win opportunity?*, Aquatic Living Resources 24(2), 2011, https://www.researchgate.net/publication/277060788_The_multi-use_in_wind_farm_projects_More_conflicts_or_a_win-win_opportunity.

adatto a migliorare il controllo dell'inquinamento dell'acqua. Come le scelte tecniche che sono fatte dal progettista, le misure di eco-progettazione fanno parte dello studio di fattibilità, il quale richiede un'analisi fisica ed oceanografica con modelli di trasporto dei sedimenti e di energia delle onde, così come modelli trofici per testare la robustezza della soluzione tecnica, prima di una valutazione del ciclo di vita dell'impianto e una sua valutazione economica. Questo è il motivo per cui avvengono nella fase di progettazione e devono essere inclusi e valutati nella VIA del progetto.

È importante che la ricerca scientifica indaghi ulteriormente sia sugli impatti delle nuove tecnologie rinnovabili offshore sia sulle diverse opzioni tecniche implementabili come, per esempio le turbine eoliche flottanti, il solare galleggiante, o impianti per lo sfruttamento delle onde o delle maree. In generale, la ricerca incentrata sulle energie rinnovabili offshore dovrebbe adottare una prospettiva multidisciplinare e, sulla base di monitoraggi a lungo termine, dovrebbe portare a risultati utili riguardo i migliori approcci di modellistica, le valutazioni di impatto cumulativo, lo sviluppo e la sperimentazione di metodi di mitigazione, così come l'implementazione della gestione adattiva.

Inoltre, la ricerca sui progetti in mare è sempre specifica del luogo (a causa dello specifico contesto ambientale e socioeconomico in cui i progetti eolici offshore sono inseriti). Un meccanismo transfrontaliero di condivisione di dati, risultati e *best practices* riguardanti i progetti eolici offshore, potrebbe garantire una maggior efficacia di gestione delle opere, sia per quanto riguarda il loro funzionamento generale, sia per quanto riguarda gli impatti durante l'intero ciclo vitale delle opere. Per implementare un coordinamento transfrontaliero della ricerca e condivisione di dati sarebbe essenziale un supporto da parte dell'Unione Europea. Durante la procedura di VIA, e quindi prima del decreto di compatibilità ambientale, devono essere suggerite tutte quelle prescrizioni tecniche volte a mitigare gli impatti ambientali coerenti con gli elementi di progettazione inclusivi della natura. Come tali, gli elementi di progettazione inclusivi della natura possono essere parte delle misure di mitigazione come richiesto dalla legge.

Se l'impatto della progettazione inclusiva della natura è positivo sarà da valutare nel tempo. La progettazione inclusiva della natura, intorno a un progetto di rinnovabili offshore, deve essere accompagnata da un monitoraggio regolare per garantire che l'ecosistema marino reagisca mantenendo le sue caratteristiche trofiche, le sue funzioni ecologiche e le sue dinamiche in termini di connettività. A questo proposito, avrà moltissima importanza lo studio e la ricerca inerente alla questione delle specie invasive e delle trappole ecologiche⁵⁷ le quali richiederanno una valutazione ecologica regolare. Analisi e studi che dovrebbero essere rafforzati qualora nell'area di sviluppo del parco eolico si decidesse di sviluppare altri settori (come per esempio la maricoltura, la molluschicoltura e la coltivazione di alghe⁵⁸), che potrebbero facilitare l'attecchimento di specie invasive con danni alla biodiversità e, in generale, all'ecosistema marino. **Questo permetterà di sviluppare dei progetti adattivi e responsabili che includano la natura, che siano compatibili con la protezione della biodiversità nelle aree interessate dall'uomo e che limitino o eliminino eventuali rischi legati a possibili traslocazioni e/o facilitazioni di specie invasive.**

Nella fase di progettazione o durante la fase di VIA dei progetti, **il design inclusivo della natura può portare a decisioni ingegneristiche specifiche riguardanti la progettazione delle turbine e la loro configurazione spaziale. Tuttavia, non deve essere confuso con l'ingegneria ecologica.** Mentre la progettazione inclusiva della natura cerca di integrare al meglio le infrastrutture negli ecosistemi, l'ingegneria ecologica mira a modellare gli ecosistemi stessi. Per esempio, mentre il design inclusivo della natura esplorerebbe come una turbina possa agire come una barriera artificiale per evitare un effetto barriera o un effetto FAD (*Fishing Aggregating Device*), l'ingegneria ecologica applicata alle rinnovabili offshore consisterebbe in progetti che aggiungerebbero appositamente sistemi di barriere artificiali massicce nei dintorni delle turbine, con la creazione di un intero nuovo habitat. Per questo motivo, **WWF preferisce una progettazione il cui design sia inclusivo della natura piuttosto che l'opzione di tipo ingegneristico.**

Infine, in generale, la progettazione inclusiva della natura non deve essere confusa nemmeno con il ripristino ambientale (restoration). Il ripristino ambientale, infatti, può essere definito come "*il ritorno di un ecosistema ad una approssimazione il più vicino possibile rispetto alle sue condizioni prima di una perturbazione o di un periodo di gestione specifica*"⁵⁹, così come un processo che "*illustra i cambiamenti che si verificano quando un ecosistema degradato si riprende verso il suo stato originale*"⁶⁰. Deve essere distinto dalla riabilitazione (*rehabilitation*), che porta solo a un recupero parziale⁶¹. Il ripristino richiede la conoscenza dell'ambiente prima che il degrado avvenisse e deve portare, con prove scientifiche di supporto, al recupero delle funzioni ecologiche e della biodiversità perse. In questa prospettiva, compensare gli impatti di un'infrastruttura offshore o integrarla nell'ambiente circostante nel miglior modo possibile attraverso una progettazione inclusiva della natura non equivale, *de facto*, al ripristino ambientale.

⁵⁷ Swearer, Stephen E., et al. "An overview of ecological traps in marine ecosystems." *Frontiers in Ecology and the Environment* 19.4 (2021): 234-242.

⁵⁸ Van den Burg SWK, Röckmann C, Banach JL and van Hoof L (2020) Governing Risks of Multi-Use: Seaweed Aquaculture at Offshore Wind Farms. *Front. Mar. Sci.* 7:60. doi: 10.3389/fmars.2020.00060.

⁵⁹ Danish Ministry for Climate, Energy & Utilities, Denmark is getting a new island: The world's first energy island is established 80 km out in the North Sea, 2021, <https://kefm.dk/aktuelt/nyheder/2021/feb/danmark-bliver-en-oe-rigere-verdens-foerste-energieo-etableres-80-km-ude-i-nordsoe>.

⁶⁰ Halpern, B., Kendrick, G., Orth, R.J., *Upgrading Marine Ecosystem Restoration Using Ecological-Social Concepts*, *BioScience* 66 (2), 2015, https://www.researchgate.net/publication/287377533_Upgrading_Marine_Ecosystem_Restoration_Using_Ecological-Social_Concepts.

⁶¹ Ibid.

Sono state fatte affermazioni sul fatto che i progetti rinnovabili offshore potrebbero essere considerati come la realizzazione di un ripristino ambientale, impedendo l'accesso a certe aree ad attività dannose. Tuttavia, la semplice presenza di un'infrastruttura di energia rinnovabile offshore non può essere considerata di per sé un ripristino ambientale. Al massimo, apre un potenziale di riabilitazione. Contribuire alla diminuzione di altre pressioni difficilmente può essere descritto generalmente come "effetto netto positivo", poiché gli effetti dei progetti di energia rinnovabile offshore possono essere ancora molto importanti, senza contare che spesso non sono pienamente compresi e che non è dato a lungo termine che altre attività saranno escluse da queste aree⁶².

Inoltre, la possibilità di realizzare operazioni di ripristino ambientale basate su infrastrutture di energia rinnovabile offshore dipende dalla natura degli ecosistemi che sono stati alterati. La maggior parte delle funzioni ecologiche non può essere sostituita, e solo un numero limitato di ecosistemi può essere adatto a tali azioni compensative.

LA NECESSITÀ DI AVERE UNA VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE EFFICACE

La VIA è fondamentale per affrontare gli impatti ambientali dei progetti di energia offshore. Secondo la Direttiva sulla Valutazione d'Impatto Ambientale (2014/52/UE), gli Stati membri devono garantire che *"i progetti che possono avere effetti significativi sull'ambiente [...] siano sottoposti a [...] una valutazione dei loro effetti sull'ambiente"*⁶³.

I parchi eolici offshore sono esplicitamente elencati nell'allegato II della Direttiva VIA, lasciando agli Stati membri la facoltà di decidere se questi progetti debbano essere sottoposti ad una valutazione, aspetto di cui la normativa italiana tiene conto richiedendo che questi progetti, per essere autorizzati, devono avere prima un parere di compatibilità ambientale.

I progetti di energia rinnovabile offshore dovrebbero seguire l'approccio della gerarchia di mitigazione: evitare, minimizzare/ridurre (ripristinare e compensare solo in ultima istanza)⁶⁴. Quando evitare è impossibile o molto limitato, le misure di riduzione devono essere adottate durante tutte le fasi, dalla selezione del sito, allo sfruttamento ai fini produttivi e smantellamento, nel caso non sia da preferirsi il repowering. Ciò include, per esempio, misure obbligatorie di mitigazione del rumore subacqueo nella VIA per ridurre il disturbo della fauna sottomarina (Allegato II, III e IV), e piani di rilevamento degli uccelli marini e dei pipistrelli in tutte le fasi dello sviluppo (Allegato I).

Le misure di ripristino e compensazione sono più incerte e complesse, e dovrebbero essere considerate come ultima risorsa per ricostruire o compensare ciò che è andato perduto. In alcuni casi, la compensazione è impossibile e richiede sforzi troppo grandi rispetto a un risultato non sempre assicurato, sia sott'acqua che sopra la superficie. È difficile prevedere se l'applicazione della gerarchia di mitigazione avrà successo per tutti gli ecosistemi colpiti. È possibile che un gruppo di specie debba ancora affrontare un impatto che non può essere ridotto a un livello trascurabile, anche dopo l'applicazione di una sequenza di gerarchia di mitigazione. Quando c'è il rischio di un tale impatto residuo sostanziale, il progetto offshore non dovrebbe ottenere il consenso allo sviluppo.

La funzione naturale di sequestro del carbonio del fondo marino deve essere considerata anche nella VIA e nelle licenze per le turbine eoliche offshore e le infrastrutture connesse. Il carbonio organico che si deposita sul fondo marino viene rimosso in modo permanente dal ciclo del carbonio. Fino al 50-70% di questo stoccaggio permanente di carbonio avviene negli habitat vegetati costieri, anche se questi habitat occupano solo lo 0,3% dell'area oceanica⁶⁵. Pertanto, **tutti gli interventi sul fondo marino devono essere ridotti al minimo per evitare il rilascio di carbonio, evitando di andare ad intaccare gli habitat con un ruolo particolarmente attivo come sink di carbonio.** I parchi eolici offshore, d'altra parte, possono potenzialmente aiutare a legare più carbonio e ad aumentare la biodiversità, se la produzione di foreste algali, o simili, è integrata nella costruzione del parco⁶⁶. Inoltre, la VIA dovrebbe valutare la possibilità di co-localizzazione con altre industrie marine rinnovabili - per esempio la produzione di alghe o molluschi in mare aperto – facilitando queste forme di sinergia.

Devono essere stabilite chiare condizioni di licenza per il modo in cui lo proponente, dopo lo smantellamento (in caso non sia da preferirsi un intervento di repowering), deve riportare le aree eoliche alla loro qualità originale. I costi di pulizia

⁶² WWF, Nature protection and offshore renewable energy, Position Paper, 2021: <https://www.wwf.eu/?3451341/WWF-position-on-offshore-renewable-energy-and-nature>.

⁶³ Directive 2014/52/EU of the European Parliament and of the Council of 16 April 2014 amending Directive 2011/92/EU on the assessment of the effects of certain public and private projects on the environment, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:02011L0092-20140515&from=EN>.

⁶⁴ WWF, First Things First: Avoid, Reduce ... and only after that—Compensate, 2020, https://wwf.panda.org/discover/our_focus/forests_practice/climate_change_and_forest/?362819/First-Things-First-Avoid-Reduce-and-only-after-thatCompensate.

⁶⁵ Carbon storage in Norwegian ecosystems, Bartlett, J., Rusch, G.M., Kyrkjoeide, M.O., Sandvik, H. & Nordén, J. 2020. (Page 35). Link: <https://brage.nina.no/nina-xmlui/bitstream/handle/11250/2655580/1774b.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.

⁶⁶ The impact of offshore wind farms on the marine environment, Steen H. et al. (2008) page 9: https://www.hi.no/resources/publikasjoner/fisken-og-havet/74725/fh_2008-9_til_web.pdf.

devono essere inclusi nella valutazione delle finanze del progetto richiesto, e si deve assicurare che il proponente garantisca fondi sufficienti per questo. **Il WWF ritiene che, essendo le fonti rinnovabili indispensabili per il processo di decarbonizzazione del sistema energetico e che in futuro costituiranno le forme preponderanti di generazione elettrica, per i siti che ospitano impianti offshore, una volta raggiunto il loro fine vita (inteso dal punto di vista operativo), piuttosto che procedere al ripristino si valuti la possibilità di un intervento di revamping o repowering in modo da conservare in assetto produttivo il sito stesso, senza al contempo andare a sfruttare altre aree maggiormente integre.**

Durante le fasi di costruzione, funzionamento ed eventuale smantellamento, le misure di mitigazione che sono state concordate durante la VIA devono essere correttamente applicate. **È anche importante che il monitoraggio, che deve essere fatto regolarmente, valuti gli effetti delle infrastrutture di energia rinnovabile offshore sull'ambiente marino durante tutto il loro ciclo di vita.**

DESIGN CIRCOLARE

Durante l'intero ciclo di vita del progetto, è fondamentale progettare e sviluppare gli impianti di eolico offshore in modo sostenibile secondo i criteri del design circolare. L'infrastruttura deve essere progettata per essere smontata e rinnovata/riciclata, mentre tutte le parti dovrebbero essere riparabili, sostituibili e completamente riutilizzabili in un modo o nell'altro. Il repowering dovrebbe anche essere usato come un modo per ridurre l'impatto ambientale del nuovo sviluppo di energia rinnovabile offshore.

Le migliori tecnologie disponibili dovrebbero essere utilizzate per ridurre gli impatti in tutte le fasi di sviluppo dei progetti di energia rinnovabile offshore. Le iniziative e la ricerca che si concentrano sulle infrastrutture circolari sostenibili dovrebbero essere sostenute e incoraggiate. Per esempio, attualmente stanno emergendo iniziative che si concentrano sul riciclo dei componenti delle turbine eoliche⁶⁷.

La notevole quantità di metalli e minerali necessari per sostenere la crescita delle tecnologie rinnovabili⁶⁸ deve essere reperita in modo responsabile e circolare, invece di sfruttare eccessivamente queste risorse della terra e del mare. Non affrontare le questioni di progettazione circolare potrebbe pregiudicare la reputazione delle aziende *cleantech*, o anche la transizione energetica complessiva, che non sarebbe solo controproducente per il settore energetico, ma dannoso per la lotta contro il cambiamento climatico, oltre a provocare crescenti danni ambientali come la maggior parte delle attività estrattive e la crescente mole di rifiuti prodotti stanno evidenziando. Gli investimenti in progetti (di ricerca) e start-up sono necessari per sostenere questa transizione.

⁶⁷ Vedere per esempio: https://www.lavenir.net/cnt/dmf20210118_01546303/terre-et-pierre-base-a-tournai-semble-avancer-dans-le-recyclage-des-pales; <https://emis.vito.be/nl/artikel/what-happens-when-wind-turbines-get-old-new-industry-guidance-document-dismantling-and>; <http://www.seabiocomp.eu/news/collection/more/?id=25&coll=4&enews=1> , <http://www.seabiocomp.eu/>.

⁶⁸ Weigl, C., An investigation into deep seabed mining and minerals, edited by Jeffries, B., for the WWF, 2020, https://wwfint.awsassets.panda.org/downloads/an_investigation_into_deep_seabed_mining_and_minerals_for_wwf_full_report_2020.pdf.

CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI

L'energia rinnovabile offshore costituisce una parte essenziale della transizione energetica verso un'economia resiliente e completamente decarbonizzata. Tuttavia, se non vogliamo peggiorare le condizioni dei nostri ecosistemi marini già fortemente degradati, e scatenare un effetto boomerang che potrebbe peggiorare la crisi climatica invece di risolverla, sarà essenziale che le infrastrutture rinnovabili offshore vengano sviluppate eliminando, o riducendo al minimo, gli impatti sulla biodiversità marina.

Questo sarà possibile se eviteremo di collocare tali impianti industriali nelle aree baluardo della salvaguardia della biodiversità marina come le Aree Marine Protette e altre aree ecologicamente preziose per le specie e gli habitat sensibili, e se collocheremo le infrastrutture per le rinnovabili offshore in aree adeguate identificate attraverso un percorso di pianificazione spaziale marittima basata sull'approccio ecosistemico, che garantisca una corretta gestione degli impatti cumulativi delle diverse attività sull'ecosistema. Inoltre, le infrastrutture di eolico offshore dovranno essere pianificate e progettate attraverso le migliori pratiche disponibili, valutate in modo rigoroso attraverso adeguati Studi di Impatto Ambientale (SIA), accurate Valutazioni di Impatto Ambientale (VIA) e, ove necessario, attraverso Valutazioni di Incidenza Ambientale (VINCA).

Lo sviluppo delle energie rinnovabili offshore raggiungerà il suo obiettivo di sostenere la transizione dell'UE verso società veramente sostenibili se offrirà soluzioni per la crisi climatica che siano pienamente compatibili con la tutela della biodiversità marina, la resilienza degli oceani e una giusta transizione energetica.

RACCOMANDAZIONI WWF PER UNO SVILUPPO DELL'EOLICO OFFSHORE IN EQUILIBRIO CON LA SALUTE DELL'AMBIENTE MARINO

- Il necessario aumento della diffusione delle energie rinnovabili offshore non dovrebbe compromettere gli obiettivi di tutela della biodiversità stabiliti dall'Unione Europea.
- Lo sviluppo delle energie rinnovabili offshore dovrebbe essere integrato con altre politiche dell'UE. Dovrebbe essere allineato con un piano d'azione coerente e accelerato per la conservazione e il ripristino dell'ambiente marino, con l'obiettivo di raggiungere gli obiettivi di conservazione nazionali, europei e internazionali e aumentare la capacità di carico degli ecosistemi marini. L'ubicazione e gestione del sito dei progetti di energia rinnovabile offshore dovrebbe essere inserita all'interno della pianificazione dello spazio marittimo basata su un approccio ecosistemico, con una *vision* a breve e lungo termine. Lo sviluppo delle energie rinnovabili offshore deve anche essere allineato con i requisiti stabiliti dalla Direttiva Quadro sulla Strategia per l'Ambiente Marino (MSFD) tra cui un monitoraggio a lungo termine, misure per evitare/limitare gli impatti, la valutazione dei servizi ecosistemici e l'uso del principio di precauzione.
- Processi partecipativi trasparenti e inclusivi e il coinvolgimento delle parti interessate saranno fondamentali per prevenire e risolvere i conflitti con altri utenti e usi dello spazio marino.
- Gli impianti industriali di eolico offshore non dovrebbero essere collocati all'interno di aree marine protette e altre aree ecologicamente preziose per le specie e gli habitat sensibili. In particolare, non devono essere permessi in aree strettamente protette dell'UE designate come tali ai sensi della Strategia dell'UE per la Biodiversità.
- Le aree destinate alle rinnovabili offshore non dovrebbero essere considerate come AMP *de facto* o altre misure di conservazione basate sulla protezione dello spazio marino (OECM).
- I progetti industriali di energia rinnovabile offshore devono essere sempre sottoposti a trasparenti ed efficaci valutazioni di impatto ambientale (VIA) devono seguire l'approccio della gerarchia di mitigazione: evitare, minimizzare/ridurre, ripristinare (e compensare solo in ultima istanza).

- Ove possibile, le infrastrutture per le energie rinnovabili offshore dovrebbero essere progettate e sviluppate in modo inclusivo della natura, riducendo il più possibile l'impatto fin dalla fase di progettazione. La progettazione inclusiva della natura deve essere accompagnata da un monitoraggio regolare.
- Il ripristino degli ecosistemi marini non dovrebbe essere confuso con la progettazione o la riabilitazione inclusiva della natura. La possibilità di attuare operazioni di ripristino basate su infrastrutture di energia rinnovabile offshore dipende dalla natura degli ecosistemi che sono stati alterati e dovrebbe quindi essere valutata caso per caso e sempre con grande cautela.
- I progetti di energia rinnovabile offshore devono essere basati sulla progettazione circolare, specialmente per quanto riguarda l'approvvigionamento dei materiali da costruzione e il riciclo delle infrastrutture.
- È necessario aumentare gli sforzi e gli investimenti nella ricerca scientifica per comprendere come meglio minimizzare gli impatti ambientali delle energie rinnovabili offshore, considerando in particolare gli impatti cumulativi quando le infrastrutture sono implementate su scala industriale.

Negli allegati a seguire (Allegato I, II, III e IV) ci si focalizzerà sugli impatti dell'eolico offshore su gruppi sistematici diversi, nello specifico avifauna e chiroteri, cetacei, benthos e altre specie (pesci ed elasmobranchi e cheloni). Ove possibile, la distinzione fra eolico fisso e flottante verrà evidenziata, in caso contrario si parlerà di eolico offshore in generale.

ALLEGATO I

IMPATTI E MITIGAZIONE DELL'EOLICO OFFSHORE SU AVIFAUNA E CHIROTTERI

PREMESSA

Come nel caso dell'eolico terrestre, pur essendo evidenti i benefici in termini di riduzione delle emissioni di gas serra e quindi il contributo al contrasto ai cambiamenti climatici, anche gli impianti in mare possono causare impatti negativi su habitat e specie, pertanto è necessario che prima dell'avvio della fase di progettazione vera e propria vengano svolte approfondite analisi e valutazione degli impatti e che, laddove necessario, vengano messe in atto le adeguate misure di mitigazione, fermo restando l'applicazione, del principio di prevenzione e precauzione⁶⁹, prevedendo l'azzeramento del progetto e/o lo spostamento a diversa collocazione.

Lo sviluppo dell'eolico offshore inizia a partire dai primi anni 2000, con la realizzazione di impianti localizzati prevalentemente in Nord Europa, in particolare nel Regno Unito, Danimarca, Germania e Belgio. Trattandosi di una tecnologia relativamente giovane, il numero di studi relativi all'impatto di queste infrastrutture su specie ed ecosistemi è ancora piuttosto ridotto (King, 2019). Solo negli ultimi anni si sta raggiungendo una produzione di lavori scientifici, in termini di quantità e qualità, tale da poter fornire indicazioni riguardo alle specie potenzialmente interessate dagli impatti, il tipo di danno arrecato e le modalità di mitigazione. In alcuni casi, numerose informazioni possono essere traslate dalla ben più vasta bibliografia che riguarda gli impianti a terra, considerato che almeno in taluni casi gli impatti sono assimilabili. Tuttavia, non mancano autori che sottolineano la mancanza di solide basi scientifiche per la valutazione degli impatti degli impianti eolici offshore sugli uccelli marini (Green *et al.*, 2016).

Nel presente allegato verranno discussi i principali impatti a danno dell'avifauna e dei chiroteri e le relative misure di prevenzione e mitigazione da attuare ove possibile, concentrando l'attenzione sia sulle infrastrutture in mare aperto, sia su quelle a terra, laddove convergono i cavi per l'allaccio alla rete di distribuzione principale. Il testo prende spunto dal documento "Eolico e Biodiversità" realizzato dal WWF Italia (Teofili *et al.*, 2007), dalle linee guida più recenti messe a disposizione dall'IUCN (Bennun *et al.*, 2021), nonché da ulteriore bibliografia specifica che ha approfondito le relazioni tra impianti eolici offshore e biodiversità. Il testo presenta le conoscenze più aggiornate sui potenziali impatti derivanti soprattutto da studi effettuati in nord-Europa, calandoli poi in un contesto più prettamente mediterraneo, fermo restando le differenze in termini geografici e faunistici; successivamente vengono illustrati gli approcci per l'analisi del rischio e la mitigazione.

⁶⁹ Il principio di precauzione e dell'azione preventiva viene introdotto nell'articolo 191 del Trattato sul Funzionamento dell'Unione europea (UE). Il fine è garantire un alto livello di protezione dell'ambiente grazie a delle prese di posizione preventive in caso di rischio.

IMPATTI DEGLI IMPIANTI EOLICI OFFSHORE SULL'AVIFAUNA

Analogamente a quanto succede per gli impianti eolici a terra, anche nel caso di quelli offshore gli uccelli sono il gruppo sistematico maggiormente a rischio e i possibili impatti durante la fase di esercizio sono riconducibili essenzialmente a tre:

1. Il transito nell'area di azione degli aerogeneratori (e talora presso le infrastrutture di trasmissione a terra) si traduce inevitabilmente in un elevato rischio di collisione, con esiti nella maggior parte dei casi infausti.
2. Oltre all'impatto diretto con le pale, gli uccelli possono rispondere alla presenza di un impianto eolico offshore abbandonando l'area e spostandosi altrove (effetto dislocazione - *displacement* - dovuto alla perdita di habitat o della funzionalità dell'habitat).
3. Gli impianti eolici, infine, possono ostacolare i movimenti regolari da e verso le colonie riproduttive, le aree di alimentazione oppure lungo le rotte migratorie (effetto barriera).

COLLISIONE CON GLI AEROGENERATORI E CON I CAVI ELETTRICI A TERRA

Gli uccelli possono trovarsi in prossimità dello spazio di azione delle pale degli aerogeneratori perché:

- a) in fase di transito verso le aree di foraggiamento o di nidificazione;
- b) in fase di migrazione.

Sono numerose le specie di uccelli che possono collidere con le pale, tra queste i Passeriformi che migrano nelle ore notturne a quote relativamente basse e che possono essere attratti dalle luci di segnalazione montate sulle strutture che sorreggono le pale, particolarmente in caso di tempo avverso e ridotta visibilità (Hüppop *et al.*, 2006). La prossimità dell'impianto a colonie riproduttive porta a un incremento significativo del numero di collisioni (Everaert & Stienen, 2007).

L'impatto che la collisione può avere su una popolazione dipende non solo dal numero di individui coinvolti direttamente nei singoli eventi e dall'effetto combinato, ma anche dalla proporzione relativa di individui giovani, immaturi e dal rapporto tra gli individui in fase di riproduzione e non. La mortalità da collisione può attivare un effetto a catena sul tasso di riproduzione, tramite la riduzione del reclutamento dei giovani (Humphreys *et al.*, 2015). Inoltre, deve essere considerata la dimensione delle colonie riproduttive o delle aree di foraggiamento in prossimità dell'impianto, nonché il valore conservazionistico delle singole specie potenzialmente coinvolte (ovvero lo stato di conservazione a livello locale e globale sensu IUCN e Art. 12 della Direttiva Uccelli).

EFFETTO DISLOCAZIONE ED EFFETTO BARRIERA

L'**effetto dislocazione** sugli uccelli in fase riproduttiva induce variazioni negli indici di riproduzione, nonché sui tassi di sopravvivenza, in quanto generalmente gli individui in maggiore difficoltà tendono ad abbandonare la riproduzione piuttosto che mettere a repentaglio la propria sopravvivenza (Furness, 2013). Ciò nonostante, questi individui potrebbero giungere alla fase di svernamento in condizione di debilitazione fisica, quindi andare incontro ad una mortalità maggiore. Analogamente, la dislocazione verso settori in cui la qualità dell'habitat è inferiore può indurre una riduzione dei tassi di sopravvivenza invernale o del successo riproduttivo. Infine, la dislocazione in altre aree può causare un incremento della competizione con altri individui e/o variazione della mortalità legata alla predazione naturale.

L'effetto dislocazione assume magnitudine variabile in diverse specie di uccelli marini in relazione a fattori diversi, quali la qualità dell'habitat, la distribuzione di prede, la localizzazione degli impianti rispetto ai siti dove stazionano le colonie o alle aree di foraggiamento (Cook *et al.*, 2004; Skov *et al.*, 2018; Walls, 2013; Welcker & Nehls, 2016). Alcuni modelli mostrano che la strolaga minore (*Gavia stellata*) ad esempio, può arrivare a spostarsi fino a 15 km dall'impianto (Dorsck *et al.*, 2016). Peschko *et al.*, (2020a) hanno evidenziato come gli impianti eolici offshore hanno influenzato le densità e

le distribuzioni di uria (*Uria aalge*) e gabbiano tridattilo (*Rissa tridactyla*) nel Mare del Nord meridionale, con effetti variabili in base alle stagioni e alle diverse fasi del ciclo di vita delle specie. Nello specifico, la densità relativa dell'uria nelle aree occupate dagli impianti eolici offshore è diminuita del 63% in primavera e del 44% nel periodo riproduttivo; la densità relativa di gabbiano tridattilo è diminuita del 45% nella stagione riproduttiva, e solo del 10% in primavera. Inoltre, le urie hanno mostrato un raggio di spostamento di circa 9 km in primavera e nei gabbiani tridattili di circa 20 km nella stagione riproduttiva.

La maggior parte degli studi sugli effetti di dislocazione delle specie di avifauna, con conseguenze sull'abbondanza e sulla densità, si riferiscono al Mare del Nord, occorre pertanto cautela per l'interpretazione dei dati in aree mediterranea, tenuto conto della diversa fenologia e comportamento delle specie nel Mar Mediterraneo. Ad esempio, nel caso di uria e gabbiano tridattilo, si tratta di specie presenti nel Mediterraneo solo come svernanti.

Il metodo consigliato per la valutazione di questi impatti è il monitoraggio dell'impianto prima e dopo la sua costruzione (*Before-After-Control-Intervention*, BACI, Sansom *et al.*, 2016) effettuato per un adeguato periodo di tempo (lo studio sopra citato ha potuto beneficiare eccezionalmente di una raccolta dati durata 14 anni antecedenti la costruzione dell'impianto, a cui hanno contribuito sia i dati ottenuti nell'ambito della specifica valutazione di impatto, sia quelli derivanti da diversi progetti di studio e monitoraggio condotti nel tempo dall'università di Kiel; dopo la costruzione dell'impianto è seguito un monitoraggio obbligatorio di 3 anni).

Secondo quanto riportato in letteratura, l'**effetto barriera** sembra non causare problemi rilevanti ai migratori, in quanto il costo energetico legato alla variazione di rotta in prossimità dell'impianto eolico è generalmente non significativo rispetto alla distanza complessiva percorsa. D'altro canto, non si può escludere che l'ulteriore costo energetico causato dal dover aggirare un impianto di aerogeneratori, soprattutto nel caso di impianti di una certa dimensione, possa aggravare la condizione fisica dell'avifauna in migrazione e provocarne la morte per inedia (a differenza dei migratori terrestri, quelli che attraversano tratti di mare non hanno la possibilità di posarsi per recuperare le energie). Al contrario, l'esigenza di evitare costantemente l'impianto quando gli individui in riproduzione viaggiano dalla colonia alle aree di foraggiamento e viceversa può comportare dei costi energetici aggiuntivi significativi. Il maggiore dispendio energetico può tramutarsi in un impatto negativo sulla sopravvivenza dei nidiacei dovuta ad una riduzione della frequenza di imbeccata (Petersen *et al.*, 2003, Fox *et al.*, 2006). Nell'area dell'impianto offshore di Nysted in Danimarca è stato verificato un chiaro comportamento degli uccelli in transito – soprattutto anatre marine – atto a evitare la zona, oltre a una riduzione sensibile e costante del numero degli uccelli in transito nell'area al proseguire dei lavori di costruzione dell'impianto (Desholm & Kahlert, 2005). Lo stesso studio, avvalendosi di rilevamenti radar, ha mostrato come gli uccelli fossero più propensi ad accedere nell'area dell'impianto nelle ore notturne, e che in qualche maniera compensassero l'incremento del rischio di collisione nell'oscurità tenendosi a distanza dalle turbine e volando lungo i corridoi tra le stesse. Complessivamente, meno dell'1% delle anatre in transito veniva a trovarsi ad una distanza tale dalle turbine da essere a rischio di collisione. Studi telemetrici sull'uria hanno confermato un chiaro comportamento atto ad evitare l'impianto durante la stagione riproduttiva (Peschko *et al.*, 2020b).

Chiaramente l'effetto dislocazione e l'effetto barriera sono in qualche misura sovrapponibili, in quanto entrambi si manifestano come una riduzione della presenza degli uccelli in prossimità dell'impianto eolico. Entrambi gli effetti inoltre possono essere difficili da quantificare. L'impatto sugli uccelli può variare nello spazio e nel tempo a causa dell'abitudine e l'effetto cumulativo di altri impianti presenti nella medesima regione. Infine, va detto che nel caso di determinate specie di uccelli gli impianti possono avere anche un effetto attrattivo.

IMPATTO SUI DIVERSI GRUPPI SISTEMATICI ORNITICI

Un lavoro di sintesi condotto da Fox e Petersen (2019) ha analizzato gli effetti e gli impatti degli impianti eolici offshore in Europa mettendo in evidenza la dimensione sito-specifica e specie-specifica di ciascun impianto, nonché la necessità di pianificare gli impianti ad una scala ampia, sovra-nazionale.

Tuttavia, si possono considerare le diverse specie raggruppandole per gruppi omogenei, considerando la classificazione sistematica e la frequentazione degli habitat.

UCCELLI MARINI

Nel caso degli impianti eolici in mare aperto gli uccelli marini sono ovviamente il gruppo di uccelli maggiormente a rischio di collisione e quelli più suscettibili di subire l'effetto dislocazione. Gli studi a supporto sono pochi e sussiste un'indubbia difficoltà a monitorare e raccogliere le carcasse in ambiente marino. Gabbiani e sterne sono le specie maggiormente colpite dalle collisioni, come confermato anche da uno studio condotto presso l'impianto di Thanet, nel Regno Unito, che ha evidenziato un impatto significativo soprattutto sui gabbiani (Skov *et al.*, 2018).

L'effetto dislocazione indotto dagli impianti in fase operativa appare essere specie-specifico. Secondo gli studi condotti in Europa settentrionale, le strolaghe (*Gavia spp.*), la sula (*Morus bassanus*), l'uria e la gazza marina (*Alca torda*) sembrano essere quelle più sensibili, e si hanno evidenze di come la dislocazione causi impatti sulla fitness individuale (Perrow, 2019). Nello specifico, oltre alla già citata sula, l'uria, la gazza marina appaiono evitare le aree occupate dagli impianti con una certa costanza. Al contrario, il cormorano e il mughnaiaccio (*Larus marinus*) sembrano essere attratti dalle turbine, probabilmente poiché le piattaforme vengono utilizzate come posatoi. Per altre specie invece ancora non si dispone di indicazioni chiare, in quanto mostrano sia un comportamento attrattivo che di repulsione verso gli aerogeneratori, come nel caso di vari specie di gabbiani. Si ritiene che tale variabilità possa dipendere da diversi fattori, quali la qualità dell'habitat, la distribuzione di prede, la localizzazione degli impianti rispetto alle colonie o alle aree di foraggiamento, nonché la configurazione spaziale dell'impianto.

A causa del numero insufficiente di dati, soprattutto in ambiente mediterraneo, è ancora ampiamente in discussione la magnitudine dell'impatto degli impianti eolici offshore sugli uccelli marini. Come già ricordato, alcuni autori come Green *et al.*, (2016) ritengono che manchino a tutt'oggi solide basi scientifiche per la valutazione degli impatti degli impianti eolici sugli uccelli marini.

Uno studio (Skov *et al.*, 2018) condotto dall'*Offshore Renewables Joint Industry Programme* (ORJIP), ritiene invece che il rischio di collisione tra gli uccelli marini e le pale eoliche sia stato finora ampiamente sovrastimato. Lo studio dell'ORJIP è stato condotto tramite l'analisi di immagini video diurne e notturne effettuate presso il *Thanet Offshore Wind Farm*, a circa 12 km da Margate, Kent (UK), considerato rappresentativo dei parchi offshore inglesi, con 100 turbine da 3 MW distribuite su un'area di 35 km² e appropriato per lo studio del comportamento degli uccelli, vista la maggiore abbondanza di queste specie e l'idoneità logistica paragonata ad altri possibili siti. In 299 video, selezionati in base alla prossimità degli uccelli con le turbine (circa 90 metri), sono state osservate solo 6 collisioni. Come espresso dal portavoce scozzese della RSPB i risultati appaiono essere troppo ottimistici a causa dell'analisi condotta in un singolo sito e sulle sole 5 specie che frequentano l'area⁷⁰.

UCCELLI COSTIERI MIGRATORI ED ANATRE

Alcuni uccelli costieri (ad esempio i limicoli gli appartenenti all'ordine *Charadriiformi*) e anatre (ordine *Anseriformi*) effettuano migrazioni attraversando il mare aperto e sono rilevati con frequenza presso gli impianti eolici offshore. Ciò nonostante, il comportamento di questi uccelli in prossimità degli impianti è pressoché sconosciuto. L'altezza di volo può variare considerevolmente; i pochi dati a disposizione sembrerebbero confermare che questi uccelli tendano ad evitare le pale in movimento. Lungo le rotte orientali dell'Asia-Australasia gli uccelli costieri più piccoli tendono a rimanere nelle vicinanze delle coste o a effettuare brevi attraversamenti in mare aperto. Al contrario, alcune specie più grandi sono note per effettuare lunghi attraversamenti in mare aperto.

⁷⁰<https://www.energyvoice.com/renewables-energy-transition/169267/study-of-wind-turbine-effect-on-seabirds-very-optimistic-interpretation-of-data-say-rspb/>

Sulla base dei dati e delle conoscenze attuali, si ritiene che alcune specie presentino un rischio relativamente elevato di collisione. Gli impianti eolici sono stati identificati come una minaccia potenziale per gli uccelli costieri migratori, particolarmente in prossimità delle coste, nel Mar Giallo, uno dei siti più importanti per le migrazioni lungo la rotta orientale dell'Asia-Australasia (Melville et al., 2016). Numerose specie sono già ad elevato rischio di estinzione, ad esempio a causa della riduzione delle aree di sosta. Il potenziale impatto dell'eolico offshore andrebbe quindi valutato attentamente in modo da evitare che fattori di minaccia aggiuntivi aggravino ulteriormente lo stato di conservazione di queste specie, adottando, laddove necessario, il già citato principio di prevenzione e precauzione.

La presenza di impianti eolici offshore in prossimità delle colonie incrementa notevolmente l'impatto del rischio di collisione degli uccelli con le turbine. Everaert & Stienen (2007) hanno condotto uno studio dell'impatto di un parco eolico con 25 turbine di piccole e medie dimensioni sugli uccelli nidificanti presso la diga del porto orientale a Zeebrugge in Belgio. La colonia di sterna comune (*Sterna hirundo*), di beccapesci (*Thalasseus sandvicensis*) e fraticello (*Sternula albifrons*) ha subito perdite a causa di individui uccisi dalle turbine, in media 6,7 per turbina per anno. Includendo anche le altre specie (es. gabbiani) sono stati stimati una media di circa 20 individui uccisi per turbina per anno.

UCCELLI TERRESTRI MIGRATORI

Il rischio per gli uccelli più prettamente legati agli ambienti terrestri è minore, in quanto la probabilità di incontrare le turbine è inferiore. Particolarmente a rischio di collisione sono però i Passeriformi che effettuano la migrazione nelle ore notturne, in quanto possono essere attratti dalle luci installate sui pali (Hüppop et al., 2006). Va detto inoltre che altre specie eseguono migrazioni notturne, come nel caso di gru, ardeidi, limicoli, rapaci notturni (tra questi il gufo di palude) e rapaci diurni (es. falco pescatore, aquila minore, falchi pecchiaioli; A. Giordano, com. pers.).

Gli uccelli terrestri tendono ad attraversare il mare aperto lungo rotte ben note. Questo vale soprattutto per le specie che utilizzano preferenzialmente il volo planato, come rapaci e cicogne, una modalità di volo che è poco funzionale quando questi uccelli volano in mare aperto; anche i piccoli Passeriformi possono muoversi lungo la linea di costa per trovare dei punti favorevoli lungo i quali attraversare tratti di mare aperto (Aurbach et al., 2020). Esistono quindi dei punti specifici di attraversamento dove durante la migrazione si concentrano migliaia di individui di specie diverse, quali ad esempio lo Stretto di Gibilterra, Bab-el-Mandeb in Arabia o lo Stretto di Messina in Italia. Le rotte di migrazione sono comunque soggette a una forte variabilità, indotta soprattutto dalle condizioni meteo. Considerando solamente i passeriformi e i taxa a questi affini, si stima che il Mediterraneo sia attraversato in primavera da circa 2,1 miliardi di uccelli migratori (Hahn et al., 2009). Considerando i nuovi nati che si aggiungono alla migrazione autunnale di ritorno e se si considerano le circa 200 specie che dall'Eurasia raggiungono l'Africa, la stima complessiva arriva a circa 5 miliardi di individui.

Per quanto concerne le infrastrutture a terra, le specie con maggiore apertura alare sono quelle a maggior rischio di collisione con le linee di trasmissione (otarde, gru, cicogne, grossi rapaci, cigni e anatre) a causa della ridotta capacità di manovra (si veda ad esempio per le otarde Mahood et al., 2017). La tendenza a raggrupparsi in stormi, la migrazione e l'attività notturna sono fattori associati generalmente ad un numero elevato di collisioni in alcune specie.

In generale, va evidenziato che il fenomeno migratorio è quello in assoluto più vulnerabile, in quanto soggetto a numerose variabili quali le condizioni meteorologiche, la perdita dei luoghi di sosta dovuta ad alterazione e distruzione degli habitat, una minore possibilità di recuperare le energie perdute. Elkins (2012) stima che circa il 5% della popolazione in migrazione muore durante il volo in direzione nord.

GRUPPI SISTEMATICI DEL MEDITERRANEO DA SOTTOPORRE A MONITORAGGIO PER LA VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI

Gli esempi riportati nei paragrafi precedenti si riferiscono per lo più a studi nord-europei. Per una visione più analitica delle specie che dovrebbero essere prese in considerazione per la valutazione preliminare degli impatti determinati da impianti eolici offshore in ambiente mediterraneo si propone il seguente elenco, stilato in base alla presenza in Italia e alla fenologia (Brichetti e Fracasso, 2003, 2006, 2007):

- **Strolaghe - Famiglia Gaviidae.** Soprattutto strolaga mezzana (*Gavia arctica*) e strolaga minore, presenti durante l'inverno.
- **Svassi - Fam. Podicipedidae.** Svasso maggiore (*Podiceps cristatus*) svasso piccolo (*Podiceps nigricollis*), presenti in mare durante i periodi migratori e in inverno.
- **Berte - Fam. Procellariidae.** Berta maggiore (*Calonectris diomedea*) e berta minore (*Puffinus yelkouan*), entrambi specie nidificanti coloniali, la prima con una popolazione italiana stimata di 15.000-18.000 coppie, mentre la seconda con 7.000-14.000 coppie. Sono specie tipicamente pelagiche. Tra gli uccelli pelagici va aggiunto l'uccello delle tempeste (*Hydrobates pelagicus melitensis*), molto più localizzato rispetto alle berte, nelle Bocche di Bonifacio, Sardegna occidentale, isole Pelagie, Egadi e Eolie.
- **Cormorani - Fam. Phalacrocoracidae.** Cormorano (*Phalacrocorax carbo*) come nidificante nelle aree umide dell'Alto Adriatico e soprattutto la popolazione della costa occidentale sarda. Presenza diffusa durante l'inverno lungo le coste italiane. Marangone dal ciuffo (*Phalacrocorax aristotelis*), presente soprattutto lungo le coste della Sardegna e arcipelago toscano come specie nidificante sedentaria.
- **Aironi, cicogne - Ordine Ciconiiformes.** Soprattutto airone cenerino (*Ardea cinerea*) e garzetta (*Egretta garzetta*), frequentano in inverno le coste italiane. Cicogna bianca (*Ciconia ciconia*) e cicogna nera (*Ciconia nigra*), sono specie migratrici che si concentrano nello Stretto di Messina, seguendo entrambe le coste durante la primavera, mentre in autunno si spostano con un fronte più ampio. Altre specie migratrici appartenenti a questo ordine, come airone rosso (*Ardea purpurea*), airone bianco maggiore (*Ardea alba*), sgarza ciuffetto (*Ardeola ralloides*), tarabuso (*Botaurus stellaris*), tarabusino (*Ixobrychus minutus*), nitticora (*Nycticorax nycticorax*), mignattaio (*Plegadis falcinellus*) e spatola (*Platalea leucorodia*) possono essere specie a rischio collisione durante le migrazioni primaverili e autunnali in particolare lungo le coste.
- **Fenicottero *Phoenicopterus roseus* - Fam. Phoenicopteridae.** Specie che si muove stagionalmente tra le colonie riproduttive situate lungo le coste del Mediterraneo. In Italia è presente come nidificante e svernante negli stagni di Cagliari, Oristano, Delta del Po, Puglia, Toscana e Sicilia.
- **Cigni, oche, anatre - Ord. Anseriformes.** Specie come il fischione (*Mareca penelope*), l'alzavola (*Anas crecca*), il germano reale (*Anas platyrhynchos*), il codone (*Anas acuta*) e la marzaiola (*Anas querquedula*) frequentano abitualmente le acque costiere durante le migrazioni e in inverno. Il mestolone (*Anas clypeata*) è la meno marittima delle anatre di superficie; il Moriglione (*Aythya ferina*), la Moretta (*Aythya fuligula*) frequentano le acque marine più raramente, ma rilievi effettuati recentemente in Sicilia hanno rilevato ingenti contingenti di anatidi sia in sosta che in transito (A. Giordano, com. pers.). L'oca selvatica (*Anser anser*) si riproduce in Friuli, ma è presente soprattutto durante le migrazioni e come svernante e benché compia migrazioni principalmente terrestri può essere una specie a rischio collisione. Le anatre marine che svernano nel Mediterraneo sono sicuramente quelle più a rischio per la costante presenza lungo le nostre coste in inverno, in particolare: l'edredone (*Somateria mollissima*), l'orchetto marino (*Melanitta fusca*), l'orco marino (*Melanitta nigra*).
- **Nibbi, albanelle e altri rapaci - Ord. Accipitriformes.** Specie a rischio di collisione durante la primavera e l'autunno quando compiono spostamenti miratori, in particolare quelle specie che attraversano ampi bracci di mare come nibbi (*Milvus spp.*), albanelle (*Circus spp.*), biancone (*Circaetus gallicus*), falco pescatore (*Pandion haliaetus*) e pecchiaiolo (*Pernis apivorus*). Oltre a questi esempi specifici, va detto comunque che nel caso del canale di Sicilia le specie gli accipitriformi censite in attraversamento sono 38 (A. Giordano, com. pers.).
- **Falchi - Ord. Falconiformes.** Le specie migratrici come falco della regina (*Falco eleonora*), grillaio (*Falco naumanni*), falco cuculo (*Falco vespertinus*), lodolaio (*Falco subbuteo*) possono essere minacciate dal rischio collisione con impianti eolici offshore lungo le rotte migratorie dello Stretto di Messina, Canale di Sicilia e coste della Penisola.

- **Gru - Fam. Gruidae.** La gru (*Grus grus*) è una specie che compie regolari movimenti migratori lungo il nostro Paese per raggiungere le aree di svernamento. Osservazioni ripetute e continuative sono state effettuate presso Trapani in Sicilia, sia in primavera che in autunno, oltre che lungo lo stretto di Messina (anche più di 200 esemplari osservati in un solo giorno), a conferma di transiti ingenti attraverso il Canale di Sicilia.
- **Limicoli, gabbiani, sterne - Ord. Charadriiformes.** Gli studi condotti nel Mar del Nord annoverano queste tra le specie maggiormente colpite dalle pale degli impianti eolici offshore, in particolare se posizionati in prossimità delle colonie riproduttive. Per quanto riguarda l'Italia, la specie più abbondante e ampiamente distribuita è il gabbiano reale mediterraneo (*Larus michahellis*), tuttavia nei nostri mari sono presenti regolarmente, soprattutto durante l'inverno, altre specie di interesse conservazionistico come: gabbiano comune (*Larus ridibundus*), gabbiano roseo (*Larus genei*), gabbiano corallino (*Larus melanocephalus*), zafferano (*Larus fuscus*), gabbiano reale nordico (*Larus argentatus*), gabbiano reale pontico (*Larus cachinnans*), gabbianello (*Hydrocoloeus minutus*) e soprattutto il gabbiano corso (*Larus audouinii*), specie endemica del Mar Mediterraneo con appena 200 coppie. Tra le sterne, il beccapesci è la specie più marittima, ma tutte le sterne, fraticello incluso e i mignattini attraversano il canale di Sicilia (A. Giordano com. pers.). Infine, molte specie di limicoli compiono le loro migrazioni attraversando ampi tratti di mare.
- **Passeriformi - Ord. Passeriformes.** Tutte le numerose specie migratrici possono essere coinvolte in collisioni con le pale di impianti eolici offshore durante le migrazioni primaverili e autunnali. In base alle condizioni fisiologiche, periodi e differenze per classe di età e sesso possono volare a varie altezze, da pochi centimetri dal suolo quando sono esausti fino a 6.000 metri di quota, ovvero tre volte la normale altezza di volo come è stato recentemente scoperto (Pennisi, 2021).
- **Altri taxa - Classe Aves.** Quanto detto per i rapaci e Passeriformi vale anche per quelle specie migratrici che compiono i loro spostamenti migratori attraversando ampi bracci di mare e seguono rotte costiere, come ad es. la ghiandaia marina (*Coracias garrulus*), il succiacapre (*Caprimulgus europaeus*), il cuculo (*Cuculus canorus*), il gufo di palude (*Asio flammeus*), l'upupa (*Upupa epops*), il gruccione (*Merops apiaster*), la quaglia (*Coturnix coturnix*), ecc.

Per quanto concerne l'analisi degli impatti, che deve anche riguardare l'avifauna non compresa nella lista precedente, con particolare riferimento alle specie in sfavorevole stato di conservazione, troviamo utile fare riferimento alle linee guida prodotte dalla Regione Toscana (Regione Toscana, 2012), nonostante tale documento necessiti di un aggiornamento alla luce delle nuove conoscenze maturate e delle indicazioni fornite dall'Unione Europea in termini di principio di precauzione e di interpretazione dell'art. 6 della Direttiva Habitat. Le suddette linee guida forniscono anche chiarimenti ed esempi espliciti sulla metodologia per valutare il peso di ciascuna specie in relazione al rispettivo valore conservazionistico, il quale non è lo stesso per tutte le specie riportate sopra ma va determinato attentamente nella fase di valutazione del rischio. Si rimanda al paragrafo 5 per ulteriori dettagli.

IMPATTI DEGLI IMPIANTI EOLICI OFFSHORE SUI CHIROTTERI

Rispetto agli uccelli, le informazioni sugli impatti degli impianti eolici sui chirotteri sono molto più limitate: uno studio del 2017 ha confermato che non esistono dati sui tassi di collisione per gli impianti offshore (Thaxter *et al.*, 2017). D'altro canto, è noto che alcuni pipistrelli sono soliti frequentare stagionalmente tratti di mare aperto: almeno 11 specie di pipistrelli sono state rilevate in volo e in fase di alimentazione in mare aperto ad una distanza dalla costa fino a 14 km (Ahlén *et al.*, 2009), mentre dati storici riportano la presenza di singoli individui a centinaia di chilometri dalle coste (Pelletier *et al.*, 2013).

Al momento le altitudini di volo delle diverse specie e il comportamento in prossimità degli impianti eolici offshore sono poco noti; la relazione tra l'attività dei pipistrelli e i parametri meteorologici può differire tra le specie, i diversi siti e le annualità.

Nell'ambito del progetto Batmove si stanno studiando gli spostamenti di alcuni pipistrelli migratori tra il mare del Nord e quello Baltico, anche in prossimità di tre impianti offshore già operativi (Alpha Ventus, Borkum Riggfrun I e Trianel Windpark Borum), dove è stata confermata l'attività di specie appartenenti al genere *Pipistrellus* e *Nyctalus*. Altri dati sono stati raccolti presso strutture offshore e siti costieri nel golfo del Maine, i Grandi Laghi e la costa atlantica (Peterson *et al.*, 2016). Da questi studi è emerso che l'attività offshore è maggiore in prossimità di isole o di aree costiere con densa copertura forestale e che l'attività incrementa rapidamente nelle prime ore dopo il tramonto, per declinare poi nel

corso della notte; l'attività si riduce inoltre all'allontanarsi dalle coste ed è correlata con la stagione, andando ad aumentare nel corso dei periodi caldi e con poco vento, con picchi dal 15 luglio al 15 ottobre, analogamente a quanto avviene sulla terra ferma. Nel caso di questo studio le specie maggiormente interessate erano quelle appartenente al genere *Myotis*. La specie identificata con maggior frequenza specificatamente presso le strutture offshore è il vespertilio rosso orientale (*Lasiurus borealis*), un chiroterro che intraprende migrazioni lungo distanze rilevanti, utilizzando le stesse rotte atlantiche di molti uccelli (Bat Conservation International, 2019).

Alcuni importanti contributi sono stati prodotti nel tempo da UNEP/Eurobat, gruppo costituito nel 1994 per la conservazione delle popolazioni di pipistrelli europei, in particolare le Linee guida per la considerazione dei pipistrelli nei progetti eolici, aggiornate nel 2014 (Rodrigues, 2015) e altre pubblicazioni disponibili sul sito: <https://www.eurobats.org/>.

In ambito europeo lo studio condotto nel sud della Svezia da Ahlén *et al.*, (2007) ha evidenziato che i pipistrelli sorvolano il mare con venti fino a circa 10 m/s, la maggior parte dell'attività è tuttavia svolta con velocità del vento inferiori a 5 m/s. Sono stati osservati pipistrelli di 10 specie diverse in mare aperto e tutte erano in attività di foraggiamento in condizioni meteorologiche adatte, ovvero con tempo calmo o brezza leggera. Secondo questo studio i pipistrelli non hanno evitato gli aerogeneratori ma si sono fermati in prossimità degli stessi a caccia di insetti e la loro frequentazione in attività di caccia genera un rischio di collisione paragonabile agli impianti a terra. Sono stati inoltre osservati i pipistrelli utilizzare le torri eoliche come siti di riposo. Inoltre, coerentemente con quanto indicato nelle Linee guida per la valutazione dell'impatto degli impianti eolici sui chiroterri (Roscioni e Spada, 2014), la maggior parte delle osservazioni effettuate con il radar sono avvenute a quote inferiori ai 40 metri. Per ridurre al minimo i rischi di incidenti con gli aerogeneratori esistenti sono necessarie ulteriori ricerche, ma lo studio propone alcune misure da adottare: in primo luogo, posizionare gli impianti lontani dalle rotte migratorie e da aree ricche di insetti utilizzate come siti di foraggiamento e fermare le turbine durante i periodi di elevato rischio in base al monitoraggio delle presenze con il radar.

Recentemente è stato pubblicato uno studio in Gran Bretagna che ha evidenziato come gli impianti eolici esercitino un effetto attrattivo nei confronti dei pipistrelli (Richardson *et al.*, 2021). I ricercatori hanno monitorato 23 parchi eolici onshore in Gran Bretagna confrontandoli con luoghi simili, ma senza turbine eoliche, scoprendo che la presenza nei pressi delle aree con turbine eoliche da parte dei pipistrelli era maggiore di circa un terzo. Al momento sono state formulate alcune ipotesi, tra cui quella legata ad una maggiore presenza di insetti nei pressi degli impianti eolici.

Per quanto riguarda l'Italia, appare estremamente utile fare riferimento alle linee guida per la valutazione dell'impatto degli impianti eolici sui chiroterri (Roscioni e Spada, 2014), sebbene anche in questo caso non siano riferite in modo specifico agli impianti offshore. Le linee guida, tra gli altri, evidenziano la necessità di valutare a priori il grado di impatto potenziale di un impianto all'interno di un'area secondo criteri di sensibilità del sito e dimensioni degli impianti.

Di estrema importanza sono gli impatti specie-specifici indicati per ogni specie presente in Italia secondo il grado di impatto e le relazioni specie-impianti eolici (Tabella 3.1 delle Linee guida di Roscioni e Spada 2014, pp. 17-25.). Ai fini degli eventuali impatti con impianti eolici offshore, riteniamo utile focalizzare l'attenzione sulle seguenti specie migratrici, tenendo presente che stante l'assenza di dati l'eventuale capacità di attraversare tratti di mare più o meno ampi a distanze più o meno rilevanti dalla costa, andrà indagata con attenzione nelle fasi preliminari la costruzione dell'impianto.

◆ Specie migratrici, con potenziali interferenze legate all'intercettazione di rotte migratorie:

- Pipistrello pigmeo (*Pipistrellus pygmaeus*)
- Pipistrello di Nathusius (*Pipistrellus nathusii*)
- Serotino bicolore (*Vespertilio murinus*)
- Nottola comune (*Nyctalus noctula*)
- Nottola di Leisler (*Nyctalus leisleri*)
- Miniottero (*Miniopterus schreibersii*)
- Vespertilio maggiore (*Myotis myotis*)
- Vespertilio di Blyth (*Myotis blythii*)
- Vespertilio dasicneme (*Myotis dasycneme*)

Si riportano di seguito i fattori che possono determinare una maggiore o una minore mortalità così come riportati nelle già citate linee guida (Roscioni e Spada, 2014). Si tratta di considerazioni relative soprattutto agli impianti a terra, funzionali però ad evidenziare l'importanza delle coste per i chiroterri. Fermo restando la necessità di effettuare tutti gli

approfondimenti e le analisi del caso, è ragionevole ipotizzare che tali effetti possano attenuarsi all'aumentare della distanza dell'impianto dalla linea di costa.

- la mortalità è maggiore in notti con bassa velocità del vento; secondo alcuni studi il valore soglia della velocità minima del vento a cui fermare gli aerogeneratori è 7m/s (Arnett *et al.*, 2008; Horn *et al.*, 2008);
- la mortalità aumenta nelle ore immediatamente precedenti e successive al passaggio di un fronte temporalesco (Arnett *et al.*, 2008);
- la mortalità sembra aumentare con l'altezza della torre eolica, in quanto può mettere a rischio, in caso di loro presenza, le specie che foraggiano a quote molto elevate o che sono in migrazione (Barclay *et al.*, 2007);
- le specie europee maggiormente a rischio e per le quali è stato registrato il maggior numero di collisioni sono: nottola comune (*Nyctalus noctula*), pipistrello nano (*P. pipistrellus*) e pipistrello di Nathusius (*P. nathusii*) (Rodrigues *et al.* 2015). Ulteriori studi hanno confermato che le specie più a rischio sono quelle adattate a foraggiare in aree aperte, quindi quelle comprese nei generi *Nyctalus*, *Pipistrellus*, *Vespertilio* ed *Eptesicus* (Rydell *et al.*, 2010, 2012);
- il periodo in cui si riscontra la maggior parte della mortalità (90% in Nord Europa) è compreso tra fine luglio ed ottobre, in concomitanza con il periodo delle migrazioni autunnali, anche se un numero considerevole di specie rinvenute morte in corrispondenza di impianti eolici sono considerate sedentarie o migratrici a corto raggio, come ad esempio il pipistrello nano o il serotino di Nilsson (Rydell *et al.* 2010);
- il rischio di mortalità è dipendente dall'habitat e dalla posizione topografica dell'impianto. Gli impatti maggiori si hanno per impianti localizzati lungo le coste e sulla sommità di colline e montagne, dove siano presenti boschi, sia di conifere che di latifoglie. Al contrario, impianti situati in zone agricole o aree aperte senza vegetazione arborea (es. prati, pascoli) sono caratterizzati da una bassa mortalità. In generale, il numero di collisioni aumenta per torri posizionate a meno di 100-200 m da zone di bosco (Rodrigues *et al.*, 2008).

MITIGAZIONE DEGLI IMPATTI

L'identificazione di misure di contenimento e minimizzazione degli impatti su biodiversità ed ecosistemi costituisce un passaggio obbligatorio nelle fasi di pianificazione e progettazione di un progetto di impianto eolico offshore.

La raccolta di elementi conoscitivi sulla biodiversità del luogo prescelto per la localizzazione dell'impianto va effettuata nelle fasi preliminari della progettazione, al fine di valutare gli impatti e identificare le misure più efficaci di contenimento e mitigazione. Le misure di mitigazione vanno applicate e la loro efficacia monitorata in modo iterativo, fin quando gli impatti sono idealmente azzerati o, alternativamente, ridotti ad un livello accettabile.

La localizzazione di un impianto va valutata con molta attenzione, soprattutto laddove il progetto ricada all'interno di aree particolarmente sensibili, ovvero le aree che presentano maggiori livelli di sensibilità e che dovrebbero essere escluse nel rispetto del già citato principio di prevenzione e precauzione, come nel caso delle aree lungo rotte migratorie, o qualora gli impatti, a seguito di un'attenta valutazione, venissero ritenuti rilevanti e non mitigabili. Le aree sensibili includono (cfr. Bennun *et al.*, 2021):

- aree marine protette (Parchi nazionali, Riserve, AMP, Santuari, ecc.) e altri tipi di zone di interesse ambientale, in particolare i Siti Natura 2000, IBA marine (LIPU, 2009) e relative zone buffer di transito da e verso queste aree;
- key biodiversity areas (KBAs);
- aree sensibili (Ecological or Biological Significant Marine Areas, EBSA);
- aree marine particolarmente sensibili (PSSA);
- aree note per sostenere ecosistemi o specie minacciate (aree offshore di foraggiamento, aree di riproduzione e aree interessate da flussi migratori);

- aree lungo rotte di migrazione dove si possono avere elevate concentrazioni di uccelli (aree costiere di sosta, stretti, canali);
- aree di nidificazione, sosta, alimentazione e svernamento per uccelli e pipistrelli nelle aree costiere di arrivo dei cavi dell'impianto, o le aree offshore per il foraggiamento stagionale;
- aree dove si concentrano i movimenti delle specie come i banchi di sabbia (costiere o in mare aperto), le zone umide costiere e le paludi, le aree costiere con rilievi elevati, creste e scogliere (per gli uccelli) e aree a densa copertura forestale (per i pipistrelli). Alcune delle aree sopracitate sono già mappate e disponibili (es. Rete Natura 2000, AMP, EBSA, PSSA ecc), altre vanno identificate raccogliendo dati di bibliografia ed effettuando monitoraggi specifici nelle fasi preliminari alla realizzazione dell'impianto (aree di nidificazione, aree di concentrazione in determinati periodi dell'anno).

Con riferimento al nostro Paese e alle specie dell'avifauna individuate come maggiormente suscettibili ai possibili impatti causati dagli impianti eolici offshore, vengono identificate di seguito alcune aree che devono essere considerate sensibili per la presenza di colonie riproduttive di uccelli marini, aree di svernamento e alimentazione o frequentate durante i periodi migratori primaverili e autunnali. In questo contesto, per aree sensibili si intendono quelle aree in cui la presenza di un impianto eolico potrebbe causare impatti elevati e non mitigabili. Ciò deve essere valutato nelle fasi preliminari di progetto con adeguate metodologie e periodi di monitoraggio.

AREE ITALIANE SENSIBILI PER LA PRESENZA DI SPECIE DI UCCELLI MARINI

- **Berta maggiore, Berta minore e uccello delle tempeste:** medio e basso Adriatico, con particolare riferimento alle Isole Tremiti, Canale di Sicilia, Isole Eolie, Pantelleria, Egadi, costa occidentale e meridionale sarda, Bocche di Bonifacio, isole Pontine e arcipelago toscano.
- **Cormorano:** costa occidentale sarda, alto Adriatico. Presenza invernale lungo le coste italiane.
- **Marangone dal ciuffo:** coste della Sardegna, arcipelago toscano, isole Pontine.
- **Anatre marine svernanti:** edredone, orco marino, orchetto marino, smergo minore (*Mergus serrator*). Alto Adriatico con presenza di edredone nidificante, coste tirreniche liguri, toscane e laziali, coste del medio e basso Adriatico per le presenze invernali. Per orco e orchetto marino anche le coste dell'Italia meridionale peninsulare. Per lo smergo minore coste dell'Italia peninsulare, della Sicilia e occidentali sarde. Per queste specie, complessivamente si registrano decine di migliaia di osservazioni all'anno.
- **Gabbiani e sterne:** prioritarie sono le aree di riproduzione del gabbiano corso in Sardegna, arcipelago toscano, coste della Campania, Puglia e Sicilia meridionale. Alcune aree come la costa laziale vengono regolarmente utilizzate da individui svernanti ed estivi. Il canale di Sicilia in quanto include la rotta migratoria delle sterne e i quartieri di svernamento dei laridi.
- **Rapaci, Passeriformi e altre specie:** particolarmente sensibili durante la migrazione negli stretti e lungo le coste del Tirreno e dell'Adriatico. A tale scopo occorre fare riferimento al lavoro sviluppato dal WWF Italia nell'ambito della Conservazione ecoregionale per l'individuazione delle aree prioritarie di conservazione nel Mediterraneo (Bulgarini *et al.*, 2005), con particolare riferimento alla tutela delle specie migratrici (AA.VV., 2009; Bulgarini *et al.*, 2009). Nel lavoro sviluppato dal WWF Italia, in collaborazione con numerosi partner, sono stati identificati gli obiettivi prioritari e le aree prioritarie nella definizione di una "Biodiversity Vision" per il Mediterraneo (Bulgarini *et al.*, 2006). Le aree costiere e marine di particolare interesse sono le seguenti:
 - Stretto di Messina;
 - Bocche di Bonifacio;
 - le piccole isole del Mediterraneo (Arcipelago toscano, Marettimo, Ustica, Egadi, Pelagie ecc.);
 - alcuni siti costieri: Liguria centrale con Arenano, Promontorio del Circeo, Promontorio del Conero e Monte San Bartolo, Salento e Capo d'Otranto.

- **Migratori:** per la quasi totalità delle specie migratorie italiane il canale di Sicilia nella sua totalità costituisce un'area ad elevata sensibilità come evidenziato anche nelle sezioni precedenti.

In fase di progettazione dell'impianto lo schema di posizionamento degli aerogeneratori può essere configurato in modo da non ostacolare i movimenti degli uccelli e minimizzare il rischio di collisione. Quando è nota la direzione prevalente di migrazione o di altri spostamenti effettuati in modo regolare (ad esempio tra i settori di foraggiamento e i siti di nidificazione) si possono creare dei corridoi di passaggio, allineando gruppi di aerogeneratori adeguatamente spaziatissimi loro in modo da creare una linea parallela rispetto alla direzione di volo predominante.

Come per gli impianti a terra, la fase di cantierizzazione per la realizzazione dell'impianto presenta spesso i maggiori impatti includendo lavori di posizionamento delle piattaforme, escavazione ecc. In questa fase vanno condotte necessariamente indagini e analisi specifiche con la predisposizione di progetti di cantiere finalizzate a identificare tutti i possibili impatti.

Nella fase di realizzazione dell'impianto, la tempistica con cui vengono cadenzati i lavori può giocare un ruolo determinante. Al fine di ridurre il disturbo vanno evitati i periodi di aggregazione stagionale, come ad esempio riproduzione, svernamento e migrazione, variabili ovviamente in base alla specie considerata e l'area geografica. Nel caso degli uccelli marini migratori il disturbo può essere completamente evitato se le attività di costruzione avvengono lontano dal periodo riproduttivo. Un altro elemento di possibile disturbo riguarda l'illuminazione notturna. Uno studio ha dimostrato che gli uccelli migratori notturni sono disorientati ed attratti dalle luci bianche e rosse, mentre tale effetto tende a ridursi con le luci blu e verdi; la luce blu in particolare, sembrerebbe non distogliere gli uccelli dalla direzione di migrazione (Pott *et al.*, 2008).

Nella fase in cui l'impianto è operativo il rischio più concreto è quello legato all'impatto di uccelli e pipistrelli con gli aerogeneratori. Nel caso delle infrastrutture costiere di servizio all'impianto a mare, collisione ed elettrocuzione rappresentano un ulteriore fattore di rischio.

Per quanto concerne la collisione con gli aerogeneratori, la misura più efficace per mitigarne l'impatto è l'arresto momentaneo dell'aerogeneratore quando il rischio associato a certe specie oltrepassa una determinata soglia di sicurezza. L'arresto potrebbe avvenire: in alcuni momenti del giorno o della notte in cui si verificano picchi di attività; sulla base di alcuni parametri fisici, quali velocità del vento e la temperatura (questi ultimi particolarmente rilevanti per i pipistrelli); sulla base delle fasi stagionali, ad esempio durante le migrazioni degli uccelli o dei pipistrelli.

L'arresto degli aerogeneratori può avvenire anche in tempo reale, al verificarsi di determinate condizioni o di un certo scenario, come nel caso dell'avvicinamento all'impianto di stormi composti da un numero elevato di individui. L'arresto può avvenire in determinati periodi, ad esempio quando gli uccelli migratori transitano in prossimità dell'impianto a ondate regolari. Laddove la presenza degli uccelli è meno prevedibile, lo spegnimento in tempo reale appare essere l'approccio più pratico, anche se questo metodo non è in grado di azzerare del tutto gli impatti.

Va detto comunque che nel contesto italiano l'arresto dell'aerogeneratore in aree di migrazione appare poco applicabile, considerato che per gli uccelli la migrazione inizia a metà gennaio e finisce a giugno, per poi riprendere a metà luglio fino a tutto dicembre. D'altro canto, come evidenziato nelle sezioni precedenti, la possibilità di collocare impianti lungo le rotte migratorie va esclusa a priori in applicazione del principio di prevenzione e precauzione.

L'arresto in tempo reale può avvenire adottando diverse metodologie: attraverso un monitoraggio condotto da osservatori esperti (va detto comunque che esperienze passate non hanno dato i risultati sperati a causa dell'insufficiente preparazione degli esperti coinvolti, A. Giordano com. pers.), tramite sistemi automatici basati su foto/videocamere rilevamento radar. Idealmente, sarebbe opportuno che questi sistemi operassero in contemporanea al fine di garantire in ogni momento la massima riduzione del rischio.

Per quanto concerne le infrastrutture di servizio a terra, il rischio maggiore è rappresentato dai cavi della linea elettrica che possono causare la collisione con uccelli e chiropteri. In tal caso, la misura di mitigazione più efficace è rappresentata dall'interramento dei cavi.

ACCORGIMENTI SPECIFICI PER MITIGARE GLI IMPATTI NEL CASO DEI CHIROTTERI

Al momento non esistono strumenti per rilevare in modo specifico le collisioni dei chirotteri, ma i sistemi adottati per gli uccelli rimangono comunque validi. Oltre alla collisione diretta, i pipistrelli possono subire il barotrauma, causato da una forte differenza di pressione che si verifica in prossimità degli aerogeneratori in movimento (Bearwald *et al.*, 2009), anche se l'incidenza di questa possibile causa di mortalità sembra essere inferiore rispetto a quanto si ritenesse (Rollins *et al.*, 2021; Lawson *et al.*, 2020). Il ritrovamento di spoglie in prossimità degli aerogeneratori è un evento praticamente impossibile, per il monitoraggio degli impatti si rende pertanto necessario l'utilizzo di strumenti video e/o sensori termici.

I dati relativi a presenza e comportamento dei pipistrelli nelle aree offshore e quelli sui relativi impatti sono scarsi e non permettono di prevedere l'entità della mortalità associata e le possibili conseguenze dell'effetto spostamento. Ciò nonostante, in alcune aree di Europa e Nord America sono stati messi in atto dei protocolli di sicurezza specifici per questo taxon. Negli impianti olandesi, ad esempio, sono stati previsti dei protocolli specifici per la riduzione della mortalità dei pipistrelli che vengono applicati nel periodo di attività di questi animali (agosto-settembre) e che prevedono: entrata in funzione dell'aerogeneratore limitata a condizioni di velocità del vento pari a 5 metri al secondo da un'ora dopo il tramonto a due ore prima dell'alba; riduzione del numero di rotazioni/minuto della pala ad un valore inferiore ad 1 con velocità del vento inferiore a 5 metri al secondo; inoltre, ai gestori dell'impianto viene richiesto di inviare rapporti sull'implementazione di questa misura di mitigazione.

A terra le collisioni avvengono più frequentemente in condizione di bassa velocità del vento. Una possibile mitigazione è quindi elevare il valore minimo di velocità del vento a cui l'aerogeneratore entra in funzione. Tale soglia deve essere quindi determinata sulla base dei risultati del monitoraggio sito specifico e può essere regolata sulla base di una serie di parametri: velocità del vento misurata a livello delle pale, orario dopo il tramonto e prima dell'alba, mese dell'anno, temperatura ambientale, precipitazioni. È plausibile ritenere che tale problematica tenda ad attenuarsi per gli impianti lontani dalla costa.

Sia l'incremento della soglia per l'entrata in funzione degli aerogeneratori che lo stop in determinate condizioni sono metodi validi che hanno consentito di abbattere fino al 50% della mortalità sulla terraferma (Arnett *et al.*, 2013; Rodrigues *et al.*, 2015), a fronte di una riduzione della produzione di energia pari solo all'1% rispetto al totale annuo (Arnett *et al.*, 2013).

ULTERIORI APPROCCI PER RIDURRE IL RISCHIO DI COLLISIONE

Altre possibili misure riguardano principalmente le modifiche agli aerogeneratori e alle linee di trasmissione a terra. Nello specifico:

- incrementare la visibilità delle pale. È stato verificato che un incremento significativo della visibilità può essere ottenuto dipingendo una delle pale della struttura. A tale scopo si possono utilizzare colori ad alto contrasto o vernice all'ultravioletto; si consiglia però evitare il bianco e il grigio chiaro, in quanto questi colori possono attirare gli insetti e quindi incrementare l'attività degli insettivori. Dipingendo due terzi di una singola pala di nero di un impianto a terra in Norvegia si è riusciti ad abbattere del 100% la mortalità dell'aquila di mare (*Haliaeetus albicilla*; May *et al.*, 2020);
- utilizzare deterrenti acustici. Queste apparecchiature emettono suoni ad alta frequenza all'interno dello spettro di emissione dei chirotteri per mascherare la percezione dell'eco o creare uno spazio sonoro attorno all'area del rotore che indurrebbe i pipistrelli ad evitare le pale. Al momento queste apparecchiature non sembrano essere ancora state testate su impianti offshore. L'efficacia dei deterrenti acustici varia in base alle specie di pipistrelli e sembra che questa decada nel caso di pipistrelli che emettono suoni sulle frequenze più alte (Weaver, 2019);
- installare dissuasori sulle linee elettriche a terra. Generalmente si tratta di strutture che fissate alle linee le rendono più visibili (assumono forma piatta, in grado di sventolare, oppure sferica e a spirale).

VALUTAZIONE E MONITORAGGIO

Una mitigazione effettiva degli impatti richiede una comprensione approfondita degli elementi che compongono la biodiversità di un determinato luogo e le possibili interazioni con le diverse fasi di realizzazione e messa in opera dell'impianto. Ad esempio, è vitale che la progettazione, il posizionamento e l'allineamento degli impianti offshore futuri valuti attentamente la distribuzione e la sensibilità delle popolazioni di uccelli marini (Garthe and Hüppop 2004, Fox *et al.*, 2006). Attraverso studi e indagini è possibile valutare i rischi e gli impatti associati ad un determinato progetto e consentire di identificare e mettere in atto le più efficaci misure di mitigazione. Inoltre, attraverso un monitoraggio regolare è possibile valutare l'efficacia delle misure di mitigazione nel tempo e, attraverso la gestione adattativa, assicurare che il progetto consegua effettivamente gli obiettivi prefissati di tutela della biodiversità.

Si identificano tre tipologie principali di indagini legati alla biodiversità.

Valutazione del rischio. Permette di identificare gli elementi della biodiversità a rischio. Sono indagini effettuate ad ampio raggio per confermare la presenza e la distribuzione di specie all'interno dell'area di influenza complessiva del progetto, tenendo in considerazione anche le infrastrutture associate, quali le linee di trasmissione. Questo tipo di indagine viene svolto nelle fasi preliminari di pianificazione del progetto. Nel corso di queste indagini si possono realizzare delle analisi di rischio ed attribuire a ciascuna specie un punteggio di rischio (come in Humphreys *et al.*, 2015). Analogamente, le Linee Guida della Regione Toscana (Regione Toscana, 2012), sviluppate per l'eolico terrestre e qui citate solo a titolo di esempio, invitano a fornire stime sul grado di rischio (nullo, basso, medio, alto) rappresentato dall'impianto per le popolazioni faunistiche regionali, italiane ed europee, in base al prodotto della stima del numero di collisioni possibili con la vulnerabilità, espressa con opportuni indici numerici dal valore avifaunistico. Nella tabella di seguito si riporta sempre a titolo di esempio l'attribuzione di punteggi per ricavare il valore avifaunistico di ogni specie rilevata sulla base di distribuzione e consistenza della popolazione a scala regionale, italiana ed europea (Regione Toscana, 2012). A livello europeo viene valutato sia lo status di conservazione e il livello di minaccia (secondo BirdLife International e sulla base dei dati dei monitoraggi sensu Art. 12 della Direttiva Uccelli), attribuendo valori da 1 a 0,125, sia l'inclusione o meno nell'Allegato I della Direttiva già citata, attribuendo il valore di 0,5.

Livello di minaccia	Grado di interesse conservazionistico a livello europeo			
	1 Specie di interesse conservazionistico globale	2 Specie, concentrate in Europa, con <i>status</i> di conservazione sfavorevole	3 Specie, concentrate in Europa, con <i>status</i> di conservazione sfavorevole	4 Specie, concentrate in Europa, con <i>status</i> di conservazione sfavorevole
CR – criticamente minacciata	1	0.875	0.75	
EN – in pericolo di scomparsa	0.93	0.805	0.68	
V – vulnerabile	0.855	0.73	0.605	
D – in diminuzione	0.785	0.66	0.535	
R – rara	0.715	0.59	0.465	
H – popolazione indebolita	0.645	0.52	0.395	
L – popolazione localizzata	0.57	0.445	0.32	
S – sicura	0.5	0.375	0.25	0.125

La tabella successiva riporta l'attribuzione di punteggi a livello nazionale così come riportato nelle linee guida della Regione Toscana (Regione Toscana, 2012). In questo caso viene valutata l'inclusione o meno della specie nella lista

rossa italiana⁷¹, attribuendo valori da 1 (specie criticamente minacciate) a 0,25 (specie a minor rischio). Valutazione analoga può essere effettuata a livello regionale, attribuendo un punteggio basso (0,5) al fine di ridurre l'importanza dei criteri "regionali" e di bilanciare al meglio l'effetto "geografico" delle diverse liste utilizzate. Ribadendo ancora una volta che le Linee Guida della Regione Toscana vengono citate a titolo di esempio, si specifica che per le specie migratorie vanno messe in atto ulteriori analisi approfondite, in quanto il riferimento alle liste rosse nazionali può essere inadeguato (lo stato di conservazione varia nei diversi paesi).

Livello di minaccia	Valore
CR – criticamente minacciata	1
EN – in pericolo di scomparsa	0.93
V – vulnerabile	0.85
V* – mediamente vulnerabile	0.7
R – rara	0.55
DD – dati insufficienti	0.4
LR – a minor rischio	0.25
IG – minacciata da inquinamento genetico	0.7

Valutazione di impatto e mitigazione. Avviene in fase di progettazione e si concentra sulla biodiversità a rischio di impatto, valutandone gli eventuali effetti e identificando le misure di mitigazione. Questo tipo di analisi può richiedere diverse reiterazioni nel corso di uno o più anni, necessarie ad acquisire una comprensione esaustiva delle esigenze ecologiche delle specie, le popolazioni e la distribuzione stagionale (ad esempio in base alle migrazioni). Come per le indagini sulla valutazione del rischio va analizzato tutta l'area di influenza del progetto, piuttosto che solo il sito di installazione degli aerogeneratori.

Analisi dello stato iniziale. Questo tipo di analisi forniscono informazioni sullo stato della biodiversità prima che venga messo in atto l'intervento. Queste indagini sono strutturate in modo da essere ripetibili, così da valutare l'efficacia degli interventi di mitigazione nel tempo, tramite un confronto con i dati di base. Può essere necessario includere anche dei siti di controllo all'esterno dell'area del progetto in modo da distinguere gli impatti specifici causati dall'impianto da eventuali cambiamenti più generali, dovuti magari alla variabilità naturale.

Vanno identificati adeguati indicatori di monitoraggio, che misurino lo stato della biodiversità, gli impatti e le risposte indotte dalle misure di mitigazione. Gli indicatori devono essere identificati in modo da consentire la gestione adattativa, che preveda la messa in opera di misure di mitigazione addizionali al superamento di determinate soglie di criticità.

ESIGENZE SPECIFICHE DI MONITORAGGIO E STUDIO

Il monitoraggio per rilevare la dislocazione di specie causata dall'effetto omonimo non è semplice e necessita di un set di dati di base particolarmente robusto, nonché di informazioni raccolte all'interno di siti di controllo adiacenti all'area dell'impianto. Nel caso di uccelli e pipistrelli ci si attende che questo effetto sia inevitabilmente presente, anche se la magnitudine dipenderà dalle specie coinvolte, le località e lo schema di posizionamento delle singole pale. Di solito, la perdita o l'abbandono delle aree di riproduzione o di stazionamento (*roosting*) costituisce l'elemento primario di preoccupazione e il monitoraggio dovrebbe concentrarsi prioritariamente su questi siti. Il monitoraggio dovrebbe iniziare con largo anticipo, idealmente tre-quattro anni prima della realizzazione degli impianti, soprattutto qualora non si disponga di dati preesistenti. Il monitoraggio dovrebbe mirare ad ottenere dati di presenza (ad esempio, numero di nidi occupati all'interno dell'area di progetto e zone limitrofe) e di abbondanza (es. numero di pipistrelli che usano un sito di *roosting*). Gli indicatori dovrebbero includere anche parametri riproduttivi, come il numero di individui involati per nido, in quanto questo valore può essere inferiore nell'area di progetto; infine, il monitoraggio dovrebbe raccogliere informazioni su popolazioni di siti noti di riproduzione o *roosting* (un posatoio di chiroteri può ospitare lo stesso numero di individui negli anni, ma se tutti gli individui di un anno venissero uccisi dal progetto e sostituiti da individui di un'altra area questo potrebbe rappresentare un impatto significativo).

⁷¹ <http://www.iucn.it/liste-rosse-italiane.php>.

L'effetto barriera si ritiene possa essere osservato soprattutto in risposta all'effetto cumulativo di impianti eolici multipli adiacenti. Ciò nonostante, il monitoraggio va condotto anche alla scala dell'impianto singolo. Va detto infine che questi studi vanno condotti in stretta collaborazione con esperti dell'ecologia delle specie monitorate.

I metodi di monitoraggio tradizionale degli impatti di uccelli e pipistrelli non possono essere applicati nel caso degli impianti offshore, per questo vanno messe in opera tecnologie alternative, quali i sensori di vibrazione e video camere agli infrarossi per rilevare e quantificare le collisioni. Nel caso di specie migratorie, il monitoraggio va attuato nel corso della stagione migratoria o durante la stagione di svernamento.

BIBLIOGRAFIA ALLEGATO I

- AA.VV. (2009). La tutela delle specie migratrici e dei processi migratori. MATTM-WWF Italia, pp. 40, Roma.
- Ahlén I., Bach L., Baagøe H.J., Pettersson J. (2007). Bats and offshore wind turbines studied in southern Scandinavia. VINDVAL, Report 5571.
- Ahlén, I., Baagøe, H.J. and Bach, L. (2009). 'Behavior of Scandinavian Bats during Migration and Foraging at Sea'. *Journal of Mammalogy* 90(6): 1318–1323. Available at: <https://doi.org/10.1644/09-MAMM-S-223R.1>.
- Arnett E.B., Brown W.K., Erickson W.P., Fiedler J.K., Hamilton B.L., Henry T.H., Jain A., Johnson G.D., Kerns J., Koford R.R. (2008). Patterns of bat fatalities at wind energy facilities in North America. *J Wildl Manage* 71(1):61–78.
- Arnett, E.B., Barclay, R. M. and Hein, C D. (2013). 'Thresholds for bats killed by wind turbines. *Frontiers in Ecology and the Environment* 11(4): 171. Available at: <https://doi.org/10.1890/1540-9295-11.4.171>.
- Aurbach, A., Schmid, B., Liechti, F., Chokani, N. and Abhari, R. (2020). 'Simulation of broad front bird migration across Western Europe'. *Ecological Modelling* 415: 108879. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2019.108879>.
- Baerwald EF, D'Amours GH, Klug BJ, Barclay RMR (2008). Barotrauma is a significant cause of bat fatalities at wind turbines. *Current Biology* 18(16): 695-696.
- Barclay R.M.R., Baerwald E.F., Gruver J.C. (2007). Variation in bat and bird fatalities at wind energy facilities: assessing the effects of rotor size and tower height. *Canadian J Zool* 85(3): 381- 387.
- Bat Conservation International (2019). 'Species Profiles - *Lasiurus borealis*'. Bat Conservation International [website]. Available at: <http://www.batcon.org/resources/media-education/species-profiles/detail/1728>.
- Bennun, L., van Bochove, J., Ng, C., Fletcher, C., Wilson, D., Phair, N., Carbone, G. (2021). Mitigating biodiversity impacts associated with solar and wind energy development. Guidelines for project developers. Gland, Switzerland: IUCN and Cambridge, UK: The Biodiversity Consultancy.
- Bernardino, J, Bevanger, K., Barrientos, R., Marques, R., Martins, R., Shaw, J., Silva, J. and Moreira, F. (2018). 'Bird collisions with power lines: state of the art and priority areas for research'. *Biological Conservation* 222: 1–13. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.02.029>.
- BirdLife International (2009). 'Offshore wind farms are impacting seabirds and migrating passerines' (n.d.). BirdLife International Data Zone [website]. Available at: <http://datazone.birdlife.org/offshore-wind-farms-are-impacting-seabirds-and-migrating-passerines>.
- Brichetti P. e Fracasso G., 2003. *Ornitologia italiana*. Vol. I - Gaviidae-Falconidae, Alberto Perdisa Editore, Bologna.
- Brichetti P. e Fracasso G., 2006. *Ornitologia italiana*. Vol. 3 - Stercorariidae-Caprimulgidae, Alberto Perdisa Editore, Bologna.
- Brichetti P. e Fracasso G., 2007 *Ornitologia italiana*. Vol. 4 - Apodidae-Prunellidae, Alberto Perdisa Editore, Bologna.
- Bulgarini F., Fraticelli F., Petrella S., Teofili C. (2005). Individuazione di aree prioritarie per gli uccelli nell'Ecoregione Mediterraneo Centrale. *Avocetta*, 29: 106.
- Bulgarini F., Petrella S., Teofili C. (a cura di, 2006). *Biodiversity Vision dell'Ecoregione Mediterraneo Centrale*. WWF Italia-MIUR, pp. 1-175, Roma.
- Bulgarini F., Calvario E., Celada C., Fraticelli F., Massa B., Montemaggiori A., Spina F. (2009). La tutela delle specie migratrici. *Atti del XV Convegno Italiano di Ornitologia*, Sabaudia. *Alula* XVI(1-2): 69-71.

- Cook, A.S.C.P., Humphreys, E.M., Masden, E.A. and Burton, N.H.K. (2014). 'The Avoidance Rates of Collision Between Birds and Offshore Turbines'. *Scottish Marine and Freshwater Science* 5(16): 263. Available at: <https://www.gov.scot/publications/scottish-marine-freshwater-science-volume-5-number-16-avoidance-rates/>.
- Dixon, A., Bold, B., Purevsuren, T., Galtbalt, B. and Batbayar, N. (2018). 'Efficacy of a mitigation method to reduce raptor electrocution at an electricity distribution line in Mongolia'. *Conservation Evidence* 15: 50–53. Available at: <https://www.conservationevidence.com/individual-study/6861>.
- Dorsch, M., Nehls, G., Žydelis, R., Heinänen, S., Kleinschmidt, B., Quillfeldt, P. and Morkūnas, J. (2016). Red-throated Diver winter movements in areas with offshore wind farms. Presented at the Presentation at International workshop on Red-throated Divers, 24-25 November 2016, Hamburg, Germany. Available at: http://www.divertracking.com/category/news/?lang=en_gb#.
- Elkins N., 2010. *Weather and Bird Behaviour*. Bloomsbury Publishing.
- Everaert, J. and Stienen, E. W. M. (2007) Impact of wind turbines on birds in Zeebrugge (Belgium). *Biodiv. Conserv.* 16: 3345–3359.
- Fox, A. D., Desholm, M., Kahlert, J., Christensen, T. K. and Krag Petersen, I. B. (2006) Information needs to support environmental impact assessment of the effects of European marine offshore wind farms on birds. *Ibis* 148 (Suppl. 1): 129–144.
- Fox A.D. & Petersen I.K. (2019). Offshore wind farms and their effects on birds. *Dansk Orn. Foren. Tidsskr.* 113 (2019): 86-101.
- Furness, R.W., Wade, H.M. and Masden, E.A. (2013). 'Assessing vulnerability of marine bird populations to offshore wind farms'. *Journal of Environmental Management* 119: 56–66. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.01.025>.
- Garthe, S. and Hüppop, O. (2004) Scaling possible adverse effects of marine wind farms on seabirds: developing and applying a vulnerability index. *J. Appl. Ecol.* 41: 724–734.
- Green R.E., Langston R.H.W., McCluskie A., Sutherland R., Wilson J.D. (2016). Lack of sound science in assessing wind farm impacts on seabirds. *Journal of Applied Ecology* 2016, 53, 1635-1641.
- Hahn, S., Bauer S. and Liechti F. 2009. The natural link between Europe and Africa - 2.1 billion birds on migration. *Oikos* 118: 624626, 2009doi: 10.1111/j.1600-0706.2009.17309.x.
- Haapala K.R., Prempreeda P., 2014. Comparative life cycle assessment of 2.0 MW wind turbines. *International Journal of Sustainable Manufacturing* 3(2): 170-185.
- Horn J.W., Arnett E.B., Kunz T.H. (2008). Behavioural responses of bats to operating wind turbines. *J. Wildl. Manage* 72: 123–132.
- Humphreys, E.M., Cook, A.S.C.P. and Burton, N.H.K. (2015). Collision, Displacement and Barrier Effect Concept Note (No. BTO Research Report No. 669). Norfolk, United Kingdom: British Trust for Ornithology. British Trust for Ornithology. Available at: https://www.bto.org/sites/default/files/shared_documents/publications/research-reports/2015/rr669.pdf.
- Hüppop, O., Dierschke, J. Exo, K.-M., Fredrich, E. and Hill, R. (2006) Bird migration studies and potential collision risk with offshore wind turbines. *Ibis* 148: 90–109.
- King, S. (2019). 'Seabirds: collision'. In: M.R. Perrow (ed.), *Wildlife and Wind Farms - Conflicts and Solutions*, Volume 3 Onshore: Potential Effects., Vol. 3. Exeter, UK: Pelagic Publishing.
- LIPU (Ed.), 2009. *Dalla terra al mare. Studio preliminare per l'individuazione delle IBA (Important Bird Areas) in ambiente marino*. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.
- Lawson M, Jenne D, Thresher R, Houck D, Wimsatt J, et al. (2020) An investigation into the potential for wind turbines to cause barotrauma in bats. *PLOS ONE* 15(12): e0242485. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0242485>.

- Mahood, S.P., Silva, J., Dolman, P.M. and Burnside, R. (2017). 'Proposed power transmission lines in Cambodia constitute a significant new threat to the largest population of the Critically Endangered Bengal florican *Houbaropsis bengalensis*'. *Oryx* 52(1): 147–155. Available at: <https://doi.org/10.1017/S0030605316000739>.
- May, R., Nygård, T., Falkdalen, U., Åström, J., Hamre, Ø. and Stokke, B.G. (2020). 'Paint it black: Efficacy of increased wind turbine rotor blade visibility to reduce avian fatalities'. *Ecology and Evolution* 10(16): 8927–8935. Available at: <https://doi.org/10.1002/ece3.6592>.
- Melville, D.S., Chen, Y. and Ma, Z. (2016). 'Shorebirds along the Yellow Sea coast of China face an uncertain future a review of threats'. *Emu - Austral Ornithology* 116(2): 100–110. Available at: <https://doi.org/10.1071/MU15045>.
- Pelletier, S., Omland, K., Watrous, K. and Peterson, T. (2013). Information Synthesis on the Potential for Bat Interactions with Offshore Wind Facilities. Final Report. Herndon, VA, USA: US Department of the Interior, Bureau of Ocean Energy Management (BOEM). Available at: https://tethys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/BOEM_Bat_Wind_2013.pdf.
- Pennisi E. (2021). Tiny songbirds cross deserts and seas by soaring three times higher than usual. *Science*, May. 6, 2021, doi:10.1126/science.abj3453.
- Peterson, T., Pelletier, S. and Giovanni, M. (2016). Long-term Bat Monitoring on Islands, Offshore Structures, and Coastal Sites in the Gulf of Maine, mid-Atlantic, and Great Lakes—Final Report (No. DOE-Stantec--EE0005378, 1238337). Available at: <https://doi.org/10.2172/1238337>.
- Peschko V., Mendel B., Müller S. Markones N., Mercker M., Garthe S. (2020a). Effects of offshore windfarms on seabird abundance: Strong effects in spring and in the breeding season. *Marine Environmental Research* 162 (2020) 105157.
- Peschko, V., Mercker, M. and Garthe, S. (2020b). 'Telemetry reveals strong effects of offshore wind farms on behaviour and habitat use of common guillemots (*Uria aalge*) during the breeding season'. *Marine Biology* 167(8): 118. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00227-020-03735-5>.
- Petersen, I. K., Fox, A. D. and Clausager, I. (2003) Distribution and numbers of birds in Kattegat in relation to the proposed offshore wind farm south of Læsø –Ornithological impact assessment. Department of Wildlife Ecology and Biodiversity, National Environmental.
- Poot, H., Ens, B. J., de Vries, H., Donners, M.A., Wernand, M.R. and Marquenie, J.M. (2008). 'Green Light for Nocturnally Migrating Birds'. *Ecology and Society* 13(2): 47. Available at: <https://doi.org/10.5751/es-02720-130247>.
- Regione Toscana, 2012. Linee guida per la valutazione di impatto ambientale degli impianti eolici. Regione Toscana, Direzione Generale della Presidenza, Area di Coordinamento Attività Legislative, Giuridiche e Istituzionali, Settore Valutazione di Impatto Ambientale - Opere pubbliche di interesse strategico.
- Richardson S.M., Lintott P.R., Hosken D.J. et al. (2021). Peaks in bat activity at turbines and the implications for mitigating the impact of wind energy developments on bats. *Sci Rep* 11, 3636 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-82014-9>.
- Rodrigues, L., Bach, L., Dubourg-Savage, M., Karapandža, B., Kovač, D., Kervyn, T., Dekker, J., Kepel, A., Bach, P., Collins, Harbusch, C., Park, K., Micevski, B. and Minderman, J. (2015). Guidelines for Consideration of Bats in Wind Farm Projects Revision 2014 (No. Publication Series No. 6 (English version); p. 133). Bonn, Germany: UNEP/EUROBATS. Available at: http://www.eurobats.org/sites/default/files/documents/publications/publication_series/pubseries_no6_english.pdf.
- Rollins KE, Meyerholz DK, Johnson GD, Capparella AP, Loew SS (2012) A Forensic Investigation Into the Etiology of Bat Mortality at a Wind Farm: Barotrauma or Traumatic Injury? *Veterinary Pathology* 49(2): 362-371.
- Roscioni F., Spada M. (a cura di), 2014. Linee guida per la valutazione dell'impatto degli impianti eolici sui chiroterri. Gruppo Italiano Ricerca Chiroterri.
- Rydell J., Bach L., Dubourg-Savage M., Green M., Rodrigues L., Hedenström A. (2010). Mortality of 52 bats at wind turbines links to nocturnal insect migration? *Eur. J. Wildl. Res.* 56: 823–827.

Rydell J., Engström H., Hedenström A., Larsen J.K., Pettersson J., Green M. (2012). The effects of wind power on birds and bats – a synthesis Vindval Report 6511.

Sansom, A., Pearce-Higgins, J.W. and Douglas, D.J.T. (2016). Negative impact of wind energy development on a breeding shorebird assessed with a BACI study design. *Ibis* 158(3): 541–555. Available at: <https://doi.org/10.1111/ibi.12364>.

Skov, H., Heinänen, S., Norman, T., Ward, R., Méndez-Roldán, S. and Ellis, I. (2018). ORJIP Bird Collision and Avoidance Study. Final report – April 2018 (p. 248). United Kingdom: The Carbon Trust. The Carbon Trust. Available at: https://prod-drupal-files.storage.googleapis.com/documents/resource/public/orjip-bird-collision-avoidance-study_april-2018.pdf.

Teofili C., Petrella S., Varriale M., 2007. Eolico e Biodiversità. Linee guida per la realizzazione di impianti eolici industriali in Italia. WWF Italia.

Thaxter, C.B., Buchanan, G.M., Carr, J., Butchart, S.H.M., Newbold, T., Green, R.E., Tobias, J.A., Foden, W.B., O'Brien, S. and Pearce-Higgins, J.W. (2017). 'Bird and bat species' global vulnerability to collision mortality at wind farms revealed through a trait-based assessment'. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 284(1862): 20170829. Available at: <https://doi.org/10.1098/rspb.2017.0829>.

Walls, R., Canning, S., Lye, G., Givens, L., Garrett, C. and Lancaster, J. (2013). Analysis of Marine Environmental Monitoring Plan Data from the Robin Rigg Offshore Wind Farm, Scotland (Operational Year 1) (Technical Report No. 1022038). Dumfries and Galloway, UK: E.ON, Natural Power. Available at: <https://tethys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/Walls-et-al-2013.pdf>.

Weaver, S. (2019). Understanding Wind Energy Impacts to Bats and Testing Reduction Strategies in South Texas (PhD Thesis, Texas State University). Texas State University, Texas, U.S.A. Available at: <https://digital.library.txstate.edu/handle/10877/8463>.

Welcker, J. and Nehls, G. (2016). 'Displacement of seabirds by an offshore wind farm in the North Sea'. *Marine Ecology Progress Series* 554: 173–182. <https://doi.org/10.3354/meps11812>.

ALLEGATO II

IMPATTI E MITIGAZIONE DELL'EOLICO OFFSHORE SUI CETACEI

INTRODUZIONE

BIODIVERSITÀ E STATO DI CONSERVAZIONE DEI CETACEI DEL MEDITERRANEO

Le conoscenze sugli habitat prioritari per i mammiferi marini sono molto scarse. La mancanza di adeguate informazioni sulla distribuzione, dimensione e dinamica delle popolazioni, sui cicli riproduttivi, sulle abitudini migratorie, sulla sensibilità alle attività umane, sui ruoli ecologici e sulle modalità di comunicazione, limita drammaticamente la nostra capacità di sviluppare le strategie e le linee di condotta per la loro conservazione.

Nel Mar Mediterraneo si contano 8 specie regolari di cetacei: balenottera comune - unico mysticete -, capodoglio, zifio, globicefalo, grampo, tursiope, stenella striata e delfino comune (Notarbartolo di Sciara, 2002) (Notarbartolo Di Sciara *et al.*, 1993; Notarbartolo Di Sciara & Demma, 2004; Reeves & Notarbartolo di Sciara, 2006).

Tabella 1: *Cetacei residenti nel Mar Mediterraneo: specie, stato di conservazione secondo la Lista Rossa della IUCN ("IUCN Red List of Threatened Species," 2012), areale di distribuzione e habitat (Notarbartolo Di Sciara & Demma, 2004).*

Specie	Status IUCN	Areale	Habitat
Tursiope, <i>Tursiops truncatus</i>	VU	Diffuso in tutto il Mediterraneo; in Italia, può essere osservato soprattutto nei pressi della costa della Riviera ligure di levante, nell'Arcipelago Toscano, lungo la costa tirrenica della penisola e nelle acque costiere di Corsica, Sicilia e Sardegna	Costiero, nel Mediterraneo osservato soprattutto in acque con profondità di poco superiore a 100 metri
Delfino comune, <i>Delphinus delphis</i>	EN	Presente nel Mediterraneo occidentale, ma molto raro nei mari italiani. Si può trovare nel Mar di Corsica, Mar di Sardegna e nel Canale di Sicilia	Esistono popolazioni tipicamente pelagiche, mentre altre sono più costiere

Grampo, <i>Grampus griseus</i>	DD	Più abbondante nel bacino occidentale del Mediterraneo; in Italia è presente soprattutto nel Mar Ligure, in tutto il tirreno e nelle acque che circondano Corsica e Sardegna	Acque profonde, sembra prediligere le zone, anche nei pressi della costa, dove la scarpata continentale è più ripida
Balenottera comune, <i>Balaenoptera physalus</i>	VU	Abbondante nel Mediterraneo occidentale e centrale; frequente in estate nel Mar Ligure Occidentale, nel Mar di Corsica e nella porzione settentrionale del Mar di Sardegna	Più abbondante sulla piattaforma continentale che in mare aperto
Stenella striata, <i>Stenella coeruleoalba</i>	VU	Abbondante nel Mediterraneo occidentale e centrale; in Italia è il cetaceo più frequente nel Mar Ligure, nel tirreno, nel Mar di Sardegna, nello Ionio e nel basso Adriatico	Rara sulla piattaforma continentale, preferisce le acque pelagiche profonde con profondità inferiore ai 1900 metri
Globicefalo, <i>Globicephala melas</i>	DD	Comune nel Mediterraneo occidentale; in Italia, è osservato più di frequente nel Mar Ligure, soprattutto nella sua porzione occidentale, sebbene con presenza saltuaria	Pelagico, diffuso in mare aperto e acque profonde, e raramente si avvicina alla costa
Capodoglio, <i>Physeter macrocephalus</i>	VU	Più abbondante nel Mediterraneo occidentale e centrale; può essere incontrato soprattutto nel Mar Ligure, nella parte occidentale di Corsica e Sardegna, intorno alla Sicilia e a largo della costa ionica della Calabria	In genere nelle acque sopra la scarpata continentale
Zifio, <i>Ziphius cavirostris</i>	DD	Più frequente nel Mediterraneo occidentale, incluse le coste italiane, è stato registrato anche nella parte orientale (Mar Ionio e Mar Egeo)	Pelagico, raramente si avvicina alla costa e alla piattaforma continentale

Sia gli Odontoceti che i Mysticeti hanno sviluppato specifici adattamenti per sfruttare al meglio il suono come strumento di comunicazione, nonché di orientamento, riproduzione, predazione e visione subacquea alternativa (Bradley D.L & Stern R., 2008) - l'ecolocalizzazione, o *biosonar*, altamente specializzata negli Odontoceti (Thomas *et al.*, 2002). I Mysticeti, come la balenottera comune, producono suoni a frequenze estremamente basse (fra 10 e 100 Hz) che possono propagarsi su grandi distanze, anche superiori ai 100 km (Watkins *et al.*, 1987). Al contrario, gli Odontoceti producono suoni a frequenze medio-alte (fra i 200 Hz e 150 kHz) che si propagano su distanze minori (Giorli *et al.*, 2015, 2016) (Figura 1).

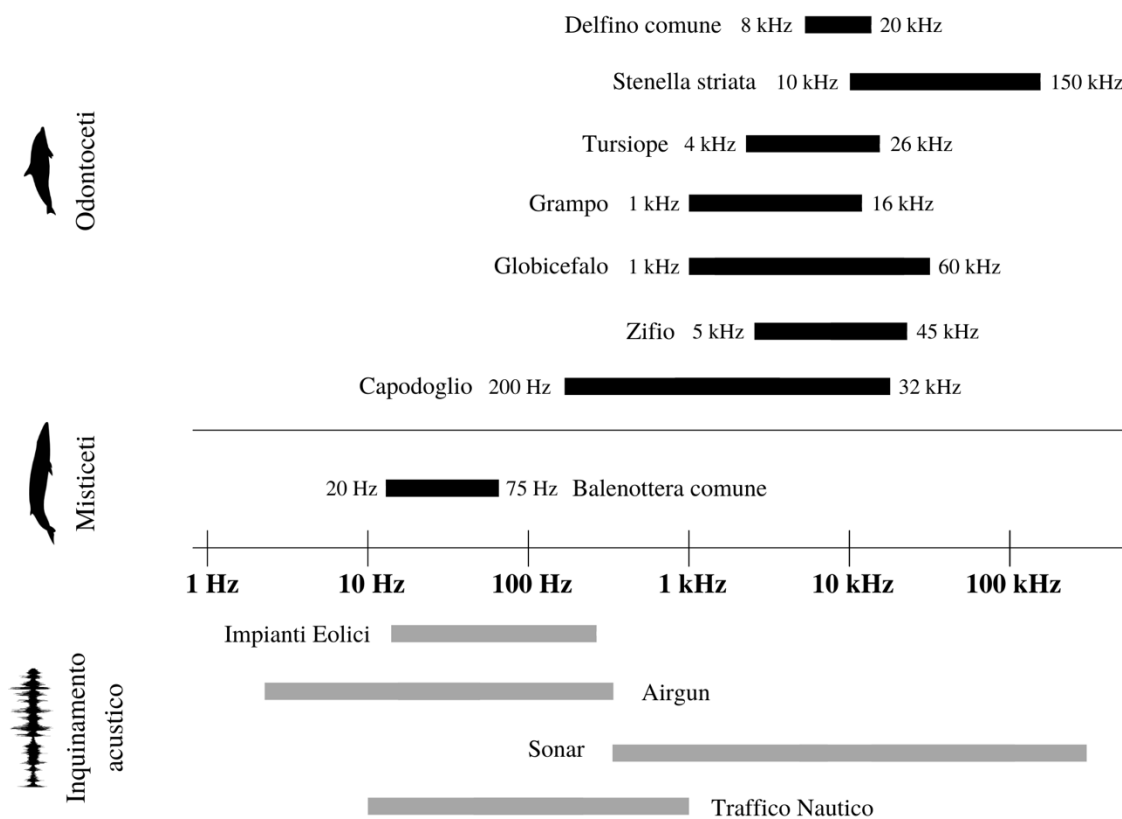


Figura 1: Sovrapposizione delle bande sonore usate dai cetacei (misticeti e odontoceti) e quelle emesse dalle principali sorgenti di inquinamento rumoroso nel paesaggio sonoro marino.

Così come per le altre fonti di inquinamento acustico di origine antropica, tra cui quello proveniente dal traffico nautico e dall'impiego di tecnologie come airguns e sonar, civili e militari, l'effetto ambientale del rumore antropico di un impianto eolico non può essere quantificato e classificato senza conoscere la distribuzione delle specie presenti nell'area, la loro sensibilità sonora e in generale l'habitat in cui si trovano (J. Nedwell *et al.*, 1998; Jeremy Nedwell *et al.*, 2003). È quindi necessario applicare specifici protocolli di monitoraggio cetacei finalizzati all'ottenimento di tali informazioni prima dell'avvio dei lavori di costruzione di ciascun impianto eolico.

I protocolli di monitoraggio includono la raccolta dei dati di presenza e distribuzione, foto-identificazione, comportamento e acustica delle diverse specie. La raccolta dei dati è fondamentale per l'identificazione di aree ecologicamente importanti la cui conservazione deve essere assicurata. Spedizioni di ricerca mirate e guidate da esperti del settore devono quindi essere organizzate dalle imprese responsabili della progettazione degli impianti eolici prima di sottoporre il progetto all'approvazione. I soggetti interessati devono fornire dati e informazioni adeguate al fine di garantire una corretta e trasparente Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) del progetto.

L'applicazione dei protocolli di monitoraggio e l'organizzazione delle spedizioni di ricerca rispondono anche alla necessità di proteggere le specie vulnerabili secondo la nuova Strategia Europea sulla Biodiversità 2030, facilitando l'identificazione del 30% dell'habitat marino da proteggere in accordo con tale Strategia (European Commission, 2020).

IMPATTI DEGLI IMPIANTI EOLICI OFFSHORE

Lo sviluppo degli impianti eolici offshore contribuisce notevolmente all'aumento dell'inquinamento acustico. Rumore e vibrazioni, infatti, sono prodotti durante tutta la vita di un progetto, dalla costruzione alla dismissione (Bailey *et al.*, 2010; Betke *et al.*, 2005; Dolman & Simmonds, 2010), incluse bande sonore a bassa frequenza udibili dai cetacei (Madsen *et al.*, 2006; Tougaard *et al.*, 2020). A ciò va aggiunto il traffico navale associato a tutte le fasi (Bailey *et al.*, 2014).

Gli effetti dell'inquinamento acustico si distinguono in (Jeremy Nedwell *et al.*, 2003):

- *Effetti primari immediati o tardivi* - baro-traumi a carico degli animali presenti nelle immediate vicinanze delle fonti sonore;
- *Effetti secondari* - lesioni di vario genere, anche uditive, che possono avere implicazioni a lungo termine per la sopravvivenza delle specie;
- *Effetti terziari (comportamentali)* - ripercussioni sulle specie che utilizzano la zona interessata dal rumore per attività cruciali, come riproduzione e rotte migratorie.

IMPIANTI EOLICI FISSI

Durante la fase di costruzione, l'attività di battitura delle fondazioni (*piling*), finalizzata all'infissione nel fondale, è una sorgente di rumore particolarmente intensa che può durare anche diverse ore. Tale sorgente, infatti, può non solo disturbare il comportamento dei cetacei anche a molti chilometri di distanza, ma anche causare danni uditivi agli animali a distanza ravvicinata (James, 2013; Jeremy Nedwell *et al.*, 2003). Il *piling*, inoltre, è una fonte di rumore che, se proveniente simultaneamente da diversi siti adiacenti tra loro, può creare un "effetto barriera" che impedisce agli animali di uscire o di migrare attraverso un'area (Abramic *et al.*, 2019). Durante il funzionamento, ogni impianto eolico produce suoni e vibrazioni continui che possono potenzialmente disturbare la comunicazione e il comportamento di *foraging* (ricerca di cibo) (Natural Environment Research Council, 2016) e, se ad alte intensità, causare anche danni fisici (Simmonds & Dolman, n.d.). Il traffico navale associato sia alla fase di costruzione che di funzionamento, inoltre, può condizionare gli spostamenti dei cetacei modificandone le rotte, e aumentare il rischio di collisioni (Evans, 2008).

IMPIANTI EOLICI GALLEGGIANTI

L'impiego di impianti eolici flottanti riduce, o elimina, la necessità di battitura delle fondazioni (*piling*). Bisogna però tener conto dell'eventuale rischio di rottura dei cavi di sostegno e ancoraggio della struttura flottante che potrebbero provocare forti vibrazioni e conseguente propagazione del rumore nell'area circostante (Natural Environment Research Council, 2016). Un altro aspetto da considerare è il rischio di *entanglement* (intrappolamento) nell'ancoraggio usato per assicurare la piattaforma alle strutture posizionate sul fondale (Bailey *et al.*, 2014) soprattutto per i grandi mysticeti. Inoltre, nel caso in cui reti abbandonate (*derelict fishing gear*) rimanessero impigliate nei cavi di ancoraggio, aumenterebbe il rischio di intrappolamento per un numero maggiore di specie (Natural Environment Research Council, 2016). L'entità di questo rischio è correlata alla sempre più crescente quantità di reti abbandonate o perse (*ghost gear*) nel Mediterraneo (UNEP / MAP, 2015). Pertanto, è necessario valutare il rischio di intrappolamento nelle strutture eoliche flottanti complessivamente, soprattutto in previsione di parchi eolici con numerose strutture e quindi una quantità potenzialmente significativa di cavi sospesi e cavi di ancoraggio (Natural Environment Research Council, 2016).

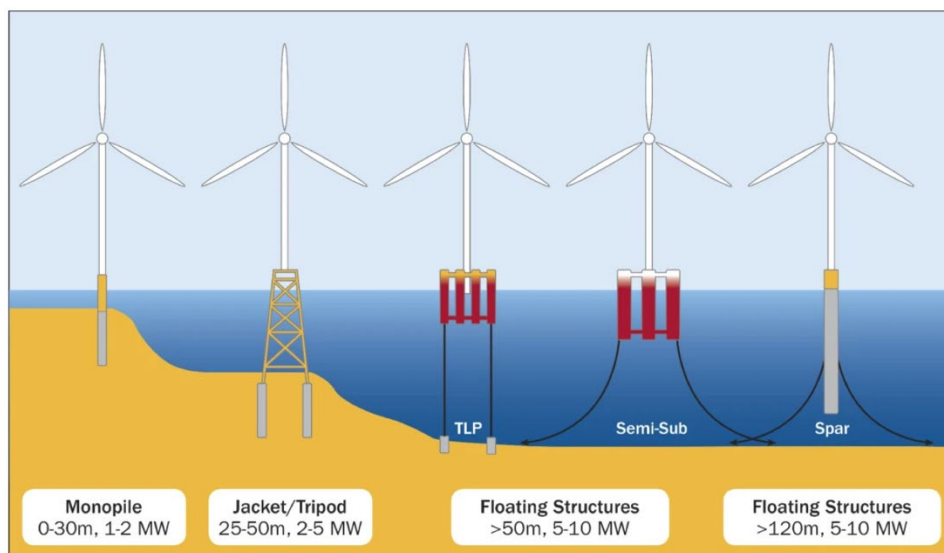


Figura 2: Esempi di turbine eoliche offshore.

Fonte: <https://aquaticbiosystems.biomedcentral.com/articles/10.1186/2046-9063-10-8#ref-CR5>.

Durante la fase di costruzione degli impianti flottanti, per i cetacei sussiste il rischio di collisione e di disturbo dovuti all'aumento della navigazione nell'area associato con le fasi di *surveying* e installazione della struttura (Evans, 2008). A differenza degli impianti eolici fissi, tali attività possono riguardare un diverso e più ampio range di profondità (Breton & Moe, 2009; Sun *et al.*, 2012), interessando maggiormente le specie pelagiche. Così come per gli impianti ancorati, rimane una sfida predire le conseguenze dell'eventuale dislocamento delle specie dalle aree di alimentazione o di riproduzione nell'area influenzata dagli impianti flottanti (Natural Environment Research Council, 2016).

L'inquinamento acustico generato dagli impianti eolici fissi o flottanti deve essere correlato con le altre sorgenti di rumore nel paesaggio sonoro marino. Le conseguenze degli impatti cumulativi dovuti a diversi sorgenti di rumore devono essere ulteriormente esplorate (Natural Environment Research Council, 2016) e tenute in considerazione durante le fasi di pianificazione dello spazio marittimo.

Negli ultimi decenni, le tecnologie acustiche subacquee sono state sviluppate al fine di permettere agli enti di ricerca di studiare i mammiferi marini e quantificare l'impatto dell'inquinamento acustico associato alle diverse attività antropiche marine. Ciononostante, tali conoscenze risultano ancora incomplete e in molti casi è impossibile valutare come lo stato di salute dei cetacei venga influenzato dall'ulteriore sviluppo delle sorgenti di rumore. Pertanto, è fondamentale incrementare lo sviluppo di nuovi strumenti per indagare in maniera quantitativa tali impatti, sviluppando così mappe che evidenzino le zone di sensibilità per i cetacei. Tale procedura dovrà, inoltre, essere sistematicamente inserita nella fase di progettazione di ogni impianto eolico. Qualora non siano disponibili informazioni sufficienti per quantificare gli effetti dell'inquinamento acustico, cumulativo o prodotto dalle singole fonti, è opportuno applicare un approccio precauzionale. Tale approccio deve riguardare sia la gestione dello spazio marittimo, che l'elaborazione di misure di mitigazione finalizzate alla diminuzione dell'impatto acustico degli impianti eolici esistenti o progettati.

MISURE DI MITIGAZIONE DEGLI IMPATTI DELL'EOLICO

Le specie di cetacei che frequentano i nostri mari sono inserite nella Lista Rossa della IUCN in categorie che ne evidenziano la mancanza di informazioni di conservazione e/o di urgenti azioni di protezione (Reeves & Notarbartolo di Sciarra, 2006). Molte specie sono, inoltre, incluse in Direttive, Convenzioni e Accordi di carattere internazionale per la protezione degli habitat, delle specie e della biodiversità (es. CBD, Direttiva Habitat, Convenzione di Bonn, CITES, Convenzione di Barcellona protocollo ASPIM, IWC).

La protezione di queste specie, tuttavia, deve proseguire parallelamente e congiuntamente allo sviluppo del settore eolico. Lo sviluppo di tale settore energetico è infatti fondamentale per il raggiungimento degli obiettivi di sviluppo delle fonti rinnovabili necessarie per conseguire gli obiettivi di mitigazione climatica.

In mancanza di una normativa specifica che regolamenti le varie forme di emissioni acustiche in mare, appare evidente come le misure di mitigazione da mettere in atto a tutela dei mammiferi marini assumano un ruolo di primissimo piano.

Tabella 2: Esempi di alcune misure di mitigazione (Bailey *et al.*, 2014; Farchi & Borsani, 2011; Rutenko *et al.*, 2007).

<p>Mitigazione spaziale</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Limitazione delle attività antropiche in aree dove sono presenti specie sensibili. Le restrizioni possono essere applicate in maniera stagionale o annuale. • Alternativamente, è possibile selezionare singolarmente ciascun sito di interesse per una maggiore flessibilità nella pianificazione delle attività • Al fine di evitare e ridurre al minimo l'effetto barriera, è necessaria un'attenta selezione del sito e dell'area preposta per ospitare il parco eolico e una pianificazione spaziale per distribuzione delle singole turbine
<p>Mitigazione della fonte del rumore</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Alterazione di frequenza e intensità della produzione sonora: modifiche meccaniche degli impianti, riduzione delle attività tramite l'impiego di simulatori o di tecnologie alternative. • Contenimento della produzione sonora in un'area ristretta (e.g. <i>bubble ring</i>). • Modulazione del suono, o <i>ramp up</i>, durante la fase di <i>surveying</i>: l'<i>airgun</i> viene inizialmente usato a bassa potenza, e gradualmente alzato nel corso di 20 minuti nel corso dei quali gli animali possono abbandonare l'area (Bailey <i>et al.</i>, 2014). L'efficacia di tale approccio, tuttavia, non è stato ancora sistematicamente studiato (Rutenko <i>et al.</i>, 2007)
<p>Mitigazione operativa</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Disattivazione o riduzione di potenza della fonte del rumore, sia in via temporanea che permanente. in presenza di cetacei. È necessario stabilire un'area di sicurezza intorno alla sorgente rumorosa e interrompere le attività in presenza degli animali. La stessa interruzione andrebbe applicata anche quando l'avvistamento degli animali è ostacolato dalle condizioni ambientali (es: cattive condizioni meteo, oscurità). • Campagne monitoraggio da effettuare prima durante e dopo la costruzione e l'avviamento degli impianti impiegando tecnologie all'avanguardia in collaborazione con enti di ricerca riconosciuti e che vengano effettuate da persone esperte • Valutazione della presenza di cetacei tramite l'impiego di ecoscandagli. • Allontanamento degli animali tramite suoni di allarme (es: <i>pingers</i>).

CONCLUSIONI

Tutte le specie di cetacei sono vulnerabili al degrado degli habitat e all'aumento del disturbo antropico, in modo particolare nel lungo termine. I cetacei infatti tendono ad allontanarsi dalle loro abituali zone di alimentazione e riproduzione, possono perdere le loro capacità uditive e di orientamento nello spazio tanto da spiaggiarsi sulle nostre coste.

È ormai evidente, quindi, come la conservazione dei cetacei nei mari del mondo dipenda da una serie di importanti fattori, tra cui la nostra capacità e volontà di ridurre l'inquinamento acustico.

Traffico nautico, indagini sismiche, esercitazioni militari, costruzioni di impianti eolici offshore e molte altre attività hanno sicuramente un impatto negativo sulle diverse specie di mammiferi marini dei nostri mari.

Sono quindi quanto mai urgenti e necessari piani di gestione e tutela efficaci per garantire la conservazione di questi meravigliosi animali.

BIBLIOGRAFIA ALLEGATO II

- Abramic, A., Norton, C., & Haroun, R. (2019). *Finding the Balance of Blue Growth Sustainable Development within Ecosystem Approach (2.1. 1 c&d). Analysis of the Offshore Wind Industry in Macaronesia* https://www.researchgate.net/profile/Andrej_Abramic/publication/333719844_Analysis_of_the_Offshore_Wind_Industry_in_Macaronesia_under_Marine_Strategy_Framework_Directive_200856EC/links/5d00ca9da6fdccd130942331/Analysis-of-the-Offshore-Wind-Industry-in-Mac.
- Bailey, H., Brookes, K. L., & Thompson, P. M. (2014). Assessing environmental impacts of offshore wind farms: Lessons learned and recommendations for the future. *Aquatic Biosystems*, 10(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/2046-9063-10-8>.
- Bailey, H., Senior, B., Simmons, D., Rusin, J., Picken, G., & Thompson, P. M. (2010). Assessing underwater noise levels during pile-driving at an offshore windfarm and its potential effects on marine mammals. *Marine Pollution Bulletin*, 60(6), 888–897. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.01.003>.
- Betke, K., Schultz-von-Glahn, M., & Matuschek, R. (2005). Underwater noise emissions from offshore wind turbines. *Cfa/Daga '04*, 4–5. <http://www.fino-offshore.com/>.
- Bradley D.L., & Stern R. (2008). Underwater sound and the marine mammals acoustic environment. A Guide to Fundamental Principles. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Containing Papers of a Biological Character. Royal Society (Great Britain)*, 4. <https://doi.org/10.1098/rspb.1960.0021>.
- Breton, S. P., & Moe, G. (2009). Status, plans and technologies for offshore wind turbines in Europe and North America. *Renewable Energy*, 34(3), 646–654. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2008.05.040>.
- Dolman, S., & Simmonds, M. (2010). Towards best environmental practice for cetacean conservation in developing Scotland's marine renewable energy. *Marine Policy*, 34(5), 1021–1027. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2010.02.009>.
- European Commission. (2020). *COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS EU Biodiversity Strategy for 2030 Bringing nature back into our lives. May*. <https://ec.europa.eu/research/environment/index.cfm?pg=nbs>.
- Evans, P. G. H. (2008). *PROCEEDINGS OF THE ASCOBANS/ECS WORKSHOP OFFSHORE WIND FARMS AND MARINE MAMMALS: IMPACTS & METHODOLOGIES FOR ASSESSING IMPACTS Held at the European Cetacean Society's 21st Annual Conference, The Aquarium, San Sebastian, Spain, 21st April 2007. February*, 72 pp.
- Farchi, C., & Borsani, F. J. (2011). *Linee guida per lo studio e la regolamentazione del rumore di origine antropica introdotto in mare e nelle acque interne (Parte terza)*. 1–20.
- Giorli, G., Au, W. W. L., & Neuheimer, A. (2016). Differences in foraging activity of deep sea diving odontocetes in the Ligurian Sea as determined by passive acoustic recorders. *Deep-Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 107, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2015.10.002>.
- Giorli, G., Au, W. W. L., Ou, H., Jarvis, S., Morrissey, R., & Moretti, D. (2015). Acoustic detection of biosonar activity of deep diving odontocetes at Josephine Seamount High Seas Marine Protected Area. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 137(5), 2495–2501. <https://doi.org/10.1121/1.4919291>.
- IUCN Red List of Threatened Species. (2012). *Choice Reviews Online*, 49(12), 49-6872-49–6872. <https://doi.org/10.5860/choice.49-6872>.
- James, V. (2013). Marine renewable energy: A global review of the extent of marine renewable energy developments, the developing technologies and possible conservation implications for cetaceans. In *Whale and Dolphin Conservation Society (WDC)* (Issue November).
- Madsen, P. T., Wahlberg, M., Tougaard, J., Lucke, K., & Tyack, P. (2006). Wind turbine underwater noise and marine mammals: Implications of current knowledge and data needs. In *Marine Ecology Progress Series* (Vol. 309, pp. 279–295). <https://doi.org/10.3354/meps309279>.

Natural Environment Research Council. (2016). *Environmental and Consenting Barriers to Developing Floating Wind Farms Including Innovative Solutions* (Issue December). <https://ore.catapult.org.uk/app/uploads/2018/02/Floating-Wind-Farms-Workshop-Dec-2016.pdf>.

Nedwell, J., Turnpenny, A. W. H., & Lambert, D. (1998). Guiding fish with sound, the acoustics of fish behavioural barrier design. *128th Annual Meeting of the American Fisheries Society Conference*.

Nedwell, Jeremy, Langworthy, J., & Howell, D. (2003). Assessment of sub-sea acoustic noise and vibration from offshore wind turbines and its impact on marine wildlife. *Report Commissioned by COWRIE, May 2003*, 72 pp. <https://tethys.pnnl.gov/publications/assessment-sub-sea-acoustic-noise-vibration-offshore-wind-turbines-its-impact-marine>.

Notarbartolo di Sciara, G. (2002). Cetacean species occurring in the Mediterranean and Black Seas. *Accobams, February*, Section 3: 18p. <http://www.oceandocs.org/handle/1834/840>.

Notarbartolo Di Sciara, G., & Demma, M. (2004). *Guida ai mammiferi marini del Mediterraneo* (Franco Muzzio Editore (Ed.); 3° Edizion).

Notarbartolo Di Sciara, G., Venturino, M. C., Zanardelli, M., Bearzi, G., Borsani, F. J., & Cavalloni, B. (1993). Cetaceans in the central mediterranean sea: Distribution and sighting frequencies. *Bolletino Di Zoologia*, 60(1), 131–138. <https://doi.org/10.1080/11250009309355800>.

Reeves, R. R., & Notarbartolo di Sciara, G. (2006). *The status and distribution of cetaceans in the Black Sea and Mediterranean Sea*.

Rutenko, A. N., Borisov, S. V., Gritsenko, A. V., & Jenkerson, M. R. (2007). Calibrating and monitoring the western gray whale mitigation zone and estimating acoustic transmission during a 3D seismic survey, Sakhalin Island, Russia. *Environmental Monitoring and Assessment*, 134(1–3), 21–44. <https://doi.org/10.1007/s10661-007-9814-z>.

Simmonds, M. P., & Dolman, S. J. (n.d.). All at sea: renewable energy production in the context of marine nature conservation. *Proceedings of the ECS/ASCOBANS Workshop: Offshore Wind Farms and Marine Mammals: Impacts and Methodologies for Assessing Impacts, Held at the European Cetacean Society's 21st Annual Conference*.

Sun, X., Huang, D., & Wu, G. (2012). The current state of offshore wind energy technology development. In *Energy* (Vol. 41, Issue 1, pp. 298–312). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.02.054>.

Thomas, J. A., Moss, C. F., & Valter, M. (2002). *Echolocation in Bats and Dolphins*. University of Chicago Press.

Tougaard, J., Hermannsen, L., & Madsen, P. T. (2020). How loud is the underwater noise from operating offshore wind turbines? *The Journal of the Acoustical Society of America*, 148(5), 2885–2893. <https://doi.org/10.1121/10.0002453>.

UNEP / MAP. (2015). *Regional Survey on abandoned, lost or discarded fishing gear & ghost nets in the Mediterranean Sea*.

Watkins, W. A., Tyack, P., Moore, K. E., & Bird, J. E. (1987). The 20-Hz signals of finback whales (*Balaenoptera physalus*). *Journal of the Acoustical Society of America*, 82(6), 1901–1912. <https://doi.org/10.1121/1.395685>.

ALLEGATO III

IMPATTI E MITIGAZIONE DELL'EOLICO OFFSHORE SUL BENTHOS

IL BENTHOS DEL MEDITERRANEO: UN ECOSISTEMA DA PROTEGGERE

Gli ecosistemi bentonici del Mar Mediterraneo, a seguito dei diversi fenomeni ambientali che si sono susseguiti nel corso delle ere geologiche, sono caratterizzati da habitat altamente diversificati che supportano, oltre ad importanti **biomasse**, un'**elevata biodiversità** e un **grande numero di endemismi** (Danovaro *et al.*, 2010). Tali ecosistemi bentonici includono, tra altri, gli ambienti del coralligeno e del mare profondo.

Il coralligeno, sebbene non ne esista definizione univoca, è generalmente considerato come un fondale duro di natura biogenica originatosi principalmente dall'accumularsi di alghe calcaree incrostanti o di altri organismi calcificanti (bivalvi, madrepore, briozoi, policheti) che crescono in condizioni sciafile. Questo ambiente si trova in genere tra i 20 e i 120 metri di profondità, tra la zona circalitorale e infralitorale (UNEP RAC/SPA, 2003). Il mare profondo, che si estende per più della metà dei fondali del nostro bacino, comprende i fondali al di sotto dei 200 metri di profondità. Ai fini di questo allegato, tuttavia, saranno considerati come ambienti di mare profondo le aree al di sotto dei 50 metri.

Il coralligeno e il mare profondo offrono diversi servizi ecosistemici, fornendo sia risorse biotiche, incluse risorse ittiche, che abiotiche, come idrocarburi e minerali (Piante & Ody, 2015). È stato anche dimostrato come i processi e gli ecosistemi del mare profondo siano fondamentali per la vita sulla terra, contribuendo ai cicli biogeochimici globali (Cochoat *et al.*, 2007).

Molte sono le attività marittime che interessano gli ambienti di profondità, intese a sfruttarne le risorse biotiche e abiotiche, e le informazioni raccolte da queste industrie rappresentano una delle maggiori fonti per la comprensione degli ecosistemi profondi. Per alcune di queste attività, come l'installazione degli impianti eolici offshore, si prevede un aumento nei prossimi anni. Per questo motivo, sono stati recentemente identificati cinque principi chiave per la gestione sostenibile del Mediterraneo profondo (Manea *et al.*, 2020):

- 1) salvaguardare le specie autoctone;
- 2) conservare l'eterogeneità e la diversità degli habitat;
- 3) proteggere le specie chiave degli ecosistemi;
- 4) preservare la connettività tra le diverse specie e habitat;
- 5) applicare l'approccio precauzionale in mancanza di informazioni sufficienti.

Questi principi chiave sono coerenti con l'**EBA-MSP** (*Ecosystem-Based Approach on Maritime Spatial Planning*, Pianificazione dello Spazio Marittimo con Approccio Ecosistemico), il cui scopo è quello di equilibrare gli obiettivi socioeconomici e ambientali nell'ambito della MSPD (*Maritime Spatial Planning Directive*) e della MSFD (*Marine Strategy Framework Directive*).

Nonostante questi obiettivi di sostenibilità, la ricerca socioeconomica che dovrebbe informare l'uso sostenibile e la conservazione delle risorse degli ecosistemi profondi sta progredendo lentamente (Grehan *et al.*, 2007) e, di

conseguenza, questi ecosistemi sono sempre più soggetti a degrado. La riduzione della biomassa del pescato, la distruzione di habitat e i cambiamenti chimici dell'acqua sono solo alcuni degli indicatori di questo degrado, conseguenza diretta o indiretta delle attività umane. Gli impatti antropici stanno infatti compromettendo la salute e la resilienza degli ecosistemi bentonici, pregiudicandone i servizi ecosistemici futuri.

È quindi fondamentale, nell'ambito della pianificazione degli impianti eolici offshore, non incrementare in modo sensibile le fonti di disturbo per gli ambienti del mare profondo e proteggere gli habitat critici per il mantenimento della biodiversità, il cui riconoscimento è un processo ancora in corso. In particolare, è necessario salvaguardare gli habitat costruiti dalle cosiddette specie "ecosystem engineers", spesso molto longeve, che creano la complessa architettura responsabile dell'alto livello di biodiversità che caratterizza questi ambienti.

HABITAT CRITICI ED ECOSISTEMI MARINI VULNERABILI (VMEs)

Un **habitat critico** è definito come un'area di interesse per la conservazione fondamentale per la salvaguardia di determinate specie, incluse aree in cui tale specie non è attualmente presente ma che sono fondamentali per il ripristino della stessa. Può pertanto essere soggetto a misure di gestione e protezione specifiche.

Gli **ecosistemi marini vulnerabili (VMEs, Vulnerable Marine Ecosystems)** sono definiti dalle Assemblee Generali delle Nazioni Unite (UNGs, *UN General Assembly*) come "gruppi di specie, comunità o habitat che possono essere vulnerabili agli impatti delle attività di pesca", e includono anche specie a rischio di estinzione (Lista Rossa, IUCN). Tale definizione si basa sui criteri e sulle caratteristiche stabilite nelle linee guida internazionali per la gestione della pesca in alto mare della FAO (2009), che delineano anche specifiche misure di gestione e protezione per ridurre gli impatti su queste aree. Le stesse UNGs, inoltre, impongono la protezione dei VMEs agli Stati e alle organizzazioni regionali di gestione della pesca, come la GFCM (*General Fisheries Commission for the Mediterranean*).

L'elenco completo di VMEs del Mediterraneo profondo è consultabile nel "Report of the first meeting of the Working Group on Vulnerable Marine Ecosystems" (FAO & GFCM, 2017).

La pianificazione degli impianti eolici offshore, sia fissi che flottanti, dovrebbe tenere presente la distribuzione degli habitat critici e dei VMEs, escludendoli dalle aree idonee alla costruzione. Questa necessità è sottolineata nella letteratura scientifica, dove emerge chiaramente l'esigenza di pianificare le misure di conservazione prestando particolare attenzione all'integrità del fondale marino (UNEP/MAP-RAC/SPA, 2015). Qualora gli impianti debbano essere previsti in prossimità di habitat critici o VMEs, è necessario predisporre misure di mitigazione e prevenzione al fine di evitare il danneggiamento di questi ambienti (*vedere sezioni 4 e 5*). Tali considerazioni sono valide non solo per gli impianti, ma anche per il traffico nautico coinvolto nella costruzione e manutenzione dell'impianto stesso (e.g. ancoraggio) e nello stabilire il percorso delle condotte.

I FONDALI MOLLI

Più di metà del benthos Mediterraneo è rappresentato dagli habitat di sabbia e fango e, in base al *“Report of the first meeting of the Working Group on Vulnerable Marine Ecosystems”* (FAO & GFCM, 2017), specie e habitat che potrebbero contribuire alla definizione di VMEs fanno parte di questa porzione di benthos.

I fondali mobili ospitano spugne, antozoi, ascidie e una ricca infauna, e la loro tridimensionalità e complessità si sviluppa in profondità all'interno dei sedimenti. La distribuzione di queste specie appare determinata dalle proprietà dei sedimenti, come la granulometria (Gray, 1974) e le caratteristiche mineralogiche (Cerrano *et al.*, 1999). Il ruolo di questi ambienti per il mantenimento della produttività delle acque sovrastanti e dei cicli biogeochimici globali è sempre più chiaro (Snelgrove, 1997; Thrush e Dayton, 2002); questi servizi ecosistemici fondamentali sono subordinati all'integrità di questi habitat.

La protezione dei fondali molli è pertanto fondamentale, soprattutto considerando che, come i fondali duri, sono già soggetti a degrado da parte delle attività antropiche. L'aumento della pressione della pesca a strascico e i cambiamenti nella sedimentazione potrebbero, per esempio, essere la causa della riduzione dell'eterogeneità spaziale registrata nel Mar Adriatico negli ultimi decenni (Scardi *et al.*, 2000; UNEP/MAP-RAC/SPA, 2015). Tuttavia, le mappe dei principali habitat molli attualmente disponibili, sebbene siano dei buoni indicatori dell'eterogeneità delle aree, necessitano di un controllo, ed eventuale aggiornamento, della loro validità e correttezza (UNEP/MAP-RAC/SPA, 2015). Nello stesso Mar Adriatico, per esempio, le aree centrali e meridionali sono meno conosciute e non è ancora disponibile un quadro unificato degli ambienti bentonici.

Da quanto delineato sopra, emerge chiaramente la necessità di protezione per gli ambienti a fondo molle, soprattutto le aree in cui sono presenti gli habitat e le specie identificati dal *“Report of the first meeting of the Working Group on Vulnerable Marine Ecosystems”* (FAO e GFCM, 2017). Queste zone devono essere escluse dalla pianificazione di impianti eolici offshore, sia fissi che flottanti. Inoltre, qualora i fondali molli includano organismi filtratori, chiave, particolare attenzione deve essere data alle misure di mitigazione e prevenzione della torbidità e risospensione dei sedimenti. Nel caso in cui la pianificazione di impianti eolici offshore coinvolga aree per cui non sono disponibili informazioni precise circa la composizione dei fondali molli, è auspicabile l'applicazione del principio precauzionale.

IL CONTESTO NORMATIVO INTERNAZIONALE PER LA PROTEZIONE DEGLI AMBIENTI BENTONICI

La protezione delle comunità bentoniche è soggetta anche a normative internazionali. La protezione di habitat e specie associate a montagne sottomarine, grotte sottomarine, canyon, fondi duri afotici e fenomeni chemio-sintetici è delineata nel **Protocollo sulle Aree Specialmente Protette e sulla Diversità Biologica** (Protocollo SPA/BD) adottato a Barcellona nel 1995. Tale protocollo, implementato dal **Programma di Azione Strategica per la Conservazione della Diversità Biologica nel Mediterraneo** (SAP/BIO) e atto a rafforzare la stessa Convenzione di Barcellona, propone una serie di misure iniziali per la conservazione di habitat profondi. In particolare, gli obiettivi di tale piano d'azione sono:

- 1) proteggere l'integrità e la funzionalità degli habitat;
- 2) promuovere il ripristino naturale degli habitat degradati attraverso la riduzione degli impatti di origine antropica;
- 3) approfondire la conoscenza delle popolazioni sciafile tra cui, per esempio, la loro distribuzione e ricchezza, sia a livello nazionale che a livello regionale, con l'obiettivo finale di costruire una sintesi sulla conoscenza di queste popolazioni e una distribuzione georeferenziata.

Il Protocollo SPA/DB, tramite gli obiettivi di conservazione, ha lo scopo di promuovere la gestione sostenibile degli ambienti di importanza naturalistica e/o culturale per la salvaguardia delle specie in pericolo o minacciate. L'elenco completo di specie protette può essere trovato in "[SPA/BD Protocol Annex II: list of endangered or threatened species](#)" (UNEP/AMP-SPA/RAC, 2018).

Nell'ambito della gestione sostenibile, il Protocollo include direttive per la creazione, protezione e gestione di **Aree Specialmente Protette (ZPS)** e per l'istituzione di **Aree Specialmente Protette di Importanza Mediterranea (SPAMI)**. La pianificazione di impianti eolici offshore deve quindi tenere in considerazione le specifiche realtà regionali delle ZPS e SPAMI e le relative regolamentazioni e limitazioni, unitamente al quadro di protezione e gestione dell'ambiente marino e costiero del Mediterraneo delineato dal Programma SAP/BIO.

LA PIANIFICAZIONE DELLA STRATEGIA DI INDAGINE: L'APPROCCIO ECOLOGICO

La costruzione di un impianto eolico offshore, fisso o flottante, può causare sia **impatti diretti** (il danno fisico) che **indiretti** (dovuti, cioè, alla risospensione del sedimento) alle comunità bentoniche dell'area interessata e immediatamente adiacente. Pertanto, la prima fase di progettazione di un impianto eolico offshore deve includere la raccolta di dati sufficienti per descrivere la composizione dell'area di interesse. Tali dati costituiscono la linea di riferimento precedente alla costruzione e dovrebbero essere usati sia per definire le azioni di mitigazione e ripristino più adatte, che per valutare l'efficacia di tali misure e l'impatto complessivo della costruzione dell'impianto sugli ecosistemi bentonici.

È inoltre necessario tenere in conto le differenti modalità di ripristino, specifiche per ciascuna tipologia di fondale. Per i **fondali molli** non esistono vere misure di ripristino, fatta eccezione per l'esclusione di attività dannose. Sebbene sia stato osservato che progetti rinnovabili offshore potrebbero essere considerati come la realizzazione di ripristino ambientale, questo non è possibile per i fondali molli. Le funzioni ecologiche di tali fondali non possono infatti essere sostituite. Tuttavia, misure sviluppate per sostenere le comunità bentoniche in tali aree possono essere considerate come *Nature-Based Solutions* e, pertanto, devono essere considerate nelle VIA. Al contrario, i **fondali duri** possono essere ripristinati – sebbene ci siano delle eccezioni. Va comunque sottolineato che il ripristino ambientale di tali habitat non dovrebbe portare a una modifica dell'ecosistema esistente, ma dovrebbe invece compensare le funzionalità ecologiche perse. Il ripristino dovrebbe anche rispettare il principio di proporzionalità, assicurandosi che gli elementi artificiali aggiunti siano proporzionati alla perdita generata. Se ciò non dovesse avvenire, il progetto potrebbe essere considerato come ingegneria ecologica volta all'aumento della produttività ecologica. Lo scopo finale di questi progetti è, generalmente, una maggiore raccolta di risorse marine e/o la creazione di nuove strutture e funzioni ecologiche all'interno dell'area del parco eolico offshore.

Una raccolta dati diretta, finalizzata a stabilire la composizione degli ecosistemi nell'area di interesse, è necessaria per il benthos Mediterraneo. Le informazioni ottenute tramite indagini preliminari e/o letteratura disponibile, che molto spesso non includono dati quantitativi, possono infatti essere insufficienti per ottenere un'immagine dettagliata della zona, e quindi per valutare i potenziali impatti della costruzione dell'impianto eolico. Ciò appare rilevante soprattutto se si considera l'inaspettata eterogeneità del mare profondo. È stato infatti visto come i fondali al di sotto dei 100 metri siano più eterogenei di quanto si fosse ipotizzato, essendo caratterizzati non solo da fondali molli, ma anche da una varietà di ambienti sensibili, vulnerabili e critici.

Tabella 1: Descrittori e criteri MSFD (2998/56/CE) per l'analisi e il monitoraggio degli impianti eolici offshore.

D1	Biodiversità	<p>Criterio 1.1 - Distribuzione delle specie</p> <p>Criterio 1.2 - Distribuzione ed estensione dell'habitat</p> <p>Criterio 1.3 - Struttura dell'ecosistema</p>
D2	Specie non-indigene	<p>Criterio 2.1 - Caratterizzazione delle specie non-indigene</p>
D4	Catene alimentari	<p>Criterio 4.1 - Diversità del livello trofico</p>
D5	Stato trofico	<p>Criterio 5.1 - Clorofilla a e nutrienti inorganici</p> <p>Criterio 5.2 - Trasparenza e ossigeno disciolto</p> <p>Criterio 5.3 - Condizione trofica dei sedimenti</p>
D6	Integrità del fondale	<p>Criterio 6.1 - Danno fisico</p> <p>Criterio 6.2 - Condizione della comunità bentonica</p>
D8	Concentrazione di contaminanti	<p>Criterio 8.1 - Concentrazione di contaminanti</p>
D9	Contaminanti in prodotti della pesca per il consumo	<p>Criterio 9.1 - Concentrazione di contaminanti nei tessuti commestibili</p>
D10	Rifiuti marini	<p>Criterio 10.1 - Rifiuti e micro-rifiuti</p>
D11	Introduzione di energia e rumore	<p>Criterio 11.1 e 11.2 - Suoni di origine antropica impulsivi e continui a bassa frequenza nell'acqua</p>

In considerazione di quanto detto sopra, nella progettazione di impianti eolici è opportuno tenere in considerazione i **descrittori e i criteri della MSFD (2008/56/CE)** per monitorare, gestire e utilizzare gli ecosistemi marini in modo sostenibile. In particolare, i descrittori 1, 2, 4, 5, 6, 8, 9 e 10 definiscono le condizioni ecologiche e biologiche degli habitat profondi e come la costruzione degli impianti eolici possa modificarli (*Tabella 1*). Le raccomandazioni delineate dalla MSFD dovrebbero anche essere tenute in considerazione per la raccolta di dati e informazioni mancanti sugli ambienti bentonici, con attenzione al punto (22) che sottolinea l'importanza della biodiversità e del potenziale di ricerca associati al benthos.

GLI IMPATTI DEGLI IMPIANTI EOLICI OFFSHORE SUL BENTHOS: MISURE DI PREVENZIONE, MITIGAZIONE E COMPENSAZIONE

La definizione delle misure di prevenzione e mitigazione deve essere inclusa nella fase di progettazione dell'impianto eolico offshore, e tali misure devono tenere conto della tipologia di impianto (tecnologie fisse o flottanti). I principi di mitigazione e prevenzione degli impatti al benthos devono essere applicati a **tutte le fasi di costruzione, funzionamento, mantenimento ed eventuale decommissioning dell'impianto** e devono essere specifiche per ogni fase. La composizione ambientale immediatamente intorno all'impianto è un altro fattore determinante per la definizione delle misure e, per questo motivo, è fondamentale raccogliere dati specifici sulla flora e fauna caratteristici del sito di interesse.

Come principio generale, e indipendentemente dalla tipologia di impianto eolico, tutte le misure di prevenzione e mitigazione devono includere dei provvedimenti per contenere la **torbidità** dell'acqua e per evitare o ridurre **l'inquinamento** dovuto alle acque di deflusso. Queste misure devono tenere conto delle caratteristiche oceanografiche della zona di riferimento, come direzione e intensità delle correnti, e sono soprattutto fondamentali nei casi in cui la comunità bentonica intorno al sito è caratterizzata da organismi filtratori. In aggiunta, è opportuno includere anche

misure atte a contenere e/o compensare gli impatti di potenziali incidenti alle macchine per il trasporto dei materiali e la costruzione dell'impianti, specialmente in prossimità di ambienti sensibili.

Gli impianti eolici offshore, sia fissi che flottanti, presentano altri due fattori chiave nella valutazione degli impatti e delle relative misure di mitigazione e prevenzione: **l'ancoraggio e il posizionamento delle condotte**.

L'entità dell'ancoraggio, e quindi dei danni al benthos, dipende non solo dalla tipologia di turbina, fissa o flottante, ma anche dalla tipologia di ancoraggio scelto soprattutto per le turbine fisse. Per questo motivo, è necessaria un'analisi dei rischi specifici per ciascun impianto in relazione alla porzione di benthos interessata dal sistema di ancoraggio.

Le condotte, al contrario, hanno un impatto analogo per tutte le tipologie di impianto eolico offshore. Per ogni impianto, è fondamentale analizzare la tipologia di tutta la porzione di fondale che i cavi devono attraversare, avendo cura di evitare habitat sensibili e VMEs. Qualora il tracciato delle condotte intercetti uno o più ambienti sensibili, sarebbe opportuno deviare il percorso. Questa operazione, pur comportando un potenziale allungamento del tracciato, andrebbe presa in considerazione anche a fronte di un certo aumento dei costi, adottando, quindi, una soluzione che equilibri la conservazione e il costo delle operazioni delle condotte. La traslocazione delle specie può essere presa in considerazione come soluzione alternativa, ma solo come soluzione estrema e in mancanza di altre opzioni di mitigazione.

Sia nel caso di impianti eolici fissi che flottanti, sono necessarie azioni mirate a ridurre i cambiamenti nella **composizione della comunità bentonica** nell'area interessata, sia a lungo che a breve termine. Alterazioni della comunità bentonica possono verificarsi a seguito di danno diretto e di (ri)colonizzazione della zona disturbata e delle strutture dell'impianto, e possono potenzialmente avere effetti a lungo termine e ad ampio raggio. Sono consigliati studi preliminari per valutare la probabilità e l'estensione di tali impatti (*Figura 1*).

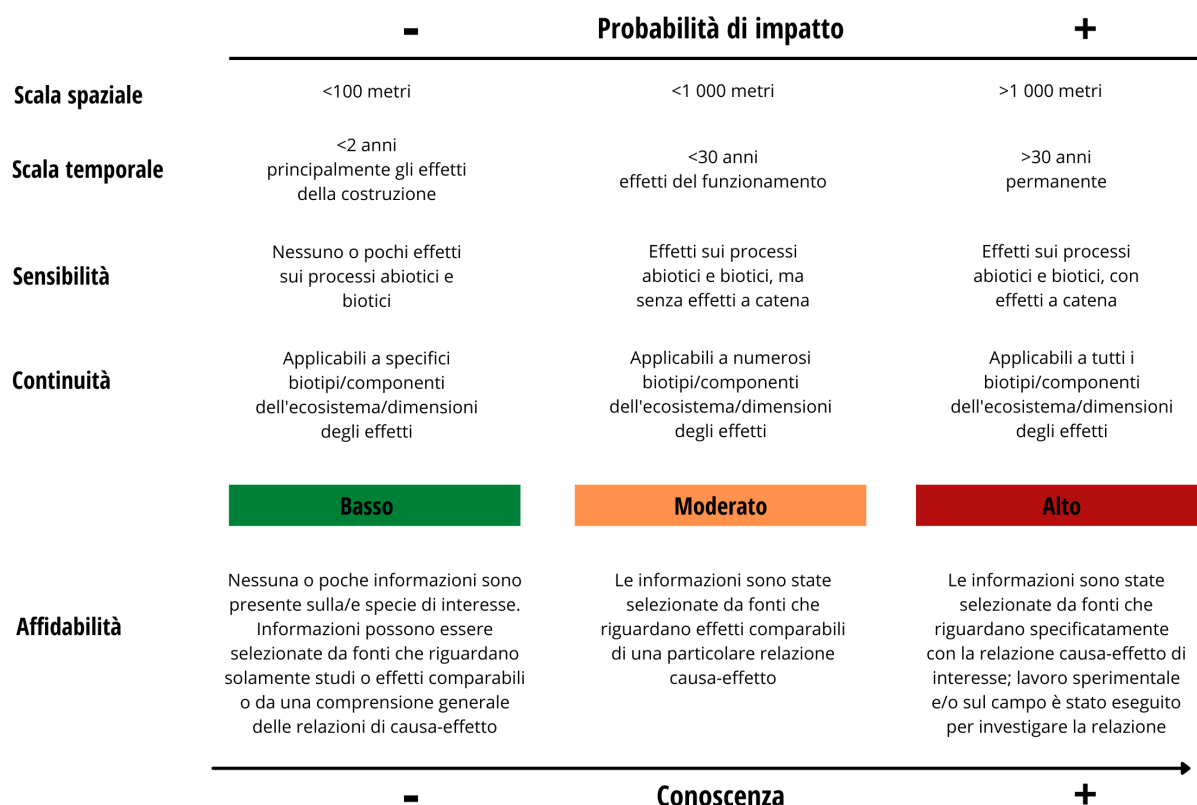


Figura 1: Criteri per l'assegnazione della probabilità di impatto associato alle strutture offshore sulle comunità bentoniche (tabella modificata da: Dannheim *et al.*, 2020).

Il danno diretto, oltre alla fase di costruzione degli impianti stessi (siano essi fissi e flottanti), può essere causato anche dai cavi di ancoraggio degli impianti flottanti. L'eventuale instabilità di questi cavi, infatti, può portare all'abrasione delle strutture bentoniche, oltre che a fenomeni di risospensione.

La (ri)colonizzazione da parte di organismi incrostanti dell'impianto eolico e dell'area disturbata può alterare profondamente la composizione della comunità locale. Le imbarcazioni impiegate per la costruzione e la manutenzione dell'impianto possono infatti essere **vettori di specie non-indigene** attraverso, per esempio, l'acqua di zavorra, l'incrostazione degli scafi (*biofouling*) e trasferimento di materiale (Dannheim *et al.*, 2020). Questo fenomeno è particolarmente significativo per gli impianti fissi, in quanto la struttura dell'impianto stesso offre una superficie maggiore per l'ancoraggio di organismi incrostanti.

Oltre alle soluzioni di prevenzione e mitigazione, la fase di progettazione di impianti eolici offshore può anche includere misure di **compensazione per danni intenzionali o accidentali alle comunità bentoniche**. Ciononostante, la presenza di tali misure di compensazione non deve incentivare la costruzione di impianti su o in prossimità di VMEs, inclusi coralligeno e le praterie di *Posidonia oceanica*. La compensazione include processi differenziati e delocalizzati rispetto al sito di costruzione dell'impianto eolico come, per esempio, il *replanting* e la traslocazione di specie bentoniche. La compensazione può interessare ambienti con estensione uguale o superiore a quella interessata dall'impianto eolico. In tutti i casi, e soprattutto qualora importanti strutture come coralligeno o altri biocostruttori siano coinvolti, è necessario motivare la scelta del sito per la costruzione dell'impianto e l'impossibilità di selezionare un'altra area, nonché motivare la scelta dell'area selezionata per il restauro ecologico. Quest'ultima, infatti, deve avere caratteristiche coerenti con le necessità biologiche ed ecologiche della specie in questione, e non deve compromettere la stabilità e l'equilibrio di altre comunità bentoniche. **La complessità della definizione delle misure di compensazione, nonché la difficoltà di prevederne i possibili impatti ecologici nei siti di destinazione, rendono queste soluzioni l'ultima risorsa per rimediare a un danno che non può essere evitato.**

Durante la fase di progettazione, nonostante la definizione delle misure di prevenzione, mitigazione e compensazione disponibili, può accadere che per determinati ambienti non sia possibile quantificare con precisione il rischio residuo della costruzione, funzionamento e mantenimento degli impianti eolici offshore sulle comunità bentoniche. È anche possibile che nessuna combinazione di queste misure riduca a un livello sostenibile gli impatti degli impianti eolici offshore. **Qualora dovesse verificarsi una di queste condizioni, nell'ottica di applicazione del principio precauzionale e di protezione di ambienti sensibili, lo sviluppo del progetto offshore non dovrebbe essere concesso** (WWF EPO, 2021).

IL DECOMMISSIONING DEGLI IMPIANTI

Gli impatti degli impianti eolici sulle comunità bentoniche devono essere valutati anche in caso di **decommissioning**, preparando un piano degli impatti della rimozione delle strutture e delle operazioni di ripristino ambientale che sono previste nell'area interessata. È tuttavia fondamentale sottolineare che il *decommissioning* non può essere imposto a un sito che può mantenere un assetto produttivo tramite *rewamping* o *repowering* della struttura, incluse migliorie progettuali intese a diminuire gli impatti ambientali della struttura.

Qualora il *decommissioning* sia ritenuto necessario, il piano degli impatti deve essere predisposto con almeno 2-3 anni di anticipo e, anche in base agli avanzamenti tecnici e allo sviluppo di nuove tecnologie, è consigliabile che venga aggiornato nel corso delle operazioni. Ogni piano deve sempre includere:

1. le modalità di rimozione delle strutture, con particolare riferimento alle soluzioni che verranno adottate per gli habitat creatisi alla base della struttura;
2. gli interventi di ripristino ambientale previsti per le aree modificate dall'installazione dell'impianto e quelle eventualmente danneggiate in fase di *decommissioning*;
3. pianificazione temporale e distribuzione delle risorse.

Nello specifico, gli interventi di ripristino ambientale possono includere sia il **ritorno dell'area interessata allo stato precedente alla costruzione dell'impianto**, che l'**individuazione di aree per il ripopolamento di habitat di interesse all'interno di parchi eolici**. Nel progetto di smantellamento, le basi delle strutture eoliche, se considerate idonee, possono essere lasciate *in situ* e messe a disposizione per il ripopolamento di organismi incrostanti. In tutti i casi, gli interventi di ripristino ambientale sono considerati un restauro ecologico, e devono pertanto essere eseguiti

seguendo i criteri e i metodi della *Restoration Ecology*, definiti dagli standard internazionali stabiliti dalla *Society for Ecological Restoration* (www.ser.org).

BIBLIOGRAFIA ALLEGATO III

Cerrano, C., Arillo, A., Bavestrello, G., Benatti, U., Calcinai, B., Cattaneo-Vietti, R., Cortesogno, L., Gaggero, L., Giovine, M., Puce, S., & Sarà, M. (1999). Organism–quartz interactions in structuring benthic communities: Towards a marine bio-mineralogy? *Ecology Letters* 2(1), 1-3.

Cochonat, P., Durr, S., Gunn, V., Herzig, P., Mevel, C., Mienert, J., Schneider, R., Weaver, P., & Winkler, A. (2007). *The Deep-Sea Frontier: Science Challenges for a Sustainable Future*. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 53 pp.

Dannheim, J., Bergstroöm, L., Birchenough, S. N. R., Brzana, R., Boon, A. R., Coolen, J. W. P., Dauvin, J.-C., De Mesel, I., Derweduwen, J., Gill, A. B., Hutchison, Z. L., Jackson, A. C., Janas, U., Martin, G., Raoux, A., Reubens, J., Rostin, L., Vanaverbeke, J., Wilding, T. A., Wilhelmsson, D., & Degraer, S. (2020). Benthic effects of offshore renewables: identification of knowledge gaps and urgently needed research. – *ICES Journal of Marine Science*, 77: 1092–1108.

Danovaro, R., Corinaldesi, C., D’Onghia, G., Galil, B., Gambi, C., Gooday, A.J., Lampadariou, N., Luna, G.M., Morigi, C., Olu, K., Polymenakou, P., Ramirez-Llodra, E., Sabbatini, A., Sardà, F., Sibuet, M., & Tselepides, A. (2010). Deep-sea biodiversity in the Mediterranean Sea: the known, the unknown, and the unknowable. *PLoS One* 5 (8), e11832.

FAO (2009). *International Guidelines for the Management of Deep-sea Fisheries in the High Seas*. Rome, 73pp.

FAO & GFCM (2017). *Report of the first meeting of the Working Group on Vulnerable Marine Ecosystems (WGVME)*. Scientific Advisory Committee on Fisheries (SAC), Malaga, Spain.

Gray, J.S. (1974). Animal-sediment relationships. *Oceanography and Marine Biology - An Annual Review* 12, 223-261.

Grehan, A., Armstrong, C., Bergstad, O., Edwards, A., Fouquet, Y., Herrera, J., Person, R., Pickrill, D., Skinner, A., Thomsen, L., & van den Hove, S. (2007). Sustainable use of deep-sea resources, pp. 38–43. In *The Deep-Sea Frontier: Science Challenges for a Sustainable Future*. P. Cochonat, S. Durr, V. Gunn, P. Herzig, C. Mevel, J. Mienert, R. Schneider, P. Weaver, and A. Winkler, eds, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

Manea, E., Bianchelli, S., Fanelli, E., Danovaro, R., & Gissi, E. (2020) *Towards an Ecosystem-Based Marine Spatial Planning in the deep Mediterranean Sea*. *Science of the Total Environment* 715, 136884.

Piante, C., & Ody, D. (2015). *Blue Growth in the Mediterranean Sea: The Challenge of Good Environmental Status*. MedTrends Project, WWF-France 192 pages.

Scardi, M., Crema, R., Di Dato, P., Fresi, E., & Orel, G. (2000). Benthic communities in the northern Adriatic: a preliminary analysis of the changes in their structures since the thirties, pp. 95-108. In: *Proceedings of the Conference on impact of trawl fishing on benthic communities Rome, 19th November 1999*. ICRAM (Ed.).

Snelgrove, P.V.R., (1997). The Importance of Marine Sediment Biodiversity in Ecosystem Processes *Ambio* Vol. 26, No. 8 (Dec., 1997), pp. 578-583.

Thrush, S.F., & Dayton, P.K. (2002). Disturbance to marine benthic habitats by trawling and dredging: Implications for marine biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 449-473.

UN (2016). Chapter 36F. Open Ocean Deep Sea. In: *First Global Integrated Marine Assessment (First World Ocean Assessment)*. http://www.un.org/depts/los/global_reporting/WOA_RegProcess.htm.

UNEP RAC/SPA (2003) *The coralligenous in the Mediterranean Sea*. By E. Ballesteros. RAC/SPA, Tunis; 87 pp.

UNEP/MAP-RAC/SPA (2015). *Adriatic Sea: Description of the ecology and identification of the areas that may deserve to be protected*. By Cerrano, C. Edited by Cebrian, D. and Requena, S., RAC/SPA, Tunis; 92 pp.

UNEP/MAP-SPA/RAC (2018). *SAP/RAC: SPA-BD Protocol - Annex II: List of endangered or threatened species*.

WWF European Policy Office (2021). *Nature protection and offshore renewable energy in the European Union, Position Paper*.

ALLEGATO IV

IMPATTI E MITIGAZIONE DELL'EOLICO OFFSHORE SU ALTRE SPECIE

IMPATTI SU PESCI ED ELASMOBRANCHI

L'installazione di parchi eolici offshore, siano essi fissi o flottanti, può portare a cambiamenti alle condizioni idrodinamiche, potenzialmente influenzando le comunità bentoniche ed ittiche (ICES, 2012). Gli effetti, che possono essere sia negativi (ad esempio con l'aumento della torbidità e conseguente soffocamento di taluni organismi) che positivi (ad esempio attraverso la creazione di habitat), devono essere valutati, studiati e monitorati nel tempo essendo sito-specifici.

Anche se gli impatti degli impianti eolici offshore non sono ancora ben compresi, sia lungo la colonna d'acqua che al di sopra di essa, è indubbio che le turbine possono disturbare e modificare i campi di vento nella zona in cui è presente l'impianto, diminuendone la velocità ed aumentandone la turbolenza. Questi cambiamenti possono comportare dunque dei cambiamenti anche al moto ondoso, causando sia fenomeni di *up-welling* che di *down-welling*, interessando un'area 10-20 volte più grande del parco eolico stesso, con possibili effetti a catena sull'ecosistema e la sua rete trofica (Boström *et al.*, 2019).

I cambiamenti nell'habitat bentonico e nelle condizioni idrodinamiche, oltre che la creazione di nuovi habitat associati al parco eolico offshore, hanno il potenziale di influenzare l'abbondanza delle specie e la composizione della comunità, di conseguenza influenzando le dinamiche preda-predatore intorno ad un parco eolico offshore operativo. Questo è probabilmente un rischio maggiore per gli impianti eolici fissi al substrato rispetto agli impianti flottanti. L'evidenza scientifica mostra che importanti cambiamenti alla struttura della comunità ittica e alle interazioni trofiche all'interno dell'ecosistema marino locale avvengono quando i pesci risultano attratti dal parco eolico e di conseguenza attirano altre specie, come uccelli e mammiferi marini, nell'area del parco eolico (Gill & Wilhelmsson, 2019; Bennun *et al.*, 2021).

Uno studio olandese ha riscontrato una maggiore attività delle focene nell'area operativa del parco eolico rispetto ad aree di riferimento al di fuori del parco eolico, il che è molto probabilmente legato alla maggiore disponibilità di cibo (per esempio alcune specie di pesci, come il merluzzo, sembrano trovare rifugio all'interno del parco eolico offshore), all'esclusione della pesca e alla riduzione del traffico navale (Lindeboom *et al.*, 2011).

Uno studio sui parchi eolici nella Baia della Senna, Francia ha mostrato che i livelli trofici più alti, compresi alcuni pesci, mammiferi marini e uccelli marini hanno risposto positivamente all'aggregazione di biomassa sulle strutture dei parchi eolici e che l'attività totale dell'ecosistema è aumentata dopo la costruzione del parco eolico (Raoux *et al.*, 2017). Tuttavia, gli effetti dei parchi eolici sulla rete trofica sono poco studiati e le informazioni attuali sono da considerarsi limitate. Pertanto, solo con un monitoraggio serio e a lungo termine si potrà stabilire quali siano i reali effetti ed impatti di un parco eolico offshore sulla rete trofica e le comunità influenzate dal progetto (Bennun *et al.*, 2021).

Gli effetti di barriera e di spostamento (Masden *et al.*, 2009; Humphreys *et al.*, 2015; Vallejo *et al.*, 2017) si verificano quando il parco eolico presenta un ostacolo ai movimenti regolari da e verso le zone di riproduzione o le rotte di migrazione, o dissuade le specie (come uccelli, mammiferi marini, pesci e tartarughe marine) dall'utilizzare regolarmente l'area del parco eolico.

Gli impatti dell'eolico offshore su pesci e molluschi possono includere sia effetti negativi che positivi (Langhammer *et al.*, 2018). La presenza di un parco eolico offshore può portare ad un aumento della complessità degli habitat che potrebbe influenzare positivamente alcune specie e comunità di pesci (Langhamer, 2012; Bergström *et al.*, 2013; Stenberg *et al.*, 2015). In modo simile, le turbine eoliche, sia quelle fisse che quelle galleggianti, possono agire come barriere artificiali e/o dispositivi di aggregazione dei pesci (Fayram & de Risi, 2007). Inoltre, gli impianti eolici offshore

possono creare zone di esclusione della pesca, portando ad una maggiore abbondanza e alla presenza di esemplari più grandi in alcune specie, comprese quelle sfruttate commercialmente (Degraer *et al.*, 2011; Lindeboom *et al.*, 2011; Reubens *et al.*, 2011).

Questo "**effetto riserva**" indiretto può portare ad un aumento delle biomasse locali, non solo per le specie commerciali, ma anche per l'intero ecosistema (Shields & Payne, 2014). D'altra parte, combinando l'eolico offshore con la pesca ci si può aspettare un aumento dei tassi di mortalità locale delle popolazioni di pesci, se una maggiore aggregazione vicino alle fondazioni delle turbine eoliche serve solo a migliorare i tassi di cattura (Reubens *et al.*, 2014). L'impatto relativo alle specie sfruttate commercialmente si riduce sulla loro distribuzione spaziale (Floeter *et al.*, 2017) e sullo stress da rumore ed emissione di campi elettromagnetici (Bennun *et al.*, 2021).

Tuttavia, ad oggi non sembrano esserci robuste ricerche scientifiche o prove sull'aumento della mortalità, sulla diminuzione della biomassa dei riproduttori o sull'aumento di malattie nelle popolazioni delle specie sfruttate commercialmente a causa dei parchi eolici offshore operativi, probabilmente perché ci sono pochi parchi eolici offshore già installati e sono uno sviluppo relativamente recente nell'ecosistema marino, con poco tempo per determinare tali potenziali effetti. Di conseguenza, questi effetti dovrebbero essere ulteriormente investigati, in quanto possono influenzare la crescita, la migrazione, la sopravvivenza e/o la capacità riproduttiva dei pesci sfruttati commercialmente (come ad esempio tonni, sardine, ricciole e sparidi) (Abramic *et al.*, 2018).

L'**inquinamento acustico** ha suscitato molta attenzione perché ha il potenziale di allontanare gli animali, interferire con il comportamento normale e, a livelli molto alti, causare danni fisici. Il rumore sottomarino, sia da fonti naturali che antropogeniche, può interferire con il modo in cui la vita marina riceve e invia segnali acustici (Abramic *et al.*, 2018).

L'impatto del rumore legato ai parchi eolici offshore può influire sulle popolazioni di pesci in diversi modi. Le forti emissioni di rumore dovute alla fase di costruzione, per esempio, possono avere un impatto sull'integrità fisiologica oltre che a livello comportamentale. Rimane ancora poco chiaro se a lungo termine il rumore costante derivante dal funzionamento dei parchi eolici possa influenzare le dinamiche della popolazione o la forma fisica degli individui. In generale, i diversi stadi di vita dei pesci (ossei) - uova, larve e adulti - devono essere considerati negli studi sull'impatto del rumore. Mentre i pesci adulti di molte specie possono allontanarsi da una fonte di rumore e tornare dopo che il disturbo è terminato, la maggior parte delle larve sono pelagiche, quindi fluttuanti nella colonna d'acqua, e quindi legate alle correnti d'acqua. Per maggiori informazioni, Andersson *et al.*, (2017) ha prodotto una review della letteratura esistente sui livelli di rumore misurati che causano lesioni (mortalità) o cambiamenti comportamentali di diverse specie di pesci (Defingou *et al.*, 2019).

Gli studi intrapresi per indagare l'impatto del rumore legato all'eolico offshore finora sono limitati alle specie delle acque temperate settentrionali in Europa, dove l'eolico offshore ha una storia più lunga che altrove. Tuttavia, i risultati ottenuti finora negli studi provenienti ad esempio dal Mare del Nord possono essere trasferiti in una certa misura al Mediterraneo, poiché ad esempio i pesci possono essere classificati in diversi gruppi uditivi in base alle loro caratteristiche anatomiche. La conoscenza attuale si basa su studi che si riferiscono al rumore di costruzione generato dalla palificazione di fondazioni fisse. Una ridotta attività di palificazione con l'installazione di turbine galleggianti può avere risposte diverse dei pesci durante la costruzione. Il senso dell'udito è ben sviluppato nei pesci, ma in contrasto con i mammiferi marini, i pesci possono registrare e rispondere al movimento delle particelle. Le specie senza vescica natatoria (ad esempio molte specie di pesci piatti, squali e razze) sono sensibili solo al movimento delle particelle, mentre altre sono influenzate dal movimento delle particelle e dalla pressione sonora (ad esempio il merluzzo, *Gadus morhua*). Alcune specie sono note come "specialisti dell'udito" (ad esempio l'aringa, *Clupea harengus*) e sono molto sensibili al rumore in una gamma di frequenze relativamente ampia (Huddleston, 2010). Fino ad oggi solo in 100 delle oltre 29.000 specie di pesci è stato testato l'udito. Pertanto, le dichiarazioni generalizzate devono essere prese con cautela. Tuttavia, lo spostamento temporaneo della soglia è stato dimostrato in alcuni pesci (per ulteriori informazioni sulle cause dello spostamento temporaneo della soglia e relative soglie per diverse specie si veda Popper *et al.*, (2014). Le alterazioni delle soglie uditive possono impedire ai pesci di raggiungere le zone di riproduzione, comunicare acusticamente o cercare il cibo.

Si sa poco sul mascheramento di segnali biologicamente importanti nei pesci da parte di fonti sonore indotte dall'uomo. E di fatto, ci sono pochi studi scientifici che indagano se il suono durante il funzionamento di un impianto eolico offshore o l'aumento del traffico navale associato durante la costruzione e funzionamento impedisca ai pesci di interagire con il loro ambiente. Un recente studio di PINE *et al.*, (2018) ha scoperto che il rumore delle navi inibisce il comportamento di evitamento dei predatori nei pesci e quindi porta a tassi di predazione più elevati, così come il rumore delle navi maschera i segnali di comunicazione dei pesci e diminuisce la distanza di comunicazione (Defingou *et al.*, 2019).

Le specie con una vescica natatoria possono essere direttamente danneggiate dalla pressione sonora (per esempio, associata al rumore di palificazione). Il cosiddetto **barotrauma** può far espandere e contrarre rapidamente la vescica natatoria, causando danni ai tessuti o gravi danni alla vescica stessa, causando la morte dell'animale (Popper *et al.*, 2014). Uno studio sul campo ha dimostrato che se i merluzzi si trovano nelle immediate vicinanze di un evento di palificazione (400m), il 40% dei pesci ha mostrato una rottura della vescica natatoria. Inoltre, gli individui fino a 100 m di distanza dall'evento di palificazione hanno mostrato un comportamento di nuoto anomalo (Defingou *et al.*, 2019). Inoltre, esperimenti di laboratorio (si veda ad esempio Mueller-Blenkle *et al.*, 2010) hanno studiato l'impatto del suono del palo sul comportamento dei pesci: merluzzi e sogliole (*Solea solea*) sono stati esposti a bassi livelli di pressione sonora (range: 140 - 161 dB re 1 μ Pa (picco)). Entrambe le specie hanno cercato di allontanarsi dalla fonte del suono. Evidenziando pertanto come il comportamento di nuoto fosse stato alterato. La velocità di nuoto della sogliola è aumentata fino alla fine della registrazione del rumore. Il merluzzo ha mostrato una reazione simile, ma più debole. Poiché la reazione era meno pronunciata dopo diverse esposizioni al suono, questo può indicare un certo tipo di assuefazione. Ad un livello di rumore paragonabile al rumore di palificazione a 750 m di distanza (con attenuazione del rumore \leq 160 db) le specie di calamari hanno mostrato risposte di stress cercando di fuggire dalla fonte di rumore, risposte di allarme ed espulsione di inchiostro (Weillgart, 2018). Probabilmente a causa di un'indagine sismica, sono stati segnalati spiaggiamenti di calamari giganti sulla costa atlantica della Spagna nel 2001. Gli animali soffrivano di danni interni e danni alle loro statocisti, che sono cruciali per l'orientamento (Weillgart, 2018; Defingou *et al.*, 2019), il che indica una certa sensibilità al rumore subacqueo nelle specie di cefalopodi.

Molti pesci e altri vertebrati marini possono rilevare i **campi elettromagnetici** (EMF, *Electromagnetic fields*) sottomarini, per esempio le specie che utilizzano i campi geomagnetici naturali della Terra per l'orientamento e la migrazione (cetacei, rettili, pesci ossei). Gli squali e le razze (e altri elasmobranchi) sono noti per essere fortemente elettrosensibili in quanto utilizzano l'elettro-recezione per localizzare i campi elettrici a bassissima frequenza prodotti dagli organismi. In un parco eolico operativo la fonte principale che emette campi elettromagnetici sono i cavi elettrici sottomarini che collegano l'eolico offshore con la costa per trasportare l'energia generata. Tuttavia, c'è una conoscenza limitata finora sugli impatti degli EMF prodotti dai cavi sottomarini in generale (Defingou *et al.*, 2019).

Gli studi suggeriscono che i pesci e altri organismi bentonici potrebbero essere influenzati a livello comportamentale e fisiologico dai campi elettromagnetici associati ai cavi dei parchi eolici. Questi effetti dipendono dal tipo di cavo, dalla potenza, dal tipo di corrente e dalla profondità di interrimento. Ad oggi, questo potenziale impatto è relativamente poco studiato (Taormina *et al.*, 2018; Bennun *et al.*, 2021). Le specie sensibili ai campi elettromagnetici provengono da molti taxa, ma c'è una scarsità di conoscenze su un numero limitato di specie, su come rispondono ai campi elettrici o magnetici di natura antropica rispetto ai campi bioelettrici/geomagnetici naturali (Perrow, 2019). Le specie sensibili includono quelle con una fase migratoria significativa, tra cui salmonidi e anguille, per le quali i campi elettromagnetici possono costituire una potenziale barriera al movimento (Gill & Wilhelmsson 2019) e quelle con elettro-recettori come squali, razze, storioni e lamprede (Bennun *et al.*, 2021).

I potenziali effetti vanno da un cambiamento a brevissimo termine della direzione di spostamento a effetti a più lungo termine, come il ritardo della migrazione a causa di un serio evitamento su larga scala (Gill & Barlett, 2012). Si presume che la risposta degli squali ai campi elettromagnetici comporti anche cambiamenti nel comportamento di nuoto (Tricas & Gill, 2011), ma essi potrebbero anche essere attratti dai campi elettromagnetici, ma finora non si sa se i campi elettromagnetici abbiano un impatto sull'uso dell'habitat, sul comportamento alimentare o sul successo riproduttivo delle specie di elasmobranchi. Un altro potenziale impatto associato alla trasmissione di elettricità attraverso cavi sottomarini è l'emissione di calore. Attualmente si pensa che l'effetto termico sia limitato a un piccolo raggio (cm) intorno al cavo (Boehlert & Gill, 2010). Rimane sconosciuto se questo cambiamento di temperatura avrà un impatto maggiore o sarà un fattore di stress per i pesci bentonici (Bennun *et al.*, 2021).

Il cambiamento della struttura del fondale marino attraverso la costruzione della fondazione e la posa dei cavi marini durante la costruzione degli impianti eolici offshore può avere gravi impatti sull'ambiente marino. Si presume che l'aumento della turbolenza, causato dalla dispersione dei sedimenti durante la costruzione, sia solo temporaneo e che non influenzi negativamente la fauna ittica a lungo termine (Defingou *et al.*, 2019).

I cicli di vita dei pesci possono essere piuttosto complessi, richiedendo habitat diversi a seconda della loro fase di vita. Ci sono specie pelagiche con uno stadio bentonico delle uova e molte specie bento-nectoniche passano la loro fase larvale in mare aperto. Quindi è importante considerare l'intero ciclo di vita dei pesci e non solo lo stadio adulto. Le praterie di fanerogame (come la *Posidonia oceanica*), per esempio, fungono da importanti zone di crescita per diverse specie di pesci, mentre lo stadio adulto si sposta verso la zona pelagica. Le costruzioni che hanno un impatto sulle praterie di fanerogame possono quindi portare a impatti negativi sulla popolazione di pesci pelagici. Uno studio pluriennale condotto sui parchi eolici offshore in Belgio ha mostrato che la densità e il numero di specie di pesci di

sedimenti molli non erano significativamente alterati 6 anni dopo la costruzione dell'impianto eolico offshore (Degraer *et al.*, 2017). Questo permette agli autori dello studio di indicare che l'ecosistema dei sedimenti molli tra le turbine (a distanza > 200 m) è paragonabile alle condizioni pre-costruzione in quanto le specie che originariamente abitavano il fondo sabbioso rimangono dominanti.

Singole specie sono cambiate in abbondanza. La passera di mare (*Pleuronectes platessa*) per esempio sembra essere attratta dall'impianto eolico offshore e alcune specie hanno modificato il loro comportamento alimentare. Hanno iniziato a usare prede solitamente associate a substrati duri (Defingou *et al.*, 2019).

Si tenga in considerazione tuttavia che le caratteristiche del Mediterraneo, rispetto a quelle del Mare del Nord e Baltico, sono completamente differenti.

IMPATTI SULLE TARTARUGHE MARINE

Gli impatti dei parchi eolici offshore sulle tartarughe marine sono poco conosciuti. Sulla base degli impatti noti di altri progetti e attività offshore, le tartarughe marine possono essere potenzialmente soggette a:

- Impatti del rumore durante la fase di costruzione;
- Impatti del traffico navale prima, durante e dopo la fase di costruzione;
- Campi elettromagnetici durante la fase di funzionamento;
- Impatti della luce artificiale prima, durante e dopo la fase di costruzione;
- Problemi di *entanglement* con eventuali reti fantasma rimaste incagliate ai cavi di ancoraggio (nel caso di eolico flottante).

Nonostante i crescenti livelli di rumore antropogenico in tutti gli oceani, ci sono pochi dati sulle capacità uditive delle tartarughe marine o su come potrebbero rispondere a livello comportamentale e fisiologico a **impatti acustici** potenzialmente dannosi, sui loro usi del suono e sulla loro vulnerabilità all'esposizione sonora. È stato quindi necessario estrapolare da altri gruppi animali e più precisamente, sulla base dell'anatomia, il campo uditivo delle tartarughe sembra avvicinarsi meglio a quello dei pesci che a quello di qualsiasi mammifero marino. In generale, il suono, alle intensità più elevate, può avere una gamma diversificata di effetti sull'animale. Il disturbo acustico derivante dalle attività di indagine sismica può portare all'interruzione dei normali comportamenti (come l'alimentazione o la riproduzione) e all'evitamento, portando allo spostamento dalla zona e all'esclusione dagli habitat critici (Defingou *et al.*, 2019); un effetto che, per esempio, è già stato documentato per diverse specie di cetacei, in particolare mysticeti (balene e balenottere), delfinidi e tartarughe marine. Inoltre, nei pesci e nei mammiferi marini sono state osservate risposte di allarme, come l'aumento della velocità di nuoto e l'alterazione della durata delle immersioni, che in casi estremi possono portare a danni fisici (e mortalità) come la malattia da decompressione e gli spiaggiamenti. Una riduzione della sensibilità uditiva può essere osservata a causa di danni agli organi e alle strutture uditive, come le cellule ciliate sensoriali. Il rumore può anche causare stress che a sua volta può portare a una funzione immunitaria depressa (Defingou *et al.*, 2019).

Le risposte osservate delle tartarughe marine ai segnali a bassa frequenza includono: comportamento agitato, movimenti bruschi del corpo, risposte di allarme, cambiamenti nei modelli di nuoto e nell'orientamento. L'esposizione prolungata potrebbe potenzialmente influenzare le tartarughe marine incoraggiando comportamenti di evitamento, aumentando i livelli di stress e aggressività, causando danni fisiologici all'apparato uditivo, alterando i tassi di emersione o di immersione o confondendo i segnali di orientamento (Defingou *et al.*, 2019).

Nelle aree in cui il **traffico marittimo** è intenso, le lesioni da elica e da collisione sono comuni per la fauna marina. Le tartarughe marine che stanno vicino alla superficie del mare per crogiolarsi, accoppiarsi o respirare sono vulnerabili alle collisioni con le barche o ad essere colpite dalle eliche. La collisione tra imbarcazioni contribuisce alla mortalità e alla mutilazione delle tartarughe marine. Una maggiore velocità dell'imbarcazione aumenta la probabilità che le tartarughe non riescano a fuggire dall'imbarcazione che si avvicina (la maggior parte delle tartarughe marine colpite dalle barche non sopravvivono). Le tartarughe giovani sono molto vigili e quindi hanno meno probabilità di essere colpite dalle imbarcazioni. Molte tartarughe marine che subiscono gravi traumi, come la collisione con una barca, hanno problemi di controllo del galleggiamento a causa delle loro ferite. C'è anche un rischio per le tartarughe marine a causa del disturbo causato dai movimenti delle imbarcazioni associati alle attività di rilevamento, installazione e manutenzione.

Come è ben noto, le tartarughe marine sono altamente migratorie e, a seconda della fase di vita, possono trovarsi in acque costiere o oceaniche, o semplicemente in transito tra queste ultime. Gli studi sulle tartarughe marine suggeriscono che questi animali utilizzano la sensibilità geomagnetica (oltre ad altri indizi non magnetici) per l'orientamento, la navigazione e la migrazione (Lohmann *et al.*, 2008; Defingou *et al.*, 2019), evidenziando di conseguenza una spiccata sensibilità ai **campi elettromagnetici**. Più specificamente, gli studi hanno documentato la capacità delle tartarughe di utilizzare il campo magnetico terrestre per l'orientamento di tipo bussola (cioè direzionale, ossia per mantenere la traiettoria in una particolare direzione), e quello più complesso di tipo mappa (cioè posizionale, ossia per valutare la posizione rispetto ad una specifica posizione geografica). I meccanismi delle capacità sensoriali delle tartarughe marine sono poco conosciuti e ad oggi le conclusioni sugli effetti dei campi magnetici dei cavi elettrici sono ancora ipotetiche in quanto non è noto come le tartarughe marine rilevino o elaborino le fluttuazioni del campo magnetico terrestre (Defingou *et al.*, 2019).

La portata degli effetti della **luce artificiale** della costruzione e del funzionamento dei parchi eolici offshore sulle tartarughe marine è altamente sconosciuta. Le fonti di luce artificiale relative ai parchi eolici offshore comprendono principalmente la luce proveniente da navi, porti e piattaforme offshore. La luce artificiale è nota per avere effetti dannosi sull'ecologia delle tartarughe marine, in particolare nella fase di schiusa, quando emergono dai nidi sulle spiagge natali e si dirigono verso il mare. In condizioni naturali le tartarughe si schiudono prevalentemente di notte (anche se si verificano alcune emergenze al mattino presto e nel tardo pomeriggio). Dopo la schiusa mostrano un orientamento innato e ben diretto verso l'acqua, basandosi principalmente su spunti di luce che le attraggono verso l'orizzonte più luminoso sopra il mare (Defingou *et al.*, 2019).

È quindi importante progettare l'illuminazione per gestire (evitare e minimizzare) gli impatti. Un esempio utile si trova nelle linee guida australiane per la progettazione delle migliori pratiche di illuminazione (Tethys, 2020), che raccomandano di gestire al meglio l'aspetto legato alla luce artificiale per evitare e ridurre al minimo il disturbo delle specie o il loro spostamento da habitat importanti (Bennun *et al.*, 2021).

CONCLUSIONI

I rischi legati agli impatti potenziali dello sviluppo di parchi eolici offshore (fissi e flottanti) sulle comunità di pesci, elasmobranchi e tartarughe marine è sicuramente meno studiato rispetto ad altri gruppi come cetacei e uccelli. La maggior parte della letteratura disponibile proviene dal Mare del Nord e dal Mar Baltico, dove queste tecnologie sono molto più sviluppate. Tuttavia, le caratteristiche che contraddistinguono il Mediterraneo sono completamente diverse rispetto ai due mari sopraccitati, sia per batimetrie che conformazioni geologiche sia per tipi di comunità, habitat e specie presenti.

Il settore dell'eolico offshore in Mediterraneo non è ancora sviluppato. Ne consegue che manchi l'esperienza per determinare in anticipo gli impatti che tali tecnologie potrebbero avere su un mare, il Mediterraneo, già fortemente antropizzato e sovrasfruttato. A maggior ragione quindi assume un ruolo di estrema importanza che la pianificazione di questi impianti avvenga non solo attraverso una rigorosa selezione del sito ma anche con una attenzione nel pianificare le varie fasi del ciclo di vita di un impianto eolico offshore. Un serio monitoraggio pre-costruzione, durante e post-vita dell'impianto risulta essere di fondamentale importanza per sviluppare una tecnologia necessaria ad una transizione energetica che sia realmente sostenibile e al minor costo possibile per l'ambiente marino che la ospita.

BIBLIOGRAFIA ALLEGATO IV

Abramic, A; Norton, C; Haroun, R. 2018. Finding the Balance of Blue Growth Sustainable Development within Ecosystem Approach (2.1.1 c&d). Analysis of the Offshore Wind Industry in Macaronesia under MSFD. University of Las Palmas de Gran Canaria; Dublin Institute of Technology. Report prepared as part of the PLASMAR Project (co-financed by ERDF as part of POMAC 2014-2020). IU-ECOQUA, Univ. Las Palmas de Gran Canaria. 59 pp.

Andersson, M.H., Öhman, M.C., 2010. Fish and sessile assemblages associated with wind-turbine constructions in the Baltic Sea. *Mar. Freshw. Res.* 61, 642–650.

Bennun, L., van Bochove, J., Ng, C., Fletcher, C., Wilson, D., Phair, N., Carbone, G. (2021). Mitigating biodiversity impacts associated with solar and wind energy development. Guidelines for project developers. Gland, Switzerland: IUCN and Cambridge, UK: The Biodiversity Consultancy.

Bergström, L., Sundqvist, F. and Bergström, U. (2013). 'Effects of an offshore wind farm on temporal and spatial patterns in the demersal fish community'. *Marine Ecology Progress Series* 485: 199–210. Available at: <https://doi.org/10.3354/meps10344>.

Boehlert, George W., and Andrew B. Gill. "Environmental and ecological effects of ocean renewable energy development: a current synthesis." *Oceanography* 23.2 (2010): 68-81.

Boström, G., Ludwig, E., Schneehorst, A. and Pohlmann, T. (2019). 'Volume 3 Offshore: Potential Effects, Chapter 3: Atmosphere and ocean dynamics'. In: *Wildlife and wind farms, conflicts and solutions*, Pelagic Publishing.

Defingou M; Bils F, Horchler B, Liesenjohann T & Nehls G (2019): PHAROS4MPAs- A REVIEW OF SOLUTIONS TO AVOID AND MITIGATE ENVIRONMENTAL IMPACTS OF OFFSHORE WINDFARMS. BioConsult SH on behalf of WWF France, p.264.

Degraer, S., R. Brabant, B. Rumes, (Eds.). 2011. Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Selected findings from the baseline and targeted monitoring, Royal Belgian Institute of Natural Sciences. Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine Ecosystem Management Unit, Brussels.

Fayram, A.H., de Risi, A., 2007. The potential compatibility of offshore wind power and fisheries: An example using bluefin tuna in the Adriatic Sea. *Ocean Coast. Manag.* 50, 597–605.

FLOETER, J., VAN BEUSEKOM, J. E. E., AUCH, D., CALLIES, U., CARPENTER, J., DUDECK, T., EBERLE, S., ECKHARDT, A., GLOE, D., HÄNSELNANN, K., HUFNAGL, M., JANßEN, S., LENHART, H., MÖLLER, K. O., NORTH, R. P., POHLMANN, T., RIETHMÜLLER, R., SCHULZ, S., SPREIZENBARTH, S., TEMMING, A., WALTER, B., ZIELINSKI, O. & MÖLLMANN, C. (2017): Pelagic effects of offshore wind farm foundations in the stratified North Sea. *Progress in Oceanography* 156, S: 154–173. ISSN: 00796611.

Gill, A.B. and Wilhelmsson, D. (2019). 'Fish'. In: *Wildlife and Wind Farms, Conflicts and Solutions, Volume 3 Offshore: Potential Effects, Chapter 5*,. Exeter, UK: Pelagic Publishing.

Gill, A.B., Bartlett, M., Thomsen, F., 2012. Potential interactions between diadromous fishes of U.K. conservation importance and the electromagnetic fields and subsea noise from marine renewable energy developments. *J. Fish Biol.* 81, 664–695.

Humphreys, E.M., Cook, A.S.C.P. and Burton, N.H.K. (2015). Collision, Displacement and Barrier Effect Concept Note (No. BTO Research Report No. 669). Norfolk, United Kingdom: British Trust for Ornithology. British Trust for Ornithology. Available at: https://www.bto.org/sites/default/files/shared_documents/publications/researchreports/2015/rr669.pdf.

Langhamer, O. (2012). 'Artificial Reef Effect in relation to Offshore Renewable Energy Conversion: State of the Art'. *The Scientific World Journal* 2012: 386713. Available at: <https://doi.org/10.1100/2012/386713>.

Langhamer, O., Dahlgren, T.G., Rosenqvist, G., 2018. Effect of an offshore wind farm on the viviparous eelpout: Biometrics, brood development and population studies in Lillgrund, Sweden. *Ecol. Indic.* 84, 1–6.

Lindeboom, H.J., Kouwenhoven, H.J., Bergman, M.J.N., Bouma, S., Brasseur, S.M.J.M., Daan, R., van Hal, R., Lambers, R.H.R., ter Hofstede, R., Leopold, M.F., Scheidat, M. (2011). 'Short-term ecological effects of an offshore wind farm in the Dutch coastal zone; a compilation'. *Environmental Research Letters* 6(3): 035101. Available at: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/6/3/035101>.

Masden, E.A., McCluskie, A., Owen, E. and Langston, R.H.W. (2015). 'Renewable energy developments in an uncertain world: The case of offshore wind and birds in the UK'. *Marine Policy* 51: 169–172. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2014.08.006>.

Mueller-Blenkle, Christina, et al. "Effects of pile-driving noise on the behaviour of marine fish." (2010).

Perrow, M.R. (2019). 'A synthesis of effects and impacts'. In: *Wildlife and Wind Farms, Conflicts and Solutions, Volume 3 Offshore: Potential Effects*, Chapter 10.,. Pelagic Publishing.

Popper, A.N., Hawkins, A.D., Fay, R.R., Mann, D., Bartol, S., Carlson, T.J., Coombs, S., Ellison, W.T., Gentry, R., Halvorsen, M.B., Løkkeborg, S., Rogers, P.H., Southall, B.L., Zeddies, D.G. and Tavolga, W.M. (2014). *ASA S3/SC1.4 TR-2014 Sound Exposure Guidelines for Fishes and Sea Turtles: A Technical Report prepared by ANSI-Accredited Standards Committee S3/SC1 and registered with ANSI (1st ed.)*. Cham, Switzerland: Springer International Publishing. Available at: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-06659-2>.

Raoux, A., Tecchio, S., Pezy, J.P., Lassalle, G., Degraer, S., Wilhelmsson, D., Cachera, M., Ernande, B., La Guen, C., Haraldsson, M., Grangeré, K., Le Loc'h, F., Claude, J.C., Dauvin and Niquila, N. (2017). 'Benthic and fish aggregation inside an offshore wind farm: Which effects on the trophic web functioning?'. *Ecological Indicators* 72: 33–46. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.07.037>.

Reubens, J. T., Steven Degraer, and Magda Vincx. "The ecology of benthopelagic fishes at offshore wind farms: a synthesis of 4 years of research." *Hydrobiologia* 727.1 (2014): 121-136.

Reubens, J.T., Degraer, S., Vincx, M., 2011. Aggregation and feeding behaviour of pouting (*Trisopterus luscus*) at wind turbines in the Belgian part of the North Sea. *Fish. Res.* 108, 223–227.

Shields, M.A., A.I.L. Payne. 2014. *Marine Renewable Energy Technology and Environmental Interactions, Humanity and the Sea*. Springer Sciences (2014), p. 176.

Stenberg, C., Støttrup, J., van Deurs, M., Berg, C., Dinesen, G., Mosegaard, H., Grome, T., Leonhard, S., 2015. Long-term effects of an offshore wind farm in the North Sea on fish communities. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 528, 257–265.

Taormina, B., Bald, J., Want, A., Thouzeau, G., Lejart, M., Desroy, N. and Carlier, A. (2018). 'A review of potential impacts of submarine power cables on the marine environment: Knowledge gaps, recommendations and future directions'. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 96: 380–391. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.07.026>.

Tethys (2020). 'Reptiles'. Tethys [website]. Available at: <https://tethys.pnnl.gov/receptor/reptiles>.

Tricas, T. and Gill, A. (2011). *Effects of EMFs from Undersea Power Cables on Elasmobranchs and Other Marine Species. [Final Report]*. Camarillo, CA, USA: partment of the Interior, Bureau of Ocean Energy Management, Regulation, and Enforcement, Pacific OCS Region. partment of the Interior, Bureau of Ocean Energy Management, Regulation, and Enforcement, Pacific OCS Region. Available at: <https://epis.boem.gov/final%20reports/5115.pdf>.

Vallejo, G.C., Grellier, K., Nelson, E.J., McGregor, R.M., Canning, S.J., Caryl, F.M. and McLean, N. (2017). 'Responses of two marine top predators to an offshore wind farm'. *Ecology and Evolution* 7(21): 8698–8708. Available at: <https://doi.org/10.1002/ece3.3389>.

Weilgart, L. (2018). 'The impact of ocean noise pollution on fish and invertebrates'. Wädenswil, Switzerland: OceanCare.



Autori

Andrea Zanella e Massimiliano Varriale

Coordinamento

Giulia Prato e Mariagrazia Midulla

Contributi Tecnici

Gianluca Catullo, Fabrizio Bulgarini, Laura Pintore,
Alessandra Sellini, Carlo Cerrano, Andrea Zanella

Contatti

Andrea Zanella: a.zanella@wwf.it

Massimiliano Varriale: m.varriale@wwf.it

© WWF Italia / Global Ocean Practice AODocs



Working to sustain the natural world for the benefit of people and wildlife.

together possible. panda.org

WWF® and ©1986 Panda Symbol are owned by WWF. All rights reserved.

WWF, 28 rue Mauverney, 1196 Gland, Switzerland. Tel. +41 22 364 9111

CH-550.0.128.920-7