

ANALISI COSTI-BENEFICI

Impianto Eolico “Sassari” - 28 MW

Comune di Sassari - localita Campanedda | Sassari Eolica S.r.l.

Edizione integrata e corretta

*Testo originale dell'ACB con analisi finanziaria (VAN-F / TIR-F / DSCR) e riconciliazione dei
dati di Business Plan*

Ph.D. Vincenzo Satta - Dottore agronomo e ingegnere ambientale

Nota all'edizione integrata

Il presente documento riunisce in un unico elaborato il testo integrale dell'Analisi Costi-Benefici (ACB) dell'impianto eolico "Sassari" e le integrazioni di natura economico-finanziaria necessarie a soddisfare pienamente la Richiesta n. 6 del PAUR, che imponeva il calcolo degli indicatori sia in sede di analisi finanziaria (VAN-F, TIR-F) sia in sede di analisi economica (VAN-E, TIR-E).

Rispetto all'edizione precedente sono stati: (i) adottati dati di progetto unici e coerenti (28 MW / 66.100 MWh) in tutto il documento; (ii) inserita una sezione di analisi finanziaria completa (capitolo 9.3-9.5), in precedenza assente; (iii) corretta la trattazione del Tasso Interno di Rendimento; (iv) riconciliati prezzo dell'energia, misure compensative e ricadute occupazionali. Le modifiche puntuali sono evidenziate nel testo da apposite "Note di revisione"; il quadro completo è riportato al capitolo 12.

Nota di revisione (edizione integrata). *Le figure, le mappe e le fotografie presenti nell'ACB originale non sono riprodotte in questa edizione di testo; restano valide quelle dell'elaborato grafico originale.*

1. PREMESSA

Il presente documento “Analisi Costi Benefici”, di seguito anche “ACB” si riferisce al progetto di Parco Eolico Sassari composto da n. 5 aerogeneratori di potenza 5,6MW cadauno e potenza complessiva pari a 28 MW in agro al Comune di Sassari, località Campanedda” del Proponente Sassari Eolica S.r.l.

E' stato redatto in risposta alla Richiesta n° 6 del documento “ Richiesta integrazioni formulate dagli Enti a seguito della Conferenza dei Servizi in data 25 gennaio 2024 Provvedimento Ambientale Unico Regionale (P.A.U.R.), L.R. n. 2/2021 e Delib.G.R. n. 11/75 del 2021. N. Reg. PAUR 06/23. Richiesta integrazioni ” e di seguito riportate:

Richiesta n. 6 omissis ...

6.6.1 al fine di valutare la desiderabilità sociale dell'investimento si dovrà provvedere a svolgere l'analisi costi benefici con la metodologia dei flussi di cassa periodici, calcolando gli indicatori di risultato Valore Attuale Netto e Tasso di Rendimento sia in sede di analisi finanziaria (V.A.N.F. -T.R.F.) che in ambito di analisi economica (V.A.N.E., T.R.E.). A tal fine si suggeriscono le seguenti fonti, metodologie, guide e criteri:

..... omissis ...

L'ACB è stata svolta secondo la metodologia dei flussi di cassa periodici, tenendo in considerazione i contenuti a) dell'Allegato III Regolamento di Esecuzione (UE) 2015/207 della Commissione, G.U.E. L38 del 13.2.2015; Guida all'analisi costi -benefici dei progetti d'investimento, Strumento di valutazione economica per la politica di coesione 2014 -2020, b) del documento «Mappatura e valutazione dell'impatto del consumo di suolo sui servizi ecosistemici: proposte metodologiche per il Rapporto sul consumo di suolo» (I.S.P.R.A. 2018).

2. SCOPO

La presente relazione riporta l'analisi dei costi derivanti dalla costruzione dell'impianto eolico Sassari e dei benefici che produrrà generando energia elettrica da fonte rinnovabile, quale la fonte eolica.

L'Analisi Costi -Benefici è un metodo di valutazione a priori applicato sia nel campo delle scelte di investimento pubbliche che per progetti di natura privatistica per la valutazione di una scelta strategica di politica economico – industriale che permette di valutare se il singolo progetto imprenditoriale è economicamente conveniente e socialmente desiderabile, condizione che si verifica quando il totale dei benefici ad esso associati supera il totale dei costi. La comparazione tra diverse alternative progettuali o di convenienza permette la valutazione della convenienza globale della scelta ritenuta ottimale e applicabile.

Il tema della valutazione di investimenti pubblici tanto rilevanti, obbliga all'assunzione di un atteggiamento on the safe side, vale a dire tale da certificare l'effettiva fattibilità del progetto in esame con sufficiente robustezza.

Questo significa, in particolare, dover adottare assunzioni prudenti, cautelative per tutti i valori e i parametri che non possono essere oggetto di stime certe e sicure; simmetricamente, una valutazione negativa deve essere espressa assumendo valori e parametri "in favore" del progetto analizzato.

L'ACB si intende quindi l'insieme di tecniche di valutazione di progetti di investimento basate sulla valutazione, il calcolo e il confronto di tutti i costi e i benefici direttamente e indirettamente ricollegabili all'investimento stesso.

In particolare, considerando costi e benefici diretti, devono essere valutate anche le cd. "esternalità" ossia i costi associati all'utilizzo di una fonte di energia e alla sua trasformazione in un prodotto energetico, che ricadono sulla collettività e che non sono sostenuti dal proprietario dell'impianto.

La valutazione delle esternalità non è reperibile in un mercato internazionale e quindi deve essere fatta una valutazione indiretta e la quantificazione economica facendo riferimento a valutazioni reperibili in letteratura.

3. LAYOUT DEL PARCO EOLICO SASSARI

Il parco eolico di Sassari prevede la collocazione e la messa in esercizio di:

- n° 5 aerogeneratori con potenza unitaria di 5,6 MW, per una potenza complessiva di impianto di 28 MW con relativa piazzola di servizio;
- il sistema di trasporto dell'energia in MT tra gli aerogeneratori in cavidotti interrati in Media Tensione con collegamento a 36kV partendo dalla cabina utente 36 kV ubicata nei pressi dell'aerogeneratore 4 e arrivando alla Stazione Elettrica di Trasformazione della RTN 150/36kV denominata " Fiumesanto 2" . Il progetto di tale Stazione Elettrica è in carico del produttore ENERLAND - Energia Pulita Italiana S.r.l .
- Nello specifico la soluzione tecnica minima generale indicata da TERNA per la connessione dell'impianto eolico Sassari alla RTN per una potenza in immissione pari a 28 MW prevede, come indicato nella lettera P20220091076 -18.10.2022, che il Parco Eolico venga collegato in antenna a 36 kV sulla sezione a 36 kV della futura Stazione Elettrica (SE) a 150/36 kV della RTN da inserire in entra – esce alle linee esistenti della RTN a 150 kV n, 342 e 343 "Fiumesanto – Porto Torres " e alla futura linea 150 kV "Fiumes anto – Porto Torres " di cui al Piano di Sviluppo ➤ n° 1 realizzazione della Stazione Elettrica di Trasformazione della RTN 150/36kV nel Comune di Sassari (SS), in località Campanedda ;

La viabilità interna all'impianto servirà fundamentalmente per i collegamenti tra le piazzole degli aerogeneratori, e la Stazione Elettrica "Fiumesanto 2" di prossima costruzione .

Il sistema così concepito permette di sfruttare in larga parte la viabilità esistente per accedere alle zone omogenee del sito, mentre la viabilità interna, mediante innesti o in prolungamento dell'esistente, consentirà di arrivare in prossimità del punto di installazione degli aerogeneratori .

Gli interventi sulla viabilità secondaria sono al quanto ridotti, per le caratteristiche del tracciato e per l'uso di sistemi idonei per il trasporto dei componenti con Blade Lifter, lade Lifter è un sistema speciale utilizzato per il trasporto/spostamento di turbine eoliche. Si compone di un sollevatore idraulico che consente di alzare la lama del vento fino a circa 60°, garantendo considerevoli/notevoli risparmi sulle opere civili, soprattutto nelle aree montuose dove è necessario realizzare importanti lavori di sterro per raggiungere il cantiere/parco eolico. Il mezzo è configurato su di una SPMT a 8 assi e con una portata di 500 t/m.



Fig. 1: Layout del Parco eolico Sassari su ortofoto – area di cantiere in colore viola

3.1. LA METODOLOGIA DI VALUTAZIONE APPLICATA

La metodologia adottata, del tipo costi -benefici sociali, sostanzialmente si basa sulla migliori prassi internazionale, se pur semplificata.

L'analisi economica valuta il contributo di un progetto al benessere economico complessivo, alla redditività dei capitali impiegati. Lo scopo dell'analisi è quello di stabilire se la società nel suo complesso stia meglio con o senza il progetto.

La regola dell'analisi economica è che un investimento, per essere realizzato, debba essere vantaggioso per la collettività, ovvero di acquisire entrate monetarie a vantaggio dell'amministrazione interessata; il che significa che i benefici ottenibili per la collettività devono essere più grandi dei costi sostenuti.

La funzione di benessere collettivo sarà la discriminante che consentirà di decidere se attuare (o finanziare) un progetto o quale alternativa progettuale realizzare.

L'analisi economica differisce da quella finanziaria, che ha l'obiettivo di misurare il valore «sociale» di un progetto. Per la valutazione del valore sociale di un progetto, è importante considerare sia i vantaggi che gli svantaggi per tutte le parti coinvolte (in particolare gli utenti e i contribuenti) e non solo quelli relativi ai promotori dell'investimento, considerando le tipiche variabili che influenzano direttamente la funzione del profitto (flusso di ricavi e dei costi).

L'investimento pubblico viene intrapreso soprattutto per assicurare un incremento di reddito (o benessere) a favore della collettività.

Per il progetto di parco eolico Sassari l'approccio da seguire è quello dell'analisi economica e la massima rilevanza è data dagli effetti ambientali associati all'intervento in progetto.

I parametri che saranno presi in considerazione per la valutazione economica del progetto del parco eolico Sassari sono il Valore Attuale Netto (VAN) e il Tasso Interno di Rendimento (TIR) descritti nei capitoli 5.1. e 5.2.

È considerazione diffusa che, sebbene l'energia da fonte eolica e le altre energie da fonti rinnovabili presentino degli indubbi benefici ambientali al confronto con le altre fonti tradizionali di produzione di energia elettrica (gas, petrolio e carbone), tali benefici non si riflettano pienamente nel prezzo di mercato dell'energia elettrica, ovvero i beni ambientali sfuggono alla logica di mercato e, pertanto, il loro valore non può essere determinato attraverso l'analisi tradizionale delle curve di domanda ed offerta.

In realtà i notevoli miglioramenti tecnologici intercorsi negli ultimi anni sia a livello di prestazioni energetiche che di processi produttivi, hanno permesso il raggiungimento di un costo dell'energia elettrica prodotta estremamente minore rispetto al recente passato, condizione che, di fatto, permette di annoverare tale tipologia di impianti tra quelle più efficienti dal punto di vista energetico.

Allo stesso tempo, anche i costi ambientali non rientrano nel prezzo di mercato e pertanto non ricadono sui produttori e sui consumatori, ma vengono globalmente imposti alla società. Tali costi possono essere tutt'altro che trascurabili e vanno identificati e stimati in ogni progetto.

La teoria alla base dell'Analisi economica costi -benefici (ACB) è stata sviluppata principalmente nel corso degli ultimi 50 anni, nasce dalla necessità dell'operatore pubblico di dotarsi di uno strumento di calcolo per orientare le proprie scelte di intervento, poiché la stessa basa il proprio giudizio di opportunità anche su criteri sociali, l'ACB è in fase di crescente applicazione nei processi decisionali riguardanti la valutazione degli impatti ambientali afferenti iniziative progettuali in campo pubblico e/o privato.

L'ACB è quindi un metodo sistematico per la valutazione dell'impatto globale dell'azione delle imprese, del settore pubblico, del settore no profit, ai fini di un'analisi di medio -lungo periodo degli effetti diretti, indiretti e collaterali.

Al fine di contribuire al processo decisionale concernente il proposto progetto del l'Impianto eolico Sassari.

quanto segue si propone, pertanto, di introdurre nella valutazione ambientale gli interessi degli interlocutori sociali, attraverso la stima di quelle che sono le principali esternalità positive e negative associate all'iniziativa, come più oltre definite e individuate.

Lo studio considera l'istante iniziale (anno zero) coincidente con l'inizio del funzionamento del Parco eolico Sassari e una vita utile dell'impianto di 30 anni.

Il progetto sarà considerato "utile socialmente" quando il valore aggiunto prodotto (V_a) sommato alle economie esterne prodotte (E_e) e al maggior benessere sociale (B_s) avrà un valore superiore ai costi di produzione del servizio (C_s) sommato alle diseconomie esterne (D_e) e al disagio sociale (D_s), in formula:

$$V_a + E_e + B_s > C_s + D_e + D_s$$

3.1.1. Il concetto di esternalità nel settore energetico

La corretta valutazione dei risultati di un progetto di investimento, realizzato in un'ottica collettivistica presuppone la considerazione di tutti gli effetti da esso prodotti quindi anche di quelli che, seppure di natura involontaria, ricadono su individui o imprese esterne rispetto alla sfera di interessi di chi realizza il progetto, si parla a questo proposito di esternalità, le quali possono essere positive o negative, facendo riferimento ai benefici o costi apportati verso l'esterno all'effettiva attività svolta.

Al fine di contribuire al processo decisionale concernente il progetto di parco eolico Sassari, quanto segue si propone di introdurre nella valutazione ambientale gli interessi degli interlocutori sociali, attraverso la valutazione dei principali costi e benefici, ovvero delle principali esternalità positive e negative associate all'iniziativa, come più oltre definite e individuate.

Non essendo ancora state consolidate delle metodologie di valutazione delle “esternalità” ambientali connesse agli impianti eolici, ovvero l'identificazione degli impatti più significativi e la relativa quantificazione economica, la presente ACB rappresenta il contributo analitico - conoscitivo alla valutazione di impatto complessiva e non come una sintesi della valutazione stessa, più diffusamente articolata e sviluppata nei restanti documenti dello Studio di Impatto Ambientale.

4. LA DEFINIZIONE DELLE ESTERNALITA' (I COSTI) E DEI BENEFICI

La realizzazione di un progetto produce generalmente degli effetti economici esogeni al sistema dei prezzi che devono tuttavia essere considerati nell'analisi costi -benefici. Tali effetti, chiamati dalla letteratura economica esternalità, si manifestano quando le attività di un gruppo (sia di produttori sia di consumatori) influiscono sui livelli di produzione o di consumo di un altro gruppo senza che tale effetto sia valutato mediante i prezzi o compensato tramite trasferimenti.

L'ACB è ancora considerato uno strumento controverso, in particolare nell 'ambito dell'analisi ambientale.

Ogni progetto è, infatti, accompagnato da effetti “collaterali” per i quali non esiste un prezzo di mercato, giacché lo stesso implica tipicamente, oltre a costi e benefici finanziari, effetti non direttamente monetizzabili, definiti comunemente esternalità o effetti indiretti.

È ormai chiaro che qualunque iniziativa si ripercuote, direttamente o indirettamente, sull'ambiente circostante, sia dal punto di vista strettamente naturale, che dal punto di vista antropico.

In particolare, Il progressivo incremento dei consumi energetici associato alla crescita delle economie ha comportato, negli ultimi decenni, l 'intensificarsi degli impatti ambientali locali e il manifestarsi di cambiamenti dell 'ambiente su scala globale.

È l'adozione del punto di vista della collettività nella valutazione dei progetti che vale a contraddistinguere l'ACB in senso stretto dall'analisi finanziaria.

4.1. LE ESTERNALITA' AMBIENTALI E NON AMBIENTALI

Le esternalità possono essere sia positive, e in questo caso si parla di benefici esterni o economie, sia negative, ossia costi esterni o diseconomie.

Il concetto di esternalità discende dal presupposto economico secondo il quale ogni attività economica, sia essa condotta da individui o associazioni, che fa uso di risorse scarse, non possa essere di utilità se i conseguenti effetti si ripercuotono negativamente sul benessere di altri individui o gruppi di persone (Energy Information Administration, 1995).

Da tale presupposto discende la più generica definizione di esternalità: “costi e benefici che si generano allorquando un'attività sociale o economica condotta da un gruppo di persone ha un impatto su un altro gruppo e, allo stesso tempo, il primo gruppo non compensa pienamente i propri impatti” (Commissione Europea, 1994).

La Comunità Europea suggerisce la classificazione delle esternalità conseguenti alla produzione di energia elettrica, riconducendole a due principali categorie: ambientali e non ambientali.

4.1.1. Costi (esternalità ambientali)

Nota di integrazione. Il perimetro dei costi è completato con le seguenti esternalità negative, oggi non monetizzate e qui introdotte in via prudenziale (metodo e stime parametriche nell'elaborato «Integrazioni tecniche e controdeduzioni»):

- (i) inibizione della lotta antincendio aerea;***
- (ii) esternalità su turismo e patrimonio culturale;***
- (iii) impatti cumulativi con gli altri impianti della Nurra;***
- (iv) perdita di habitat ed effetto barriera per avifauna e chiropteri, in aggiunta al costo da collisione.***

Tutte le esternalità sono misurate in forma incrementale rispetto allo scenario di riferimento (opzione zero).

Per la quantificazione dei costi e dei benefici sociali si fa riferimento alla Ricerca ExternE, “External Costs of Energy” inizialmente promosso dalla Commissione Europea in collaborazione con il Dipartimento dell'Energia degli Stati Uniti nel 1991, in seguito alla presa di consapevolezza che gli impatti ambientali connessi alla produzione di energia non fossero debitamente considerati nei processi decisionali, finalizzato a monetizzare le esternalità originate dall'uso dell'energia.

Il progresso nella conoscenza scientifica aveva dimostrato, già nel 1991, che talune fonti energetiche possono provocare impatti negativi anche molto significativi su un ampio numero di recettori, influenzando sulla salute umana, sugli ecosistemi e sull'ambiente in generale.

La decisione di approfondire la valutazione delle esternalità riconducibili al settore della produzione energetica è stata, quindi, dettata da diversi fattori, tra cui:

- la necessità di considerare l'interesse ambientale nella scelta tra differenti fonti energetiche e tecnologie ad esse associate;
- la necessità di valutare i costi ed i benefici dell'applicazione di standard ambientali più rigorosi;
- la maggiore attenzione verso l'utilizzo di strumenti economici nelle politiche ambientali;
- la promozione di politiche volte all'incoraggiamento dello sviluppo dei meccanismi di mercato e della competizione nel settore dell'energia (privatizzazione, liberalizzazione dei mercati energetici).

La metodologia sviluppata nell'ambito del progetto ExternE rappresenta il primo approccio sistematico per la valutazione monetaria dei costi esterni di una vasta gamma di cicli di

produzione di energia. Gli impatti ed i costi sono sommati per i diversi recettori sensibili e lo studio si delinea come un'analisi di tipo multidisciplinare.

Negli anni la metodologia è stata ulteriormente sviluppata (l'ultima pubblicazione comprendente l'aggiornamento della stessa risale al 2005) e lo studio esteso ad altri settori come il solare fotovoltaico, i rifiuti o i danni riconducibili al riscaldamento globale.

Ai fini della presente ACB, ci si concentrerà sulla metodologia proposta da ExternE per la monetizzazione dei danni riconducibili alla produzione di energia tramite lo sfruttamento delle risorse naturali in generale.

Gli impatti identificati come maggiormente rilevanti da ExternE, relativamente alla fonte energetica solare, sono i seguenti:

- consumo di suolo;
- costo di produzione dell'energia.

Per la quantificazione dei costi faremo riferimento ad alcune pubblicazioni dell'ISPRA e ad alcuni documenti dell'UE in generale e altri prodotti nell'ambito della Ricerca ExternE, sulle esternalità prodotte dalle centrali di produzione dell'energia elettrica più specifici per quanto ci riguarda. Questi documenti offrono dei parametri riassuntivi di costo che includono tutte le quantificazioni sopra esposte.

Per ciò che riguarda il suolo e la sua occupazione temporanea o permanente con superfici impermeabilizzate faremo riferimento ai mancati introiti per l'impossibilità di utilizzo agricolo e ai costi valutati dall'ISPRA relativamente all'impermeabilizzazione delle superfici.

5. ANALISI FINANZIARIA

Si riportano i principi finanziari di base e utilizzati ai fini dell'ACB.

5.1. Il metodo del Valore Attuale Netto Costi (VAN)

Il Valore Attuale Netto (VAN) di un progetto è un criterio di valutazione dell'investimento che, operativamente, considera lo sconto al tempo presente e ad un tasso determinato (un tasso di sconto o tasso di attualizzazione), del cash -flow (i flussi di cassa) rappresentato dalla somma di tutti i benefici netti generati in periodi futuri (= benefici meno costi) derivanti dal progetto.

In pratica, il VAN fornisce la dimensione assoluta dei benefici netti ricavabili dal progetto stesso.

Conseguentemente, con il criterio di investimento così formulato si assume che ogni progetto che presenti un VAN positivo risulti economicamente, o finanziariamente, ammissibile.

Una volta noto il flusso di cassa del progetto, e individuato il tasso di sconto ottimale per lo stesso, il VAN risulta, sulla base della definizione di cui sopra, dalla seguente formula:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1 + s)^t}$$

- $B_t - C_t = R_t$ è il flusso finanziario (il reddito) positivo o negativo (Benefici – Costi) al tempo t (ad esempio un mese o un anno)
- s è il Costo medio ponderato del capitale.
- $(1 + s)^{-1}$ è il tasso di attualizzazione al tempo t Il VAN fornisce quindi il valore assoluto dei benefici netti ricavabili dal progetto stesso.

Di conseguenza, con il criterio di investimento così formulato, sarà considerato economicamente, o finanziariamente, ammissibile, tra più alternative progettuali, l'investimento con il valore di VAN maggiore o comunque con un VAN positivo ($VAN > 0$).

Il VAN è considerato come criterio di investimento perché, qualora non esista una concreta alternativa progettuale, ovvero se l'investitore pubblico o privato non possa valutare una o più concrete alternative progettuali e scegliere fra più progetti che si escludono vicendevolmente, l'opzione in esame s'intende accettata allorché sussista la condizione per cui il $VAN > 0$.

Il rispetto di questa condizione per l'accettazione del progetto esaminato risiede nel fatto che un VAN positivo, ossia un progetto caratterizzato da un flusso di benefici che supera il flusso

dei costi, identifica un utilizzo delle risorse a disposizione che comporta l'incremento del benessere della collettività interessata.

Un VAN positivo indica che l'alternativa progettuale risulta più conveniente rispetto all'opzione zero. Quando il VAN è pari a zero, il progetto si colloca invece al limite della convenienza economica; in tale situazione assume particolare rilievo la componente sociale dell'investimento.

L'investitore, pubblico o privato dovrà, pertanto, considerare criteri aggiuntivi per decidere sulla sua realizzazione o meno, poiché il benessere della collettività apparentemente non muta, ma potrebbero esistere benefici aggiuntivi che l'ACB tradizionale non considera.

Il tasso di sconto sociale costituisce un elemento cardine dell'ACB, poiché incide direttamente sull'attualizzazione dei costi e dei benefici e, quindi, sulla valutazione complessiva della convenienza del progetto.

La determinazione del valore corretto del tasso di sconto nell'analisi economica del progetto all'interno dell'ACB e quindi si può considerare un tasso di sconto sociale è fondamentale in quanto a tassi di sconto differenti corrispondono valutazioni diverse sui progetti. Per l'analisi ACB del progetto di parco eolico Sassari, in Italia¹, è ragionevole considerare un tasso di sconto sociale al 3,8% per il calcolo del VAN quale valore considerato per gli studi di fattibilità in Italia come indicato nelle Linee Guida per lo studio di fattibilità.

REGOLAMENTO DI ESECUZIONE (UE) 2015/207 DELLA COMMISSIONE del 20 gennaio 2015 recante modalità di esecuzione del regolamento (UE) n. 1303/2013 del Parlamento europeo e del Consiglio per quanto riguarda i modelli per la relazione sullo stato dei lavori, la presentazione di informazioni relative a un grande progetto, il piano d'azione comune, i e relazioni di attuazione relative all'obiettivo Investimenti in favore della crescita e dell'occupazione, la dichiarazione di affidabilità di gestione, la strategia di audit, il parere di audit e la relazione di controllo annuale nonché la metodologia di esecuzione dell'analisi costi-benefici e, a norma del regolamento (UE) n. 1299/2013 del Parlamento europeo e del Consiglio, il modello per le relazioni di attuazione relative all'obiettivo di cooperazione territoriale europea .

6. L'APPLICAZIONE AL PROGETTO DI IMPIANTO EOLICO SASSARI

6.1. Costi (esternalità) ambientali

Le attività di produzione energetica possono dar luogo a impatti significativi a carico di numerosi potenziali recettori, quali la salute pubblica, gli ecosistemi naturali e l'ambiente

costruito, e tali impatti sono da intendersi come costi esterni dell'energia (Commissione Europea, 1994).

Deve essere considerato che i costi sono dinamici. I costi privati ed i costi esterni variano, infatti, nel tempo, con lo sviluppo delle tecnologie, con l'aumento della conoscenza sull'impatto dell'uso dell'energia sull'ambiente e con il cambiamento delle preferenze individuali per l'ambiente.

Le esternalità ambientali, i costi ambientali possono essere a scala locale, regionale e globale, queste ultime con particolare riferimento al problema dei cambiamenti climatici conseguenti alle emissioni di anidride carbonica (CO₂) e riduzione dello strato di ozono a protezione dell'atmosfera a seguito dell'emissione di gas climalteranti.

Si considerano le esternalità ambientali più significative del parco eolico Sassari a livello globale:

- Atmosfera
- Consumo di risorse non rinnovabili
- Salute pubblica
- Biodiversità.

A livello locale:

- Paesaggio
- rumore
- Vegetazione
- Fauna
- Uso del suolo e occupazione del suolo
- Campi elettrici e magnetici
- Componente socioeconomica.

6.2. Costi (esternalità) non ambientali

Le esternalità non ambientali che si riferiscono ad esternabilità non sempre evidenti, non chiaramente identificabili e misurabili possono così essere suddivise:

- Sussidi • Costi per ricerca e sviluppo • Affidabilità e sicurezza della fornitura

- Effetti sul prodotto interno lordo. L'individuazione, l'analisi e la quantificazione dei costi esterni non è un lavoro né semplice né immediato e investe questioni di carattere scientifico (per valutare la reale portata dell'impatto) ed economico (per quantificare in termini monetari tale impatto).

Quanto più è complessa la valutazione dei beni intangibili, tanto più la stima delle esternalità è affetta da incertezze. Basti pensare, come esempio emblematico, alla valutazione del costo conseguente all'inserimento di un impianto di generazione di energia elettrica da fonte rinnovabile, sia esso eolico o fotovoltaico, avente un impatto visivo su un soggetto umano o del danno emergente conseguente all'emissione in atmosfera di una tonnellata di CO₂, aspetto questo che oggi non può più essere messo indubbi o quale conseguenza delle azioni antropiche.

6.3. Quantificazione delle esternalità negative

In linea generale, da un punto di vista socioeconomico, le esternalità negative più rilevanti legate alla realizzazione di un'opera analoga a quella in oggetto della presente fanno riferimento ai disagi che la fase di realizzazione delle opere procura a chi — cittadini, istituzioni, attività produttive — gravita nelle zone interessate dai lavori di costruzione dell'opera stessa.

Si dovrà tenere conto anche delle esternalità negative legate alla fase di gestione del parco eolico Sassari che riguarderanno sia gli aspetti visivi (paesaggistici), sia quelli naturalistici. Tali esternalità saranno ad ogni modo riscontrabili esclusivamente nel periodo di costruzione del parco eolico Sassari, andando praticamente a scomparire nella successiva fase di esercizio.

6.3.1. Indicazione delle esternalità negative in fase di costruzione

Le esternalità negative che potrebbero avere un impatto significativo nel caso della realizzazione dell'opera considerata possono essere raggruppate in due categorie:

1. Aspetti di natura ambientale e paesaggistica.
2. Aspetti insediativi e infrastrutturali.

Gli aspetti ambientali delle esternalità negative comprendono:

— il consumo di suolo. Rispetto ad altre Fonti di Energia Rinnovabile l'apertura dei cantieri e le opere da realizzarsi determinano un ridotto consumo del suolo sia qualitativamente sia quantitativamente, che per il solo Parco eolico è stato quantificato in circa 2 ettari, gran parte dei quali comunque reversibile;

– il consumo di inerti. La realizzazione degli scavi può provocare un parziale consumo di inerti come le “sabbie, ghiaie e lapidei di monte” presenti nella vicina cava di Monte Alvaro – il contesto naturalistico. I lavori potrebbero causare un danno al sistema naturale, ossia alla flora e alla fauna di alcune zone interessate ai lavori nel caso in esame, che viste le opere di mitigazione risulta piuttosto ridotto.

Gli aspetti insediativi e infrastrutturali comprendono:

– le funzioni abitative. L’apertura dei cantieri può determinare impatti, seppur modesti, di varia natura sulle abitazioni che vengono direttamente o indirettamente coinvolte dai lavori inserendosi in un contesto urbano rado;

– la mobilità. I lavori eseguiti nei cantieri possono avere ripercussioni sulle funzioni di mobilità in via sia transitoria sia permanente (ad esempio, alcuni collegamenti potrebbero essere inibiti temporaneamente o comportare la percorrenza di tragitti più lunghi). I costi sociali più significativi derivano dalle interferenze sul traffico veicolare, dall’apertura dei cantieri e dalle interferenze sul traffico dovuto alla presenza in fase di realizzazione di automezzi per il trasporto dei materiali e delle strutture. In realtà si ha un’externalità positiva, come descritto successivamente;

– le infrastrutture stradali. L’apertura dei cantieri e il completamento delle opere possono determinare una possibile interferenza con le infrastrutture stradali e provocare pertanto potenzialmente un deterioramento dell’efficienza del sistema stradale o, al contrario, un miglioramento ai fini della sicurezza stradale. Questa condizione è compensata con la manutenzione e ripristino della viabilità prima dell’avvio delle attività di cantiere e alla conclusione delle opere (ripristino);

– le infrastrutture tecnologiche. In questo caso ci si riferisce alle interferenze che i cantieri possono provocare alle infrastrutture tecnologiche (soprattutto ai sottoservizi a rete) in termini delle possibili interruzioni parziali del servizio, che provocano evidentemente un danno, sia pure molto limitato temporalmente, alla collettività.

Il problema della minimizzazione di parte di queste externalità negative soprattutto sul traffico e sulla mobilità derivanti dall’esecuzione dei lavori può essere affrontato e risolto in sede di progettazione sia mediante scelte progettuali adeguate sia tramite soluzioni flessibili da adottare durante la realizzazione delle opere che consentono il conseguimento di risparmi di tempo e di costi di realizzazione. In particolare, alcuni disagi sostenuti dalla collettività potranno essere mitigati grazie ad alcuni accorgimenti che sono stati predisposti e che sono qui brevemente riassunti:

stazione di betonaggio vicina all’area del Parco eolico;

movimentazione dei mezzi nelle ore con minor traffico.

6.3.2. Indicazione delle esternalità negative in fase di esercizio

Le esternalità negative che potrebbero avere un impatto significativo durante la fase di esercizio dovrebbero essere ricondotte essenzialmente a quelle relative a:

- l’Impatto visivo. La “visibilità delle strutture” da grande distanza e la loro localizzazione.
- Il contesto naturalistico. L’effetto che il funzionamento del parco eolico Sassari potrebbe avere su alcune specie dell’avifauna e chirotterofauna. Non è il caso dell’impianto in progetto. Per ridurre queste problematiche in modo importante sono stati adottati importanti sistemi automatici di monitoraggio basati sull’intelligenza artificiale, che attivano dei dissuasori acustici, ed ultrasuoni, sino al rallentamento e blocco delle pale, la cui minore produttività, data la probabilità d’impatto (bird and bat strike) appare piuttosto remota e ridotta sino al 60% .

6.4. BENEFICI (ESTERNALITA') POSITIVE

Le esternalità positive generate dalla realizzazione dell’impianto eolico Sassari possono essere suddivise in effetti misurabili mediante parametri di natura ambientale ed economica. I principali benefici del progetto che si possono ipotizzare sono:

Fase di realizzazione:

- I benefici occupazionali aggiuntivi non direttamente connessi al progetto (che rappresentano dei costi);
- I benefici economici diretti ed indiretti;
- Manutenzione della viabilità;

Fase di esercizio:

La riduzione della quantità di emissioni inquinanti e più in generale, gli effetti climatici su vasta scala;

- Monitoraggio incendi (sensori e telecamere sulla navicella);
- Monitoraggio dello stress idrico con sensori e telecamere sulle navicelle e analisi con apposito software, così da poter fornire una maggiore efficienza allo stress idrico, utilizzando contemporaneamente i dati:
 - NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) che valuta l’attività fotosintetica e la presenza di clorofilla. Valori in calo indicano sofferenza.

- NDMI (Normalized Difference Moisture Index): misura il contenuto d'acqua nelle foglie per identificare lo stress idrico.
- VHI (Vegetation Health Index): combina lo stato delle piante con i dati sulla temperatura della superficie.

Questi dati permettono di intervenire tempestivamente in agricoltura o nel monitoraggio forestale, rilevando precocemente malattie, parassiti o carenze idriche prima che il danno sia rilevabile a vista.

- Dati sui monitoraggi della fauna (incremento della conoscenza) che v verranno resi pubblici;
- I benefici occupazionali ed economici non dovuti alla realizzazione dell'opera, ma ad attività che godono dei vantaggi come l'agricoltura, l'archeologia e l'ambiente con una attenta gestione dell'Oasi di Leccari. Tutte queste attività inducono un beneficio occupazionale evidente.

La metodologia utilizzata per quantificare in termini monetari le economie sopra esposte fa riferimento alla definizione di un prezzo ombra per ciascuno dei parametri identificati e all'individuazione in termini fisici della variazione del parametro in esame prodotta dalla realizzazione del progetto rispetto alla situazione "in assenza" del progetto. Pertanto, per ognuna delle variabili considerate, sarà stimato il relativo valore atteso futuro sia nello scenario "in assenza di intervento" sia nello scenario "con intervento".

Successivamente, sarà calcolato il valore monetario di tale parametro, sulla base del prezzo individuato in entrambe le ipotesi; la differenza tra i due valori individuati rappresenta il beneficio generato dalla realizzazione del progetto riferito all'elemento considerato.

6.5. QUANTIFICAZIONE DEI COSTI

I costi esterni della produzione energetica sono stati indicati anche da uno studio sull'argomento a cura di Karkour S. et al., 2020.

L'obiettivo perseguito dallo studio citato è stato quello di stimare i più recenti costi esterni della produzione energetica dei paesi del G20 considerando un più ampio spettro di categorie di impatto, alcune delle quali non considerate dai principali studi pubblicati sull'argomento (p.e. il consumo di suolo o l'occupazione di territorio).

Detti studi, infatti, hanno focalizzato l'attenzione sui danni conseguenti all'inquinamento atmosferico o al cambiamento climatico in atto, il che può condurre facilmente ad una sottostima dei costi esterni. Le stime di seguito riportate, di contro, assumono categorie di impatto non considerate in precedenza, quali il consumo di risorse (minerali, fossili e acqua) e le trasformazioni di territorio.

Al fine di pervenire ad una stima più attendibile dei costi esterni della produzione energetica, pertanto, il richiamato studio pubblicato nel 2020 ha fatto riferimento ad un approccio basato sull'impostazione del Life Cycle Assessment (LCA), avuto riguardo delle seguenti 7 linee di impatto: cambiamento climatico, inquinamento atmosferico, ossidanti fotochimici, consumi idrici, consumo di suolo, consumo di risorse minerali, fossili e combustibili.

I costi esterni riferiti alla generazione elettrica delle diverse tecnologie nei paesi del G20 sono riportati nella seguente Tab.1

	HC	Lignite	NG c/cc	Oil	Wind ON/OFF	GEO	Hydro RR/PS/R	Nuclear BW/PW	Solar OG/Roof
ARG	-	-	-/-	-	-/-	-	-/-/-	7-	-
AUS	0.026	0.026	0.013/0.008	0.096	0.002/-	-	0.000/0.031/-	-/-	0.004/0.003
BRA	0.023	0.047	0.013/0.009	0.081	0.003/-	-	-/-/0.002	-/0.001	-/0.006
CAN	0.034	0.029	0.022/0.014	0.071	0.004/-	-	0.001/0.017/0.002	-/0.004	0.008/0.009
CHN	0.101	-	0.021/0.020	0.146	0.009/0.006	0.009	0.001/0.112/-	-/0.004	0.015/0.014
DEU	0.021	0.027	0.019/0.012	0.083	0.005/0.004	0.005	0.001/0.024/0.004	0.002/0.002	0.011/0.010
FRA	0.037	-	0.017/0.012	0.087	0.003/0.003	0.004	0.001/0.005/0.004	-/0.002	0.009/0.008
GBR	0.064	-	0.017/0.012	0.24	0.004/0.005	0.007	0.001/0.058/-	0.005/0.005	0.014/0.017
IDN	-	0.194	0.020/0.012	0.133	0.002/-	0.006	-/-/0.005	-/-	-/0.010
IND	0.174	0.143	0.021/0.020	0.112	0.006/-	0.009	0.001/0.227/0.068	0.005/0.004	-/0.010
ITA	0.041	0.133	0.019/0.011	0.083	0.005/-	0.005	0.001/0.028/0.006	-/-	0.010/0.009
JPN	0.036	-	0.020/0.013	0.041	0.005/0.005	0.005	0.001/0.038/0.028	0.005/0.005	0.011/0.010
KOR	0.062	0.282	0.020/0.011	0.082	0.004/0.004	-	0.001/0.062/0.042	-/0.007	0.015/0.015
MEX	0.027	0.043	0.022/0.014	0.134	0.003/-	0.004	0.001/-/-	0.003/-	0.009/0.005
RUS	0.033	0.069	0.031/0.008	0.141	0.015/-	0.004	0.000/0.032/0.002	0.001/0.001	-/0.008
SAU	-	-	0.015/0.008	0.046	1 /	-	-/-/-	-/-	-/0.005
TUR	0.048	0.141	0.014/0.009	0.133	0.003/-	0.005	0.001/-/0.009	-/-	-/0.008
USA	0.028	0.055	0.020/0.013	0.138	0.003/-	0.004	0.001/0.029/0.011	0.002/0.002	0.007/0.007
ZAF	0.035	-	-/0.007	0.047	0.006/-	0.004	0.001/0.049/0.013	-/0.002	-/0.009
AVG	0.049	0.099	0.019/0.012	0.105	0.005/0.005	0.005	0.001/0.055/0.015	0.003/0.003	0.011/0.009

Tab. 1: Stima dei costi esterni per ogni tecnologia in ognuno dei paesi del G20 (Fonte Karkour, et al, 2020)

In Italia, il relativo costo esterno è stato stimato in 0.021 \$/kWh (1.9 c €/kWh al cambio attuale), riferito al mix di generazione dell'anno 2014. L'ammontare complessivo dei costi esterni della generazione elettrica a livello nazionale è stato stimato in circa 6 miliardi di euro/anno.

La progressiva diminuzione dei costi esterni registrata in alcuni paesi dell'UE, tra cui l'Italia, è principalmente il risultato della dismissione di impianti obsoleti e inefficienti a carbone e della loro sostituzione con impianti più efficienti a carbone o impianti nuovi a gas, nonché dell'adozione di più efficaci sistemi di abbattimento delle emissioni.

Le esternalità negative della produzione energetica con tecnologia dell'eolico sono state desunte dal citato studio pubblicato nel 2020 e quantificate in 0.50 c €/kWh.

Si sottolinea che, trattandosi di una materia piuttosto complessa ed essendo i parametri di riferimento dati medi, stimati sulla base di contesti ambientali sensibilmente differenti tra loro, le valutazioni monetarie non hanno affatto la pretesa di essere attendibili ma hanno il solo obiettivo di rappresentare l'ordine di grandezza dei valori in gioco al fine di fornire elementi comunque utili per il processo di valutazione ambientale del progetto.

6.5.1. Paesaggio

Il paesaggio agricolo è un bene estremamente complesso. La Convenzione Europea del Paesaggio definisce il paesaggio come " una zona, come è percepita dalle popolazioni, il cui carattere è il risultato dell'azione e dell'interazione di fattori naturali e / o umani " (Consiglio d'Europa 2000).

Il paesaggio agricolo è il risultato visibile delle interazioni tra agricoltura, risorse naturali e ambiente, e comprende valenze socioeconomiche, ricreative, culturali e altri valori sociali.

In accordo con quanto sostenuto dall'OCSE (2000), il paesaggio può considerarsi composto da tre elementi chiave:

1) la struttura o l'aspetto:

- a. comprendente le caratteristiche ambientali (ad esempio flora, la fauna, habitat ed ecosistemi);
- b. i tipi di uso del suolo (ad esempio tipi di colture e sistemi di coltivazione);
- c. gli elementi antropici o le caratteristiche culturali (ad esempio siepi, fabbricati agricoli);

2) gli aspetti funzionali: come luoghi in cui vivere, lavorare, visitare il sito, e fornire vari servizi ambientali;

3) il sistema di valori: i costi sostenuti dagli agricoltori per conservare il paesaggio ed i valori sociali del paesaggio agrario, quali le valenze culturali e ricreative.

Il valore del paesaggio è determinato da diverse componenti, come ad esempio:

- la biodiversità definita dalla diversità data dal numero e corologia delle specie, la diversità genetica degli ecosistemi e la agro- biodiversità legata alle specie coltivate);
- gli aspetti culturali e storici (es. modalità gestionali del paesaggio naturale, gli edifici, le tradizioni, l'artigianato, la storia, le tradizioni musicali);
- l'amenità del paesaggio (valore estetico);

- gli aspetti ricreazionali e di fruibilità (ad esempio, attività ricreative all'aperto, mountain bike, campeggio) e gli aspetti di carattere scientifico ed educazionali (ad esempio l'archeologia, la storia, la geografia, l'ecologia, l'economia e architettura) (Romstad et al, 2000; Vanslembrouck e van Huylenbroeck 2005).

Negli ultimi decenni c'è stato un grande sforzo della ricerca finalizzato ad attribuire un valore (o attribuire un prezzo) al paesaggio agrario (ad esempio Drake, 1992; Garrod e Willis, 1995; Hanley e Ruffell, 1993; Pruckner, 1995; Campbell, Hutchinson Scarpa e 2005; Johns et al 2008).

Poiché il paesaggio non è un bene di mercato il suo valore monetario non può essere osservato e quindi non è disponibile da fonti statistiche tradizionali. La letteratura, quindi, il più delle volte applica un approccio di valutazione legato alle preferenze dichiarate, utilizzando metodi basati su specifiche indagini per scoprire la disponibilità dei consumatori a pagare (WTP) per la conservazione del paesaggio.

La maggior parte di questi studi indicano che la società valuta positivamente paesaggio agrario.

Tuttavia, un inconveniente importante di questi studi è che quasi tutti riguardano contesti estremamente specifici. Ci sono pochi studi che si sono prefissi di aggregare i risultati per gli Stati membri o per l'Unione europea nel suo complesso.

Uno tra gli studi principali, a cui si può fare riferimento per una stima monetaria degli impatti paesaggistici introdotti dal progetto proposto, è stato promosso dalla Commissione Europea e raccoglie i risultati di numerosi studi condotti nei paesi dell'Unione nel periodo 1991 -2009. Le analisi condotte nell'ambito del citato studio indicano che la WTP nella UE varia dai 134 ai 201 €/ettaro x anno, con un valore medio di 149 €/ettaro x anno nel 2009, rivalutati in 194,74 €/ettaro / anno al 2024.

Atteso che i potenziali effetti introdotti dai proposti aerogeneratori non sono suscettibili di innescare effetti irreversibili di alterazione e/o destrutturazione delle caratteristiche funzionali ed ecologiche del paesaggio agrario e che la stessa presenza dell'impianto non altera in maniera apprezzabile le potenzialità d'uso dei terreni (ossia le componenti materiali del paesaggio), ai fini della presente ACB si assumerà l'ipotesi che il costo ambientale conseguente all'impatto del progetto sul paesaggio agrario comporti una "perdita" del valore paesaggistico entro un areale di 1 km dall'impianto, valutata in misura del 50% rispetto all'importo precedentemente.

Con tali presupposti, posto che le superfici in cui si è stimata una più marcata interferenza paesaggistica sono risultate pari a circa 7.523.000 m² (7 km² circa), il costo

esterno da attribuirsi all'impatto paesaggistico è conseguentemente stimabile in 752.3 ha x 194.24 €/ha x anno = 146.126,7 2 euro/anno, per un importo trentennale di 4.383.802,56 €.

Attualizzato è di: 1.730.676,10 €

I riferimenti alle valutazioni restano all'anno 2024, data di presentazione. Mentre, sarà possibile e necessario adeguarlo in un momento successivo attualizzandolo.

6.5.2. Rumore

Negli ultimi anni l'inquinamento acustico è stato oggetto di studio anche da parte della Comunità Europea; infatti, la Commissione Europea ha riconosciuto l'inadeguatezza delle misure finora adottate per l'abbattimento del rumore e ha inteso riaprire un dibattito sull'argomento. Inoltre, progetti quali ExternE (1998) hanno cercato di produrre metodi, applicabili a livello europeo, per la valutazione economica dei danni, stimando il costo marginale derivante dall'incremento di un'unità del livello acustico.

La comunità europea ha avviato due progetti a riguardo: un primo dedicato all'analisi costi benefici per le politiche del rumore (Vainio et al. 2001) ed un secondo dedicato alla verifica dello stato dell'arte in materia di valutazione economica del rumore (Navrud2002; Vainio e Paque 2002).

Tra tutti i lavori analizzati, i più significativi per completezza e chiarezza nelle metodologie proposte sono risultati due:

- lo studio di Navrud (Navrud s, 2002), che consiste in una review degli studi di impatto condotti in America e in Europa, con un'indagine approfondita della bibliografia e della letteratura grigia correlata;
- lo studio ExternE (Bickel P., Friedrich R. 2005), che focalizza la propria attenzione sul rumore generato dalla produzione di energia eolica. Questa, se confrontata con altre fonti di energia, è caratterizzata da un minor impatto acustico; tuttavia, il fatto che vi siano poche esternalità di altro tipo (ad es. assenza di emissioni atmosferiche) e che le strutture siano collocate in aree rurali (con scarsa presenza di forti rumori di fondo - background noise), ha fatto sì che l'impatto acustico generato dall'eolico sia stato oggetto di dettagliate analisi. Comunque, la metodologia proposta è applicabile e riferita anche ad altri contesti.

La funzione dose -risposta è, nell'approccio metodologico definito da ExternE (European Commission, 1998), una funzione che lega una variazione dello stato dell'ambiente ad un impatto.

Tipicamente una data concentrazione di inquinanti e il conseguente numero di ricoveri ospedalieri o giorni di malattia. Nel caso del rumore quindi la funzione dose -risposta dovrebbe legare un dato incremento di livello acustico ad un certo numero di giorni di malattia o di persone “disturbate”. Tali tipologie di funzioni dose risposta sono effettivamente presenti in letteratura.

Tuttavia, i risultati di tali funzioni sono difficilmente traducibili in un danno economico (Bickel P., Friedrich R. 2005). Le funzioni di monetizzazione più accreditate in letteratura, utilizzano come dati di ingresso direttamente l'incremento di livello acustico, saltando la quantificazione degli effetti.

In analogia con quanto concluso dal CESI Ricerche a valle di un'approfondita disamina delle tecniche di valutazione economica dei danni da rumore generato dalle linee elettriche, l'approccio proposto per le finalità del presente studio si basa sul metodo dei prezzi edonici (Hedonic Price Method, HPM). Tale approccio consiste nello stimare la minor rendita del patrimonio immobiliare all'interno del dominio di calcolo per ogni dB(A) di aumento del livello sonoro equivalente L_{eq} .

Importanti indicazioni sul NDSI (Noise Depreciation Sensitivity Index), cioè la percentuale di deprezzamento causato da un'unità aggiuntiva del livello di rumore) derivano da una serie di studi condotti a livello internazionale e raccolti in un rapporto di Bateman (Bateman et al. 2000), da cui si ricavano i seguenti valori:

- valore minimo: 0,08%; valore massimo: 2,30%;
- 0,722% media complessiva relativa a tutti i 57 studi citati da Bateman stesso (studi comprendenti città europee, nordamericane, giapponesi e australiane, sia su rumore stradale che aeroportuale; per il rumore stradale vengono utilizzati diversi descrittori del rumore, quali L_{eq} , L_{dn} , L_{10} , ecc.);
- 0,835% media delle sole città europee per il solo rumore stradale (studi basati su diversi parametri descrittori del rumore).
- 0,713% media di tutti i casi con utilizzo di L_{eq} per il solo rumore stradale;
- 0,822% media degli studi europei che utilizzano il parametro L_{eq} .

In definitiva si può assumere un valore di 0,822% di diminuzione del valore immobiliare per dB(A)

aggiuntivo del L_{eq} , ottenuto come media degli studi relativi alle città europee per il rumore stradale.

Poiché è occorre distribuire temporalmente il danno, è opportuno applicare la perdita dello 0,822% alla rendita annua degli immobili e non al loro intero valore. Per il coefficiente di rendita si ha come riferimento la rendita catastale, che è pari a circa l'1% del valore di catasto.

Poiché è però, com'è noto, il valore catastale è in generale inferiore al valore di mercato, per evitare di sottostimare il danno, è bene riferire l'1% della rendita al valore del mercato reale. Quindi il danno annuo associabile ad un incremento del rumore di ΔL_{eq} risulta pari a:

Costo esterno annuo = $0,01 \times \{\text{valore immobile}\} \times \Delta L_{eq} \times 0,0082$ in cui ΔL_{eq} si ricava dalle risultanze dello Studio previsionale di impatto acustico.

Dallo studio di impatto acustico si rileva il rispetto del differenziale diurno e notturno per tutte e 5 le turbine in esame, come riportato nelle conclusioni: “L’analisi dei risultati delle misure e dei calcoli di previsione effettuati, nelle condizioni considerate nella presente valutazione, indicano che l’opera in progetto, compresa la fase di realizzazione della stessa, è compatibile con la classe acustica dell’area di studio.

6.5.3. Vegetazione

La tradizionale stima dei danni sui sistemi vegetali, naturali e/o antropici (aree agricole), consiste nel determinare il valore relativo alla perdita di produzione del terreno (laddove la stessa sia ravvisabile) oltre i costi necessari per ripristinare la situazione ex ante (costi di ripristino).

Questa stima, ampiamente impiegata in passato, è da ritenersi tuttavia riduttiva, in quanto non tiene conto del valore ambientale complessivo attribuibile alla copertura vegetale, in relazione alle sue differenti funzioni, che hanno progressivamente assunto significati e pesi differenti.

Si pensi, a titolo di esempio, ai concetti di “paesaggio” o di “habitat”, rispetto ai quali la componente vegetazionale costituisce un importante tassello; o, allo stesso modo, alla funzione protettiva che la stessa vegetazione esercita ai fini della protezione contro l'erosione, nonché al ruolo cruciale legato alla produzione di ossigeno e alla cattura della CO₂.

Esiste quindi un'importante dimensione economica legata alle funzioni socio -ambientali dei sistemi vegetali che, sebbene spesso indirette non sono per questo di minore importanza.

Una parte significativa di questa dimensione economica, per le finalità del presente studio, è computata attraverso la stima del danno monetario al paesaggio.

Al fine di pervenire ad una stima esaustiva dei costi esterni che tenga conto anche degli altri aspetti sopra descritti, si è deciso di utilizzare i costi di ripristino in analogia con quanto proposto dal progetto ExternE (Bickel & Rainer, 2004).

In linea di principio si tratterebbe di quantificare i costi necessari ad un intervento che ripristini una vegetazione autoctona, o comunque analoga alla preesistente, e che scongiuri, per quanto possibile, l'infiltrazione di specie alloctone.

Poiché gli effetti del progetto in termini di alterazione della copertura vegetale sono minimi e corrispondono a delle ceduzioni importanti su eucalitti e su macchia mediterranea, **senza dover provvedere all'espianto**, compensati da interventi di ripristino l'irrigazione localizzata e concimazione sulla macchia mediterranea; mentre, nel caso degli eucalitti è opportuno rammentare che gli stessi sono periodicamente sottoposti ad interventi simili per ridurre lo sviluppo della chioma ed in questo caso si anticipa questa fase di qualche anno.

In tal senso non si vedono danni o costi inseribili nelle esternalità.

6.5.4. Fauna

Premessa metodologica

Il fine di una funzione di monetizzazione è quello di tradurre un impatto potenziale (nel caso in esame "n" uccelli morti per collisione con le pale appartenenti alla i-esima specie), in un danno economico.

Questo significa assegnare un valore monetario a ciascuna specie di uccello potenzialmente impattato dai rotori in movimento. Evidentemente non esistono valori di mercato, o per lo meno non per tutte le specie, e quindi occorre necessariamente rifarsi a tecniche di monetizzazione.

Condividendo l'approccio del citato studio del CESI Ricerche sulle esternalità delle linee elettriche, si ritiene che nel caso dell'avifauna il ricorso alla valutazione contingente sia poco indicato. Lo stesso rapporto del NOAA panel (Arrow et al 1993) cita la valutazione contingente della salvaguardia dell'avifauna come uno dei casi in cui si verifica il fenomeno del "warm - glow". In altri termini la valutazione monetaria della preservazione di un dato numero di uccelli risulterebbe indipendente da tale numero, in quanto gli intervistati tenderebbero in realtà a valutare la soddisfazione legata al "fare qualcosa per l'ambiente" piuttosto che il valore degli uccelli salvati. Più rispondente all'obiettivo sembrerebbe invece utilizzare il metodo dell'averting cost (CAC = costo di acquisizione di un cliente) che muove dalla valutazione delle risorse (economiche ed umane) introdotte dalle amministrazioni pubbliche ed associazioni non governative (LIPU, WWF, ecc.) per il mantenimento dell'avifauna.

Proprio le associazioni non governative, essendo associazioni che si basano su lavoro volontario e donazioni, tramite il loro bilancio consentirebbero di applicare un metodo di preferenza rilevata (cioè, basato su comportamenti reali e non dichiarati, come la valutazione contingente).

Come più sopra accennato, attribuire un valore economico alle singole specie è estremamente complesso, così come risulta arduo attribuire un valore complessivo all'avifauna italiana. In ogni caso, sia in presenza di un valore complessivo sia di dati puntuali, al fine di assegnare un valore monetario per tutte le specie è fondamentale stabilire una gerarchia. Meglio ancora, attribuire un valore adimensionale alle specie di avifauna Italiane, così come proposto da Brichetti e Gariboldi (Brichetti e Gariboldi, 1997) costituisce un primo passo verso la loro monetizzazione.

Il metodo proposto ha il pregio riuscire a considerare il valore che all'avifauna viene assegnato da diversi tipi di utenti, talvolta in antitesi tra loro (si pensi al naturalista ed al cacciatore). Il valore di ogni uccello (V_{si}) viene definito infatti come somma di tre componenti: il valore intrinseco (V_i), la vulnerabilità (V_{vul}) e il valore antropico (V_a).

$$V_{si} = V_i + V_{vul} + V_a$$

Il peso dei tre parametri varia molto, avendo assegnato un valore molto maggiore ai valori ecologici e di vulnerabilità rispetto a quelli antropici. V_i assume un valore massimo di 2,65 (corrispondente al Grifone) V_{vul} di 0,4 (corrispondente, ad esempio, all'aquila del Bonelli) e V_a di 0,33 (corrispondente al Falco Pellegrino).

Il metodo Brichetti-Gariboldi non è tuttavia direttamente applicabile alla monetizzazione degli impatti. Lo studio, infatti, ha finalità prevalentemente ornitologiche e conservazionistiche e non nasce con l'obiettivo di attribuire un valore economico comparabile alle diverse specie. In termini pratici, il valore attribuito alla specie con punteggio più elevato, il grifone, risulta soltanto circa quattro volte superiore a quello della specie con punteggio più basso. Tale rapporto appare poco rappresentativo ai fini economici, poiché non riflette adeguatamente la differenza tra specie oggetto di programmi di reinserimento o ripopolamento e specie comuni, abbondanti sul territorio e non esposte a rischi significativi di estinzione.

A partire dal metodo Brichetti - Gariboldi, ma al fine di arrivare ad un valore delle specie riconducibile ad un valore monetario, il CESI Ricerche ha sviluppato un metodo che viene proposto di seguito. Il metodo tiene conto, in ordine di importanza dei seguenti fattori:

- SPEC, che riassume il livello di rischi estinzione della specie tenendo conto della numerosità della popolazione europea, del trend, dello stato di conservazione e dei rischi che corre la specie (quindi riassume il valore intrinseco e di vulnerabilità del metodo Brichetti -Gariboldi);
- Numero di coppie nidificanti in Italia, che tiene conto della rarità, e quindi in termini economici della non sostituibilità del bene;
- Percentuale della popolazione italiana rispetto al resto d 'Europa, che tiene conto della sostituibilità o reintegrabilità degli individui italiani con individui europei.

Al fine di poter determinare una funzione matematica è stata assegnata a ciascuna SPEC un valore numerico (Non -SPEC=1, SPEC3=2, SPEC2=3, SPEC1=4).

Inoltre, anche per la popolazione, cioè per il numero di coppie presenti a vario titolo in Italia è stato considerata non solo il numero stesso di coppie ma anche una divisione in classi associando a ciascuna classe di popolazione un valore numerico.

Poiché il fine è quello di determinare valore” per le specie selvatiche si sono considerati alcuni valori economici acquisiti attraverso indagini e verifiche anche attraverso il CAC (averting cost). I costi determinati come acquisiti sono prezzi di vendita di alcuni rivenditori specializzati. Si noti che tali prezzi si riferiscono ad animali non selvatici, ma domestici. Il valore dell'animale selvatico è certamente superiore. Un animale domestico, infatti, non sopravviverebbe in natura, in quanto non abituato a procacciarsi il cibo o a migrare. Il rilascio di animali selvatici comporta un periodo di addestramento e di monitoraggio e quindi, in definitiva, un costo che deve essere opportunamente valutato.

A tal fine, attraverso analisi economiche condotte su progetti di reintroduzione, si è stimato che il costo di reintroduzione è circa quattro volte il costo di allevamento e che quindi sia possibile introdurre un fattore 4 tra il valore di un animale domestico ed uno “selvatico”.

In definitiva, combinando attraverso complesse analisi statistiche i dati economici dei progetti di reintroduzione in natura di alcune specie avifaunistiche ed il prezzo di mercato di altre, si è pervenuti alla determinazione della seguente funzione di monetizzazione.

$VAL_{Eco} = 27.63481 \times (1.885721^{SPEC} \times 5.125194^{CLASSEPOP}) / -\log(PERC - EU) - 29$ Nella tabella seguente si riportano, per le specie presenti in Italia, il valore intrinseco ed il valore economico determinato in accordo con la metodologia più sopra descritta.

Ma anche questo approccio, largamente utilizzato nelle ACB dei parchi FER è stato da noi abbandonato.

Abbiamo preferito un'altra metodologia che individua il COST APPROCH (Aspetto economico del costo di ricostruzione) per quelle specie non presenti sul mercato e come l'aquila del Bonelli, si ha un costo desumibile dai progetti LIFE o da altre esperienze locali portate avanti dalle organizzazioni ambientaliste senza scopo di lucro.

Mentre, per le specie “acquistabili” è stato utilizzato l'aspetto economico Valore di mercato o Market Approach.

Valore economico base per individuo dell'avifauna ai fini dell'Analisi Costi-Benefici (ACB)

L'Analisi Costi-Benefici (ACB) dell'impianto richiede di monetizzare l'esternalità negativa da collisione dell'avifauna. A tal fine è necessario definire un valore economico unitario per individuo di ciascuna specie, da moltiplicare per il numero di impatti attesi/anno. La presente relazione definisce e giustifica tale valore base, distinguendolo con chiarezza dal valore forense del danno (perizia di responsabilità), con cui non va confuso.

Il valore base per l'ACB e la sua differenza dalla perizia

Il valore base per l'ACB è un valore unitario prudenziale di sostituzione/ripristino per individuo: rappresenta la spesa necessaria a reintegrare un esemplare equivalente nella popolazione. È volutamente una base "nuda", cioè priva dei premi propri di una stima forense del danno.

La perizia di danno (responsabilità ex D.Lgs. 152/2006) valuta invece la perdita di un singolo esemplare accertato e aggiunge alla base: il coefficiente di valore riproduttivo (C_m), la perdita interinale (C_t) e i costi accessori (C_a : necropsia, GPS, perizia). I due valori rispondono a domande diverse e non sono intercambiabili:

	Valore base ACB	Perizia di danno (liability)
Scopo	Monetizzare l'esternalità ($\times$ n. impatti/anno)	Quantificare il danno di un esemplare accertato
Struttura	Base "nuda" (sostituzione/ripristino)	Base $\times C_m \times C_t + C_a$ (+ eventuale habitat)
Es. Aquila del Bonelli	$\approx$ € 55.000 / individuo	€ 191.000 (giovane) – € 472.600 (adulto)

Regola operativa: nell'ACB si usa il valore base; nella perizia si usa il modello completo. Non si trasferisce il valore forense nell'ACB (ne gonfierebbe artificiosamente il saldo) né il valore base in una perizia (lo sottostimerebbe).

Gerarchia dei metodi: un metodo per specie

- Market approach — per le specie con mercato legale del singolo individuo (cacciabili ex art. 18 L. 157/92 e specie allevate per il ripopolamento). Il valore base è il prezzo di mercato, corretto per il passaggio da animale allevato a individuo selvatico.
- Cost approach — per le specie protette e reintrodotte (Allegato I Dir. Uccelli, progetti LIFE), prive di mercato legale. Il valore base è il costo di ricostituzione (sostituzione/ripristino) dell'individuo, ancorato ai rendiconti dei progetti di conservazione.
- Un solo metodo per specie; i valori dei due metodi non si sommano. Il danno da perdita di habitat resta una voce territoriale distinta (§ 8).

Market approach – derivazione del valore base

Fonte di prezzo istituzionale: listino Agenzia Forestas per la Pernice sarda (*Alectoris barbara*): € 25,00 + IVA per adulto, € 5,00 + IVA per uovo fecondato. Per le altre specie cacciabili allevate (es. Quaglia) si usa il prezzo corrente di ripopolamento.

Il prezzo dell'animale allevato non coincide con il valore dell'individuo selvatico (che incorpora adattamento, esperienza, valore di popolazione). Si applica pertanto un fattore di correzione $k = 4$ (coerente con il rapporto costo-di-reintroduzione / costo-di-allevamento riconosciuto in letteratura):

Valore base (market) = Prezzo di mercato × k

Specie	Prezzo mercato €	k	Valore base € (selvatico)
Pernice sarda	25 (adulto)	4	100
Quaglia	3	4	12

Cost approach – derivazione del valore base

Il valore base di sostituzione si ancora ai rendiconti dei progetti LIFE, dividendo il budget per il numero di individui rilasciati con successo:

C_S (per individuo rilasciato) = Budget del progetto LIFE / N. esemplari rilasciati

Progetto LIFE	Budget €	Esemplari	€ / individuo rilasciato
LIFE ABILAS (Aquila di Bonelli, Sardegna)	4.219.156	~48-60 (6 anni)	~ 70.000 – 88.000
LIFE BONELLI (Spagna)	2.060.339	92	~ 22.400
LIFE Under Griffon Wings (Grifone)	1.733.385	63	~ 27.500
LIFE Safe for Vultures (Grifone)	3.196.851	~50	~ 64.000

Per l'ACB si adotta un valore base prudenziale (valore centrale raccomandato, V^*) coerente con questi ordini di grandezza.

Quindi, si è fatta la media del costo sostenuto tra i due progetti (Valore centrale).

Nota importante: nella perizia il costo base viene inoltre corretto per la sopravvivenza post-rilascio (C_S per individuo effettivamente reintegrato $\approx$ costo/rilasciato $\div$ tasso di sopravvivenza), mentre nell'ACB si mantiene la base “nuda”, senza tale correzione né i premi $C_m/C_t/C_a$. È questa la ragione per cui il valore ACB (es. € 55.000 per il Bonelli) è inferiore al valore forense.

Superamento del benchmark storico CESI 2008

La precedente monetizzazione dell'ACB si basava sui valori CESI Ricerche 2008 (valore intrinseco × 27,63 – 29), rivalutati al 2024 con coefficiente ISTAT 1,671. Tali valori (dell'ordine

di poche centinaia di euro anche per i grandi rapaci) rappresentano un minimo storico-ingegneristico e non riflettono il reale costo di ricostituzione ecologica oggi documentato dai progetti LIFE. Si assume pertanto, come valore base dell'ACB, il costo di sostituzione/ripristino aggiornato (cost approach LIFE / market approach), mantenendo i valori CESI come mero riferimento storico e limite inferiore di controllo.

Valori base raccomandati (estratto)

Valori base per individuo da impiegare nell'ACB (per l'elenco completo delle 49 specie del sito si rinvia all'allegato «elenco specie Sassari eolica_valutazione»):

Specie	Metodo	Valore base € / individuo
Aquila del Bonelli	Cost	55.000
Grifone	Cost	45.000
Aquila reale	Cost	35.000
Albanella minore	Cost	18.000
Albanella reale	Cost	12.000
Falco di palude	Cost	8.000
Occhione / Tottavilla	Cost	3.000 / 2.000
Pernice sarda	Market	100
Quaglia	Market	12
Specie comuni (passeriformi)	Cost	120 – 800

Impiego del valore base nell'ACB

Nell'ACB il valore base entra nella stima dell'esternalità da collisione:

$$\text{Esternalità annua} = \Sigma_{\text{specie}} (\text{Valore base per individuo} \times \text{n. impatti attesi/anno})$$

Il numero di impatti/anno è stimato per specie e verrà continuamente aggiornato durante le fasi di monitoraggio ante/post operam, quale ponderazione per rischio. Alla componente da collisione si aggiunge, come voce distinta e a sé (non per individuo), il danno da sottrazione/degradazione dell'habitat a scala di area (D_H), pari a € 350.000 per il sito. Non si sommano metodi diversi per la stessa specie (divieto di doppio conteggio) e non si trasferiscono nell'ACB i premi forensi (C_m, C_t, C_a).

Sintesi e regole di coerenza

- Il valore base per l'ACB è il costo di sostituzione/ripristino per individuo (cost approach LIFE) o il prezzo di mercato corretto (market approach), a seconda dello status della specie.

- È una base “nuda”: non include valore riproduttivo, perdita interinale e costi accessori, che appartengono alla perizia di danno.
- Un solo metodo per specie; nessuna somma tra market, cost, servizi ecosistemici e valori non d'uso.
- Il danno da habitat (D_H) è territoriale e additivo, contabilizzato una sola volta a scala di area.
- I valori CESI 2008 restano come riferimento storico e limite inferiore, superati dai valori di ripristino aggiornati.

Riferimenti

Listino Agenzia Forestas (Pernice sarda);

L. 157/1992 art. 18;

progetti LIFE ABILAS, LIFE BONELLI, LIFE Under Griffon Wings, LIFE Safe for Vultures (rendiconti economico-finanziari);

CESI Ricerche 2008 (valore economico delle specie avifaunistiche italiane), rivalutazione ISTAT;

D.Lgs. 152/2006 Parte Sesta e Dir. 2004/35/CE (per la distinzione con la perizia di danno).

Impatti faunistici sulle pale eoliche

Obiettivo.

L'obiettivo statisticamente corretto non è contare i soli carcasse ritrovati, ma stimare, per ciascun **impianto-anno**, il numero reale di collisioni o impatti faunistici attribuibili alle turbine, distinguendo almeno tra uccelli e chiroteri, e idealmente per specie o gruppo tassonomico. Questo richiede dati corretti per **rimozione dei carcasse, rilevabilità del ricercatore, quota di area realmente ispezionata e caduta dei resti fuori area di ricerca**; senza tali correzioni, i confronti fra impianti, anni e regioni sono deboli o fuorvianti.

Stato dell'evidenza pubblica. I dati pubblici completi in formato panel impianto-anno sono ancora rari. Nella letteratura statunitense si segnala da anni che gran parte dei dati di mortalità resta in report industriali non sempre pubblici; allo stesso tempo, gli archivi più utili oggi sono il sistema **AWWIC/REWI** per gli Stati Uniti, la banca dati **NatureCounts** per il Canada e il modello di banca dati proposto da **MITECO** in Spagna. Per l'offshore, la letteratura ufficiale britannica sottolinea che l'evidenza empirica diretta sui tassi di collisione è ancora limitata e non facilmente trasferibile da un sito all'altro.

Ordini di grandezza. Nei dati aggregati pubblici più robusti per gli impianti onshore USA, il valore mediano è pari a **1,9 uccelli/MW/anno** e **3,9 uccelli/turbina/anno**; per i chiroteri il valore mediano è **3,1 pipistrelli/MW/anno** e **6,2 pipistrelli/turbina/anno**. Tuttavia la distribuzione è fortemente asimmetrica: quasi tutti gli studi trovano almeno una fatalità, ma la grande maggioranza delle singole ispezioni su turbina trova **zero carcasse**. Esistono inoltre hotspot molto superiori a queste mediane, ad esempio nel sud del Messico o in vecchi impianti europei privi di curtailment.

Implicazione operativa.

Una ricerca "rigorosa e sintetica" deve quindi essere impostata come **meta-dataset armonizzato** con due livelli: una tabella impianto-anno e una tabella impianto-anno-taxon, oltre a un protocollo analitico che privilegi **conteggi corretti**, modelli **Poisson/Negative Binomial** con offset di sforzo, intervalli di confidenza o credibilità, test di trend temporale, correzioni per sforzo di campionamento e analisi di sensibilità. In assenza di dati pubblici sufficienti, la soluzione più difendibile è stimare **intervalli plausibili** basati su meta-analisi e grandi database monitorati, esplicitando in modo trasparente tutte le assunzioni.

Quadro delle evidenze

Le evidenze pubbliche mostrano che la mortalità da turbine eoliche è generalmente bassa o moderata in media, ma altamente eterogenea nello spazio, nel tempo e tra gruppi tassonomici. Negli Stati Uniti, il riepilogo AWWIC del 2025 per gli uccelli riassume 331 studi su 254 progetti

e mostra che il tasso mediano nazionale è relativamente contenuto, ma con forte variabilità; inoltre, solo il 13% degli studi supera 5 uccelli/MW/anno. Per i chirotteri, il riepilogo 2026 AWWIC aggrega 338 studi su 256 progetti e mostra una variabilità ancora maggiore, con tassi più elevati in alcune regioni del Midwest.

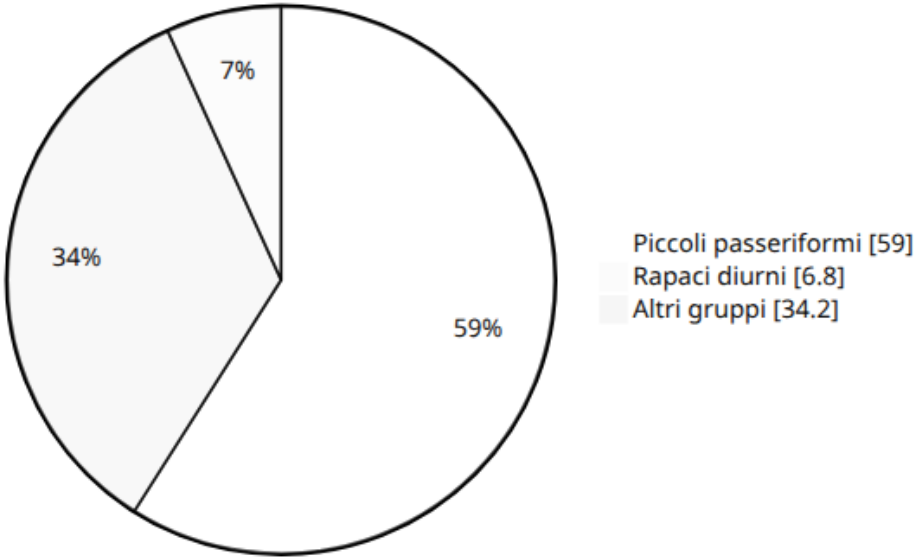
Dal punto di vista tassonomico, negli Stati Uniti i piccoli passeriformi rappresentano circa il 59% degli incidenti registrati per gli uccelli, mentre i rapaci diurni pesano circa il 6,8% del totale nazionale; nei chirotteri, le specie migratrici arboricole diffuse — hoary bat, eastern red bat, silver-haired bat — rappresentano oltre il 70% degli incidenti. In Canada, una sintesi su 64 parchi eolici stima una media di $15,5 \pm 3,8$ pipistrelli/turbina/anno, con un range da 0 a 103, confermando che pochi siti ad alta mortalità possono dominare il rischio cumulativo.

In Europa, i pattern sono meno centralizzati ma i casi pubblici mostrano sia hotspot di rapaci sia mortalità cronica dei chirotteri. Nella provincia di Cadice, un dataset di lungo periodo su 20 parchi e 269 turbine ha registrato, tra 2006 e 2020, 2903 uccelli e 354 pipistrelli, pari a circa 0,830 uccelli/turbina/anno e 0,101 pipistrelli/turbina/anno; nello stesso sistema, il protocollo di arresto selettivo ha ridotto la mortalità del grifone di oltre il 92% con una perdita energetica stimata inferiore allo 0,51%. In Norvegia, a Smøla, sono state trovate 133 aquile di mare uccise tra il 2005 e il 2023, e sulle quattro turbine con una pala verniciata di nero non sono state segnalate collisioni nel periodo recente monitorato.

Fuori dai contesti temperati, gli ordini di grandezza possono essere molto più alti. Nell'Istmo di Tehuantepec, in Messico, uno studio con correzione dei bias ha stimato 9,06–12,85 uccelli/MW/anno e 20,47–43,79 pipistrelli/MW/anno, valori superiori a molte serie degli Stati Uniti. In Germania, uno studio su vecchie turbine senza curtailment ha stimato oltre 70 pipistrelli/turbina in due soli mesi di monitoraggio, cioè circa 39 pipistrelli/MW nello stesso intervallo bimestrale; gli autori lo considerano un sottostima perché il campionamento copriva solo parte della stagione migratoria.

Un elemento metodologico cruciale è che la progettazione del monitoraggio influisce direttamente sulla stima finale. AWWIC riporta che, quando si dispone di ricerche estese almeno a 100 m dal punto turbine, circa il 60% dei carcasse di uccelli cade entro 50 m e l'80% entro 80 m; per i pipistrelli circa il 90% cade entro 50 m. Inoltre le ricerche “full plot” hanno una density weighted proportion molto superiore alle ricerche limitate a piazzola/strada: mediana 0,89–0,91 contro 0,10–0,15. In altre parole, studi con aree di ricerca piccole o parziali tendono a sottostimare di più.

degli incidenti avifaunistici nei riepiloghi AWWIC USA



La figura sintetizza la composizione tassonomica riportata nel riepilogo AWWIC per gli Stati Uniti; è utile come baseline comparativa, ma non sostituisce le distribuzioni specifiche di singolo impianto o singola regione.

Fonti prioritarie e criteri di selezione

La gerarchia delle fonti dovrebbe essere la seguente. Primo livello: studi accademici originali con stime corrette e descrizione esplicita del protocollo. Secondo livello: report ufficiali di agenzie ambientali e banche dati nazionali o regionali con struttura standardizzata dei campi. Terzo livello: report annuali o pluriennali degli operatori, purché riportino sforzo di ricerca, prove di rilevabilità/rimozione, periodo di monitoraggio e metodo di stima. Quarto livello, solo integrativo: review e meta-analisi usate per derivare priors o intervalli plausibili quando il dettaglio impianto-anno non è disponibile. Questa priorità è coerente con la necessità, più volte richiamata in letteratura e nella manualistica ufficiale, di garantire comparabilità e correzione dei bias di osservazione.

Le principali fonti pubbliche utili sono riassunte qui sotto.

Tipo di fonte	Esempi prioritari	Utilità statistica	Limite
Studi originali peer reviewed	Loss 2013; Cabrera-Cruz 2020; Choi 2020;	tassi corretti, IC, confronto tra siti/anni	spesso dati grezzi non

• Tipo di fonte	• Esempi prioritari	• Utilità statistica	• Limite
	Zimmerling & Francis 2016; Ferrer 2022		completamente aperti
Report ufficiali e software metodologici	USGS GenEst; USGS dwp; USFWS Wind Guidelines; ISPRA 2026; MITECO banca dati mortalità	standardizzazione di stima, schema dei campi, criteri di monitoraggio	non sempre contengono serie annuali pubbliche
Database nazionali/regionali	AWWIC/REWI; NatureCounts Wind Energy Bird & Bat Monitoring Database	grande numerosità, variabilità regionale, distribuzioni di riferimento	accesso spesso non completo o confidenziale
Report di operatori	Cedar Ridge, Vansycle, Wolfe Island, report provinciali/utility	osservazioni impianto-anno, utile per panel	eterogeneità di protocolli e frequente parzialità stagionale

Le fonti in tabella sono documentate rispettivamente da USGS, FWS, ISPRA, MITECO, NatureCounts, Tethys/REWI e articoli originali.

Criteri di inclusione. Devono entrare nel dataset soltanto osservazioni che consentano di identificare: impianto e periodo, unità monitorata, sforzo di ricerca, metodo di correzione o almeno dati sufficienti a ricostruirlo, numero di turbine o MW installati, e gruppo tassonomico o specie. Sono includibili studi con monitoraggio stagionale se il periodo è chiaramente definito e standardizzabile tramite offset o annualizzazione esplicita; in quel caso la stima annua va sempre marcata come derivata e distinta dalla stima osservata.

Criteri di esclusione. Vanno esclusi dal pooled analysis principale: studi solo ante-operam; collision risk model senza verifica post-operam; semplici conteggi di carcasse senza prove di rilevabilità/rimozione o area cercata; duplicati della stessa campagna; dataset offshore privi di evidenza empirica diretta; serie con localizzazione o tecnologia non identificabile. L'offshore andrebbe tenuto in un capitolo separato, perché la stessa guida JNCC evidenzia che lì i tassi empirici diretti restano scarsi.

Struttura del database e variabili

Per rispondere alla richiesta “tabella per impianto per anno” in modo rigoroso, è opportuno adottare due tabelle relazionate. La prima, `impianto_anno`, contiene i metadati dell'impianto e il totale corretto annuo. La seconda, `impianto_anno_taxon`, scompone lo stesso impianto-anno per specie o gruppo tassonomico. Se si impone un solo file lungo, la chiave naturale

diventa impianto + anno + taxon, ripetendo i metadati dell'impianto in ogni riga. Questo approccio è coerente con i template MITECO e NatureCounts, che separano descrizione del sito, carcass search e trial di correzione.

Le variabili minime da raccogliere sono le seguenti.

• Campo	• Livello	• Motivazione
anno	impianto-anno	base per trend temporale
paese / regione / impianto	impianto-anno	confronto geografico e clustering
numero stimato di impatti	impianto-anno	o outcome principale
	impianto-anno-taxon	
specie o gruppo tassonomico	impianto-anno-taxon	analisi composizionale
metodo di stima usato	impianto-anno	comparabilità tra studi
sforzo di ricerca	impianto-anno	offset e correzione per campionamento
frequenza ricerche / giorni monitorati	impianto-anno	intensità del monitoraggio
area cercata / search radius / DWP	impianto-anno	correzione per carcasse fuori area
searcher efficiency	impianto-anno	correzione per rilevabilità
carcass persistence / scavenger removal	impianto-anno	correzione per rimozione
numero turbine e MW installati	impianto-anno	standardizzazione per dimensione
tipo di turbine, hub height, rotor diameter	impianto-anno	covariate strutturali
latitudine, longitudine, altitudine	impianto-anno	analisi spaziale e gradiente ambientale
periodo di monitoraggio	impianto-anno	distinzione stagionale / annualizzazione
stato di mitigazione	impianto-anno	curtailment, shutdown-on-demand, blade painting
IC/SE/varianza della stima	impianto-anno	propagazione dell'incertezza
fonte primaria e DOI/URL	metadato	tracciabilità
archivio		

La necessità di questi campi è confermata sia dalla banca dati tipo elaborata da MITECO, che richiede identificativi, coordinate, periodo, specie, localizzazione delle carcasse, misure preventive e fattori necessari alla stima della mortalità reale, sia dai template NatureCounts,

che includono site description, carcass searches, searcher efficiency e carcass removal trials. ISPRA, nelle linee guida 2026 per il SIA eolico onshore, insiste inoltre sulla raccolta di serie temporali significative, sulle quote di volo, sulle rotte, sulle caratteristiche tecniche degli aerogeneratori e sul tasso di mortalità osservato in post-operam.

Dal punto di vista operativo, il formato consigliato è CSV lungo oppure database SQL con queste due tabelle:

- impianto_anno: una riga per impianto e anno;
- impianto_anno_taxon: una riga per impianto, anno e specie/gruppo.

In output, oltre alle tabelle analitiche, devono essere prodotte almeno quattro viste: tabella completa impianto-anno, tabella impianto-anno-taxon, tabella riassuntiva regionale e tabella dei trial di correzione. Questo è il modo più solido per evitare di confondere la mortalità osservata con la mortalità stimata.

Analisi statistiche raccomandate

La prima analisi deve essere descrittiva e standardizzata. Ogni stima va riportata almeno in quattro unità: n stimato/impianto/anno, n/turbina/anno, n/MW/anno e, se i dati sono stagionali, n/turbina/giorno monitorato. La presenza di più scale non è ridondante: il confronto per turbina evidenzia il rischio per macchina, mentre il confronto per MW è più utile quando le turbine hanno taglie diverse. AWWIC e gli studi canadesi mostrano chiaramente che grandi differenze di taglia turbine, regione e disegno di ricerca rendono necessaria questa standardizzazione multipla.

Per i conteggi, il modello di base può essere un GLM Poisson, ma nella pratica il candidato principale dovrebbe essere una Negative Binomial, spesso in versione gerarchica, perché i dati sono tipicamente overdispersi, fortemente asimmetrici e con moltissimi zeri. Questa scelta è giustificata dal fatto che in AWWIC il 98,1% delle turbine-searches per gli uccelli e il 96,9% per i pipistrelli non produce alcun ritrovamento, pur in presenza di fatalità diffuse. Nei dataset più grandi è ragionevole verificare anche modelli hurdle o zero-inflated.

Una specificazione consigliata è:

$$Y_{it} \sim \text{NegBin}(\mu_{it}, \theta)$$

$$\log(\mu_{it}) = \alpha + \beta_1 \text{anno}_t + \beta_2 \text{regione}_i + \beta_3 \text{taxon}_i + \beta_4 \text{hub height}_i + \beta_5 \text{altitudine}_i \\ + \beta_6 \text{mitigazione}_{it} + \log(\text{esposizione}_{it})$$

dove l'esposizione è preferibilmente turbine-years oppure MW-years, e il modello include effetti casuali per impianto e, se possibile, per studio/fonte. Le covariate strutturali non sono decorative: studi sintetici e casi regionali mostrano associazioni con altezza del mozzo, dimensione impianto, elevazione, posizione geografica e periodi di mitigazione.

L'incertezza deve essere incorporata in modo esplicito. Se la fonte fornisce già IC o SE, vanno riportati e propagati. Se la fonte fornisce solo carcasses osservati e trial di rimozione/rilevabilità, conviene ricalcolare le stime con GenEst o strumenti equivalenti, che generano stime corrette e misure di precisione. La correzione per carcasse fuori area cercata deve usare la density-weighted proportion, non un fattore geometrico uniforme, perché la densità delle carcasse decresce con la distanza e dipende dal layout dell'area campionata.

I trend temporali vanno testati con due livelli di rigore. Per la sintesi esplorativa può bastare un test di trend monotono, ma per il report finale è preferibile un modello di regressione con anno come covariata e, se necessario, spline/GAM per andamenti non lineari. Il caso di Cadice mostra perché è utile: il trend del grifone è nettamente decrescente dopo l'adozione dello shutdown selettivo, mentre nello stesso dataset non emerge un trend significativo per passeriformi e pipistrelli.

L'analisi di sensibilità deve sempre includere almeno quattro scenari: esclusione degli studi con sole ricerche su road/pad; esclusione degli studi con monitoraggio solo stagionale; uso alternativo di stime conservative e non conservative di persistenza/rilevabilità; inclusione ed esclusione degli hotspot estremi. Questo è essenziale perché la letteratura dimostra che sia il disegno di ricerca sia la disponibilità incompleta dei report possono alterare in modo sostanziale i risultati. Inoltre, la sintesi pre-post bat activity/fatality di Hein e colleghi mostra che i proxy ante-operam spiegano solo una piccola parte della varianza della mortalità post-operam; quindi, le previsioni non devono essere trattate come sostituti della misura osservata. Se i dati pubblici sono insufficienti, la strategia più robusta è una meta-analisi gerarchica o un modello bayesiano con priors informati da grandi sintesi e casi ben monitorati. In pratica: si definiscono distribuzioni di riferimento per uccelli e pipistrelli per regione/bioma e classe di turbina; si aggiornano tali distribuzioni con i dati del sito; si restituisce un intervallo plausibile, non un singolo valore. Le assunzioni minime da rendere esplicite sono: analogia biogeografica, comparabilità del protocollo di ricerca, correzione di detectability e persistence, comparabilità della taglia turbine e presenza/assenza di mitigazione.

Tabelle e figure esemplificative

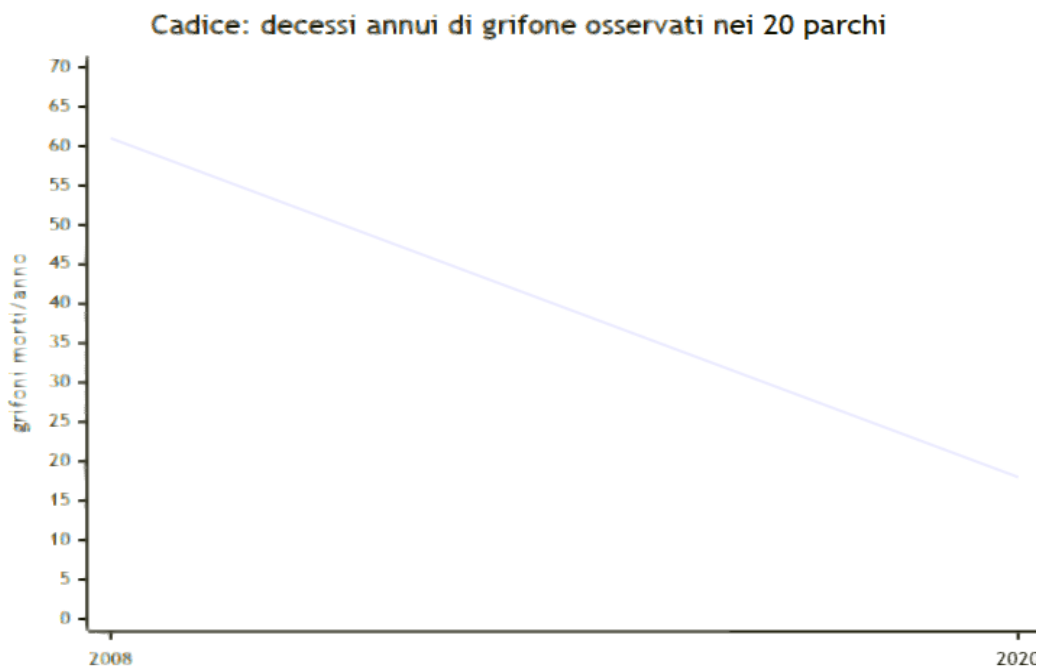
Le tabelle seguenti non costituiscono un censimento globale esaustivo (che deve essere attuato in fase ante operam) ma sono una prima approssimazione statistica di righe pubbliche sufficientemente documentate per mostrare come si costruisce un dataset impianto-anno. Il loro valore principale è metodologico: rendono visibile la forte eterogeneità delle unità di misura, dei periodi monitorati e dei fattori di correzione.

Anno	Paese / impianto	Taxon	Numero stimato di impatti	Unità riportata	Note metodologiche
1998	USA, Buffalo Ridge P2	Uccelli	265	totale impianto in 8 mesi	correzione per efficienza di ricerca e rimozione; 1,85/turbina nel periodo
1998	USA, Buffalo Ridge P2	Chiroterri	231	totale impianto in 8 mesi	1,62/turbina nel periodo; stima corretta
1999	USA, Buffalo Ridge P2	Uccelli	383	totale impianto in 8 mesi	2,68/turbina nel periodo
1999	USA, Buffalo Ridge P2	Chiroterri	277	totale impianto in 8 mesi	1,94/turbina nel periodo
1999	USA, Buffalo Ridge P3	Uccelli	613	totale impianto in 8 mesi	4,45/turbina nel periodo
1999	USA, Buffalo Ridge P3	Chiroterri	282	totale impianto in 8 mesi	2,04/turbina nel periodo
1999	USA, Vansycle Ridge	Uccelli	24	totale impianto/anno	0,63/turbina/anno; correzione per searcher efficiency e scavenging
1999	USA, Vansycle Ridge	Chiroterri	28	totale impianto/anno	0,74/turbina/anno
2003	USA, Top of Iowa	Uccelli	10,8	totale impianto nel periodo 15 apr–15 dic	stima corretta per la stagione monitorata
2003	USA, Top of Iowa	Chiroterri	167,2	totale impianto nel periodo 15 apr–15 dic	stima corretta per la stagione monitorata
2004	USA, Top of Iowa	Chiroterri	636 ± 112	totale impianto nel periodo 15 mar–15 dic	IC 95%; mortalità elevata per il contesto regionale
2009	USA, Cedar Ridge	Uccelli	10,8	per turbina nei 169 giorni monitorati	piccolo+medio, periodo primavera-autunno
2009	USA, Cedar Ridge	Chiroterri	50,5	per turbina nei 169 giorni monitorati	90% CI giornaliera fornita nel report
2010	USA, Cedar Ridge	Uccelli	6,14	per turbina nei 166 giorni monitorati	piccolo+medio, periodo primavera-autunno
2010	USA, Cedar Ridge	Chiroterri	39,8	per turbina nei 166 giorni monitorati	90% CI giornaliera fornita nel report
2008	Spagna, Cadice 20 parchi	Grifone	61	morti/anno	0,2267/turbina/anno, inizio shutdown selettivo [21]
2020	Spagna, Cadice 20 parchi	Grifone	18	morti/anno	0,0669/turbina/anno, dopo 13 anni di shutdown selettivo [21]

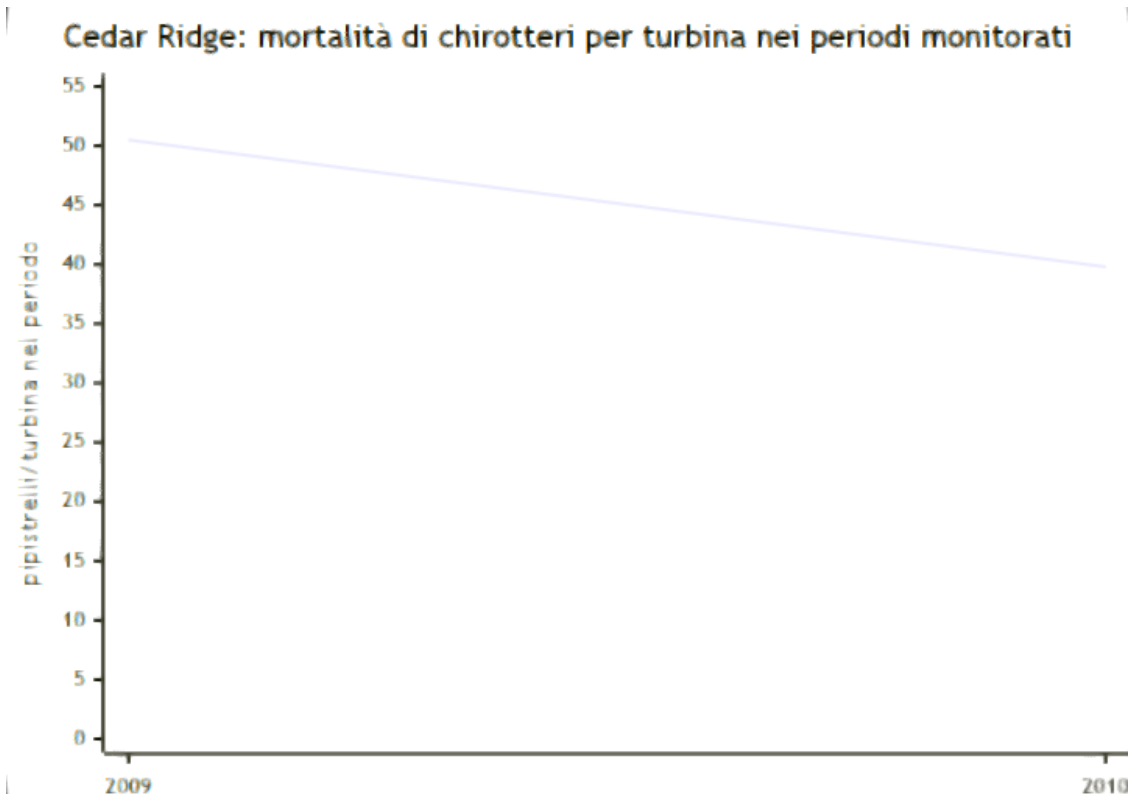
Una seconda tabella serve per gli **ordini di grandezza** regionali e per la stima di **intervalli plausibili** quando il dettaglio impianto-anno non è disponibile pubblicamente.

	• Contesto	• Uccelli	• Chiroteri	• Lettura
USA, AWWIC	riepilogo	mediana uccelli/MW/anno; 3,9/turbina/anno	1,9 mediana pipistrelli/MW/anno; 6,2/turbina/anno	3,1 baseline onshore più robusta e comparabile
Canada, 64 parchi	—	—	media 15,5 3,8/turbina/anno; range 0–103	± forte eterogeneità, pochi hotspot contano molto
Sud Spagna, 20 parchi 2006–2020	0,830 uccelli/turbina/anno	0,101 pipistrelli/turbina/anno	0,101 pipistrelli/turbina/anno	hotspot rapaci ma bat rate media bassa
Messico tropicale	9,06–12,85 uccelli/MW/anno	20,47–43,79 pipistrelli/MW/anno	20,47–43,79 pipistrelli/MW/anno	hotspot nettamente sopra molte serie temperate
Germania, vecchie turbine senza curtailment	—	—	>70/turbina in 2 mesi; 39/MW in 2 mesi	caso estremo, non generalizzabile ma rilevante

La serie di Cadice è uno dei migliori esempi pubblici di trend annuale associato a mitigazione.



La serie di Cedar Ridge, pur limitata a periodi stagionali e non all'intero anno, è utile per visualizzare un **trend impianto-specifico** su valori corretti per turbina.



Per una relazione spaziale completa, la rappresentazione corretta è una mappa di densità o una mappa a punti georeferenziati sul centroide dell'impianto o sulle singole turbine, ma questo è possibile solo quando le coordinate sono pubbliche e uniformemente codificate. Il modello MITECO richiede esplicitamente coordinate UTM di impianto e turbine; al contrario, alcuni dataset di ricerca statunitensi mascherano la posizione esatta per ragioni di riservatezza. Per questo, nella pratica, il report finale dovrebbe prevedere sia mappe puntuali quando i dati lo consentono, sia mappe aggregate per regione amministrativa quando le coordinate non sono divulgabili.

Limiti e raccomandazioni

Il limite principale è l'insufficienza strutturale dei dati pubblici. Anche nelle regioni meglio monitorate, una quota rilevante delle informazioni resta in report di progetto non facilmente accessibili, mentre le banche dati più utili — AWWIC negli Stati Uniti e NatureCounts in Canada — sono preziose ma non sostituiscono una piena disponibilità open di tutte le serie impianto-anno. Per questo motivo un report globale rigoroso deve distinguere chiaramente tra dati osservati pubblici, stime ricostruite da fonti primarie e intervalli plausibili meta-analitici.

Un secondo limite è la non comparabilità dei protocolli. La letteratura mostra che area cercata, intervallo di ricerca, efficienza del cercatore, persistenza delle carcasse, altezza e taglia della turbina, e persino la modalità road/pad versus full-plot possono cambiare fortemente la stima

finale. Perciò, nella sintesi statistica, gli studi non armonizzabili devono essere esclusi dal pooling principale e usati soltanto come confronto qualitativo o come sensitivity set.

Un terzo limite riguarda la predizione ex ante. Le informazioni ante-operam su attività di volo e presenza possono essere molto utili per il siting, ma la sintesi nordamericana di Hein e colleghi mostra che la relazione con la mortalità post-operam resta debole e imprecisa; quindi, non è prudente sostituire il monitoraggio post-operam con soli proxy di rischio. Questo vale in particolare per i chiropteri.

Sul piano operativo, le raccomandazioni più solide sono cinque. La prima è standardizzare il dataset nazionale o multi-paese sul modello a due tabelle descritto sopra, includendo sempre i trial di correzione. La seconda è richiedere ricerche full-plot o, se impossibili, registrare in modo esplicito la DWP. La terza è prevedere monitoraggi che coprano almeno un ciclo annuale completo, con estensione preferibile a due anni quando l'inter-annualità è forte, come raccomanda ISPRA per il quadro conoscitivo e il PMA. La quarta è rendere obbligatoria la pubblicazione del metodo di stima, non del solo numero finale. La quinta è registrare sistematicamente se l'impianto ha applicato curtailment, shutdown selettivo, blade painting o altri sistemi di mitigazione, perché oggi esiste evidenza empirica che queste misure possono modificare i trend di mortalità.

Dal punto di vista delle misure concrete, la letteratura recente suggerisce tre priorità. Per i chiropteri, il curtailment è la misura più robustamente supportata: una meta-regressione 2024 stima una riduzione media del 33% delle fatalità per ogni incremento di 1 m/s della velocità di cut-in, con una riduzione media attesa del 62% a 5,0 m/s. Per i grandi veleggiatori, il shutdown selettivo ha mostrato a Cadice effetti molto forti con costi energetici molto bassi. Per i rapaci in siti hotspot, l'esperienza di Smøla segnala anche il potenziale della verniciatura selettiva delle pale in combinazione con il monitoraggio dei punti critici.

In conclusione, una ricerca statistica realmente difendibile sul numero di esemplari che ogni anno impattano le pale eoliche deve essere costruita come sistema di evidenze comparabili, non come sommatoria di carcasse trovati. Dove i dati pubblici sono completi, si può lavorare a livello di impianto-anno con modelli di conteggio corretti. Dove i dati pubblici sono lacunosi, si devono produrre intervalli plausibili ancorati a meta-analisi e grandi database, dichiarando espressamente le assunzioni su sforzo di ricerca, rilevabilità, rimozione delle carcasse e trasferibilità biogeografica. Solo così il risultato resta insieme sintetico, rigoroso e statisticamente onesto.

<https://pubs.usgs.gov/publication/tm7C19>

<https://pubs.usgs.gov/publication/tm7C19>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320713003522>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320713003522>

<https://tethys.pnnl.gov/publications/3rd-edition-summary-bird-fatality-monitoring-data-contained-awwic>

<https://tethys.pnnl.gov/publications/3rd-edition-summary-bird-fatality-monitoring-data-contained-awwic>

<https://tethys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/Ferrer-et-al-2022.pdf>

<https://tethys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/Ferrer-et-al-2022.pdf>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351989419303075>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351989419303075>

<https://data.jncc.gov.uk/data/2dbc8c68-4118-4908-80fa-1bc33ca72641/owsmrf-scope-of-work-ro-1-1.pdf>

<https://data.jncc.gov.uk/data/2dbc8c68-4118-4908-80fa-1bc33ca72641/owsmrf-scope-of-work-ro-1-1.pdf>

https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/ministerio/servicios/red-de-autoridades-ambientales-raa/00-migraci%C3%B3n/basedatosseguimientomortalidadpeolico_tcm30-542990.pdf

https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/ministerio/servicios/red-de-autoridades-ambientales-raa/00-migraci%C3%B3n/basedatosseguimientomortalidadpeolico_tcm30-542990.pdf

<https://tethys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/JohnsonBuffalo-2000.pdf>

<https://tethys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/JohnsonBuffalo-2000.pdf>

<https://tethys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/Erickson-2000.pdf>

<https://tethys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/Erickson-2000.pdf>

https://tethys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/Koford_etal_2004.pdf

https://tethys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/Koford_etal_2004.pdf

<https://www.usgs.gov/publications/bat-mortality-and-activity-a-northern-iowa-wind-resource-area>

<https://www.usgs.gov/publications/bat-mortality-and-activity-a-northern-iowa-wind-resource-area>

https://tethys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/FonDuLacs_Wind_BatBirdMort.pdf

https://tethys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/FonDuLacs_Wind_BatBirdMort.pdf

<https://tethys.pnnl.gov/publications/3rd-edition-summary-bat-fatality-monitoring-data-contained-awwic-land-based-wind>

<https://tethys.pnnl.gov/publications/3rd-edition-summary-bat-fatality-monitoring-data-contained-awwic-land-based-wind>

<https://tethys.pnnl.gov/publications/bat-mortality-due-wind-turbines-canada>

<https://tethys.pnnl.gov/publications/bat-mortality-due-wind-turbines-canada>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351989422001512>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351989422001512>

<https://tethys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/relating-preconstruction-bat-activity.pdf>

<https://tethys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/relating-preconstruction-bat-activity.pdf>

<https://www.isprambiente.gov.it/files2026/pubblicazioni/manuali-e-linee-guida/llggeolico.pdf>

<https://www.isprambiente.gov.it/files2026/pubblicazioni/manuali-e-linee-guida/llggeolico.pdf>

https://tethys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/Whitby_et_al_2024.pdf

https://tethys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/Whitby_et_al_2024.pdf

QUADRO DEGLI IMPATTI TRA AVIFAUNA E AEROGENERATORI

Indagine sulla letteratura scientifica e sui report — specie del sito «Sassari Eolica» (Campanedda)

Meccanismi di impatto e determinanti del rischio

La letteratura individua quattro meccanismi di impatto degli impianti eolici sull'avifauna: (i) collisione diretta con le pale (rotor-swept zone); (ii) disturbo e spostamento (displacement) dall'area; (iii) effetto barriera sui corridoi e sulle rotte di foraggiamento; (iv) perdita/alterazione di habitat. Il rischio di collisione non è uniforme tra le specie: l'analisi trait-based su scala globale di Thaxter et al. (2017, Proc. R. Soc. B) mostra che sono più vulnerabili le specie grandi, poco manovrabili, a volo veleggiato e che utilizzano le quote spazzate dal rotore, mentre i piccoli passeriformi presentano rischio individuale basso. Studi di simulazione (Effects of turbine dimensions, 2024) confermano che, aumentando la luce da terra da 20 a 100 m, il rischio per le specie a volo basso cala del 56-66%.

Vulnerabilità per gruppo funzionale (sintesi delle evidenze)

Grandi veleggiatori e rapaci (grifone, aquile)

È il gruppo a rischio massimo di collisione. I grandi avvoltoi e le aquile veleggiavano nelle correnti termiche entro la fascia del rotore e non distinguono bene le pale sullo sfondo della vegetazione; la scarsa manovrabilità e la fedeltà ai siti aggravano il rischio. In Spagna sono documentati eventi rilevanti (es. 16 grifoni in Aragona; oltre 2.250 uccelli/pipistrelli rinvenuti sotto le pale nel 2023, con forte sottostima). La misura più efficace è l'arresto automatico su domanda (shutdown-on-demand): un protocollo selettivo su 13 anni ha ridotto la mortalità del Grifone fino a ~92,8% (de Lucas et al.).

Rapaci del genere *Circus* (albanelle, falco di palude)

Collisione tipicamente BASSA per il volo radente e l'efficace comportamento di evitamento (stime di 0,8-2,5 collisioni in 25 anni per l'albanella; NatureScot). Il problema dominante è invece disturbo/effetto barriera e perdita di habitat di caccia, con abbandono dei siti di nidificazione al suolo.

Altri rapaci diurni (gheppio, poiana)

Rischio MEDIO: gheppio e poiana sono tra i rapaci diurni più frequentemente rinvenuti; lo spirito santo (hovering) del gheppio nella fascia del rotore ne accresce l'esposizione. Utile lo shutdown mirato.

Acquatici, ardeidi, limicoli e sterne (fenicottero, aironi, avocetta, cavaliere, beccapesci)

Collisione da BASSA a MEDIA; prevale l'effetto barriera sui voli pendolari fra zone umide e aree trofiche (spec. il Fenicottero, che si sposta in stormi) e il displacement dalle zone umide. Le sterne e gli ardeidi sono esposti nel commuting costiero-lagunare a quota bassa-media.

Insettivori aerei (rondone, rondine, balestruccio, gruccione)

Rischio BASSO-MEDIO: i rondoni figurano ~9% delle carcasse (dopo rapaci e passeriformi) e la mortalità delle rondini cresce con l'altezza delle turbine; l'attrazione degli insetti verso le pale può aumentare la presenza. Il rischio resta comunque inferiore a quello dei grandi veleggiatori.

Passeriformi comuni e specie agricole (maggioranza dell'elenco)

Rischio di collisione individuale BASSO: ~2,1-3,35 piccoli passeriformi per MW/anno; la mortalità incide tipicamente <0,02% della popolazione (Erickson et al. 2014). Il rilievo maggiore per queste specie è la perdita/frammentazione di habitat (specie steppiche e del Farmland Bird Index: occhione, calandro, tottavilla, strillozzo). Attenzione al cumulo in impianti molto estesi o illuminati e ai migratori notturni.

Galliformi e specie di terra (pernice sarda, quaglia)

Collisione BASSA (volo basso, specie prevalentemente terricole); l'impatto è essenzialmente da perdita di habitat e disturbo.

3. Quadro per specie (elenco Sassari)

Specie	Gruppo funzionale	Rischio collisione	Meccanismo prevalente	Evidenza / nota
Grifone	Grande veleggiatore	Alto	Collisione	Volo veleggiato in rotor-swept zone; mortalità documentata; SDOD ~93%
Aquila del Bonelli	Grande rapace	Alto	Collisione barriera	+ Territoriale, dispersione giovanile; CR Italia
Aquila reale	Grande rapace	Alto	Collisione	Veleggiatore, home range vasto
Albanella reale	Rapace Circus	Basso	Barriera/habitat	Volo basso, forte evitamento; sensibile a displacement
Albanella minore	Rapace Circus	Basso	Barriera/habitat	Nidifica al suolo; perdita habitat di caccia
Falco di palude	Rapace Circus	Basso-medio	Habitat/barriera	Legato a zone umide/canneti

Fenicottero	Acquatico gregario	Medio	Barriera	Voli pendolari di stormi tra umido e costa
Airone rosso	Ardeide	Basso-medio	Barriera/habitat	Canneti; spostamenti crepuscolari
Beccapesci	Sterna	Medio	Barriera/collisione	Commuting costiero-lagunare a quota bassa-media
Garzetta	Ardeide	Basso-medio	Barriera	Spostamenti roost/aree trofiche
Avocetta	Limicolo	Basso	Barriera/habitat	Acque basse; disturbo del sito
Cavaliere d'Italia	Limicolo	Basso	Barriera/habitat	Zone umide basse
Gheppio	Rapace diurno	Medio	Collisione	Hovering nella fascia del rotore; tra i più rinvenuti
Poiana	Rapace diurno	Medio	Collisione	Veleggiatore comune
Rondine comune	Insettivoro aereo	Basso-medio	Collisione	Mortalità cresce con l'altezza delle turbine
Rondone comune	Insettivoro aereo	Basso-medio	Collisione	~9% delle carcasse; volo alto
Balestruccio	Insettivoro aereo	Basso	Collisione	Insettivoro aereo
Gruccione	Insettivoro aereo	Basso	Collisione	Ambienti aperti
Storno nero	Passeriforme gregario	Basso	Collisione	Grandi stormi; rischio individuale basso
Corvo imperiale	Corvide	Basso-medio	Collisione	Adattabile, territoriale
Cornacchia grigia	Corvide	Basso	Collisione	Adattabile
Tortora selvatica	Columbide migratore	Basso	Collisione/habitat	Migratrice; in forte declino (moratoria)
Calandro	Passeriforme steppico	Basso	Habitat	Nidifica al suolo; perdita habitat aperto (VU)
Saltimpalo	Passeriforme aperto	Basso	Habitat	Siepi/habitat lineari
Passera sarda	Passeriforme	Basso	—	Rurale, comune
Occhione	Steppico crepuscolare	Basso	Habitat/disturbo	Disturbo cronico, frammentazione (All. I)
Upupa	Passeriforme mosaici	Basso	Habitat	Mosaici aperti/cavità
Colombaccio	Columbide	Basso-medio	Collisione	Stormi; volo veloce

Civetta	Rapace notturno	Basso	Habitat	Agricolo tradizionale
Cuculo	Non-passeriforme	Basso	—	Diffuso
Tottavilla	Alaudide	Basso	Habitat	Habitat aperto-arbustato (All. I)
Strillozzo	Emberizide agricolo	Basso	Habitat	Farmland Bird Index
Verdone	Fringillide	Basso	—	Comune
Usignolo di fiume	Silvide ripariale	Basso	Habitat	Ripariale
Zigolo nero	Emberizide	Basso	—	Agricolo a mosaico
Occhiocotto	Silvide	Basso	—	Macchia
Usignolo	Turdide	Basso	—	Ripariale/boschivo (migratore)
Pigliamosche	Muscicapide	Basso	—	Cavità/insetti; dato di area
Pernice sarda	Galliforme	Basso	Habitat	Terricola; volo basso
Storno	Passeriforme gregario	Basso-medio	Collisione	Grandi stormi
Quaglia	Galliforme migratore	Basso	Habitat/collisione	Terricola; migratrice notturna
Pettiroso	Turdide	Basso	—	Migratore notturno, piccolo
Cinciallegra	Paride	Basso	—	Comune
Fringuello	Fringillide	Basso	—	Comune
Capinera	Silvide	Basso	—	Comune
Cardellino	Fringillide	Basso	—	Comune
Tortora dal collare	Columbide	Basso	—	Sinantropica
Merlo	Turdide	Basso	—	Comune
Gabbiano reale	Laride	Basso-medio	Collisione	Adattabile; basso valore conservazionistico

Legenda rischio collisione: Alto (rosso), Medio-alto (arancio), Medio (giallo), Basso-medio (verde chiaro), Basso (verde). Il livello si riferisce alla collisione diretta; per molte specie il meccanismo dominante è invece barriera o perdita di habitat, indicato in colonna.

Sintesi

Il rischio è fortemente concentrato: i grandi veleggiatori (Grifone, Aquila del Bonelli, Aquila reale) determinano la quota principale del rischio di collisione; i rapaci del genere *Circus* e le specie steppiche/agricole (occhione, calandro, tottavilla, albanelle) sono critici soprattutto per barriera e perdita di habitat; gli acquatici e il fenicottero per l'effetto barriera sui voli pendolari; la grande maggioranza dei passeriformi presenta rischio individuale basso, rilevante solo in termini cumulativi.

Fonti principali

- Thaxter C.B. et al. (2017), Bird and bat species' global vulnerability to collision mortality at wind farms revealed through a trait-based assessment, *Proc. R. Soc. B* 284:20170829.
- Erickson W.P. et al. (2014), A comprehensive analysis of small-passerine fatalities from collision with turbines at wind energy facilities, *PLoS ONE* 9(9):e107491.
- de Lucas M. et al. (2022), Significant decline of Griffon Vulture collision mortality in wind farms during 13-year of a selective turbine stopping protocol, *Global Ecology and Conservation*.
- Vulture Conservation Foundation — dati di mortalità (Aragona, Spagna 2023); database europeo mortalità avvoltoi.
- NatureScot — Wind farm impacts on birds; guida ai collision risk model (albanelle, displacement/effetto barriera, quota di volo).
- Effects of wind turbine dimensions on the collision risk of raptors (2024), *Biological Conservation* (simulazione luce da terra 20-100 m).
- Effects of turbine height and cut-in speed on bat and swallow fatalities (2022), *FACETS* (rondini/insettivori aerei).
- REWI — Collision Impacts (rondoni ~9% carcasse; fattori di rischio).
- ISPRA — Linee guida SIA impianti eolici onshore; EUROBATS (contesto italiano, distanze di rispetto e monitoraggio).

Quantificazione delle esternalità da impatto per l'avifauna

Tutto quanto sopra rappresentato, di seguito si quantificano le esternalità per impatto verso l'avifauna.

Specie	Metodo	Market approach €	Cost approach €	Nota	N. impatti/anno	Sommano in €
Grifone	cost		45.000	Grande veleggiatore; LIFE Safe for Vultures/Under Griffon Wings	1,132	50940
Aquila del Bonelli	cost		55.000	Reintrodotta (LIFE ABILAS); CR in Italia	0,943	51865
Aquila reale	cost		35.000	Grande rapace territoriale	0,755	26425
Albanella reale	cost		12.000	Rapace di ambienti aperti/agro-pastorali	0,736	8832
Albanella minore	cost		18.000	Nidifica al suolo nei coltivi; VU	0,736	13248
Falco di palude	cost		8.000	Legata a zone umide/canneti	0,736	5888
Fenicottero	cost		6.000	Voli pendolari di stormi tra umido e costa	0,425	2550
Airone rosso	cost		4.000	Canneti	0,425	1700
Beccapesci	cost		3.500	Commuting costiero-lagunare	0,425	1487,5
Garzetta	cost		2.500	Spostamenti roost/aree trofiche	0,425	1062,5
Avocetta	cost		3.000	Limicolo delle zone umide	0,377	1131
Cavaliere d'Italia	cost		3.000	Limicolo delle zone umide	0,377	1131
Gheppio	cost		4.000	Rapace comune e adattabile	0,453	1812
Poiana	cost		3.000	Rapace comune	0,453	1359
Rondine comune	cost		800	Insettivoro aereo	0,623	498,4
Rondone comune	cost		1.200	Aereo, quote alte	0,509	610,8
Balestruccio	cost		700	Insettivoro aereo	0,509	356,3
Gruccione	cost		1.500	Ambienti aperti	0,33	495
Storno nero	cost		300	Agricolo/periurbano	0,34	102
Corvo imperiale	cost		1.000	Territoriale ma adattabile	0,33	330
Cornacchia grigia	cost		0	Cacciabile (controllo) ma senza allevamento -> cost	0,396	0
Tortora selvatica	cost		2.500	Formalmente cacciabile ma in MORATORIA UE -> cost	0,264	660
Calandro	cost		1.500	Steppico; nidifica al suolo; VU	0,17	255
Saltimpalo	cost		250	Habitat aperto/siepi	0,226	56,5
Passera sarda	cost		350	Rurale	0,189	66,15
Occhione	cost		3.000	Steppico; disturbo e frammentazione	0,113	339
Upupa	cost		800	Mosaici aperti	0,17	136
Colombaccio	cost		100	Cacciabile ma senza allevamento -> cost	0,189	18,9
Civetta	cost		1.200	Agricolo tradizionale	0,113	135,6

Cuculo	cost		500	Diffuso	0,113	56,5
Tottavilla	cost		2.000	Habitat aperto-arbustato; All. I	0,113	226
Strillozzo	cost		1.500	Cerealicolo (Farmland Bird Index)	0,113	169,5
Verdone	cost		400	Comune	0,113	45,2
Usignolo di fiume	cost		300	Ripariale	0,075	22,5
Zigolo nero	cost		500	Agricolo a mosaico	0,075	37,5
Occhiocotto	cost		250	Macchia/arbusti	0,075	18,75
Usignolo	cost		500	Ripariale/boschivo	0,094	47
Pigliamosche	cost		600	Cavità/insetti	0,075	45
Pernice sarda	market	100		Cacciabile/acquistabile -> MARKET (Forests 25€ x4). Cost V* 500€ non cumulato	0,038	3,8
Sturno	cost		200	Cacciabile ma senza allevamento -> cost	0,113	22,6
Quaglia	market	12		Cacciabile/acquistabile -> MARKET (3€ x4). Cost V* 150€ non cumulato	0,057	0,684
Pettiroso	cost		250	Comune	0,075	18,75
Cinciallegra	cost		250	Comune	0,075	18,75
Fringuello	cost		200	Comune	0,075	15
Capinera	cost		250	Comune	0,075	18,75
Cardellino	cost		300	Comune	0,075	22,5
Tortora dal collare	cost		120	Sinantropica	0,075	9
Merlo	cost		200	Cacciabile ma senza allevamento -> cost	0,057	11,4
Gabbiano reale	cost		0	Sinantropica abbondante (CESI 0€); valore prudenziale minimo	0,566	0

La “somma complessiva di attualizzazione” (cioè il valore attuale totale oggi) di un flusso costante di **174.299,834 € per 30 anni** è:

è:

$$VA = C \cdot \frac{1 - (1 + r)^{-n}}{r}$$

- $C = 174.299,834$
- $n = 30$
- $r =$ tasso annuo di attualizzazione (es. 0,03 per 3%)

Questa è la formula della rendita posticipata a n periodi

La somma totale di questa externalità valutata per ogni singolo anno è di 174.299,834 €

Con un tasso di attualizzazione di 3% annuo, il valore attuale complessivo oggi di un flusso costante di 174.299,834 € per 30 anni è:

$30 \times 174.299,834 = 5.228.995,02$ € Con un tasso di attualizzazione di 3% annuo, il valore attuale complessivo oggi di un flusso costante di 174.299,834 € per 30 anni è:

VA=3.416.353,67 €

Sottrazione di habitat ed effetto Barriera

Altra externalità considerata è la sottrazione di habitat e l'effetto barriera che vengono riportati come somma del totale per tutti 30 anni attualizzati all'anno zero, poiché ritenuti persistenti anticipati all'attualità.

Specie	Sottrazione habitat (livello)	Sottrazione € (indic.)	Effetto barriera (livello)	Barriera € (indic.)
Grifone	Alto	5.000	Alto	3.000
Aquila del Bonelli	Alto	5.000	Alto	3.000
Aquila reale	Alto	5.000	Alto	3.000
Albanella reale	Alto	5.000	Medio	1.000
Albanella minore	Alto	5.000	Medio	1.000
Falco di palude	Alto	5.000	Medio	1.000
Fenicottero	Medio	2.000	Alto	3.000
Airone rosso	Alto	5.000	Medio	1.000
Beccapesci	Medio	2.000	Medio	1.000
Garzetta	Medio	2.000	Medio	1.000
Avocetta	Medio	2.000	Basso	300
Cavaliere d'Italia	Medio	2.000	Basso	300
Gheppio	Basso	500	Basso	300
Poiana	Basso	500	Basso	300
Rondine comune	Basso	500	Basso	300
Rondone comune	Nulla	0	Basso	300
Balestruccio	Basso	500	Basso	300
Gruccione	Basso	500	Basso	300
Storno nero	Basso	500	Basso	300
Corvo imperiale	Basso	500	Basso	300
Cornacchia grigia	Basso	0	Basso	0
Tortora selvatica	Medio	2.000	Medio	1.000
Calandro	Alto	5.000	Basso	300
Salimpalo	Medio	2.000	Basso	300
Passera sarda	Basso	500	Basso	300
Occhione	Alto	5.000	Medio	1.000
Upupa	Medio	2.000	Basso	300
Colombaccio	Basso	500	Basso	300
Civetta	Basso	500	Basso	300
Cuculo	Basso	500	Basso	300
Tottavilla	Alto	5.000	Basso	300
Strillozzo	Medio	2.000	Basso	300

Verdone	Basso	500	Basso	300
Usignolo di fiume	Basso	500	Basso	300
Zigolo nero	Basso	500	Basso	300
Occhiocotto	Basso	500	Basso	300
Usignolo	Basso	500	Basso	300
Pigliamosche	Basso	500	Basso	300
Pernice sarda	Medio	2.000	Basso	300
Storno	Basso	500	Basso	300
Quaglia	Medio	2.000	Basso	300
Pettirosso	Basso	500	Basso	300
Cinciallegra	Basso	500	Basso	300
Fringuello	Basso	500	Basso	300
Capinera	Basso	500	Basso	300
Cardellino	Basso	500	Basso	300
Tortora dal collare	Basso	500	Basso	300
Merlo	Basso	500	Basso	300
Gabbiano reale	Basso	0	Basso	0
	Totale Sottrazione di Habitat	84.500	Totale effetto Barriera	30.500
	Sommano	115.000		

Se consideriamo i **115.000 €** come somma totale dei 30 anni collocata al **valore medio temporale**, cioè circa al **15° anno**, e attualizziamo al **3% annuo**, il valore attuale oggi è:

$$VA = \frac{115.000}{(1 + 0,03)^{15}} \approx 73.814 \text{ €}$$

Sintesi

- Importo futuro “medio” (anno 15): 115.000 €
- Tasso di attualizzazione: 3% annuo

Valore attuale: **73.814 €**

Esternalità da impatto sulla chiroterofauna — recepimento (voce prima a zero)

Stima della mortalità dei chiroteroteri

I dati raccolti (Abruzzo, Grecia NE, Spagna – Cadice e Valle dell'Ebro; review Rydell et al. 2010; database EUROBATS) sono utilizzabili per Campanedda, ma — come conclude lo stesso studio — non esiste un valore nazionale unico trasferibile. La stima va costruita per SCENARI e RANGE, calibrata sul paesaggio locale e corretta per i bias di rilevamento (rimozione carcasse, efficienza dei cercatori, area cercata), poiché i conteggi grezzi sottostimano fortemente la mortalità reale (a Cadice la correzione porta da conteggi modesti a ~41 chiroteroteri/turbina/anno).

Inquadramento del sito e scenario di paesaggio

Campanedda è nella Nurra interna, in paesaggio agricolo mediterraneo complesso, con elementi che aumentano l'attività dei chiroteroteri: aree umide entro il buffer (OPF di Leccari; nell'area vasta), l'asse ripariale del Rio Mannu e la grotta di Monte Alvaro (rifugio ipogeo rilevante per il Miniottero). Si colloca quindi nella fascia intermedia della classificazione di Rydell (paesaggio agricolo complesso: ~2–5 chiroteroteri/turbina/anno in valore osservato), con possibili incrementi locali in prossimità di acqua e rifugi. Specie attese e loro affinità (MASE): *Pipistrellus kuhlii* (dominante in ambiente agricolo/periurbano), *P. pygmaeus* (corsi d'acqua/zone umide – Rio Mannu, Leccari), *P. pipistrellus* (margini e mosaici), *Hypsugo savii* (comune e diffuso), *Tadarida teniotis* (rupestre/valli, bassa frequenza), *Miniopterus schreibersii* (troglodilo – critico se vicino a Monte Alvaro).

Metodo di stima

- Benchmark osservato (grezzo): scenario di paesaggio Rydell (agricolo complesso) ~2–5 chiroteroteri/turbina/anno, coerente con la media greca (2,08/turbina/anno) e superiore ai minimi italiani non corretti (Abruzzo).
- Correzione dei bias (EUROBATS): fattore prudenziale $\times 3\text{--}4$ dal grezzo al reale (in linea con gli studi corretti spagnoli).
- Composizione per specie: da studi mediterranei (Grecia, Valle dell'Ebro) – *Pipistrellus* spp. dominanti (~80%, con *P. kuhlii* capofila in Italia agricola), *H. savii* minoritario, *T. teniotis* e *M. schreibersii* pochi individui/anno.

Stima per specie (individui/anno) — impianto da 5 turbine

Specie	Grezzo /turbina·anno	Corretto /turbina·anno	Impianto (5 WTG) — min	Impianto — tipico
Pipistrellus kuhlii	0,4–0,9	1,5–3,0	5	10
Pipistrellus pygmaeus	0,3–0,7	1,0–2,4	3	7
Pipistrellus pipistrellus	0,3–0,6	1,0–2,0	3	6
Hypsugo savii	0,1–0,4	0,5–1,2	1	3
Tadarida teniotis	0,02–0,1	0,1–0,4	0	1
Miniopterus schreibersii*	0,02–0,1	0,1–0,6	0	1
TOTALE impianto	~1–3	~4–9	~12	~28

* *Miniopterus schreibersii*: specie troglodila; il valore «alto» va usato se il layout intercetta corridoi verso la grotta di Monte Alvaro o l'Oasi di Leccari. Valori corretti (mortalità reale stimata); i valori «grezzi» rappresentano il minimo osservabile prima della correzione dei bias.

Lettura del risultato

La stima tipica è dell'ordine di ~28 chiroteri/anno per l'intero impianto ($\approx 5\text{--}6$ per turbina), con un range prudenziale ~12–48/anno. Riferimento gestionale: il criterio spagnolo MITERD considera «pericoloso» un aerogeneratore con mortalità stimata > 10 chiroteri/turbina·anno; a Campanedda lo scenario tipico resta al di sotto di tale soglia per turbina, ma lo scenario alto vi si avvicina, soprattutto in prossimità di acqua e rifugi ipogei. Va inoltre ricordato che l'aumento della cut-in speed a 6 m/s e i dissuasori a ultrasuoni riducono la mortalità in misura documentata del 30–60%, abbassando i valori sopra riportati.

Uso nella valutazione economica

Il numero stimato di individui/anno per specie si combina con il valore unitario della chiroterofauna (elaborato «Cost approach chiroteri»: € 200–700/individuo, con il Miniottero a € 700 e riferimento per colonia) per ottenere l'esternalità annua: $\text{Esternalità} = \sum (\text{valore unitario} \times \text{n. individui/anno})$. Trattandosi di stime da proxy trasferiti, i valori vanno usati come range e confermati con il monitoraggio acustico e la ricerca carcasse post operam secondo Eurobats.

Limiti e raccomandazioni

Bisogna ricordare che sono stime da trasferimento di proxy mediterranei, non misure locali caratterizzate da incertezza, da restituire ed adattare con il monitoraggio anteoperam e post operam per tutta la durata del progetto.

La micro-localizzazione rispetto a Rio Mannu, Oasi di Leccari e grotta di Monte Alvaro pesa quanto la specie: verificare distanze e corridoi (linee guida EUROBATS, distanza di rispetto dai rifugi).

Obbligatorie sono il monitoraggio acustico ante operam e ricerca carcasse per tutta la durata della vita dell'impianto o almeno sino alla correzione dei bias (rimozione, efficienza, area cercata). Sono obbligatorie le misure per la riduzione degli impatti e già rappresentate nella sezione specifica.

Fonti

- Ferri/Locasciulli et al. 2011 (Abruzzo) — primi dati italiani di mortalità a turbine.
- Georgiakakis et al. 2012 — Bat fatalities at wind farms in NE Greece (2,08/turbina·anno).
- Salguero et al. 2023; studio correttivo Cadice (fino a 41 chiroterri/turbina·anno con correzione bias).
- Camiña et al. 2022 e 2022b — Valle dell'Ebro (composizione specifica, detectability, persistenza).
- Santos et al. 2013 — Portogallo (P. kuhlii tra le 4 specie a maggiore mortalità).
- Rydell et al. 2010 — review europea (gradiente 0–3 / 2–5 / 5–20 per paesaggio).
- EUROBATS IWG 2019 e Publication Series n. 6 — database europeo e protocolli di correzione; criterio gestionale MITERD > 10/turbina·anno.
- MASE — schede specie (affinità ecologiche di P. kuhlii, P. pygmaeus, H. savii, T. teniotis, M. schreibersii).

Determinazione del valore

La chiroterrofauna, in precedenza valorizzata a costo zero, è ora inclusa. Le sei specie rilevate sono tutte in Allegato IV della Direttiva Habitat (tutela rigorosa) e prive di mercato legale: il valore per individuo è determinato con il cost approach (costo di monitoraggio, creazione/protezione di rifugi e gestione dell'habitat di foraggiamento; dettaglio nell'elaborato «Cost approach chiroterri»). Va inoltre ricordato che, per i chiroterri, la mortalità per collisione/barotrauma agli impianti eolici è tipicamente superiore a quella dell'avifauna, e va quantificata con monitoraggio acustico e ricerca carcasse post operam secondo i protocolli Eurobats.

Specie	V* € / individuo	N. individui/anno	Costo €/anno
Pipistrellus pipistrellus	200	6]	1200
Pipistrellus kuhlii	200	10	2000
Hypsugo savii	220	3	660
Tadarida teniotis	350	1]	350
Pipistrellus pygmaeus	300	7]	2100
Miniopterus schreibersii	700	1	700
TOTALE		28	7010

Il numero di individui abbattuti/anno per specie va stimato dal monitoraggio acustico e dalla ricerca carcasse post operam (Eurobats), corretto per rimozione e efficienza del rilevatore. L'aumento della cut-in speed a 6 m/s e i dissuasori a ultrasuoni riducono n (efficacia prudenziale 60%)

Miniottero (Miniopterus schreibersii) — riferimento per colonia. Trattandosi di specie cavernicola coloniale con popolazione sarda concentrata in poche grotte, l'impatto rilevante non è solo il singolo individuo ma la potenziale perdita/abbandono di una colonia per effetto barriera o disturbo del sito. In tal caso la perdita economica è un salto di scala, dell'ordine del valore di ripristino di una colonia: circa 90.000 € per una grotta chiave tipo Monte Alvaro. Questa

voce va computata come costo potenziale a sé, con premio di non-sostituibilità, e non per semplice divisione tra gli individui.

Il **Miniottero** qui è valutato per individuo ($€700 \times 1$ individuo). Il layout intercetta i corridoi verso la **grotta di Monte Alvaro**, va considerato a parte il **rischio per colonia** ($\sim € 90.000$ una tantum), che non entra in questa riga annuale ma è una voce potenziale a sé.

- La somma nominale dei costi è:
- $30 \times 7.010 € = 210.300 €$
- Attualizzando al 3%, il valore attuale è circa 137.399 €,

A questi si aggiungono il rischio per la perdita della colonia: 90.0000 €

TOTALE Esternalità 227.399 €

6.5.5. Occupazione temporanea del suolo

Gli impianti eolici e le relative infrastrutture, civili ed elettriche, possono potenzialmente interferire, in vario modo, con le attività economiche e con l'utilizzo del suolo ad esse correlato.

Un effetto diretto è conseguente alla sottrazione diretta di terreno (piazzole di macchina, aree per le stazioni di utenza e/o connessione alla RTN, nuove strade, ecc.). Gli impianti eolici possono, inoltre, localmente risultare incompatibili o scarsamente compatibili con la presenza di civili abitazioni nelle immediate vicinanze delle installazioni, in particolare per problemi associati all'emissione di rumore.

D'altro canto, la presenza degli aerogeneratori è assolutamente compatibile con l'esercizio delle normali pratiche agricole e zootecniche.

Un ulteriore effetto potenziale, riscontrato anche per linee elettriche AT (CESI, 2008), può riferirsi alla modifica del valore delle abitazioni, mentre non si hanno segnalazioni analoghe riguardo alle industrie o al commercio.

I costi, ovvero la perdita economica, relativi all'occupazione di suolo per la realizzazione del parco eolico Sassari possono essere stimati facendo riferimento al valore agricolo del terreno sulla base delle colture praticate.

Per il parco eolico Sassari il suolo effettivamente "sottratto" temporaneamente, ovvero per le fasi di costruzione e dismissione e durante l'esercizio impiantistico, ovvero nei 30 anni stimati

di vita produttiva dell'impianto eolico Sassari, viene descritto per unità pedologica e relativo quadro riassuntivo:

Aree Temporanee di Cantiere

Classificazione del suolo	Area m²
Lithic Xerorthents, Lithic Haploxerepts e Psammentic Haploxerafs	295,22
Lithic Xerorthents e Rock outcrop. Typic Haploxerepts, Calcic Haploxerepts	1671,30
Lithic Xerorthents, Lithic Haploxerepts e Psammentic Haploxeraf	237,12
Lithic Xerorthents e Rock outcrop. Typic Haploxerepts, Calcic Haploxerepts	385,06
Typic Haploxerepts, Calcic Haploxerepts, Typic Haploxerafs e Alfic Xerarents	415,53
Lithic Xerorthents e Rock outcrop. Typic Haploxerepts, Calcic Haploxerepts e Lithic Haploxerafs	117,38
Lithic Xerorthents, Lithic Haploxerepts e Psammentic Haploxerafs	1233,65
Lithic Xerorthents e Rock outcrop. Typic Haploxerepts, Calcic Haploxerepts e Lithic Haploxerafs	278,45
Typic Haploxerepts, Calcic Haploxerepts, Typic Haploxerafs e Alfic Xerarents	16,77
Lithic Xerorthents, Typic Haploxerepts, Lithic Haploxerafs, Typic Haploxerafs	1908,41
Lithic Xerorthents, Typic Haploxerepts, Typic Haploxerafs	800,59
Lithic Xerorthents, Lithic Haploxerepts, Typic Haploxerepts, Typic Haploxerafs	1351,02
Lithic Haploxerepts, Typic Haploxerepts e Calcic Haploxerafs	668,25
Lithic Xerorthents e Typic Xerorthents	1194,51
Lithic Xerorthents, Lithic Haploxerepts e Calcic Haploxerafs.	304,28
Lithic Haploxerepts, Typic Haploxerepts e Calcic Haploxerafs	496,19
Lithic Xerorthents, Lithic Haploxerepts e Calcic Haploxerafs.	135,10
Lithic Xerorthents	1002,80
Lithic Haploxerepts, Typic Haploxerepts	348,22
Lithic Xerorthents, Alfic Xerarents, Typic Haploxerafs	1351,01
Lithic Xerorthents, Typic Haploxerepts, ,Typic Haploxerafs	207,13
Lithic Xerorthents, Alfic Xerarents, Lithic Haploxerepts	1705,01
Lithic Xerorthents, Alfic Xerarents, Lithic Haploxerepts	800,47
Lithic Xerorthents, Alfic Xerarents, Lithic Haploxerepts	139,61
Lithic Xerorthents, Alfic Xerarents, Lithic Haploxerepts	250,74
Lithic Xerorthents e Typic Xerorthents.	1351,02
Lithic Xerorthents e Typic Xerorthents.	1908,41
Lithic Xerorthents e Typic Xerorthents.	800,59
Lithic Xerorthents e Typic Xerorthents.	295,22
Superficie Totale delle Aree Temporanee di Cantiere	21.669,04

Area Stazione TERNA

Classificazione del suolo	Area m²
Typic Haploxerafs, Calcic Haploxerafs, Lithic Rhodoxerafs e Typic Rhodoxerafs	20.891,00

Nuova Viabilità

Classificazione del suolo	Area m²
Lithic Xerorthents, Typic Haploxerepts, Typic Haploxeralfs, Calcic Haploxeralfs,	956,08
Lithic Xerorthents, Haplic Xerarents.	287,55
Lithic Xerorthents e Rock outcrop. Typic Haploxerepts, Calcic Haploxerepts e Lithic Haploxeralfs	627,28
Lithic Xerorthents, Lithic Haploxerepts e Psammentic Haploxeralfs	113,91
Lithic Xerorthents e Rock outcrop. Typic Haploxerepts, Calcic Haploxerepts e Lithic Haploxeralfs	699,45
Lithic Xerorthents, Lithic Haploxerepts e Psammentic Haploxeralfs	43,83
Lithic Xerorthents e Rock outcrop. Typic Haploxerepts, Calcic Haploxerepts e Lithic Haploxeralfs	589,45
Lithic Xerorthents, Lithic Haploxerepts e Psammentic Haploxeralfs	335,25
Lithic Xerorthents e Rock outcrop. Typic Haploxerepts, Calcic Haploxerepts e Lithic Haploxeralfs	660,87
Lithic Xerorthents, Lithic Haploxerepts e Psammentic Haploxeralfs	262,86
Typic Haploxeralfs, Calcic Haploxeralfs, Lithic Rhodoxeralfs e Typic Rhodoxeralfs	955,40
Lithic Xerorthents, Haplic Xerarents	291,96
Typic Haploxeralfs, Calcic Haploxeralfs, Lithic Rhodoxeralfs e Typic Rhodoxeralfs	32,51
Typic Haploxeralfs, Calcic Haploxeralfs, Lithic Rhodoxeralfs e Typic Rhodoxeralfs	1119,98
Typic Haploxeralfs, Calcic Haploxeralfs, Lithic Rhodoxeralfs e Typic Rhodoxeralfs	32,51
Typic Haploxeralfs, Calcic Haploxeralfs, Lithic Rhodoxeralfs e Typic Rhodoxeralfs	1117,39
Typic Haploxeralfs, Calcic Haploxeralfs, Lithic Rhodoxeralfs e Typic Rhodoxeralfs	70,57
Typic Haploxeralfs, Calcic Haploxeralfs, Lithic Rhodoxeralfs e Typic Rhodoxeralfs	32,51
Typic Haploxeralfs, Calcic Haploxeralfs, Lithic Rhodoxeralfs e Typic Rhodoxeralfs	878,58
Typic Haploxeralfs, Calcic Haploxeralfs, Lithic Rhodoxeralfs e Typic Rhodoxeralfs	879,16
Typic Haploxeralfs, Calcic Haploxeralfs, Lithic Rhodoxeralfs e Typic Rhodoxeralfs	924,95
Typic Haploxeralfs, Calcic Haploxeralfs, Lithic Rhodoxeralfs e Typic Rhodoxeralfs	217,18
Typic Haploxeralfs, Calcic Haploxeralfs, Lithic Rhodoxeralfs e Typic Rhodoxeralfs	10,96
Typic Haploxeralfs, Calcic Haploxeralfs, Lithic Rhodoxeralfs e Typic Rhodoxeralfs	892,30
Typic Haploxeralfs, Calcic Haploxeralfs, Lithic Rhodoxeralfs e Typic Rhodoxeralfs	6,87
Typic Haploxeralfs, Calcic Haploxeralfs, Lithic Rhodoxeralfs e Typic Rhodoxeralfs	421,82
Typic Haploxeralfs, Calcic Haploxeralfs, Lithic Rhodoxeralfs e Typic Rhodoxeralfs	32,51
Typic Haploxeralfs, Calcic Haploxeralfs, Lithic Rhodoxeralfs e Typic Rhodoxeralfs	13,33
Lithic Xerorthents, Haplic Xerarents	287,59

Lithic Xerorthents	367,80
Lithic Haploxerepts, Typic Haploxerepts e Calcic Haploxerafs	184,36
Lithic Xerorthents, Haplic Xerarents	114,67
Lithic Haploxerepts, Typic Haploxerepts e Calcic Haploxerafs	389,56
Lithic Xerorthents e Typic Xerorthents	445,51
Lithic Xerorthents, Haplic Xerarents	392,46
Lithic Xerorthents	338,73
Lithic Haploxerepts, Typic Haploxerepts e Calcic Haploxerafs	551,83
Lithic Xerorthents e Typic Xerorthents	460,49
Lithic Xerorthents, Haplic Xerarents	102,54
Lithic Xerorthents, Haplic Xerarents	433,38
Lithic Xerorthents, Typic Haploxerepts, Typic Haploxerafs, Calcic Haploxerafs	9,32
Lithic Xerorthents, Haplic Xerarents	291,99
Superficie Totale delle Aree Nuova Viabilità	16.877,21

Stazione elettrica utente

Classificazione del suolo	Area m ²
Typic e Lithic Xerorthents, Alfic Xerarents, Lithic Haploxerepts	187,88

Piazzole per manutenzione

Classificazione del suolo	Area m²
Typic Xerorthents. Inclusioni non limitanti di: Typic Haploxerepts e Calcic Haploxeralfs.	98,05
Typic Xerorthents. Inclusioni non limitanti di: Typic Haploxerepts e Calcic Haploxeralfs.	154,30
Typic Xerorthents, Typic Haploxerepts, Calcic Haploxeralfs e Typic Rhodoxeralfs	0,61
Typic Xerorthents, Typic Haploxerepts, Typic Haploxeralfs, Calcic Haploxeralfs, e Typic Rhodoxeralfs.	11,70
Typic Xerorthents, Typic Haploxerepts, Typic Haploxeralfs, Calcic Haploxeralfs e Typic Rhodoxeralfs.	729,56
Typic Xerorthents, Typic Haploxerepts, Typic Haploxeralfs, Calcic Haploxeralfs e Typic Rhodoxeralfs	576,44
Typic Haploxerepts, Calcic Haploxeralfs e Typic Rhodoxeralfs.	16,32
Typic Xerorthents	576,45
Typic Xerorthents	729,56
Typic Xerorthents, Typic Haploxerepts, Calcic Haploxerepts, e Typic Haploxeralfs	16,32
Typic Haploxerepts e Calcic Haploxeralfs	478,40
Typic Haploxerepts e Calcic Haploxeralfs	575,26
Typic Haploxerepts e Calcic Haploxeralfs	16,32
Typic Haploxerepts e Calcic Haploxeralfs	729,56
Typic Xerorthents	576,45
Typic Xerorthents	16,32
Typic Xerorthents, Typic Haploxerepts, Calcic Haploxerepts, e Typic Haploxeralfs	575,83
Typic Xerorthents, Alfic Xerarents, Typic Haploxeralfs, Calcic Haploxeralfs,	717,86
Typic Xerorthents, Alfic Xerarents, Typic Haploxeralfs, Calcic Haploxeralfs,	16,32
Superficie Totale delle Piazzole	6.611,61

Totale delle Superfici

Occupazione temporanea e ripristino

Superficie Totale delle Aree Temporanee di Cantiere	21.669,04 m²
--	------------------------------------

Totale delle Superfici di Suolo Consumate (ripristino a fine esercizio nel lungo periodo)

Superficie Totale delle Piazzole	6.611,61
Stazione elettrica utente	187,88
Superficie Totale delle Aree Nuova Viabilità	16.877,21
Area Stazione TERNA	20.891,00
TOTALE	44.567.70.

Se escludiamo la Stazione TERNA a disposizione di più utenze, il consumo determinato dal Parco Eolico Sassari è di 23.676,70 m² di suolo, ovvero **02.36.76 ettari** (il calcolo tiene conto di 1/6 pari alla quota di partecipazione al "Condominio").

Nella stima dei costi *sociali* si fa riferimento ai redditi mancati (costo opportunità) che non potranno essere goduti a causa dell'utilizzo del suolo per altre finalità. Tali redditi sono quelli derivanti dalla coltivazione e corrispondono al reddito ritraibile dal conduttore del fondo in base alla tipologia di attività praticata. Per questa valutazione faremo ricorso al Reddito Lordo Standard (RLS), che rappresenta il criterio economico utilizzato per classificare le aziende agricole della UE, conosciuta come "Tipologia comunitaria delle aziende agricole".

Nella stima del danno connesso alla sottrazione di suolo è opportuno, in ogni caso, distinguere tra l'ottica privata e quella pubblica. Mentre il danno subito dal proprietario corrisponde esattamente al valore di mercato del terreno sottratto, cioè alla somma che dovrebbe spendere per reintegrare la parte sottratta all'azienda, il danno *sociale* è notevolmente inferiore poiché deve fare riferimento esclusivamente ai minori redditi che potranno essere goduti dal conduttore del fondo in base alla tipologia di attività praticata.

Tali redditi sono esclusivamente quelli derivanti dall'uso agricolo o zootecnico e corrispondono al beneficio fondiario, cioè al reddito del proprietario fondiario. Al riguardo può assumersi come riferimento il Reddito Lordo Standard (RLS), che rappresenta il criterio economico alla base della classificazione delle aziende agricole europee, conosciuta come Tipologia comunitaria delle aziende agricole. Il RLS viene calcolato a livello regionale sulla base di dati empirici per ogni attività produttiva agricola finalizzata all'allevamento di bestiame o all'utilizzo agricolo del terreno.

Nel caso specifico, considerato il prevalente utilizzo dei terreni per finalità agricole, ai fini dell'attribuzione del costo di mercato dei terreni si è optato di far riferimento al valore

economico dei seminativi, come desumibile dai dati pubblicati dall'Agenzia delle Entrate Sezione Territorio e riportata da EXEO come Valore agricolo medio pari a 15.000 €/ha.

Il RLS aziendale è il risultato della somma:

- per le produzioni vegetali: RLS/anno per ettaro di superficie coltivata e le rispettive superfici interessate alle colture praticate in azienda;

Per il progetto di parco eolico Sassari, le aree interessate dagli interventi ricadono in terreni adibiti prevalentemente a produzione di cerealicole, frumento, e quindi si fa riferimento al

valore relativo a questo utilizzo siglato D18B, che è pari a 849,00 €/ha per anno. Fonte Regione Sardegna PSR.

Quindi per ogni anno di vita utile dell'impianto avremo dei redditi mancati (e dunque costi) stimabili in:

Primo anno che comprende la realizzazione dell'impianto:

occupazione temporanea 02.16.69 ha

occupazione permanente 02.36.77 ha

stazione TERNA 02.08.91 ha

Superficie totale 06.62.64 ha

Mancato reddito del primo anno: Superficie totale(ha) x PST frumento duro (€/ha)

06.62.64 ha x 849,00 €/ha= 5.625,81 €

Mancato reddito agricolo per 30 anni successivi per la sola parte in occupazione definitiva e della stazione TERNA:

Superficie occupata per 30 anni = 04.45.68 ha

PST Frumento duro = 849 €

Totale anno 04.45.68 ha x 849,00 €/ha= 3.783,32 €

Mentre il mancato reddito valutato per 30 anni è di (3.783,32 € x 30) = 113.514,70 €

Il tasso utilizzato è come da decreto MISE del 28/12/2023 che determina il tasso da utilizzare per tutto l'anno 2024 attualizzazione e rivalutazione ai fini della concessione ed erogazione delle agevolazioni in favore delle imprese è pari al 5,11%.

Per cui:

113.514,70 € x 0,0511 = 44.814,33 €

Pertanto i mancati redditi sono pari a = 1 anno+ 30 anni di funzionamento

5.625,81 € + 44.814,33 € = 50.440,14 €

Consumo del suolo

Rispetto al punto precedente si valuta l'effettivo consumo di suolo dell'opera, che si riduce alle sole superficie impermeabilizzate dai basamenti, dalla platea di fondazione della Cabina

Utente e dell'area della Stazione Elettrica "Fiumesanto 2", ovvero lo spazio occupato fisicamente dalle strutture.

Il basamento prefabbricato di fondazione della cabina Utente è considerato, in via conservativa, come se fosse una cementificazione che soffoca il terreno destinato o potenzialmente destinato all'agricoltura.

Il costo ambientale immediato dell'impermeabilizzazione è la perdita di servizi ecosistemici, ovvero di quei benefici che l'uomo ottiene, direttamente o indirettamente, dagli ecosistemi e necessari al proprio sostentamento.

Questo comprende i servizi ecosistemici del suolo e del soprassuolo, essendo questi connessi, come quelli della vegetazione, espressa in termini generici e di non particolare interesse fitogeografico, come nel caso della Macchia Mediterranea.

Sulla base di queste analisi nel rapporto 2023 "Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici" elaborato dall'ISPRA, il paragrafo "Impatto sul consumo di suolo in Italia" riporta: *L'impatto economico del consumo di suolo in Italia è stato – in questa sede – stimato attraverso la contabilizzazione dei costi associati alla perdita dei servizi ecosistemici connessi. Partendo tuttavia dalle elaborazioni effettuate è possibile notare che il costo imputabile al suolo consumato, e dovuto alla non erogazione dei servizi ecosistemici oggetto di stima, varia tra i 538,3 e gli 824,5 milioni di euro, pari a 36.000 – 55.000 € per ogni ettaro di suolo consumato.* Per tutti i costi attribuibili al consumo di suolo, considerando il valore medio di 45.500 €/ha

Costo del consumo di suolo è stimato in $2,9677 \times 45.500,00 \text{ €/anno} = 135.030,35 \text{ €/anno}$

$135.030,35 \text{ €/anno} \times 30 \text{ anni} = 4.050.910,50 \text{ €}$

Attualizzato con un interesse pari 3% l'importo ottenuto è di 2.646.654,46 €

6.5.7. Produzione di energia elettrica da fonte eolica

Per la quantificazione dei costi collettivi collegati alla produzione di energia in generale si fa riferimento all'Agenzia per l'Ambiente dell'Unione Europea (Environmental European Agency - EEA) che ha indicato un insieme di indicatori EN35 - External costs of electricity production che ci danno indicazioni sulle varie tipologie di produzione dell'energie e sui relativi costi.

Sono stati considerati tre componenti di costi esterni, a) costi inerenti ai danni provocati dai cambiamenti climatici associati alle emissioni di CO₂, b) costi inerenti i danni es. alla salute umana provocati dagli altri elementi chimici inquinanti (biossido di zolfo (SO₂), ossidi di azoto (NO_x), pulviscolo atmosferico con diametro inferiore a 10 millesimi di millimetro (PM₁₀), e c)

gli altri costi sociali non -ambientali per le tecnologie di generazione di energia elettrica non fossili.

Considerando l'estrema difficoltà di valutazione e quindi di quantificazione, nessuna delle attuali stime dei costi esterni includono tutti gli effetti del cambiamento climatico, né le esternalità negative in ambito sociale.

Per l'ACB si prende in considerazione il documento edito dall'RSE Spa – “Ricerca sul Sistema Energetico dal titolo Energia Elettrica, anatomia dei costi”, di cui si riporta una tabella di confronto significativa.

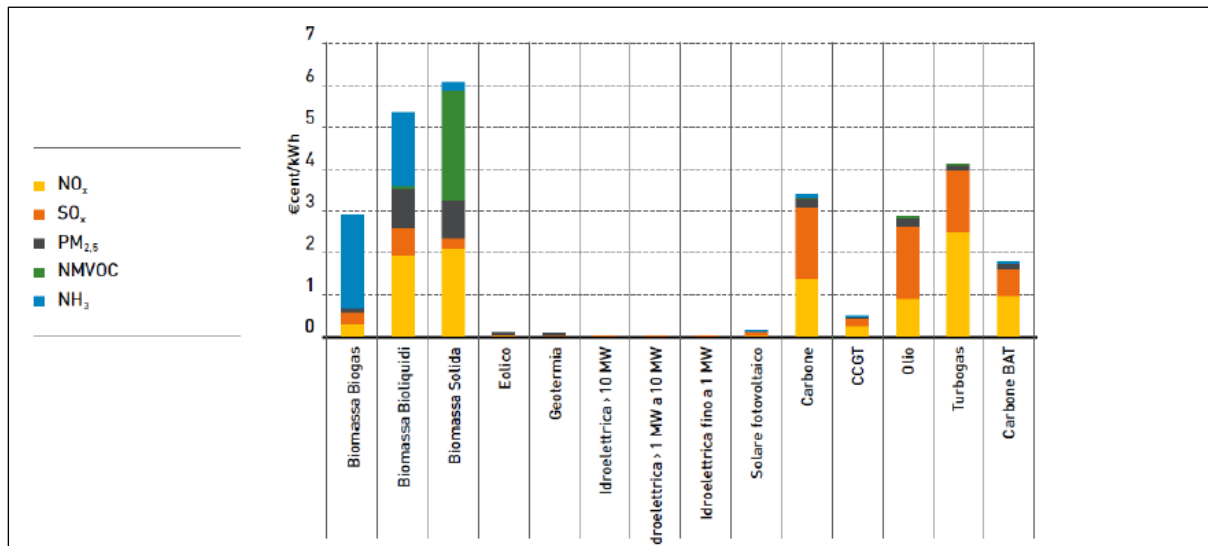


Fig. 1: valori esternalità a livello locale per le fonti energetiche

Le esternalità negative degli impianti di generazione di energia elettrica da fonti rinnovabili sono estremamente ridotte, stimabili in max 0,002 €/kWh. Per la fonte eolica si considera il valore di 0,0015 €/kWh.

La produzione annuale di energia dell'impianto eolico Sassari è stimata pari a circa 66.100.000 kWh, calcolata utilizzando i dati rilevati in campo dagli strumenti installati sulla torre anemometrica durante i primi due (2) anni di funzionamento (luglio 2022 – luglio 2024).

I costi esterni imputabili all'energia prodotta dall'impianto eolico Sassari sono pari a:

$$66.100.000 \text{ kWh} * 0,0015 \text{ €/kWh} = \text{€/anno } 99.150$$

Questo importo sommato per 30 anni è di 2.974.500,00

La sua attualizzazione al tasso del 3% determina un importo di 1.943383,76 €

7. VALUTAZIONE DEI SERVIZI ECOSISTEMICI

7.1. I SERVIZI ECOSISTEMICI

I servizi ecosistemici ("ecosystem services" e anche "SE") sono quella serie di servizi che i sistemi naturali generano a favore dell'uomo : secondo la definizione proposta dal MEA - Millennium Ecosystem Assessment, i servizi ecosistemici sono i " molteplici benefici forniti dagli ecosistemi al genere umano " (MEA, 2005).

La disponibilità di SE è riconosciuta essere un'imprescindibile base del benessere umano e fattore di riduzione della povertà (MEA, 2005).

Nel 2005 il Millennium Ecosystem Assessment ha rilevato che la maggior parte dei servizi ecosistemici sono minacciati e con trend negativi per i prossimi 50 anni e ha classificato i servizi ecosistemici in quattro in gruppi funzionali: di fornitura, cioè prodotti ottenuti dagli ecosistemi quali cibo, acqua pura, fibre, combustibile, medicine; di regolazione, in quanto i benefici sono ottenuti dalla regolazione di processi ecosistemici ad esempio in relazione al clima, al regime delle acque, all'azione di agenti patogeni; culturali, intesi come l'insieme dei benefici non materiali ottenuti dagli ecosistemi come il senso spirituale, etico, ricreativo, estetico, le relazioni sociali; di supporto, in cui rientrano i servizi necessari per la produzione di tutti gli altri servizi ecosistemici come la formazione del suolo, il ciclo dei nutrienti e la produzione primaria di biomassa.

Per molti di questi servizi il valore economico non è contabilizzato sul mercato e, di conseguenza, sono eccessivamente utilizzati o inquinati.

E' quindi importante la quantificazione biofisica e le stime monetarie per misurare sia i costi ambientali associati allo sfruttamento della biodiversità, sia i benefici ottenuti per il benessere umano; ciò è stato riconosciuto nell'ambito delle Nazioni Unite, attraverso la definizione degli obiettivi di sviluppo sostenibile dell'Agenda 2030 (SDGs) e dal Piano Strategico 2011 -2020 della CBD con i suoi Aichi Targets.

Avere una buona dotazione di servizi ecosistemici significa avere una maggior "ricchezza" pro-capite in termini di capitale naturale, ma anche una minore vulnerabilità, una maggiore salute e resilienza dei territori. Ecosistemi sani possono offrire un contributo molto significativo, proprio perché i loro servizi, gratuitamente utilizzati dall'uomo, che costituiscono risorse non sostituibili con quelle del capitale antropico, La valutazione ecologica -economica ha lo scopo di stimare i SE in termini monetari, al fine di fornire una metrica comune attraverso cui i benefici di diversi servizi forniti dagli ecosistemi possano essere quantificati (MEA, 2005) al fine di supportare strategie di sostenibilità e di perequazione territoriale, anche a fronte dei cambiamenti globali nel breve, medio e lungo periodo.

7.2. LA VALUTAZIONE DEI SERVIZI ECOSISTEMICI

La valutazione dei servizi ecosistemici (SE) è un processo complesso e articolato; per alcuni SE la metodologia di valutazione è abbastanza consolidata, come ad es. la valutazione dello stoccaggio di carbonio, e la discussione in questi casi verte sull'approfondimento delle fonti di dati, per altri si stanno sperimentando diverse modalità di valutazione.

Nella valutazione a scala nazionale prodotta da ISPRA -SNPA, viene stimata la variazione di SE conseguente al consumo di suolo prodotto ogni anno. E' considerata sia la variazione dei servizi offerti, sia la variazione dello stock di risorse, a seconda dei casi e in funzione di metodi e dati disponibili.

Questo è un aspetto attualmente oggetto di discussione e approfondimento, in particolare rispetto alla componente di perdita di capacità degli ecosistemi all'interno dell'impatto complessivo, che va oltre la valutazione del servizio effettivamente fornito e assume secondo alcuni un ruolo simile a quello della perdita dello stock di risorse.

È opportuno sottolineare che la valutazione dei SE a scala nazionale incontra un importante problema rappresentato dalla disponibilità di banche dati idonee a scala nazionale. Alcune banche dati ambientali – come nel caso dei suoli – sono assolutamente deficitarie rispetto alla necessità.

Il progetto Life SAM4CP ha identificato sette servizi ecosistemici già nella prima edizione della valutazione nazionale (ISPRA, 2016) e il rapporto 2018 ha integrato alcuni SE diversi e ne ha aggiunto altri, ulteriormente selezionati nella edizione 2017 e proposti per la edizione del 2018 come evidenzia la tabella 7 che segue.

Servizi	u.m. biofisica	u.m. economica	LIFE SAM4CP ¹	Rapporto 2016	Rapporto 2017	Rapporto 2018
Stoccaggio e sequestro di carbonio						
Flusso	t/ha	€/t				x
Stock	t/ha	€/t	x	x	x	x
Qualità degli habitat	adim	€/ha	x	x	x	x
Produzione agricola						
Flusso	ha	€/ha				x
Stock	ha	€/ha	x	x	x	x
Produzione di legname						
Flusso	m ³	€/m ³				x
Stock		€/ha	x	x	x	x
Impollinazione	adim	€/ha	x	x	x	x
Regolazione del microclima	stima	stima		x	x	x
Rimozione particolato e ozono	t/ha	€/t		x	x	x
Protezione dall'erosione	t/ha	€/t	x	x	x	x
Disponibilità di acqua	m ³	€/m ³				x
Regolazione del regime idrologico	m ³	€/m ³	Come Water Yield	x	x	x
Purificazione dell'acqua	adim	€/ha/anno	x	x	-	x
Supporto alle attività umane	adim	-				x

Tab. 7: Rapporto 2018 - Servizi ecosistemici considerati

Alcuni aspetti aperti devono essere approfonditi e determinati nel prossimo futuro, come la valutazione del valore del capitale naturale in un dato periodo, la valutazione delle variazioni dei SE anche rispetto ai cambiamenti da copertura artificiale a naturale e in generale tra le diverse classi (trade off), o l'analisi di ulteriori servizi, quali quelli culturali, finora poco investigati.

In futuro, si spera non lontano, sarà necessario sviluppare Linee guida per la valutazione a scala locale, poiché la pianificazione urbanistica ha esigenze incompatibili con l'utilizzo di dati/metodi utilizzati a scala nazionale nonché indirizzi ed azioni per aumentare la percezione del pubblico sui temi del suolo e dei servizi ecosistemici che esso è in grado di fornire .

Nel caso del progetto eolico Sassari in esame sono stati considerati pertinenti e di interesse per la presente ACB i seguenti servizi ecosistemici.

– Stoccaggio e sequestro di carbonio, – Qualità degli habitat.

7.2.1. Stoccaggio e sequestro del Carbonio

Il sequestro e lo stoccaggio di carbonio (SSC) costituiscono un servizio di regolazione assicurato dai diversi ecosistemi terrestri e marini grazie alla loro capacità di fissare gas serra, seppur con diversa entità (Hutyra et al., 2011), secondo modalità incrementali rispetto alla naturalità dell'ecosistema considerato (tale regola vale in generale e nel contesto mediterraneo e del nostro Paese).

Questo servizio contribuisce alla regolazione del clima a livello globale e gioca un ruolo fondamentale nell'ambito delle strategie di mitigazione e di adattamento ai cambiamenti climatici. Fra tutti gli ecosistemi, quelli forestali naturali e seminaturali presentano il più alto potenziale di sequestro di carbonio. Il danno peggiore è pertanto il consumo di suolo nelle aree a copertura naturale e seminaturale o, più in generale, nei contesti territoriali connotati da un elevato grado di naturalità .

(Sallustio et al., 2015).

Seguendo l' Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), la maggior parte del carbonio presente negli ecosistemi terrestri è contenuta in quattro principali pools costituiti da: biomassa epigea, biomassa ipogea, suolo e sostanza organica morta.

La valutazione di questo servizio di regolazione viene effettuata sia rispetto al valore di stock sia al valore del flusso di servizio. Per quanto riguarda il valore di stock, la valutazione viene fatta con riferimento alla stima del quantitativo di carbonio stoccato a seconda della tipologia d'uso/copertura del suolo.

Non esiste un unico valore monetario corretto per il SCC (Isacs et al., 2016), in letteratura è disponibile un rilevante numero di stime, che tuttavia differiscono per diversi ordini di grandezza, lasciando ambiguità e confusione su quale usare. L'incertezza di queste stime è intrinseca, in quella dei fenomeni da cui dipende tra cui la sensibilità al clima, le ipotesi sulle emissioni future e le posizioni etiche dei decisori. Nella valutazione del costo sociale, in particolare, a seconda delle scelte fatte in merito ai punti

di vista etici e alle ipotesi sulle emissioni future e sulla sensibilità al clima, le stime possono essere significativamente più alte di quelle normalmente utilizzate negli strumenti di valutazione.

Il costo sociale considera il danno evitato, a livello globale, grazie al sequestro di CO₂. Questo tipo di costo è variabile a causa dell'incertezza della stima.

Per la valutazione economica del servizio ecosistemico di stoccaggio e sequestro di carbonio esistono diversi approcci, ma due sono quelli più utilizzati: uno basato sul costo sociale, l'altro sul valore di mercato dei permessi di emissione.

Per le finalità in esame si farà riferimento al prezzo utilizzato frequentemente per la valutazione dei costi potenziali associati al cambiamento climatico (US EPA - Interagency Working Group on Social Cost of Greenhouse Gases, United States Government, 2016), per il 2015 indicano un valore di 36 \$/t (dollari 2007 per tonnellata di CO₂), come assunto nel Rapporto ISPRA 33.18 €/tCO₂ (2015), pari a 101.85 €/tCO₂.

I valori di contenuto di carbonio per classe d'uso del suolo (da Sallustio et al. 2015), come riportati nel citato report ISPRA, sono indicati in Tabella 8.

<i>Classe d'uso del suolo</i>	<i>Epigeo (Mg C ha⁻¹)</i>	<i>Ipogeo (Mg C ha⁻¹)</i>	<i>Sostanza organica morta (Mg C ha⁻¹)</i>	<i>Suolo (Mg C ha⁻¹)</i>	<i>Totale (Mg C ha⁻¹)</i>
Foreste	50.5 (Gasparini & Tabacchi, 2011)	11.525 (Est. ISPRA, 2014)	5.295 (Gasparini & Tabacchi, 2011)	76.1 (Gasparini & Tabacchi, 2011)	143.42
Aree agricole	5 (ISPRA, 2014)	/	/	53.1 (Chiti et al., 2012)	58.1
Arboricoltura da frutto	10 (ISPRA, 2014)	/	/	52.1 (Chiti et al., 2012)	62.1
Arboricoltura da legno	28.55 (Gasparini & Tabacchi, 2011)	5.25 (Est. ISPRA, 2014)	1.75 (Gasparini & Tabacchi, 2011)	63.9 (Gasparini & Tabacchi, 2011)	99.45
Prati e pascoli	/	/	/	78.9 (ISPRA, 2014)	78.9
Altre terre boscate	3.05 (IPCC, 2003)	/	/	66.9 (ISPRA, 2014; Alberti et al. 2011)	69.95
Urbano	*	*	*	*	*
Aree con vegetazione rada o assente	**	**	**	**	**

Tab. 8: Valori di contenuto di carbonio per classe d'uso del suolo (da Sallustio et al. 2015)

Per il territorio in esame lo stock di Carbonio di riferimento può ricondursi a quello indicato per la categoria delle aree agricole, pari a 58.1 t C ha⁻¹.

Valutato che le superfici per le quali è prevista una effettiva trasformazione dell'uso del suolo possono ricondursi esclusivamente a quelle occupate in modo permanente da:

➤ pali di fondazione delle strutture di sostegno dei pannelli fotovoltaici per circa 2,6 m2, ➤ vasche di fondazione prefabbricate per la posa delle cabine elettriche, anch'esse prefabbricate (le cabine di trasformazione, di raccolta e di consegna) per circa 351 m2 + 156 m2 + 93,5 m2 = 600,5 m2 la stima economica della perdita di stock di CO₂ è di seguito riportata:

S = Superficie sottratta [ha] = 2,6 m2 + 600,5 m2 = 603,1 m2 = 0,00603 ettari
C = Contenuto di Carbonio [t] = 58,1 t C ha⁻¹ x 0,00603 ha = 3,5
P = Prezzo delle emissioni di carbonio [€/tC] = 101,85
Valore economico perdita di Stock [€] = 3,5 * 101,85 = € 356,82 .

Questo calcolato per un periodo di 30 anni è pari a 10.704,6 0 €, attualizzato diventa 4.226,05 €

7.2.2. Qualità degli habitat

Il servizio ecosistemico relativo alla qualità degli habitat, anche denominato nelle diverse classificazioni come habitat per gli organismi o tutela della biodiversità, consiste nella fornitura di diversi tipi di habitat essenziali per la vita di qualsiasi specie e il mantenimento della biodiversità stessa, e rappresenta uno dei principali valori di riferimento nella valutazione dello stato ecosistemico dei suoli. Questo servizio è considerato come un indice della biodiversità complessiva, e rientra nella categoria dei cosiddetti servizi di supporto, secondo alcune classificazioni, o incluso nei servizi di Regolazione e mantenimento, o in altri casi ancora escluso come nello schema CICES.

Per quanto riguarda il valore economico da associare a questo servizio, ISPRA ha scelto di fare riferimento a valutazioni come quella di Costanza (Costanza et al.1997 e 2014) che fornisce il valore economico a scala globale di 17 servizi ecosistemici, tra cui anche l'habitat, suddivisi in 16 biomi.

Per il Rapporto ISPRA 2018, al fine di migliorare i valori economici, sempre a partire dai valori proposti da Costanza sono stati derivati i valori per gli altri ecosistemi per i quali non sono presenti valori nello studio citato (Tabella 9).

Tab. 9: Valori economici per tipologia di Habitat Con tali presupposti, sulla base di un valore stimato del servizio ecosistemico di 520,40 €/ettaro, valutato per le superfici agricole ad uso estensivo quali sono le aree di progetto e di una superficie "coperta" occupata dall'impianto eolico Sassari pari a circa 0,1 ha (1.000,00 m²), questo perché gran parte del territorio è trasformata in area agricola e le poche parti alterate degli habitat sono quelle prossime alle recinzioni. Si può stimare un costo esterno derivante dalla perdita di qualità dell'habitat pari a 52,04 €.

Valutato per i 30 anni 1561,20 €, che attualizzati diventano 616,34 €.

7.3. Deprezzamento degli immobili shadow flickering (ombreggiamento intermittente)

Come richiesto è stata applicata una riduzione di valore degli immobili del 30% determinata dall'ombreggiamento intermittente (shadow flickering).

Lo specifico caso riguarda un centro aziendale della superficie catastale di 512,54 m², per immobili produttivi, depositi, stalle e aree coperte con pareti in muratura, dove sono presenti degli edifici agricoli datati e sopra i quali è necessario effettuare degli importanti interventi di manutenzione straordinaria.

La banca dati delle quotazioni immobiliari riporta un valore di 400 €/m² per gli immobili residenziali abitati saltuariamente e della dimensione di 70 m². I locali produttivi non quotati in OMI, sono stati valutati per un importo di 400 €/m², poiché più recenti e in miglior stato di conservazione.

Pertanto, il più probabile valore di mercato degli immobili produttivi :

Immobili produttivi: $400 \text{ €/m}^2 \times 512.54 \text{ m}^2 = 205.016,00 \text{ €}$

Abitazioni $400 \text{ €/m}^2 \times 70 \text{ m}^2 = 28.000,00 \text{ €}$ La somma del valore degli immobili è di 233.016,00 € Il loro deprezzamento valutato in 30% (come richiesto) è di 69.904,80 € .

Pertanto, il valore degli edifici è 163.111,20 € Si ritiene che lo stesso resterà costante nel tempo per la destinazione d'uso e le manutenzioni minimali attuate.

8. QUANTIFICAZIONE DEI BENEFICI

8.1.1. Atmosfera - Effetti climatici a scala vasta e locale

Il contributo positivo dato da un impianto eolico è collegato alla diminuzione delle emissioni di gas climalteranti, in particolare CO₂ in atmosfera, SO₂ ed NO_x che, come è ormai riconosciuto a livello unanime dalla comunità scientifica, sono tra i principali responsabili del riscaldamento globale del pianeta, e derivano in gran parte dallo sfruttamento dei combustibili fossili .

Tali emissioni possono essere evitate preferendo la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili.

I benefici ambientali che derivano dall'esercizio dell'impianto eolico Sassari sono connessi dunque alla mancata immissione in atmosfera di gas ad "effetto serra" (CO₂), oltre che di gas nocivi alla salute, quali SO₂ ed NO_x.

Il principio di questa stima è quello dei costi evitati . Ovvero la produzione (e dunque il consumo) di medesime quantità di energia con fonti tradizionali porterebbe ad emissioni superiori e dunque avrebbe esternalità decisamente superiori a quelle prodotte da ll'impianto eolico Sassari in progetto.

Come espresso nel capitolo precedente, per le fonti tradizionali i costi esterni sono di gran lunga superiori a quelli degli impianti solar i fotovoltaici . Per comprendere, allo stato attuale delle conoscenze scientifiche e internazionali, gli impatti evitati ma rapportati alla realtà italiana, e quindi il risparmio in termini di esternalità negative si fa riferimento alla metodologia illustrata nello studio dell'RSE Spa – "Ricerca sul Sistema Energetico dal titolo Energia Elettrica, anatomia dei costi", che si riporta qui sotto.

La metodologia semplificata utilizzata in questa sede per il calcolo delle esternalità ambientali è una metodologia speditiva, messa a punto dall'Agenzia Europea per l'Ambiente – EEA European Environment Agency che consente di valutare in termini monetari il danno sulla salute e sull'ambiente provocato da:

- inquinanti atmosferici con effetti a scala locale e regionale: NH₃, NOX, NMVOC, PM, SO₂;
- inquinanti atmosferici con effetti a scala globale (effetto serra): CO₂, N₂O, CH₄ misurati come CO₂EQ.

La metodologia utilizzata per quantificare il costo del danno per gli inquinanti a scala locale e regionale segue il percorso degli impatti, già definito da ExternE, con una serie di semplificazioni metodologiche.

Le principali semplificazioni rispetto alla metodologia ExternE sono le seguenti:

- il danno per tonnellata, per singolo inquinante, è stato quantificato a livello medio nazionale grazie all'utilizzo ripetuto di modelli di dispersione atmosferica e, quindi, alla realizzazione di matrici di trasferimento emissione -concentrazioni;
- sono stati valutati opportuni fattori per passare dal danno medio nazionale al danno medio per settore, per tenere conto ad esempio dell'altezza del camino, che influenza la dispersione degli inquinanti;
- il danno è calcolato come (emissioni degli impianti) x (danno medio nazionale) x (fattore "camino").

In altri termini, il costo esterno per l'emissione di un singolo inquinante (€/ton) per un singolo Stato membro è calcolato una volta per tutte a livello medio per ogni nazione. Grazie a questi fattori di costo nazionali, è possibile quindi stimare i costi esterni a partire dalle emissioni atmosferiche semplicemente moltiplicando le emissioni annue (in tonnellate) per il fattore di costo (€/t).

Il modello di dispersione utilizzato traccia gli inquinanti in atmosfera e segue le loro reazioni chimiche consentendo di quantificare gli effetti legati alle emissioni e non solo alla concentrazione atmosferica degli inquinanti nello stato chimico -fisico in cui essi vengono rilasciati. Ne consegue, ad esempio, che i danni causati dalla concentrazione in atmosfera di particolato sono assegnati al PM_{2,5} (primario) così come agli altri inquinanti primari da cui si forma il particolato secondario (SO₂ per i solfati presenti in atmosfera, NOX per i nitrati e NH₃ per lo ione ammonio) in proporzione al loro contributo al fenomeno.

L'analisi degli impatti degli inquinanti a scala regionale rende conto degli effetti sulla salute umana, sulle coltivazioni e sui materiali a causa dell'esposizione a PM_{2,5}, ozono troposferico e acidità atmosferica.

L'effetto sulla salute di SO₂, NO_x, NH₃ e NMVOC è legato alla formazione di particolato secondario e ozono attraverso reazioni chimiche in atmosfera. Gli effetti diretti sulla salute da esposizione diretta a SO₂ ed NO_x sono già considerati negli effetti del particolato fine e non vengono riconsiderati per evitare doppi conteggi.

Si riporta, di seguito la tabella di costi relativi ai vari inquinanti che riteniamo possa essere utilizzata per l'ACB.

Scala	Globale	Regionale e locale					
Inquinante	CO _{2eq}	NO _x	SO ₂	PM ₁₀	PM ₂₅	NMVOC	NH ₃
[€/t]	33,6	8 394	7 994	23 120	35 604	625	13 129

Tab. 10: Fattori di danno per tonnellata di inquinante per l'effetto serra I valori delle principali emissioni associate alla generazione del parco termoelettrico nazionale sono le seguenti (fonte Rapporti ISPRA 363/2022 – Indicatori di efficienza e decarbonizzazione del sistema energetico nazionale e del settore elettrico):

Tabella 2.34 – Fattori di emissione (mg/kWh*) degli inquinanti atmosferici emessi per la produzione di energia elettrica e calore.

Inquinanti atmosferici	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Ossidi di azoto - NO _x	368,44	288,07	253,12	237,66	226,91	218,32	209,57	205,36
Ossidi di zolfo - SO _x	524,75	222,46	95,41	71,72	63,31	58,41	47,44	45,50
Composti organici volatili non metanici - COVNM	52,97	73,26	81,69	86,78	85,62	86,54	85,78	90,20
Monossido di carbonio - CO	105,49	101,11	94,31	96,29	97,60	93,37	94,44	92,48
Ammoniaca - NH ₃	0,63	0,61	0,67	0,57	0,50	0,46	0,33	0,28
Materiale particolato - PM ₁₀	16,91	8,03	4,12	3,54	3,31	2,91	2,66	2,37

* energia elettrica totale al netto dai pompaggi + calore in kWh

Tab. 11: Emissioni per kWh da fonte tradizionale (fonte: Rapporti ISPRA 363/2022)

Considerata la produzione attesa dell'impianto eolico Sassari pari a circa 66.100.000 kWh/anno e l'uso di petrolio per la produzione di 1 kWh (g): TEP per 1kWh: 0,22 X 10⁻³ tep/kWh = 0,00022 TEP (220g di petrolio), l'entrata in esercizio dell'impianto eolico Sassari avrà l'effetto positivo ambientale di evitare l'emissione in atmosfera dei seguenti valori :

1 kWh di energia prodotta in Italia comporta l'emissione di	
Anidride carbonica (CO ₂) [kg]	0,483
Ossidi di azoto (NO _x) [g]	0,205
Anidride solforosa (SO ₂) [g]	0,00455
Polveri PM10 [g]	0,0237

Tab. 12: Emissioni evitate in atmosfera dall'impianto eolico Sassari in un anno Durante la sua vita produttiva, stimata in 30 anni, il parco eolico Sassari permetterà il risparmio delle seguenti quantità di inquinanti:

Emissioni evitate in atmosfera dall'impianto eolico Sassari in un anno				
Anidride carbonica (CO ₂) [t/anno]	Ossidi di azoto (NO _x) [t/anno]	Anidride solforosa (SO _x) [t/anno]	Polveri PM10 [t/anno]	Tonnellate di petrolio equivalente [TEP]
31 067	13,55	3,01	0,16	14 542

Tab. 13: Emissioni evitate in atmosfera dall'impianto eolico Sassari in 30 anni Applicando i valori della Tab. 4 alle citate quantità avremo:

	Produzione evitata	kWh/anno prodotti	Tonnellate	Costi a tonnellata [€]	Costi evitati annui [€]
CO ₂ [kg/kWh]	0,483	66 100 000	31 926	33,6	1 072 724
SO ₂ [kg/kWh]	0,0000455	66 100 000	3,01	7 994	24 042
NO _x [kg/kWh]	0,000205	66 100 000	13,55	8 394	113 743
PM10 [kg/kWh]	0,00000237	66 100 000	0,16	23 120	3 622
				Totale [€]	1 214 131

Tab. 14: Costi evitati dall'impianto eolico Sassari in 1 anno

	Produzione evitata	kWh/anno prodotti	Tonnellate	Costi a tonnellata [€]	Costi evitati annui [€]
CO ₂ [kg/kWh]	0,483	66 100 000	31 926	33,6	1 072 724
SO ₂ [kg/kWh]	0,0000455	66 100 000	3,01	7 994	24 042
NO _x [kg/kWh]	0,000205	66 100 000	13,55	8 394	113 743
PM10 [kg/kWh]	0,00000237	66 100 000	0,16	23 120	3 622
				Totale [€]	1 214 131

Tab. 15: Costi evitati dall'impianto eolico Sassari in 30 anni

L'importo di 35 .557.751 € attualizzato con la medesima formula corrisponde ad un importo di:

14.037.801,42 € (importo attualizzato)

8.1.2. Occupazione – ricadute socio-economiche

Nota di integrazione. In un'analisi economica (ACB sociale) il monte salari pagato dal progetto costituisce un costo di produzione: la relativa voce va pertanto ricollocata tra i costi, mantenendo tra i benefici il solo eventuale surplus occupazionale netto rispetto all'alternativa occupazionale locale.

Nota di revisione (edizione integrata). In fase di esercizio la stima occupazionale è allineata in via prudenziale al Business Plan: circa 1 unità a tempo pieno equivalente (~41.000 EUR/a), oltre all'indotto di manutenzione trattato qualitativamente. Tale valore sostituisce la precedente stima di 5 addetti / 175.000 EUR/a, ritenuta sovrastimata, e si riflette nella Tab. 7 corretta.

Questo paragrafo è riferito non ai costi di costruzione, ma alle ricadute economico sociali di nuovi occupati nel territorio. Infatti, i prezzi non sono rilevati dal Prezziario regionale dei Lavori

ed Opere pubbliche, ma bensì, dai dati del Ministero del Lavoro per la Provincia di Cagliari, che rappresenta l'intera Sardegna .

Significa poter documentare delle ricadute socioeconomiche sul territorio non i costi di realizzazione.

La realizzazione e la gestione ed esercizio dell'impianto eolico Sassari in progetto comporterà delle ricadute positive sul contesto occupazionale locale. Infatti, sia per le operazioni di cantiere (fase di costruzione) che per quelle di manutenzione e gestione (fase di esercizio) che per quelle di dismissione (fase di smantellamento) delle varie parti di impianto, è previsto prioritariamente il ricorso all'impiego di risorse locali, a parità di condizioni tecnico economiche e soprattutto a seconda della reperibilità delle professionalità necessarie.

La manodopera impiegata sarà di varie tipologie: operai edili per gli scavi dei basamenti degli aerogeneratori, delle strade di progetto, della platea di fondazione della cabina Utente, della Stazione Elettrica, operai meccanici per l'installazione delle parti meccaniche dell'impianto, le torri di sostegno delle navicelle, che operai elettrici specializzati per l'impiantistica elettrica e le connessioni e per le linee elettriche interrate di connessione e messa in rete dell'energia.

Le stime riguardano la presenza media di 3 operai edili, 6 operai meccanici e 6 operai elettrici specializzati, con varie mansioni.

Nella fase di costruzione si avrà quindi un incremento dell'occupazione di manodopera locale, per circa 10 mesi, stimata (con tempistiche differenti) di circa 15 addetti.

In base alle ore lavorate all'anno (1.543 h/anno) e le tabelle del costo medio orario del Ministero del Lavoro³ per la Provincia di Cagliari:

- operaio di II livello: €/h 27,6 (3 operai edili)
- operaio di III livello €/h 29,81 (n. 6 operai meccanici)
- operaio di IV livello €/h 31,42 (n. 6 operai elettrici specializzati)

Nella fase di costruzione si stima:

- 27,6 €/h * 3 operai edili (II livello) * 4 mesi * 154,3 h/mese = € 51.104,16
- 29,81 €/h * 6 operai meccanici (III livello) * 5 mesi * 154,3 h/mese = € 137.990,49
- 31,42 €/h * 6 operai (specializzati, IV livello) * 8 mesi * 154,3 h/mese = € 232.709,088

³<https://www.lavoro.gov.it/temi/-e-priorità/rapporti-di-lavoro-e-relazioni-industriali/focus-on/Analisi-economiche-costo-lavoro/Documents/Tabelle-Operai-2022-P.pdf>

Il totale è pari a 421.804,00 €.

Nella fase di smantellamento si avrà quindi un incremento medio dell'occupazione di manodopera locale, per circa 7 mesi, stimata (con tempistiche differenti) di circa 8 addetti. In base ai valori del costo medio orario sopra riportate, nella fase di smantellamento si stima:

• $27,6 \text{ €/h} \cdot 2 \text{ operai edili (II livello)} \cdot 2 \text{ mese} \cdot 154,3 \text{ h/mese} = € 17.034,72$ • $29,81 \text{ €/h} \cdot 3 \text{ operai meccanici (III livello)} \cdot 4 \text{ mesi} \cdot 154,3 \text{ h/mese} = € 55.196,196$ • $31,42 \text{ €/h} \cdot 3 \text{ operai (specializzati, IV livello)} \cdot 5 \text{ mesi} \cdot 154,3 \text{ h/mese} = € 72.721,59$ Il totale è pari a 144.953,00 €
Il totale sia per la fase di costruzione che per la fase di dismissione è pari a 566.757,00 €.

Procedendo alla attualizzazione delle somme che saranno introdotte come esternalità positive nel futuro (fase di dismissione) si è proceduto alla loro attualizzazione di 566.757,00 € che in forza di ciò assumono l'importo di 223.749,31 €, per un totale di 790.506,31 € (esternalità socioeconomiche positive della fase di realizzazione e dismissione)

Nella fase di costruzione sono ovviamente previsti dei riflessi economici indiretti sulle attività legate alla fornitura di beni e servizi quali approvvigionamento di materiali, noleggio automezzi, ristorazione, ecc.

Nella fase di esercizio si valuta, in via prudenziale e in coerenza con il Business Plan, un'occupazione stabile pari a circa 1 unità a tempo pieno equivalente per tutta la vita utile dell'impianto (30 anni), compreso l'indotto delle ditte esterne di manutenzione, trattato qualitativamente.

Benefici occupazionali in fase di esercizio previsti pari a circa 41.000 €/anno per 30 anni, per un importo di 1.230.000,00 €, che attualizzati diventano circa 485.590 €. Tale stima sostituisce la precedente (175.000 €/anno), ritenuta sovrastimata, e si riflette nella Tab. 7 corretta.

Considerata la tipologia di operai e di mansioni possiamo, cautelativamente stimare che gran parte della manodopera sarà comunque reperibile nell'area di Porto Torres, Alghero, Sassari e in generale in Provincia di Sassari.

Considerando che il territorio del Comune di Sassari è parzialmente caratterizzato dalle problematiche legate al progressivo spopolamento dovuto all'impossibilità di garantirsi un reddito sufficiente attraverso le tradizionali attività legate al settore agricolo o pastorale o legato a lavori occasionali, l'inserimento di un nuovo settore produttivo come la produzione di energia da fonti rinnovabili eolica, genererà un reale sviluppo del territorio.

9. ANALISI FINANZIARIA DEL PROGETTO EOLICO SASSARI

9.1. IL CALCOLO DEL VALORE ATTUALE NETTO (VAN)

Per calcolare il Valore Attuale Netto, come descritto, occorre quindi attualizzare ad oggi tutti i costi e i benefici e verificare se la loro sommatoria produce un risultato positivo o negativo.

Per l'attualizzazione ad oggi, considerato che tutti i costi ed i benefici sono stati valutati come annualità costanti (negative per i costi e positive per i benefici), possiamo procedere con la loro accumulazione iniziale ed operare la somma direttamente all'attualità.

Si ricorda che l'accumulazione di n annualità costanti e posticipate è pari a:

Dove A_0 è il totale delle annualità accumulate all'attualità, a è l'importo dell'annualità, n è il numero di anni in cui si ripete l'annualità, r è il tasso di sconto utilizzato e q è il montante unitario, ovvero:

$q = 1 + r$ Il valore di r = tasso di sconto sociale lo abbiamo determinato al paragrafo precedente pari al 3,8.%.

Come si vede nella tabella sottostante avremo i costi relativi all'occupazione e consumo di suolo sin dall'avvio del cantiere, mentre quelli relativi alla esternalità della produzione di energia partiranno dal 2° anno e dureranno in tutto 30 anni. I benefici del cantiere dureranno 10 mesi, e quelli relativi all'esercizio dell'impianto 30 anni.

In tabella sono riportati tutti i valori correttamente scontati all'attualità:

Le esternalità negative e positive monetizzate e attualizzate sono riepilogate nella tabella seguente, aggiornata rispetto all'edizione precedente con la stima occupazionale di esercizio corretta (cfr. cap. 8.1.2 e 12).

Esternalità	Annuale (EUR)	Attualizzato (EUR)
NEGATIVE		
Esternalità rumore	0	0
Vegetazione	0	0
Fauna – avifauna (cost/market approach)	174.300	2.064.355
Fauna – chiroterofauna	7.010	83.024
Perdita di habitat delle specie (una tantum)	—	115.000
Mancati redditi agricoli (realizzazione)	5.626	5.626
Mancati redditi agricoli (esercizio)	5.626	44.814
Suolo e servizi ecosistemici	135.030	1.599.254
Esternalità produzione	99.150	1.174.299

Perdita CO2 habitat	357	4.226
Qualità habitat	52	616
Perdita di valore degli edifici	69.905	69.905
Paesaggio	146.127	1.730.676
Totale esternalità negative	643.183	6.891.795
POSITIVE		
Atmosfera ed effetti climatici	1.214.131	14.037.801
Socio-economico - realizzazione	566.757	790.506
Socio-economico - dismissione	566.757	144.953
Occupazione esercizio (corretta)	41.000	485.590
Totale esternalità positive		15.458.851
VAN SOCIO-AMBIENTALE (positive - negative)		+8.567.056

Nota di revisione (edizione integrata). Tab. 7 corretta. Il saldo socio-ambientale resta ampiamente positivo (+8,57 M EUR). La riduzione rispetto al valore precedentemente indicato (+10,79 M EUR) deriva dall'adozione del cost/market approach per l'avifauna e dall'inclusione della chiropterofauna e della perdita di habitat tra le esternalità negative; il saldo resta comunque ampiamente positivo.

9.2. IL TASSO INTERNO DI RITORNO (TIR)

Nota di revisione (edizione integrata). Errata-corrige. L'affermazione secondo cui il TIR non sarebbe calcolabile vale unicamente nel perimetro socio-ambientale, dove non figura l'esborso di investimento iniziale. Sul piano finanziario, includendo il CAPEX (38,95 M EUR) come flusso negativo al tempo zero, il TIR è regolarmente definito: 6,15% di progetto e 8,15% per l'equity (cfr. cap. 9.3-9.4).

Il Tasso Interno di Ritorno (TIR) di un progetto, detto anche "indice di redditività" è quel tasso di attualizzazione per cui il Valore Attuale Netto (VAN) del progetto stesso è pari a zero.

Considerando il costo opportunità del capitale privato, il TIR è il valore massimo che può assumere senza che l'investimento determini una perdita netta in confronto con un utilizzo alternativo del capitale.

Il TIR è utilizzato quale criterio per la valutazione di un progetto: il progetto non dovrebbe essere considerato accettabile al di sotto di un certo valore del TIR, determinato dall'investitore.

Il TIR fornisce quindi una valutazione intrinseca dell'investimento di progetto, a prescindere da tassi di interesse esterni e serve principalmente al valutatore per giudicare la performance economico - finanziaria prossima dell'investimento.

9.2.1. Calcolo del TIR

Il calcolo del TIR si effettua se almeno per una annualità se i costi e i benefici hanno segno opposto.

Non esiste infatti un TIR in grado di annullare il VAN se la sommatoria è costituita solamente da termini dello stesso segno, positivo o negativo.

Per il conto economico di un investimento privato o pubblico, si ha, in genere, un valore di TIR, poiché inizialmente si sostengono solo costi e solo da un certo momento in poi si inizia ad avere i benefici.

Nel caso invece dell'ACB del progetto eolico Sassari si è appurato che sin dall'inizio i benefici sono maggiori dei costi; quindi, per tutti gli anni abbiamo addendi positivi.

Per il progetto eolico Sassari, nel perimetro socio-ambientale (che non include l'esborso di investimento iniziale), il totale anno per anno è sempre positivo: la curva del VAN è tutta al di sopra dell'asse delle ascisse e non esiste un tasso che ne annulli il valore. Sul piano finanziario, invece, includendo il CAPEX al tempo zero, il TIR è regolarmente definito (cfr. cap. 9.3-9.4).

Ne consegue che, limitatamente all'ACB socio-ambientale, il TIR non è determinabile per ragioni puramente algebriche (addendi tutti dello stesso segno): circostanza che di per sé non esprime un giudizio di redditività. La valutazione di convenienza dell'intervento è affidata al VAN socio-ambientale positivo e, sul piano finanziario, al TIR di progetto (6,15%) e al TIR equity (8,15%) di cui al cap. 9.3-9.4.

9.3. Analisi finanziaria del progetto (VAN-F e TIR-F)

In adempimento alla Richiesta n. 6 del PAUR, si riporta l'analisi finanziaria del progetto, fondata sul flusso di cassa del soggetto investitore. A differenza del piano socio-ambientale (cap. 9.1), il piano finanziario include l'esborso di investimento iniziale (CAPEX) come flusso negativo al tempo zero: il TIR risulta pertanto regolarmente definito (cfr. nota al cap. 9.2). I parametri economici (CAPEX, OPEX) derivano dal Business Plan del proponente e sono applicati alla producibilità dell'ACB (66.100 MWh/a) e alla tariffa FER di 62 EUR/MWh.

Voce (a regime, annua)	Importo (EUR)
Ricavi (66.100 MWh x 62 EUR/MWh)	4.098.200
- OPEX	-515.639
= EBITDA	3.582.561
- Ammortamento (CAPEX/30)	-1.298.460
= EBIT	2.284.101

- Imposte (31%)	-708.071
= FCF netto unlevered	2.874.490

Indicatore finanziario (unlevered, 30 anni)	Valore
VAN-F @ WACC 5%	+5.234.152 EUR
TIR di progetto (TIR-F)	6,15%
Payback semplice	14 anni

Il VAN finanziario è positivo (+5,23 M EUR) e il TIR di progetto (6,15%) supera il WACC (5%): l'investimento è finanziariamente conveniente anche nell'ipotesi prudenziale adottata.

9.4. Struttura finanziaria e bancabilità (DSCR, TIR equity)

Ipotizzando un finanziamento in project finance, la sostenibilità del debito è misurata dal Debt Service Coverage Ratio (DSCR). Sulla base 28 MW, una leva del 60% consente di rispettare la soglia bancaria minima (DSCR > 1,2).

Struttura finanziaria	Valore
Gearing (debito/CAPEX)	60%
Debito senior	23.372.280 EUR
Equity	15.581.520 EUR
Costo del debito	4,2% (Euribor 3% + 1,2%)
Durata finanziamento	15 anni
DSCR minimo	1,36
DSCR medio	1,43
TIR equity (levered)	8,15%

Con DSCR minimo 1,36, medio 1,43 e TIR equity dell'8,15%, il progetto risulta bancabile e remunerativo per l'investitore. La minore producibilità rispetto al Business Plan (che assumeva 31 MW) impone una leva più contenuta per preservare la bancabilità.

9.5. Analisi di sensitività

Il prezzo dell'energia è il driver dominante del risultato. La tabella riporta il VAN-F unlevered al variare della tariffa FER.

Tariffa FER (EUR/MWh)	VAN-F @5% (EUR)	TIR progetto
50	-167.468	< 5%
55	+3.646.840	~5,5%
62 (base)	+5.234.152	6,15%
70	+15.089.763	~7,5%
80	+22.718.379	~8,8%

Il VAN-F resta positivo già a partire da circa 51 EUR/MWh; il punto di pareggio (VAN-F = 0) coincide con un WACC pari al TIR di progetto, 6,15%.

10. IL RICAVO DALLA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA

I costi di produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica dipendono principalmente dall'intensità dell'energia cinetica della risorsa eolica nel sito di intervento, dall'investimento impiantistico, ovvero dal costo di realizzazione delle opere e relative opere connesse, dalla distanza del punto di consegna dell'energia elettrica alla rete nazionale che determina, se lontano, perdite di trasporto di energia.

L'area sulla quale insiste l'impianto eolico Sassari si trova in condizioni di ventosità ottimale e la consegna dell'energia avverrà in cavidotto interrato a 36kV.

Considerata la produzione attesa dell'impianto eolico Sassari pari a circa 66.100.000 kWh/anno. In generale, il costo di produzione di energia da fonte eolica è costantemente in diminuzione, sia per l'industrializzazione dei processi produttivi e l'aumento del coefficiente di conversione energetica e all'innovazione tecnologica sia per l'ampiezza del rotore sia per la conversione della tensione.

I dati sui costi livellati dell'elettricità (LCOE) rilevati da Althesis nell'IREX Report il costo medio dell'energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili in Europa nel 2020, inteso come Levelized Cost of Electricity (LCOE), è stato di 43,30 €/MWh, in Italia di 68,50 €/MWh, per il settore eolico, con una riduzione rispetto al 2017 del – 12.7%.

Per l'impianto eolico Sassari, con l'utilizzo di aerogeneratori di ultima generazione è possibile stimare un costo di produzione dell'energia elettrica ad oggi pari a : 64,4 €/MWh ovvero 0,064 €/kWh.

10.1. PREZZO DELL'ENERGIA PRODOTTA

Nota di revisione (edizione integrata). Per coerenza con il Business Plan si adotta un'unica base di prezzo: la tariffa di riferimento FER di 62 EUR/MWh (DM aste 04/07/2019). I valori di PUN (120,76 EUR/MWh, set. 2024) e LCOE (64,4 EUR/MWh) sono riportati come soli riferimenti di mercato e non come base di calcolo dei ricavi.

Per poter valutare compiutamente costi e benefici va stimato il prezzo dell'energia, in altri termini il valore di quanto prodotto dall'impianto eolico Sassari.

Il prezzo medio di acquisto dell'energia in Italia ovvero il PUN Prezzo Unico Nazionale dell'Energia Elettrica è il prezzo a cui viene acquistata l'energia elettrica nella borsa elettrica italiana (Italian Power Exchange, IPEX).

In pratica, è il prezzo al quale i grandi produttori vendono l'energia sul mercato all'ingrosso e, allo stesso tempo, è il prezzo che i fornitori del mercato libero pagano ai produttori per acquistare l'energia da rivendere poi ai clienti finali.

Il PUN è, quindi, il prezzo all'ingrosso della corrente elettrica, secondo le contrattazioni effettuate sulla borsa elettrica IPEX.

IL valore del PUN viene pubblicato dal GME (Gestore dei Mercati Energetici) sul portale <https://www.mercatoelettrico.org>

Il PUN è un valore espresso in €/MWh (megawattora), ma può anche essere riportato anche in scala, come €/kWh (kilowattora) dividendo il valore del PUN al MWh per mille.

Il PUN di settembre è di 0,12076 kW€ riferito a mese di settembre 2024, utile solo per capire l'andamento nel mese corrente.

11. MISURE COMPENSATIVE A FAVORE DEL COMUNE DI SASSARI

Nota di revisione (edizione integrata). *Le misure compensative sono ricalcolate in modo coerente con la base di prezzo unica (62 EUR/MWh): 3% dei ricavi = 122.946 EUR/a (circa 3,69 M EUR nei 30 anni). Il valore precedente (138.533 EUR/a) era implicitamente calcolato su un prezzo di circa 70 EUR/MWh, incoerente con la tariffa FER assunta.*

L'Analisi Costi Benefici ha evidenziato potenziali esternalità negative non mitigabili e qui di seguito sono illustrate le proposte di compensazione economica, ulteriori a quelle già evidenziate per gli aspetti archeologici e di studio di protezione ambientale.

Si specifica inoltre che tali determinazioni comporteranno la revisione delle proposte precedentemente inviate alla Amministrazione Comunale .

L'attuale disciplina autorizzativa degli impianti alimentati da fonti rinnovabili stabilisce che per l'attività di produzione di energia elettrica da FER non è dovuto alcun corrispettivo monetario in favore dei Comuni. L'autorizzazione unica può prevedere l'individuazione di misure compensative, a carattere non meramente patrimoniale, a favore degli stessi Comuni e da orientare su interventi di miglioramento ambientale correlati alla mitigazione degli impatti riconducibili al progetto, ad interventi di efficienza energetica, di diffusione di installazioni di impianti a fonti rinnovabili e di sensibilizzazione della cittadinanza sui predetti temi, nel rispetto dei criteri di cui all'Allegato 2 del D.M. 10/09/2010.

Le eventuali misure di compensazione ambientale e territoriale non possono, in ogni caso, essere superiori al 3 per cento dei proventi, comprensivi degli incentivi vigenti, derivanti dalla valorizzazione dell'energia elettrica prodotta annualmente dall'impianto.

Come indicazione di massima degli interventi di compensazione ambientale che, previo accordo con le Amministrazioni comunali coinvolte, potranno essere attuati da Sassari Eolica S.r.l., possono individuarsi, a titolo esemplificativo e non esaustivo:

- Valorizzazione dell'area di Santa Maria del Cardo con campagne di scavi e realizzazione di pubblicazioni e inserimento nel circuito delle aree visitabili, anche con un sistema di realtà aumentata.
- Valorizzazione dei Nuraghi e siti archeologici presenti nel buffer di 3 km finanziando il recupero delle strutture, la loro conservazione, e il loro monitoraggio per evitare le azioni dei tombaroli utilizzando le telecamere sulle navicelle.
- Realizzazione del Piano di gestione dell'Oasi di Protezione faunistica LECCARI, estendendo le attività a I Rio Ertas e il tratto parallelo del Rio Mannu di Porto Torres, creando un corridoio ecologico per tutta la lunghezza dell'asta provvedendo alla sua manutenzione naturalistica, per evitare alluvioni nei terreni circostanti (Is cras), con le redazioni di specifiche pubblicazioni e favorire le attività di bird watching, con la realizzazione di capanni e accessi protetti;
- Monitoraggio dei suoli per le attività agricole sino a 1 km dalle turbine, con campionamenti del suolo e relative analisi, oltre a quelle del PMA per un totale di 50 punti ogni anno differenti con profilo e analisi fisico-chimica.

Altre attività funzionali messe a disposizione della collettività • Divulgazione dei dati dei monitoraggi dell'avifauna e chiroterro fauna nei formati row (originali di registrazione).

- Previsione e Monitoraggio incendi anche notturni ;
- Manutenzione delle viabilità di servizio ;
- Previsioni del tempo e stress della vegetazione (agli agricoltori della zona).

Questi quattro ultimi funzioni sono implicite e già presentano un costo sostenuto da Sassari Eolica per le proprie funzioni e attività, pertanto non vengono quantificate.

La società proponente, inoltre, è disponibile a sostenere altri interventi compensativi comunque orientati alle finalità di compensazione ambientale e territoriale eventualmente individuati dai comuni e preventivamente approvati da Sassari Eolica S.r.l.

Per l'impianto in oggetto la tariffa incentivante sarà disciplinata dal meccanismo delle aste, come disciplinato dal Decreto del 4 luglio 2019, pertanto non definibile a priori in modo puntuale. Allo scopo di fornire un valore indicativo della compensazione ambientale, sulla base degli attuali prezzi di mercato dell'energia, può stimarsi una tariffa di 50 €/MWh.

Sulla base di una producibilità annua calcolata 66.100.000 kWh/anno e di una aliquota delle compensazioni valutata in misura del 3% dei proventi della vendita dell'energia, individuata

ne i 30 anni per un importo delle risorse da destinare a misure compensative territoriali pari a 138.533,00 €/anno per un totale stimato di 4.1 55.990,00 €.

All'atto della formalizzazione degli accordi verranno correttamente computate e ricalcolate.

12. RICONCILIAZIONE DEI DATI CON IL BUSINESS PLAN

La tabella seguente sintetizza l'allineamento operato tra i dati dell'ACB e quelli del Business Plan del proponente, adottando come riferimento unico la configurazione a 28 MW dell'ACB.

Tema	ACB (originale)	Business Plan	Adottato (edizione integrata)
Denominazione	Sassari	Putifigari	Sassari
Potenza	28 MW	31 MW	28 MW
Producibilità	66.100 MWh	80.320 MWh	66.100 MWh
Prezzo energia	PUN/LCOE/50	FER 62	FER 62 EUR/MWh
CAPEX	assente	38.953.800	38.953.800 EUR
VAN-F	non calcolato	positivo	+5.234.152 EUR
TIR	"non calcolabile"	6,33% / 12,94%	6,15% / 8,15%
DSCR	non trattato	1,36 / 1,54	1,36 / 1,43 (leva 60%)
Compensazioni	138.533/a	0	122.946/a
Occupazione esercizio	175.000/a	41.000/a	41.000/a
VAN socio-ambientale	+12.381.855	-	+10.794.805 EUR

13. CONCLUSIONI

L'Analisi Costi Benefici ha analizzato e illustrato l'effettivo vantaggio, dal punto di vista ambientale, sociale ed economico della tecnologia di produzione di energia da fonte rinnovabile eolica rispetto ai combustibili fossili e ad altre tipologie di fonti rinnovabili. In particolare, il Parco eolico in progetto, consente di generare energia elettrica per 66.100 MWh/anno ed evitare emissioni di 31067 ton/anno di CO₂, che diventano oltre 932010 tonnellate nell'arco dei 30 anni di vita dell'impianto eolico Sassari rispetto ad un impianto alimentato a combustibili fossili.

È stato calcolato un VAN positivo pur con valutazioni di parametri sicuramente cautelativi nella valutazione sia dei costi sia dei benefici; benefici che sono sempre superiori ai costi per cui non ha significato effettuare un'analisi predittiva di sensitività del risultato al variare del tasso di sconto applicato, che comunque abbiamo ripreso da letteratura e leggi ad oggi applicate.

Anche il TIR socio-ambientale, non determinabile per ragioni algebriche (addendi della sommatoria del VAN tutti positivi, in assenza dell'esborso iniziale), non esprime di per sé un

giudizio di redditività; la relativa valutazione è fornita, sul piano finanziario, dal TIR di progetto (6,15%) e dal TIR equity (8,15%) di cui al cap. 9.3-9.4.

La realizzazione del progetto comporta una richiesta di manodopera essenzialmente ricollegabile all'attività di costruzione dell'impianto eolico Sassari: le attività dureranno 7 mesi circa e il personale presente in sito varierà da alcune unità nelle prime fasi costruttive (primi mesi) ad un massimo di circa 10 unità nel periodo di punta; attività di esercizio: sono previsti complessivamente circa 3/5 tecnici impiegati per attività legate al processo produttivo e tecnologico e come manodopera coinvolta nell'indotto; Sia in fase di realizzazione sia durante la fase di esercizio, incluse le necessarie attività di manutenzione, a parità di costi e qualità, si privilegeranno le imprese locali che intendessero concorrere agli appalti che saranno indetti dalla proponente.

Analizzando quindi l'energia elettrica generata, la quantità di emissioni evitate, l'occupazione di suolo ed i costi di produzione, nonché le ricadute economiche -occupazionali, risulta che la fonte eolica nel resoconto costi -benefici risulta conveniente rispetto alle fonti energetiche tradizionali e rispetto ad altre fonti rinnovabili come le biomasse.

Per tutte queste ragioni si ribadisce un risultato assolutamente positivo dell'analisi costi -benefici.

In fede, Ph.D. Vincenzo Satta Dottore agronomo e ingegnere ambientale

Conclusione integrata. L'analisi conferma, su un set di dati unico e coerente (28 MW), la duplice convenienza del progetto. Sul piano socio-ambientale il VAN è positivo (+8,57 M EUR), con 66.100 MWh/a di energia rinnovabile ed emissioni evitate per 31.067 t/a di CO₂. Sul piano finanziario il progetto presenta VAN-F positivo (+5,23 M EUR), TIR di progetto 6,15% e TIR equity 8,15%, con struttura bancabile (DSCR minimo 1,36) a leva del 60%. Il risultato complessivo dell'analisi costi-benefici è pienamente positivo: il progetto è sostenibile sotto il profilo ambientale, sociale, economico e finanziario.

In fede,

Ph.D. Vincenzo Satta

Dottore agronomo e ingegnere ambientale