

ANALISI COSTI-BENEFICI AMBIENTALI

**Realizzazione di un parco Agrivoltaico Avanzato
di potenza nominale pari a 42 MWp, denominato
“MACOMER 4” sito nel Comune di Macomer (NU),
in Località “Nuraghe Solene”
e delle relative opere di connessione alla SE Terna**

PROPONENTE:



Energia Pulita Italiana 3 s.r.l.

Rev00	<i>Integrazione documentale</i>	Data ultima elaborazione: 21/06/2023
Redatto		Approvato
<i>Dr.ssa Ing. Annamaria PALMISANO</i>		ENERLAND ITALIA s.r.l.
Codice Elaborato		Oggetto
MACOMER4-IAR14		PROGETTO DEFINITIVO

TEAM ENERLAND:

Dr.ssa Ing. Annamaria PALMISANO

Dr.ssa Ilaria CASTAGNETTI

Ing. Emanuele CANTERINO

Dott. Claudio BERTOLLO

Dott. Guglielmo QUADRIO

Dott. Agr. Patrick VASTA



INDICE

1. PREMESSA.....	1
1.1 Soggetto proponente.....	4
1.2 Descrizione del progetto	6
1.3 Sistemi agrivoltaici.....	9
1.3.1 Parametri tecnici minimi per la classificazione di un sistema agrivoltaico	10
1.3.2 Classificazione dei sistemi agrivoltaici	11
1.3.3 Scheda riassuntiva requisiti di progetto.....	12
1.4 Alternative progettuali.....	15
1.4.1 Alternativa "zero"	15
1.4.2 Alternative tecnologiche	15
2. METODOLOGIA.....	19
2.1 La valutazione finanziaria ed economica.....	21
2.1.1 L'analisi finanziaria	21
2.1.2 L'analisi socio-economica	23
2.2 Valutazione del rischio	24
2.2.1 Analisi di sensitività	24
3. ANALISI FINANZIARIA	26
3.1 Analisi remunerazione vendita energia per l'impianto	26
3.2 Valore Attuale Netto (VAN).....	27
3.3 Risultati analisi finanziaria	30
4. ANALISI DI SENSITIVITÀ DEL PROGETTO	32
4.1 VAN – Analisi dei risultati.....	33
4.2 TIR – Analisi dei risultati	34
5. ANALISI SOCIO-ECONOMICA E AMBIENTALE	36
5.1 Impatto sull'uso del suolo e sui servizi ecosistemici.....	36

5.1.1	Sequestro e stoccaggio di Carbonio	37
5.1.1.1	Valutazione Economica	38
5.1.1.2	Valutazione Economica per il progetto in esame	39
5.1.2	Qualità degli Habitat.....	39
5.1.2.1	Valutazione Economica	40
5.1.2.2	Valutazione Economica per il progetto in esame	40
5.1.3	Produzione Agricola	41
5.1.4	Impollinazione	42
5.1.4.1	Valutazione Economica	43
5.1.4.2	Valutazione Economica per il progetto in esame	43
5.1.5	Regolazione del Microclima	43
5.1.6	Rimozione di Particolato e Ozono	46
5.1.6.1	Valutazione Economica	46
5.1.6.2	Valutazione Economica per il progetto in esame	47
5.1.7	Protezione dall'Erosione	47
5.1.7.1	Valutazione Economica	48
5.1.7.2	Valutazione economica per il progetto in esame	48
5.1.8	Regolazione del Regime Idrico (Infiltrazione)	49
5.1.8.1	Valutazione Economica	49
5.1.8.2	Valutazione Economica per il progetto in esame	50
5.1.9	Regolazione del Regime Idrico (Disponibilità di Acqua).....	51
5.1.9.1	Valutazione Economica	51
5.1.9.2	Valutazione Economica per il progetto in esame	52
5.1.10	Purificazione dell'Acqua dai Contaminanti.....	52
5.1.10.1	Valutazione Economica	53
5.1.10.2	Valutazione Economica per il progetto in esame	53
5.2	Impatto visivo e costo della disponibilità a pagare.....	55
5.3	Investimenti compensativi a favore del territorio	57

5.4	Emissioni evitate.....	58
-----	------------------------	----

5.5	Sintesi dei risultati.....	60
-----	----------------------------	----

6.	ANALISI DEI RISULTATI COSTI-BENEFICI.....	61
----	---	----

7.	INDICE DELLE FIGURE.....	63
----	--------------------------	----

8.	INDICE DELLE TABELLE.....	64
----	---------------------------	----

9.	BIBLIOGRAFIA.....	65
----	-------------------	----

1. PREMESSA

La presente Analisi costi-benefici (ACB) è stata elaborata al fine di integrare gli studi presentati in prima istanza per il progetto che prevede la realizzazione di un impianto agri-voltaico avanzato costituito da tracker a inseguimento monoassiale e relative opere connesse (infrastrutture impiantistiche e civili), ubicato in Sardegna, nel Comune di Macomer, con potenza pari a 42 MWp e denominato "MACOMER 4". L'area occupata dalle strutture, intesa come proiezione a terra dei pannelli fotovoltaici posti in posizione di manutenzione (a 0°), sarà complessivamente pari a 19,35 ettari, su circa 72 ettari totali che saranno interessati dal progetto inteso come opere verdi e agricole e opere energetiche.

L'impianto è soggetto a procedimento di Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) ai sensi dell'art. 6 comma 7 del d.lgs. 152/2006 ed soggetto al rilascio di Autorizzazione Unica, ai sensi dell'art. 12 comma 3 del d.lgs. n. 387 del 2003; il progetto proposto rientra, ai sensi dall'art. 31 comma 6 del D.L. 77/2021, convertito nella legge 108/2021, tra quelli previsti nell'allegato II alla parte seconda del d.lgs. 152/2006 (impianti fotovoltaici per la produzione di energia elettrica con potenza complessiva superiore a 10 MW).

L'area oggetto di intervento presenta una superficie con destinazione agricola e di proprietà di soggetti privati. Il sito è caratterizzato da un'orografia lievemente pendente e si divide in 2 blocchi, quello più a sud si attesta attorno ai 530 m s.l.m., quello più a nord invece presenta un'altitudine medi pari a 500 metri sul livello del mare.

Il presente progetto si inserisce nell'ottica di una progressiva sostituzione dei combustibili fossili quale fonte energetica e della riduzione di inquinanti atmosferici e gas clima-alteranti, secondo quanto previsto dagli accordi internazionali in materia (es. Protocollo di Kyoto).

La soluzione di connessione alla RTN qui descritta fa riferimento alla Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG), che la Società Terna ha elaborato per l'allacciamento alla RTN, ai sensi dell'art.21 dell'allegato A alla deliberazione ARG/ELT/99/08 dell'ARERA ss.mm.ii.

Essa prevede che il parco fotovoltaico, mediante trasformatori appositi BT/AT - 0.80/36 kV (Allegato A.2 Codice di trasmissione, dispacciamento, sviluppo e sicurezza della rete di Terna – del 18/11/21), venga connesso, mediante attestazione di questi ultimi ad un'unica cabina di consegna, e da questa ad una futura stazione elettrica di trasformazione (SE) 380/150/36 kV denominata "Macomer 380", con sezioni 380/36kV, da inserire entra – esci sulla linea esistente RTN a 380 kV "Ittiri-Selargius", di cui al Piano di Sviluppo Terna.

L'esercizio dell'impianto agri-fotovoltaico consentirà di contribuire al raggiungimento degli obiettivi stabiliti dalla politica energetica europea e nazionale, mantenendo una produzione agricola di tipo sostenibile destinata all'alimentazione umana ed animale.

Considerata la potenza complessiva dell'impianto di 42.000,00 kWp e una producibilità media annua di 79.465 MWh, la produzione media nei 30 anni risulta essere di circa 2.383.950 MWh. Ciò consentirà di raggiungere importanti benefici in termini di riduzione di emissioni di gas climalteranti in atmosfera, rispetto ad una equivalente produzione di energia da combustibili fossili.

Inoltre, considerando una produzione annua 79.465.000,00 kWh si eviterà di emettere in atmosfera una quantità di CO₂ pari a 35.401.657,00 kg. Come fattore di conversione si è considerato il coeff. 0,4455 kg CO₂/kWh (ISPRAmbiente, 2019, p. 029)¹.

La presente analisi rappresenta una valutazione economica e sociale dei benefici che l'investimento previsto dal progetto in esame potrebbe avere sul territorio interessato.

L'Analisi Costi-Benefici è la metodologia più diffusa al fine di razionalizzare i processi decisionali in tema di allocazione delle risorse, in sintesi permette di valutare se il progetto è economicamente conveniente e socialmente desiderabile, condizione che si verifica quando il totale dei benefici ad esso associati supera il totale dei costi:

$$B - C > 0$$

L'ACB prende in esame diverse prospettive di valutazione: quella finanziaria, quella economica e quella sociale.

Nell'**analisi finanziaria** l'investimento viene considerato dal punto di vista privato: il progetto viene valutato in rapporto alla sua capacità di contribuire al profitto del proponente, e pertanto vengono considerate le tipiche variabili che influenzano direttamente la funzione del profitto (flusso di ricavi e dei costi). Il progetto sarà considerato conveniente se il profitto da esso derivante sarà positivo. Nel caso di confronto tra diverse alternative progettuali si considererà più conveniente il progetto cui è associato un livello di profitto più elevato.

Nell'**analisi economica** la prospettiva rispetto alla quale deve essere valutata la convenienza di un progetto è invece quella collettiva. L'operatore pubblico che finanzia l'intervento dovrà valutare i benefici per la collettività massimizzando la funzione di benessere collettivo e sarà quindi quest'ultima

¹ ISPRA, 2019: *Fattori di emissione atmosferica di gas a effetto serra nel settore elettrico nazionale e nei principali Paesi Europei*, A. Caputo (a cura di), Roma Edizione 2019, pag. 29.

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

Il progetto sarà considerato "utile socialmente" quando il valore aggiunto prodotto (Va) sommato alle economie esterne prodotte (Ee) e al maggior benessere sociale (Bs) avrà un valore superiore ai costi di produzione del servizio (Cs) sommato alle diseconomie esterne (De) e al disagio sociale (Ds), in formula:

$$Va + Ee + Bs > Cs + De + Ds$$

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 positive o negative, facendo riferimento ai benefici o costi apportati verso l'esterno all'effettiva attività svolta.

1.1 Soggetto proponente

Proponente del progetto per la realizzazione del sistema agrivoltaico è Enerland Italia s.r.l., filiale italiana di Enerland, società fondata nel 2007 a Saragozza, in Spagna, specializzata in sviluppo, costruzione, gestione e in attività di O. & M. di parchi fotovoltaici su terreni e di impianti industriali su tetti.

Tali attività vengono condotte a livello internazionale, disponendo di un organico multidisciplinare che si compone di circa 200 dipendenti, con più di 10 sedi aziendali in tutto il mondo, presenti quindi in 14 paesi.

I numeri di Enerland sono:

+400 MW installati

+800 GWh prodotti

+50 progetti in portfolio di sviluppi a livello internazionale

+20 parchi fotovoltaici costruiti

+200 impianti di autoconsumo industriale

Enerland persegue gli obiettivi di sostenibilità (Sustainable Development Goals) promossi dalle Nazioni Unite all'interno dell'Agenda 2030. L'azienda si impegna a raggiungere tali obiettivi attraverso la realizzazione di parchi fotovoltaici in diversi paesi europei e, in particolare, nel contesto italiano si sta occupando attualmente di sistemi agrivoltaici, con l'auspicio di conciliare l'attività agricola con il settore delle energie rinnovabili.

A questo scopo, e con l'ulteriore fine di potenziare lo sviluppo industriale del territorio sfruttando le energie rinnovabili, ha previsto l'installazione di un impianto fotovoltaico del tipo "grid connected" nel Comune di Macomer.

L'azienda ambisce al raggiungimento di un futuro a basse emissioni, per la salvaguardia del pianeta, lo sviluppo sostenibile e il benessere della società.

La storia dell'azienda:

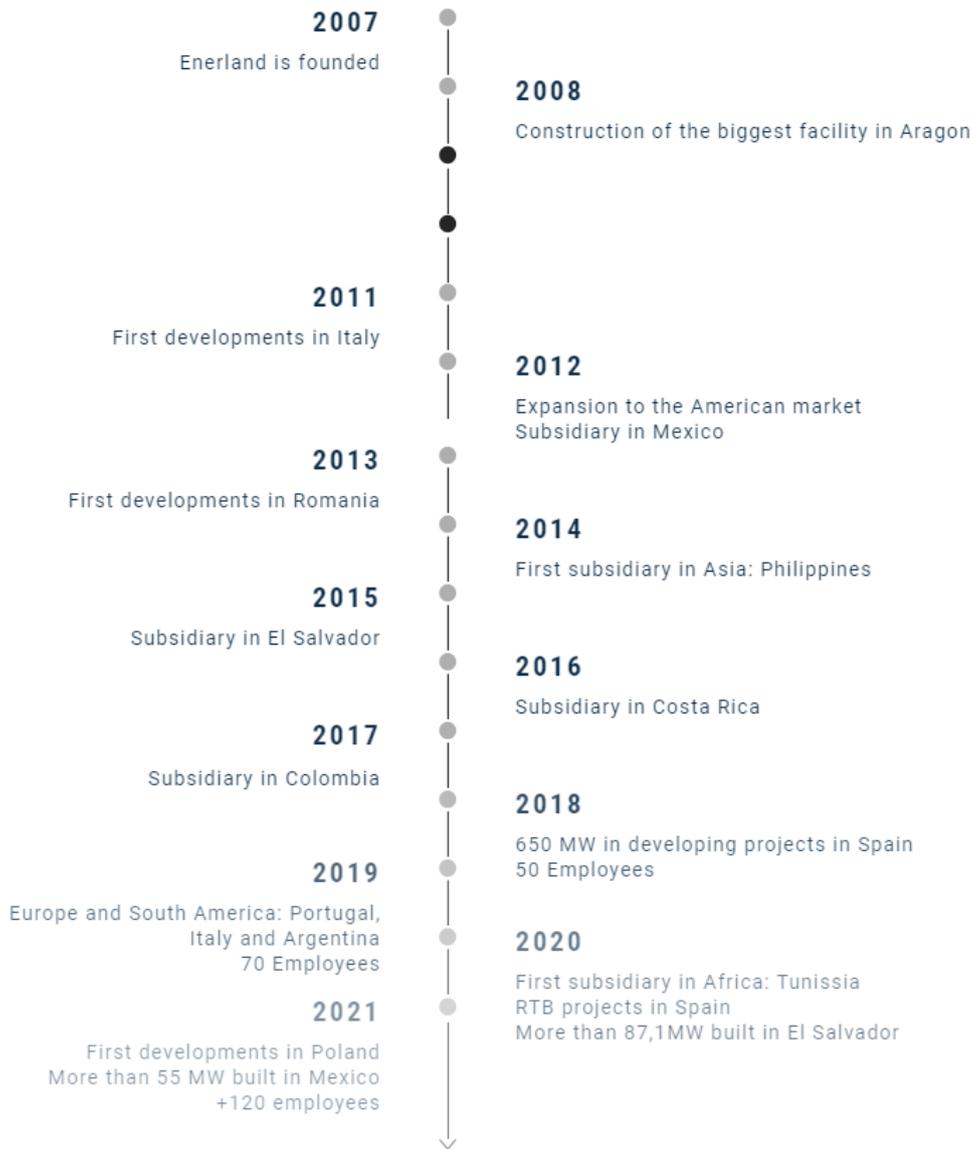


FIGURA 1 – STORYMAP DI ENERLAND

1.2 Descrizione del progetto

L'area di progetto si colloca all'interno del territorio comunale di Macomer (NU), in località "Nuraghe Solene". Il sito si compone di due macroaree principali: un primo blocco minore a nord che si estende per circa 18 ettari e un secondo blocco più a sud di 53,5 ettari. L'area dista circa 3,0 km dal centro abitato di Macomer e dalla sua zona industriale, 5,3 km dal centro abitato di Borore e si colloca tra la S.P. 43 e la S.S. 131 dalle quali è raggiungibile imboccando delle strade secondarie.

Nella Carta d'Italia (I.G.M.) in scala 1:25.000, l'area in esame ricade nel foglio n° 498 sez. III "Macomer", mentre nella Carta Tecnica Regionale (C.T.R.) in scala 1:10.000 essa ricade nel foglio numero 498130 "Monte Sant'Antonio". Le coordinate chilometriche del baricentro dell'area in esame, riferite alla quadrettatura chilometrica Gauss Boaga (ESRI: 102094), sono rispettivamente: E 1476734,3 N 4452753,3. L'altitudine media a cui si colloca il sito è 510,0 m s.l.m.

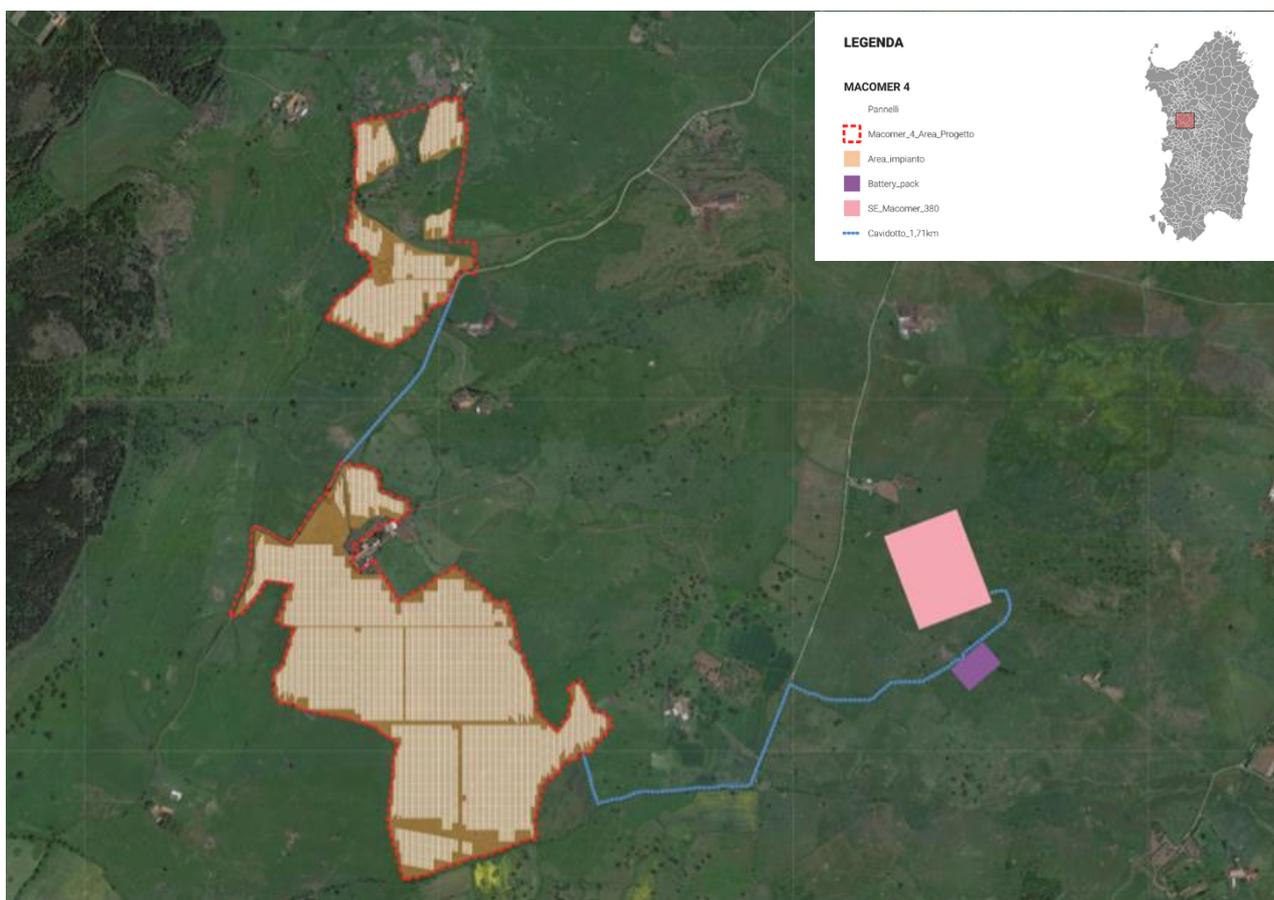


FIGURA 2 – AREA OGGETTO DI INTERVENTO EVIDENZIATA IN ROSSO, STAZIONE ELETTRICA IN GIALLO– ESTRATTO ELABORATO CARTOGRAFICO MACOMER4-PDT01

Il sito è raggiungibile da ovest dalla SP43 e da est e dalla SS131, la zona è lievemente pendente verso est.

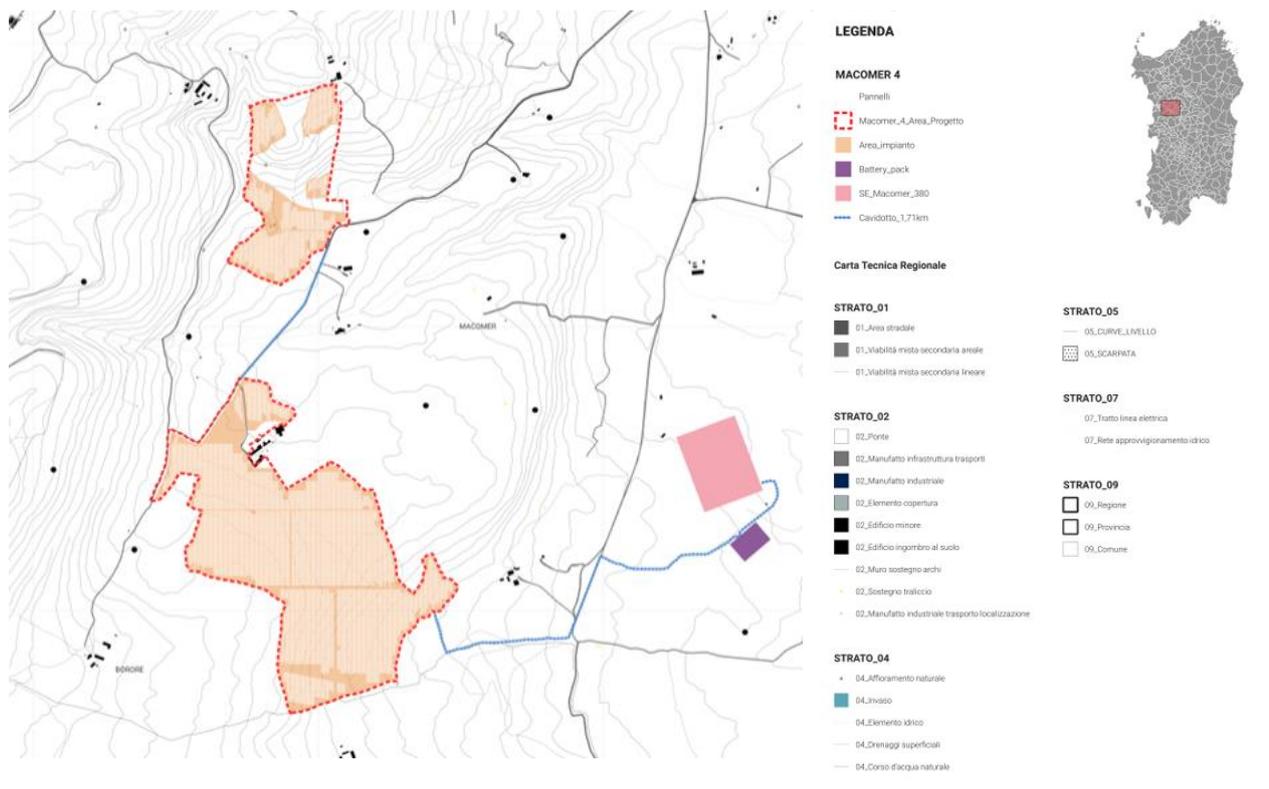


FIGURA 3 – STRALCIO INQUADRAMENTO AREA DI PROGETTO SU BASE CTR – ESTRATTO DALL'ELABORATO CARTOGRAFICO MACOMER4-PDT02

Per l'individuazione catastale dell'area di intervento si rimanda all'elaborato MACOMER4-PDR08, di seguito si riporta un estratto delle particelle interessate dall'area di progetto.

Provincia	Comune	Foglio	Particella
Nuoro	Macomer	54	27
			49
			50
			100
			102
			98
		50	2
			50
			49
			47
			46
			79
		54	48
			105
			103
			53
			54

			99
			55
			56
			57
			59
			60
			101
		55	31

1.3 Sistemi agrivoltaici

Uno dei punti fondamentali perseguiti dal Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC) e il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) riguarda l'accelerazione del percorso di crescita sostenibile del Paese, anche attraverso lo sviluppo degli impianti a fonti rinnovabili realizzati su suolo agricolo. A questo proposito la Missione 2, Componente 2, del PNRR ha come obiettivo principale l'implementazione di sistemi ibridi agricoltura-produzione di energia che non compromettano l'utilizzo dei terreni dedicati all'agricoltura, ma contribuiscano alla sostenibilità ambientale ed economica delle aziende coinvolte. Le finalità perseguite dai sopra citati piani sono supportate dal documento di recente pubblicazione relativo alle *Linee guida in materia di Impianti Agrivoltaici* (Ministero della Transizione Ecologica & Dipartimento per l'Energia, 2022), in cui sono contenute le caratteristiche minime e i requisiti di un impianto agrivoltaico e agrivoltaico avanzato, oltre ad una serie di indicazioni tecniche su questo sistema integrato di produzione. Il progetto presentato rientra nella categoria dei sistemi agrivoltaici avanzati in quanto rispondente dei parametri e requisiti espressi dal Ministero della Transizione Ecologica.

Un sistema agrivoltaico è un sistema complesso, che prevede la compresenza di un impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica e un'attività agricola o pastorale in una stessa area. Un impianto agrivoltaico, rispetto ad un impianto fotovoltaico a terra tradizionale, presenta una maggiore variabilità nella distribuzione in pianta dei moduli, nell'altezza e nei sistemi di supporto e nelle tecnologie impiegate, al fine di ottimizzare l'interazione con l'attività agricola.

Gli impianti agrivoltaici si contraddistinguono per una serie di aspetti e requisiti. Anzitutto il sistema deve essere progettato al fine di integrare attività agricola e produzione elettrica senza comprometterne la continuità produttiva e, attraverso la scelta di un'adeguata tecnologia e configurazione spaziale, garantire un'alta resa per entrambi i sottosistemi. La continuità produttiva sottintende l'esistenza della coltivazione, da accertare in fase di installazione dei sistemi agrivoltaici e il mantenimento dell'indirizzo produttivo o la conversione delle coltivazioni a nuove dal valore economico più elevato.

Gli impianti agrivoltaici sono realizzati con soluzioni tecnologiche innovative e la disposizione e altezza dei moduli consentono di ottimizzare le prestazioni del sistema, con benefici anche per il settore agricolo sotto diversi punti di vista per la biodiversità.

Tali sistemi infine sono dotati di un sistema di monitoraggio per la verifica di parametri fondamentali di impatto ambientale. In primo luogo, viene monitorato il risparmio idrico, direttamente

correlato con l'impatto sulle colture e la loro produttività. In secondo luogo, si conducono analisi in merito alla fertilità del suolo, al microclima e alla resilienza ai cambiamenti climatici.

1.3.1 Parametri tecnici minimi per la classificazione di un sistema agrivoltaico

Affinché un sistema agrivoltaico venga definito tale, deve rispettare delle condizioni strutturali e dei parametri tecnici prestabiliti. In base ai criteri di classificazione presentati all'interno delle Linee guida, è possibile anche determinare la tipologia di sistema a seconda dei requisiti che rispetta.

REQUISITO A: Il sistema è progettato e realizzato in modo da adottare una configurazione spaziale ed opportune scelte tecnologiche, tali da consentire l'integrazione fra attività agricola e produzione elettrica e valorizzare il potenziale produttivo di entrambi i sottosistemi;

La **superficie minima coltivata**, richiamata anche dal DL 77/2021, è un parametro fondamentale per qualificare un sistema agrivoltaico ed è stabilita con un valore pari o superiore al 70% della superficie agricola totale interessata dall'intervento².

$$S_{agricola} \geq 0,7 \cdot S_{tot}$$

Il **LAOR** (*Land Area Occupation Ratio*) rappresenta la percentuale di superficie complessiva coperta dai moduli e ha un limite massimo pari al 40% della superficie totale di impianto.

$$LAOR \leq 40\%$$

REQUISITO B: Il sistema agrivoltaico è esercito, nel corso della vita tecnica, in maniera da garantire la produzione sinergica di energia elettrica e prodotti agricoli e non compromettere la continuità dell'attività agricola e pastorale valorizzando il potenziale produttivo di entrambi i sottosistemi;

Continuità dell'attività agricola: è importante accertare il mantenimento del valore della produzione agricola prevista sull'area destinata al sistema agrivoltaico negli anni solari successivi all'entrata in esercizio del sistema (in €/ha o €/UBA) confrontandolo con il valore medio della produzione agricola registrata sull'area destinata al sistema agrivoltaico negli anni solari antecedenti, a parità di indirizzo produttivo. Ove sia già presente una coltivazione a livello aziendale, andrebbe rispettato il mantenimento dell'indirizzo produttivo o, eventualmente, il passaggio ad un nuovo indirizzo produttivo di valore economico più elevato. Il valore economico di un indirizzo produttivo è misurato in termini di valore di produzione standard calcolato a livello complessivo aziendale; la modalità di calcolo e la definizione di coefficienti di produzione standard sono predisposti nell'ambito della Indagine RICA.

² Per "superficie agricola totale" o "superficie totale di progetto" si utilizza di seguito la superficie catastale totale nella disponibilità della proponente.

Producibilità elettrica minima: viene stabilita attraverso un rapporto tra la produzione specifica di un impianto agrivoltaico e la producibilità elettrica specifica di un impianto fotovoltaico standard che interessi la stessa area di impianto. La producibilità dell'impianto agrivoltaico non deve essere inferiore al 60% della producibilità dell'impianto standard.

$$FV_{agri} \geq 0,6 \cdot FV_{standard}$$

REQUISITO C: l'impianto agrivoltaico adotta **soluzioni integrate innovative con moduli elevati da terra**, volte a ottimizzare le prestazioni del sistema agrivoltaico sia in termini energetici che agricoli. Determinare una soglia minima in termini di altezza dei moduli da terra permette di assicurare che vi sia lo spazio sufficiente per lo svolgimento dell'attività agricola al di sotto dei moduli e di limitare il consumo di suolo. Considerata l'altezza minima dei moduli fotovoltaici su strutture fisse e l'altezza media dei moduli su strutture mobili, limitatamente alle configurazioni in cui l'attività agricola è svolta anche al di sotto dei moduli stessi – tipo 1) e tipo 3) (Ministero della Transizione Ecologica & Dipartimento per l'Energia, 2022, p. 24) –, si possono fissare come valori di riferimento per rientrare nel sistema di tipo agrivoltaico e consentire la continuità delle attività agricole o zootecniche anche al di sotto dei moduli fotovoltaici i seguenti valori:

- **1,3 metri** nel caso di **attività zootecnica** (altezza minima per consentire il passaggio con continuità dei capi di bestiame);
- **2,1 metri** nel caso di **attività colturale** (altezza minima per consentire l'utilizzo di macchinari funzionali alla coltivazione).

REQUISITO D: Il sistema si definisce agrivoltaico quando è dotato di un **sistema di monitoraggio** che consenta di verificare l'**impatto sulle colture**, il risparmio idrico, la produttività agricola per le diverse tipologie di colture e la continuità delle attività delle aziende agricole interessate;

REQUISITO E: Il sistema agrivoltaico è dotato di un **sistema di monitoraggio** che, oltre a rispettare il requisito D, consenta di verificare il recupero della **fertilità del suolo**, il **microclima**, la **resilienza ai cambiamenti climatici**.

1.3.2 Classificazione dei sistemi agrivoltaici

Il rispetto dei requisiti **A**, **B** è necessario per definire un impianto fotovoltaico realizzato in area agricola come "**agrivoltaico**". Per tali impianti deve inoltre essere previsto il mantenimento dell'indirizzo agricolo esistente.

Il rispetto dei requisiti **A, B, C e D** è necessario per soddisfare la definizione di "impianto agrivoltaico avanzato" e, in conformità a quanto stabilito dall'articolo 65, comma 1-quater e 1-quinquies, del decreto-legge 24 gennaio 2012, n. 1, classificare l'impianto come meritevole dell'accesso agli incentivi statali a valere sulle tariffe elettriche.

Il rispetto dei **A, B, C, D ed E** sono pre-condizione per l'accesso ai contributi del PNRR, fermo restando che, nell'ambito dell'attuazione della misura Missione 2, Componente 2, Investimento 1.1 "Sviluppo del sistema agrivoltaico", come previsto dall'articolo 12, comma 1, lettera f) del decreto legislativo n. 199 del 2021, potranno essere definiti ulteriori criteri in termini di requisiti soggettivi o tecnici, fattori premiali o criteri di priorità.

1.3.3 Scheda riassuntiva requisiti di progetto

Di seguito si riporta la scheda riassuntiva dei requisiti che il progetto deve possedere per essere considerato impianto "agrivoltaico avanzato" e la relativa rispondenza del progetto in esame.

Energia Pulita Italiana 3 s.r.l.		
Progetto di un parco agrivoltaico avanzato denominato "MACOMER 4" potenza nominale pari a 42 MWp situato nel Comune di Macomer (NU)		
REQUISITO A.1 - Superficie minima per l'attività agricola		ha
S_{tot}	Area totale di progetto nella disponibilità della proponente: comprende la superficie utilizzata per coltura e/o zootecnia e la superficie totale su cui insiste l'impianto agrivoltaico. Quindi sono incluse anche tutte le aree che non ricadono all'interno della recinzione.	72,27
S_{pv}	Somma delle superfici individuate dal profilo esterno di massimo ingombro di tutti i moduli fotovoltaici costituenti l'impianto (superficie attiva compresa la cornice)	19,35
S_{impianto}	Somma delle superfici su cui insiste l'impianto agrivoltaico, comprese le piazzole, le cabine elettriche e la viabilità interna; corrisponde all'area recintata.	62,55
S_{agricola}	Superficie minima coltivata: comprende l'area destinata a coltivazione di prato stabile tra e sotto le file dei pannelli e la mitigazione perimetrale destinata alla coltivazione ad ulivo.	57,61
S_{agricola} ≥ 0,7 · S_{tot}		79,7%
VERIFICATO		
REQUISITO A.2 - Percentuale di superficie complessiva coperta da moduli (LAOR)		
LAOR (Land Area Occupation Ratio) = S_{pv}/S_{tot}	Il LAOR (Land Area Occupation Ratio) rappresenta la percentuale di superficie complessiva coperta dai moduli e ha un limite massimo pari al 40% della superficie totale di impianto.	26,77%
LAOR ≤ 40%		
VERIFICATO		
REQUISITO B.1 - Continuità dell'attività agricola		
	Ante operam	Post operam

Tipo di coltivazione/i	Prato magro	Prato permanente e pascolo		
Indirizzo produttivo	Seminativi	Seminativo pascolativo		
estensione seminativi [ha]	72,11	57,61		
a) coincidenza di indirizzo produttivo: valore medio della produzione agricola registrata sull'area [€/ha]				
PS (valori da tabelle RICA)	132,44 €	360,00 €		
PST - Produzione Standard Totale	9.550,25 €	20.739,60 €		
PS_{ante} ≤ PS_{post}	+ 117%			
VERIFICATO				
REQUISITO B.2 - Verifica della producibilità elettrica minima				
Modulo	Modulo FV in silicio monocristallino del tipo bifacciale JKM570N-72HL4-BDV della Jinko Solar®	Potenza nominale [W]	570	
		Dimensioni	L [mm] =	1134
			P [mm] =	2278
		Sup. impianto	S _{pv} [ha] =	62,55
Impianto agrivoltaico presentato in VIA Potenza = 42 MW	Producibilità elettrica annua dell'impianto agrivoltaico [GWh/anno] =		79,47	
	FV _{agri} = Producibilità elettrica annua per ha dell'impianto agrivoltaico [GWh/ha/anno] =		1,27	
Impianto fotovoltaico standard* Potenza = 74,75 MW	Producibilità elettrica annua dell'impianto standard [GWh/anno] =		124,94	
	FV _{standard} = Producibilità elettrica annua per ha dell'impianto standard [GWh/ha/anno] =		1,87	
*moduli con efficienza 22,07% su supporti fissi con inclinazione a Sud e un angolo pari alla latitudine meno 10°				
FV_{agri} ≥ 0,6 · FV_{standard}				
1,27 ≥ 1,122		67,9%		
VERIFICATO				
REQUISITO C - Adottare soluzioni integrate innovative con moduli elevati da terra				
TIPO 1	l'altezza minima dei moduli è studiata in modo da consentire la continuità delle attività agricole (o zootecniche) anche sotto ai moduli fotovoltaici	<i>doppio uso del suolo</i>	Attività Zootecnica	Hmin
		<i>moduli fotovoltaici svolgono funzione sinergica alla coltura</i>		1,32 m
Attività zootecnica - Hmin = 1,3 m		Attività colturale - Hmin = 2,1 m		
VERIFICATO per ZOOTECCIA				
REQUISITO D.1 - Monitoraggio del risparmio idrico				
Aziende con colture in asciutta: analisi dell'efficienza d'uso dell'acqua piovana per evidenziare un miglioramento conseguente la diminuzione dell'evapotraspirazione dovuta all'ombreggiamento causato dalla presenza del sistema agrivoltaico	Monitoraggio periodico dell'umidità di 2 tipologie di terreni attigui: - uno con prato stabile senza pannelli - uno con prato stabile con pannelli FV . L'analisi e la comparazione dei dati evidenzierà come, grazie alla minor evapotraspirazione legata alla presenza dei pannelli FV, il terreno con l'impianto presenti un contenuto d'acqua maggiore rispetto a quello senza l'impianto, con conseguente beneficio per le colture.			
Redazione Relazione Triennale redatta da parte del proponente.				
VERIFICATO				
REQUISITO D.2 - Monitoraggio della continuità dell'attività agricola				
Esistenza e resa della coltivazione	Redazione di una relazione tecnica asseverata da un agronomo con una cadenza stabilita. Alla relazione potranno essere allegati i piani annuali di coltivazione, recanti indicazioni in merito alle specie annualmente coltivate, alla superficie effettivamente destinata alle coltivazioni, alle condizioni di crescita delle piante, alle tecniche di coltivazione (sesto di impianto, densità di semina, impiego di concimi, trattamenti fitosanitari).		Implementazione monitoraggio agricolo come riportato in Relazione Agronomica Par.3.6.2	
Mantenimento dell'indirizzo produttivo				

Redazione Relazione Tecnica Asseverata di un Agronomo		
VERIFICATO		
REQUISITO E.1 - Monitoraggio del recupero della fertilità del suolo		
Il miglioramento diretto della fertilità del suolo sarà garantito da un'opportuna scelta di essenze in grado di fissare l'azoto atmosferico per il miscuglio costituente il prato di leguminose e pascolamento controllato.		
Redazione Relazione Tecnica Asseverata o Dichiarazione del proponente		
VERIFICATO		
REQUISITO E.2 - Monitoraggio del microclima		
<p><i>L'impatto di un impianto tecnologico fisso o parzialmente in movimento sulle colture sottostanti può alterare il normale sviluppo della pianta, favorire l'insorgere ed il diffondersi di fitopatie così come può mitigare gli effetti di eccessi termici estivi associati ad elevata radiazione solare determinando un beneficio per la pianta (effetto adattamento).</i></p>	<p><i>Monitoraggio tramite sensori per la misura di:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - temperatura; - umidità relativa; - velocità dell'aria; - radiazione; <p><i>posizionati al di sotto dei moduli fotovoltaici e, per confronto, nella zona immediatamente limitrofa ma non coperta dall'impianto.</i></p>	<p>Temperatura ambiente esterno e retro-modulo misurata con sensore PT100</p>
		<p>Umidità dell'aria ambiente esterno e retro-modulo misurata con misurata con igrometri/psicometri</p>
		<p>Velocità dell'aria ambiente esterno e retro-modulo misurata con anemometri</p>
		<p>Radiazione solare fronte e retro-modulo misurata con un solarimetro</p>
Relazione Triennale redatta dal Proponente		
VERIFICATO		
REQUISITO E.3 - Monitoraggio resilienza ai CC		
<p><i>La produzione di elettricità da moduli fotovoltaici deve essere realizzata in condizioni che non pregiudichino l'erogazione dei servizi o le attività impattate da essi in ottica di cambiamenti climatici attuali o futuri</i></p>	<p>Valutazione di conformità dell'impianto agrivoltaico al principio del "Do No Significant Harm" (DNSH)</p>	<p>FASE DI PROGETTO: redazione di una Relazione DNSH in cui il proponente attesta il contributo che s'impegna a fornire per il raggiungimento dei 6 obiettivi ambientali.</p>
		<p>FASE DI MONITORAGGIO: il soggetto erogatore degli incentivi verifica l'attuazione delle soluzioni previste da progetto</p>
Relazione DNSH / Monitoraggio PO		
VERIFICATO		

TABELLA 1 – TABELLA DI SINTESI DEI REQUISITI RICHIESTI DALLE LINEE GUIDA MITE 2022

1.4 Alternative progettuali

1.4.1 Alternativa "zero"

Il "momento zero" è inteso come condizione temporale di partenza dei sistemi ambientale, infrastrutturale, insediativo, economico e sociale, sulla quale si innestano i successivi eventi di trasformazione e gli effetti conseguenti alla realizzazione dell'opera. Perciò, l'alternativa "zero" prevede la possibilità di non realizzare l'opera e conservare lo stato dei luoghi, con conseguente assenza di benefici di carattere sociale, ambientale ed economico rispetto alla situazione vigente.

1.4.2 Alternative tecnologiche

Ai fini dell'analisi sono state prese in considerazione le possibili soluzioni impiantistiche principali nel campo dello sfruttamento dell'energia solare: fotovoltaico classico e agri-voltaico. A parità di estensione dell'area progettuale e localizzazione delle due tipologie impiantistiche sono state analizzate alcune caratteristiche per entrambe le soluzioni, assegnando un valore positivo (verde) o negativo (rosso) a seconda di quale impianto sia più vantaggioso o svantaggioso in relazione ad ogni criterio.

CRITERI	FOTOVOLTAICO	AGRI-VOLTAICO
Producibilità elettrica	MAGGIORE	MINORE
Costi d'investimento	MINORI	MAGGIORI
Consumo suolo	MAGGIORE	MINORE
Manutenzione	MINORE	MAGGIORE
Sostenibilità ambientale	MINORE	MAGGIORE
Qualità dei suoli	PEGGIORATA	MIGLIORATA
Biodiversità	PEGGIORATA	MIGLIORATA
Colture	ELIMINATE	CONSERVATE
Redditività agricola	ANNULLATA	AUMENTATA

Dall'analisi dei suddetti criteri si evince che la scelta di installare un impianto agrivoltaico ha sicuramente dei vantaggi maggiori, in particolare dal punto di vista ambientale, ma presenta anche degli svantaggi sotto il piano puramente economico della società proponente:

- **Producibilità elettrica:** a parità di superficie utilizzata un impianto fotovoltaico tradizionale presenta una densità di pannelli maggiore con minore distanza tra le file, ne consegue una producibilità elettrica complessiva maggiore. Questo aumento di producibilità si

accompagna tuttavia alla possibilità di creare il cosiddetto effetto lago con rischi potenzialmente alti per l'avifauna locale.

- **Costi di investimento:** i sistemi agrivoltaici hanno tendenzialmente dei costi di investimento maggiori rispetto agli impianti fotovoltaici tradizionali, per le maggiori dimensioni delle strutture utilizzate. Tali costi sottintendono in ogni caso un guadagno in termini ambientali e di produzione agricola; pertanto, si tratta di un investimento cui seguono dei benefici considerevoli.
- **Manutenzione:** gli impianti agrivoltaici, per via delle attività agricole frequenti, possono essere soggetti a deposito di polveri generate dalla lavorazione dei terreni o prodotti agricoli liquidi sulla superficie dei moduli, che causano una diminuzione dell'efficienza del pannello. Questi fattori sono da tenere presenti nel momento in cui si effettuano le stime dei costi di manutenzione, per cui è doveroso prevedere un controllo delle superfici dei pannelli e assicurarsi che la loro producibilità non venga alterata in maniera significativa. In generale, i pannelli sono sottoposti a usura e sono soggetti a rischi derivanti dai lavori agricoli, tuttavia questo genere di situazioni si può verificare, in misura minore, anche nel caso di impianti fotovoltaici classici.

Agli svantaggi appena elencati si contrappongono i notevoli vantaggi dal punto di vista ambientale ed ecologico legati alla scelta di un impianto agrivoltaico:

- **Consumo di suolo:** un impianto fotovoltaico fisso non lascia spazio ad altri usi, per questo motivo la totalità dell'area interessata dalla presenza dell'impianto rientra nella categoria di suolo consumato. Con l'impianto agrivoltaico si ha invece un consumo di suolo decisamente minore legato principalmente alla presenza di opere accessorie, quali cabine e viabilità, inoltre, l'uso di strutture a inseguimento solare permette all'intero terreno su cui ricade l'impianto di godere a rotazione della presenza del sole.
- **Sostenibilità ambientale:** la riduzione del suolo consumato dall'impianto, la coesistenza di produzione energetica e attività agricola e la conservazione delle aree naturali oltre alla creazione di nuove aree naturali con la creazione di nuove fasce di mitigazione e compensazione candidate e diventare rifugi per la micro e meso-fauna, fanno sì che l'inserimento di un parco agrivoltaico in contesto agricolo comprometta in misura minore gli equilibri ecosistemici e quindi una maggiore sostenibilità dal punto di vista ambientale.
- **Miglioramento della qualità dei suoli e della biodiversità:** la qualità biologica del suolo può essere definita come la "capacità del suolo di mantenere la propria funzionalità per sostenere la produttività biologica, di mantenere la qualità dell'ecosistema e di

promuovere la salute di piante ed animali". I sistemi agrivoltaici possono contribuire a favorire l'orientamento produttivo alla qualità del prodotto e al miglioramento ecologico del paesaggio agrario attraverso l'adozione dell'agricoltura di precisione o della conversione delle coltivazioni a biologico. A questo proposito, l'impiego della tecnologia agrivoltaica può generare un miglioramento della qualità ecologica del suolo e della biodiversità attraverso pratiche di riduzione o eliminazione di pesticidi e il controllo delle specie animali e vegetali presenti.

- **Vantaggi a livello colturale:** i sistemi agrivoltaici, in confronto ad altre tipologie di sfruttamento dell'energia fotovoltaica, presentano dei vantaggi relativi agli effetti che producono su alcune colture. Recenti studi condotti in Germania dal *Fraunhofer Institute* hanno riportato una prima valutazione del comportamento di differenti colture sottoposte alla riduzione della radiazione luminosa, indicando i tipi di coltivazioni più adatte per un sistema agrivoltaico, ovvero colture per le quali l'ombreggiatura ha effetti positivi sulle rese. In alcuni casi l'ombreggiamento fornito dai moduli può costituire un beneficio per le colture sottostanti e allo stesso tempo i moduli possono limitare l'evaporazione dell'acqua nel terreno con la possibilità di ottimizzare l'utilizzo della risorsa idrica. Nell'agricoltura tradizionale la qualità del raccolto o il rischio di perdita del raccolto dipende fortemente dalle condizioni meteorologiche. Il sistema agrivoltaico permette inoltre di proteggere le colture dagli agenti atmosferici estremi e di creare un microclima più fresco in estate e più temperato in inverno con benefici per le colture e l'allevamento. I pannelli fotovoltaici proteggono le colture da alte temperature, eventi climatici estremi e scarsità d'acqua, riducendo così l'impronta idrica dell'agricoltura. Dagli studi condotti dal For Solar Energy Systems del *Fraunhofer Institute* (nell'ambito del progetto *Agrophotovoltaics – Resource Efficient Land Use*) si evidenzia inoltre, che i sistemi agrivoltaici aumentano la produttività del terreno fino al 60%.
- **Aumento redditività agricola e autonomia energetica:** gli investimenti da parte delle imprese agricole dedicati alla produzione di energie rinnovabili, se opportunamente dimensionati, si traducono in un abbattimento dei costi operativi in grado di innalzare la redditività agricola e migliorare la competitività. L'autoconsumo dell'energia prodotta tramite l'impianto agrivoltaico si configura pertanto come uno strumento di efficienza aziendale. Lo stesso PNRR prevede che la misura di investimento dedicata allo sviluppo degli impianti agrivoltaici contribuisca alla sostenibilità non solo ambientale, ma anche economica delle aziende coinvolte, miglioramento della competitività delle aziende

agricole riducendone fortemente i costi energetici, raggiungimento degli obiettivi di decarbonizzazione.

2. METODOLOGIA

La presente ACB è stata eseguita in conformità con le indicazioni e le prescrizioni indicate nelle più recenti linee guida a livello europeo e nazionale. In particolare, i principali riferimenti metodologici utilizzati nella elaborazione della presente analisi costi-benefici sono i seguenti:

- Metodo di esecuzione dell'analisi costi-benefici, Allegato III Regolamento di Esecuzione (UE) 2015/207 della Commissione, G.U.E. legge 38/2015
- *Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects - Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020*, Commissione Europea – dec 2014;
- *Mappatura e valutazione dell'impatto del consumo di suolo sui servizi ecosistemici: proposte metodologiche per il Rapporto sul consumo di suolo*, ISPRA – 2018;
- *The Value of EU Agricultural Landscape*, Publications Office of the European Union – 2011.

Il processo di valutazione di un progetto, secondo la Guida Europea (Commissione Europea & Direzione generale di Politica regionale e urbana, 2014, p. 25, 26) si articola tipicamente in sette fasi:

1. Descrizione del contesto: la prima fase di valutazione del progetto mira a definire il contesto sociale, economico, politico e istituzionale in cui si prevede di realizzare gli interventi;
2. Definizione degli obiettivi: individuati in stretta relazione con i fabbisogni. In altre parole, l'analisi dei fabbisogni si fonda sulla descrizione del contesto e costituisce la base per una corretta definizione degli obiettivi del progetto.
3. Identificazione del progetto: definizione delle attività del progetto, dell'organismo responsabile della sua esecuzione e dei confini dell'analisi. (informazioni già presenti in: SIA, Relazione Tecnica Generale e di Dettaglio);
4. Analisi della fattibilità tecnica e della sostenibilità ambientale (informazioni già presenti in: SIA, Relazione Tecnica Generale e di Dettaglio);
5. Analisi finanziaria;
6. Analisi economica;

Le fasi così descritte sono di seguito sintetizzate in un diagramma di flusso.

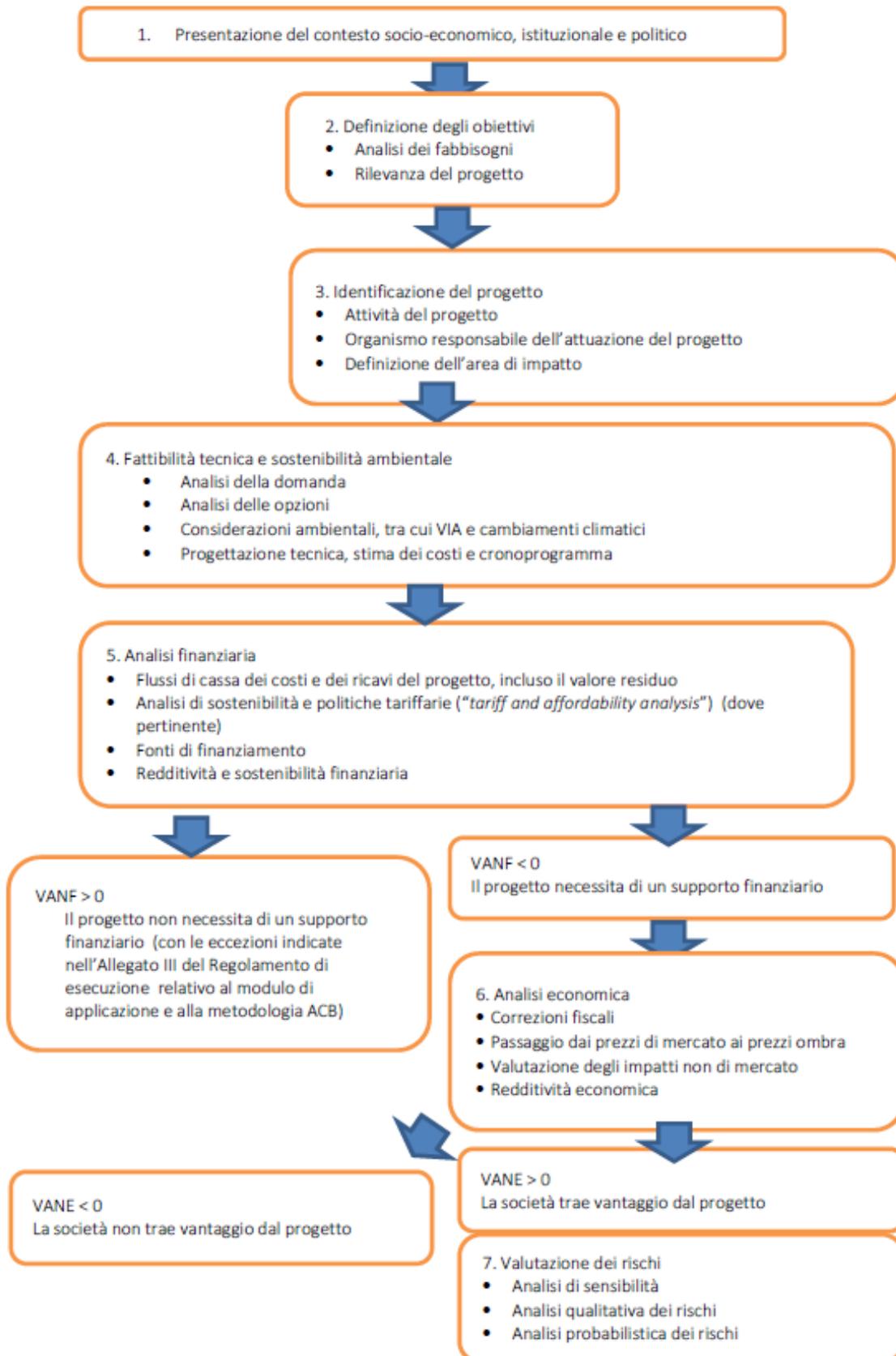


FIGURA 4 – FASI DI VALUTAZIONE DI UN PROGETTO

2.1 La valutazione finanziaria ed economica

2.1.1 L'analisi finanziaria

L'analisi finanziaria condotta si basa sul metodo dei flussi di cassa attualizzati o *Discounted cash flow (DCF)* ed è basato sulla determinazione del valore dei flussi di cassa attesi da una specifica attività. La valutazione basata sui flussi di cassa attualizzati è funzione di tre elementi fondamentali: l'entità del flusso di cassa, la distribuzione nel tempo dei flussi e il tasso di attualizzazione.

L'analisi finanziaria consente di:

- Valutare la redditività del progetto nel suo complesso;
- Valutare la redditività del progetto per il promotore e per i principali stakeholder;
- Verificare la sostenibilità finanziaria del progetto, una condizione chiave per la fattibilità di qualunque progetto;
- Delineare i flussi di cassa che sottendono al calcolo dei costi e dei benefici socio-economici.

Scopo dell'analisi è, pertanto, quello di prospettare un valido piano di finanziamento dell'opera e di verificare e valutare quella che sarà la situazione finanziaria per la gestione e manutenzione dell'opera.

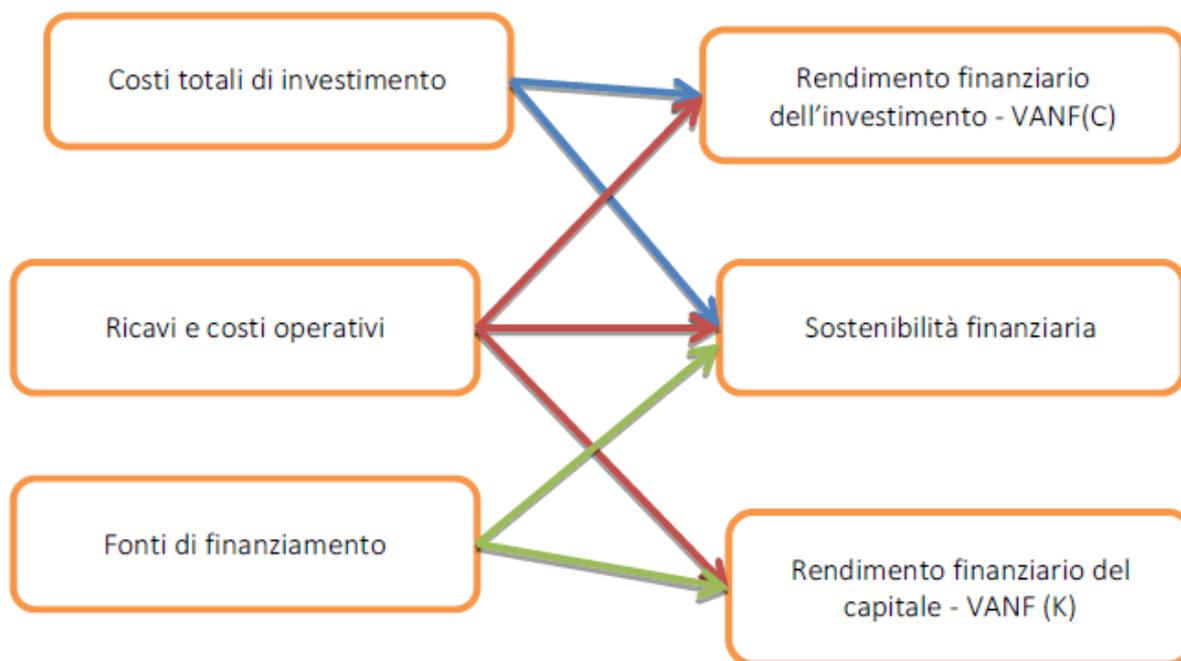


FIGURA 5 – STRUTTURA DELL'ANALISI FINANZIARIA

Nell'analisi finanziaria si individuano le seguenti variabili:

1. **Costi di investimento, costi di sostituzione e valore residuo:** il primo passo dell'analisi finanziaria consiste nella definizione dell'ammontare dei costi totali di investimento e nella loro ripartizione negli anni. Tali costi sono così classificabili: investimento iniziale, costi di rimpiazzo, valore residuo.
2. **Ricavi e costi operativi:** costi operativi comprendono tutti i costi d'esercizio e manutenzione (O&M - Operation and Maintenance) connessi al funzionamento delle infrastrutture/servizi realizzati dal progetto e si distinguono in costi fissi e costi variabili. Le entrate del progetto sono definite come i "flussi finanziari in entrata pagati direttamente dagli utenti per i beni o i servizi forniti dall'operazione, quali le tariffe direttamente a carico degli utenti per l'utilizzo dell'infrastruttura, la vendita o la locazione di terreni o immobili o i pagamenti per i servizi"³.
3. **Fonti di finanziamento:** vengono quindi individuate le diverse fonti di finanziamento a copertura dei costi di investimento (fondi europei, contributi pubblici nazionali, capitale del soggetto proponente, prestiti, etc.).
4. **Redditività finanziaria:** la definizione dei costi di investimento, dei costi operativi, delle entrate e delle fonti di finanziamento consente di valutare la redditività finanziaria del progetto, misurata dai seguenti indicatori chiave:
 - a. valore attuale netto finanziario – **VANF(C)** – e tasso interno di rendimento finanziario – **TIRF(C)** – dell'investimento;
Il VANF(C) e il TIRF(C), sono espressi rispettivamente in Euro e in % e confrontano i costi di investimento con le entrate nette e misurano la capacità delle entrate nette generate dal progetto di ripagare l'investimento iniziale, indipendentemente dalle fonti o dai metodi con cui è finanziato.
 - b. valore attuale netto finanziario – **VANF(K)** – e tasso interno di rendimento finanziario – **TIRF(K)** – del capitale nazionale.
Nel calcolo del VANF(K) e del TRF(K) vengono prese in considerazione tutte le fonti di finanziamento, tranne i contributi dell'UE. Queste fonti sono considerate come flussi in uscita (mentre sono flussi in entrata nel computo della sostenibilità finanziaria), al posto dei costi di investimento (in quanto fanno parte del rendimento finanziario nel calcolo dell'investimento).

Un progetto è finanziariamente sostenibile quando si prevede che il rischio di esaurire la liquidità, sia nelle fasi operative sia durante l'investimento, è pari a zero.

³ Art. 61 del Regolamento (UE) 1303/2013

Nella valutazione finanziaria, però, non vengono considerate le variabili e i benefici dal punto di vista ambientale poiché 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.

È evidente, quindi, come la definizione del valore economico di una risorsa ambientale, ossia l'attribuzione di un corrispettivo monetario ad essa, debba superare i limiti del valore di scambio ed abbracciare una nozione di valore più ampia che consideri tutte le ragioni per le quali la risorsa ambientale è fonte di utilità per la collettività. Pertanto, all'analisi finanziaria aziendale si deve certamente affiancare l'analisi economico-sociale dell'investimento.

2.1.2 L'analisi socio-economica

L'art. 101 del Regolamento (UE) n. 1303/2013 prevede, al fine valutare il contributo del progetto al benessere sociale, la predisposizione di un'analisi economica.

Il concetto chiave su cui si basa l'analisi economica di un investimento è rappresentato dal "prezzo ombra", ovvero il prezzo che riflette il costo opportunità di beni e servizi.

L'approccio adottato, coerente con la pratica internazionale, prevede che l'analisi economica venga elaborata a partire dall'analisi finanziaria, attraverso alcuni piccoli adeguamenti da applicare alle grandezze finanziarie così come sviluppate nell'analisi del rendimento sull'investimento:

- correzioni fiscali;
- conversione dei prezzi di mercato in prezzi ombra;
- valutazione degli impatti non di mercato e correzione per le esternalità

Una volta adeguati i prezzi di mercato e valutati gli impatti non di mercato, è possibile attualizzare costi e benefici, che si manifestano in tempi diversi. Il tasso di sconto utilizzato nell'analisi economica è il Tasso di Sconto Sociale (TSS), che riflette il punto di vista sociale circa il grado di preferenza dei costi e dei benefici futuri rispetto a quelli presenti.

Una volta impiegato il TSS appropriato, quantificati e valutati in termini monetari tutti i costi e i benefici del progetto, è possibile misurarne la performance economica attraverso i seguenti indicatori:

- **Valore Attuale Netto Economico (VANE)**: consente la valutazione della convenienza e rappresenta la somma dei flussi economici attualizzati. Il VANE, a differenza del VANF, utilizza prezzi contabili o il costo opportunità di beni e servizi anziché prezzi di mercato imperfetti, e include - per quanto possibile - ogni esternalità sociale e ambientale, perché l'analisi è svolta dal punto di vista della società e non solo da quello del

promotore del progetto. Dato che sono presi in considerazione esternalità e prezzi ombra, quindi, progetti con VANF(C) negativo possono mostrare un VANE positivo. Un VANE positivo definisce quindi la convenienza di esecuzione di un intervento.

- **Tasso di Rendimento Economico (TIRE):** tasso di attualizzazione che rende nulla la somma algebrica dei flussi economici attualizzati del progetto. Considerando la distribuzione temporale dei flussi economici, questo indicatore ne esprime, in media, il loro tasso di rendimento. Inoltre, potendo essere espresso in valori percentuali, è un indicatore di impatto immediato, che mette in condizione di percepire facilmente il rendimento economico dell'investimento rendendo, quindi, più agevole il processo decisionale.

In linea di principio, ogni progetto caratterizzato da un TIRE inferiore al tasso di sconto sociale o da un VANE negativo andrebbe respinto. Un progetto con un rendimento economico negativo impiega troppe risorse socialmente utili per ottenere benefici troppo modesti per la società nel suo complesso.

2.2 Valutazione del rischio

L'analisi di rischio consente di affrontare l'incertezza insita nei progetti d'investimento e ha lo scopo di identificare gli eventi sfavorevoli che possono incidere sulle condizioni di fattibilità dell'opera (realizzazione e gestione). Il fine è poi quello di valutare entro quali limiti i rischi insiti nel progetto possano, eventualmente, influenzare i risultati economici e finanziari dell'opera.

La valutazione del rischio si divide nei seguenti passaggi:

- analisi di sensibilità;
- analisi qualitativa del rischio;

2.2.1 Analisi di sensibilità

L'analisi di sensibilità (o sensitività) consente di identificare le variabili 'critiche' del progetto ovvero quelle fra tutte le variabili del progetto, le cui variazioni, positive o negative, hanno il maggiore impatto sulle sue performance finanziarie e/o economiche. L'analisi viene condotta modificando i valori associati a ciascuna singola variabile e valutando l'effetto di tale cambiamento, nel caso oggetto di studio, sul VAN e sul TIR dell'investimento.

Le variazioni contemporanee di più variabili comportano una maggiore complessità computazionale ma allo stesso tempo una validazione più completa e strutturata nel caso di esiti positivi dei parametri economici.

Una componente particolarmente rilevante dell'analisi di sensibilità è il calcolo dei valori soglia (o "di rovesciamento"). Si tratta del valore che la variabile analizzata dovrebbe assumere affinché il VAN del progetto diventi pari a zero, o più in generale, il risultato del progetto scenda al di sotto del livello minimo di accettabilità.

3. ANALISI FINANZIARIA

3.1 Analisi remunerazione vendita energia per l'impianto

La remunerazione economica del settore fotovoltaico è rappresentata dalla remunerazione da vendita dell'energia prodotta attraverso cessione alla rete dei kWh prodotti secondo quanto previsto dal DM 04/07/2019, in continuità con i precedenti Decreti Ministeriali D.M. 06/07/2012 e il D.M. 23/06/2016, da cui eredita parte della struttura (meccanismo gestito dal GSE).

Il D.M. 04/07/2019 ha il fine di promuovere, attraverso un sostegno economico, la diffusione di impianti di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili di piccola, media e grande taglia. Gli impianti che possono beneficiare degli incentivi previsti dal Decreto sono quelli fotovoltaici di nuova costruzione, eolici onshore, idroelettrici e infine quelli a gas di depurazione.

Tuttavia, per l'impianto proposto, essendo localizzato su terreno agricolo, vale quanto disposto nell'Art.2 comma 5.b.2 del DM 04/ /2019, ossia il "divieto di accesso agli incentivi statali per impianti con moduli collocati a terra in aree agricole". L'impianto pertanto entrerà nel mercato libero, in modalità Grid parity.

Il modello finanziario adottato per il progetto in esame si basa su una duplice remunerazione economica:

- Una parte dell'energia prodotta verrà venduta tramite un contratto PPA (Power Purchase Agreement) a un'azienda terza;
- La parte rimanente verrà immessa in rete e venduta direttamente sul mercato libero (Grid Parity).

Come anticipato, PPA è l'acronimo di Power Purchase Agreement: si tratta di contratti a lungo termine in cui un'azienda accetta di acquistare elettricità direttamente da un produttore di energia. Tali contratti hanno durata uguale o superiore ai 10 anni e prevedono la vendita dell'elettricità a un prezzo fisso per kWh, offrendo pertanto una copertura contro eventuali fluttuazioni dei prezzi energetici.

Nel caso in esame i parametri considerati sono i seguenti:

Parametri finanziari		UdM
Prezzo PPA (da anno 1 ad anno 10)	65	€/MWh
Prezzo di mercato	60	€/MWh
Percentuale volume PPA	75%	
Tariffa di immissione	1,5	€/MWh
Prezzo ponderato - tariffa di immissione	62,25	€/MWh

Prezzo di mercato - tariffa di immissione	58,50	€/MWh
---	-------	-------

TABELLA 2 – PARAMETRI FINANZIARI

Considerando la media ponderata tra l'energia venduta tramite PPA e quella ceduta in rete e sottraendo infine gli oneri di immissione si ottiene il prezzo a cui verrà remunerata mediamente l'energia, pari a **62,25 €/MWh**. Al termine del decimo anno tutta l'energia verrà immessa e venduta in rete (Grid Parity), a un prezzo medio di **58,50 €/MWh**.

3.2 Valore Attuale Netto (VAN)

Fatte le premesse introdotte al capitolo precedente, si possono introdurre i concetti di analisi finanziaria e Valore Attuale Netto. Da questa analisi è possibile, mediante i cash flow dei costi-benefici (i flussi di cassa), calcolare il Valore Attuale Netto (VAN) che quantifica il valore odierno di una serie di flussi di cassa generati in periodi futuri attraverso l'utilizzo di un tasso di sconto (o tasso di attualizzazione). Verrà considerato, tra più alternative, l'investimento con il VAN maggiore o comunque con $VAN > 0$.

I costi e i benefici annui legati alle alternative progettuali vengono attualizzati attraverso le regole della matematica finanziaria all'anno di riferimento calcolandone il valore attuale attraverso il tasso di sconto:

$$VA_k = \frac{FC_k}{(1+i)^k}$$
$$VAN = \sum_{k=0}^n \frac{FC_k}{(1+i)^k}$$

Il tasso di attualizzazione o più semplicemente tasso di sconto (discount rate) è indispensabile in quanto nell'Analisi Costi-Benefici si mettono a confronto costi e benefici che maturano in tempi diversi: esprime la condizione alle quali gli individui sono disposti a privarsi della disponibilità del denaro e di rinviarla nel futuro. Ai fini della presente analisi è stato utilizzato un tasso di attualizzazione al 6% ipotizzando una vita utile di 30 anni (28 anni di funzionamento, 1 anno di costruzione e 1 smantellamento). I costi sono dati da tutti gli esborsi richiesti per la connessione alla rete, costruzione, gestione, manutenzione ordinaria e straordinaria dell'impianto, studi ingegneria, dismissione impianto.

In linea con quanto suggerito dalla Guida europea (Commissione Europea & Direzione generale di Politica regionale e urbana, 2014) l'analisi è svolta considerando un'inflazione del e considerando valori costanti (espressi in € 2023)

Alla base dell'analisi finanziaria proposta sono state considerate le seguenti ipotesi:

- l'arco temporale della valutazione si estende dal 2023 al 2053, considerando 30 anni di esercizio dell'impianto. Lungo tale arco temporale è possibile distinguere la fase di progettazione e realizzazione (fino al 2023) e la fase di esercizio in cui si sviluppano in modo pieno gli effetti del progetto;
- l'anno base per l'attualizzazione dei flussi è il 2023;
- il tasso di sconto utilizzato per l'analisi finanziaria corrisponde al tasso suggerito nella Guida pari al 6%.

Le tabelle di seguito riportano un riepilogo delle ipotesi alla base dell'analisi finanziaria:

TABELLA 3 – PARAMETRI FISCALI

Assunzioni fiscali	
Tasso Ammortamento annuale	9%
Tasse su profitto - IRES	24,0%
Tasse su profitto - IRAP	2,90%
IVA sull'energia venduta	10%
IVA sui beni	10%
Tasse Real State Property (IBICE)	0,4%
Tasse acquisto Terreno	9%
Tasse DDS Terreno	9%

TABELLA 4 – PARAMETRI DI BASE DELL'ANALISI FINANZIARIA

Financing	
Costo iniziale	27.743.023 €
Inflazione	3,0%
% Equity sul totale	30%
Equity	8.322.907 €
Prestito	19.420.116 €
Termine prestito	12 anni
Tasso di interesse	4,5%
Commissione prestito	194.201 €
Tasso di attualizzazione (o tasso di sconto)	6,00%
Anno base di attualizzazione	2023
Orizzonte temporale di valutazione	2023-2053

Tra i parametri utilizzati si evidenzia un valore di inflazione abbastanza elevato, pari al 3%, giustificato dalla situazione socioeconomica attuale. L'ammortamento annuale è pari al 9% e viene quindi ripartito in maniera costante nei primi 11,11 anni di investimento.

Per quanto concerne i costi di investimento iniziali, essi verranno sostenuti per una quota pari al 30% da parte della società proponente, mentre la parte rimanente verrà finanziata da un istituto bancario, con un tasso di interesse annuo pari al 4,5% per 12 anni e una commissione iniziale pari all'1% del prestito effettuato.

TABELLA 5 – RIASSUNTO DATI PROGETTUALI, COSTI E RICAVI

Dati di progetto	
Potenza MWp	42 MWp
Potenza MWac	37 MW
Dimensioni terreno contrattualizzato	72,27 ha
Costi e ricavi di progetto	
Costi di sviluppo	4.200.000,00 €
Costo dell'impianto agrivoltaico	23.100.000,00 €
Costo dell'interconnessione (STMG e STMD)	107.000,00 €
Costo del cavidotto al km	180.000,00 €
Tasse diritto Terreno	263.424,00 €
Totale costi iniziali	27.743.424,00 €
Prezzo affitto annuale terreno (DDS)	195.129,00 €
O & M	336.000,00 €
Assicurazione	83.229,07 €
Totale costi annuali	614.358,07 €
Ricavo cessione energia	4.972.779,00 €

In Tabella 5 vengono presentati sinteticamente i principali dati dell'impianto, i costi iniziali e operativi e i ricavi dovuti alla sola vendita dell'energia, secondo i parametri finanziari riportati nella Tabella 2.

Come anticipato, si è ipotizzata anche la possibilità di "non azione" considerando in fase di analisi delle alternative la cosiddetta alternativa "zero" che prevede la possibilità di non realizzare l'opera e conservare lo stato dei luoghi, con conseguente assenza di benefici di carattere sociale, ambientale ed economico rispetto alla situazione vigente.

Di conseguenza, se il progetto analizzato risulta avere un VAN e un TIR positivi, tale intervento sarà da considerarsi più vantaggioso e quindi preferibile rispetto alla cosiddetta alternativa zero.

3.3 Risultati analisi finanziaria

Si riportano quindi di seguito i risultati dell'analisi finanziaria per il progetto agrivoltaico in esame. La Figura 6 riporta un confronto su base annuale dell'andamento della producibilità in rapporto al decadimento del rendimento di produzione dell'impianto nei 30 anni; riporta inoltre i flussi monetari annuali e cumulati e il parametro complessivo del Valore Attuale Netto (VAN).

Il flusso monetario cumulato e l'energia prodotta si possono rappresentare anche in forma cumulativa grafica, come riportato nelle seguenti figure, con evidenziato il punto di pareggio in termini economici e temporali (Tempo di Ritorno dell'investimento, anche detto PBT-Pay Back Time).

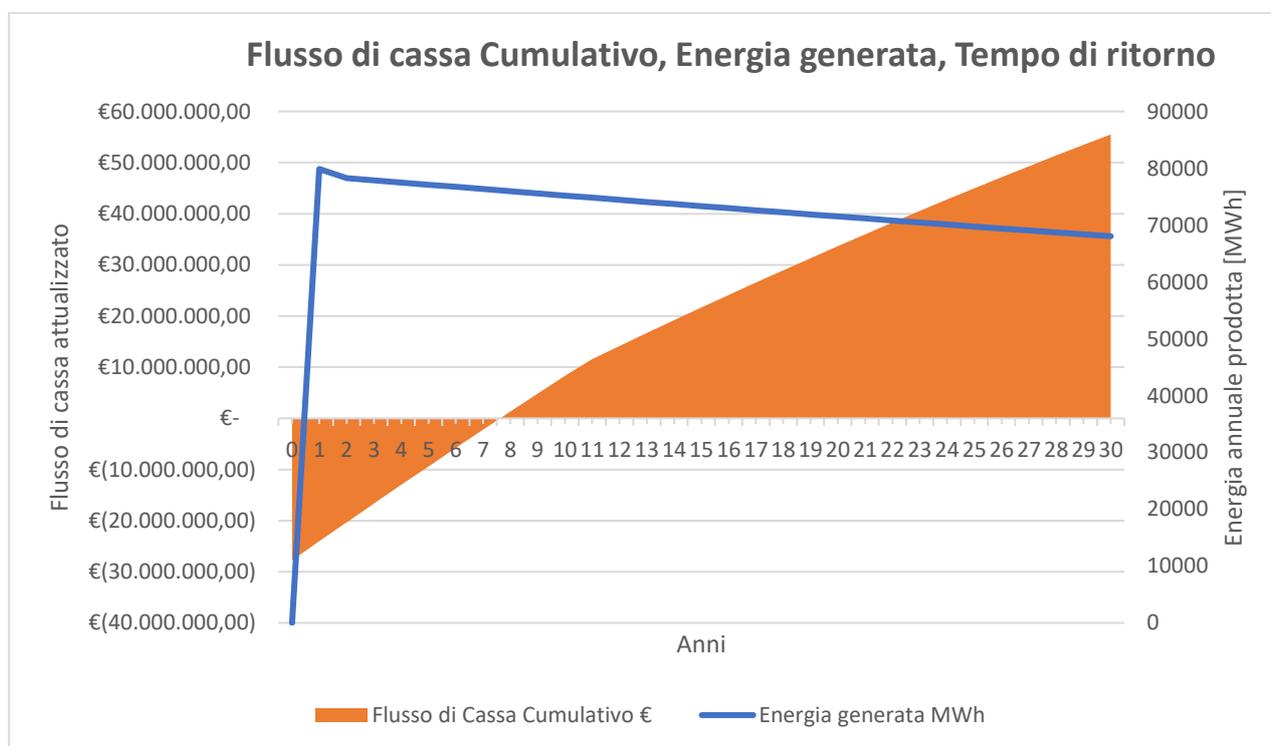


FIGURA 6 – DIAGRAMMA DEI FLUSSI DI CASSA CUMULATI E PRODUZIONE ENERGETICA ANNUALE

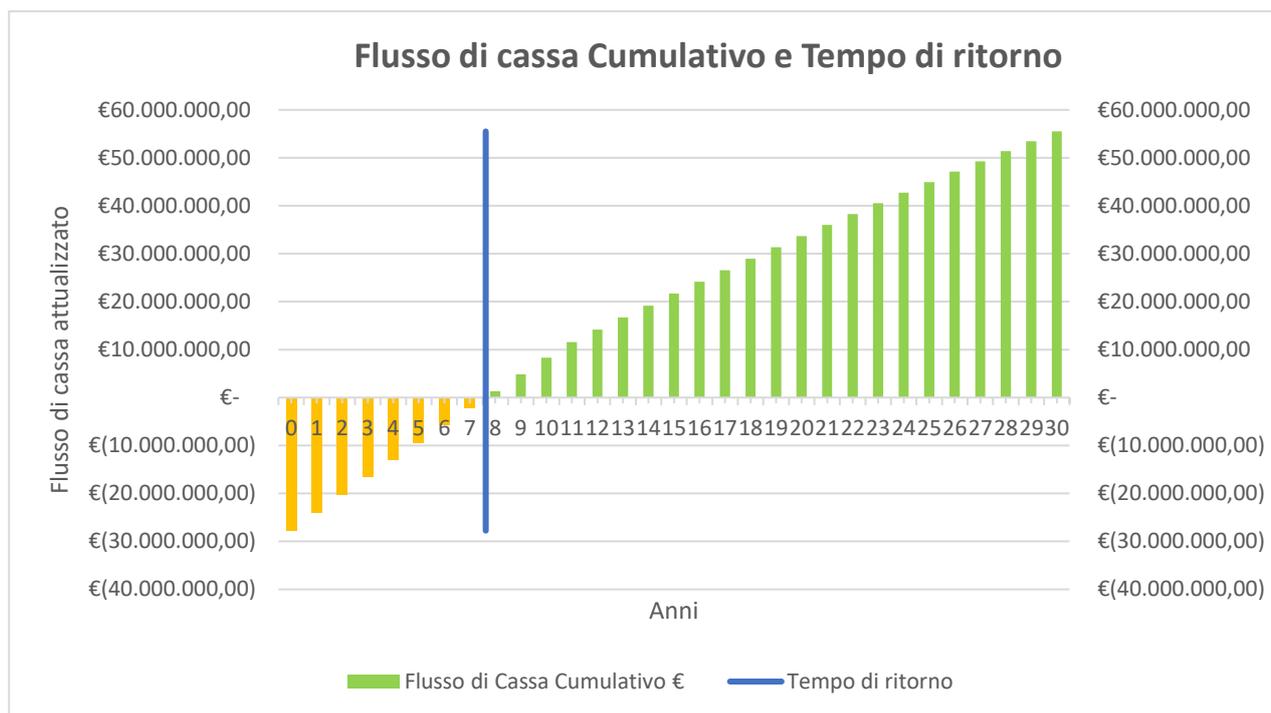


FIGURA 7 – FLUSSI DI CASSA CUMULATI (GIALLI NEGATIVI, VERDI POSITIVI) E TEMPO DI RITORNO DELL'INVESTIMENTO

TABELLA 6 – RISULTATI ANALISI FINANZIARIA

VANF	14.492.915,54 €
LCOE	0,035 €/MWh
TIRF	11,33%
TEMPO DI RITORNO	7,62 anni

In Tabella 6 sono riassunti i risultati dell'analisi finanziaria. Si verifica facilmente come il **Valore Attuale Netto** del progetto proposto sia positivo, con un **TIRF** positivo e ampiamente superiore al tasso di interesse richiesto dall'istituto finanziario (4,5%).

Il *Levelized Cost of Electricity* (LCOE) è una misura del costo attuale medio della generazione di elettricità per un generatore nel corso della sua vita. Viene utilizzato per la pianificazione degli investimenti ed è un parametro utile per confrontare i diversi metodi di produzione di elettricità su una stessa base. Si calcola come rapporto tra la somma dei costi durante la vita dell'impianto e la somma dell'energia prodotta (€/MWh). Il valore ottenuto è in linea con il LCOE del FV previsto nel 2023 dal Rapporto IRENA "RenewablePower Generation costs 2021".

Infine, il tempo di ritorno dell'investimento previsto è di circa 7 anni e mezzo, dopo i quali i flussi cumulati di cassa risulteranno positivi.

4. ANALISI DI SENSITIVITÀ DEL PROGETTO

L'analisi di sensitività consente di identificare le variabili 'critiche' del progetto ovvero quelle fra tutte le variabili del progetto, le cui variazioni, positive o negative, hanno il maggiore impatto sulle sue performance finanziarie e/o economiche.

Essa viene effettuata alterando contemporaneamente il valore di alcuni parametri ritenuti critici – in questo caso il prezzo del PPA (*Power Purchase Agreement*, ovvero un accordo sul prezzo di vendita dell'energia che viene bloccato per un numero di anni predefinito) per la cessione dell'energia elettrica, il costo iniziale dell'impianto e il tasso di inflazione – e osservando le conseguenze in termini di risultati finanziari ed economici, in particolare sul VAN e sul TIR del progetto.

Osservando i margini di variabilità per i due indicatori economici e finanziari a fronte di una variazione percentuale prestabilita per ciascun parametro ($\pm 10\%$), si desumono informazioni utili per valutare l'incertezza, il rischio, la sensibilità al cambiamento di tali parametri nonché la possibile perdita di sostenibilità dell'investimento.

Una componente particolarmente rilevante dell'analisi di sensibilità è il calcolo dei valori soglia (o "di rovesciamento"). Si tratta del valore che la variabile analizzata dovrebbe assumere affinché il VAN del progetto diventi pari a zero, o più in generale, il risultato del progetto scenda al di sotto del livello minimo di accettabilità. L'impiego dei valori soglia nell'analisi di sensibilità consente di giudicare il rischio del progetto e l'opportunità di intraprendere azioni di prevenzione del rischio.

4.1 VAN – Analisi dei risultati

Parametro analizzato	VAN
Gamma sensitività	± 10%
	Variazione positiva
	Variazione nulla
	Variazione negativa

	-10%	-5%	0%	+5%	+10%
Prezzo PPA	58,50 €	61,75 €	65,00 €	68,25 €	71,50 €
Costo impianto	20.790.000,00 €	21.945.000,00 €	23.100.000,00 €	24.255.000,00 €	25.410.000,00 €
Inflazione	2,70%	2,85%	3,00%	3,15%	3,30%

Con Inflazione costante pari a		3,00%		Prezzo PPA					
				58,50 €	61,75 €	65,00 €	68,25 €	71,50 €	
		-10%	-5%	0%	+5%	+10%			
Costo impianto	20.790.000,00 €	-10%	15.268.850,87 €	16.282.213,33 €	17.295.575,78 €	18.308.938,23 €	19.322.300,68 €		
	21.945.000,00 €	-5%	14.286.256,07 €	15.299.618,52 €	16.312.980,97 €	17.326.343,42 €	18.339.705,87 €		
	23.100.000,00 €	0%	13.303.661,26 €	14.317.023,72 €	15.330.386,17 €	16.343.748,62 €	17.357.111,07 €		
	24.255.000,00 €	+5%	12.321.066,46 €	13.334.428,91 €	14.347.791,36 €	15.361.153,81 €	16.374.516,26 €		
	25.410.000,00 €	+10%	11.338.471,65 €	12.351.834,11 €	13.365.196,56 €	14.378.559,01 €	15.391.921,46 €		
Con costo impianto costante pari a		23.100.000,00 €	Var percentuale		26,04%				
				58,50 €	61,75 €	65,00 €	68,25 €	71,50 €	
		-10%	-5%	0%	+5%	+10%			
Inflazione	2,70%	-10%	11.504.669,57 €	12.518.032,03 €	13.531.394,48 €	14.544.756,93 €	15.558.119,38 €		
	2,85%	-5%	11.422.608,80 €	12.435.971,25 €	13.449.333,70 €	14.462.696,15 €	15.476.058,60 €		
	3,00%	0%	11.338.471,65 €	12.351.834,11 €	13.365.196,56 €	14.378.559,01 €	15.391.921,46 €		
	3,15%	+5%	11.252.199,03 €	12.265.561,48 €	13.278.923,93 €	14.292.286,38 €	15.305.648,83 €		
	3,30%	+10%	11.163.730,06 €	12.177.092,51 €	13.190.454,96 €	14.203.817,41 €	15.217.179,86 €		
			Var percentuale		16,47%				
Con PPA costante pari a		65,00 €		Costo impianto					
				20.790.000,00 €	21.945.000,00 €	23.100.000,00 €	24.255.000,00 €	25.410.000,00 €	
		-10%	-5%	0%	+5%	+10%			
Inflazione	2,70%	-10%	19.488.498,60 €	18.505.903,79 €	17.523.308,99 €	16.540.714,18 €	15.558.119,38 €		
	2,85%	-5%	19.406.437,82 €	18.423.843,02 €	17.441.248,21 €	16.458.653,41 €	15.476.058,60 €		
	3,00%	0%	19.322.300,68 €	18.339.705,87 €	17.357.111,07 €	16.374.516,26 €	15.391.921,46 €		
	3,15%	+5%	19.236.028,05 €	18.253.433,25 €	17.270.838,44 €	16.288.243,64 €	15.305.648,83 €		
	3,30%	+10%	19.147.559,08 €	18.164.964,28 €	17.182.369,47 €	16.199.774,67 €	15.217.179,86 €		
			Var percentuale		12,33%				

FIGURA 8 – ANALISI DI SENSITIVITÀ SU VAN INVESTIMENTO

Le grandezze che più influenzano il Valore Attuale Netto risultano essere il prezzo del PPA (vendita dell'energia) e l'inflazione considerata, con variazioni percentuali del VAN nei "worst case scenario" pari al 16,5% e 26%.

I risultati ottenuti mostrano, in ogni caso, come il VAN del progetto risulti ampiamente positivo anche a fronte di forti variazioni dei parametri in gioco.

4.2 TIR – Analisi dei risultati

Parametro analizzato	TIR
Gamma sensitività	± 10%
	Variazione positiva
	Variazione nulla
	Variazione negativa

	-10%	-5%	0%	+5%	+10%
Prezzo PPA	58,50 €	61,75 €	65,00 €	68,25 €	71,50 €
Costo impianto	20.790.000,00 €	21.945.000,00 €	23.100.000,00 €	24.255.000,00 €	25.410.000,00 €
Inflazione	2,70%	2,85%	3,00%	3,15%	3,30%

Con Inflazione costante pari a		3,00%					
		Prezzo PPA					
		58,50 €	61,75 €	65,00 €	68,25 €	71,50 €	
		-10%	-5%	0%	+5%	+10%	
Costo impianto	20.790.000,00 €	-10%	11,82%	12,29%	12,76%	13,24%	13,73%
	21.945.000,00 €	-5%	11,25%	11,69%	12,14%	12,60%	13,06%
	23.100.000,00 €	0%	10,72%	11,14%	11,57%	12,00%	12,45%
	24.255.000,00 €	+5%	10,22%	10,63%	11,04%	11,45%	11,87%
	25.410.000,00 €	+10%	9,76%	10,15%	10,54%	10,94%	11,34%
Con costo impianto costante pari a		23.100.000,00 €	Var percentuale		15,61%		
		Prezzo PPA					
		58,50 €	61,75 €	65,00 €	68,25 €	71,50 €	
		-10%	-5%	0%	+5%	+10%	
Inflazione	2,70%	-10%	9,84%	10,22%	10,61%	11,01%	11,41%
	2,85%	-5%	9,82%	10,21%	10,60%	10,99%	11,39%
	3,00%	0%	9,80%	10,19%	10,58%	10,97%	11,38%
	3,15%	+5%	9,78%	10,17%	10,56%	10,95%	11,36%
	3,30%	+10%	9,76%	10,15%	10,54%	10,94%	11,34%
			Var percentuale		7,70%		
Con PPA costante pari a		65,00 €					
		Costo impianto					
		20.790.000,00 €	21.945.000,00 €	23.100.000,00 €	24.255.000,00 €	25.410.000,00 €	
		-10%	-5%	0%	+5%	+10%	
Inflazione	2,70%	-10%	13,80%	13,13%	12,52%	11,94%	11,41%
	2,85%	-5%	13,78%	13,12%	12,50%	11,93%	11,39%
	3,00%	0%	13,77%	13,10%	12,48%	11,91%	11,38%
	3,15%	+5%	13,75%	13,08%	12,46%	11,89%	11,36%
	3,30%	+10%	13,73%	13,06%	12,45%	11,87%	11,34%
			Var percentuale		9,15%		

FIGURA 9 – ANALISI DI SENSITIVITÀ SU TIR INVESTIMENTO

Dall'analisi di sensitività, fissando un valore limite del TIR minimo pari al 5%, si evince come anche con variazioni del 10% dei parametri in gioco il valore minimo risultati garantito.

Come nel caso precedente, le grandezze che più influenzano il TIR risultano essere il prezzo del PPA (vendita dell'energia) e l'inflazione considerata, con variazioni percentuali più contenute.

I risultati ottenuti sul TIR sono ancora più significativi ed esemplificativi del caso precedente, in quanto non dipendono dalla taglia dell'impianto ma solo dalle caratteristiche dell'investimento,

mostrando come il ritorno finanziario del progetto risulti ampiamente positivo nelle diverse casistiche, a riprova della robustezza dell'investimento.

5. ANALISI SOCIO-ECONOMICA E AMBIENTALE

Al fine della formazione del prezzo del chilowattora oltre considerare i costi suddetti (costi di investimento, gestione, spese assicurative, ecc..) si riportano in analisi anche i costi ambientali e sociali conseguenti dalla produzione di energia elettrica, tali costi sono definiti "esterni" in quanto gli stessi risultano pagati da terzi e dalle future generazioni.

A tale proposito si possono riportare alcune considerazioni sulle tecnologie in alternativa:

- in generale alla realizzazione di impianti da fonti rinnovabili sono associati dei dividendi multipli (coinvolgimento delle piccole imprese, sviluppo locale, esternalità ambientali positive, sicurezza delle fonti di approvvigionamento). Ricadute queste che si trasformano anche in opportunità occupazionali. Infatti gli investimenti per il loro sviluppo possono essere una reale occasione di crescita economica diffusa sul territorio e di presidio di comparti industriali ad alto tasso di crescita e alto contenuto di innovazione.
- l'installazione di un impianto fotovoltaico può provocare anche esternalità negative, tra cui: la creazione di campi elettromagnetici e l'impatto paesaggistico (seppur limitato alle immediate vicinanze dell'area di impianto). Questi aspetti sono stati dettagliatamente analizzati in fase di progetto, e minimizzati mediante uno attento studio delle scelte progettuali.

Inoltre, la costruzione di un parco fotovoltaico provoca esternalità negative su alcune componenti della matrice ambientale; in particolare il consumo di suolo dovuto all'impianto ha delle conseguenze sui cosiddetti servizi ecosistemici.

5.1 Impatto sull'uso del suolo e sui servizi ecosistemici

Facendo riferimento al documento dell'ISPRA *"Mappatura e valutazione dell'impatto del consumo di suolo sui servizi ecosistemici: proposte metodologiche per il Rapporto sul consumo di suolo di 2018"*, sono definiti i costi esterni relativi all'uso di suolo necessario per la realizzazione dell'impianto. I costi esterni sono stimati in relazione ai servizi ecosistemici (SE): il consumo di suolo genera una variazione (negativa) dei servizi ecosistemici. La quantificazione monetaria del mancato servizio ecosistemico permette di valutare il costo esterno e quindi economico e sociale correlato al consumo di suolo.

Per quanto attiene al progetto in esame, la superficie complessiva recintata è pari a 72,72 Ha, mentre la superficie effettivamente impermeabilizzata o semi impermeabilizzata utilizzata per strade,

cabine elettriche, sottostazione elettrica, platee di appoggio container, vasche trasformatori è complessivamente pari a 4,42 Ha.

I fattori presi in considerazione correlati ad altrettanti servizi ecosistemici sono:

1. Stoccaggio e sequestro di carbonio
2. Qualità degli habitat
3. Produzione agricola
4. Impollinazione
5. Regolazione del microclima
6. Rimozione particolato ed ozono
7. Protezione dall'erosione
8. Disponibilità di acqua
9. Regolazione del regime idrologico
10. Purificazione dell'acqua

Per i Servizi ecosistemici potenzialmente impattati dall'impianto sarà data:

- Una descrizione secondo quanto indicato nel *Rapporto 2018*
- Una valutazione economica generale ripresa dal *Rapporto 2018*
- Una valutazione specifica per le aree di progetto, imputabile al consumo di suolo introdotto dalla realizzazione dell'impianto agrovoltico. (ISPRA, Mappatura e valutazione dell'impatto del consumo di suolo sui servizi ecosistemici: proposte metodologiche per il Rapporto sul consumo di suolo, 2018, p. 1-4)

5.1.1 Sequestro e stoccaggio di Carbonio

Il sequestro e lo stoccaggio di carbonio costituiscono un servizio di regolazione assicurato dai diversi ecosistemi terrestri e marini grazie alla loro capacità di fissare gas serra, seppur con diversa entità, 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. 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. Poiché si tratta di stime funzionali a rappresentare le variazioni di copertura del suolo, lo schema adottato tende a semplificare il complesso ciclo del carbonio; in particolare considera costante il quantitativo di carbonio nel tempo (avendo come unico fattore di variazione quello relativo alla copertura del suolo) rappresentato e non prende in considerazione i trasferimenti di carbonio tra un pool e un altro.

Per la determinazione dei valori del carbonio contenuto nel suolo vengono utilizzate stime da letteratura: i valori dei pool per le aree artificiali sono stati lasciati tutti a zero mentre per le altre aree naturali e per le superfici agricole vengono utilizzati valori di letteratura riportati nella Tabella 1

<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 <i>et al.</i> , 2012)	58.1
Arboricoltura da frutto	10 (ISPRA, 2014)	/	/	52.1 (Chiti <i>et al.</i> , 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 <i>et al.</i> 2011)	69.95
Urbano	*	*	*	*	*
Aree con vegetazione rada o assente	**	**	**	**	**

TABELLA 7 – VALORI DI CONTENUTO DI CARBONIO PER CLASSE D'USO DEL SUOLO (SALLUSTIO ET AL. 2015)

5.1.1.1 VALUTAZIONE ECONOMICA

Per la valutazione economica del servizio ecosistemico di stoccaggio e sequestro di carbonio, non esiste un unico valore monetario corretto. In letteratura sono disponibili un rilevante numero di stime, che tuttavia differiscono per diversi ordini di grandezza, creando confusione su quale sia la più opportuna da utilizzare. Tuttavia, due sono quelli più utilizzati: uno basato sul costo sociale, l'altro sul valore di mercato dei permessi di emissione.

Il *Rapporto 2018* fa riferimento ad entrambi i costi:

- Il costo del flusso di servizio è fissato per il 2018 al valore di 121,45 €/tC

- Il costo di mercato è fissato sempre per il 2018 in 23,00 €/tC (ISPRA, Mappatura e valutazione dell'impatto del consumo di suolo sui servizi ecosistemici: proposte metodologiche per il Rapporto sul consumo di suolo, 2018, p. 5-9) .

Utilizzando in coefficiente di rivalutazione calcolato sul sito <https://rivaluta.istat.it/> è stato possibile aggiornare il dato del 2018 ad aprile 2023

Il costo del flusso di servizio aggiornato al 2023 è: $121,45 \text{ €/tC} \times 1,167 = 141,73 \text{ €/tC}$

Il costo di mercato aggiornato al 2023 è: $23,00 \text{ €/tC} \times 1,167 = 26,84 \text{ €/tC}$

5.1.1.2 VALUTAZIONE ECONOMICA PER IL PROGETTO IN ESAME

Come riportato in Tabella 1 nelle aree classificate come prati e pascoli il valore di carbonio contenuto nel terreno è pari a 78,9 Mg/ha. Considerando che un Mg corrisponde ad una tonnellata è possibile ottenere facilmente il valore espresso in €/ha moltiplicando il valore riportato in tabella per il costo del servizio ecosistemico calcolato precedentemente, ottenendo così

$$78,9 \text{ Mg C/ha} \times 141,73 \text{ €/tC} = 11.182,5 \text{ €/ha}$$

Considerando ora la superficie dell'impianto effettivamente impermeabilizzata o semi impermeabilizzata 4,42 ha otteniamo il costo esterno relativo al mancato servizio di stoccaggio e sequestro di carbonio:

$$11.182,5 \text{ €/ha} \times 4,42 \text{ ha} = 49.426,65 \text{ € per anno}$$

5.1.2 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. Gli habitat, a causa dei diversi fattori di impatto che gravano su di essi (cambiamenti di uso del suolo, impermeabilizzazione, urbanizzazione, compattazione, salinizzazione, specie aliene invasive, etc.), sono soggetti a fenomeni di degrado, distrofia e alterazione del funzionamento dei processi ecologici, oltre che alla complessiva riduzione della resilienza ecologica e frammentazione ecosistemica. Il parametro *Habitat Suitability* è in questo caso riferito all'ecosistema in generale, e indica la capacità di sostenere specie vegetali e comunità animali che concorrono al mantenimento e alla conservazione della biodiversità. Sempre all'uso e copertura del suolo è collegato il parametro

della sensibilità degli habitat alle minacce. Le minacce sono state classificate per l'Italia in otto categorie: gli edifici, insieme alle altre aree artificiali, le diverse tipologie di infrastrutture e le aree agricole, suddivise in agricoltura intensiva ed estensiva. Non tutti gli ecosistemi vengono influenzati allo stesso modo da medesime minacce e le diverse minacce hanno differenti distanze di influenza, pertanto, è necessario un parametro di vulnerabilità. Questi parametri sono stati valutati attraverso un approccio expert based, attraverso un questionario a oltre 100 esperti nazionali con affiliazioni diverse nei settori della conservazione e della gestione della biodiversità, i cui risultati sono descritti nelle tabelle che seguono.

5.1.2.1 VALUTAZIONE ECONOMICA

Uno studio internazionale condotto da Costanza (*Costanza et alri, 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature 387*) ha definito i valori economici di tre ecosistemi (zone umide, praterie e foreste). Nel *Rapporto 2018* questi valori sono stati estesi ad altri ecosistemi, non presenti nello studio di Costanza. I valori sono riportati nella Tabella 2 e sono suddivisi per tipologia di habitat. Per le zone umide e le praterie e per le foreste viene utilizzato il valore originale definito dallo studio di Costanza (ISPRA, Mappatura e valutazione dell'impatto del consumo di suolo sui servizi ecosistemici: proposte metodologiche per il Rapporto sul consumo di suolo, 2018, p. 9-14)

Classe	Tipologie di habitat	Suitability	Valore id\$ 2007/ha	Valore €/ha 2017
1	Spiagge, dune e sabbie	0,74	794,4	740,6
2	Corpi idrici permanenti	0,83	891	830,7
3	Zone umide	0,96	12452	11609,1
4	Praterie	0,86	1214	1131,8
5	Cespuglieti	0,81	869,6	810,7
6	Foreste di latifoglie	0,93	862	803,6
7	Foreste di conifere	0,82	862	803,6
8	Aree interne con vegetazione scarsa o assente	0,55	590,4	550,4
9	Superfici agricole a uso intensivo	0,26	279,1	260,2
10	Superfici agricole a uso estensivo	0,52	558,2	520,4
11	Edifici e altre aree artificiali	0,09	96,6	90,1
12	Aree aperte urbane	0,27	289,9	270,3
	Media pesata sulle superfici	0,58	633,2	590,4

TABELLA 8 – VALORI ECONOMICI PER TIPOLOGIA DI HABITAT (ISPRA 2018)

5.1.2.2 VALUTAZIONE ECONOMICA PER IL PROGETTO IN ESAME

Per il progetto in questione consideriamo il valore delle superfici agricole ad uso estensivo indicato nella Tabella 2 e attualizzato ad aprile 2023 tramite il coefficiente di rivalutazione ISTAT (<https://rivaluta.istat.it/>):

$$520,40 \text{ €/ha} \times 1,167 = 607,31 \text{ €/ha per anno}$$

Per calcolare il costo esterno riferito al valore del servizio ecosistemico relativo alla perdita di habitat, moltiplichiamo quest'ultimo per la superficie complessiva progettuale che ha subito impermeabilizzazione o parziale impermeabilizzazione:

$$607,31 \text{ €/ha} \times 4,42 \text{ ha} = 2.684,31 \text{ € per anno}$$

5.1.3 Produzione Agricola

Le attività produttive di una azienda agricola sono costituite da diversi tipi di coltivazioni e/o allevamenti; per una qualsiasi classificazione di tipo economico è, quindi, necessario scegliere un denominatore comune ad entrambi i tipi di attività idoneo a rappresentare non soltanto la dimensione economica di ogni azienda ma anche ad evidenziare l'importanza economica delle singole produzioni agricole, al fine di attribuire a ciascuna azienda i caratteri di specializzazione produttiva (orientamento produttivo) e di redditività economica (dimensione economica). In pratica, per poter determinare la dimensione economica di un'azienda occorre poter sommare tutte le produzioni aziendali, che essendo espresse in unità di misura diverse, devono essere ricondotte ad un unico denominatore comune.

Per la determinazione sia dell'indirizzo produttivo che della dimensione economica, il criterio ritenuto più idoneo fino al 2009 era quello del Reddito Lordo Standard (RLS). Il concetto di RLS è legato a quello di produzione lorda e di costi specifici. A partire dal 2010 è stata introdotta una valutazione basata sulle Produzioni Standard (PS) che sono basate su valori medi rilevati durante un periodo di riferimento quinquennale. Le produzioni standard, tuttavia, devono essere attualizzate periodicamente per tener conto dell'evoluzione economica, in modo che la tipologia conservi la sua validità. L'attuale versione della tipologia comunitaria è stata istituita con il Reg. CE n. 1242/2008 e s.m.i.

Lo scopo della tipologia comunitaria consiste nel fornire uno schema di classificazione che consenta un'analisi della situazione delle aziende agricole a livello comunitario fondata su criteri di natura economica, nonché permetta raffronti tra aziende appartenenti a varie classi e tra i risultati economici ottenuti nel tempo e nei diversi Stati membri e loro regioni.

Gli ambiti di applicazione della tipologia comunitaria riguardano, in particolare, i dati rilevati nell'indagine sulla struttura e le produzioni delle aziende agricole (SPA) e dalla Rete di informazione contabile agricola (RICA). Fino all'anno 2009 questo criterio è stato identificato nel Reddito Lordo Standard (RLS), mentre a partire dal 2010 è coinciso con la Produzione Standard (PS). L'attuale versione della tipologia comunitaria è stata istituita con il Reg. CE n. 1242/2008 e s.m.i.

Nel presente studio si è tenuto conto del dettaglio informativo sulla **Produzione Standard Totale PST della Sardegna⁴**.

Si riportano i dati relativi a due epoche:

- Anno 2022 per lo stato ante;
- Anno 2027 per lo stato post-intervento (con la previsione delle nuove coltivazioni e la conversione del pascolo magro in prato di leguminose).

A seguire i risultati scaturenti dall'analisi delle **PS**:

TABELLA 9 – PRODUZIONE STANDARD STATO ANTE: PASCOLO MAGRO

Regione P.A.	COD PRODUCT	Rubrica RICA	Descrizione Rubrica	SOC EUR	UM	Sup. coltivata [ha]	Prod. Parziale
Sardegna	J2000T	F02	Pascoli magri	132,44 €	EUR_per_ha	72,11	9.550,25 €
Produzione Standard pre-Intervento							9.550,25 €

TABELLA 10 – PRODUZIONE STANDARD STATO POST-INTERVENTO: PRATO PERMANENTE E PASCOLO

Regione P.A.	COD PRODUCT	Rubrica RICA	Descrizione Rubrica	SOC EUR	UM	Sup. coltivata [ha]	Prod. Parziale
Sardegna	J1000T	F01	Prati permanenti e pascoli	360,00 €	EUR per ha	57,61	20.739,60 €
Produzione Standard post-Intervento							20.739,60 €

Dai valori sopra riportati si può notare un incremento percentuale dell'indice relativo alla Produzione Standard PS del 117% circa.

5.1.4 Impollinazione

L'impollinazione è un servizio ecosistemico di fondamentale importanza poiché costituisce uno dei fattori di produzione della agricoltura. Secondo una stima in ambito Europeo, il valore economico di questo servizio ecosistemico è intorno ai 14 miliardi di euro annui, pari al 10% del valore della

⁴ FONTE: <https://rica.crea.gov.it/produzioni-standard-ps-210.php>

produzione agricola per l'alimentazione umana. Poiché dall'impollinazione dipende la fecondazione e la produttività di moltissime colture, nonché di piante spontanee, ed è fornito da molti organismi animali, tra cui api e bombi, il suo valore è, insieme ad altri, un indicatore non solo di utilità per il settore agricolo ma anche di benessere dell'intero ecosistema. L'impollinazione è uno dei servizi ecosistemici maggiormente a rischio a causa dei fenomeni di degrado del suolo, in primo luogo l'urbanizzazione e infrastrutturazione del territorio a scapito delle aree naturali, ma anche l'intensificazione dell'agricoltura e l'utilizzo massiccio di insetticidi, erbicidi e fertilizzanti.

5.1.4.1 VALUTAZIONE ECONOMICA

La valutazione economica di questo servizio si basa sul valore economico complessivo di impollinazione (EVIP) disponibile anche per l'Italia dal 1991 al 2009, che si basa a sua volta sulla quantificazione del valore globale del servizio di impollinazione in funzione del valore della produzione agricola, che pone il servizio al 9,5% del valore della produzione agricola mondiale utilizzata per l'alimentazione (valore al 2005). Nel *Rapporto 2018* dell'ISPRA viene utilizzato il valore di riferimento compreso tra 15.430 e 20.602 €/Km² (2009), già utilizzato nelle precedenti edizioni (ISPRA, Mappatura e valutazione dell'impatto del consumo di suolo sui servizi ecosistemici: proposte metodologiche per il Rapporto sul consumo di suolo, 2018, p. 17-19) Questi valori, espressi in €/km², vengono convertiti in €/ha dividendoli per 100 (1 km² = 100 ha), successivamente vengono anche aggiornati al 2023 attraverso il coefficiente di rivalutazione monetaria (<https://rivaluta.istat.it/>):

$$15.430 \text{ €/km}^2 / 100 = 154,30 \text{ €/ha}; 154,30 \text{ €/ha} \times 1,167 = 180,07 \text{ €/ha}$$

$$20.602 \text{ €/km}^2 / 100 = 206,02 \text{ €/ha}; 206,02 \text{ €/ha} \times 1,167 = 240,43 \text{ €/ha}$$

5.1.4.2 VALUTAZIONE ECONOMICA PER IL PROGETTO IN ESAME

Nel progetto è prevista la piantumazione di specie mellifere lungo la siepe perimetrale. In relazione all'inserimento delle specie vegetali mellifere si può supporre che, con la realizzazione del progetto, si passi dal valore minimo (180,07 €/ha) al valore massimo (240,43 €/ha).

Considerando l'area di progetto di 72,27 ha:

$$240,43 \text{ €/ha} \times 72,27 \text{ ha} = 17.375,87 \text{ € per anno.}$$

In questo caso non si tratta di un costo esterno ma di una esternalità positiva.

5.1.5 Regolazione del Microclima

Alcuni studi hanno dimostrato che la realizzazione di un impianto fotovoltaico in un'area genera una variazione stagionale del microclima tra le aree al di sotto dei moduli fotovoltaici e le aree tra le stringhe dei moduli fotovoltaici. In particolare, uno studio molto interessante sull'argomento è quello

pubblicato su Environmental Research Letter, Volume 11, Numero 7 del 13 luglio 2016: "Solar park microclimate and vegetation management effects on grassland carbon cycling" (Armstrong, Ostle, & Whitaker, 2016). Lo studio è stato condotto su un impianto fotovoltaico, il Westmill Solar Park situato nel sud del Regno Unito vicino a Watchfield, al confine tra Wiltshire e Oxfordshire, appena fuori dalla A420. Il sito ha una capacità elettrica di 5 MW con 36 stringhe (per un totale di più di 20000 pannelli fotovoltaici) che coprono 12,1 ha, con ingombro dell'area sotto i pannelli fotovoltaici di 2,9 ettari. L'area prima della costruzione dell'impianto fotovoltaico era coltivata a seminativo.

Al fine di investigare gli effetti di un parco solare sul microclima e sui processi dell'ecosistema, sono state misurate la temperatura del suolo e dell'aria, la vegetazione e le emissioni di gas serra al di sotto, tra i moduli fotovoltaici e in un'area di controllo per un intero anno. I risultati dello studio mostrano come la presenza delle stringhe PV abbia causato variazioni stagionali e diurne nel microclima dell'aria e del suolo.

In particolare, durante l'estate si è osservato un raffreddamento fino a un massimo di $-5,2^{\circ}\text{C}$ (media giornaliera) con valori massimi e minimi di diminuzione (media giornaliera) compresi tra $3,5^{\circ}\text{C}$ e $7,6^{\circ}\text{C}$, rispetto agli spazi vuoti e alle aree di controllo. Inoltre, la variazione giornaliera della temperatura dell'aria era inferiore sotto i pannelli, pertanto, sono state registrate temperature minime più alte (fino a $+2,4^{\circ}\text{C}$) e massime più basse (fino a -6°C). Queste tendenze opposte, tuttavia, non hanno prodotto differenze significative nella temperatura media giornaliera dell'aria, anche se ovviamente nel periodo caldo (aprile-settembre) l'aria era costantemente più fresca sotto i pannelli durante il giorno e più calda la notte.

Al contrario, durante il periodo invernale il suolo nelle aree vuote era, in media, più freddo di $1,7^{\circ}\text{C}$ rispetto alle aree di controllo e alle aree con presenza di pannelli, lungo l'intero ciclo giornaliero.

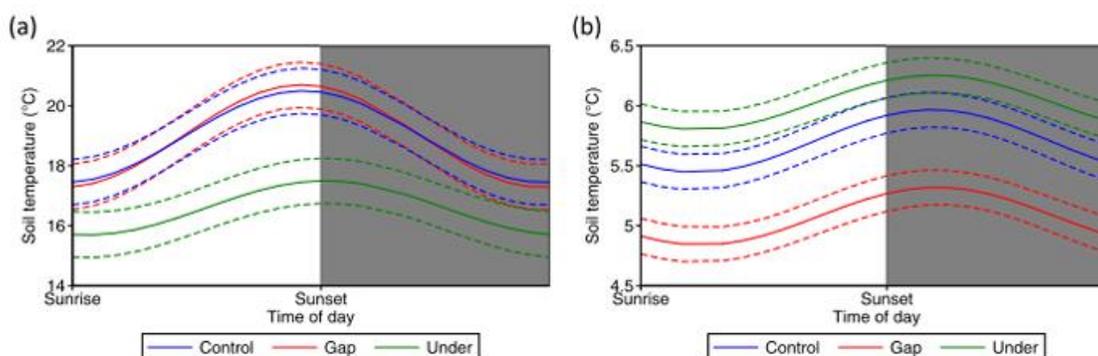


FIGURA 10 – TEMPERATURA DEL SUOLO DURANTE IL PERIODO ESTIVO (A) E INVERNALE (B)

Anche la temperatura dell'aria nelle aree vuote era significativamente più fresca (fino a $2,5^{\circ}\text{C}$) durante il giorno, ma non durante la notte, rispetto alle aree di controllo e alle aree trattate. Inoltre, la

variazione diurna sia della temperatura che dell'umidità durante l'estate si dimostra essere ridotta sotto gli array PV. Si è così scoperto che la gestione del microclima spiegava le differenze nella biomassa delle piante sopra il suolo e nella diversità delle specie, entrambe inferiori sotto gli array PV. Anche la fotosintesi e lo scambio netto di ecosistemi in primavera e inverno si sono rivelati essere inferiori sotto gli array PV, quindi dipendenti da metriche di microclima, suolo e vegetazione. Questi dati non sono certamente applicabili al clima in cui si sviluppa l'impianto oggetto dello Studio d'Impatto Ambientale, ma possono rappresentare un punto di partenza per comprendere gli effetti dei parchi solari in altri climi e fornire evidenze per supportare l'ottimizzazione della progettazione e della gestione dei parchi solari in modo da massimizzare i servizi ecosistemici forniti dall'installazione degli impianti Agrovoltaici.

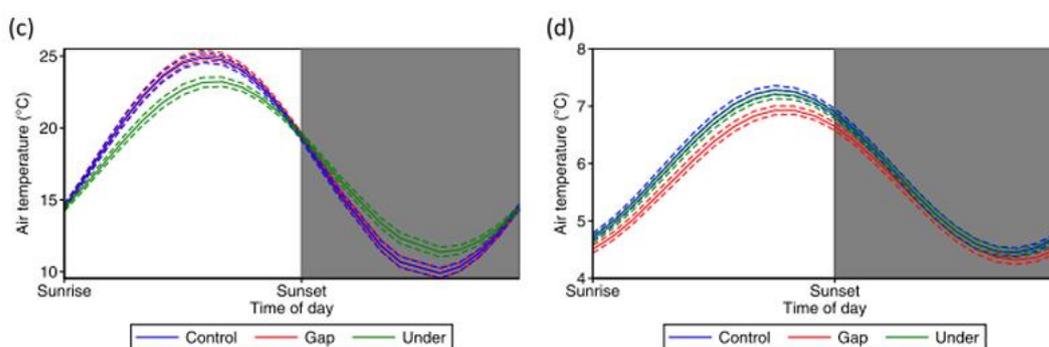


FIGURA 11 – TEMPERATURA DEL SUOLO DURANTE IL PERIODO ESTIVO (C) E INVERNALE (D)

In definitiva, lo studio dimostra, per la prima volta, la validità dell'ipotesi di variazione climatica stagionale che si registra nelle aree tra e sotto i pannelli. Le variazioni di temperatura aria/soilo evidenziati avranno, inoltre, sicuramente degli impatti diretti e indiretti sui processi pianta/soilo con relative conseguenze sulla crescita (anche positive) ma, per quanto riguarda le variazioni del microclima e il potenziale impatto sulla salute umana derivante dal progetto in esame possiamo concludere quanto segue:

- come sottolineato nello Studio sopra richiamato la temperatura media giornaliera dell'aria non subisce variazioni significative e quindi gli effetti microclimatici non possono avere conseguenze sulla temperatura dell'aria nell'intorno dell'impianto fotovoltaico. In altri termini le variazioni di temperatura restano confinate all'interno dell'aria di impianto.
- benché l'area di impianto sia relativamente estesa (circa 72,27 ha), è evidente che su scala territoriale resta comunque un'area di piccola estensione e quindi non può in alcun modo influenzare il clima di un'intera area geografica, considerando anche il fatto che l'intera estensione dell'impianto è in realtà frammentata in più lotti;

- l'area di impianto si colloca in una zona esposta ai venti durante l'intero anno solare. Il vento produce effetti di "miscelazione" di aria più calda ed aria più fredda, mitigando di fatto le differenze di temperatura.
- l'area in cui è prevista la realizzazione dell'impianto è un'area rurale in cui non si riscontra la presenza di abitazioni, ma eventualmente di aziende agricole e in cui, quindi, la presenza dell'uomo è saltuaria; pertanto, l'attesa variazione del microclima non genera effetti sulle attività e la salute dell'uomo.
- l'impianto agrivoltaico è realizzato con inseguitori monoassiali, che si muovono nel corso della giornata con lo scopo di mantenere i moduli per quanto più possibile perpendicolari alla direzione dei raggi solari, questo fa sì che le zone d'ombra al di sotto dei moduli non siano sempre le stesse, attenuando in tal modo i gradienti di temperatura e consentendo che i raggi solari raggiungano la quasi totalità della superficie al di sotto dei pannelli.

In definitiva possiamo concludere che gli effetti delle variazioni di temperatura dell'aria al di sotto dei moduli e quelle al di sopra o tra i moduli, è un effetto che ha conseguenze che restano comunque confinate all'area di impianto, non ha effetti territoriali più estesi e non ha effetti sulle attività e sulla salute dell'uomo. L'impatto si può considerare, pertanto, ridotto ed assolutamente reversibile a fine vita utile dell'impianto.

5.1.6 Rimozione di Particolato e Ozono

Tra i servizi ecosistemici di regolazione un ruolo importante riguarda il miglioramento della qualità dell'aria. Attualmente, l'esposizione a inquinanti atmosferici è il principale fattore di rischio ambientale in Europa (EEA, 2014). In tale contesto, per l'Italia si stima il maggior numero di morti premature da inquinanti atmosferici (8.440; EEA, 2015). Il servizio ecosistemico è stimato attraverso la rimozione di due inquinanti atmosferici, particolato atmosferico (PM₁₀) e ozono troposferico (O₃), da parte degli ecosistemi forestali per l'intero territorio nazionale. Gli ecosistemi forestali, per l'elevato rapporto superficie fogliare/volume, contribuiscono in modo rilevante al processo di rimozione di inquinanti dall'atmosfera, in particolare grazie alla capacità di assorbimento fogliare di O₃ e di adsorbimento di PM₁₀.

5.1.6.1 VALUTAZIONE ECONOMICA

La valutazione monetaria considera i valori di esternalità (costo per tonnellata) dell'inquinamento da PM₁₀ e da O₃. Tali valori corrispondono al costo per la società del danno causato dall'inquinamento alla salute umana e all'ambiente. Applicando le esternalità stimate per il territorio italiano, in termini di

anni di vita persa (VOLY), più conservativo, e in termini del valore statistico di una vita (VSL), è possibile calcolare l'ammontare monetario relativo alla mancata rimozione dei due inquinanti.

Il Report 2018 stima valori compresi tra 284,9 e 910 €/ha per il PM₁₀ e tra i 234,9 e 693,7 €/ha per O₃ (ISPRA, Mappatura e valutazione dell'impatto del consumo di suolo sui servizi ecosistemici: proposte metodologiche per il Rapporto sul consumo di suolo, 2018, p. 21)

5.1.6.2 VALUTAZIONE ECONOMICA PER IL PROGETTO IN ESAME

Considerando l'area geografica riferita al progetto in esame (es. Sardegna), questa non è sicuramente tra le aree più inquinate del paese, possiamo quindi attestarci sui valori più bassi per entrambi i parametri e moltiplicarli per gli ettari di terreno privi di vegetazione naturale a seguito della realizzazione del progetto (aree impermeabilizzate o semi impermeabilizzate).

285 €/ha anno x 4,42 ha = 1.259,7 €/ha anno per il PM₁₀

235 €/ha anno x 4,42 ha = 1.038,7 €/ha anno per l'O₃

Complessivamente 2.298,4 €/ha/anno.

5.1.7 Protezione dall'Erosione

L'erosione del suolo è un fenomeno naturale che, attraverso l'asportazione della parte superficiale del terreno ricca di sostanza organica, contribuisce al modellamento della superficie terrestre. L'entità di questo fenomeno dipende da vari fattori, tra cui le caratteristiche geologiche, pedologiche, morfologiche e vegetazionali specifiche del territorio, dalle condizioni climatiche alle quali esso è soggetto.

Per quanto il fenomeno dell'erosione sia un processo naturale, questo può subire un'accelerazione a causa di alcune attività antropiche, prevalentemente agricole, e dei processi di degrado del suolo, che asportano la copertura vegetale ed espongono il suolo all'azione degli agenti erosivi, rappresentati, alle nostre latitudini, principalmente dalle precipitazioni meteoriche e dalle acque di scorrimento superficiale. L'erosione della parte superficiale del suolo comporta la perdita della parte più ricca di sostanza organica, con una riduzione anche rilevante della produttività e nei casi di suoli poco profondi anche la perdita irreversibile dell'intero strato coltivabile.

Secondo le stime effettuate dal Joint Research Centre della Commissione Europea, la superficie interessata dal fenomeno nell'UE-27 risulta pari a 1,3 milioni di km², il 20% dei quali subisce una perdita di suolo superiore a 10 t/ha/anno. Tra i 28 Stati Membri, l'Italia presenta il tasso di perdita di suolo più

alto con valori medi di 8,46 t/ha/anno, spiegabili con le elevate pendenze del nostro territorio associate ad alti valori nell'erosività delle piogge, conseguenza di precipitazioni intense e concentrate in particolare a seguito di lunghi periodi siccitosi. Altri modelli indicano che il 30% del territorio nazionale presenta una perdita di suolo superiore a 10 tonnellate ad ettaro l'anno.

Ci sono diverse stime del valore di tonnellate di perdita di suolo per ettaro riferite al territorio italiano

- 6,50-7 ton/ettaro per anno (progetto SIAS)
- 8,77 ton/ettaro per anno (progetto RUSLE della UE)
- 10 ton/ettaro per anno (ISPRA 2013)

Nonostante l'area di progetto sia collocata in un territorio prevalentemente sub-pianeggiante, per la limitazione delle aree effettivamente impermeabilizzate o semi impermeabilizzate, in maniera cautelativa consideriamo il valore più alto di perdita di suolo per erosione 10 t/ha/anno.

5.1.7.1 VALUTAZIONE ECONOMICA

Per quanto riguarda la valutazione economica del servizio ecosistemico vi sono diverse opzioni disponibili. L'analisi degli studi in letteratura sull'erosione, mostra che i valori economici considerati sono molto variabili per entità e tipologia. Per l'edizione del 2018, sulla base delle considerazioni sopra esposte, la valutazione economica riporta un aggiornamento del costo di riferimento da dati di letteratura di 8.94 - 95.53 €/t al 2003, che rivalutato al 2023, tramite il coefficiente di rivalutazione ISTAT (<https://rivaluta.istat.it/>), porta a valori compresi tra 13,02 e 171,23 €/t (ISPRA, Mappatura e valutazione dell'impatto del consumo di suolo sui servizi ecosistemici: proposte metodologiche per il Rapporto sul consumo di suolo, 2018, p. 24-30)

Per il progetto in esame andremo a considerare, in maniera cautelativa, un valore medio alto di 105 €/t. Tale valore riportato alla superficie è pari a:

$$105 \text{ €/t} \times 10 \text{ t/ha} = 1.050 \text{ €/ha per anno}$$

5.1.7.2 VALUTAZIONE ECONOMICA PER IL PROGETTO IN ESAME

Con riferimento alle caratteristiche progettuali, considerando dal punto di vista vegetazionale la coltivazione di un prato polifita nella fase di esercizio che contribuirà a mantenere in buone condizioni lo strato di terreno vegetale e preservarlo dall'erosione e la realizzazione di strade e cabine con l'asportazione della parte superficiale costituita da terreno vegetale e la successiva impermeabilizzazione anche parziale (in corrispondenza delle strade) che costituisce l'attività

antropica che comporta processi di degrado del suolo. Sulla base di queste osservazioni possiamo sicuramente affermare che confrontando le condizioni ante operam e post operam nel Progetto in esame, la perdita del servizio ecosistemico, che dipende come detto dalla capacità protettiva del terreno vegetale, è limitata alle aree interessate dalle cabine elettriche, dai container del Sistema di Accumulo e dalle strade interne alle Aree di progetto, pari a 4,42 ha.

Pertanto, il mancato servizio ecosistemico (costo esterno) relativo all'erosione ha per il progetto in esame è pari a:

$$1.050 \text{ €/ha per anno} \times 4,42 \text{ ha} = 4.641,00 \text{ €/anno}$$

5.1.8 Regolazione del Regime Idrico (Infiltrazione)

L'infiltrazione dell'acqua nel suolo e nel sottosuolo è uno degli elementi base dell'offerta del servizio di regolazione del deflusso superficiale e del servizio di approvvigionamento di acqua dolce, esso riguarda la disponibilità di acqua nel suolo e la ricarica delle falde e quindi la costituzione di una riserva di acqua dolce per piante ed esseri umani.

La riserva di acqua nello strato superficiale del suolo, considerato come costituito dai primi 100 cm, è funzione di diverse caratteristiche, come ad esempio la tessitura, il contenuto di carbonio organico, la densità apparente, la porosità, la frazione volumetrica di materiale solido, mentre l'infiltrazione profonda dipende anche dalle condizioni di umidità iniziale, dalla durata e dall'intensità della pioggia, oltre che dalle caratteristiche del suolo, essenzialmente, conducibilità idraulica a saturazione, capillarità e condizioni di saturazione del terreno.

Il valore di questi parametri è fortemente dipendente dalle condizioni locali, e non è disponibile un dato per l'intero territorio nazionale. Anche l'associazione di valori medi, per tipologia di copertura del suolo, per tipologia di complesso idrogeologico e di condizioni di uso, è piuttosto complessa.

5.1.8.1 VALUTAZIONE ECONOMICA

Nel Rapporto 2018 viene utilizzato un modello idrologico in grado di fornire, in maniera distribuita, i valori delle principali grandezze del bilancio idrologico sul territorio nazionale, per verificare gli effetti prodotti dall'incremento di consumo di suolo nel periodo 2012-2017 in termini di aumento del deflusso superficiale e relativa diminuzione dell'infiltrazione. Il modello di bilancio denominato BIGBANG – Bilancio Idrologico GIS BAsed a scala Nazionale su Griglia regolare (versione Bigbang 1.0) è sviluppato da ISPRA e fornisce la stima delle grandezze idrologiche precipitazione totale, evapotraspirazione reale, ricarica degli acquiferi o infiltrazione e ruscellamento superficiale, su una maglia di risoluzione di

1 km che ricopre l'intero territorio nazionale e per ciascun mese. Attualmente sono disponibili le stime delle grandezze idrologiche per un ventennio a partire dal 1996 al 2015.

L'equazione generale su cui si basa il BIGBANG è la seguente:

$$P - E = R + G + \Delta V$$

dove **P** è la precipitazione totale, **E** è l'evapotraspirazione reale, **R** è il deflusso superficiale, **G** è la ricarica nelle acque sotterranee e **ΔV** è la variazione del contenuto d'acqua nel suolo.

La valutazione qualitativa della formula sopra riportata dimostra in sintesi che il servizio ecosistemico dell'infiltrazione dipende dalle precipitazioni al netto di:

- evapotraspirazione (che a sua volta dipende dalle temperature medie locali)
- deflusso superficiale

È evidente che aree impermeabilizzate o semi impermeabilizzate favoriscono il deflusso superficiale delle acque e quindi diminuiscono il valore di questo servizio ecosistemico. Pertanto, ancora una volta il costo esterno sarà legato alla quantità di superfici impermeabilizzate post operam.

I valori economici di questo servizio ecosistemico sono riferiti ai costi del servizio di regolazione, determinato a sua volta dalla valutazione delle opere di difesa idraulica in Italia, dovuti al deflusso superficiale causato dalla impermeabilizzazione dei terreni. Per il 2018 l'intervallo di valori è considerato tra 7,5 e 8,74 €/m³/anno. Tali valori attualizzati ad aprile 2023 determinano valori compresi tra **8,75 e 10,20 €/m³ per anno** (coefficiente di rivalutazione ISTAT pari a 1,167) (ISPRA, Mappatura e valutazione dell'impatto del consumo di suolo sui servizi ecosistemici: proposte metodologiche per il Rapporto sul consumo di suolo, 2018, p. 30-32)

5.1.8.2 VALUTAZIONE ECONOMICA PER IL PROGETTO IN ESAME

Considerando che le precipitazioni medie annue nell'area di progetto sono comprese tra 700 e 800 mm (fonte Climatologia della Sardegna per il trentennio 1981-2010 - ARPAS, ISPRA 2020), abbiamo i seguenti valori riportati all'unità di superficie.

$$700 \text{ mm} \times 10.000 \text{ m}^2 = 0,7 \text{ m} \times 10.000 \text{ m}^2 = 7.000 \text{ m}^3$$

$$800 \text{ mm} \times 10.000 \text{ m}^2 = 0,8 \text{ m} \times 10.000 \text{ m}^2 = 8.000 \text{ m}^3$$

Ovvero su un ettaro di terreno nelle aree di progetto "piovono" ogni anno 7.000-8.000 m³ di acqua.

La quota di infiltrazione al netto di evapotraspirazione e deflusso superficiale, si può stimare in maniera largamente conservativa nel 70% dell'acqua proveniente dalle precipitazioni. Pertanto, per ogni ettaro di terreno la quantità di acqua infiltrata varia tra 4.900-5.600 m³.

La perdita del servizio ecosistemico, che dipende come detto dalla capacità di infiltrazione del terreno, è limitata, per il progetto in esame, alle aree impermeabilizzate che hanno superficie complessiva di 4,42 ha.

Dal momento che tra tali aree quelle destinate a viabilità e piazzali, di fatto la maggior parte, saranno realizzate in terra battuta e stabilizzato e dunque non totalmente impermeabilizzate, possiamo considerare la valutazione economica minima proposta da ISPRA di 8,75 €/m³. Il costo esterno correlato alla perdita di servizio ecosistemico capacità di infiltrazione del terreno per l'impianto in progetto è pertanto pari a:

$$5.600 \text{ m}^3/\text{ha per anno} \times 4,42\text{ha} \times 8,75 \text{ €/m}^3 = 216.433,00 \text{ €/anno}$$

5.1.9 Regolazione del Regime Idrico (Disponibilità di Acqua)

La disponibilità di acqua a fini idropotabili, agricoli e produttivi è uno dei principali fattori di benessere e si appresta a diventare un elemento di criticità anche per alcune parti dell'Europa, in particolare il sud del Mediterraneo a causa degli effetti dei cambiamenti climatici e del degrado del suolo. Alcuni autori fanno riferimento al water retention index (dimensionless, between 0-10) come indicatore della capacità di regolazione delle acque, che tiene conto della capacità di stoccaggio e ritenzione dell'acqua da parte del suolo e del sottosuolo, nonché della influenza del grado di permeabilità e di pendenza. Secondo queste analisi la capacità di ritenzione europea è rimasta sostanzialmente costante tra il 2000 e il 2010, mentre l'estrazione di acqua, sempre a scala europea, per industria agricoltura e usi civili, è diminuita del 5.6 % tra il 2000 al 2010, passando a 184 miliardi di m³ per anno.

Il servizio ecosistemico di regolazione del regime idrologico dipende essenzialmente dalla capacità dei bacini di resilienza agli eventi estremi ed alla siccità, che dipende a sua volta nella capacità di ritenzione dell'acqua e di riduzione del deflusso dei terreni non artificializzati.

Il *Rapporto 2018* per la definizione del servizio ecosistemico di approvvigionamento di acqua dolce fa proprio riferimento alla diminuzione della capacità di ricarica delle falde determinata dal consumo e relativa impermeabilizzazione del suolo.

5.1.9.1 VALUTAZIONE ECONOMICA

La valutazione economica, considera i costi ambientali generati dal degrado delle funzionalità ecosistemiche, e si basa sulla valutazione del costo di realizzazione delle opere idrauliche di accumulo o di ingegneria idraulica finalizzati a proteggere o aumentare la ricarica della falda (ISPRA, Mappatura e valutazione dell'impatto del consumo di suolo sui servizi ecosistemici: proposte metodologiche per il Rapporto sul consumo di suolo, 2018, p. 32-35)

Per il *Rapporto 2018* la valutazione economica al 2015 è compresa tra 0,03-0,07 €/m³, attualizzati ad aprile 2023 a 0,04 - 0,08 €/m³ (coefficiente di rivalutazione ISTAT pari a 1,191).

5.1.9.2 VALUTAZIONE ECONOMICA PER IL PROGETTO IN ESAME

Considerando che le precipitazioni medie annue nell'area di progetto sono comprese tra 700 e 800 mm (fonte Climatologia della Sardegna per il trentennio 1981-2010 - ARPAS, ISPRA 2020), abbiamo i seguenti valori riportati all'unità di superficie.

$$700 \text{ mm} \times 10.000 \text{ m}^2 = 0,7 \text{ m} \times 10.000 \text{ m}^2 = 7.000 \text{ m}^3$$

$$800 \text{ mm} \times 10.000 \text{ m}^2 = 0,8 \text{ m} \times 10.000 \text{ m}^2 = 8.000 \text{ m}^3$$

Ovvero su un ettaro di terreno nelle aree di progetto "piovono" ogni anno 7.000-8.000 m³ di acqua.

Per quanto attiene la valutazione economica faremo riferimento al valore medio stimato dal *Rapporto 2018* (media aritmetica tra valore massimo e valore minimo, pari a 0,06 €/m³). Pertanto, avremo:

$$5.600 \text{ m}^3/\text{ha per anno} \times 4,42 \text{ ha} \times 0,06 \text{ €/m}^3 = 1484,11 \text{ €/anno}$$

5.1.10 Purificazione dell'Acqua dai Contaminanti

L'acqua che si infiltra nel suolo subisce un processo di "purificazione" attraverso processi biochimici svolti dalla parte minerale del suolo, e ancor più dalla sua componente biologica. La capacità depurativa è funzione non solo delle proprietà del suolo, quali la capacità di scambio cationico del suolo (cioè la sua "attività" fisico-chimica), il suo contenuto in sostanza organica, la reazione (pH) e la sua profondità, ma è legata anche al clima, alle pratiche di gestione, e agli input in termini di carico di nutrienti e inquinanti presenti nell'acqua, quali, ad esempio, i fertilizzanti.

Ecosistemi come le foreste e le zone umide contribuiscono considerevolmente a migliorare la qualità delle risorse idriche. La vegetazione e il suolo, infatti, hanno la capacità di assorbire e quindi rimuovere inquinanti e nutrienti dell'acqua e di ridurre la velocità al fine di regolarne l'infiltrazione nel

suolo. Di conseguenza la sottrazione di superfici permeabili e l'alterazione delle capacità depurative determinate dalla artificializzazione dei suoli, produce una diminuzione del servizio ecosistemico di regolazione offerto dal suolo. Il principale fattore è l'impermeabilizzazione, che costituisce una perdita irreversibile della capacità di infiltrazione dell'acqua nel suolo nelle aree impermeabili con la conseguenza che il carico di inquinanti già presente nelle acque non viene ridotto dall'infiltrazione e finisce nei corsi d'acqua superficiali.

L'impermeabilizzazione, pertanto, rappresenta il danno più estremo anche per il servizio di purificazione. A ciò si aggiunge la riduzione della capacità di depurazione nei suoli degradati da altre forme di consumo di suolo, quali la compattazione, il degrado delle caratteristiche strutturali, i danni alla biodiversità del suolo. Il servizio offerto dal suolo, in termini quantitativi di rimozione di contaminanti, dipende anche dal tipo di carico che viene apportato alle superfici di ciascun bacino, anche se fino ad un certo punto.

Poiché la principale fonte di contaminazione nelle acque è rappresentata da azoto e fosforo provenienti dalla fertilizzazione delle aree agricole, la maggior parte delle valutazioni del servizio ecosistemico si basano sulla quantificazione dell'azoto e fosforo rimossi dalle acque.

5.1.10.1 VALUTAZIONE ECONOMICA

Per quanto riguarda i parametri economici, la maggior parte degli studi considera il costo di sostituzione, come spesso accade per i servizi di regolazione.

La valutazione economica definita nel *Rapporto 2018* prende in considerazione la capacità naturale di attenuazione dei suoli, intendendo con questo la quantità di azoto rimosso per filtraggio e decontaminazione. la valutazione economica farà riferimento ad una meta analisi recente (ISPRA, Mappatura e valutazione dell'impatto del consumo di suolo sui servizi ecosistemici: proposte metodologiche per il Rapporto sul consumo di suolo, 2018, p. 35-38) I valori economici corrispondono a 18,31 – 4.884,7 €/ha per anno al 2015, che attualizzati ad aprile 2023 sono **21,81 – 5.817,68 €/ha per anno** (coefficiente di rivalutazione ISTAT pari a 1,191).

5.1.10.2 VALUTAZIONE ECONOMICA PER IL PROGETTO IN ESAME

Dal momento che il carico di azoto presente nelle aree di progetto non presenta valori fuori dalla norma e non sono presenti zone "ZVN" (Zone Vulnerabili ai Nitrati di origine agricola) si può assumere un valore del servizio ecosistemico di purificazione medio che, in maniera cautelativa considereremo medio alto, pari a **3.000 €/ha per anno**, rispetto al valore massimo e minimo del *Rapporto 2018*.

Il costo esterno generato dalla mancanza di tale servizio ecosistemico è ovviamente riferito alle superfici impermeabilizzate o semi impermeabilizzate (strade interne) in cui si ha perdita di naturalità del terreno, e quindi:

$$3.000 \text{ €/ha per anno} \times 4,42 \text{ ha} = 13.260,00 \text{ €/anno}$$

5.2 Impatto visivo e costo della disponibilità a pagare

Tra le diverse metodologie sviluppate per determinare il valore monetario (€/ha) di un paesaggio, quello scelto è il CVM (*Contingent Valuation Method*) il metodo della valutazione contingente. Il CVM è ragionevolmente il metodo più attendibile per quantificare in denaro il danno arrecato ad alcune categorie di beni ambientali. Essendo il paesaggio un bene non commerciabile, il suo valore monetario non può essere osservato e quindi non è disponibile da fonti statistiche tradizionali. La letteratura, quindi, applica molto spesso un approccio di preferenza dichiarata SP (*Stated Preference*), utilizzando metodi basati su sondaggi per scoprire la **disponibilità a pagare (WTP - Willingness To Pay)** della società. Il principio alla base della SP si basa sulla creazione di un'ipotetica situazione di mercato per il paesaggio. Agli individui intervistati viene chiesto di rendere pubblica la loro WTP per il paesaggio in quella ipotetica situazione di mercato. Esistono due tipi di valutazione per preferenza dichiarata, la CE (*choise experiments*) e la CVM (*Contingent Valuation Method*). La differenza sostanziale tra i due approcci è che la CVM valorizza un particolare bene pubblico nella sua interezza e tende a fornire informazioni sulle preferenze dell'intero bene piuttosto che su uno specifico aspetto o caratteristica. Al contrario, la CE scompone il bene in attributi e fornisce valori di preferenza sugli attributi stessi. Dallo studio europeo "*The Value of EU agricultural Landscape*" è stato possibile ricavare la tabella relativa al costo medio per ettaro riferito all'Italia per l'anno 2009 (Ciaian & Gomez y Paloma, 2011).

TABELLA 11 – VALORE DI PRATI, COLTURE PERMANENTI E TERRENI ARABILI (€/HA/ANNO) AL 2009

Table 7: The estimated value per hectare WTP for grassland and permanent crops and arable land (€/ha/year in 2009 prices)

	Grassland and permanent crops									Arable land								
	1991			2000			2009			1991			2000			2009		
	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max
Belgium	427	497	706	546	677	1097	620	786	1322	275	312	378	380	422	523	434	489	630
Bulgaria	0.1	1	3	1	3	8	5	11	20	0.04	1	2	0.4	2	6	2	7	15
Czech R.	3	9	19	18	30	49	74	87	114	1	6	14	9	20	36	39	56	85
Denmark	163	194	328	219	281	541	236	306	600	109	121	156	153	174	258	165	189	286
Germany	326	386	590	385	471	772	377	456	734	215	241	281	265	293	368	256	285	350
Estonia	2	6	12	6	11	20	23	30	42	1	4	9	3	7	15	11	19	31
Ireland	25	28	33	77	91	158	106	129	234	15	18	25	51	57	75	73	80	111
Greece	40	48	65	60	69	85	148	164	210	20	31	48	34	44	64	89	104	133
Spain	46	52	62	70	78	93	116	130	177	28	33	46	42	49	66	71	82	101
France	122	139	203	152	175	276	141	164	265	77	87	103	98	109	131	92	102	126
Italy	212	241	351	240	273	398	287	331	482	134	151	180	151	171	204	184	207	247
Cyprus	82	97	130	173	195	228	343	382	497	41	62	97	104	124	170	209	241	308
Latvia	2	5	10	4	9	17	12	19	29	1	3	7	2	6	13	6	12	22
Lithuania	1	4	8	2	6	11	11	18	28	1	3	6	1	4	8	5	11	21
Luxembourg	317	407	761	582	892	2238	884	1510	4317	222	252	363	407	543	1066	623	910	2057
Hungary	3	8	16	9	17	29	22	31	46	1	5	12	4	11	22	11	20	34
Malta	320	441	663	913	1059	1398	1094	1259	1619	152	284	495	472	676	1044	587	802	1209
Netherlands	453	528	750	648	824	1394	764	1003	1795	292	331	402	453	512	664	534	622	855
Austria	155	177	268	200	239	399	238	291	502	99	111	129	134	149	190	164	181	239
Poland	2	6	13	10	20	34	24	36	56	1	4	10	5	13	25	11	23	42
Portugal	40	50	70	79	91	113	94	108	131	19	32	52	44	58	84	54	68	97
Romania	0	2	6	1	4	9	6	13	24	0	1	4	0	2	6	3	9	18
Slovenia	20	31	49	96	112	147	168	190	222	9	20	36	50	72	110	101	120	166
Slovakia	2	6	13	7	16	30	59	70	95	1	4	10	3	11	22	28	45	71
Finland	158	185	302	193	229	379	201	243	413	104	116	144	129	143	181	137	151	197
Sweden	248	312	569	285	362	668	249	301	504	173	193	271	199	225	318	170	187	240
UK	180	200	267	321	399	688	243	279	407	109	126	158	225	248	328	155	175	208
EU	114	128	180	160	188	296	173	200	304	68	77	93	94	106	127	104	117	137

Per ottenere il valore monetario espresso in €/ha è stato sufficiente considerare la WTP pro capite annua (€/persona/anno), che varia per tipologia di terreno (prati, colture permanenti e seminativi) e Stato Membro (a causa della variazione del PIL pro capite) e moltiplicarla per la densità di popolazione (persone/ha) comprendendo gli individui dai 15 ai 75 anni di età. Attraverso il coefficiente di rivalutazione ISTAT (disponibile al link <https://rivaluta.istat.it/>) è stato possibile aggiornare il dato del 2009 ad aprile 2023. Il coefficiente è pari a 1,297.

WTP ITALIA 2009 (€/ha)					
GRASSLAND and PERMANENT CROPS			ARABLE LAND		
Min	Mean	Max	Min	Mean	Max
287,00	331,00	482,00	184,00	207,00	247,00

Coefficiente di Rivalutazione ISTAT: **1,297**

WTP ITALIA RIVALUTATO 2023 (€/ha)					
GRASSLAND and PERMANENT CROPS			ARABLE LAND		
Min	Mean	Max	Min	Mean	Max
372,24	429,31	625,15	238,65	268,48	320,36

Per il progetto in esame si considera il valore medio aggiornato al 2023 per colture permanenti e pascoli pari a 429,31 €/ha. L'area considerata è quella relativa a tutto il progetto, in quanto la percezione visiva dell'areale cambierà; risulta quindi:

$$429,31 \text{ €/ha per anno} \times 72,27 \text{ ha} = 31.748,93 \text{ €/anno}$$

5.3 Investimenti compensativi a favore del territorio

A fronte dei benefici globali prodotti dalla realizzazione di un impianto di produzione di energia da fonte rinnovabile (vedi paragrafi precedenti e relazioni specialistiche) bisogna considerare, d'altra parte, che i costi esterni sono sopportati soprattutto dalla Comunità e dall'area in cui sorge l'impianto, dal momento che gli impatti prodotti dall'impianto agrivoltaico sono esclusivamente locali.

Si presentano quindi le contropartite economiche del territorio a fronte dei costi esterni sostenuti.

- 1) Il Comune di Macomer, in cui è prevista l'installazione dell'impianto, percepirà in termini di IMU un introito annuale stimabile in circa (valori medi) 2.000,00 € per ogni ettaro occupato dall'impianto e quindi complessivamente:

$$72,27 \text{ ha} \times 2.000,00 \text{ €/ha} = 144.540,00 \text{ €/anno}$$

- 2) I proprietari dei terreni percepiranno mediamente 2.700,00 € per ogni ettaro occupato dall'impianto per la cessione del diritto di superficie, e quindi:

$$72,27 \text{ ha} \times 2.700,00 \text{ €/ha} = 195.129,00 \text{ €/anno}$$

- 3) L'attività di gestione e manutenzione dell'impianto è stimata essere di 8.000,00 €/MWp ogni anno. Assumendo cautelativamente che solo il 20% (1.600,00 €/MWp) sia appannaggio di imprese locali (sorveglianza, tagli del verde, piccole opere di manutenzione), si stima cautelativamente un ulteriore vantaggio economico per il territorio di:

$$42 \text{ MWp} \times 1.600,00 \text{ €/MWp} = 67.200,00 \text{ €/anno}$$

- 4) Per quanto concerne i costi di costruzione dell'impianto e delle relative opere di connessione si stima un costo di 650.000,00 €/MWp. Considerando, ancora in maniera conservativa, che il 20% (130.857,00 €/MWp) sia appannaggio di imprese locali, risulta complessivamente un introito di:

$$42 \text{ MWp} \times 130.857,00 \text{ €/MWp} = 5.496.000,00 \text{ €}$$

Tale importo viene allocato al cosiddetto anno zero, ovvero prima che l'impianto entri in esercizio. In definitiva risulta la seguente quantificazione **prudenziale** dei benefici locali

TABELLA 12 – RIASSUNTO ESTERNALITÀ POSITIVE IMPIANTO AGRIVOLTAICO

Esternalità positive ("ricavi")	Flusso di cassa annuale €/anno	Valore specifico	UdM
1. IMU	144.540,00 €	2.000,00 €	€/ha
2. DDS	195.129,00 €	2.700,00 €	€/ha
3. O&M	67.200,00 €	1.600,00 €	€/MWp

4. Costi investimento aziende locali	5.496.000,00 €	130.857,14 €	€/MWp
5. Mancate emissioni CO2	2.639.850,00 €	Vedi sotto	

5.4 Emissioni evitate

Per quanto riguarda le emissioni di CO₂ evitate risultano, nell'arco dei 30 anni, i seguenti valori sia a livello quantitativo che a livello economico.

- Il fattore di conversione considerato è pari a 0,4455 kgCO₂/kWh (fonte: Rapporto ISPRA 363/2022: Fattori di emissione atmosferica di gas a effetto serra nel settore elettrico nazionale e nei principali Paesi Europei)
- Il prezzo della CO₂ considerato è pari a 80,87 €/ton. (fonte prezzo CO₂ <https://www.sendeco2.com/it/prezzi-co2>).

Anno	Energia generata	CO ₂ risparmiata	Valore CO ₂
	MWh/anno	Ton/anno	80,87€/ton
0			
1	79884	35588	2.878.027,60 €
2	78286	34877	2.820.467,05 €
3	77895	34702	2.806.364,71 €
4	77505	34529	2.792.332,89 €
5	77118	34356	2.778.371,22 €
6	76732	34184	2.764.479,37 €
7	76349	34013	2.750.656,97 €
8	75967	33843	2.736.903,69 €
9	75587	33674	2.723.219,17 €
10	75209	33506	2.709.603,07 €
11	74833	33338	2.696.055,06 €
12	74459	33171	2.682.574,78 €
13	74087	33006	2.669.161,91 €
14	73716	32841	2.655.816,10 €
15	73348	32676	2.642.537,02 €

16	72981	32513	2.629.324,33 €
17	72616	32350	2.616.177,71 €
18	72253	32189	2.603.096,82 €
19	71892	32028	2.590.081,34 €
20	71532	31868	2.577.130,93 €
21	71174	31708	2.564.245,28 €
22	70819	31550	2.551.424,05 €
23	70465	31392	2.538.666,93 €
24	70112	31235	2.525.973,60 €
25	69762	31079	2.513.343,73 €
26	69413	30923	2.500.777,01 €
27	69066	30769	2.488.273,12 €
28	68720	30615	2.475.831,76 €
29	68377	30462	2.463.452,60 €
30	68035	30310	2.451.135,34 €
Totale	2.198.191 MWh	979.294 ton CO₂	

TABELLA 13 – EMISSIONI CO₂ EVITATE E VALORIZZAZIONE ECONOMICA

5.5 Sintesi dei risultati

Tutti i valori associati ai mancati servizi ecosistemici e all'impatto visivo sono riassunti nella seguente tabella. Vengono indicati come esternalità negative perché percepite come tali dall'ambiente e dal punto di vista della popolazione locale. (NB

TABELLA 14 – ELENCO MANCATI SERVIZI ECOSISTEMICI – VALORIZZAZIONE ECONOMICA

Esternalità negative ("COSTI")	Flusso di cassa annuale	Valore specifico
	€/anno	€/ha
1. Stoccaggio e sequestro di carbonio	49.393,10 €	11.182,50 €
2. Qualità degli habitat	2.682,49 €	607,31 €
3. Produzione agricola	584,99 €	132,44 €
4. Impollinazione	1.061,98 €	240,43 €
5. Regolazione del microclima	- €	- €
6. Rimozione particolato ed ozono	2.296,84 €	520,00 €
7. Protezione dall'erosione	4.637,85 €	1.050,00 €
8. Disponibilità di acqua	216.433,00 €	49.000,00 €
9. Regolazione del regime idrologico	1.484,11 €	336,00 €
10. Purificazione dell'acqua	13.251,00 €	3.000,00 €
11. WTP	31.748,93 €	439,31 €

TABELLA 15 – ELENCO ESTERNALITÀ POSITIVE – VALORIZZAZIONE ECONOMICA

Esternalità positive ("RICAVI")	Flusso di cassa annuale	Valore specifico	UdM
	€/anno		
1. IMU	144.540,00 €	2.000,00 €	€/ha
2. DDS	195.129,00 €	2.700,00 €	€/ha
3. O&M	67.200,00 €	1.600,00 €	€/MWp
4. Costi investimento aziende locali	5.496.000,00 €	130.857,14 €	€/MWp
5. Mancate emissioni CO2	2.639.850,00 € (medio)	Variabile con rendimento impianto	

6. ANALISI DEI RISULTATI COSTI-BENEFICI

Nella tabella seguente vengono riassunte tutte le voci presentate nei capitoli precedenti: in particolare sono riportate le cosiddette esternalità positive (elencate in Tabella 15), che generano un beneficio quantificabile come un flusso di cassa positivo (ricavo) e le esternalità negative legate al consumo di suolo e ai mancati servizi ecosistemici (elencate in Tabella 14), che generano un costo quantificabile come un flusso di cassa negativo.

- Le esternalità negative annuali sono aumentate ogni anno dal valore di inflazione considerato (+3%)
- Per quanto riguarda le esternalità positive, solo i valori di IMU e O&M annuali vengono aumentati della stessa quantità, mentre si ipotizza in maniera conservativa (e a sfavore della proponente) di mantenere costanti i valori dei canoni di DDS, del prezzo della CO₂ e di avere tutti gli investimenti a favore delle aziende locali nell'anno di costruzione dell'impianto (anno 0)
- Il tasso di attualizzazione considerato è pari al 6%

Applicando ai flussi di cassa risultanti le formule e la metodologia riguardanti il VAN presentate nel capitolo 3.2, è possibile trarre le seguenti conclusioni.

TABELLA 16 – ANALISI FLUSSI ECONOMICI ESTERNALITÀ POSITIVE E NEGATIVE E VALORI CUMULATI

Anno	Energia generata	CO ₂ risparmiata	Esternalità positive ("RICAVI")	Esternalità negative ("COSTI")	Flusso di cassa	Flusso di cassa cumulato
	MWh	ton	€	€	€	€
0	0	0	5.496.000,00 €	323.574,29 €	5.172.425,71 €	5.172.425,71 €
1	79884	35588	3.284.896,60 €	333.281,52 €	2.951.615,08 €	8.124.040,78 €
2	78286	34877	3.233.688,25 €	343.279,97 €	2.890.408,28 €	11.014.449,07 €
3	77895	34702	3.226.128,68 €	353.578,37 €	2.872.550,31 €	13.886.999,38 €
4	77505	34529	3.218.835,90 €	364.185,72 €	2.854.650,19 €	16.741.649,56 €
5	77118	34356	3.211.815,46 €	375.111,29 €	2.836.704,17 €	19.578.353,73 €
6	76732	34184	3.205.073,06 €	386.364,63 €	2.818.708,43 €	22.397.062,17 €
7	76349	34013	3.198.614,61 €	397.955,57 €	2.800.659,04 €	25.197.721,21 €
8	75967	33843	3.192.446,18 €	409.894,23 €	2.782.551,95 €	27.980.273,15 €
9	75587	33674	3.186.574,07 €	422.191,06 €	2.764.383,00 €	30.744.656,16 €
10	75209	33506	3.181.004,75 €	434.856,79 €	2.746.147,95 €	33.490.804,11 €
11	74833	33338	3.175.744,91 €	447.902,50 €	2.727.842,42 €	36.218.646,53 €
12	74459	33171	3.170.801,46 €	461.339,57 €	2.709.461,89 €	38.928.108,42 €
13	74087	33006	3.166.181,52 €	475.179,76 €	2.691.001,76 €	41.619.110,18 €

14	73716	32841	3.161.892,43 €	489.435,15 €	2.672.457,28 €	44.291.567,45 €
15	73348	32676	3.157.941,77 €	504.118,21 €	2.653.823,56 €	46.945.391,01 €
16	72981	32513	3.154.337,35 €	519.241,75 €	2.635.095,60 €	49.580.486,62 €
17	72616	32350	3.151.087,25 €	534.819,00 €	2.616.268,25 €	52.196.754,86 €
18	72253	32189	3.148.199,78 €	550.863,57 €	2.597.336,21 €	54.794.091,07 €
19	71892	32028	3.145.683,52 €	567.389,48 €	2.578.294,03 €	57.372.385,10 €
20	71532	31868	3.143.547,30 €	584.411,17 €	2.559.136,14 €	59.931.521,24 €
21	71174	31708	3.141.800,27 €	601.943,50 €	2.539.856,77 €	62.471.378,01 €
22	70819	31550	3.140.451,82 €	620.001,81 €	2.520.450,02 €	64.991.828,03 €
23	70465	31392	3.139.511,67 €	638.601,86 €	2.500.909,81 €	67.492.737,83 €
24	70112	31235	3.138.989,80 €	657.759,92 €	2.481.229,89 €	69.973.967,72 €
25	69762	31079	3.138.896,55 €	677.492,71 €	2.461.403,84 €	72.435.371,56 €
26	69413	30923	3.139.242,55 €	697.817,50 €	2.441.425,05 €	74.876.796,61 €
27	69066	30769	3.140.038,76 €	718.752,02 €	2.421.286,74 €	77.298.083,35 €
28	68720	30615	3.141.296,49 €	740.314,58 €	2.400.981,91 €	79.699.065,26 €
29	68377	30462	3.143.027,41 €	762.524,02 €	2.380.503,39 €	82.079.568,65 €
30	68035	30310	3.145.243,52 €	785.399,74 €	2.359.843,78 €	84.439.412,43 €
	2.198.191 MWh	979.294 ton CO₂				

Come anticipato in precedenza, l'alternativa "zero" prevede la possibilità di non realizzare l'opera e conservare lo stato dei luoghi, con conseguente assenza di benefici di carattere sociale, ambientale ed economico rispetto alla situazione vigente. Di conseguenza, se il progetto analizzato risulta avere un VAN positivo, tale intervento sarà da considerarsi più vantaggioso e quindi preferibile rispetto alla cosiddetta alternativa zero.

Come è facile osservare, i flussi di cassa anno per anno risultano essere positivi.

Il **VANE** risultante dal flusso di cassa economico appena presentato risulta essere pari a **42.637.074,76 €**, valore ampiamente positivo che giustifica anche dal punto di vista della comunità locale l'intervento proposto.

Riepilogando le analisi svolte finora, appare evidente come, sia dal punto finanziario, sia dal punto di vista socio-economico-ambientale l'investimento previsto per l'impianto agrivoltaico restituisca valori complessivamente positivi e quindi superiori rispetto all'alternativa "zero".

7. INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 – Storymap di Enerland	5
Figura 2 – area oggetto di intervento evidenziata in rosso, stazione elettrica in giallo– Estratto elaborato cartografico MACOMER4-PDT01	6
Figura 3 – Stralcio inquadramento area di progetto su base CTR – estratto dall’elaborato cartografico MACOMER4-PDT02	7
Figura 4 – Fasi di valutazione di un progetto	20
Figura 5 – Struttura dell’analisi finanziaria	21
Figura 6 – Diagramma dei flussi di cassa cumulati e produzione energetica annuale.....	30
Figura 7 – Flussi di cassa cumulati (gialli negativi, verdi positivi) e tempo di ritorno dell’investimento	31
Figura 8 – Analisi di sensitività su VAN investimento	33
Figura 9 – Analisi di sensitività su TIR investimento	34
Figura 10 – Temperatura del suolo durante il periodo estivo (A) E INVERNALE (B)	44
Figura 11 – Temperatura del suolo durante il periodo estivo (C) e invernale (d)	45

8. INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1: Tabella di sintesi dei requisiti richiesti dalle Linee guida MiTE 2022.....	14
Tabella 2: Parametri finanziari.....	27
Tabella 3 – Parametri fiscali.....	28
Tabella 4 – Parametri di base dell’analisi finanziaria.....	28
Tabella 5 – Riassunto dati progettuali, costi e ricavi.....	29
Tabella 6 – Risultati analisi finanziaria.....	31
Tabella 7 – Valori di contenuto di carbonio per classe d’uso del suolo (SALLUSTIO ET AL. 2015) ...	38
Tabella 8 – Valori economici per tipologia di Habitat (ISPRA 2018).....	40
Tabella 9 – Produzione Standard STATO ANTE: Pascolo Magro.....	42
Tabella 10 – Produzione Standard STATO POST-INTERVENTO: Prato Permanente e Pascolo.....	42
Tabella 11 – Valore di prati, colture permanenti e terreni arabili (€/ha/anno) al 2009.....	55
Tabella 12 – Riassunto esternalità positive impianto agrivoltaico.....	57
Tabella 13 – Emissioni CO ₂ evitate e valorizzazione economica.....	59
Tabella 14 – Elenco mancati servizi ecosistemici – valorizzazione economica.....	60
Tabella 15 – Elenco esternalità positive – Valorizzazione economica.....	60
Tabella 16 – Analisi flussi economici esternalità positive e negative e valori cumulati.....	61

9. BIBLIOGRAFIA

- Armstrong, A., Ostle, N., & Whitaker, J. (2016, luglio 13). Solar park microclimate and vegetation management effects on grassland carbon cycling. *Environmental Research Letters*, 11(7). doi:10.1088/1748-9326/11/7/074016
- ASSESSORATO REGIONALE DELLA SALUTE, Dip. Attività Sanitarie ed Osservatorio Epidemiolo, & Serv. 9 - Sorveglianza ed Epidemiologia Valutativa. (2022, dicembre). Analisi del contesto demografico e profilo di salute della popolazione siciliana. Palermo. Tratto da http://pti.regione.sicilia.it/portal/page/portal/PIR_PORTALE/PIR_LaStrutturaRegionale/PIR_AssessoratoSalute/PIR_AreeTematiche/PIR_Epidemiologia/Profilo_salute_Sicilia.pdf
- Autorità di Bacino Distretto Idrografico Sicilia. (2021, dicembre). Piano di Gestione del Distretto Idrografico della Sicilia - 3° Ciclo di pianificazione (2021-2027). *Relazione Generale*. Palermo.
- Autorità di Regolazione Energia Reti e Ambiente. (2008, aprile 1). *Delibera EEN 03/08*. Tratto da arera.it: <https://www.arera.it/it/docs/08/003-08een.htm#>
- Ciaian, P., & Gomez y Paloma, S. (2011, luglio 19). The Value of EU Agricultural Landscape. Lussemburgo: Publications Office of the European Union.
- Commissione Europea, & Direzione generale di Politica regionale e urbana. (2014). Guida all'analisi costi-benefici dei progetti d'investimento - Strumento di valutazione economica per la politica di coesione 2014-2020. (p. 9-84, 265-297). Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- GSE, G. (2022). *ATLAIMPIANTI GSE*. Tratto il giorno aprile 2022 da GSE: https://atla.gse.it/atlaimpanti/project/Atlaimpanti_Internet.html
- ISPRA. (2009). Manuali e Linee Guida. *Il Progetto Carta della Natura. Linee guida per la cartografia e la valutazione degli habitat alla scala 1:50.000.(48/2009)*. Roma: ISPRA edizioni.
- ISPRA. (2018). Mappatura e valutazione dell'impatto del consumo di suolo sui servizi ecosistemici: proposte metodologiche per il Rapporto sul consumo di suolo.
- ISPRA. (2020). Fattori di emissione atmosferica di gas a effetto serra nel settore elettrico nazionale e nei principali Paesi Europei. *Rapporti 317/2020, 317/2020, 29*. Roma: Ispra.
- ISPRAambiente. (2019). *Fattori di emissione atmosferica di gas a effetto serra nel settore elettrico nazionale e nei principali Paesi Europei*. Roma: Editore.

- Ministero della Transizione Ecologica, & Dipartimento per l'Energia. (2022). *Linee guida in materia di Impianti Agrivoltaici*. Roma.
- MITE, D. (giu 2022). *Linee guida in materia di Impianti Agrivoltaici*. Roma.
- Regione Sicilia, & ARPA Sicilia. (2018, luglio). Piano Regionale di Coordinamento per la Tutela della Qualità dell'Aria in Sicilia. Palermo.
- Regione Siciliana, & Università degli Studi di Palermo SEBICEF. (2013). Piano Faunistico Venatorio della Regione Siciliana 2013-2018. (M. Lo Valvo, Redatto da) Assessorato Regionale per le Risorse Agricole e Alimentari. Tratto il giorno agosto 11, 2022 da <https://www.regione.sicilia.it/sites/default/files/2022-01/PIANO-FAUNISTICO-VENATORIO-2013-2018-DELLA-REGIONE-SICILIANA%20%281%29.pdf>
- RICA, & CREA. (2017). *RICA - Produzione Standard (PS)*. Tratto da Produzione Standard della Regione Siciliana: <https://rica.crea.gov.it/produzioni-standard-ps-210.php>
- SNPA. (2022, luglio). Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici. Edizione 2022. *Report SNPA 32 | 2022, 32/2022*. ISPRA.
- vvi.regione.sicilia.it. (2022). Tratto da vvi.regione.sicilia.it: <https://si-vvi.regione.sicilia.it/map/viavasoggetti.html?id=919>
- WHO, WMO, & UNEP. (2003). *Climate Change and Human Health - Risks and Responses*. World Health Organization.