

Alla cortese attenzione di:

**Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica**  
*Direzione Generale Valutazioni Ambientali*  
*Divisione V – Procedure di valutazione VIA e VAS*  
Via Cristoforo Colombo, 44  
00147 Roma  
PEC [va@pec.mite.gov.it](mailto:va@pec.mite.gov.it)

**Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica**  
*Commissione tecnica PNRR-PNIEC*  
PEC [COMPNIEC@pec.mite.gov.it](mailto:COMPNIEC@pec.mite.gov.it)

**Ministero della Cultura**  
*Soprintendenza Speciale per il PNRR*  
Via di San Michele, 22  
00153 Roma  
PEC [ss-pnrr@pec.cultura.gov.it](mailto:ss-pnrr@pec.cultura.gov.it)

p.c.

**Regione Sardegna**  
*Direzione Generale della Difesa dell'Ambiente*  
PEC [difesa.ambiente@pec.regione.sardegna.it](mailto:difesa.ambiente@pec.regione.sardegna.it)

Alla Provincia di Nuoro  
PEC [protocollo@pec.provincia.nuoro.it](mailto:protocollo@pec.provincia.nuoro.it)

Al Comune di Macomer  
PEC [protocollo@pec.comune.macomer.nu.it](mailto:protocollo@pec.comune.macomer.nu.it)

Al Comune di Borore  
PEC [protocollo@pec.comune.borore.nu.it](mailto:protocollo@pec.comune.borore.nu.it)

**Oggetto: [ID: 9391] Procedura di Valutazione di Impatto Ambientale (V.I.A.), ai sensi dell'art. 23 del D.Lgs. 152/2006, e s.m.i., relativa al progetto per la realizzazione di un Parco Agrivoltaico Avanzato di potenza nominale pari a 20 MWp, denominato "MACOMER 2" e delle relative opere di connessione alla R.T.N. sito nei Comuni di Macomer e Borore (NU), località "Fustinaga". Proponente: Energia Pulita Italiana 8 S.r.l. – Autorità Competente: Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (M.A.S.E.). Trasmissione osservazioni.**

**Riscontro alle Osservazioni della Regione Autonoma della Sardegna (RAS)**



## INDICE

<b>PREMESSA</b> .....	<b>2</b>
<b>1. Assessorato degli enti Locali, Finanze e Urbanistica</b> .....	<b>4</b>
1.1.1 <i>Richiesta</i> .....	4
<b>2. ARPAS</b> .....	<b>6</b>
2.1 Componente Atmosfera.....	6
2.1.1 <i>Richiesta</i> .....	6
2.2 Componente Suolo.....	7
2.2.1 <i>Richiesta</i> .....	7
2.2.2 <i>Richiesta</i> .....	8
2.3 Terre e rocce da scavo.....	9
2.3.1 <i>Richiesta</i> .....	9
2.4 Componente Flora e Fauna .....	9
2.4.1 <i>Richiesta</i> .....	9
2.4.2 <i>Richiesta</i> .....	10
2.4.3 <i>Richiesta</i> .....	10
<b>3. Altre Osservazioni ARPAS</b> .....	<b>11</b>
3.1.1 <i>Richiesta</i> .....	11
3.2 Piano di dismissione .....	11
3.2.1 <i>Richiesta</i> .....	11
<b>4. Assessorato dei Trasporti</b> .....	<b>12</b>
4.1.1 <i>Richiesta</i> .....	12
<b>5. ARPAS</b> .....	<b>14</b>
5.1 Impatto acustico.....	14
5.1.1 <i>Richiesta</i> .....	14

## PREMESSA

Nel presente documento si intende dare un riscontro puntuale alle osservazioni inoltrate dalla Regione Autonoma della Sardegna e pubblicate sul sito MASE in data 04/05/2023, protocollo in ingresso MASE 0065159 del 21/04/2023 in merito al Progetto di un impianto agrivoltaico denominato "Macomer 2", di potenza pari a 20 MWp e delle relative opere di connessione alla RTN, da realizzarsi nei comuni di Macomer e Borore (NU), in località "Fustinaga" con codice di procedura ID: 9391, di cui si riepilogano di seguito le caratteristiche fondamentali:

- l'area complessiva occupata dal progetto è di 41,94 ha circa, di cui 9,29 ha effettivamente utilizzati per il posizionamento dei trackers.
- i terreni scelti per la collocazione del progetto
  - non sono soggetti a vincoli diretti
  - hanno destinazione agricola e sono attualmente utilizzati a seminativo e pascolo
  - non ospitano colture di pregio
- l'impianto agri-voltaico che s'intende realizzare risponde alle seguenti caratteristiche:
  - Potenza complessiva di picco di 20 MWp
  - 35.084 moduli fotovoltaici bifacciali monocristallini con potenza unitaria pari a 570 kWp allocati su tracker monoassiali infissi nel terreno in configurazioni da 1Vx28, 1Vx56;
  - Producibilità annua stimata pari a 38.727 MWh per cui si eviterà di emettere in atmosfera una quantità di CO<sub>2</sub> pari a 17.252.878,5 t ogni anno di esercizio dell'impianto, considerando come fattore di conversione il coefficiente 0,445 CO<sub>2</sub>/kWh<sup>1</sup>.
- Si prevede integrazione della produzione energetica con attività agro-zootecnica:
  - La superficie tra le file e sotto i pannelli sarà destinata a prato stabile di leguminose e destinato al pascolo;
  - Le aree perimetrali e alcuni spazi di risulta saranno interessate dalla presenza di ulivi per la produzione di olio d'oliva.
- La compatibilità del progetto con gli strumenti di pianificazione regionale, territoriale e locale è ampiamente analizzata nel Quadro Programmatico dello Studio d'Impatto Ambientale (elaborato MAC2-IAR01\_Studio d'Impatto Ambientale, rif. Capitolo 2).

<sup>1</sup> 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.



- La compatibilità ambientale del progetto viene ampiamente valutata nel Quadro Ambientale dello Studio d'Impatto Ambientale (elaborato MAC2-IAR01\_Studio d'Impatto Ambientale, rif. Capitolo 4).
- La compatibilità paesaggistica è stata valutata nello studio di settore MAC2-IAR04\_Relazione Paesaggistica con esito positivo. Inoltre, la presenza dell'impianto verrà mitigata da una fascia di mitigazione perimetrale.
- La compatibilità archeologica viene valutata nello studio di settore Verifica Preventiva di Interesse Archeologico (MAC2-IAR09\_Verifica Preventiva di Interesse Archeologico) così come previsto dall'art. 25, comma 1, del D.Lgs. 50/2016, con le relative cartografie a supporto dello studio.
- Il progetto rientra nella definizione di "Sistema Agrivoltaico Avanzato" in quanto rispondente ai requisiti A, B, C, D, E, stabiliti dalle Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici pubblicate dal Ministero della Transizione Ecologica nel giugno 2022, come meglio riportato nei paragrafi 1.3, 3.3, dello Studio d'Impatto Ambientale (MAC2-IAR01) e si inserisce tra le opere della Missione 2, Componente 2, del PNRR che 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.
- Il progetto intende contribuire a raggiungere gli obiettivi di produzione energetica da fonti rinnovabili previsti dall'emanando PEARS per il periodo 2015 - 2030, in cui al 2030 si ambisce a raggiungere in Sardegna almeno il 32% nelle energie rinnovabili entro il 2030 e mira ad agevolare la transizione energetica del Paese e contribuire all'indipendenza dello stesso da gas e fonti fossili, nell'ottica della sostenibilità ambientale.

Con il fine di agevolare la lettura della documentazione integrativa alle richieste ricevute da parte degli enti e amministrazioni coinvolte nel procedimento, si riportano di seguito i riscontri alle note:

- A) Osservazioni della Regione Autonoma della Sardegna: nota registro ufficiale in ingresso MASE/0065159 del 21/04/2023 e pubblicata sul sito MASE in data 04/05/2023**



## 1. Assessorato degli enti Locali, Finanze e Urbanistica

### 1.1.1 RICHIESTA

*Il progetto risulta compatibile con la destinazione di zona E, stante il combinato disposto del comma 7 dell'articolo 12 del D.Lgs. 387/2003 e del comma 9 dell'articolo 5 del D.M. 19.02.2007, nonché del punto 15.3 dell'Allegato al D.M. 10.09.2010 contenente le "Linee guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili". Tuttavia, riguardo alla adeguatezza della localizzazione proposta, si segnala anche che, nella cartografia del PPR, le aree di localizzazione dell'impianto ricadono nelle componenti di paesaggio con valenza ambientale "Aree seminaturali" ed "Aree ad utilizzazione agro-forestale" (articoli dal 25 al 30 delle NTA). La disciplina del PPR relativa alle "Aree seminaturali" all'articolo 26 delle NTA prevede il divieto degli "interventi edilizi o di modificazione del suolo ed ogni altro intervento, uso o attività suscettibile di pregiudicare la struttura, la stabilità o la funzionalità ecosistemica o la fruibilità paesaggistica", mentre quella relativa alle "Aree ad utilizzazione agro-forestale" all'articolo 29 delle NTA prevede che la pianificazione settoriale e locale si conformi alla disposizione di "vietare trasformazioni per destinazioni e utilizzazioni diverse da quelle agricole di cui non sia dimostrata la rilevanza pubblica economica e sociale e l'impossibilità di localizzazione alternativa, o che interessino suoli ad elevata capacità d'uso (...)".*

#### 1.1.1.1 CONTRODEDUZIONE

L'area in oggetto ricade nelle componenti ambientali delle *Colture erbacee specializzate/Aree antropizzate e Praterie e spiagge*. L'impianto intercetta per una minima parte *Colture arboree specializzate (oliveto)*.

All'art. 26 delle NTA, al punto 1, sono indicati gli interventi compatibili con le aree seminaturali, tali per cui "sono vietati gli interventi edilizi o di modificazione del suolo ed ogni altro intervento, uso od attività suscettibile di pregiudicare la struttura, la stabilità o la funzionalità ecosistemica o la fruibilità paesaggistica, fatti salvi gli interventi di modificazione atti al miglioramento della struttura e del funzionamento degli ecosistemi interessati, dello status di conservazione delle risorse naturali biotiche e abiotiche, e delle condizioni in atto e alla mitigazione dei fattori di rischio e di degrado".

Le aree di progetto interessano attualmente superfici con indirizzo agro-zootecnico. Il progetto agronomico prevede il mantenimento dell'indirizzo produttivo e associa l'attività agro-zootecnica alla produzione di energia da fonte rinnovabile. Non sono previste modificazioni del suolo e della sua destinazione d'uso; al contrario, saranno adottate soluzioni di miglioramento della struttura e del funzionamento degli ecosistemi interessati grazie alla messa a dimora di olivi e alla semina di un prato stabile di leguminose costituito da trifoglio (*Trifolium subterraneum* L.) e veccia (*Vicia sativa* L.). Il prato



favorisce il mantenimento della flora pabulare spontanea e garantisce una copertura permanente del suolo, prevenendo fenomeni di desertificazione e di erosione per ruscellamento delle acque superficiali oltre al miglioramento della fertilità. L'azione di miglioramento diretto della fertilità del suolo, in un orizzonte temporale di medio periodo, si raggiungerà attuando due tecniche agronomiche fondamentali:

- opportuna scelta delle specie costituenti il miscuglio per la semina per cui si privilegiano piante miglioratrici della fertilità del suolo (come le leguminose) in quanto in grado di fissare l'azoto atmosferico per l'azione della simbiosi radicale con i batteri azotofissatori, a vantaggio diretto delle piante appartenenti alle graminacee;
- pascolamento controllato degli ovini durante i mesi di ottobre/novembre e dei successivi mesi invernali cui verranno sottoposte le porzioni di cotico erboso che dopo la raccolta del fieno (maggio) saranno ricresciute.

Il prato stabile si configura come una copertura perenne, tale per cui non sarà necessario effettuare semine successive, ma provvedere al suo mantenimento attraverso operazioni di concimazione e sfalcio.

All'interno delle aree di progetto non sono state riscontrate specie elencate nelle liste rosse italiane IUCN. Anche in questo caso, quindi, viene rispettata la conservazione delle risorse naturali biotiche e abiotiche.

Per quanto riguarda le aree ad utilizzazione agro-forestale intercettate dall'area di impianto, si rileva la presenza di colture erbacee specializzate e, in minima parte, colture arboree specializzate (olivi).

Il progetto agronomico prevede l'introduzione nell'indirizzo produttivo dell'olivicoltura, pratica largamente diffusa nel territorio in esame. La messa a dimora di olivi lungo la fascia di mitigazione crea una continuità visiva ed ecologica con il suo intorno, integrando l'impianto con il contesto paesaggistico e limitandone l'impatto percettivo. Non sono previste utilizzazioni diverse da quelle agricole e non sono interessati suoli ad elevata capacità d'uso. Le aree classificate dal PPR come Colture erbacee specializzate sono attualmente interessate da pascoli magri.

Con l'indirizzo produttivo proposto, si garantisce una copertura permanente del suolo, che favorisce la mitigazione dei fenomeni di desertificazione e di erosione per ruscellamento delle acque superficiali. Un prato stabile apporta una copertura perenne, per il quale dopo l'insediamento non sarà

necessario effettuare semine ma provvedere al suo mantenimento con l'apporto di concimazione e sfalci.

Complessivamente, le opere di mitigazione, compensazione e rinaturalizzazione previste per l'impianto agrivoltaico in progetto occuperanno una superficie pari a 5,75 ha ovvero l'11,5% dell'area di progetto. Se a queste aggiungiamo le superfici assicurate al piano colturale, ovvero 37,01 ha di prato migliorato di leguminose e quelle libere da interventi pari a 3,64 ha la superficie complessivamente interessata da coperture vegetali nuove ed esistenti sale a 46,4 ha, ovvero più del 92% della totalità dell'area di progetto.

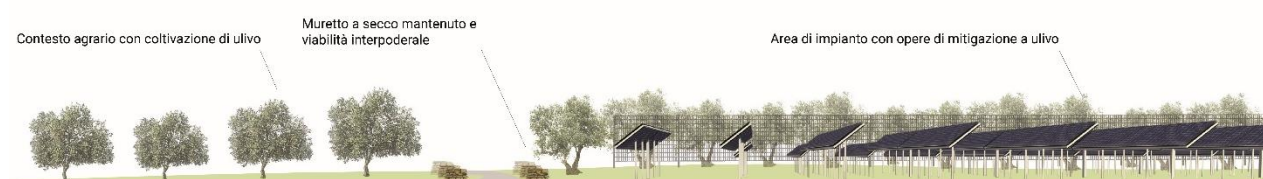


FIGURA 1 - SEZIONE PAESAGGISTICA TIPOLOGICA DELL'IMPIANTO

L'inserimento di questa fascia di mitigazione garantirà non solo la formazione di una cortina verde che nasconderà alla vista i pannelli fotovoltaici anche dai terreni limitrofi, ma avrà anche le seguenti funzioni:

- riqualificazione paesaggistica;
- abbattimento rumori in fase di cantiere e dismissione;
- schermatura polveri;
- rifugio per specie migratorie o stanziali della fauna;
- miglioramento della qualità ecologica dell'area.

Si ritiene, in ultima analisi, che la realizzazione dell'impianto agrivoltaico, grazie agli interventi di mitigazione e compensazione previsti, non sia suscettibile di pregiudicare la struttura, la stabilità o la funzionalità ecosistemica dei luoghi.

## 2. ARPAS

### 2.1 Componente Atmosfera

#### 2.1.1 RICHIESTA



Si condividono le misure operative e gestionali indicate dal Proponente nel SIA volte alla tutela della componente atmosfera da attuarsi nelle fasi di costruzione, esercizio e dismissione e si chiede, in aggiunta a quanto già descritto, di attuare ulteriori specifiche azioni mitigative, quali a titolo esemplificativo:

- effettuare la bagnatura delle piste e delle aree di cantiere in qualsiasi periodo dell'anno durante le condizioni operative ordinarie;
- evitare demolizioni e movimentazioni di materiali polverulenti durante le giornate caratterizzate da intensa ventilazione;
- coprire con teli (nei periodi di inattività e durante le giornate con vento intenso) i cumuli di materiale polverulento stoccato nelle aree di deposito temporaneo del cantiere così da evitare la dispersione eolica dei materiali e garantire la protezione dagli eventi meteorici;
- utilizzare barriere protettive mobili, di altezza idonea, da posizionare di volta in volta in prossimità delle lavorazioni;
- spegnere i motori dei mezzi da lavoro nei periodi di pausa dalle lavorazioni.

#### 2.1.1.1 CONTRODEDUZIONI

Oltre alle misure di mitigazione per la componente atmosfera già previste nel SIA (i riferimenti sono riportati nell'elenco sottostante) verranno adottate tutte le misure suggerite dall'ARPAS al fine di minimizzare gli impatti derivanti dal progetto in fase di cantiere ed esercizio.

- **MAC2-IAR01\_Studio di impatto ambientale**
  - Paragrafo 3.9.7 "Emissioni in atmosfera in fase di cantiere"
  - Paragrafo 6.1.1 "Atmosfera"

## 2.2 Componente Suolo

### 2.2.1 RICHIESTA

Per quanto concerne le risorse pedologiche, preso atto delle opere di mitigazione e compensazione previste nell'elaborato MAC2-IAR01\_Studio di Impatto Ambientale che prevedono il riutilizzo del suolo agricolo nelle modalità sopra descritte, si ritiene opportuno porre in essere ulteriori necessari accorgimenti atti ad impedirne la perdita ed il depauperamento della componente suolo, quali a titolo esemplificativo:





- vietare il transito dei mezzi pesanti utilizzati per le lavorazioni, soprattutto con terreno bagnato, al di fuori delle piste di cantiere, per evitare un'eccessiva costipazione del terreno che potrebbe ostacolare un ottimale approfondimento degli apparati radicali delle specie vegetali;
- prediligere porzioni di suolo già degradato per la realizzazione di piste e aree di cantiere, evitando ove possibile le zone ad alta valenza naturalistica.

#### 2.2.1.1 CONTRODEDUZIONE

Oltre alle misure di mitigazione per le componenti suolo e sottosuolo già previste nel SIA, saranno adottate le precauzioni sopra esposte. L'individuazione delle aree di cantiere dipende dalla vicinanza alla rete stradale esistente e mira a ridurre le esternalità negative dovute al passaggio di automezzi sui campi.

➤ **MAC2-IAR01\_Studio di impatto ambientale**

- Paragrafo 4.3 "Suolo e sottosuolo"

#### 2.2.2 RICHIESTA

Relativamente alle operazioni di scavo e rinterro previste durante l'apertura e il ripristino delle aree di cantiere, allo scopo di favorire il successivo recupero dei suoli, il terreno vegetale dovrà essere asportato avendo cura di selezionare e stoccare separatamente gli orizzonti superficiali ricchi di humus e quelli più profondi. Si consiglia di accantonare il terreno vegetale di scotico in cumuli di altezza non superiore ai 2 metri rispettando la stratificazione originaria, per preservarne le caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche e poterlo poi riutilizzare nelle operazioni di ripristino ambientale. Dovrà essere assicurata la stabilità dei cumuli di terreno vegetale, evitando il dilavamento da parte delle acque di deflusso superficiale; qualora si preveda un periodo di stoccaggio del terreno vegetale superiore a un anno, sui cumuli dovranno essere realizzate idonee semine protettive con miscugli di specie erbacee ad elevato potere aggrappante, allo scopo di limitare la perdita di fertilità, il dilavamento e la dispersione di polveri.

#### 2.2.2.1 CONTRODEDUZIONE

Sono accolte le misure proposte per la riduzione degli impatti dovuti alle lavorazioni.



## 2.3 Terre e rocce da scavo

*Il progetto prevede l'esecuzione di scavi di sbancamento per il posizionamento in sito delle fondazioni delle cabine e di scavi a sezione ristretta per la realizzazione delle fondazioni della recinzione (di tipo leggero) a plinti isolati, del cancello di nuova realizzazione e per la posa dei cavidotti.*

### 2.3.1 RICHIESTA

*Si ricorda che nella successiva fase di progettazione dovrà essere presentato un report riportante nel dettaglio, il numero e le coordinate dei punti di campionamento, il numero di campioni per punto, il set analitico da ricercare, la planimetria delle aree di scavo, di eventuali depositi intermedi, dei siti di riutilizzo e di quelli di campionamento, oltre ad una adeguata documentazione fotografica.*

#### 2.3.1.1 CONTRODEDUZIONE

Nella successiva fase di progettazione si provvederà a fornire la documentazione richiesta.

## 2.4 Componente Flora e Fauna

*L'area interessata dal progetto si colloca a una distanza di circa 3 km ad est dalla Zona a Protezione Speciale censita come ZPS ITB023051 "Altopiano di Abbasanta" e risulta localizzata 1,2 km a Sud-Est dell'area IBA 179 "Altopiano di Abbasanta" e circa 6 km a Nord dall'IBA 177 "Altopiano di Campeda". In merito alla valutazione delle caratteristiche e del profilo e dell'ecosistema faunistico e floristico-vegetazionale presente nell'area d'intervento e dei possibili impatti generati dalle opere in progetto, si prende atto di quanto descritto negli elaborati "MAC2-IAR06\_Relazione\_botanico-faunistica" e "MAC2-IAR01\_Studio\_di\_Impatto\_Ambientale".*

### 2.4.1 RICHIESTA

*Per la componente floristico-vegetazionale si suggerisce di identificare con precisione, preferibilmente georiferendoli su sistema GIS o localizzandoli su supporto cartografico, i punti di indagine delle specie censite nella Relazione botanico-faunistica, al fine di poter valutare l'eventuale compromissione di habitat di interesse presenti.*

#### 2.4.1.1 CONTRODEDUZIONE

La vegetazione presente nelle aree di progetto è caratterizzata principalmente dalla tipica flora di tipo erbaceo presente nelle zone adibite al pascolo. Le forme arbustive sono state localizzate in posizione perimetrale o a ridosso dei muretti a secco, così come in corrispondenza dei cumuli di pietra.



Relativamente alla componente fauna, al momento del rilievo in campo è stata osservata solo una specie appartenente al Phylum degli artropodi, il lepidottero *Vanessa atalanta* e la specie *Corvus cornix*, la cornacchia grigia.

All'interno dell'elaborato "MAC2-IAR07-R1\_Allegato fotografico Botanico-faunistica" è stata indicata la localizzazione di alcuni degli alberi ad altro fusto che è stato possibile raggiungere e riconoscere all'interno dei lotti di progetto. La presenza di rovi e la vegetazione spontanea presente (e riportata nell'allegato fotografico) non hanno consentito un facile accesso in tutte le zone dei lotti di progetto.

Le specie erbacee non sono state geolocalizzate in quanto presenti in maniera più o meno omogenea e ripetitiva nei diversi lotti di progetto.

Sono stati inoltre indicati i coni ottici di inquadramento fotografico di alcune aree in modo da evidenziare lo stato naturale e antropico delle aree di progetto.

➤ **MAC2-IAR07-R1\_Allegato fotografico botanico-faunistica**

## 2.4.2 RICHIESTA

*Si ricorda che tutte le aree di cantiere dovranno essere approntate in zone che non prevedano il taglio e/o l'eliminazione di vegetazione di particolare pregio, contenendo al minimo indispensabile gli spazi operativi.*

### 2.4.2.1 CONTRODEDUZIONE

Le aree di cantiere non interferiscono con aree in cui è presente vegetazione di pregio. Il dimensionamento di tali aree è strettamente limitato alle esigenze operative e, grazie vicinanza alla rete stradale esistente, permettono di ridurre le esternalità negative dovute al passaggio di automezzi sui campi.

## 2.4.3 RICHIESTA

*Al fine di ridurre il rischio di potenziali impatti sull'avifauna presente nelle aree interessate dalle opere e preservare gli areali di nidificazione, sarebbe opportuno calendarizzare le attività di cantiere prevedendo la sospensione e/o limitazione delle lavorazioni rumorose, durante il periodo riproduttivo delle specie protette ed in pericolo d'estinzione.*



### 2.4.3.1 CONTRODEDUZIONE

Oltre alle misure di mitigazione per la componente faunistica già previste nel SIA, saranno adottate le precauzioni sopra esposte. Nell'area non si ravvisano specie protette o in pericolo di estinzione, tuttavia, al fine di salvaguardare l'avifauna presente, saranno rispettati i periodi riproduttivi attraverso una opportuna programmazione delle lavorazioni.

## 3. Altre Osservazioni ARPAS

### 3.1.1 RICHIESTA

*Al fine di ridurre l'impatto ambientale dell'opera in progetto si evidenzia la necessità di porre in atto durante le fasi di cantiere, opportune misure di mitigazione, con particolare attenzione a:*

- *Verifica dell'efficienza e manutenzione dei mezzi e delle macchine operatrici impiegate (es. garantire la non perdita di carburanti e/o oli idraulici, controllare le emissioni di gas di scarico).*
- *Riduzione del traffico veicolare, soprattutto con terreno bagnato, al fine di ridurre la compattazione dei terreni.*
- *Riduzione di eventuali impatti dovuti a fenomeni di inquinamento acustico.*

### 3.1.1.1 CONTRODEDUZIONE

Oltre alle misure di mitigazione da porre in atto durante le fasi di cantiere già previste nel SIA, saranno adottate le precauzioni sopra esposte.

## 3.2 Piano di dismissione

### 3.2.1 RICHIESTA

*In riferimento alle fasi di dismissione dell'impianto, visto il tenore delle lavorazioni, si ritiene necessario effettuare particolari misure preventive mirate a ridurre gli impatti dovuti a fenomeni di inquinamento acustico, emissioni di polveri, proiezioni di materiale e sversamento accidentale di materiali.*



### 3.2.1.1 CONTRODEDUZIONE

Le indicazioni dell'Ente sono recepite e saranno adottate in fase esecutiva. Al fine di ridurre gli impatti derivanti dalla realizzazione del progetto, saranno previste misure mitigative e compensative dei potenziali effetti prodotti, oltre alle azioni preventive già presenti nell'elaborato:

- **MAC2-IAR01\_Studio di Impatto Ambientale**
  - Par. 3.9 Interazioni con l'ambiente
  - Cap. 4. Quadro di riferimento ambientale

## 4. Assessorato dei Trasporti

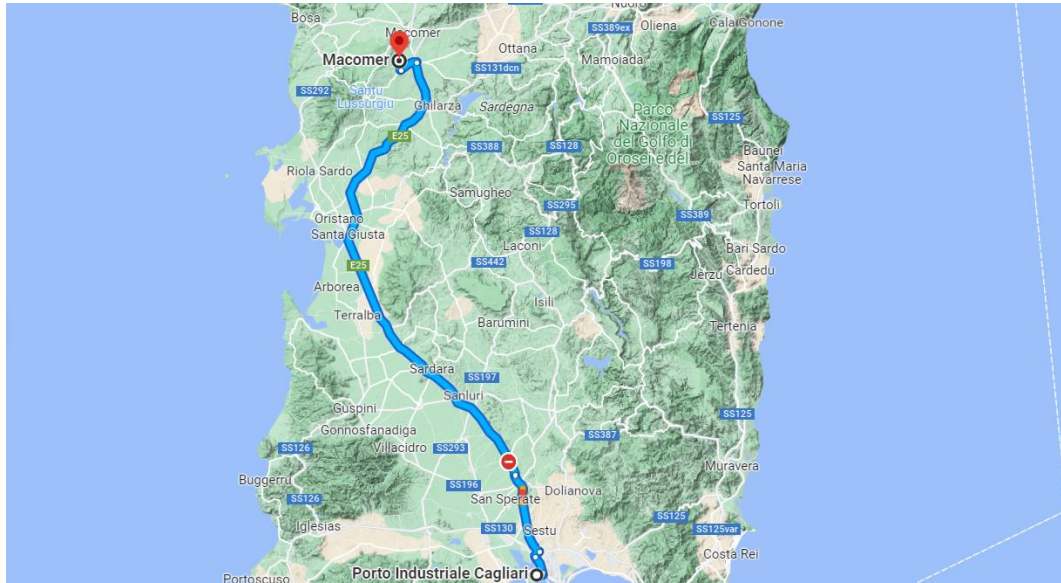
*Dall'analisi dei documenti, consultabili attraverso il link a disposizione, si evidenzia che la verifica della compatibilità del sito di intervento con gli strumenti di pianificazione territoriale vigenti a livello comunale, regionale e nazionale, non tiene conto del Piano Regionale dei Trasporti (PRT) attualmente vigente, approvato con deliberazione della Giunta regionale n. 66/23 del 27 novembre 2008. È imminente la presentazione in Giunta del nuovo PRT, la cui redazione risulta completata. A tal proposito si ritiene che il progetto non sia in contrasto con le indicazioni del PRT, in quanto non modifica gli scenari di assetto futuro del sistema dei trasporti.*

### 4.1.1 RICHIESTA

*Negli elaborati esaminati, in relazione all'arrivo dei moduli fotovoltaici e delle strutture di sostegno, non è stato indicato il porto di arrivo e la viabilità di collegamento porto – sito e non risultano essere stati fatti studi e considerazioni riguardanti l'impatto sull'eventuale incremento di traffico marittimo, né relativamente alle possibili interferenze con le attività del porto.*

#### 4.1.1.1 CONTRODEDUZIONE

Si prevede di utilizzare come porto di arrivo dei moduli fotovoltaici e dei componenti dell'impianto il porto industriale di Cagliari, che dista circa 140 km dall'area di progetto ed è collegato alla stessa dalla E25 attraverso il percorso illustrato di seguito.



In relazione ai mezzi da impiegare per il trasporto dei moduli dall'area di produzione fino al porto di arrivo e, in seguito, fino al sito di installazione dell'impianto vengono di seguito riportate delle considerazioni fatte sulla base delle offerte ricevute da aziende del settore per la fornitura di moduli e delle strutture di sostegno (tracker).

In merito al numero di mezzi in transito per approvvigionare gli elementi del campo solare, considerando i 35.084 moduli di cui si costituisce l'impianto e 868 mod/camion (28 pallet da 31 mod/pallet), si stima il numero di camion necessari per il trasporto dei moduli pari a 40.

Per l'approvvigionamento delle strutture di sostegno, il fornitore ha indicato un numero di container pari a 44 unità, consegna prevista con frequenza di circa 16 MW a settimana, per un totale di 4 settimane. Di conseguenza l'incremento di traffico marittimo si limita a 2 navi container in un mese.

N. moduli	Moduli/camion	N. camion moduli	N. camion strutture	N. camion TOT	N. navi
35.084	868	40	44	85	2

L'approvvigionamento dei materiali prevede, in arrivo da Shanghai e Valencia, la consegna presso il porto di Cagliari e il trasporto fino al sito di installazione nel comune di Macomer secondo il percorso riportato di seguito.

#### Transport

FOB - Valencia, Shanghai

CIF - Cagliari, Sardinia

DAP - Macomer, Sardinia

DDP - Macomer, Sardinia



## 5. ARPAS

### 5.1 Impatto acustico

*I TCA evidenziano che i dati di input per effettuare la valutazione, non essendo individuati i modelli delle apparecchiature da installare, sono desunti da schede tecniche relative a componenti reperibili sul mercato con caratteristiche conformi alle esigenze impiantistiche.*

#### 5.1.1 RICHIESTA

*Si ritiene pertanto che la valutazione previsionale proposta dai TCA debba essere aggiornata in seguito alle scelte progettuali successive, fermo restando comunque che quanto sarà rivalutato dovrà essere necessariamente verificato strumentalmente nella fase d'esercizio.*

##### 5.1.1.1 CONTRODEDUZIONE

Le valutazioni di impatto sono state sviluppate sulla base delle informazioni progettuali ad oggi disponibili.

Il progetto impiantistico, nell'attuale fase progettuale, ha definito le modalità di gestione dell'impianto e le tipologie di componenti necessarie. La scelta di dettaglio della componentistica non potrà che essere effettuata nelle fasi di effettiva realizzazione dell'opera.

Al fine di poter sviluppare adeguate valutazioni previsionali i progettisti hanno fornito, per ogni componente dell'impianto potenzialmente responsabile di emissioni sonore, le relative potenze sonore (o pressioni sonore) garantite da prodotti attualmente reperibili sul mercato considerando lo scenario di *worst case*.

Si ritiene pertanto che le valutazioni effettuate e le relative conclusioni (piena conformità degli impatti sul sistema ricettore) possano essere considerate valide anche in presenza di componenti diversi da quelli ipotizzati nell'ambito della VPIA purché gli stessi siano CARATTERIZZATI DA EMISSIONI UGUALI E O INFERIORI da quelle ipotizzate nello studio.

Viceversa, lo studio sarà aggiornato in presenza di modifiche progettuali significative dal punto di vista acustico: nuovi posizionamenti delle sorgenti, componenti individuati caratterizzati da emissioni maggiori di quelle ipotizzate e dichiarate nella Valutazione Previsionale di Impatto Acustico.

## **ANALISI COSTI-BENEFICI AMBIENTALI**

**Realizzazione di un Parco Agrivoltaico Avanzato  
di potenza nominale pari a 20 MWp  
denominato "MACOMER 2" sito nei  
Comuni di Macomer e Borore (NU)**

**Località "Fustinaga"**

PROPONENTE:



Energia Pulita Italiana 8 s.r.l.

<b>Rev00</b>	<i>Integrazione documentale</i>	Data ultima elaborazione: 21/08/2023
Redatto		Approvato
<i>Ing. Annamaria Palmisano</i>		ENERLAND ITALIA s.r.l.
Codice Elaborato		Oggetto
MAC2-IAR14		PROGETTO DEFINITIVO

TEAM ENERLAND:

*Ing. Annamaria PALMISANO*  
*Dott.ssa Ilaria CASTAGNETTI*  
*Dott. Giovanni CARBONE*  
*Dott. Lorenzo GIORDANO*  
*Ing. Emanuele CANTERINO*  
*Dott. Claudio BERTOLLO*  
*Dott. Guglielmo QUADRIO*  
*Dott. Lorenzo TRESSO*





## INDICE

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>1</b>
1.1 Soggetto proponente.....	4
1.2 Descrizione del progetto .....	6
1.3 Sistemi agrivoltaici.....	8
1.3.1 Parametri tecnici minimi per la classificazione di un sistema agrivoltaico .....	9
1.3.2 Classificazione dei sistemi agrivoltaici .....	10
1.3.3 Scheda riassuntiva requisiti di progetto.....	11
1.4 Alternative progettuali.....	14
1.4.1 Alternativa "zero" .....	14
1.4.2 Alternative tecnologiche.....	14
<b>2. METODOLOGIA.....</b>	<b>18</b>
2.1 La valutazione finanziaria ed economica.....	20
2.1.1 L'analisi finanziaria .....	20
2.1.2 L'analisi socio-economica .....	22
2.2 Valutazione del rischio .....	23
2.2.1 Analisi di sensitività .....	23
<b>3. ANALISI FINANZIARIA .....</b>	<b>25</b>
3.1 Analisi remunerazione vendita energia per l'impianto .....	25
3.2 Valore Attuale Netto (VAN).....	26
3.3 Risultati analisi finanziaria .....	29
<b>4. ANALISI DI SENSITIVITÀ DEL PROGETTO .....</b>	<b>31</b>
4.1 VAN – Analisi dei risultati.....	32
4.2 TIR – Analisi dei risultati .....	33
<b>5. ANALISI SOCIO-ECONOMICA E AMBIENTALE .....</b>	<b>34</b>
5.1 Impatto sull'uso del suolo e sui servizi ecosistemici.....	35

5.1.1	Sequestro e stoccaggio di Carbonio .....	35
5.1.1.1	<i>Valutazione Economica</i> .....	36
5.1.1.2	<i>Valutazione Economica per il progetto in esame</i> .....	37
5.1.2	Qualità degli Habitat.....	37
5.1.2.1	<i>Valutazione Economica</i> .....	38
5.1.2.2	<i>Valutazione Economica per il progetto in esame</i> .....	39
5.1.3	Produzione Agricola .....	39
5.1.4	Impollinazione.....	41
5.1.4.1	<i>Valutazione Economica</i> .....	41
5.1.4.2	<i>Valutazione Economica per il progetto in esame</i> .....	42
5.1.5	Regolazione del Microclima .....	42
5.1.6	Rimozione di Particolato e Ozono .....	45
5.1.6.1	<i>Valutazione Economica</i> .....	45
5.1.6.2	<i>Valutazione Economica per il progetto in esame</i> .....	45
5.1.7	Protezione dall'Erosione .....	46
5.1.7.1	<i>Valutazione Economica</i> .....	46
5.1.7.2	<i>Valutazione economica per il progetto in esame</i> .....	47
5.1.8	Regolazione del Regime Idrico (Infiltrazione) .....	47
5.1.8.1	<i>Valutazione Economica</i> .....	48
5.1.8.2	<i>Valutazione Economica per il progetto in esame</i> .....	49
5.1.9	Regolazione del Regime Idrico (Disponibilità di Acqua).....	49
5.1.9.1	<i>Valutazione Economica</i> .....	50
5.1.9.2	<i>Valutazione Economica per il progetto in esame</i> .....	50
5.1.10	Purificazione dell'Acqua dai Contaminanti.....	51
5.1.10.1	<i>Valutazione Economica</i> .....	52
5.1.10.2	<i>Valutazione Economica per il progetto in esame</i> .....	52
5.2	<b>Impatto visivo e costo della disponibilità a pagare.....</b>	<b>53</b>

5.3 Investimenti compensativi a favore del territorio .....55

5.4 Emissioni evitate.....56

5.5 Sintesi dei risultati.....58

6. ANALISI DEI RISULTATI COSTI-BENEFICI.....59

7. INDICE DELLE FIGURE .....61

8. INDICE DELLE TABELLE.....62

9. BIBLIOGRAFIA.....63

## 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, nei Comuni di Macomer e Borore (NU), con potenza pari a 20 MWp e denominato "Macomer 2". L'area occupata dalle strutture, intesa come proiezione a terra dei pannelli fotovoltaici posti in posizione di manutenzione (a 0°), sarà complessivamente pari a 9,30 ettari, su circa 41,94 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 pressoché piana con un'altitudine media di 440 m s.l.m.

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 alla stazione elettrica di trasformazione (SE) della RTN 380/220/150kV di Macomer 380, sulla sezione di futura realizzazione esercita a 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 20.000,00 kWp e una producibilità media annua di 38.727 MWh, la produzione media nei 30 anni risulta essere di circa 1.022.190,75 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 di 38.727.000,00 kWh si eviterà di emettere in atmosfera una quantità di CO<sub>2</sub> pari a 17.233.515,00 kg, utilizzando come fattore di conversione si è considerato il coeff. 0,4455 kgCO<sub>2</sub>/kWh (ISPRAmbiente, 2019)<sup>1</sup>.

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

---

<sup>1</sup> 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".

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:

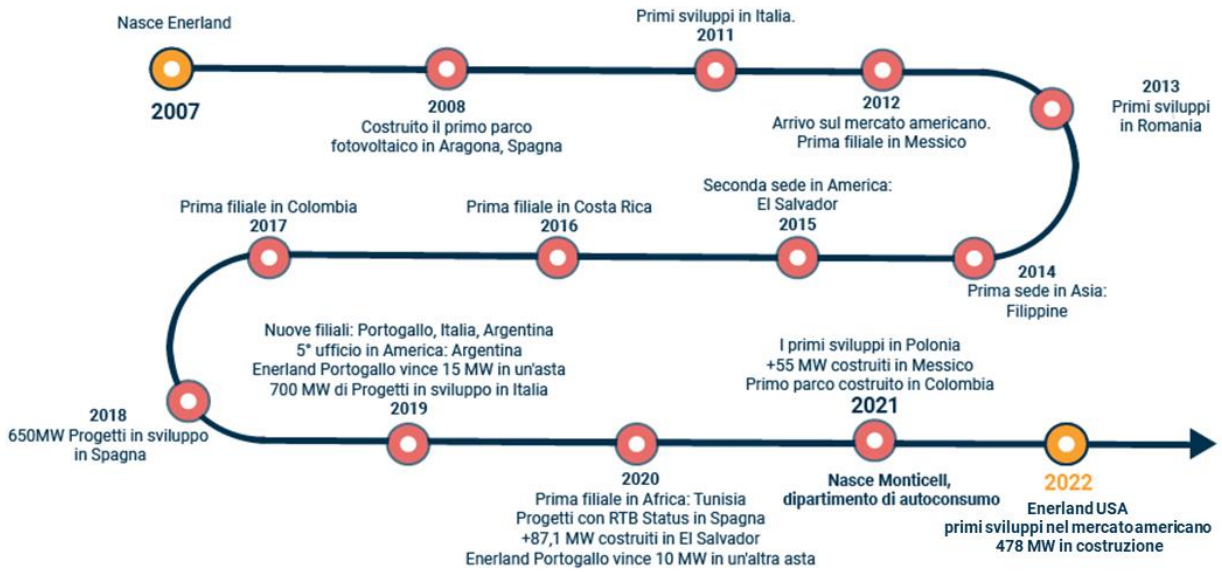


FIGURA 1 – STORYMAP DI ENERLAND



## 1.2 Descrizione del progetto

Nel progetto si prevede l'ubicazione del parco agrivoltaico su di un'area agricola in agro del comune di Macomer (NU), nella località denominata "Fustinaga" (quota media di 440 m.s.l.m.).

Infatti, la zona prevista per la realizzazione dell'impianto si sviluppa grossomodo sulla località appena citata; a 600 m Nord-Est è presente la Zona Industriale Tolisso, a Sud-Est si trova il centro abitato del Comune di Borore, che dista circa 2,0 km, mentre a Nord ad una distanza di circa 4,0 km è presente il centro abitato del Comune di Macomer.

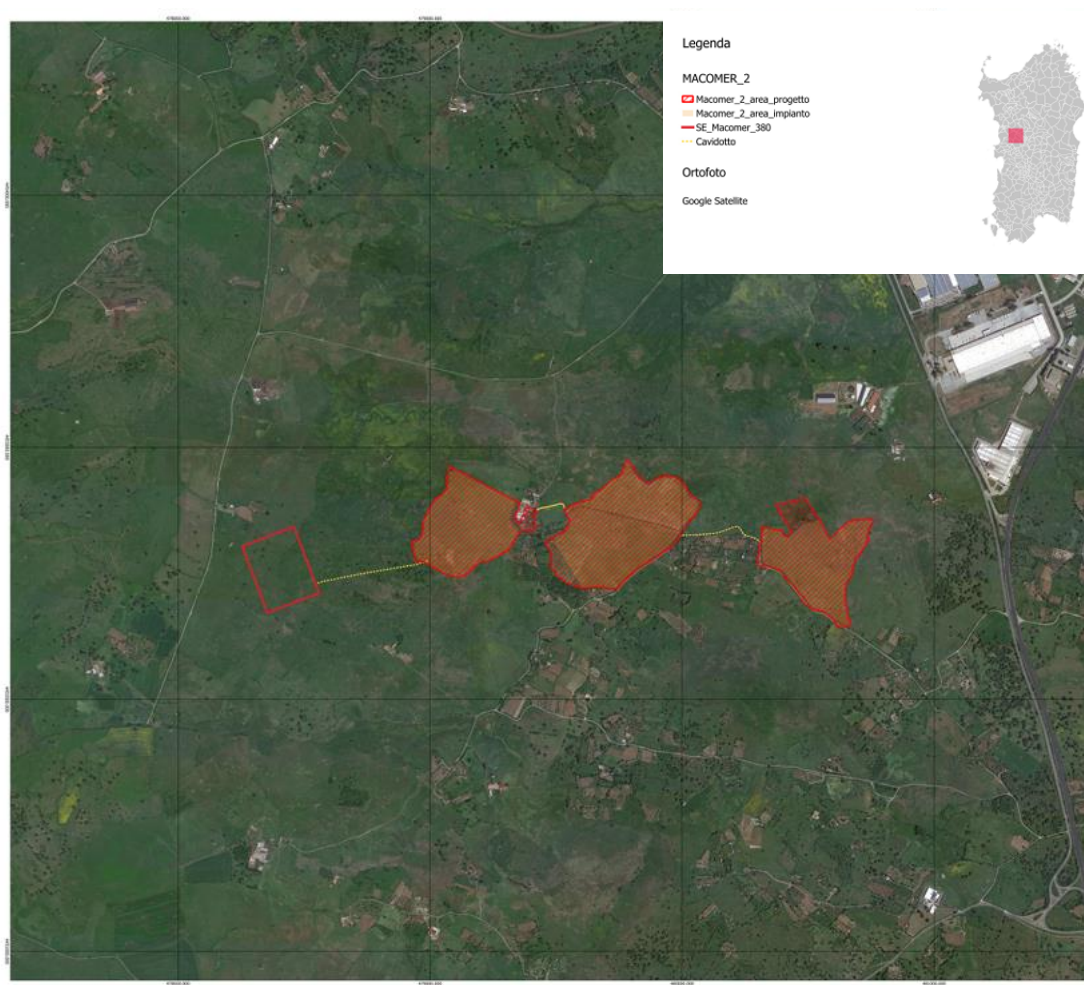


FIGURA 2 – INQUADRAMENTO AREA DI INTERVENTO SU ORTOFOTO - ESTRATTO ELABORATO MAC2-PDT01

L'areale di progetto geograficamente ricade all'interno dei seguenti riferimenti cartografici:

- Foglio IGM scala 1:50000 = 498 "MACOMER"
- Tavoletta IGM 1:25000 = FOGLIO 498 SEZIONE III "MACOMER"
- Carta Tecnica Regionale scala 1:10000 = n° 498140 "BORORE".

Il sito è raggiungibile dalla SS131; la zona è prevalentemente pianeggiante.

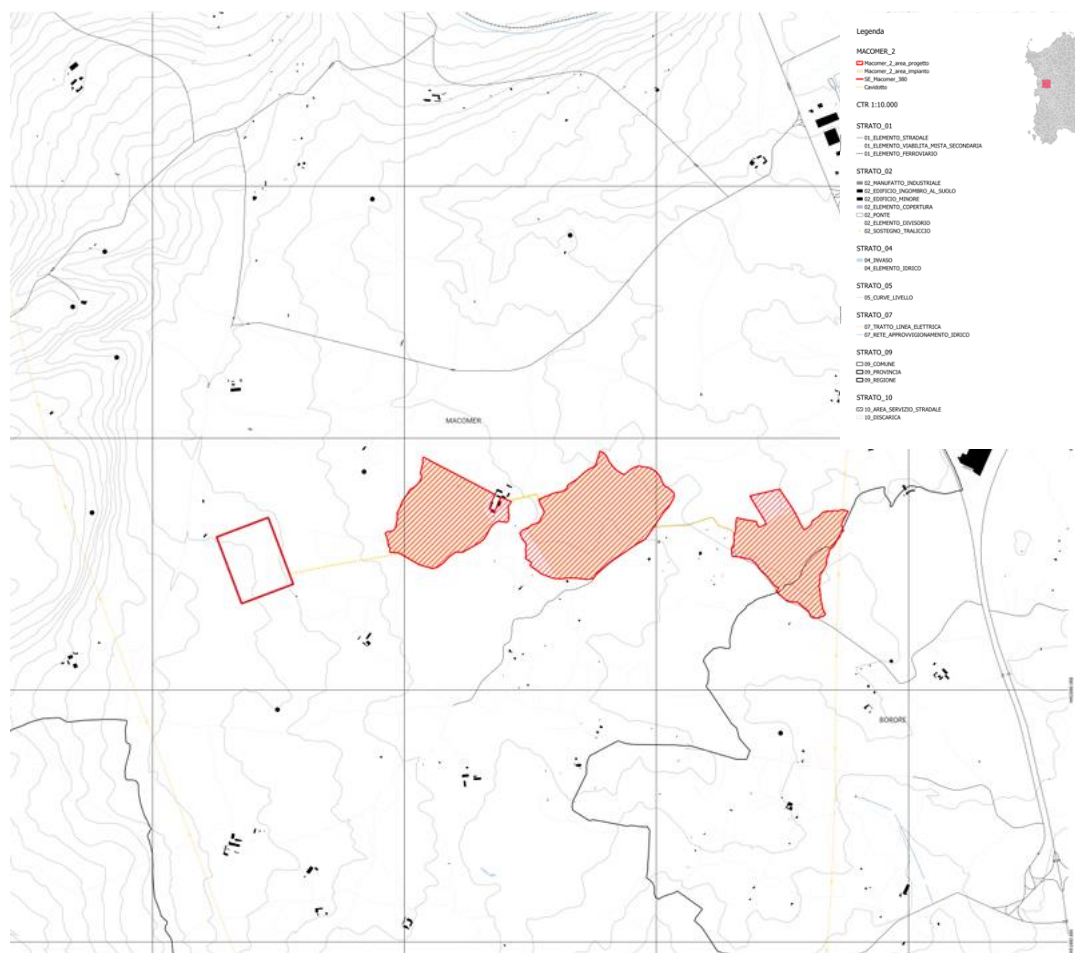


FIGURA 3 – INQUADRAMENTO AREA DI INTERVENTO SU CTR – ESTRATTO ELABORATO MAC2-PDT02

Per l'individuazione catastale dell'area di intervento e per la parte relativa alle particelle interessate dal passaggio del cavidotto si rimanda all'elaborato *MAC2-PDT04\_Estratto mappa catastale impianto FV e cavidotto*.

### 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, et al., 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'intervento<sup>2</sup>.

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

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

---

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

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.

**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 a 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, et al., 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.

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

<b>Energia Pulita Italiana 8 s.r.l.</b>		
Progetto di un parco agrivoltaico avanzato denominato " <b>MACOMER 2</b> " potenza nominale pari a 20 MWp situato nei Comuni di Macomer e Borore (NU)		
<b>REQUISITO A.1 - Superficie minima per l'attività agricola</b>		
<b>S<sub>tot</sub></b>	<i>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.</i>	<b>41,94 ha</b>
<b>S<sub>pv</sub></b>	<i>Somma delle superfici individuate dal profilo esterno di massimo ingombro di tutti i moduli fotovoltaici costituenti l'impianto (superficie attiva compresa la cornice)</i>	<b>9,30 ha</b>
<b>S<sub>impianto</sub></b>	<i>Somma delle superfici su cui insiste l'impianto agrivoltaico, comprese le piazzole, le cabine elettriche e la viabilità interna; corrisponde all'area recintata.</i>	<b>36,67 ha</b>
<b>S<sub>agricola</sub></b>	<i>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.</i>	<b>35,27 ha</b>
<b>S<sub>agricola</sub> ≥ 0,7 · S<sub>tot</sub></b>		
<b>VERIFICATO</b>		
<b>REQUISITO A.2 - Percentuale di superficie complessiva coperta da moduli (LAOR)</b>		
<b>LAOR (Land Area Occupation Ratio) = S<sub>pv</sub>/S<sub>tot</sub></b>	<i>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.</i>	<b>22,17%</b>
<b>LAOR ≤ 40%</b>		
<b>VERIFICATO</b>		

REQUISITO B.1 - Continuità dell'attività agricola				
	<i>Ante operam</i>	<i>Post operam</i>		
Tipo di coltivazione/i	Prato magro	Prato permanente Oliveto per olive da olio		
Indirizzo produttivo	Seminativi	Misto: seminativi e colture arboree		
a) coincidenza di indirizzo produttivo: valore medio della produzione agricola registrata sull'area (€/ha)	132,44 €	360,00 € 1548,36 €		
PS - Produzione Standard	<b>5.456,53 €</b>	<b>15.394,78 €</b>		
<b>VERIFICATO</b>				
REQUISITO B.2 - Verifica della producibilità elettrica minima				
<i>Modulo</i>	<b>Modulo FV in silicio monocristallino del tipo bifacciale JKM570N-72HL4-BDV della Jinko Solar®</b>	<i>Potenza nominale [W]</i>		570
		<i>Dimensioni</i>	L [mm] =	1134
			P [mm] =	2278
		<i>Sup. impianto</i>	S <sub>pv</sub> [ha] =	36,67
Impianto agrivoltaico presentato in VIA Potenza = 20 MW	Producibilità elettrica annua dell'impianto agrivoltaico [GWh/anno] =			38,72
	FV <sub>agri</sub> = Producibilità elettrica annua per ha dell'impianto agrivoltaico [GWh/ha/anno] =			<b>1,06</b>
Impianto fotovoltaico standard* Potenza = 38,34 MW	Producibilità elettrica annua dell'impianto standard [GWh/anno] =			57,84
	FV <sub>standard</sub> = Producibilità elettrica annua per ha dell'impianto standard [GWh/ha/anno] =			<b>1,58</b>
*moduli con efficienza 22,07% su supporti fissi con inclinazione a Sud di 12°				
<b>FV<sub>agricola</sub> ≥ 0,6 · FV<sub>standard</sub></b>				
<b>VERIFICATO</b>				
REQUISITO C - Adottare soluzioni integrate innovative con moduli elevati da terra				
<b>TIPO 1</b>	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	H <sub>min</sub>
		<i>moduli fotovoltaici svolgono funzione sinergica alla coltura</i>		<b>1,32 m</b>
<b>Attività zootecnica - H<sub>min</sub> = 1,3 m</b>		<b>Attività colturale - H<sub>min</sub> = 2,1 m</b>		
<b>VERIFICATO per ZOOTECCIA</b>				
REQUISITO D.1 - Monitoraggio del risparmio idrico				
<b>Aziende con colture in asciutta: analisi dell'efficienza d'uso dell'acqua piovana</b> per evidenziare un miglioramento conseguente la <b>diminuzione dell'evapotraspirazione dovuta all'ombreggiamento</b> causato dalla presenza del sistema agrivoltaico		Monitoraggio periodico dell'umidità di 2 tipologie di terreni attigui: - uno con <b>prato stabile senza pannelli</b> - uno con <b>prato stabile con pannelli FV</b> . 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.		
<b>Redazione Relazione Triennale redatta da parte del proponente.</b>				
<b>VERIFICATO</b>				
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		Implementazione <b>monitoraggio agricolo</b> come riportato in	

<b>Mantenimento dell'indirizzo produttivo</b>	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).	<b>Relazione Agronomica Par.3.5.2</b>
<b>Redazione Relazione Tecnica Asseverata di un Agronomo</b>		
<b>VERIFICATO</b>		
<b>REQUISITO E.1 - Monitoraggio del recupero della fertilità del suolo</b>		
<b>Par. 3.10.1</b> dello SIA: 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.		
<b>Redazione Relazione Tecnica Asseverata o Dichiarazione del proponente</b>		
<b>VERIFICATO</b>		
<b>REQUISITO E.2 - Monitoraggio del microclima</b>		
<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"> <li>- <b>temperatura;</b></li> <li>- <b>umidità relativa;</b></li> <li>- <b>velocità dell'aria;</b></li> <li>- <b>radiazione;</b></li> </ul> <p><i>posizionati al di sotto dei moduli fotovoltaici e, per confronto, nella zona immediatamente limitrofa ma non coperta dall'impianto.</i></p>	<p><b>Temperatura ambiente esterno e retro-modulo</b> misurata con sensore PT100</p> <p><b>Umidità dell'aria ambiente esterno e retro-modulo</b> misurata con misurata con igrometri/psicrometri</p> <p><b>Velocità dell'aria ambiente esterno e retro-modulo</b> misurata con anemometri</p> <p><b>Radiazione solare fronte e retro-modulo</b> misurata con un solarimetro</p>
<b>Relazione Triennale redatta dal Proponente</b>		
<b>VERIFICATO</b>		



## 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 culturale:** 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 (Guida all'analisi costi-benefici dei progetti d'investimento - Strumento di valutazione economica per la politica di coesione 2014-2020, 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.

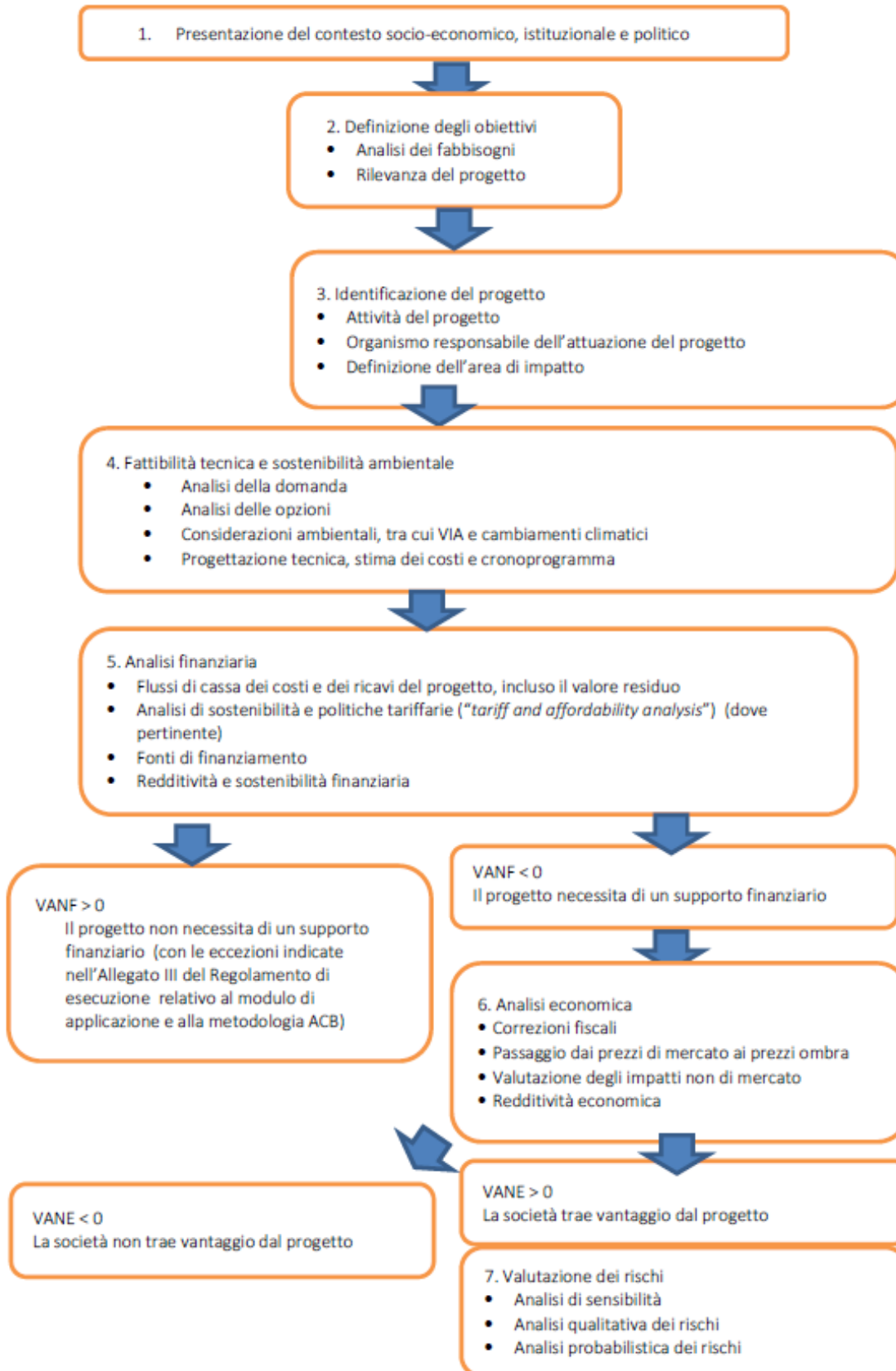


FIGURA 4 – FASI DI VALUTAZIONE DI UN PROGETTO

**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 basata 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.

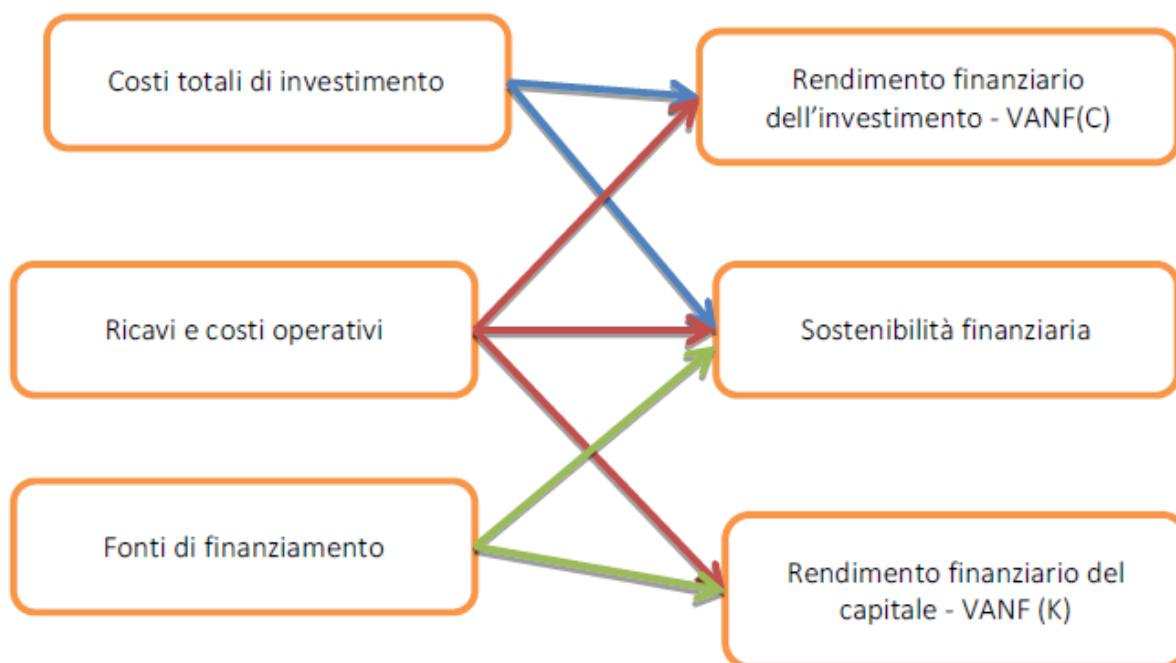


FIGURA 5 – STRUTTURA DELL'ANALISI FINANZIARIA

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"<sup>3</sup>.
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).

---

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



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.

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:

TABELLA 2 – PARAMETRI FINANZIARI

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

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 30 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 (Guida all'analisi costi-benefici dei progetti d'investimento - Strumento di valutazione economica per la politica di coesione 2014-2020, 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	10.331.009 €
Inflazione	3,0%
% Equity sul totale	30%
Equity	3.099.303 €
Prestito	7.231.706 €
Termine prestito (anni)	12
Tasso di interesse	4,5%
Commissione prestito	72.317 €
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	20 MWp
Potenza MWac	16,5 MW
Dimensioni terreno contrattualizzato	41,94 ha
Costi e ricavi di progetto	
Costi di sviluppo	2.000.000,00 €
Costo dell'impianto agrivoltaico	7.939.975,49 €
Costo dell'interconnessione (STMG e STMD)	153.000,00 €
Costo del cavidotto	79.500,00 €
Tasse diritto Terreno	158.533,20 €
<b>Totale costi iniziali</b>	<b>10.331.008,69 €</b>
Prezzo affitto annuale terreno (DDS)	117.432,00 €
O & M	160.000,00 €
Assicurazione	30.993,03 €
<b>Totale costi annuali</b>	<b>308.425,03 €</b>
<b>Ricavo cessione energia</b>	<b>2.410.755,75 €</b>

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 4.

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).

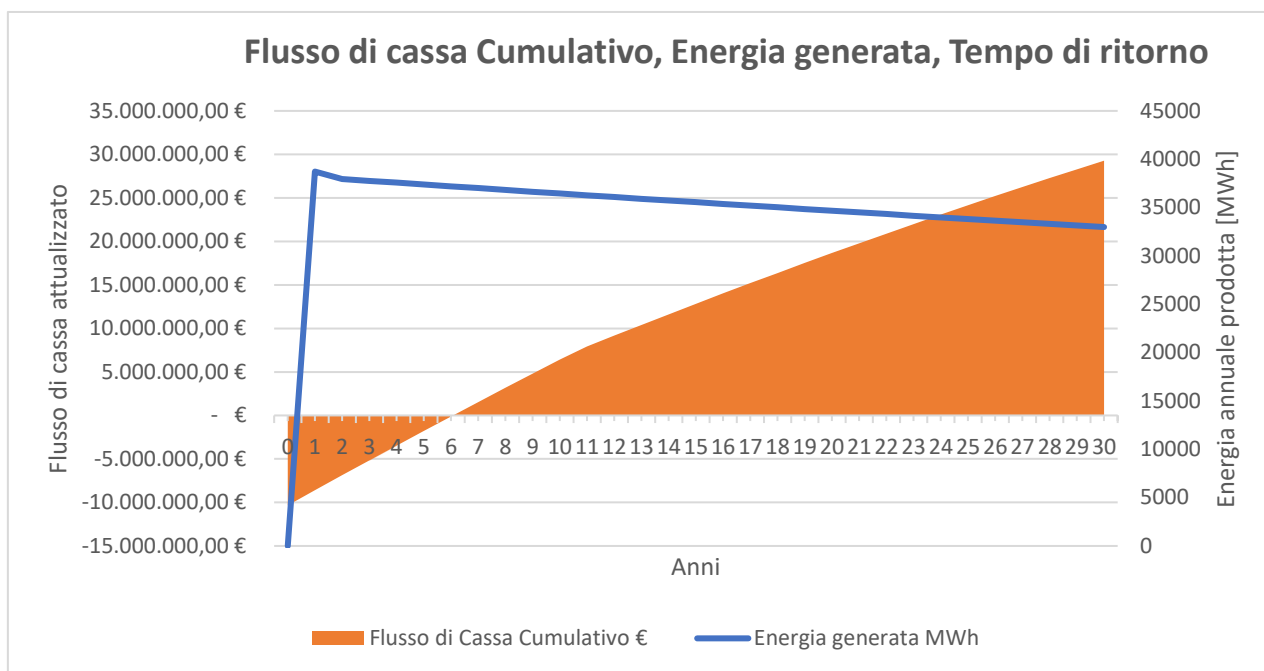


FIGURA 6 – DIAGRAMMA DEI FLUSSI DI CASSA CUMULATI E PRODUZIONE ENERGETICA ANNUALE

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).



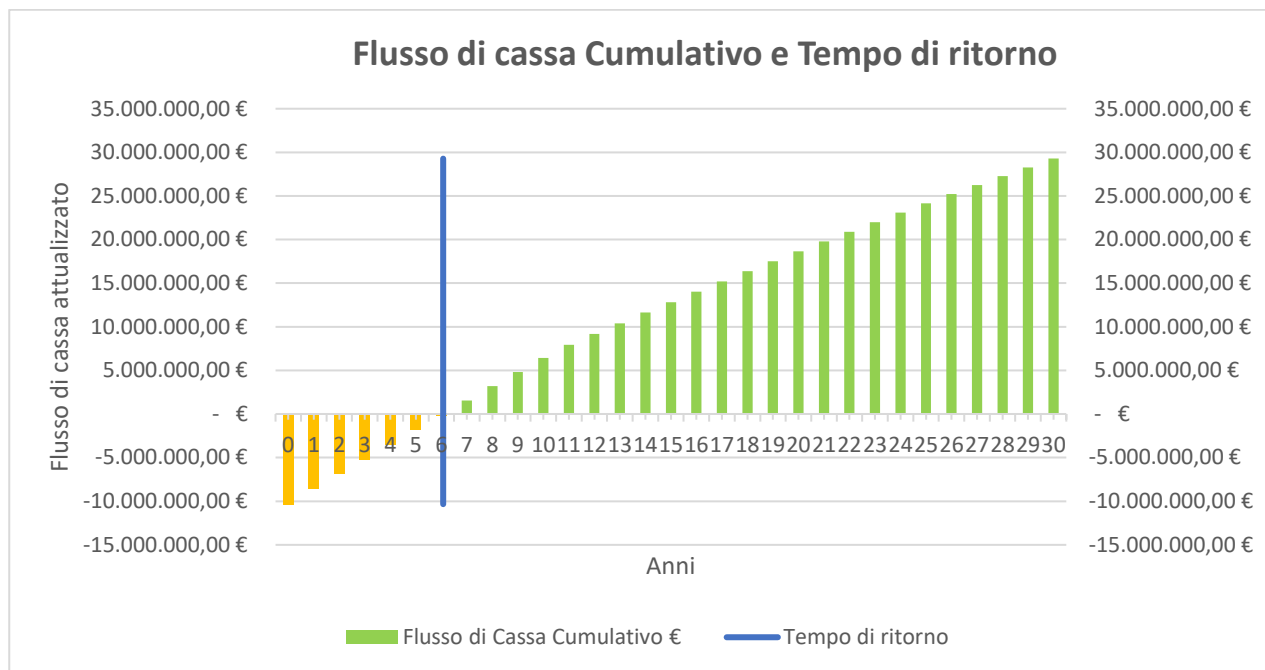


FIGURA 7 – FLUSSI DI CASSA CUMULATI (GIALLI NEGATIVI, VERDI POSITIVI) E TEMPO DI RITORNO DELL'INVESTIMENTO

TABELLA 6 – RISULTATI ANALISI FINANZIARIA

<b>VANF</b>	9.584.253,77 €
<b>LCOE</b>	32,3 €/MWh
<b>TIRF</b>	15,07%
<b>TEMPO DI RITORNO</b>	6,07

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 6 anni, 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

INPUT	-10%	-5%	0%	+5%	+10%
<b>Prezzo PPA</b>	58,50 €	61,75 €	65,00 €	68,25 €	71,50 €
<b>Costo impianto</b>	7.145.977,94 €	7.542.976,71 €	7.939.975,49 €	8.336.974,26 €	8.733.973,04 €
<b>Inflazione</b>	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%	
<b>Costo impianto</b>	7.145.977,94 €	-10%	9.301.163,40 €	9.792.431,84 €	10.283.700,27 €	10.774.968,71 €	11.266.237,14 €
	7.542.976,71 €	-5%	8.951.440,15 €	9.442.708,59 €	9.933.977,02 €	10.425.245,46 €	10.916.513,89 €
	7.939.975,49 €	0%	8.601.716,90 €	9.092.985,34 €	<b>9.584.253,77 €</b>	10.075.522,21 €	10.566.790,64 €
	8.336.974,26 €	+5%	8.251.993,65 €	8.743.262,09 €	9.234.530,52 €	9.725.798,96 €	10.217.067,39 €
	8.733.973,04 €	+10%	7.902.270,40 €	8.393.538,84 €	8.884.807,27 €	9.376.075,71 €	9.867.344,14 €
<b>Con costo impianto costante pari a</b>		<b>7.939.975,49 €</b>	Var percentuale		17,55%		
		Prezzo PPA					
		58,50 €	61,75 €	65,00 €	68,25 €	71,50 €	
		-10%	-5%	0%	+5%	+10%	
<b>Inflazione</b>	2,70%	-10%	8.680.858,77 €	9.172.127,21 €	9.663.395,64 €	10.154.664,07 €	10.645.932,51 €
	2,85%	-5%	8.641.782,21 €	9.133.050,65 €	9.624.319,08 €	10.115.587,52 €	10.606.855,95 €
	3,00%	0%	8.601.716,90 €	9.092.985,34 €	<b>9.584.253,77 €</b>	10.075.522,21 €	10.566.790,64 €
	3,15%	+5%	8.560.634,70 €	9.051.903,14 €	9.543.171,57 €	10.034.440,01 €	10.525.708,44 €
	3,30%	+10%	8.518.506,62 €	9.009.775,05 €	9.501.043,49 €	9.992.311,92 €	10.483.580,36 €
			Var percentuale		11,12%		
Con PPA costante pari a		65,00 €					
		Costo impianto					
		7.145.977,94 €	7.542.976,71 €	7.939.975,49 €	8.336.974,26 €	8.733.973,04 €	
		-10%	-5%	0%	+5%	+10%	
<b>Inflazione</b>	2,70%	-10%	10.362.842,14 €	10.013.118,89 €	9.663.395,64 €	9.313.672,39 €	8.963.949,14 €
	2,85%	-5%	10.323.765,58 €	9.974.042,33 €	9.624.319,08 €	9.274.595,83 €	8.924.872,58 €
	3,00%	0%	10.283.700,27 €	9.933.977,02 €	<b>9.584.253,77 €</b>	9.234.530,52 €	8.884.807,27 €
	3,15%	+5%	10.242.618,07 €	9.892.894,82 €	9.543.171,57 €	9.193.448,32 €	8.843.725,07 €
	3,30%	+10%	10.200.489,99 €	9.850.766,74 €	9.501.043,49 €	9.151.320,24 €	8.801.596,99 €
			Var percentuale		8,17%		

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 17,55% e 11,12%.

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

## 4.2 TIR – Analisi dei risultati

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

INPUT	-10%	-5%	0%	+5%	+10%
<b>Prezzo PPA</b>	58,50 €	61,75 €	65,00 €	68,25 €	71,50 €
<b>Costo impianto</b>	7.145.977,94 €	7.542.976,71 €	7.939.975,49 €	8.336.974,26 €	8.733.973,04 €
<b>Inflazione</b>	2,70%	2,85%	3,00%	3,15%	3,30%

Con Inflazione costante pari a		3,00%					
		<b>Prezzo PPA</b>					
		58,50 €	61,75 €	65,00 €	68,25 €	71,50 €	
		-10%	-5%	0%	+5%	+10%	
<b>Costo impianto</b>	7.145.977,94 €	-10%	15,17%	15,79%	16,42%	17,06%	17,72%
	7.542.976,71 €	-5%	14,53%	15,12%	15,72%	16,34%	16,96%
	7.939.975,49 €	0%	13,93%	14,50%	15,07%	15,66%	16,26%
	8.336.974,26 €	+5%	13,38%	13,92%	14,47%	15,03%	15,60%
	8.733.973,04 €	+10%	12,86%	13,38%	13,90%	14,44%	14,99%
<b>Con costo impianto costante pari a</b>		7.939.975,49 €		Var percentuale		14,72%	
		<b>Prezzo PPA</b>					
		58,50 €	61,75 €	65,00 €	68,25 €	71,50 €	
		-10%	-5%	0%	+5%	+10%	
<b>Inflazione</b>	2,70%	-10%	13,97%	14,53%	15,11%	15,69%	16,29%
	2,85%	-5%	13,95%	14,52%	15,09%	15,68%	16,27%
	3,00%	0%	13,93%	14,50%	15,07%	15,66%	16,26%
	3,15%	+5%	13,91%	14,48%	15,06%	15,64%	16,24%
	3,30%	+10%	13,89%	14,46%	15,04%	15,63%	16,22%
		Var percentuale		7,83%			
<b>Con PPA costante pari a</b>		65,00 €					
		<b>Costo impianto</b>					
		7.145.977,94 €	7.542.976,71 €	7.939.975,49 €	8.336.974,26 €	8.733.973,04 €	
		-10%	-5%	0%	+5%	+10%	
<b>Inflazione</b>	2,70%	-10%	16,45%	15,76%	15,11%	14,50%	13,94%
	2,85%	-5%	16,44%	15,74%	15,09%	14,49%	13,92%
	3,00%	0%	16,42%	15,72%	15,07%	14,47%	13,90%
	3,15%	+5%	16,40%	15,71%	15,06%	14,45%	13,89%
	3,30%	+10%	16,39%	15,69%	15,04%	14,43%	13,87%
		Var percentuale		8,00%			

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 risulti 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 dl 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 **36,67 ha**, mentre la superficie effettivamente impermeabilizzata o semi impermeabilizzata utilizzata per strade, cabine elettriche, vasche trasformatori è complessivamente pari a **2,41 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, 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 incrementalmente 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

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

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, 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 2,88 ha otteniamo il costo esterno relativo al mancato servizio di stoccaggio e sequestro di carbonio:

$$11.182,5 \text{ €/ha} \times 2,41 \text{ ha} = 26.949,83 \text{ €/anno}$$

#### 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 ecobiologici, 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, 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:

$$607,31 \text{ €/ha} \times 2,41 \text{ ha} = 1.463,62 \text{ €/anno}$$

### 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 Sardegna<sup>4</sup>**.

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 **Produzioni Standard**.

*STATO ANTE INTERVENTO*

TABELLA 9 – CALCOLO DELLA PST ANTE RELATIVA ALL'AREA DI PROGETTO DERIVANTE DALL'ANALISI DEI FASCICOLI AZIENDALI

Regione_P.A.	COD_PRODUCT	Rubrica_RICA	Descrizione_Rubrica	SOC_EUR	UM	Sup. coltivata [ha]	Prod. Parziale
--------------	-------------	--------------	---------------------	---------	----	---------------------	----------------

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

Sardegna	J2000T	F02	Pascoli magri	132,44 €	EUR_per_ha	41,2	5.456,53 €
<b>Produzione Standard pre intervento</b>							<b>5.456,53 €</b>

### STATO POST-INTERVENTO

TABELLA 10 – CALCOLO DELLA PST POST INTERVENTO RELATIVA ALL'AREA DI PROGETTO

Regione_P.A.	COD_PRODU CT	Rubrica_ RICA	Descrizione_Rubrica	SOC_EUR	UM	Sup. coltivata [ha]	Prod. Parziale
Sardegna	J1000T	F01	Prati permanenti e pascoli	360,00 €	EUR_per_ha	33	11.880,00 €
Sardegna	O1910T	G03B	Oliveti - per olive da olio (olio)	1.548,36 €	EUR_per_ha	2,27	3.514,78 €
<b>Produzione Standard post intervento</b>							<b>15.394,78 €</b>

Dai valori sopra riportati è possibile evincere un incremento percentuale dell'indice relativo alla Produzione Standard PS del **182%** circa, ovvero **9.938,25 €/anno**.

#### 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 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 €/Km<sup>2</sup> (2009), già utilizzato nelle precedenti edizioni (ISPRA, 2018 p. 17-19) Questi valori, espressi in €/km<sup>2</sup>, vengono convertiti in €/ha dividendoli per 100 (1 km<sup>2</sup> = 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 e di essenze mellifere nel mix di sementi previsti nel prato stabile di leguminose. In relazione all'inserimento delle specie vegetali mellifere si può supporre che, con la realizzazione del progetto, il valore del servizio ecosistemico considerato rimanga invariato (240,43 €/ha).

Considerando una perdita di suolo pari a 2,41 ha, che corrisponde alla superficie sottratta alla produzione agricola a causa della presenza di aree impermeabilizzate o semi-impermeabilizzate, si può considerare una perdita di valore economico legato all'impollinazione per il cui calcolo si considera cautelativamente il valore massimo di valorizzazione economica:

$$240,43 \text{ €/ha} \times 2,41 \text{ ha} = 579,44 \text{ € per anno.}$$

#### 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  $-5,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  (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  $-6^{\circ}\text{C}$ ). 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.

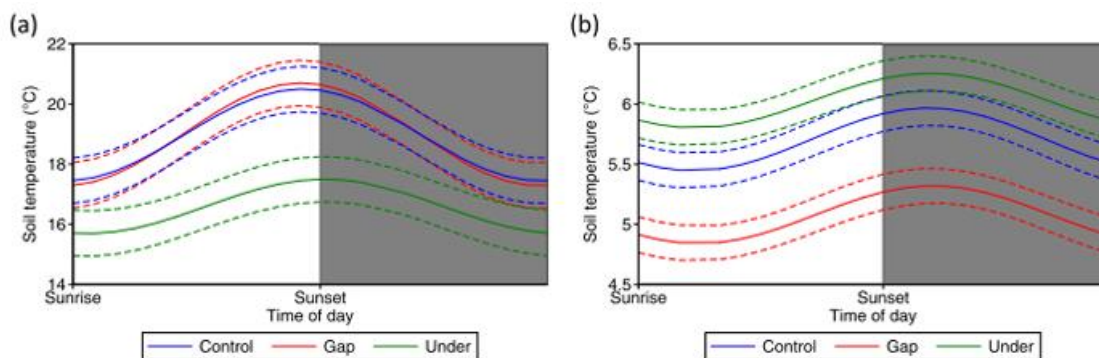


FIGURA 10 – TEMPERATURA DEL SUOLO DURANTE IL PERIODO ESTIVO (A) E INVERNALE (B)

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

Anche la temperatura dell'aria nelle aree vuote era significativamente più fresca (fino a  $2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) 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 Agrovoltai.

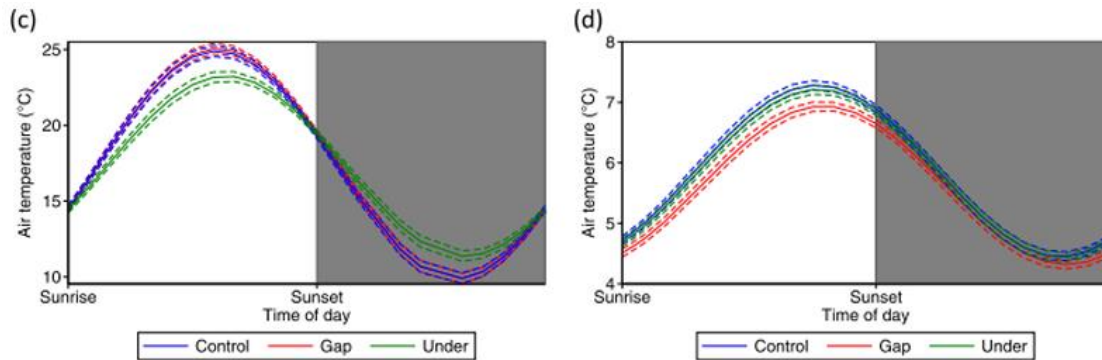


FIGURA 11 – TEMPERATURA DEL SUOLO DURANTE IL PERIODO ESTIVO (C) E INVERNALE (D)

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/suolo evidenziati avranno, inoltre, sicuramente degli impatti diretti e indiretti sui processi pianta/suolo 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 41,94 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 (PM<sub>10</sub>) e ozono troposferico (O<sub>3</sub>), 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 O<sub>3</sub> e di adsorbimento di PM<sub>10</sub>.

#### 5.1.6.1 VALUTAZIONE ECONOMICA

La valutazione monetaria considera i valori di esternalità (costo per tonnellata) dell'inquinamento da PM<sub>10</sub> e da O<sub>3</sub>. 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 PM<sub>10</sub> e tra i 234,9 e 693,7 €/ha per O<sub>3</sub> (ISPRA, 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 2,41 ha = 686,85 €/anno per il PM<sub>10</sub>

235 €/ha anno x 2,41 ha = 566,35 €/anno per l'O<sub>3</sub>

**Complessivamente 1.253,20 €/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 km<sup>2</sup>, 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, 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, dalle strade interne e dalle piazzole. Nel complesso l'area può essere considerata semi-impermeabilizzata per una superficie pari a 2,41 ha.

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

$$1.050 \text{ €/ha per anno} \times 2,41 \text{ ha} = 2.530,50 \text{ €/anno}$$

#### 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  $\Delta V$  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 €/m<sup>3</sup>/anno. Tali valori attualizzati ad aprile 2023 determinano valori compresi tra **8,75 e 10,20 €/m<sup>3</sup> per anno** (coefficiente di rivalutazione ISTAT pari a 1,167) (ISPRA, 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 650 e 750 mm (fonte Climatologia della Sardegna per il trentennio 1981-2010 - ARPAS, ISPRA 2020), abbiamo i seguenti valori riportati all'unità di superficie.

$$650 \text{ mm} \times 10.000 \text{ m}^2 = 0,65 \text{ m} \times 10.000 \text{ m}^2 = 6.500 \text{ m}^3$$

$$750 \text{ mm} \times 10.000 \text{ m}^2 = 0,75 \text{ m} \times 10.000 \text{ m}^2 = 7.500 \text{ m}^3$$

Ovvero su un ettaro di terreno nelle aree di progetto "piovono" ogni anno 6.500-7.500 m<sup>3</sup> 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 4.550-5.250 m<sup>3</sup>.

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 2,41 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 €/m<sup>3</sup>. Il costo esterno correlato alla perdita di servizio ecosistemico capacità di infiltrazione del terreno per l'impianto in progetto è pertanto pari a:

$$5.250 \text{ m}^3/\text{ha per anno} \times 2,41 \text{ ha} \times 8,75 \text{ €/m}^3 = 110.709,38 \text{ €/anno}$$

#### 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 m<sup>3</sup> 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, 2018 p. 32-35)

Per il *Rapporto 2018* la valutazione economica al 2015 è compresa tra 0,03-0,07 €/m<sup>3</sup>, attualizzati ad aprile 2023 a 0,04 - 0,08 €/m<sup>3</sup> (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 550 e 650 mm (fonte Climatologia della Sardegna per il trentennio 1981-2010 - ARPAS, ISPRA 2020), abbiamo i seguenti valori riportati all'unità di superficie.

$$650 \text{ mm} \times 10.000 \text{ m}^2 = 0,65 \text{ m} \times 10.000 \text{ m}^2 = 6.500 \text{ m}^3$$

$$750 \text{ mm} \times 10.000 \text{ m}^2 = 0,75 \text{ m} \times 10.000 \text{ m}^2 = 7.500 \text{ m}^3$$

Ovvero su un ettaro di terreno nelle aree di progetto "piovono" ogni anno 6.500-7.500 m<sup>3</sup> 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 4.550-5.250 m<sup>3</sup>.

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 €/m<sup>3</sup>). Pertanto, avremo:

$$5.250 \text{ m}^3/\text{ha per anno} \times 2,41 \text{ ha} \times 0,06 \text{ €/m}^3 = 759,15 \text{ €/anno}$$

### 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 regolare 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, 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:

$$3.000 \text{ €/ha per anno} \times 2,41 \text{ ha} = 7.230,00 \text{ €/anno}$$

## 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, et al., 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.

<b>WTP ITALIA 2009 (€/ha)</b>					
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**

<b>WTP ITALIA RIVALUTATO 2023 (€/ha)</b>					
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:

$$429,31 \text{ €/ha per anno} \times 41,94 \text{ ha} = 18.005,26 \text{ €/anno}$$

### 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) I Comuni di Macomer e Borore, 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:

$$41,94 \text{ ha} \times 2.000,00 \text{ €/ha} = 83.880,00 \text{ €/anno}$$

- 2) I proprietari dei terreni percepiranno mediamente 2.800,00 € per ogni ettaro occupato dall'impianto per la cessione del diritto di superficie, e quindi:

$$41,94 \text{ ha} \times 2.800,00 \text{ €/ha} = 117.432,00 \text{ €/anno}$$

- 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:

$$20 \text{ MWp} \times 1.600,00 \text{ €/MWp} = 32.000,00 \text{ €/anno}$$

- 4) Per quanto concerne i costi di costruzione dell'impianto e delle relative opere di connessione si stima un costo di 508.623,77 €/MWp. Considerando, ancora in maniera conservativa, che il 20% (101.724,75 €/MWp) sia appannaggio di imprese locali, risulta complessivamente un introito di:

$$20 \text{ MWp} \times 101.724,75 \text{ €/MWp} = 2.034.495,10 \text{ €}$$

Tale importo viene allocato al cosiddetto anno zero, ovvero prima che l'impianto entri in esercizio.

- 5) Emissioni di CO2 evitate per la generazione di energia elettrica, grazie alla costruzione dell'impianto agrivoltaico, per maggiori dettagli fare riferimento al capitolo successivo.
- 6) Incremento della produzione agricola dovuta alla realizzazione dell'impianto agrivoltaico rispetto alle condizioni ante operam, come riscontrabile in Tabella 1:

$$15.394,78 \text{ €/anno} - 5.456,53 \text{ €/anno} = 9.938,25 \text{ €/anno}$$

In definitiva risulta la seguente quantificazione **prudenziale** dei benefici locali

TABELLA 12 – RIASSUNTO ESTERNALITÀ POSITIVE IMPIANTO AGRIVOLTAICO

Esternalità positive ("ricavi")	Flusso di cassa annuale	Valore specifico	UdM
	€/anno		
1. IMU	83.880,00 €	2.000,00 €	€/ha
2. DDS	117.432,00 €	2.800,00 €	€/ha
3. O&M	32.000,00 €	1.600,00 €	€/MWp
4. Costi investimento aziende locali *	2.034.495,10 €	101.724,75 €	€/MWp
5. Mancate emissioni CO <sub>2</sub>	1.279.774,14 €	Vedi sotto	
6. Incremento produzione agricola	9.938,25 €		

\* N.B. Solo Anno 0

## 5.4 Emissioni evitate

Per quanto riguarda le emissioni di CO<sub>2</sub> 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 kgCO<sub>2</sub>/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 CO<sub>2</sub> considerato è pari a 80,87 €/ton. (fonte prezzo CO<sub>2</sub> <https://www.sendeco2.com/it/prezzi-co2>).

Anno	Energia generata	CO <sub>2</sub> risparmiata	Valore CO <sub>2</sub>
	MWh/anno	Ton/anno	80,87 €/ton
0	0	0	0,00 €
1	38727	17253	1.395.240,28 €
2	37952	16908	1.367.335,48 €
3	37763	16823	1.360.498,80 €
4	37574	16739	1.353.696,31 €
5	37386	16655	1.346.927,83 €
6	37199	16572	1.340.193,19 €
7	37013	16489	1.333.492,22 €
8	36828	16407	1.326.824,76 €

9	36644	16325	1.320.190,64 €
10	36461	16243	1.313.589,68 €
11	36278	16162	1.307.021,73 €
12	36097	16081	1.300.486,63 €
13	35916	16001	1.293.984,19 €
14	35737	15921	1.287.514,27 €
15	35558	15841	1.281.076,70 €
16	35380	15762	1.274.671,32 €
17	35204	15683	1.268.297,96 €
18	35028	15605	1.261.956,47 €
19	34852	15527	1.255.646,69 €
20	34678	15449	1.249.368,45 €
21	34505	15372	1.243.121,61 €
22	34332	15295	1.236.906,00 €
23	34161	15219	1.230.721,47 €
24	33990	15142	1.224.567,87 €
25	33820	15067	1.218.445,03 €
26	33651	14991	1.212.352,80 €
27	33482	14916	1.206.291,04 €
28	33315	14842	1.200.259,58 €
29	33148	14768	1.194.258,29 €
30	32983	14694	1.188.286,99 €
<b>Totale</b>	<b>1.065.662 MWh</b>	<b>474.752 ton CO<sub>2</sub></b>	

TABELLA 13 – EMISSIONI CO<sub>2</sub> 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.

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	26.949,83 €	11.182,50 €
2. Qualità degli habitat	1.463,62 €	607,31 €
3. Produzione di legname	- €	- €
4. Impollinazione	579,44 €	240,43 €
5. Regolazione del microclima	- €	- €
6. Rimozione particolato ed ozono	1.253,20 €	520,00 €
7. Protezione dall'erosione	2.530,50 €	1.050,00 €
8. Disponibilità di acqua	110.709,38 €	45.937,50 €
9. Regolazione del regime idrologico	759,15 €	315,00 €
10. Purificazione dell'acqua	7.230,00 €	3.000,00 €
11. WTP	18.005,26 €	429,31 €
<b>TOTALE</b>	<b>169.480,36 €</b>	<b>63.282,05 €</b>

Mentre di seguito si riportano tutte le esternalità positive legate al progetto.

TABELLA 15 – ELENCO ESTERNALITÀ POSITIVE – VALORIZZAZIONE ECONOMICA

Esternalità positive ("RICAVI")	Flusso di cassa annuale	Valore specifico	UdM
	€/anno		
1. IMU	83.880,00 €	2.000,00 €	€/ha
2. DDS	117.432,00 €	2.800,00 €	€/ha
3. O&M	32.000,00 €	1.600,00 €	€/MWp
4. Costi investimento aziende locali *	2.034.495,10 €	101.724,75 €	€/MWp
5. Mancate emissioni CO2	1.279.774,14 €	Media sui 30 anni	
6. Incremento produzione agricola	9.938,25 €		
<b>TOTALE</b>	<b>3.557.519,49 €</b>		

\* N.B. Solo Anno 0

## 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 CO<sub>2</sub> 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 MWh	CO <sub>2</sub> risparmiata ton	Esternalità positive ("RICAVI") €	Esternalità negative ("COSTI") €	Flusso di cassa €	Flusso di cassa cumulato €
0	0	0	2.034.495,10 €	169.480,36 €	1.865.014,73 €	1.865.014,73 €
1	38727	17253	1.638.490,53 €	174.564,78 €	1.463.925,76 €	3.328.940,49 €
2	37952	16908	1.614.360,28 €	179.801,72 €	1.434.558,56 €	4.763.499,05 €
3	37763	16823	1.611.411,38 €	185.195,77 €	1.426.215,61 €	6.189.714,66 €
4	37574	16739	1.608.613,31 €	190.751,64 €	1.417.861,66 €	7.607.576,32 €
5	37386	16655	1.605.969,37 €	196.474,19 €	1.409.495,18 €	9.017.071,50 €
6	37199	16572	1.603.483,02 €	202.368,42 €	1.401.114,60 €	10.418.186,11 €
7	37013	16489	1.601.157,79 €	208.439,47 €	1.392.718,32 €	11.810.904,43 €
8	36828	16407	1.598.997,34 €	214.692,66 €	1.384.304,68 €	13.195.209,11 €
9	36644	16325	1.597.005,43 €	221.133,44 €	1.375.872,00 €	14.571.081,10 €
10	36461	16243	1.595.185,96 €	227.767,44 €	1.367.418,52 €	15.938.499,63 €
11	36278	16162	1.593.542,94 €	234.600,46 €	1.358.942,48 €	17.297.442,11 €
12	36097	16081	1.592.080,51 €	241.638,48 €	1.350.442,03 €	18.647.884,14 €
13	35916	16001	1.590.802,93 €	248.887,63 €	1.341.915,30 €	19.989.799,44 €
14	35737	15921	1.589.714,61 €	256.354,26 €	1.333.360,35 €	21.323.159,80 €
15	35558	15841	1.588.820,09 €	264.044,89 €	1.324.775,21 €	22.647.935,00 €
16	35380	15762	1.588.124,05 €	271.966,23 €	1.316.157,82 €	23.964.092,82 €

17	35204	15683	1.587.631,32 €	280.125,22 €	1.307.506,10 €	25.271.598,92 €
18	35028	15605	1.587.346,87 €	288.528,98 €	1.298.817,89 €	26.570.416,81 €
19	34852	15527	1.587.275,84 €	297.184,85 €	1.290.090,99 €	27.860.507,80 €
20	34678	15449	1.587.423,52 €	306.100,39 €	1.281.323,13 €	29.141.830,92 €
21	34505	15372	1.587.795,37 €	315.283,40 €	1.272.511,96 €	30.414.342,89 €
22	34332	15295	1.588.397,01 €	324.741,90 €	1.263.655,11 €	31.677.998,00 €
23	34161	15219	1.589.234,25 €	334.484,16 €	1.254.750,09 €	32.932.748,09 €
24	33990	15142	1.590.313,07 €	344.518,69 €	1.245.794,38 €	34.178.542,47 €
25	33820	15067	1.591.639,62 €	354.854,25 €	1.236.785,38 €	35.415.327,84 €
26	33651	14991	1.593.220,28 €	365.499,87 €	1.227.720,40 €	36.643.048,25 €
27	33482	14916	1.595.061,58 €	376.464,87 €	1.218.596,71 €	37.861.644,95 €
28	33315	14842	1.597.170,28 €	387.758,82 €	1.209.411,46 €	39.071.056,41 €
29	33148	14768	1.599.553,34 €	399.391,58 €	1.200.161,76 €	40.271.218,17 €
30	32983	14694	1.602.217,94 €	411.373,33 €	1.190.844,61 €	41.462.062,79 €
	1.065.661 MWh	474.752 ton CO <sub>2</sub>				

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.

<b>VANE</b>
20.537.686,54 €

Il **VANE** risultante dal flusso di cassa economico appena presentato risulta essere pari a **20.537.686,54 €**, valore ampiamente positivo che giustifica anche dal punto di vista della comunità locale l'intervento proposto.

Non è invece possibile, né utile, calcolare il **TIRE** perché l'investimento genera flussi di cassa positivi per la collettività già all'anno 0, di conseguenza non è possibile computare questo parametro economico in quanto **non sono presenti flussi negativi dal punto di vista socio-economico** da cui rientrare. Infatti, gli impatti negativi generati dall'investimento sui servizi ecosistemici o sul consumo di suolo, per esempio, vengono compensati e superati dalle esternalità positive legate al progetto.

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

## 7. INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 – Storymap di Enerland .....	5
Figura 2 – Inquadramento area di intervento su ortofoto - Estratto elaborato MAC2-PDT01 .....	6
Figura 3 – Inquadramento area di intervento su CTR – Estratto elaborato MAC2-PDT02 .....	7
Figura 4 – Fasi di valutazione di un progetto .....	19
Figura 5 – Struttura dell'analisi finanziaria .....	20
Figura 6 – Diagramma dei flussi di cassa cumulati e produzione energetica annuale.....	29
Figura 7 – Flussi di cassa cumulati (gialli negativi, verdi positivi) e tempo di ritorno dell'investimento	30
Figura 8 – Analisi di sensitività su VAN investimento .....	32
Figura 9 – Analisi di sensitività su TIR investimento .....	33
Figura 10 – Temperatura del suolo durante il periodo estivo (A) e invernale (B) .....	43
Figura 11 – Temperatura del suolo durante il periodo estivo (C) e invernale (d) .....	44



## 8. INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 – Tabella di sintesi dei requisiti richiesti dalle Linee guida MiTE 2022 .....	11
Tabella 2 – Parametri finanziari .....	25
Tabella 3 – Parametri fiscali .....	27
Tabella 4 – Parametri di base dell'analisi finanziaria .....	27
Tabella 5 – Riassunto dati progettuali, costi e ricavi .....	28
Tabella 6 – Risultati analisi finanziaria .....	30
Tabella 7 – Valori di contenuto di carbonio per classe d'uso del suolo (SALLUSTIO ET AL. 2015) ...	36
Tabella 8 – Valori economici per tipologia di Habitat (ISPRA 2018).....	39
Tabella 9 – Calcolo della pst ante relativa all'area di progetto derivante dall'analisi dei fascicoli aziendali .....	40
Tabella 10 – Calcolo della PST Post intervento relativa all'area di progetto .....	41
Tabella 11 – Valore di prati, colture permanenti e terreni arabili (€/ha/anno) al 2009 .....	53
Tabella 12 – Riassunto esternalità positive impianto agrivoltaico .....	56
Tabella 13 – Emissioni CO <sub>2</sub> evitate e valorizzazione economica .....	57
Tabella 14 – Elenco mancati servizi ecosistemici – valorizzazione economica .....	58
Tabella 15 – Elenco esternalità positive – Valorizzazione economica .....	58
Tabella 16 – Analisi flussi economici esternalità positive e negative e valori cumulati.....	59

## 9. BIBLIOGRAFIA

ASSESSORATO REGIONALE DELLA SALUTE, Dip. Attività Sanitarie ed Osservatorio Epidemiolo e Serv. 9 - Sorveglianza ed Epidemiologia Valutativa. 2022. Analisi del contesto demografico e profilo di salute della popolazione siciliana. Palermo : s.n., dicembre 2022.

Autorità di Bacino Distretto Idrografico Sicilia. 2021. Piano di Gestione del Distretto Idrografico della Sicilia - 3° Ciclo di pianificazione (2021-2027). *Relazione Generale*. Palermo : s.n., dicembre 2021.

Autorità di Regolazione Energia Reti e Ambiente. 2008. Delibera EEN 03/08. *arera.it*. [Online] 1 aprile 2008. <https://www.arera.it/it/docs/08/003-08een.htm#>.

Ciaian, Pavel e Gomez y Paloma, Sergio. 2011. The Value of EU Agricultural Landscape. s.l., Lussemburgo : Publications Office of the European Union, 19 luglio 2011.

GSE, Gestore Servizi Energetici. 2022. ATLAIMPIANTI GSE. GSE. [Online] 2022. [https://atla.gse.it/atlaimpianti/project/Atlaimpianti\\_Internet.html](https://atla.gse.it/atlaimpianti/project/Atlaimpianti_Internet.html).

*Guida all'analisi costi-benefici dei progetti d'investimento - Strumento di valutazione economica per la politica di coesione 2014-2020*. Commissione Europea e Direzione generale di Politica regionale e urbana. 2014. Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2014. p. 9-84, 265-297.

ISPRA. 2020. Fattori di emissione atmosferica di gas a effetto serra nel settore elettrico nazionale e nei principali Paesi Europei. *Rapporti 317/2020*. Roma : Ispra, 2020. Vol. 317/2020, p. 29. 978-88-448-0992-8.

—. 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*. Roma : ISPRA edizioni, 2009. 48/2009. ISBN 978-88-448-0381-0.

—. 2018. Mappatura e valutazione dell'impatto del consumo di suolo sui servizi ecosistemici: proposte metodologiche per il Rapporto sul consumo di suolo. 2018.

ISPRAmbiente. 2019. *Fattori di emissione atmosferica di gas a effetto serra nel settore elettrico nazionale e nei principali Paesi Europei*. Roma : Editore, 2019. p. 29.

—. 2019. *Fattori di emissione atmosferica di gas a effetto serra nel settore elettrico nazionale e nei principali Paesi Europei*. Roma : Editore, 2019. p. 29.

Ministero della Transizione Ecologica e Dipartimento per l'Energia. 2022. *Linee guida in materia di Impianti Agrivoltaici*. Roma : s.n., 2022.

MITE, Dipartimento per l'Energia. giu 2022. *Linee guida in materia di Impianti Agrivoltaici*. Roma : s.n., giu 2022.

Regione Sicilia e ARPA Sicilia. 2018. Piano Regionale di Coordinamento per la Tutela della Qualità dell'Aria in Sicilia. Palermo : s.n., luglio 2018.

Regione Siciliana e Università degli Studi di Palermo SEBICEF. 2013. Piano Faunistico Venatorio della Regione Siciliana 2013-2018. [red.] Mario Lo Valvo. s.l. : Assessorato Regionale per le Risorse Agricole e Alimentari, 2013.

RICA e CREA. 2017. RICA - Produzione Standard (PS). *Produzione Standard della Regione Siciliana*. [Online] 2017. <https://rica.crea.gov.it/produzioni-standard-ps-210.php>.

SNPA. 2022. Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici. Edizione 2022. *Report SNPA 32 | 2022*. s.l. : ISPRA, luglio 2022. Vol. 32/2022.

*Solar park microclimate and vegetation management effects on grassland carbon cycling*. Armstrong, Alona, Ostle, Nicholas J. e Whitaker, Jeanette. 2016. 7, s.l. : IOP Publishing Ltd, 13 luglio 2016, Environmental Research Letters, Vol. 11.

vvi.regione.sicilia.it. 2022. *vvi.regione.sicilia.it*. [Online] 2022. [Riportato: ] <https://vvi.regione.sicilia.it/map/viavas-oggetti.html?id=919>.

WHO, WMO e UNEP. 2003. Climate Change and Human Health - Risks and Responses. s.l. : World Health Organization, 2003.

**ALLEGATO FOTOGRAFICO BOTANICO  
FAUNISTICA**

**Realizzazione di un Parco Agrivoltaico Avanzato  
di potenza nominale pari a 20 MWp  
denominato "MACOMER 2"  
sito nei Comuni di Macomer e Borore (NU)**

**Località "Fustinaga"**

PROPONENTE:



Energia Pulita Italiana 8 s.r.l.

Rev00	Integrazione documentale	Data ultima elaborazione: 28/07/2023
Redatto		Approvato
Dott. Biol. A.E.M. Cardaci		ENERLAND ITALIA s.r.l.
Codice Elaborato		Oggetto
MAC2-IAR07-R1		STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

TEAM ENERLAND:

Dott. Agr. Patrick VASTA  
Ing. Annamaria PALMISANO  
Dott.ssa Ilaria CASTAGNETTI



Ing. Emanuele CANTERINO  
Dott. Claudio BERTOLLO  
Dott. Guglielmo QUADRIO





FIGURA 1: VISTA DEL LOTTO DI PROGETTO EST E CONO OTTICO DI INQUADRAMENTO (IN GIALLO).





FIGURA 2: PIANTA DI ASFODELO (LOTTO EST).





FIGURA 3: MUSCHI, ORGANISMI APPARTENENTI AL PHYLUM BRYOPHYTA (LOTTO EST).



FIGURA 4: *QUERCUS SUBER* (LOTTO EST).





FIGURA 5: IL BIANCOSPINO, *CRATAEGUS MONOGYNA* (LOTTO EST).



FIGURA 6: UN LICHENE PRESENTE SU SUBSTRATO ROCCIOSO (LOTTO EST).





FIGURA 7: *SMILAX ASPERA* (LOTTO EST).



FIGURA 8: PASCOLO IN ATTO DURANTE IL SOPRALLUOGO IN CAMPO (LOTTO EST)..





FIGURA 9: VISTA DEL LOTTO DI PROGETTO EST E CONO OTTICO DI INQUADRAMENTO (IN GIALLO).





FIGURA 10: *ACACIA DEALBATA* (LOTTO CENTRALE).



FIGURA 11: FILARE DI EUCALYPTUS ALL'INTERNO DEL LOTTO CENTRALE E CONO OTTICO DI INQUADRAMENTO (IN GIALLO).





FIGURA 12: CUMULO DI PIETRA PRESENTE NEL LOTTO CENTRALE.





FIGURA 13: CORNACCHIA GRIGIA, *CORVUS CORNIX* (LOTTO CENTRALE).



FIGURA 14: ALBERO DI *FICUS CARICA* (LOTTO CENTRALE).





FIGURA 15: VISTA DEL LOTTO OVEST E CONO OTTICO DI INQUADRAMENTO (IN GIALLO).

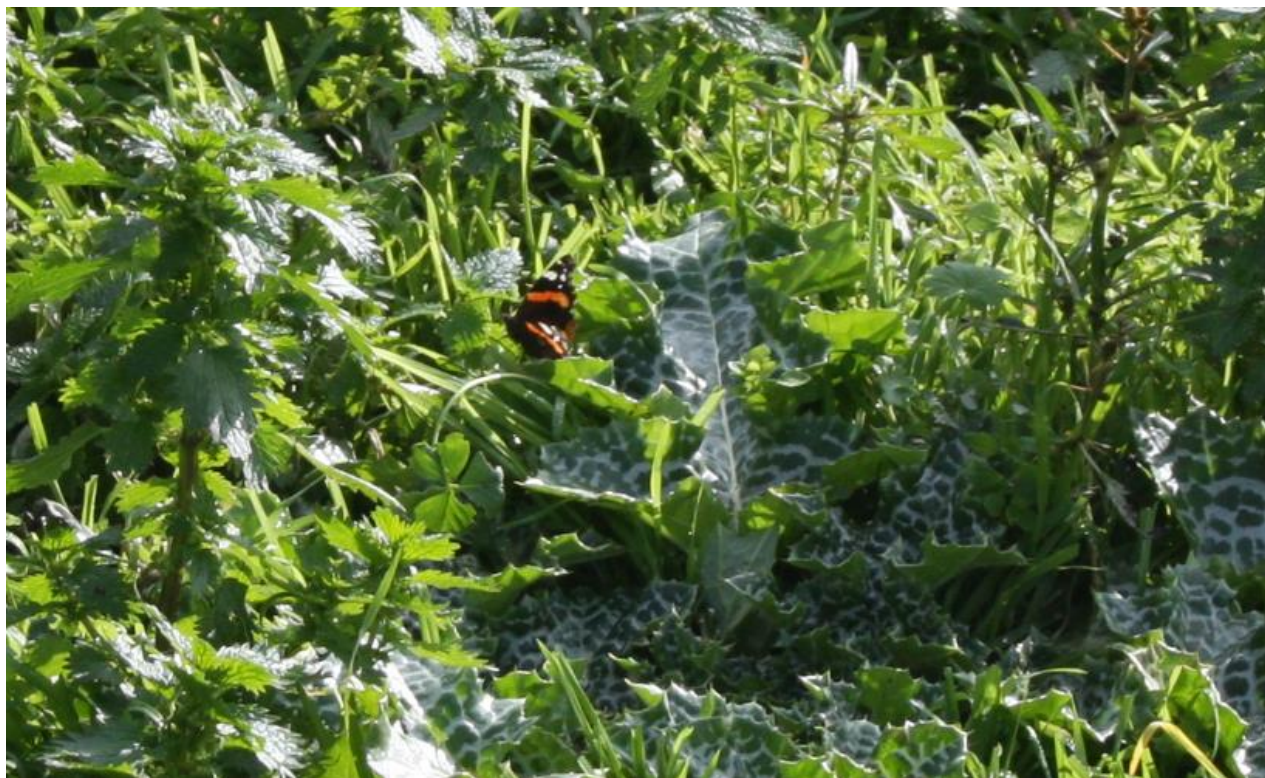


FIGURA 16: IL LEPIDOTTERO *VANESSA ATALANTA* (LOTTO OVEST).



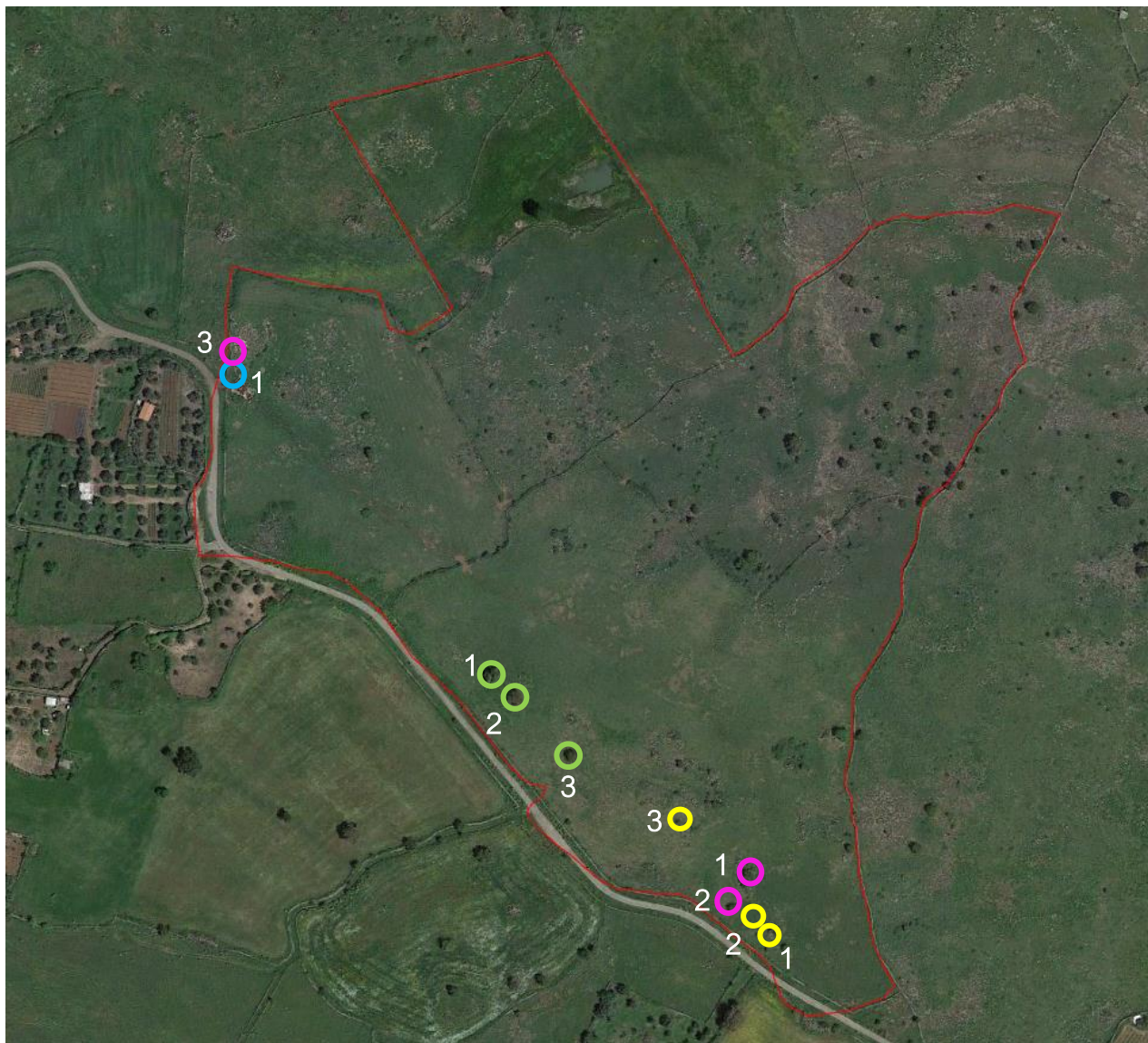
Di seguito verranno riportate le coordinate di localizzazione di alcuni degli alberi presenti nei lotti di progetto. La presenza dei muretti a secco sui quali si sono ampiamente sviluppate varie specie spontanee non ha consentito un facile accesso a tutte le aree di progetto, che peraltro al momento del rilievo in campo, risultavano occupate da ampi greggi di ovini in attività di pascolamento. Pertanto, durante il sopralluogo in campo, si è cercato di censire le specie nei punti e nei momenti che consentissero di effettuare tali rilievi in condizioni di sicurezza.







### LOTTO OVEST







Il lotto ovest si presenta caratterizzato da cumuli di pietra visibili dalle immagini satellitari. Sono presenti alcuni esemplari arborei ma l'impossibilità di entrare all'interno del lotto in questione non ha consentito un'identificazione precisa delle specie.

**LOTTO EST**

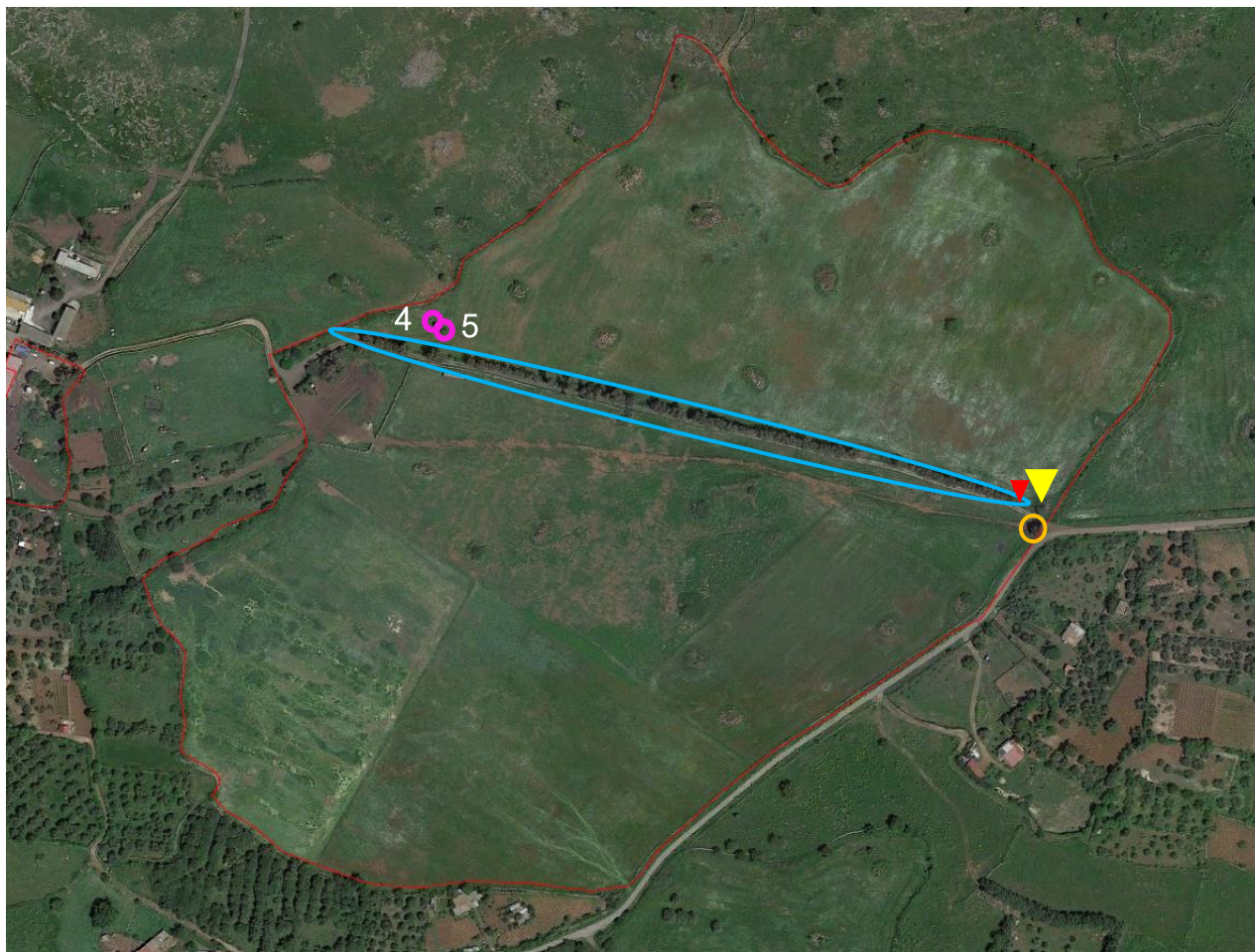








Legenda	Specie	Latitudine	Longitudine
 1	<i>Crataegus monogyna</i>	40°13'15.8N	8°46'19.3E
 2	<i>Crataegus monogyna</i>	40°13'16.1N	8°46'19.2E
 3	<i>Crataegus monogyna</i>	40°13'18.1N	8°46'17.4E
 1	<i>Quercus sp</i>	40°13'20.55"N	8°46'13.11"E
 2	<i>Quercus sp</i>	40°13'20.13"N	8°46'13.59"E
 3	<i>Quercus sp</i>	40°13'19.22"N	8°46'14.86"E

 1	<i>Pyrus spinosa</i>	40°13'25.8N	8°46'07.2E
 1	<i>Quercus suber</i>	40°13'16.9N	8°46'18.5E
 2	<i>Quercus suber</i>	40°13'16.62"N	8°46'18.52"E
 3	<i>Quercus suber</i>	40°13'26.1N	8°46'07.4E



## LOTTO CENTRALE



Legenda	Specie	Latitudine	Longitudine
	<i>Eucalyptus sp</i>	40°13'26.64"N	8°45'53.26"E
	<i>Eucalyptus sp</i>	Filare di individui collocato lungo la stradina interna al lotto	
	<i>Acacia dealbata</i>	40°13'26.92"N	8°45'53.41"E
	<i>Quercus ilex</i>	40°13'27.05"N	8°45'52.74"E
 4	<i>Quercus suber</i>	40°13'30.50"N	8°45'38.15"E
 5	<i>Quercus suber</i>	40°13'30.35"N	8°45'38.37"E