

**IMPIANTO AGRIVOLTAICO DENOMINATO "SOLAR ENERGY"
CON POTENZA NOMINALE DI 200 MVA
E POTENZA INSTALLATA DI 202,07 MWp**

**REGIONE PUGLIA
PROVINCIA di BRINDISI
COMUNI di BRINDISI E MESAGNE
OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN NEI COMUNI DI BRINDISI E MESAGNE**

PROGETTO DEFINITIVO

Tav.:	Titolo:
R01b	Analisi Costi Benefici

Scala:	Formato Stampa:	Codice Identificatore Elaborato
n.a.	A4	R01b_AnalisiCostiBenefici_01b

Progettazione:	Committente:
 Dott. Ing. Fabio CALCARELLA Studio Tecnico Calcarella Via Vito Mario Stampacchia, 48 - 73100 Lecce Mob. +39 340 9243575 fabio.calcarella@gmail.com - fabio.calcarella@ingpec.eu	SOLAR ENERGY & PARTNERS S.R.L. Indirizzo: Via Monte di Pietà, 19 - 20121 Milano (MI) P.IVA: 02257280749 - REA: MI - 2712139 PEC: solareenergypartners@gigapec.it
 	

Data	Motivo della revisione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:
Febbraio 2024	Prima emissione	STC	FC	SOLAR ENERGY & PARTNERS s.r.l.



Sommario

1. COSTI E BENEFICI	2
1.1. Premessa	2
1.2. Costo di produzione dell'energia da fonte fotovoltaica - LCOE	2
1.3. Costi Esterni.....	4
1.4. Benefici globali	6
1.5. Costi e Benefici locali.....	11
1.5.1. Investimenti compensativi a favore della Comunità Locale.....	12
1.5.2. Quantificazione monetaria dei Servizi Ecosistemici	15

1. COSTI E BENEFICI

1.1. Premessa

La realizzazione del progetto introduce una serie di benefici ambientali ed economici, che non possono essere in alcun modo trascurati nella sua valutazione.

Per considerare correttamente la convenienza derivante dalla realizzazione del progetto proposto, si riporta una comparazione dei principali e più rilevanti benefici / costi dell'intervento su due diverse scale di applicabilità:

- locale (considerando i flussi di benefici e *costi esterni* che si verificano localmente),
- globale.

1.2. Costo di produzione dell'energia da fonte fotovoltaica - LCOE

L'effettivo costo dell'energia prodotta con una determinata tecnologia, è dato dalla somma dei costi industriali e finanziari sostenuti per la generazione elettrica lungo l'intero arco di vita degli impianti (*LCOE Levelized COst of Electricity*) e dei *Costi Esterni* al perimetro dell'impresa sull'ambiente e sulla salute.

Il valore medio europeo del LCOE (*Levelized COst of Electricity*) del fotovoltaico per gli impianti *utility scale* nel 2023 è stimato su scala europea in **73,6 €/MWh** (Fonte: Irex Report di Althesys, 2023).

Per il calcolo del LCOE si tengono in conto

- i costi industriali di realizzazione dell'impianto, i
- costi finanziari,
- i costi operativi e di manutenzione dell'impianto che si ripetono annualmente.

Inoltre tale valore tiene in conto anche del tasso di rendimento netto (depurato dall'inflazione), che remunera il capitale dell'investimento iniziale.

Per l'impianto in esame del tipo *utility scale* è evidente che l'LCOE è in realtà più basso rispetto alla media europea poiché l'impianto è localizzato nel sud Europa in un'area in cui il livello di irraggiamento è di molto superiore alla media. Inoltre le dimensioni dell'impianto permettono di avere economie di scala nei costi di costruzione, gestione e manutenzione dell'impianto.

Analizziamo di seguito qual è il prezzo di vendita (medio) dell'energia in Italia, per paragonarlo con LCOE della produzione di energia da fonte solare fotovoltaica. Verificheremo che il prezzo di vendita è sicuramente superiore al costo di produzione benché sia difficile oggi fare una stima dell'effettivo prezzo dell'energia elettrica anche nel medio periodo. A tal proposito riportiamo l'andamento del prezzo di

vendita dell'energia (PUN – Prezzo Unico Nazionale) dal 2004 ad oggi (Fonte: sito internet Gestore Mercato Elettrico, gme.it)

Sintesi annuale 2004* - 2023					
Periodo	Prezzo d'acquisto. PUN (€/MWh)			Quantità totali (MWh)	Liquidità (%)
	media	min	max		
2004*	51,6	1,1	189,19	231.571.983	29,1
2005	58,59	10,42	170,61	323.184.850	62,8
2006	74,75	15,06	378,47	329.790.030	59,6
2007	70,99	21,44	242,42	329.949.207	67,1
2008	86,99	21,54	211,99	336.961.297	69
2009	63,72	9,07	172,25	313.425.166	68
2010	64,12	10	174,62	318.561.565	62,6
2011	72,23	10	164,8	311.493.877	57,9
2012	75,48	12,14	324,2	298.668.836	59,8
2013	62,99	0	151,88	289.153.546	71,6
2014	52,08	2,23	149,43	281.997.370	65,9
2015	52,31	5,62	144,57	287.132.081	67,8
2016	42,78	10,94	150	289.700.706	70
2017	53,95	10	170	292.197.128	72,2
2018	61,31	6,97	159,4	295.561.956	72
2019	52,32	1	108,38	295.827.948	72,1
2020	38,92	0	162,57	280.179.361	74,9
2021	125,46	3	533,19	290.400.194	76,2
2022	303,95	10	870	289.172.233	72,9
2023	127,24	2,46	295	277.969.753	75,5

* I dati sono relativi ai nove mesi dal 01/04/2004 al 31/12/2004

Sintesi mensile anno 2024					
periodo	Prezzo d'acquisto. PUN (€/MWh)			Quantità totali (MWh)	Liquidità (%)
	media	min	max		
gennaio	100,42	35,2	143,79	20.307.922	79,9

PUN (Prezzo medio di vendita dell'energia in Italia) in €/MWh – fonte gme.it

È evidente che pur considerando un prezzo nel medio periodo dell'energia più basso di quello attuale è stata ormai raggiunta la cosiddetta “*gridparity*” per il fotovoltaico, ovvero la produzione di energia da fonte solare fotovoltaica è remunerata dal prezzo di vendita sul mercato dell'energia.

1.3. Costi Esterni

Per quanto visto al paragrafo precedente è evidente, che l'LCOE, considera costi industriale e finanziari, ma non considera i “costi esterni” generati dalla produzione di energia da fonte solare fotovoltaica.

La produzione di energia da fonti convenzionali fossili (carbone, petrolio, gas naturale) genera come noto un problema di natura ambientale che stimola ormai da decenni la ricerca di soluzioni alternative, in grado di far fronte ai futuri crescenti fabbisogni energetici in modo sostenibile, ovvero con impatti per quanto più possibile limitati sull’ambiente.

L’elemento strategico per un futuro sostenibile è certamente il maggior ricorso alle energie rinnovabili, le quali presentano la caratteristica della “rinnovabilità”, ossia della capacità di produrre energia senza pericolo di esaurimento nel tempo, se ben gestite; esse producono inoltre un tipo di energia “pulita”, cioè con minori emissioni inquinanti e gas serra. Tra queste il solare fotovoltaico, a terra o sui tetti, sembra essere al momento una delle tecnologie rinnovabili più mature con costi di produzione sempre più competitivi e vicini a quelli delle fonti fossili convenzionali.

Tuttavia anche il solare fotovoltaico, come d’altra parte tutte le energie rinnovabili ha il suo costo ambientale. I costi ambientali non rientrano nel prezzo di mercato e pertanto non ricadono sui produttori e sui consumatori, ma vengono globalmente imposti alla società, ovvero si tratta **esternalità negative o diseconomie**. Tali costi sono tutt’altro che trascurabili e vanno identificati e stimati in ogni progetto.

Nella seconda metà degli anni Novanta del secolo scorso è stato sviluppato dall’Unione Europea un progetto denominato ExternE (Externalities of Energy), con l’obiettivo di sistematizzare i metodi ed aggiornare le valutazioni delle esternalità ambientali associate alla produzione di energia, con particolare riferimento all’Europa e alle diverse tecnologie rinnovabili. Il progetto in questione è basato su una metodologia di tipo bottom-up, la Impact Pathway Methodology, per valutare i costi esterni associati alla produzione di energia. La metodologia del progetto ExternE, definisce prima gli impatti rilevanti e poi ne dà una quantificazione economica.

Le esternalità rilevanti nel caso di impianti per la produzione di energia da fonte solare fotovoltaica sono dovute a:

1. **Sottrazione di suolo, in particolare sottrazione di superfici coltivabili;**
2. Effetti sulla Idrogeologia;
3. Effetti microclimatici;

4. Effetti sull'attività biologica delle aree;
5. Fenomeno dell'abbagliamento;
6. Impatto visivo sulla componente paesaggistica;
7. Costo dismissione degli impianti.

Inoltre nella quantificazione dei costi esterni si dà anche una quantificazione monetaria:

- Alle emissioni generate nella costruzione dei componenti di impianto;
- Ai residui ed emissioni generate durante la costruzione dell'impianto (utilizzo di mezzi pesanti per la costruzione e per il trasporto dei componenti, che generano ovviamente emissioni inquinanti in atmosfera;
- Ai residui ed emissioni nella fase di esercizio degli impianti (rumore, campi elettromagnetici, generazione di olii esausti);
- Ad eventi accidentali quali incidenti durante l'esercizio dell'impianto e incidenti sul lavoro durante la costruzione.

Lo Studio ExternE iniziato nella seconda metà degli anni Novanta, ha un ultimo aggiornamento del 2005. Successivamente altri studi sono stati redatti ed hanno stimato i costi esterni degli impianti fotovoltaici, in tabella riportiamo i dati sintetici di stima secondo diversi studi che hanno trattato l'argomento. In questi studi si cerca di dare quantificazione monetaria ad aspetti (emissioni e residui generati, rischio di incidenti, eventi accidentali) difficilmente monetizzabili, questo spiega la disparità di valori finali rilevati, e che comunque riportiamo ed utilizziamo, poiché comunque costituiscono un riferimento attendibile.

	Costi esterni fotovoltaico (€/MWh)
RSE, 2014	2,00
Ecofys, 2014	14,20
REN 21, 2012	7,69
ExternE, 2005	6,11
MEDIA	7,5

Considerata la media di 7,5 €/MWp aumentata prudenzialmente del 20%, nel prosieguo assumeremo che il **Costo Esterno** prodotto dall'impianto fotovoltaico oggetto dello Studio è di **9 € per MWh prodotto, ritenendo peraltro questo valore ampiamente conservativo (oltre che prossimo ai risultati dello studio più aggiornato).**

1.4. Benefici globali

La produzione di energia da fonti rinnovabili genera degli indubbi benefici su scala globale dovuti essenzialmente alla mancata emissione di CO₂ ed altri gas che emessi in atmosfera sono nocivi per la salute umana, oltre ad essere una delle principali cause del cosiddetto cambiamento climatico. **I costi esterni evitati per mancata produzione di CO₂, tengono in conto le esternalità imputabili a diversi fattori collegate:**

- ai cambiamenti climatici: da una minore produzione agricola;
- ad una crescita dei problemi (e quindi dei costi) sanitari per i cittadini;
- dalla minor produttività dei lavoratori;
- dai costi di riparazione dei danni ambientali generati da fenomeni meteo climatici estremi.

Uno studio dell'Università di Stanford pubblicato nel 2015 ha fissato il "costo sociale" (o costo esterno) di ogni tonnellata di CO₂ emessa in atmosfera in 220 dollari. Valore ben superiore a quello di 37 €/t di CO₂, che gli USA utilizzano come riferimento per ponderare le proprie strategie di politica energetica ed indirizzare le azioni di mitigazione climatica.

Il protocollo di Kyoto ha indicato, tra l'altro, ai Paesi sottoscrittori la necessità di creare dei mercati delle emissioni di CO₂ (Carbon Emission Market). Il primo mercato attivo è stato quello europeo chiamato EU ETS (European Emission Trading Scheme), esso è il principale strumento adottato dall'Unione europea per raggiungere gli obiettivi di riduzione della CO₂ nei principali settori industriali e nel comparto dell'aviazione. Il sistema è stato introdotto e disciplinato nella legislazione europea dalla Direttiva 2003/87/CE (Direttiva ETS), ed è stato istituito nel 2005.

Il meccanismo è di tipo *cap&trade* ovvero fissa un tetto massimo complessivo alle emissioni consentite sul territorio europeo nei settori interessati (cap) cui corrisponde un equivalente numero "quote" (1 ton di CO₂eq. = 1 quota) che possono essere acquistate/vendute su un apposito mercato (trade). Ogni operatore industriale/aereo attivo nei settori coperti dallo schema deve "compensare" su base annuale le proprie emissioni effettive (verificate da un soggetto terzo indipendente) con un corrispondente quantitativo di quote. La contabilità delle compensazioni è tenuta attraverso il Registro Unico dell'Unione

mentre il controllo su scadenze e rispetto delle regole del meccanismo è affidato alle Autorità Nazionali Competenti (ANC).

Le quote possono essere allocate a titolo oneroso o gratuito. Nel primo caso vengono vendute attraverso aste pubbliche alle quali partecipano soggetti accreditati che acquistano principalmente per compensare le proprie emissioni ma possono alimentare il mercato secondario del carbonio. Nel secondo caso, le quote vengono assegnate gratuitamente agli operatori a rischio di delocalizzazione delle produzioni in Paesi caratterizzati da standard ambientali meno stringenti rispetto a quelli europei (c.d. carbon leakage o fuga di carbonio). Le assegnazioni gratuite sono appannaggio dei settori manifatturieri e sono calcolate prendendo a riferimento le emissioni degli impianti più “virtuosi” (c.d. benchmarks, prevalentemente basati sulle produzioni più efficienti).

Indipendentemente dal metodo di allocazione, il quantitativo complessivo di quote disponibili per gli operatori (cap) diminuisce nel tempo imponendo di fatto una riduzione delle emissioni di gas serra nei settori ETS: in particolare, al 2030, il meccanismo garantirà un calo del 43% rispetto ai livelli del 2005.

L'EU ETS, in tutta Europa, interessa oltre 11.000 impianti industriali e circa 600 operatori aerei. In Italia sono disciplinati più di 1.200 soggetti che coprono circa il 40% delle emissioni di “gas serra” nazionali.

I diritti europei per le emissioni di anidride carbonica, in pratica i “*permessi di emissione*”, sono stati scambiati nel 2022 ad un prezzo medio di 79,67 €/t CO₂, come chiaramente indicato nella tabella sotto. I prezzi di aggiudicazione ottenuti dall'Italia sono i medesimi degli altri Stati membri aderenti alla piattaforma comune europea

Tabella 2: Proventi d'asta mensili per l'Italia nel III trimestre 2022 da quote EUA

Anno ▼	Mese	Quote collocate Italia	Prezzo d'aggiudicazione IT €/tCO ₂	Proventi italiani €
2022	gennaio	2.855.000	€ 83,07	€ 237.153.430
	febbraio	3.426.000	€ 90,14	€ 308.831.115
	marzo	3.997.000	€ 74,16	€ 296.431.795
	aprile	3.140.500	€ 80,29	€ 252.162.165
	maggio	3.711.500	€ 85,01	€ 315.503.195
	giugno	3.140.500	€ 83,15	€ 261.138.285
	luglio	3.426.000	€ 81,30	€ 278.530.945
	agosto	2.001.000	€ 87,57	€ 175.231.350
	settembre	3.660.000	€ 69,91	€ 255.858.400
	ottobre	3.965.000	€ 68,83	€ 272.892.650
	novembre	3.965.000	€ 75,61	€ 299.784.500
	dicembre	2.451.000	€ 86,71	€ 212.537.150
Totale		39.738.500	€ 79,67	€ 3.166.054.980

Prezzo medio ponderato delle EUA (European Union Allowances) nel 2022

(Fonte GSE – Rapporto Annuale aste di quote europee di emissione)

Aldilà delle oscillazioni che si possono verificare negli anni è evidente che il valore dell'EUA costituisca una indicazione oggettiva del costo esterno associato all'emissione di CO₂ in atmosfera.

Sulla base delle considerazioni sopra esposte possiamo considerare **sempre a titolo conservativo e prudentiale**, la **media** tra il costo preso in considerazione negli Stati Uniti (**37 €/t di CO₂**), ed il costo pagato in Europa per emissioni in atmosfera di anidride carbonica (**79 €/t CO₂**), ovvero **58 €/t CO₂**. Tale valore monetario sarà preso in considerazione per la valutazione dei benefici (globali) introdotti dalla mancata emissione di CO₂ per ogni kWh prodotto da fonte fotovoltaica.

Sulla base del mix di produzione energetica nazionale italiana, **ISPRA** (Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca Ambientale) in uno studio del 2022 (*Indicatori di efficienza e decarbonizzazione del sistema energetico nazionale e del settore elettrico*), valuta che la sostituzione di un kWh prodotto da fonti fossili con uno prodotto da fonti rinnovabili consente di evitare l'emissione di **449,1 g CO₂**. Tale valore tiene anche in conto il fatto che sebbene nella fase di esercizio le fonti rinnovabili non producano emissioni nocive, nella fase di costruzione dei componenti di impianto (p.e. moduli fotovoltaici), si genera una pur piccola quantità di emissioni di gas nocivi con effetto serra.

In considerazione dei dati sopra riportati, in definitiva possiamo considerare che per ogni kWh prodotto dall'impianto fotovoltaico in oggetto si abbia una mancata emissione di CO₂ in atmosfera quantificabile da un punto di vista monetario in:

$$0,058 \text{ €/kg} \times 0,4491 \text{ kg/kWh} = 0,026 \text{ €/kWh}$$

L'impianto in progetto, denominato "Solar Energy" secondo il modello di producibilità eseguito con PVSyst l'impianto, avente una potenza installata di 202.076 kWp, genera un'energia complessiva di **369.18 GWh/anno (1824 kWh/kWp/anno)**.

369.180.000 kWh/anno

Con beneficio annuo per mancata emissione di CO₂ pari a:

$$369.180.000 \text{ kWh} \times 0,026 \text{ €/kWh} = 9.598.680 \text{ €/anno (BENEFICI GLOBALI)}$$

Questo dato va confrontato con il costo esterno di 9 €/MWh (0,009 €/kWh), e quindi complessivamente per l'impianto in studio di:

$$369.180.000 \text{ kWh} \times 0,009 \text{ €/kWh} = 3.322.620 \text{ €/anno (COSTI ESTERNI)}$$

Il risultato che deriva da quanto sopra rappresenta il vero coefficiente di convenienza che indica un rapporto fra *BENEFICI / COSTI a livello globale di 2,88*

Altri benefici globali o meglio non locali, peraltro difficilmente quantificabili in termini monetari, almeno per un singolo impianto, sono:

- 1) Stabilizzazione del prezzo dell'energia elettrica. Negli ultimi anni per varie contingenze geopolitiche il prezzo dell'energia elettrica è stato altalenante: sino al 2019 c'è stato un calo a cui è seguito un notevole aumento sino al 2022. La crescita di eolico e fotovoltaico con costi marginali di produzione quasi nulli ha contribuito e potrà contribuire sempre più a mantenere più stabili i prezzi sul mercato dell'energia. Ricordiamo a tal proposito che per l'impianto in progetto non sono previsti incentivi statali (impianto in *grid parity*);
- 2) Riduzione del *fuel risk* e miglioramento del mix e della sicurezza nazionale nell'approvvigionamento energetico. La crescente produzione da fonti rinnovabili comporta una

minore necessità di importazione di combustibili fossili, riducendo la dipendenza energetica dall'estero;

- 3) Altre esternalità evitate. La produzione di energia da combustibili fossili comporta oltre alle emissioni di CO₂, anche l'emissione di altri agenti inquinanti NH₃, NO_x, NMVOC, PM e SO₂, che generano aumento delle malattie, danni all'agricoltura, e agli edifici, che generano ulteriori costi esterni, ovvero costi sociali, evitabili con un diverso mix energetico;
- 4) Altre ricadute economiche dirette. La realizzazione di impianti quali quello in progetto generano un valore aggiunto per tutta la catena del valore della filiera nelle fasi di finanziamento dell'impianto (banche, compagnie assicurative, studi legali, fiscali, notarili), realizzazione dei componenti (ad esempio inverter, strutture di sostegno dei moduli), progettazione, installazione, gestione e manutenzione dell'impianto ed ovviamente anche nella produzione di energia;
- 5) Altre ricadute economiche indirette. La crescita di una filiera comporta un aumento di PIL e quindi di ricchezza pubblica e privata del Paese, con effetti positivi sui consumi, sulla creazione di nuove attività economiche e nei servizi.
- 6) Altro beneficio globale è il vantaggio apportato dal sistema di accumulo associato all'impianto fotovoltaico per il Sistema Elettrico Nazionale. L'accumulo effettuerà, tra l'altro, anche un **servizio di dispacciamento**, ovvero sarà utilizzato per alcune ore all'anno da Terna per il bilanciamento della rete o per la regolazione della frequenza della rete stessa.

Infine, è proficuo rammentare che la realizzazione dell'impianto fotovoltaico in progetto è in linea con quanto definito dalle politiche energetiche nazionali e comunitarie che hanno, fra l'altro, i seguenti obiettivi da perseguire entro il 2030:

- l'aumento della competitività del Paese allineando i prezzi energetici a quelli europei;
- il miglioramento della sicurezza nell'approvvigionamento e nella fornitura dell'energia;
- la decarbonizzazione del sistema di approvvigionamento energetico.

In definitiva tralasciando gli aspetti strategici legati alla produzione di energia rinnovabile all'interno del territorio nazionale, che pure è un aspetto che produce effetti benefici per la comunità nazionale, nella tabella seguente si riportano in sintesi Costi Esterni e Benefici globali, sopra stimati.

<i>Costi/Benefici globali</i>			<i>Produzione annua energia</i>	<i>Quantificazione annua</i>
<i>Costi esterni</i>	9,00	€/MWh	369,18 MWh/anno	3.322.620 €/anno
<i>Benefici globali: mancata emissione CO₂</i>	26,00	€/MWh	369,18 MWh/anno	9.598.680 €/anno

In conclusione, è evidente che la realizzazione dell'impianto fotovoltaico in progetto comporterebbe dei **benefici globali ben superiori al costo esterno generato** dalla stessa realizzazione dell'impianto.

1.5. Costi e Benefici locali

A fronte di **Costi e Benefici Globali** sopra individuati e quantificati dobbiamo 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 dalla realizzazione della componente tecnologica dell'impianto agrovoltaiico sono esclusivamente locali.

L'Analisi Costi - Benefici deve essere necessariamente focalizzata su Costi e Benefici per la comunità locale, ovvero sulla quantificazione dei costi esterni sostenuti e sulle contropartite economiche a vantaggio della comunità locale. A tal proposito l'Analisi Costi Benefici sarà sviluppata secondo due metodologie.

- 1) La prima fa riferimento esplicito ai **proventi a favore della Comunità locale**, generati dalla realizzazione del Progetto, che possono essere considerati a tutti gli effetti investimenti compensativi ai sensi della lettera h) dell'allegato 2 al D.M. 10.09.2010, e s.m.i.;
- 2) La seconda fa riferimento ad una metodologia proposta da ISPRA (*Mappatura e valutazione dell'impatto del consumo di suolo sui servizi ecosistemici: proposte metodologiche per il rapporto sul consumo di suolo del 2018*) riferita ad una quantificazione monetaria della variazione dei **servizi ecosistemici** introdotta dalla realizzazione del Progetto

Vedremo che in entrambi i casi che il Saldo stimato è positivo a favore della Comunità Locale.

1.5.1. Investimenti compensativi a favore della Comunità Locale

A fronte dei benefici globali prodotti dalla realizzazione di un impianto di produzione di energia da fonte rinnovabile (vedi paragrafi successivi) dobbiamo 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 fotovoltaico sono esclusivamente locali.

Vediamo allora quali sono le contropartite economiche del territorio a fronte dei costi esterni sostenuti.

- a) I proprietari dei terreni percepiranno mediamente (valore stimato sulla base di dati medi per i terreni della zona) da altri impianti **3.500,00 €** per ogni ettaro occupato dall'impianto per la **cessione del diritto di superficie, e quindi:**

$$232,73 \text{ ha} \times 3.500,00 \text{ €/ha} = 814.555,00 \text{ €/anno (Terreni)}$$

- b) L'attività di gestione e manutenzione dell'impianto è stimata essere di 15.000,00 €/MWp ogni anno. Assumendo cautelativamente che solo il 20% (3.000,00 €/MWp) sia appannaggio di imprese locali (sorveglianza, tagli del verde, piccole opere di manutenzione), stimiamo cautelativamente un ulteriore vantaggio economico per il territorio di:

$$202,07 \text{ MW} \times 3.000,00 \text{ €/MWp} = 606.210,00 \text{ €/anno (Manutenzione-Gestione)}$$

- c) La sola attività olivicola (uliveto super-intensivo) determina in 20 anni un reddito medio netto di 2.400.000 €. Non si considera cautelativamente l'ulteriore introito proveniente dal seminativo a rotazione

$$2.400.000 \text{ €/anno (Uliveto Super-intensivo)}$$

- d) Per quanto concerne i costi di costruzione dell'impianto si stima un costo di circa 650.000 €/MWp. Considerando, ancora in maniera conservativa, che il 30% (189.000 €/MWp) sia appannaggio di imprese locali, abbiamo complessivamente un introito di:

$$202 \text{ MW} \times 189.000 \text{ €/MWp} = 38.178.000 \text{ €}$$

Non considerando (conservativamente) alcun tasso di attualizzazione e dividendo semplicemente per 20 anni (durata presunta del periodo di esercizio dell'impianto), abbiamo:

38.178.000 € / 20 anni= 1.908.900 €/anno (Costruzione)

Dai calcoli sopra riportati abbiamo la seguente quantificazione **prudenziale** dei benefici locali.

	BENEFICI LOCALI
Diritto di superficie a proprietari dei terreni	814.555,00 €/anno
Manutenzione impianto	606.210,00 €/anno
Uliveto super-intensivo	2.400.000,00 €/anno
Lavori di costruzione	1.908.900,00 €/anno
TOTALE	5.729.665,00 €/anno

In tabella è riportato il confronto tra la quantificazione dei costi esterni, benefici locali, benefici locali, ribadendo peraltro che i benefici globali e locali sono sicuramente sottostimati.

RAFFRONTO COSTI-BENEFICI con COMPONENTE AGRICOLA		
COSTI ESTERNI	BENEFICI GLOBALI	BENEFICI LOCALI
3.322.620 €/anno	9.598.680 €/anno	5.729.665,00 €/anno

In definitiva, benché le stime siano approssimate e sicuramente conservative possiamo concludere che:

I BENEFICI LOCALI superano ampiamente i COSTI ESTERNI, dimostrando la validità e l'opportunità della proposta progettuale fatta.

Qualora non considerassimo nel calcolo dei BENEFICI LOCALI i proventi netti dalla attività agricola (uliveto super-intensivo), avremmo i seguenti valori.

	BENEFICI LOCALI
Diritto di superficie a proprietari dei terreni	814.555,00 €/anno
Manutenzione impianto	606.210,00 €/anno
Lavori di costruzione	1.908.900,00 €/anno
TOTALE	3.329.665,00 €/anno

Pertanto, anche in questo caso, i BENEFICI LOCALI finiscono per compensare quasi totalmente i COSTI ESTERNI come si evince dalla tabella sotto riportata.

RAFFRONTO COSTI-BENEFICI <u>con</u> COMPONENTE AGRICOLA		
COSTI ESTERNI	BENEFICI GLOBALI	BENEFICI LOCALI
3.322.620 €/anno	9.598.680 €/anno	3.329.665,00 €/anno

1.5.2. Quantificazione monetaria dei Servizi Ecosistemici

Facendo riferimento al documento dell'ISPRA "*Mappatura e valutazione dell'impatto del consumo di suolo sui servizi ecosistemici: proposte metodologiche per il Rapporto sul consumo di suolo di 2018*", sono definiti i costi esterni imputabili a una serie di fattori e relativi all'uso di suolo necessario per la realizzazione dell'impianto. Nel prosieguo questo documento sarà semplicemente definito come il *Rapporto 2018*.

I costi esterni sono in relazione ai servizi ecosistemici (SE): il consumo di suolo genera una variazione (negativa) dei SE. 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 il progetto in esame rammentiamo che la superficie complessiva recintata, ivi compresa quella utilizzata per la realizzazione della sottostazione elettrica è pari a **232,72 ha circa**, mentre la superficie effettivamente impermeabilizzata o semi impermeabilizzata utilizzata per strade, cabine elettriche, sottostazione elettrica, platee di appoggio dei container, vasche trasformatori è complessivamente pari a **17,91 ha circa**. A questi due numeri si farà pertanto riferimento nel prosieguo della trattazione.

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. Produzione di legname
5. Impollinazione
6. Regolazione del microclima
7. Rimozione particolato ed ozono
8. Protezione dall'erosione
9. Disponibilità di acqua
10. Regolazione del regime idrologico
11. Purificazione dell'acqua

Per ciascuno di questi **servizi ecosistemici** 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 agrovoltaico.

SEQUESTRO E STOCCAGGIO DI CARBONIO (SSC)

Descrizione del Servizio Ecosistemico

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 (Hutyra et al., 2011), secondo modalità incrementali rispetto alla naturalità dell'ecosistema considerato (tale regola vale in generale e nel contesto mediterraneo e del nostro Paese). Questo servizio contribuisce alla regolazione del clima a livello globale e gioca un ruolo fondamentale nell'ambito delle strategie di mitigazione e di adattamento ai cambiamenti climatici. Fra tutti gli ecosistemi, quelli forestali naturali e seminaturali presentano il più alto potenziale di sequestro di carbonio. Il danno peggiore è pertanto il consumo di suolo nelle aree a copertura naturale e seminaturale o, più in generale, nei contesti territoriali connotati da un elevato grado di naturalità (Sallustio et al., 2015).

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 seguente Tabella (Sallustio et al. 2015).

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

Valori di contenuto di carbonio per classe d'uso del suolo

Valutazione Economica

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

Il Rapporto ISPRA 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 dei permessi di emissione era pari il 2018 in 23 €/tC, tuttavia abbiamo visto il valore medio per l'anno 2022 è pari a 79,67 €/tC (fonte sito gse.it)

In via conservativa faremo riferimento al flusso del servizio **ecosistemico di sequestro e stoccaggio di carbonio**, che attualizzato a luglio 2023 è pari a

$$121,45 \text{ €/tC} \times 1,169 = 141,97 \text{ €/tC}$$

Il coefficiente di rivalutazione è stato calcolato dal sito internet *rivaluta.istat.it*.

Valutazione Economica della perdita del servizio ecosistemico per il progetto in esame

Come da tabella sopra riportata nelle aree agricole il valore di carbonio contenuto in un terreno agricolo è pari a **58,1 Mg/ha**

Un Mg è pari a 10^6 g, e quindi pari ad una tonnellata, pertanto abbiamo

$$58,1 \text{ Mg C/ha} \times 130,44 \text{ €/tC} = 7.579 \text{ €/ha}$$

Come si evince dalla tabella sotto riportata nel Progetto in esame la superficie non occupata da specie vegetali (superficie impermeabilizzata) è pari alla

$$\text{Superficie cabine e PCS} + \text{Superficie strade} = \mathbf{179.104 \text{ mq}}$$

Lotto	Superficie a disposizione (mq)	Superficie recintata (mq)	Perimetro recinzione (m)	Superficie Strade (mq)	Superficie Cabine+PCS	Numero Inseguitori	Lunghezza inseguitori	Larghezza fascia tra pali sostegno inseguitori	Sn	Sup Agricola riferita alla superficie a disposizione (mq)
Campo A1	310.539	231.596	2.144	12.862	110,3	1.060	18,762	3,00	72.635	237.904
Campo A2	208.227	170.366	2.331	11.766	93,4	772	18,762	3,00	55.312	152.915
Campo A3	203.341	106.359	1.529	7.839	76,5	473	18,762	3,00	34.539	168.802
Campo A4	303.322	221.771	1.935	9.522	110,3	1.001	18,762	3,00	65.975	237.347
Campo A5	99.097	80.135	1.566	7.923	59,6	342	18,762	3,00	27.232	71.865
Campo A6	480.696	382.038	2.521	16.416	161,0	1.745	18,762	3,00	114.796	365.900
Macro Area A	1.605.222	1.192.265	12.027	66.328	611,1	5.393	-	-	370.489	1.234.733
Campo B7	411.135	245.909	3.377	17.899	110,3	1.108	18,762	3,00	80.374	330.761
Campo B8	133.571	60.334	1.449	7.370	59,6	248	18,762	3,00	21.389	112.182
Campo B9	412.903	300.868	4.192	20.327	144,1	1.369	18,762	3,00	97.527	315.376
Macro Area B	957.609	607.111	9.018	45.596	314,0	2.725	-	-	199.289	758.320
Campo C10	159.832	44.424	1.710	8.727	42,7	161	18,762	3,00	17.832	142.000
Campo C11	81.375	17.913	556	2.950	42,7	112	18,762	3,00	9.297	72.078
Campo C12	145.609	71.461	3.280	16.432	42,7	195	18,762	3,00	27.450	118.159
Macro Area C	386.816	133.798	5.546	28.109	128,1	468	-	-	54.579	332.237
Campo D13	506.106	258.847	3.290	23.600	127,2	1.156	18,762	3,00	88.794	417.312
Campo D14	258.526	135.275	3.193	14.197	93,4	568	18,762	3,00	46.261	212.265
Macro Area D	764.632	394.122	6.483	37.797	220,6	1.724	-	-	135.055	629.577
TOTALE	3.714.279	2.327.296	33.074	177.830	1.274	10.310	-	-	759.412	2.954.867

In pratica la superficie non inerbita che non contribuisce al servizio ecosistemico di sequestro e stoccaggio del carbonio è pari a **17,91 ha** circa (179.104 mq):

Considerando pertanto **17,91 ha** abbiamo che il costo esterno relativo al mancato servizio di stoccaggio e sequestro di carbonio è pari a:

$$7.579 \text{ €/ha} \times 17,91 \text{ ha} = 135.740 \text{ € per anno}$$

QUALITA' DEGLI HABITAT

Descrizione del Servizio Ecosistemico

Il **servizio ecosistemico relativo alla qualità degli habitat** rappresenta uno dei principali valori di riferimento nella valutazione dello stato ecosistemico dei suoli. Questo servizio è considerato come un indice della biodiversità complessiva. 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 eco-biologici, oltre che alla complessiva riduzione della resilienza ecologica e frammentazione ecosistemica (Seto et al., 2012, Romano e Zullo, 2014).

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. 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. L' **Habitat Suitability** pertanto dipende dalla tipologia di area così come indicato nella Tabella sotto, dove con opportune formule è calcolato il valore del parametro **Habitat Suitability**.

Valutazione Economica

Uno studio internazionale condotto da Costanza 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. In particolare, è stata calcolata la media pesata del valore economico sugli ecosistemi per i quali si dispone del dato (zone umide, praterie e foreste), utilizzando come peso le superfici effettivamente associate a quegli ecosistemi nel territorio italiano. Si ottiene un valore medio di 974,46 \$2007/ha.

Per quanto concerne la **conversione economica** è stata prima di tutto convertito il valore del dollaro nel dicembre 2007 in euro 2007:

1 dollaro dicembre 2007 → 1,4721 euro dicembre 2007 (Fonte Banca d'Italia – Bancaltalia.it)

Successivamente si è fatta l'attualizzazione con il valore dell'euro nel dicembre 2007 con il valore dell'euro nel dicembre 2023 (coefficiente di rivalutazione monetaria ultimo dato disponibile).

1 euro dicembre 2007 → 1,327 euro dicembre 2023 (Fonte Istat – Rivaluta.istat.it)

È stato così ottenuto il parametro di conversione 1,953

1 dollaro dicembre 2007 → 1,953 euro dicembre 2023

Tenuto presente che la *suitability* rappresenta il grado di “disponibilità di habitat” in una data classe d’uso e copertura del suolo, può essere utilizzato per ricostruire una distribuzione dei valori economici a partire dal valore medio. I risultati sono riportati nella Tabella sotto riportata, suddivisi, per tipologia di Habitat. Per zone umide e praterie e per le foreste viene comunque utilizzato il valore originale di Costanza.

Il valore economico degli altri ecosistemi è stimato scalando il valore economico medio sopra richiamato di 974,46 \$2007/ha sui diversi Habitat utilizzando come parametro il rapporto tra i valori dell’Habitat *suitability* associata ad un dato Habitat e il valore medio della stessa *suitability* calcolato utilizzando come pesi le superfici effettivamente coperte dagli Habitat (0,91).

Classe	Tipologie di habitat	Suitability	Valore economico \$2007/ha	Valore economico €2023/ha
1	Spiagge, dune e sabbia	0,74	794,40	1.551,84
2	Corpi idrici permanenti	0,83	891,00	1.740,55
3	Zone Umide	0,96	12.452,00	24.324,69
4	Praterie	0,86	1.214,00	2.371,52
5	Cespuglieti	0,81	869,60	1.698,74
6	Foreste di latifoglie	0,93	862,00	1.683,90
7	Foreste di conifere	0,82	862,00	1.683,90
8	Aree interne con vegetazione scarsa o assente	0,55	590,40	1.153,33
9	Superfici agricole ad uso intensivo	0,26	279,10	545,22
10	Superfici agricole ad uso estensivo	0,52	558,20	1.090,43
11	Edifici ed altre aree artificiali	0,09	96,60	188,71
12	Aree aperte urbane	0,27	289,90	566,31
	Media pesata sulle superfici	0,64	1.442,73	2.818,34

Valori economici della Qualità di habitat per tipologia di habitat

Valutazione Economica della perdita del servizio ecosistemico per il progetto in esame

Per il caso in esame andremo a considerare la situazione *ante operam* e *post operam* allo scopo di quantificare il valore economico del servizio ecosistemico di qualità degli habitat nei due casi.

SERVIZIO ECOSISTEMICO QUALITA' DELL'HABITAT (Ante Operam)				
	Superficie (ha)	Valore economico del SES in \$2007 per ettaro	Valore economico del SES attualizzato in €2023 per ettaro	Valore economico TOTALE del SES attualizzato dicembre 2023
Seminativi in aree irrigue (Superficie agricola ad uso estensivo)	278,21	558,20	1.090,43	303.368,53
Vigneti (superficie agricola ad uso intensivo)	68,37	279,10	545,22	37.276,69
Uliveti (superficie agricola ad uso intensivo)	18,47	279,10	545,22	10.070,21
TOTALE				350.715,44
SERVIZIO ECOSISTEMICO QUALITA' DELL'HABITAT (Post Operam)				
	Superficie	Valore economico del SES 2021	Valore economico del SES attualizzato 2023 (per ha)	Valore economico TOTALE del SES attualizzato 2024
Coltivazioni Erbacee (Superficie agricola ad uso estensivo)	129,49	558,20	1.090,43	141.199,78
Oliveto (Superficie agricola ad uso intensivo)	181,62	279,10	545,22	99.022,86
Mitigaz. - Compensazione (Cespuglieto)	36,63	869,6	1698,74	62.224,85
TOTALE				302.447,48

A fronte di un valore economico di circa 350 mila euro *ante operam*, il valore economico *post operam* è di circa 302 mila euro, pertanto la realizzazione del progetto determina un **costo esterno** (per differenza tra i due valori) pari a:

$$(350.715,44 - 302.447,48) \text{ €} = 48.267,95 \text{ €/anno}$$

Pertanto la realizzazione del progetto determina un costo esterno generato da una perdita nel Servizio Ecosistemico Qualità degli Habitat.

PRODUZIONE AGRICOLA

Descrizione del Servizio Ecosistemico

Per la valutazione economica si è fatto riferimento al database RICA (<http://arearica.crea.gov.it>) che indica su scala regionale con riferimento all'anno 2021 valori di mercato di vari prodotti.

In particolare per i seminativi si è fatto riferimento alla coltura a più alto valore aggiunto tra quelle coltivabili (frumento duro) e pertanto si è considerata un valore di 1.396 €/ha.

I valori economici al solito sono stati rivalutati a luglio 2023 calcolato facendo riferimento al coefficiente di rivalutazione ISTAT (da sito rivaluta.istat.it) pari a 1,154.

REPORT - ANALISI SETTORIALE COLTURE

ANNO: 2021 - TERRITORIO: Puglia

COLTURA: Cereali e leguminose da granella [in pieno campo] - CERTIFICAZIONE BIOLOGICA: NO

Coltura Mostra le 20 colonne vuote	UM	Cereali e leguminose da granella [in pieno campo]							
		Avena	Cece	Fava, favino e favetta	Frumento duro	Frumento tenero	Lupino	Orzo	Pisello secco
DIMENSIONI DEL PROCESSO									
Osservazioni	nr	45	11	37	184	16	7	63	7
Superficie coltura	ha	326,63	28,78	236,22	2.687,88	60,18	36,44	356,09	77,44
Incidenza Superficie irrigata	%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
INDICI									
Resa prodotto principale	q.li/ha	28	12	21	34	39	15	42	23
Prezzo prodotto principale	€/q.le	22	97	31	41	28	105	23	30
PLT - Produzione Lorda Totale	€/ha	728	1.253	651	1.396	1.118	1.551	987	716
PLV - Produzione Lorda Vendibile	€/ha	520	1.253	613	1.378	669	1.535	904	716
PRT - Produzione Reimpiegata/Trasformata	€/ha	208	0	38	18	449	16	83	0
CS - Costi Specifici	€/ha	314	382	218	436	365	227	366	359
ML - Margine Lordo	€/ha	414	871	433	960	753	1.325	621	357
MO - Margine Operativo	€/ha	-258	-183	-206	276	-24	166	-184	-299

Valore della produzione per ettaro dei terreni agricoli per cereali e leguminose da granella in pieno campo
 (Fonte <http://arearica.crea.gov.it>)

Valutazione Economica della perdita del servizio ecosistemico per il progetto in esame

Il valore del servizio ecosistemico relativo alla perdita di produzione agricola, per il caso in progetto è stato determinato considerando la variazione di utilizzo del suolo tra la situazione *ante operam* e quella prevista *post operam*.

Ante operam tutto il terreno a disposizione è utilizzato per colture erbacee cerealicole e leguminose a rotazione.

Post operam una parte della superficie a disposizione è utilizzata per olivicoltura intensiva, una parte per colture cerealicole e leguminose a rotazione. Una parte è utilizzata per la realizzazione di zone rifugio e aree di mitigazione che ovviamente non producono valore agricolo.

Per quanto attiene l'attività di olivicoltura intensiva non ci sono dati statistici sul sito istituzionale di CREA (Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria).

Elaborando i dati della Relazione del Progetto Agricolo abbiamo nel periodo di 20 anni un utile netto medio di 2.339.675,75 €/ha per anno

Sulla base di queste considerazioni qualitative sono stati valutati i valori economici riportati in tabella.

SERVIZIO ECOSISTEMICO PRODUZIONE AGRICOLA (Ante Operam)				
	Superficie	Valore economico del SES 2021	Valore economico del SES attualizzato 2023 (per ha)	Valore economico TOTALE del SES attualizzato 2024
Superficie agricola ad uso estensivo	371,43	1.396,00	1.610,98	598.366,30
SERVIZIO ECOSISTEMICO PRODUZIONE AGRICOLA (Post Operam)				
	Superficie	Valore economico del SES 2021	Valore economico del SES attualizzato 2023 (per ha)	Valore economico TOTALE del SES attualizzato 2024
Superficie agricola ad uso estensivo (Coltivazioni Erbacee)	129,49	1.396,00	1.610,98	208.605,80
Superficie agricola ad uso intensivo (Oliveto)	181,62	-	2.339.675,75	424.931.909,72
Cespuglieti (Mitigaz. - Compensaz.)	36,63	-	-	-
TOTALE				425.140.515,52

È evidente che l'olivicoltura intensiva determina un cambio di redditività importante, pari a circa 424.931.909,72 €/anno. Pertanto la realizzazione del progetto comporta un'esternalità positiva (per differenza *Ante Operam* e *Post Operam*) di:

$$(425.140.515,52 - 598.366,30) \text{ €} = 424.542.149,21$$

La realizzazione del progetto determina un netto miglioramento del servizio ecosistemico "produzione agricola" generando una **esternalità positiva, pari a circa 424.542.149,21€/anno.**

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

PRODUZIONE LEGNOSA

La produzione di materie prime legnose è un servizio ecosistemico di approvvigionamento, garantito in larga misura dalle superfici forestali naturali e dagli impianti di arboricoltura da legno. La produzione riguarda legna e legname (rispettivamente da ardere o trasformazione) reso disponibile in termini di legname maturo asportabile.

Nella valutazione di questo servizio è necessario valutare la copertura attuale dei diversi ecosistemi forestali, la cui estensione potenziale è determinata dall'insieme di condizioni ambientali (clima, geomorfologia, idrografia, suoli, biogeografia) (Blasi et al. in Comitato Capitale Naturale, 2018).

L'analisi delle variazioni di uso del suolo (ISPRA, 2016) mostra l'espansione del bosco oltre che della superficie urbanizzata, a scapito delle superfici agricole. In modo particolare, sono i terreni seminativi e le altre colture nell'alta collina a subire le maggiori perdite a favore delle superfici forestali, in seguito a fenomeni di abbandono delle attività agricole e alla conseguente ricolonizzazione da parte di arbusti ed alberi. La ripresa di copertura forestale, presente in alcune zone, va valutata con attenzione rispetto alla capacità di ripresa del servizio ecosistemico inclusa la funzione produttiva. Infatti, mentre boschi e foreste naturali o gli impianti con una corretta gestione forestale mantengono una buona capacità produttiva, che dipende dalla tipologia forestale dei popolamenti e dallo stadio del ciclo evolutivo, nel caso delle foreste di ripresa a seguito di fenomeni di abbandono, i servizi ecosistemici non hanno la stessa potenzialità.

Come nel caso della produzione agricola, anche per la produzione legnosa l'artificializzazione di superfici precedentemente forestali produce un azzeramento del servizio ecosistemico. I fattori di tipo gestionale influenzano il valore assegnato alla produttività che dipende dalla funzione assegnata a una determinata superficie forestale. A seconda della finalità, ad esempio boschi in aree protette per la conservazione della biodiversità o di protezione idrogeologica di abitati a valle o per ricavarne diversi assortimenti (come legna da ardere o legname da opera), si associano diversi valori di mercato (ISPRA, 2016). Di conseguenza il reperimento dei dati necessari per la valutazione di questo servizio a scala nazionale è risultato allo stato attuale impossibile.

Valutazione economica

Per questo motivo la stima è stata eseguita nel 2016 e 2017 con lo stesso procedimento applicato per la produzione agricola, valutando direttamente in termini economici lo stock di risorsa perduta, utilizzando come proxy il valore delle aree espresso dai VAM associati ai boschi. Mediante la spazializzazione dei VAM, applicati alle classi della copertura del suolo "Boschi e area a copertura alberata" viene assegnato a ciascuna unità di superficie un valore economico. Il valore del servizio ecosistemico è nullo in tutte le classi di copertura non forestale pertanto il cambiamento da copertura forestale a qualsiasi altra classe, comporta un annullamento del servizio.

Anche rispetto a questo servizio grazie ai confronti condotti con la comunità scientifica è emersa per il 2018 la necessità di integrare l'approccio basato sui Valori Agricoli Medi, che produce un valore di stock, con una valutazione del flusso di servizio. Poiché allo stato attuale, anche in conseguenza della interruzione da parte dell'ISTAT della pubblicazione dei dati relativi, non esiste un modo per valutare in modo specifico la produzione, il metodo adottato utilizza i valori delle utilizzazioni su base nazionale considerati i per il calcolo del "carbon stock change" relativo alla biomassa epigea con il modello Forest (ISPRA, 2018; Federici et al, 2008). Il valore medio annuale (calcolato come media sui valori degli

anni 2014-2015-2016) delle utilizzazioni per il periodo di riferimento in termini di volume, viene qui utilizzato per rappresentare il valore biofisico del flusso di servizio ecosistemico.

In termini economici ai volumi di biomassa così valutati è possibile applicare il prezzo di mercato per il periodo di riferimento. Una valutazione per l'Italia, specifica per la zona della valle di Fassa e di Fiemme, riportata in letteratura (Haya et al, 2015), indica valori medi dei prezzi di mercato rispettivamente tra 95

€/m³ e 98 €/m³ per il tondo su strada, 24 €/m³ per la legna da ardere e per il cippato 21 €/m³. Tenendo

presenti le proporzioni della produzione tra tali destinazioni produttive si ottiene un valore economico come media pesata di 82,14 €/m³ al 2010, che rivalutato al 2015/12 corrisponde a 88.15 €/m³.

Valutazione Economica della perdita del servizio ecosistemico per il progetto in esame

Su tutta la superficie di agrivoltaico sarà piantumata la *cultivar* di olivo FS-17, resistente a *Xylella fastidiosa* ed autorizzata all'impianto. Sarà allevato a siepe con lo scopo di aumentare la redditività agricola di terreni tradizionalmente seminativi e meccanizzare tutto il processo produttivo. Il sesto di impianto previsto è di:

- 10 × 2,5 m con i filari alternati alle file di tracker all'interno delle aree coinvolte dalla componente fotovoltaica, per un totale di 80.888 piante;
- 5 × 2,5 m nelle aree completamente agricole che a causa della vincolistica risultano aree non idonee alla componente fotovoltaica, per un totale di 64.228 piante.

Il numero di piante totale calcolato è di 145.116.

La Produzione Lorda Vendibile prevista in olio extravergine è di 15 kg/100 kg di olive, mentre la Produzione Lorda Vendibile di olive è di 12 t/ha, per un totale di 294,6 t di olio extravergine e 1.964,3 t di olive. Questi valori si riferiscono al periodo di massima produttività dell'oliveto, mentre nei primi anni di impianto la produttività sarà:

- 0 al 1° anno;
- 58,9 t di olio al 2° anno (ridotta al 20%);
- 147,3 t di olio al 3° anno (ridotta al 50%);
- 235,7 t di olio al 4° anno (ridotta all'80%);
- 100% da 5° anno.

La resa economica media prevista (durante il periodo di massima produttività dell'impianto) è di: 9 €/kg per un totale di circa € **2.651.806,50**.

IMPOLLINAZIONE

Descrizione del Servizio Ecosistemico

L'impollinazione è un servizio ecosistemico di fondamentale importanza poiché costituisce uno dei fattori di produzione della agricoltura (Zhang et alii, 2007). 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 (Unione Europea, 2013).

Nel progetto è prevista la realizzazione di opere di mitigazione e compensazione particolarmente adatte alla proliferazione e crescita di piante impollinatrici.

La valutazione economica di questo servizio si basa sul valore economico complessivo di impollinazione (EVIP) disponibile anche per l'Italia dal 1991 al 2009 (Leonhardt et al., 2013), che si basa a sua volta sulla quantificazione del valore globale del servizio di impollinazione in funzione del valore della produzione agricola (Gallai et al., 2009), che pone il servizio al 9,5% del valore della produzione agricola mondiale utilizzata per l'alimentazione (valore al 2005). Per l'Italia il valore della EVIP medio annuale è pari a 2,02 miliardi di euro mentre il valore per area agricola è pari a 18.016 (EVIP in €/Kmq), considerando le principali colture dipendenti da impollinatori (mele, pesche e pesche noci, pere) con un valore della deviazione standard pari a 0,29. Sulla base di questi valori sono stati calcolati i due valori di minimo e massimo per unità di superficie agricola pari a), considerati valori del 2009 (Leonhardt et al., 2013).

Per il 2018 viene utilizzato il medesimo valore di riferimento sopra richiamato compreso tra 15.430 e 20.602 (€/Kmq 2009), già utilizzato nelle precedenti edizioni, attualizzato all'anno 2015 attraverso il coefficiente di rivalutazione monetaria. Il valore è rappresentato dall'intervallo di **169,27 €/ha – 226 €/ha**.

Valutazione Economica della perdita del servizio ecosistemico per il progetto in esame

Per il progetto in esame in relazione all'inserimento specie vegetali impollinatrici si può supporre che, con la realizzazione del progetto, si abbia un incremento rispetto al valore minimo euristicamente quantificato in +30%

$$169,27 \text{ €/ha} \times 1,3 = 220 \text{ €/ha}$$

Il valore del servizio ecosistemico relativo alla perdita di produzione agricola, per il caso in progetto può essere così determinato, facendo ancora una volta riferimento alle superfici impermeabilizzate o semi impermeabilizzate (cabine, strade).

Considerando l'area a disposizione di 371,43 ha, abbiamo

$$(220-169) \text{ €/ha} \times 371,43 \text{ ha} = 18.942,93 \text{ €/anno}$$

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



Studio Tecnico Calcarella

Via Vito Mario Stampacchia, 48 - 73100 Lecce
Dott. Ing. Fabio Calcarella

REGOLAZIONE DEL MICROCLIMA

Descrizione del Servizio Ecosistemico

La presenza di moduli fotovoltaici in un'area determina delle variazioni microclimatiche. Nel 2016 alcuni scienziati ambientali della Lancaster University e del Centro di Ecologia e Idrologia Britannico, hanno studiato per 12 mesi gli effetti di un tipico parco solare sui processi micro climatici e naturali del terreno che lo ospita. Hanno messo sotto osservazione per 12 mesi una centrale fotovoltaica con potenza installata pari a 5 MW nei pressi di Swindon, scoprendo che in estate i pannelli esercitano un effetto di raffreddamento nel suolo sottostante che può arrivare fino a 5,2 gradi centigradi. Al contrario in inverno gli spazi tra i pannelli risultavano fino a 1,7 gradi centigradi più freddi rispetto alle aree coperte dai moduli fotovoltaici. D'altra parte nello stesso studio è stato osservato che queste tendenze opposte **non hanno apportato significative differenza della temperatura media giornaliera** dell'aria; tuttavia, da aprile a settembre l'aria è stata costantemente più fresca sotto i moduli fotovoltaici durante il giorno e più caldo di notte, di fatto diminuendo le differenze di temperatura minime e massima durante le 24 ore.

Questo è uno dei pochi (forse l'unico) studio scientifico che tratta specificamente il tema del micro clima nelle aree interessate da grandi impianti fotovoltaici quale quello in Progetto.

Con riferimento allo specifico impianto in progetto rispetto a quello su cui è stata condotta l'osservazione scientifica osserviamo quanto segue.

1. L'impianto in progetto, a differenza dell'impianto di Swindon è realizzato con inseguitori solari (e non con moduli fissi) e quindi le aree di ombreggiamento non sono fisse ma cambiano nel corso della giornata. Sicuramente tale condizione ha degli effetti sul microclima al di sotto dei moduli.
2. L'area in cui è stata condotta la sperimentazione (Inghilterra meridionale) è diversa da quella del Progetto in esame (Area mediterranea)
3. L'Area di progetto presenta un ottimo livello di ventilazione durante tutto l'anno e questo sicuramente contribuisce a "miscelare" l'aria e limitare le differenze di temperatura tra aree contigue **sotto** i moduli fotovoltaici e **tra** i moduli fotovoltaici.
4. Infine la suddivisione del progetto in aree non contigue tra loro sicuramente limita gli effetti di variazione del microclima.

Dal momento che lo studio anglo sassone ha dimostrato che, nonostante ci siano variazioni di temperature tra zone sotto i moduli e zone tra i moduli, questo non apporta differenze significative nella temperatura media giornaliera, riteniamo che gli effetti della cosiddetta "*isola di calore*" **non siano applicabili agli impianti fotovoltaici.**

Gli effetti della cosiddetta “*isola di calore*”, determinata dall’incremento delle temperature superficiali dovuto al calore accumulato dalle superfici artificiali durante il giorno, che si ripercuote anche sui valori notturni specie in condizioni di stabilità atmosferica, è applicabile sostanzialmente a variazioni del microclima urbano, in cui abbiamo grandi aree occupate da *superfici sigillate* del terreno vegetale.

Inoltre lo stesso concetto di *superficie sigillata* non è in realtà applicabile al caso dei moduli fotovoltaici, perché questi non sono posti in aderenza al terreno. Tanto più che nel caso di inseguitori mono assiali, in cui i moduli si muovono nel corso della giornata.

Questa affermazione è di fatto indirettamente confermata dallo stesso documento “*Mappatura e valutazione dell’impatto del consumo di suolo sui servizi ecosistemici: proposte metodologiche per il Rapporto sul consumo di suolo*”, che afferma testualmente:

L’impatto della regolazione della temperatura da parte del sistema suolo-vegetazione sul benessere umano è fortemente dipendente dai collegamenti spaziali locali tra la fornitura potenziale e l’uso di questo servizio, dunque ha caratteristiche valutabili alla scala locale. Il consumo di suolo, o meglio la percentuale di area non sigillata, è un parametro rilevante poiché il terreno aperto è l’habitat più favorevole alla vegetazione per fornire servizi di mitigazione delle isole di calore (Van der Meulen et al., 2018).

In altri termini gli impatti prodotti da aumenti della superficie artificiale in un’area ha effetti sulla popolazione che vive nell’area stessa. Dal momento che l’impianto fotovoltaico in progetto è realizzato in area agricola, è evidente che questa non è interessata da popolazione residente.

E ancora, sempre nello stesso documento, la valutazione economica del Servizio Ecosistemico, è fatta con riferimento alla maggiore quantità di energia necessaria per raffrescare gli ambienti prodotta da una estensione della superficie artificiale, che genera modificazione del microclima urbano. Parametro che evidentemente non è applicabile ad impianti fotovoltaici in area agricola.

Infine riportiamo le conclusioni dello “*Studio Modellistico previsionale degli effetti sul microclima, comfort termico e qualità dell’aria dell’Impianto Agi voltaico sito in Brindis*”, facente parte dello Studio di Impatto Ambientale di progetto.

Dallo Studio è emerso che il progetto agrivoltaico porta ad un miglioramento della qualità dell’aria dovuto all’assorbimento e allo stoccaggio di inquinanti da parte delle specie vegetali adoperate e ad un netto miglioramento delle condizioni microclimatiche con una diminuzione massima di 2 °C della temperatura dell’aria, una diminuzione della temperatura del suolo fino a 2.3 °C e un aumento del

tasso di umidità relativa del suolo di 4.77%. Tali cambiamenti microclimatici si traducono in un miglioramento del comfort termico con una diminuzione termica massima percepita pari a 3 °C.

Per quanto sopra la realizzazione dell'impianto agro voltaico in progetto non genera costi esterni legati alla variazione del microclima nelle aree di progetto ed in quelle limitrofe.

I costi esterni sono semmai relativi alla variazione delle colture indotte dall'impianto agro voltaico e quindi già definiti e calcolati nel punto dedicato alla Produzione Agricola.

RIMOZIONE DI PARTICOLATO E OZONO

Descrizione del Servizio Ecosistemico

Tra i servizi ecosistemici di regolazione, un ruolo importante riguarda il miglioramento della qualità dell'aria (Manes et al., 2012). Attualmente, l'esposizione a inquinanti atmosferici è il principale fattore di rischio ambientale in Europa (EEA, 2014). In tale contesto, per l'Italia si stima il maggior numero di morti premature da inquinanti atmosferici (8.440; EEA, 2015).

Il servizio ecosistemico è stimato attraverso la rimozione di due inquinanti atmosferici, particolato atmosferico (PM10) e ozono troposferico (O₃), da parte degli ecosistemi forestali per l'intero territorio nazionale. Gli ecosistemi forestali, per l'elevato rapporto superficie fogliare/volume, contribuiscono in modo rilevante al processo di rimozione di inquinanti dall'atmosfera, in particolare grazie alla capacità di assorbimento fogliare di O₃ e di adsorbimento di PM10.

Valutazione economica

La valutazione monetaria considera i valori di esternalità (costo per tonnellata) dell'inquinamento da PM10 e da O₃. Tali valori corrispondono al costo per la società del danno causato dall'inquinamento alla salute umana e all'ambiente. Applicando le esternalità stimate per il territorio italiano, in termini di anni di vita persa (VOLY), più conservativo, e in termini del valore statistico di una vita (VSL) (EEA, 2014), è possibile calcolare l'ammontare monetario relativo alla mancata rimozione dei due inquinanti.

Il Report 2018 stima valori compresi tra 284,9-910 €/ha per il PM10 e tra i 234,9 e 693,7 €/ha per O₃ (EEA, 2014).

Valutazione Economica della perdita del servizio ecosistemico per il progetto in esame

Dal momento che l'area di progetto non è sicuramente tra le aree più inquinate del Paese possiamo 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.

Le superfici prive di vegetazione naturale sono quelle utilizzate per strade e cabine corrispondenti complessivamente a (vedi tabella sotto):

$$177.830+1.274= 179.104 \text{ mq (17,91 ha)}$$

Lotto	Superficie a disposizione (mq)	Superficie recintata (mq)	Perimetro recinzione (m)	Superficie Strade (mq)	Superficie Cabine+PCS	Numero Inseguitori	Lunghezza inseguitori	Larghezza fascia tra pali sostegno inseguitori	Sn	Sup Agricola riferita alla superficie a disposizione (mq)
Campo A1	310.539	231.596	2.144	12.862	110,3	1.060	18,762	3,00	72.635	237.904
Campo A2	208.227	170.366	2.331	11.766	93,4	772	18,762	3,00	55.312	152.915
Campo A3	203.341	106.359	1.529	7.839	76,5	473	18,762	3,00	34.539	168.802
Campo A4	303.322	221.771	1.935	9.522	110,3	1.001	18,762	3,00	65.975	237.347
Campo A5	99.097	80.135	1.566	7.923	59,6	342	18,762	3,00	27.232	71.865
Campo A6	480.696	382.038	2.521	16.416	161,0	1.745	18,762	3,00	114.796	365.900
Macro Area A	1.605.222	1.192.265	12.027	66.328	611,1	5.393	-	-	370.489	1.234.733
Campo B7	411.135	245.909	3.377	17.899	110,3	1.108	18,762	3,00	80.374	330.761
Campo B8	133.571	60.334	1.449	7.370	59,6	248	18,762	3,00	21.389	112.182
Campo B9	412.903	300.868	4.192	20.327	144,1	1.369	18,762	3,00	97.527	315.376
Macro Area B	957.609	607.111	9.018	45.596	314,0	2.725	-	-	199.289	758.320
Campo C10	159.832	44.424	1.710	8.727	42,7	161	18,762	3,00	17.832	142.000
Campo C11	81.375	17.913	556	2.950	42,7	112	18,762	3,00	9.297	72.078
Campo C12	145.609	71.461	3.280	16.432	42,7	195	18,762	3,00	27.450	118.159
Macro Area C	386.816	133.798	5.546	28.109	128,1	468	-	-	54.579	332.237
Campo D13	506.106	258.847	3.290	23.600	127,2	1.156	18,762	3,00	88.794	417.312
Campo D14	258.526	135.275	3.193	14.197	93,4	568	18,762	3,00	46.261	212.265
Macro Area D	764.632	394.122	6.483	37.797	220,6	1.724	-	-	135.055	629.577
TOTALE	3.714.279	2.327.296	33.074	177.830	1.274	10.310	-	-	759.412	2.954.867

Pertanto la valutazione Economica della perdita del servizio ecosistemico RIMOZIONE di PARTICOLATO e Ozono per il progetto in esame è:

$$285 \text{ €/ha anno} \times 17,91 \text{ ha} = 5.104 \text{ €/anno per il PM}_{10}$$

$$235 \text{ €/ha anno} \times 17,91 \text{ ha} = 4.209 \text{ €/anno per O}_3$$

Per complessivi 9.313 €/anno.

PROTEZIONE DALL'EROSIONE

Descrizione del Servizio Ecosistemico

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 (ISPRA, 2015).

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 (ISPRA, 2015).

Il suolo è l'oggetto dell'erosione da parte delle acque di ruscellamento superficiale e delle piogge, tuttavia, se in buone condizioni è meno erodibile. Un territorio in buone condizioni offre dunque una protezione dall'erosione come servizio di regolazione, poiché preserva la funzionalità del suolo.

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 kmq, il 20% dei quali subisce una perdita di suolo superiore a 10 t/ha/anno (Panagos et al., 2015c). 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 (ISPRA, 2013).

Questo servizio ecosistemico, dipendendo principalmente dalla capacità protettiva del manto vegetale, è fortemente legato alle variazioni d'uso e copertura del suolo. Le diverse forme di degrado del suolo (impermeabilizzazione anche parziale, compattazione, agricoltura intensiva, etc.) comportano la riduzione della capacità d'infiltrazione delle acque, una modifica del naturale reticolo di drenaggio e l'alterazione delle coperture vegetali un conseguente incremento dei deflussi idrici superficiali anche ad elevato carico solido. In generale la mancata ritenzione idrica da parte del suolo comporta un aumento dei fenomeni alluvionali ed erosivi (ad esempio, Commissione Europea, 2012; Rodriguez et al., 2014).

Valutazione economica del Servizio EcosistemicoE

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)

Per le Aree di Progetto in esame in considerazione dell'andamento pianeggiante, per la limitazione delle aree effettivamente impermeabilizzate o semi impermeabilizzate, possiamo pensare di far riferimento al valore più basso di **6,5 ton/ettaro per anno**

Il conseguente costo esterno o, se si preferisce, la valutazione economica di questo servizio ecosistemico, è valutato per valori compresi tra 11,01 e 117,6 €/t al 2015, che rivalutato a luglio 2023 determina valori compresi tra 12,9 e 137,5 €/t (coefficiente di rivalutazione ISTAT pari a 1,169). Per

il progetto in esame andremo a considerare un valore medio basso di **65 €/t**. Tale valore riportato alla superficie è pari a:

422,5 €/ha per anno

Valutazione Economica della perdita del servizio ecosistemico per il progetto in esame

Con riferimento alle caratteristiche geologiche, pedologiche, morfologiche e vegetazionali delle Aree di Progetto osserviamo quanto segue:

1. Dal punto di vista geologico si tratta di terreni calcarenitici
2. Dal punto di vista morfologico le aree di progetto sono pianeggianti o sub pianeggianti e pertanto non particolarmente soggette a fenomeni di erosione
3. Dal punto di vista vegetazionale le coltivazioni previste dal progetto agronomico nella fase di esercizio contribuiscono a mantenere in buone condizioni lo strato di terreno vegetale e preservarlo dall'erosione
4. 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), costituisce 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 e dalle strade (in macadam) interne alle Aree di progetto, pari a **17,91 ha** (vedi paragrafo precedente).

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

422,5 €/ha per anno x 17,91 ha= 7.567 €/anno

REGOLAZIONE DEL REGIME IDROLOGICO (INFILTRAZIONE)

Descrizione del Servizio Ecosistemico

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 (Calzolari et al. 2016).

Il servizio ecosistemico è valutato con riferimento all'incremento di consumo del suolo che determina un aumento del deflusso superficiale e una conseguente diminuzione dell'infiltrazione.

L'equazione generale su cui si basa il Metodo denominato BIGBANG è

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

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

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

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

E' 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.

Valori economici del Servizio Ecosistemico

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.

Il costo preso a riferimento al 2018 è compreso tra 7,5 e 8,74 €/mc per anno. Tali valori attualizzati a luglio 2023 determinano valori compresi tra 8,77 e 10,22 €/mc per anno (coefficiente di rivalutazione ISTAT pari a 1,169).

Valutazione Economica della perdita del servizio ecosistemico per il progetto in esame

Considerando che le precipitazioni medie annue nell'area di progetto sono comprese tra 460-490 mm (*fonte Regione Puglia – Annali Idrologici*), abbiamo i seguenti valori riportati all'unità di superficie.

$$460 \text{ mm} \times 10.000 \text{ mq} = 0,46 \text{ m} \times 10.000 \text{ mq} = 4.600 \text{ mc}$$

$$490 \text{ mm} \times 10.000 \text{ mq} = 0,49 \text{ m} \times 10.000 \text{ mq} = 4.900 \text{ mc}$$

Ovvero su un ettaro di terreno nelle aree di progetto "piovono" ogni anno 4.600-4.900 mc 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 3.220-3.430 mc.

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 come detto hanno superficie complessiva di **17,91 ha**.

Dal momento che tra tali aree quelle destinate a viabilità e piazzali, di fatto la maggior parte, saranno realizzate in macadam e dunque non totalmente impermeabilizzate, possiamo considerare la valutazione economica minima proposta da ISPRA di **8,77 €/mc**.

Il costo esterno correlato alla perdita di servizio ecosistemico capacità di infiltrazione del terreno per l'impianto in progetto è pertanto pari a:

$$\mathbf{3.430 \text{ mc /ha anno} \times 17,91 \text{ ha} \times 8,77 \text{ €/mc} = 538.752 \text{ €/anno}}$$

REGOLAZIONE DEL REGIME IDROLOGICO

Descrizione del Servizio Ecosistemico

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.

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.

Valutazione economica del Servizio Ecosistemico

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.

Per il *Rapporto 2018* la valutazione economica al 2015 è compresa tra 0,03-0,071 €/mc, attualizzati ad luglio 2023 a **0,035- 0,083 €/mc** (coefficiente di rivalutazione ISTAT pari a 1,169).

Valutazione Economica della perdita del servizio ecosistemico per il progetto in esame

Considerando che le precipitazioni medie annue nell'area di progetto sono comprese tra 460-490 mm (*fonte Regione Puglia – Annali Idrologici*), abbiamo i seguenti valori riportati all'unità di superficie.

$$460 \text{ mm} \times 10.000 \text{ mq} = 0,46 \text{ m} \times 10.000 \text{ mq} = 4.600 \text{ mc}$$

$$490 \text{ mm} \times 10.000 \text{ mq} = 0,49 \text{ m} \times 10.000 \text{ mq} = 4.900 \text{ mc}$$

Ovvero su un ettaro di terreno nelle aree di progetto "piovono" ogni anno 4.600-4.900 mc di acqua

Per quanto attiene la valutazione economica faremo riferimento al valore medio stimato dal *Rapporto 2018 attualizzato a luglio 2023* (media aritmetica tra valore massimo e valore minimo, pari a **0,059 €/mc**). Pertanto avremo

$$4.900 \text{ mc /ha anno} \times 17,91 \text{ ha} \times 0,059 \text{ €/mc} = 5.178 \text{ €/anno}$$

PURIFICAZIONE DELL'ACQUA DAI CONTAMINANTI

Descrizione del Servizio Ecosistemico

L'acqua che si infiltra nel suolo subisce un processo di "purificazione" attraverso processi bio-chimici svolti dalla parte minerale del suolo, e ancor più dalla sua componenti biologica. La **capacità depurativa** è funzione non solo delle proprietà del suolo, quali la capacità di scambio cationica 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 (Xu et al., 2016).

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 ridurne la velocità al fine di regolarne l'infiltrazione nel suolo (Elmqvist et al., 2010).

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 (La Notte, 2017).

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.**

Valutazione economica del Servizio Ecosistemico

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. I valori economici corrispondono a 18,31 – 4.884,7 €/ha per anno al 2015, che attualizzati a luglio 2023 sono pari a 21,40 – 5.710,21 €/ha per anno (coefficiente di rivalutazione ISTAT pari a 1,169).

Valutazione Economica della perdita del servizio ecosistemico per il progetto in esame

Dal momento che il carico di azoto presente nelle aree di progetto non presenta valori eccezionali, si può assumere con valore del servizio ecosistemico di purificazione un valore medio – basso pari a 2.000 €/ha per anno, rispetto al valore massimo e minimo indicati nel *Rapporto2018*.

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

$$2.000 \text{ €/ha anno} \times 17,91 \text{ ha} = 35.820 \text{ €/anno}$$

STIMA DELL'IMPATTO ECONOMICO E SOCIALE SULL'USO DEL SUOLO - CONCLUSIONI

In considerazione delle valutazioni economiche effettuate per i Servizi Ecosistemici sopra considerati, possiamo stimare il costo economico e sociale sull'uso del suolo generato dall'impianto agro voltaico in progetto.

	SERVIZI ECOSISTEMICI	COSTO ESTRENO	BENEFICI ESTERNI	
1	Stoccaggio e sequestro di carbonio	135.740,00 €	-	
2	Qualità degli habitat	48.267,95 €	-	
3	Produzione agricola	-	424.542.149,21 €	
4	Produzione di legname	-	2.651.806,50 €	
5	Impollinazione	-	18.942,93 €	
6	Regolazione del microclima	-	-	
7	Rimozione particolato ed ozono	9.313,00 €	-	
8	Protezione dall'erosione	7.567,00 €	-	
9	Regolazione del regime idrologico - infiltrazione	538.752,00 €	-	
10	Regolazione del regime idrologico	5.178,00 €	-	
11	Purificazione dell'acqua dai contaminanti	35.820,00 €	-	
	TOTALE	780.637,95 €	427.212.898,64 €	426.432.260,69 €

Il cambio di coltura agricola e l'inserimento dell'uliveto super intensivo contribuisce a determinare un beneficio positivo che ampiamente compensa gli altri Costi esterni per i servizi ecosistemici che vengono mancare a causa della realizzazione dell'impianto.

Anche facendo riferimento all'analisi servizi ecosistemici abbiamo un rapporto benefici/costi positivo, in termini aritmetici il rapporto **benefici/costi locali è di circa 3 a 1**