



Aprile 2024

## Giraffe CE 2 S.r.l.

IMPIANTO INTEGRATO AGRIVOLTAICO COLLEGATO ALLA RTN  
IN COMUNE DI *BONORVA E SEMESTENE*  
POTENZA NOMINALE **32,11 MW**

## Studio agronomico

AA-IT028-08-2022-0021

<p><i>Progettazione</i></p> 	<p><i>Analisi e valutazioni ambientali e paesaggistiche</i></p> 
<p><i>Certificazione del sistema di gestione DNV</i> ISO 9001 e ISO 14001</p>	<p><i>Certificazione del sistema di gestione DNV</i> ISO 9001 e ISO 14001</p>

*Committente***Giraffe CE 2 S.r.l.**

*Indirizzo Viale della Stazione 7,  
39100 Bolzano (BZ) - Italia*

*Progettazione*

*Via Angelo Fumagalli, 6  
20134 Milano - Italia  
+39.0254118173*

*Analisi e valutazioni ambientali e paesaggistiche*

*Via Carlo Poerio, 39  
20129 Milano - Italia  
+39.02277441*

Redazione	Dott. Agr. Luciano Grilli
Revisione	Arch. Giulia Peirano
Approvazione	Dott. Ing. Corrado Pluchino
Codice di progetto	Codice distinto per AI e per Montana - anticipato del codice del progetto dato dal committente
Documento	Studio agronomico
Codice	AA-IT028-08-2022-0021
Versione	01
Data	05/04/2024

**INDICE**

1. PREMESSA .....	4
1.1 FINALITÀ .....	4
1.2 RIFERIMENTI NORMATIVI .....	5
2. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO DA REALIZZARE.....	6
3. STATO DI FATTO .....	9
3.1 LOCALIZZAZIONE IMPIANTO .....	9
3.2 OROGRAFIA E PAESAGGIO AGRARIO – NATURA DEL TERRENO .....	10
3.3 CLIMATOLOGIA E AGRICOLTURA.....	11
3.4 REDDITIVITÀ E CICLO ECONOMICO DEL FONDO AGRICOLO – ANTE INVESTIMENTO .....	12
4. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO AGRO-ENERGETICO .....	13
4.1 IL PROGETTO AGRO-ENERGETICO .....	13
5. TECNICA COLTURALE .....	14
5.1 CONDUZIONE TECNICA.....	14
5.2 COMPATIBILITÀ AGROAMBIENTALE E CONTINUITÀ DELLE ATTIVITÀ AGRICOLE .....	15
5.3 GESTIONE IRRIGUA.....	15
5.4 INTERVENTI DI MITIGAZIONE AL PAESAGGIO AGRARIO .....	16
5.5 FASCIA ARBUSTIVA ED ARBOREA PERIMETRALE .....	17
6. MACCHINE ED ATREZZATURE AGRICOLE UTILI PER LE CURE COLTURALI .....	20
7. SISTEMA DI MONITORAGGIO .....	24
8. SICUREZZA DEI LAVORATORI AGRICOLI.....	25
9. OBIETTIVI PRODUTTIVI E ANALISI DELLA REDDITIVITÀ.....	26
10. CONCLUSIONI .....	27
BIBLIOGRAFIA .....	28

## 1. PREMESSA

Il progetto in questione prevede la realizzazione, tramite la società di scopo Giraffe CE 2 S.r.l., di un impianto solare fotovoltaico di potenza pari a 32,11 MW in alcuni terreni a siti nei territori comunali di Bonorva (SS) e Semestene (SS); nello specifico, l'area catastale ha un'estensione di circa 77,77 ettari complessivi di cui circa 49,93 ha recintati.

Giraffe CE 2 S.r.l., è una società italiana con sede legale in Italia nella città di Bolzano (BZ) in Viale della Stazione 7. Le attività principali del gruppo sono lo sviluppo, la progettazione e la realizzazione di impianti di medie e grandi dimensioni per la produzione di energia da fonti rinnovabili.

Il progetto in esame è in linea con quanto previsto dal: "Pacchetto per l'energia pulita (Clean Energy Package)" presentato dalla Commissione europea nel novembre 2016 contenente gli obiettivi al 2030 in materia di emissioni di gas serra, fonti rinnovabili ed efficienza energetica e da quanto previsto dal Decreto 10 novembre 2017 di approvazione della Strategia energetica nazionale emanato dal Ministro dello sviluppo economico, di concerto con il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare.

L'opera ha dei contenuti economico-sociali importanti e tutti i potenziali impatti sono stati mitigati. Il progetto sarà eseguito in regime "agrivoltaico" che produce energia elettrica "zero emission" da fonti rinnovabili attraverso un sistema integrato con l'attività agricola, garantendo un modello eco-sostenibile che fornisca energia pulita e prodotti sani da agricoltura biologica.

La tecnologia impiantistica prevede l'installazione di moduli fotovoltaici bifacciali che saranno installati su due diverse tipologie di strutture; ovvero, sia strutture mobili (tracker) di tipo monoassiale mediante palo trivellato nel terreno, sia su strutture fisse anch'esse mediante palo trivellato nel terreno.

Le strutture, sia fisse sia mobili, saranno posizionate in maniera da consentire lo sfruttamento agricolo ottimale del terreno; i pali di sostegno delle strutture sono posizionati distanti tra loro di 5 metri per l'intera area di impianto. Tali distanze sono state applicate per consentire la coltivazione e garantire la giusta illuminazione al terreno, mentre i pannelli sono distribuiti in maniera da limitare al massimo l'ombreggiamento. Saranno utilizzate due tipologie di strutture; la prima composta da 14 moduli e la seconda composta da 28 moduli.

I terreni non occupati dalle strutture dell'impianto continueranno ad essere adibiti ad uso agricolo e pastorale.

Il progetto rispetta i requisiti riportati all'interno delle "Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici", pubblicate nel Giugno del 2022 dal MiTE (oggi MASE-Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica) in quanto la superficie minima per l'attività agricola è pari al 79,82% mentre la LAOR (Land Area Occupation Ratio – rapporto tra la superficie totale di ingombro dell'impianto agrivoltaico e la superficie totale occupata dal sistema agrivoltaico) è pari al 28,95%.

Infine, l'impianto fotovoltaico sarà collegato in antenna a 36 kV sulla sezione a 36 kV di una nuova stazione elettrica della RTN a 220/36 kV da inserire in entra-esce alla linea 220 kV "Codrongianos – Ottana".

### 1.1 FINALITÀ

La presente relazione ha come finalità:

- la descrizione allo stato dei luoghi e le attività agricole in esso praticate, in particolar modo sulle aree di particolare pregio agricolo e/o paesaggistico;
- individuazione colture più idonee in funzione della zona e adozione di tutti gli accorgimenti per la coltivazione, considerata la presenza dei moduli dell'impianto fotovoltaico;
- verificare e confrontare le redditività potenziali ante e posto trasformazione culturale e destinazione d'uso;

- Verificare i requisiti A, B, C, D, E, previsti dalle Linee Guida in materia di impianti agrivoltaici pubblicato dal MiTe – Ministero della transizione ecologica (ora MASE Ministero dell’Ambiente e della Sicurezza Energetica).

I sistemi agro-fotovoltaici costituiscono un approccio strategico e innovativo per combinare il solare fotovoltaico (FV) con la produzione agricola al per il recupero delle aree marginali e le aree destinate alla coltivazione estensiva. La sinergia tra modelli di agricoltura 4.0 e l’installazione di pannelli fotovoltaici di ultima generazione potrà garantire una serie di vantaggi a partire dall’ottimizzazione del raccolto e della produzione zootecnica, sia dal punto di vista qualitativo che quantitativo, con conseguente aumento della redditività e dell’occupazione. Anche 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.

L’Agro-fotovoltaico (abbreviato AFV) è stato definito dall’articolo 31 del D.L. 77/2021, come convertito con la L. 108/2021, anche definita governance del Piano nazionale di ripresa e resilienza e prime misure di rafforzamento delle strutture amministrative e di accelerazione e snellimento delle procedure, ha introdotto, al comma 5, la definizione che un impianto agro-fotovoltaico è caratterizzato da caratteristiche utili a coniugare la produzione agricola con la produzione di energia green. Precisamente gli AFV sono impianti che “adottino soluzioni integrative innovative con montaggio di moduli elevati da terra, anche prevedendo la rotazione dei moduli stessi, comunque in modo da non compromettere la continuità delle attività di coltivazione agricola e pastorale, anche consentendo l’applicazione di strumenti di agricoltura digitale e di precisione”.

## 1.2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Il Decreto Legislativo 29 dicembre 2003, n. 387, in Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell’energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell’“elettricità”, si propone, all’Art.1, di promuovere un maggiore contributo delle fonti energetiche rinnovabili per la produzione di energia elettrica nel mercato italiano. Inoltre, l’art. 7 stabilisce che per la scelta dell’ubicazione di impianti come quello in oggetto “si dovrà tenere conto delle disposizioni in materia di sostegno nel settore agricolo, con particolare riferimento alla valorizzazione delle tradizioni agroalimentari locali, alla tutela della biodiversità, così come del patrimonio culturale e del paesaggio rurale di cui alla legge 5 marzo 2001, n. 57, articoli 7 e 8, e del decreto legislativo 18 maggio 2001, n. 228, articolo 14”. Inoltre, la scelta dell’ubicazione dovrà tenere conto dei Piani paesaggistici e delle prescrizioni di uso ai sensi del D.Lgs. 22/01/2004, n. 42 e s.m.i. recante Codice dei beni culturali e del paesaggio e dell’art. 27 del D.Lgs 152/06 e successive modifiche e integrazioni, e all’art. 27- bis- Provvedimento autorizzativo unico regionale - e nel rispetto dei criteri e delle indicazioni stabili dal Decreto 17 maggio 2006 dell’Assessorato regionale per il territorio e l’ambiente.

Nel Giugno 2022, il Ministero della Transizione Ecologica, ora MASE, ha pubblicato le Linee Guida in Materia di Impianti Agrivoltaici con lo scopo di chiarire quali siano le caratteristiche minime e i requisiti che un impianto fotovoltaico dovrebbe possedere per essere definito tale.

Le suddette Linee Guida sono state prodotte nell’ambito di un gruppo di lavoro coordinato dallo stesso ministero, e composto da CREA (Consiglio per la ricerca in agricoltura e l’analisi dell’economia agraria), GSE (Gestore dei servizi energetici S.p.A.), ENEA (Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l’energia e lo sviluppo economico sostenibile) e RSE (Ricerca sul sistema energetico S.p.A).

## 2. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO DA REALIZZARE

Il layout d'impianto è stato sviluppato secondo le seguenti linee guida:

- Analisi vincolistica;
- Scelta della tipologia impiantistica;
- Ottimizzazione dell'efficienza di captazione energetica;
- Disponibilità delle aree, morfologia ed accessibilità del sito acquisita sia mediante sopralluoghi che rilievo topografico di dettaglio.

L'area dedicata all'installazione dei pannelli fotovoltaici è suddivisa in 22 sezioni denominate S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9, S10, S11, S12, S13, S14, S15, S16, S17, S18, S19, S20, S21; i dettagli relativi alla potenza, alla tipologia e al numero di strutture e ai moduli presenti in ciascuna sezione sono riportati nella Tabella 2.1.

Tabella 2.1 - Descrizione Layout suddiviso per sezioni di impianto

SEZIONE	FISSO 1X14	FISSO 1X28	TRACKER 1X14	TRACKER 1X28	NUMERO MODULI	POTENZA [MWP]	TRAFO [KVA]	NUMERO CABINE
S1	-	-	0	16	448	0,31	3200	-
S2	10	15	-	-	560	0,39	3200	-
S3	-	-	10	21	728	0,50	3200	-
S4	-	-	24	45	1.596	1,10	3200	1
S5	-	-	10	9	392	0,27	3200	-
S6	-	-	20	39	1.372	0,95	3200	-
S7	46	353	-	-	10.528	7,26	3200	2
S8	-	-	4	9	308	0,21	3200	-
S9	-	-	14	34	1.148	0,79	3200	-
S10	-	-	12	14	560	0,39	3200	-
S11	-	-	10	22	756	0,52	3200	1
S12	-	-	26	31	1.232	0,85	3200	1
S13	-	-	10	10	420	0,29	3200	-
S14	6	20	-	-	644	0,44	3200	-
S15	28	125	-	-	3.892	2,69	3200	1
S16	20	112	-	-	3.416	2,36	3200	-
S17	-	-	20	52	1.736	1,20	3200	-
S18	-	-	30	175	5.320	3,67	3200	1
S19	-	-	40	203	6.244	4,31	3200	1
S20	-	-	44	148	4.760	3,28	3200	1

SEZIONE	FISSO 1X14	FISSO 1X28	TRACKER 1X14	TRACKER 1X28	NUMERO MODULI	POTENZA [MWP]	TRAFO [KVA]	NUMERO CABINE
S21	-	-	8	13	476	0,33	3200	-
TOTALE	110	625	282	841	46.536	32,11	-	10

Inoltre il layout dell'impianto è stato progettato considerando le seguenti specifiche, per strutture fisse:

- Larghezza massima struttura in pianta: 2,00 m;
- Altezza massima palo struttura: 1,823 m;
- Altezza massima struttura: 2,628 m;
- Altezza minima struttura: 1,30 m;
- Pitch (distanza palo-palo) tra le strutture: 5,00 m;
- Larghezza viabilità del sito: 4,00 m;
- Disposizione dei moduli fotovoltaici sulle strutture di sostegno in 1 fila (1p);

Inoltre il layout dell'impianto è stato progettato considerando le seguenti specifiche, per strutture mobili (tracker):

- Larghezza massima struttura in pianta: 2,384 m;
- Altezza massima palo struttura: 2,380 m;
- Altezza massima struttura: 3,385 m;
- Altezza minima struttura: 1,30 m;
- Pitch (distanza palo-palo) tra le strutture: 5,00 m;
- Larghezza viabilità del sito: 4,00 m;
- Disposizione dei moduli fotovoltaici sulle strutture di sostegno in 1 fila (1p).

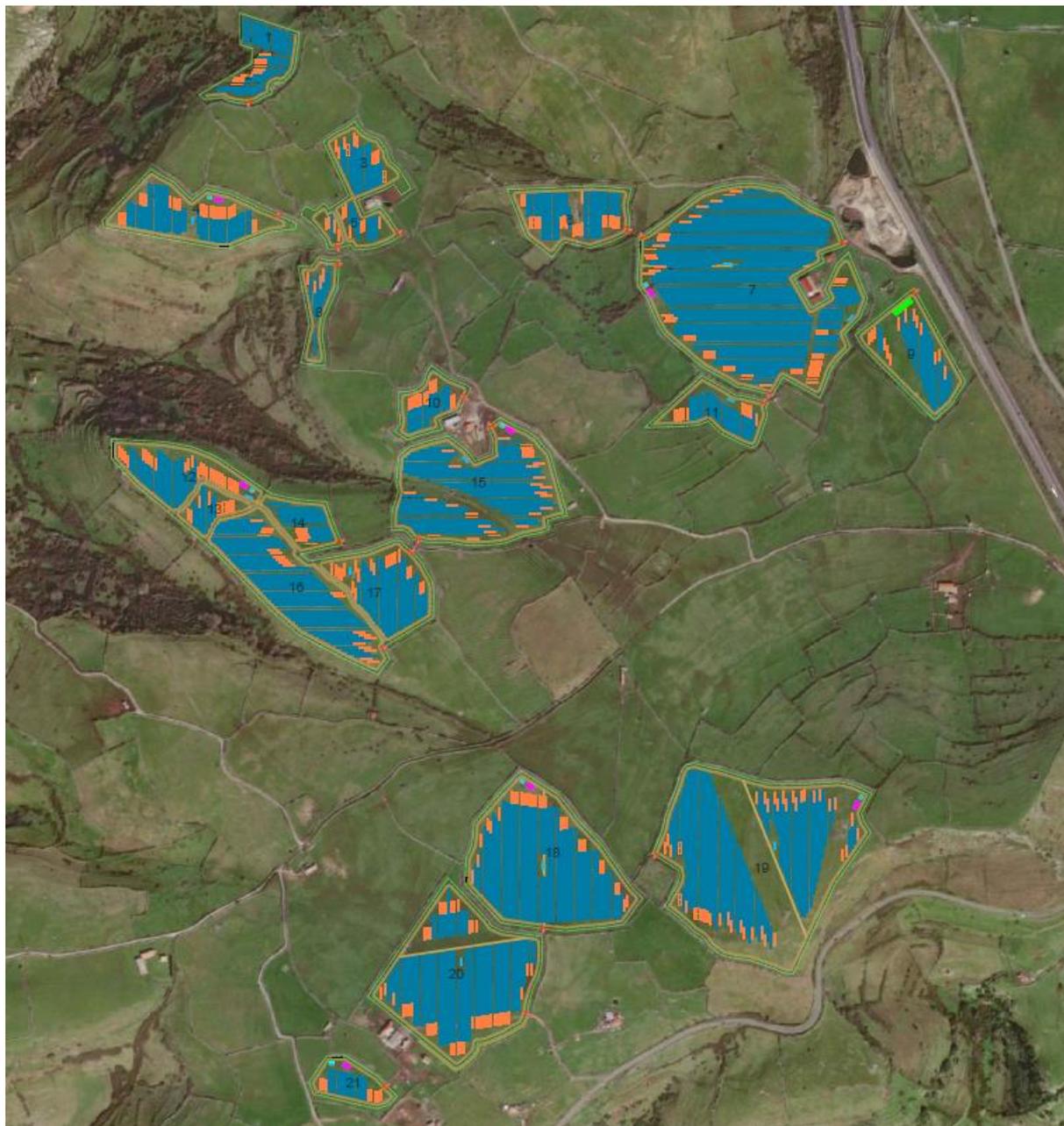


Figura 2.1 - Layout di progetto

### 3. STATO DI FATTO

#### 3.1 LOCALIZZAZIONE IMPIANTO

Il progetto in esame è ubicato nei territori comunali di Bonorva e Semestene, entrambi in Provincia di Sassari. L'area di progetto è divisa in 21 sezioni denominate S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9, S10, S11, S12, S13, S14, S15, S16, S17, S18, S19, S20 e S21 situate a circa 2,37 km a Ovest del centro abitato di Bonorva (SS) e a circa 700 m dal centro abitato di Semestene (SS).

Le 21 sezioni sono vicine tra loro e risultano separate da diversi elementi, quali: muretti a secco, strade rurali, linee aeree BT, MT e AT e alvei di diverse dimensioni.

Le sezioni sono adiacenti tra di loro, le 4 sezione a Sud risultano separate dal resto dell'impianto dalla Strade Vicinale Giaga e Mesu e dalla Strada vicinale Pedra. L'area di progetto è collocata ad Ovest della Strada Statale n.131 – Carlo Felice (SS131) (dal 162 km e 400 m al 163 km e 200 m) e a nord della Strada Provinciale n.8 (SP8) (Figura 3.1).

L'area di progetto presenta un'estensione complessiva catastale di circa 77,77 ettari complessivi di cui circa 49,93 ha recintati.

L'area deputata all'installazione dell'impianto fotovoltaico in oggetto risulta essere adatta allo scopo presentando una buona esposizione ed è facilmente raggiungibile ed accessibile attraverso le vie di comunicazione esistenti.

Attraverso la valutazione delle ombre si è cercato di minimizzare e ove possibile eliminare l'effetto di mutuo ombreggiamento, così da garantire una perdita pressoché nulla del rendimento annuo in termini di produttività dell'impianto fotovoltaico in oggetto.

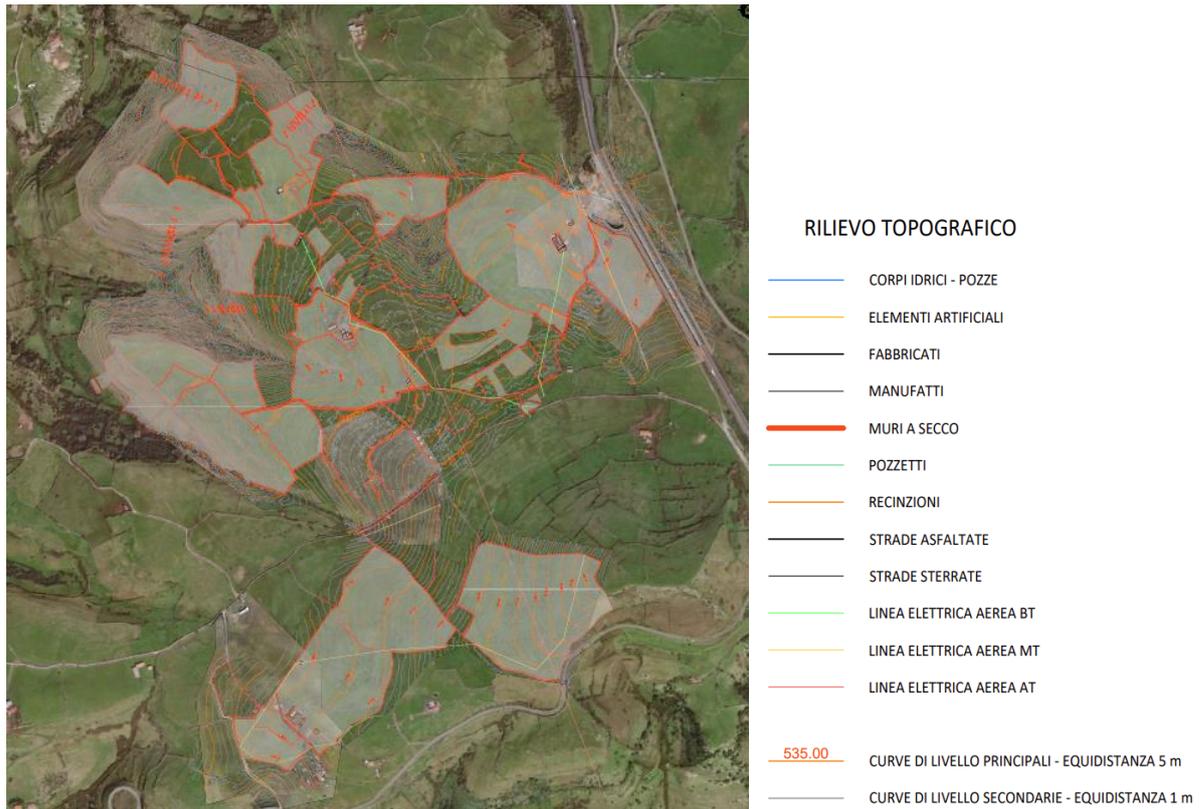


Figura 3.1 - Rilievo dell'area di progetto

### 3.2 OROGRAFIA E PAESAGGIO AGRARIO – NATURA DEL TERRENO

L'area si trova su un altopiano con elevazione di circa 500 m slm. Nello specifico, il paesaggio agrario è caratterizzato dall'assenza di boschi e piante di alto fusto. Sono invece presenti i classici muretti a secco che delimitano gli appezzamenti e i vecchi percorsi interpoderali. Tali manufatti però si presentano, per una certa parte, in cattive condizioni di conservazione con varie zone dove la loro continuità è interrotta da fenomeni franosi. Dal sopralluogo effettuato, nella primavera del 2023, si è rilevato come la natura dei terreni sia di medio impasto e con apparente discreta dotazione di sostanza organica, ma con grande quantità di scheletro. La sassosità è così elevata che in molte aree il franco di coltivazione è minimo e consente la crescita e lo sviluppo solo di piante erbacee. La giacitura degli appezzamenti in questione è sostanzialmente pianeggiante o leggermente inclinata, si tratta infatti di un altopiano abbastanza isolato, circondato però da aree non coltivate e a forte pendenza.



Figura 3.2: Foto dello stato di fatto, esempio muretti a secco

### 3.3 CLIMATOLOGIA E AGRICOLTURA

Il clima è quello tipico della Gallura interna e cioè: una stagione calda che va dal 15 giugno al 15 settembre, con luglio mese più caldo con temperatura media massima di 30 °C. Il mese più freddo è gennaio, con temperature medie fra 2 e 11 °C, raramente la temperatura minima scende sotto gli 0 °C. Le piogge, praticamente assenti nel periodo più caldo, si accentrano prevalentemente in autunno-inverno e, in misura minore, in primavera. La piovosità media annua va dai 500 ai 650 mm (fonte Climate Data).

Sui 6 appezzamenti, presenti in progetto, insistono 4 aziende agricole, ma solo 2 vengono gestite da veri e propri imprenditori agricoli. In particolare, le aziende Angius e Faedda hanno le caratteristiche specifiche di aziende dirette coltivatrici e possono garantire una gestione agricola duratura nel tempo ed una conduzione economica dei loro allevamenti. Le due aziende hanno un centro aziendale, recinti e ricoveri coperti per gli animali allevati, nonché un impianto per la mungitura degli ovini. Entrambe possiedono anche vari attrezzi agricoli e un trattore. Gli appezzamenti in questione non presentano sistemazioni agronomiche per la regimazione delle acque meteoriche, sostanzialmente per due motivi: le precipitazioni non raggiungono volumi consistenti e sono abbastanza distribuite sui mesi dell'anno più piovosi, in particolare da fine settembre a metà maggio;

la natura del terreno, prevalentemente sassosa, consente una notevole infiltrazione delle acque meteoriche che quindi non hanno la necessità di essere convogliate verso una rete di emungimento (scoline).

Queste caratteristiche di suolo e di giacitura danno luogo ad appezzamenti, quasi-pianeggianti, talvolta contornati da muretti a secco, edificati nel passato grazie all'asportazione delle pietre più grandi dall'interno dei terreni. Su questi terreni non viene praticata nessuna rotazione agraria, né viene coltivato in alcun modo il terreno. Di fatto il terreno non viene mai lavorato, neppure quando i conduttori vogliono rinnovare il prato-pascolo al fine di ripristinarne la qualità. Tale modalità di conduzione dei terreni, pur rifacendosi agli schemi dell'antica pastorizia transumante, ha una sua logica ed anche una certa modernità, dato che una tale gestione si potrebbe ascrivere alla tecnica della "non-lavorazione". Questo tipo di coltivazione è comunque motivato dalla natura particolarmente sassosa dei terreni che non consente un tipo di agricoltura diversa. Tuttavia, il prato-pascolo si presenta in buono stato a significare che il terreno, seppure di spessore ridotto, è di discreta qualità chimico-fisica e biologica.



Figura 3.3: Stato dell'arte dell'area in esame

### 3.4 REDDITIVITÀ E CICLO ECONOMICO DEL FONDO AGRICOLO – ANTE INVESTIMENTO

Attualmente non è semplice stimare il reddito di aziende che non tengono regolarmente una contabilità e quindi dobbiamo attenerci a quelli che sono i dati medi della zona. Il reddito agricolo nelle aziende interessate dall'impianto è legato esclusivamente all'allevamento ovi-caprino dato che i terreni non vengono coltivati, ma presentano unicamente un prato pascolato regolarmente dagli animali. Tutte le integrazioni alimentari necessarie, come fieno e cereali, vengono acquistate sul mercato. Attualmente la situazione reddituale delle aziende agricole è piuttosto critica, nonostante il prezzo del latte sia mediamente al di sopra di 1 €/l, proprio a causa del forte aumento che hanno subito i cereali e gli altri mezzi tecnici necessari. È indubbio che l'impossibilità di produrre in proprio i prodotti necessari all'integrazione alimentare degli ovi-caprini rende queste aziende più esposte alle fluttuazioni del mercato. Tutto ciò genera una redditività molto altalenante che in certi momenti, come in quello attuale, può portare anche a produrre in perdita. Perdurando questa situazione precaria, la sopravvivenza economica di queste aziende può essere a rischio con il conseguente abbandono dell'attività agricola seguito dall'inselvaticamento dei terreni non più regolarmente curati e pascolati, con tutte le problematiche che ciò comporterebbe (non presidio del territorio, riduzione della biodiversità, potenziale dissesto idrogeologico...ecc.).

## 4. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO AGRO-ENERGETICO INTEGRATO

### 4.1 IL PROGETTO AGRO-ENERGETICO

La progettazione dell'impianto fotovoltaico ha tenuto conto delle attività agricole che si andranno a realizzare, come si può notare dalle caratteristiche costruttive descritte. Bisogna comunque considerare che i terreni non prevedono il frequente passaggio di mezzi agricoli dal momento che l'utilizzo esclusivo sarà quello del pascolamento di animali di taglia ridotta (ovini).

L'ottimale valorizzazione dei terreni agricoli in questione è l'allevamento ovino, già ben sviluppato nell'area e ben gestito dalle aziende agricole presenti. Il progetto agrovoltaiico in questione non prevede alcuna modifica nella sistemazione e gestione degli appezzamenti in quanto questi non necessitano differenti sistemazioni idrauliche né spianamenti, mentre è opportuno prevedere una certa riduzione della pietrosità superficiale, attraverso un leggero dissodamento del terreno e una successiva raccolta dei sassi presenti in superficie. Ciò al fine di accrescere il franco di coltivazione attuale, aumentando in tal modo anche la capacità di trattenimento dell'acqua piovana, con relativo miglioramento dell'efficienza e della produttività del prato-pascolo. Tale attività sarà realizzata razionalmente al termine delle attività di cantiere, in modo da ripristinare al meglio i terreni, all'interno del parco agrovoltaiico, sui quali si svolgerà l'attività agricola.



Figura 4.1: Immagine esemplificativa del pascolo ovino.

## 5. TECNICA COLTURALE

### 5.1 CONDUZIONE TECNICA

Da tutto ciò si comprende come col nuovo impianto Agrovoltaiico le superfici a pascolo interessate non verranno alterate, ma anzi si potrà avere un buon miglioramento delle condizioni agricole attraverso il dissodamento dei terreni, la riduzione della sassosità superficiale e l'irrigazione di soccorso nel periodo estivo.

Migliorare le aree destinate a pascolo permanente garantirà:

- l'aumento della produttività delle superfici pascolive nella disponibilità dei capi allevati in azienda;
- l'aumento della qualità e della quantità di foraggio fresco nella disponibilità dei capi che pascolano le superfici, con susseguente riduzione di acquisto di foraggi extra aziendali.

Per il popolamento erbaceo si ipotizza un mix di 60% leguminose e 40% graminacee, al fine di mantenere una elevata biodiversità vegetale. Tale inerbimento favorisce una maggiore biodiversità microbica e della mesofauna del terreno, nonché quella della fauna selvatica che trova rifugio nel prato e contribuisce al miglioramento dei suoli in virtù delle proprietà anti-erosive del manto erboso, all'utilizzo di piante azotofissatrici e alla riduzione della diffusione di specie infestanti. Inoltre, si prevede un miglioramento della struttura del suolo in virtù degli apparati radicali fittonanti che sono capaci di sviluppare alcune specie designate (leguminose).

La produzione foraggera, per la maggior parte, non sarà destinata ad essere sfalciata o ad operazioni di fienagione. Essa verrà invece destinata al pascolamento da parte di ovini da latte, provenienti dagli allevamenti aziendali, già presenti nelle aziende in oggetto.

La superficie foraggera sarà suddivisa in più settori in modo che, a rotazione, venga garantita la "messa a riposo" per un periodo congruo, questo per evitare fenomeni di "stanchezza" del terreno e garantire il mantenimento della fertilità del suolo secondo la buona pratica agronomica. In questo caso il pascolamento di una data area è interrotto da un periodo di ricrescita indisturbata dell'erba.

Le colture foraggere verranno gestite in asciutto, ma con la possibilità di una o due irrigazioni di soccorso.

Per quanto riguarda la tecnica di pascolamento, si ricorrerà a quella a rotazione, in modo tale che gli animali non insistano troppo sullo stesso appezzamento, evitando quindi il sovrapascolamento, per garantire il giusto sviluppo vegetativo delle essenze del pascolo ed evitare danni al cotico erboso.

Nel pascolamento a rotazione la composizione strutturale del pascolo è più equilibrata rispetto al pascolo utilizzato di continuo, perché le diverse specie vegetali che costituiscono il manto erboso hanno la possibilità di ricrescere tra una pascolata e la successiva, allungando la vita effettiva del pascolo stesso.

Per una corretta gestione della superficie foraggera, la stessa verrà suddivisa in più settori; questi saranno delimitati da recinzioni elettriche a basso voltaggio al fine di impedire lo sconfinamento in altri settori. La banda di elettrificazione avrà un'altezza di circa 1,0 m e sarà sorretta da picchetti appositi da posizionarsi ogni 5 metri. La banda di elettrificazione verrà alimentata da elettrificatori a batteria con basso voltaggio aventi una autonomia di 10.000 ore. Lo scopo di realizzare una recinzione elettrificata, a basso voltaggio, è quello di creare una barriera psicologica per evitare lo sconfinamento da parte degli ovini.

Questo tipo di recinzione non sarà fisso, ma del tipo amovibile in modo che il gregge venga spostato con facilità da un settore all'altro.

È chiaro poi che l'accresciuta redditività di buona parte dei terreni aziendali, ottenuta grazie alla differenziazione multifunzionale della produzione di energia elettrica generata dalla presenza di un impianto Agrovoltaiico, migliorerà nettamente la redditività delle aziende agricole interessate, inoltre

potrà portare ad un incremento degli investimenti aziendali come anche ad una crescita professionale e imprenditoriale degli addetti stessi.

## 5.2 COMPATIBILITÀ AGROAMBIENTALE E CONTINUITÀ DELLE ATTIVITÀ AGRICOLE

Si ribadisce che il progetto in questione mantiene la vocazione agro-zootecnica del territorio, non altera inoltre il profilo dei terreni e anche le modifiche apportate sono solo transitorie e sostanzialmente non provocano perdite significative di terreno agricolo. Inoltre, si può generare una spinta positiva anche verso l'innovazione tecnologica e si mantiene, o addirittura si incrementa, l'occupazione agricola della zona. Infatti, oltre all'attività agro-zootecnica attualmente presente, si genererà una nuova attività per la gestione del verde della fascia di mitigazione e per la pulizia e guardiania dei pannelli fotovoltaici, oltre naturalmente a quella legata alla manutenzione elettrotecnica dell'impianto.

## 5.3 GESTIONE IRRIGUA

Sui terreni in questione non è presente al momento alcuna dotazione idrica, salvo qualche piccola cisterna utilizzata per abbeverare il bestiame. Nel presente piano di sviluppo si prevede di incrementare la capacità di immagazzinamento dell'acqua piovana invernale, attraverso lo scavo di numero 3 vasche di raccolta, localizzate in posizione limitrofa ai 3 lotti omogenei che caratterizzano il progetto agrolvoltaico in modo da consentire, nei periodi siccitosi, l'utilizzo per una o due irrigazioni di soccorso del prato-pascolo. Verrà quindi introdotta la tecnica dell'irrigazione, al momento completamente assente nell'area interessata dal progetto. Il sistema di Irrigazione di precisione ipotizzato può rientrare nell'Agricoltura 4.0 e può supportare la gestione, il controllo e il monitoraggio degli impianti di irrigazione, migliorando l'efficienza e la precisione degli interventi. Oggi grazie all'irrigazione automatizzata e ai sensori si può gestire con la massima precisione il fabbisogno idrico e nutritivo delle colture, anche da remoto con pc o smartphone. Grazie alle informazioni su umidità del terreno ed evapotraspirazione della coltura prativa, rilevate da sensori specifici, e gestite dalle centraline, è possibile prendere decisioni più consapevoli e più accurate, relativamente a turni di irrigazione e volumi di acqua da distribuire. Così la gestione automatizzata dell'irrigazione diventa uno strumento per incrementare la qualità e la resa delle coltivazioni. Infatti, grazie ai sistemi di automazione, oggi è possibile:

- programmare turni irrigui controllando valvole e pompe, con la possibilità di gestire anche la fertirrigazione (distribuzione controllata dei fertilizzanti insieme all'acqua di irrigazione);
- rilevare i dati di campo con sensori e stazioni meteo, ottimizzando la resa tecnica dell'acqua di irrigazione.

Tutto ciò porta a benefici consistenti nella riduzione dei costi e nell'aumento della produttività. Nel caso in questione l'aumento della resa del pascolo, legata all'irrigazione, consente una maggiore presenza di bestiame sul pascolo e quindi a un notevole risparmio nel costo di alimentazione del gregge aziendale, che nel periodo estivo andrebbe alimentato solo con mangimi acquistati fuori azienda.

Per quanto attiene alla modalità di bagnatura, si è pensato ad un innovativo sistema di irrigazione: il **Floppy Sprinkler** è un nuovo sistema di aspersione che somministra un volume di precipitazione di 5 mm l'ora, quindi si tratta di "pioggia lenta" che è ideale, sia dal punto di vista agronomico che da quello del risparmio idrico, anche in considerazione della natura fortemente drenante del terreno in questione. Il sistema di irrigazione Floppy Sprinkler è in grado di fornire con precisione l'esatta quantità di acqua necessaria alla coltura, con un'efficienza di applicazione del 90%. La bassa pressione di esercizio dell'acqua (2 bar), necessaria per far funzionare il sistema di irrigazione, lo rende ideale per funzionare con l'energia solare come fonte principale di energia. Tale metodo innovativo soddisfa i tre macro-driver della moderna agricoltura: risparmio idrico, risparmio energetico e sostenibilità ambientale. In definitiva questo sistema di irrigazione consente di estendere i vantaggi dell'irrigazione a goccia ad un sistema di irrigazione per micro-aspersione, particolarmente adatta alle coltivazioni erbacee di pieno campo, come

quelle presenti nel nostro caso. Inoltre, si può utilizzare la palificazione dell'impianto agrivoltaico per supportare le ali gocciolanti del floppy sprinkler, con una buona efficienza e una riduzione di costo per la messa in opera.

Infine, il sistema di irrigazione Floppy Sprinkler è adatto agli agricoltori, anche per la sua semplicità d'uso. Il sistema non richiede competenze specialistiche o una formazione intensiva per essere utilizzato con successo.

#### 5.4 INTERVENTI DI MITIGAZIONE AL PAESAGGIO AGRARIO

La mitigazione ambientale deve presentare vari interventi nell'ambito dell'area di progetto e provvedere ad una riduzione adeguata dei vari aspetti impattanti, con particolare riguardo alle componenti ambientali collegate più direttamente alla realizzazione dell'impianto agrovoltaico che sono: il suolo, il paesaggio e la biodiversità. Per quanto riguarda il paesaggio, particolare attenzione è dedicata alla conservazione e al ripristino dei muretti a secco, il mantenimento di tali manufatti, compreso anche il programma di restauro delle parti parzialmente rovinate, sarà evidenziato nella documentazione di progetto a testimonianza che il nuovo impianto si inserisce nel paesaggio agrario senza provocare alcun stravolgimento. Due poi sono le altre aree di attività da implementare:

- a) ripristinare le condizioni e l'uso del suolo alla fine delle attività di cantiere, come già indicato in precedenza; il terreno, infatti, andrà decompattato e ripulito anche dalla sassosità che certamente sarà affiorata a seguito delle opere di scavo per l'impianto dei pannelli;
- b) attuare le schermature arboree e arbustive da realizzare con ecotipi locali, definiti nel regolamento regionale, evitando di generare un effetto barriera e contribuendo a creare elementi di transizione estesi e irregolari. Gli arbusti dovranno essere prevalentemente sempreverdi, per garantire un'adeguata copertura visiva dall'esterno, alternati a quelli a foglia caduca, in maniera sempre più rada, cercando di creare un effetto il più naturale possibile. L'inserimento di siepi autoctone perimetrali potrà essere strutturato in diversi moduli combinati tra loro per la realizzazione di siepi bi-filari e tri-filari il cui fine è quello di ridurre l'impatto visivo e acustico dell'impianto Agrovoltaico e creare così anche un ambiente favorevole all'incremento della biodiversità. Le specie da impiegare sono quelle autoctone indicate dalla Regione Sardegna. Relativamente alle specie arbustive sempreverdi: Lentisco, Mirto, Oleandro, Filirea, Ginestra, Corbezzolo...; fra quelle caducifoglie: Rosa canina, Prugnolo, Biancospino, Rovo comune..... Fra le specie arboree: Roverella, Sughera, Leccio, Acero minore, Ciliegio selvatico..... La consociazione floristica, le modalità di impianto, il disegno e le relative densità verranno ovviamente precisate nel progetto definitivo. La mitigazione data dallo schermo vegetazionale è da prevedersi solo nelle zone aperte alla vista dall'esterno, mentre nelle aree nascoste la mitigazione sarà realizzata solo dalla presenza dei muretti a secco. Si riserva una fascia di circa 5m compresa fra il muretto a secco e la recinzione, tale area è idonea allo sviluppo della vegetazione e alle attività di manutenzione della stessa. Vista la natura del terreno, notevolmente ricca di scheletro, particolare cura andrà posta nella messa in opera delle piante, attraverso lo scavo di trincee da riempire con terra di coltivo e concime organico, oltre alla posa di un impianto di microirrigazione (irrigazione a goccia) a beneficio della vegetazione impiantata, vista la natura del terreno e l'andamento climatico dell'area in questione. Lo schema ideale della fascia di mitigazione, dall'esterno verso l'interno degli appezzamenti, prevede la successione di: muretto a secco, fascia a verde, recinzione. Un'attenzione particolare andrà data anche alla recinzione perimetrale al fine di evitare un impatto visivo negativo.

Inoltre, dal punto di vista strutturale, nella parte a terra dovrà consentire il passaggio dei piccoli selvatici in modo da non creare una barriera biologica invalicabile che ostacoli la biodiversità.

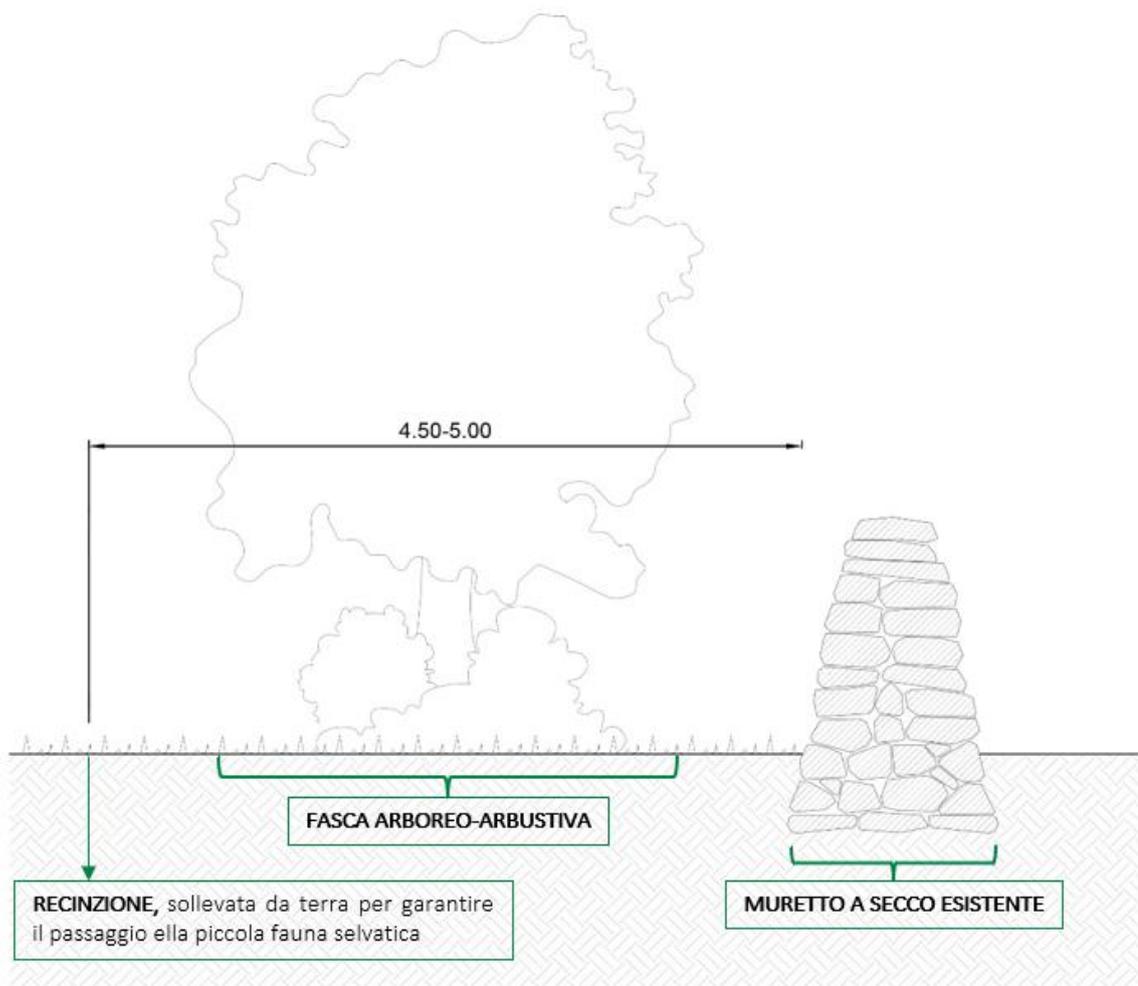


Figura 5.1: Schema di mitigazione

## 5.5 FASCIA ARBUSTIVA ED ARBOREA PERIMETRALE

Piantumazione di fasce vegetate a portamento arboreo e arbustivo, che contribuiranno a ridurre l'effetto percettivo, ad aumentare la biodiversità e a potenziare la rete ecologica locale. Al fine di una ottimale valorizzazione ambientale della fascia sono state selezionate specie tipiche del corredo floristico dell'area in esame (compatibili con le esigenze di non ombreggiamento dei moduli fotovoltaici e tali da non richiedere frequenti interventi di potatura), scelte in funzione delle caratteristiche edafiche e stagionali locali e dell'appetibilità faunistica. In particolare, saranno adottate specie a fioritura appariscente (e.g. *Pyrus spinosa*, *Pistacia lentiscus*, *Rhamnus alaternus* etc.), in modo da favorire la presenza di insetti bottinatori, importante fonte di cibo per i pulli, delle specie di uccelli potenzialmente nidificanti nei medesimi ambienti ri-naturalizzati con, oltretutto, interessanti ricadute in termini di servizi ecosistemici. Il mix si integrerà di specie a fruttificazioni distribuite nell'arco annuale, incluse quelle persistenti anche nei periodi tardo autunnali e invernali, come fonte di cibo per l'avifauna svernante nella zona (e.g. *Phyllirea latifolia*, *Juniperus oxycedrus*, *Myrtus communis*, *Olea europea*). Inoltre, l'impiego di piante ad alto fusto (e.g. *Quercus ilex*, *Quercus suber*), in grado di raggiungere altezze più elevate, consociate a specie arbustive di bassa/media taglia, contribuirà alla creazione di una

struttura densa e pluristratificata, finalizzata a un incremento delle zone rifugio e a una maggiore diversificazione ecologica.

Nello specifico sarà prevista la messa a dimora di:

- n. 1 fila vegetata arbustiva posta ad 1,0 m dalla recinzione composto da specie arboree con interasse 2,0 m;
- n. 1 fila vegetata arborea posta ad 1,0 m dal filare di specie arboree composto da specie arbustive con interasse 1,0 m.

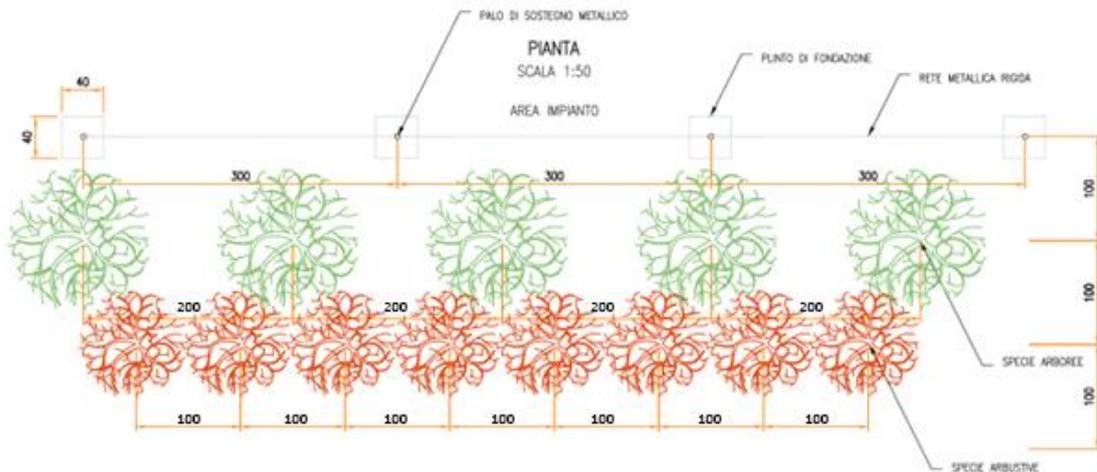


Figura 5.2: Tipologico del filare di mitigazione.

Realizzazione – nelle zone perimetrali tra le diverse tessere - di aree boscate, in aderenza (e continuità) alla vegetazione spontanea esistente, che contribuiranno a ridurre l'effetto percettivo e a potenziare la rete ecologica locale. A tal proposito, sono state selezionate specie tipiche delle formazioni arboree locali (e.g. *Quercus ilex*, *Quercus suber*).

Costituzione, nelle zone libere all'interno dell'area di impianto, di aree rifugio (e.g. cumuli di pietre, cumuli di piante morte) con lo scopo di favorire lo sviluppo della biodiversità locale, in particolare dell'entomofauna e dell'erpetofauna.

Si prevede in particolare la realizzazione di:

- n° 3 cumuli di pietre (di circa 4 m<sup>3</sup>/cad e costituiti da pietre di varie pezzature, da ubicarsi in zone con prolungato soleggiamento e protette dal vento) di provenienza locale. I cumuli consentiranno di offrire a quasi tutte le specie di rettili e ad altri piccoli animali numerosi nascondigli, postazioni soleggiate, siti per la deposizione delle uova e quartieri invernali.
- n° 3 cumuli di piante morte (di circa 4 m<sup>3</sup>/cad meglio se di specie autoctone differenti, da ubicarsi in alternativa anche vicino alle pietre di cui sopra). Il legno morto rappresenta una importante e insostituibile fonte di biodiversità che contribuisce ad aumentare la complessità, e con essa la stabilità, degli ecosistemi. La "necromassa" garantisce la presenza di numerosissimi microhabitat necessari a molte specie animali e vegetali che qui possono trovare un substrato idoneo, rifugio, nutrimento: basti pensare ai numerosi organismi saproxilici (che dipendono dal legno morto in qualche fase del loro ciclo vitale) tra cui gli invertebrati che si nutrono di legno (xilofagi) o che nel legno vivono (xilobi), i funghi (in particolare basidiomiceti), i licheni o le epatiche ma anche roditori, anfibi e rettili che vi trovano rifugio. Il suo ruolo è importante anche per la riproduzione di molti organismi (in particolare invertebrati) che sono alla base della catena trofica per molte specie avifaunistiche e mammiferi.



Figura 5.3: Specie per filare di mitigazione.

## 6. MACCHINE ED ATTREZZATURE AGRICOLE UTILI PER LE CURE COLTURALI

Le macchine e le attrezzature da utilizzare, per conto terzi o di proprietà, sono condizionate fortemente dall'ampiezza dei corridoi di terreno tra le strutture e la loro altezza da terra.

A titolo esemplificativo e non esaustivo, si ritengono necessarie le seguenti macchine ed attrezzature:

- Trattrice di media potenza (100-130 hp), per le lavorazioni preimpianto ed impianto (trinciatura e semina su sodo);
- Trincia a catene (larghezza massima 2,40 metri);
- Seminatrice su sodo (larghezza massima 3 metri);
- Falciatrice con barra falciante di larghezza utile compresa max 2,50 m (opzionale – solo in caso di sfalcio prati).

Landini REX 4 è una macchina trattrice di tipo specializzato, adoperata tra le colture con spazi ristretti (es. vigneti), con file di larghezza tra i 200 cm e 270 cm. Le dimensioni rispetto alla soluzione 1 sono inferiori sia in termini di larghezza (min. 1330mm max 1945mm) che in termini di altezza (inferiore ai 3000 mm), sufficienti per transitare tra le file di tracker sia quando sono in posizione di esercizio che durante il posizionamento di manutenzione.



	REX 4-080 F-GE-GB-GT	REX 4-090 F-GE-GB-GT	REX 4-100 F-GE-GB-GT	REX 4-110 F-GE-GB-GT	REX 4-120 F-GE-GB-GT
<b>MOTORE</b>					
Costruttore	Deutz AG				
Modello	TCD 2,9 L4 HT		TCD 2,9 L4 HP		
Potenza nominale (ISO)	CV/kW 75 / 55	79 / 58	86 / 63	95 / 70	105 / 77
Potenza massima (ISO)	CV/kW 75 / 55	90 / 66	95 / 70	102 / 75	112 / 82
Regime nominale	giri/min 2200				
Regime di potenza massima	giri/min 1500 1700 1700 1800 2000				
Coppia massima	Nm 375 378 400 410 420				
Regime di coppia massima	giri/min 1600				
Riserva di coppia	% 56,0 50,0 46,3 34,9 25,7				
Cilindrata	cm <sup>3</sup> 2900				
Cilindri / Valvole	4 TA / 8				
Classe di emissioni	Stage V / Tier IV				
Sistema di post-trattamento	EGR + DOC + DPF		EGR + DOC + DPF + SCR		
Sistema di filtrazione aria	Power Core				
<b>DIMENSIONI E PESI</b>					
Passo	mm 2140				
Altezza dal centro assale posteriore al telaio di sicurezza	mm 1710				
Altezza dal centro assale posteriore al tetto della cabina	mm 1500				
Altezza dal centro dell'assale posteriore al cofano	mm 825 (885 alla sommità del cofano)				
Larghezza totale min - max	mm 1340-1690 (F) / 1415-1530 (GE) / 1400-1510 (GB) / 1510-2100 (GT)				
Dimensione minima pneumatici posteriori - Raggio Indice (RI)	mm 380/70R24 - 575 (F) / 360/70R24 - 525 (GE) / 360/70R20 - 500 (GB) / 420/70R24 - 600 (GT)				
Dimensione massima pneumatici posteriori - Raggio Indice (RI)	mm 420/70R28 - 650 (F) / 360/70R24 - 550 (GE) / 360/70R20 - 500 (GB) / 420/70R30-480/70R28 - 675 (GT)				
Peso alla spedizione	kg 2800				
Peso massimo ammissibile	kg 5250				
Predisposizione per attrezzi anteriori e ventrali	● telaio con predisposizione attrezzature ventrali e frontali integrata ○ supporti attrezzature ventrali				
Supporto zavorre anteriori	strutturale				
Zavorre anteriori	kg ○ 6x28 / 8x28 / 4x42 / 8x42 (F-GE-GB) - ○ 6x36 / 8x36 (GT)				
Zavorre posteriori	kg ○ 2x45 (1 x ruota) / 4x45 (2 x ruota)				
Legenda: ● standard ○ option - non disponibile					

Figura 6.1: Specifiche tecniche trattrice Landini REX 4

Nell'ambito degli attrezzi agricoli si riportano a seguire alcune soluzioni: trincia a catena, seminatrici su sodo, barra falciatrice e Rotoimballatrice che potrebbero trovare applicazione sui terreni oggetto di studio.

Trincia a Catene modello ALG Viene prodotto nelle due larghezze cm.240 e cm. 200. Come tutti i nostri trincia a catene possono lavorare in condizioni estreme di pietra e scoglio fisso. Il regime di giri motore del trattore a 1300-1400 giri al minuto primo è più che sufficiente al trincia. Ciò permette di un assorbimento di potenza al 50% rispetto a tutti gli altri tipi di trinciatrici ed anche un consumo di oltre il 50% in meno rispetto ai medesimi. Così le emissioni di CO<sub>2</sub> (anidride carbonica) ed in conseguenza i consumi di carburante sono ridotti moltissimo rispetto agli altri sistemi di trinciatura, conseguenza del sommarsi di minore potenza assorbita e minore regime d'uso dei nostri trincia a catene. La larghezza di lavoro quasi pari all'ingombro avendo la trasmissione a centro macchina e non lateralmente permette di avvicinarsi moltissimo agli ostacoli ed anche di non ricevere alcun danno da involontari urti laterali dell'attrezzo con pietre o altro. Altra caratteristica molto importante ed apprezzata è la possibilità di poter lavorare sia in marcia avanti che in retromarcia senza alcun problema.



Modello	Larghezza lavoro	Peso	Trattori compatibili
<b>ALG200</b>	200 cm	550 Kg	da 60 a 130 Hp
<b>ALG240</b>	240 cm	610 Kg	da 70 a 130 Hp

Figura 6.2: Specifiche tecniche Trincia a Catene modello ALG

La seminatrice portata 3P1006NT da 3m è stata concepita per lavorazioni su terreno sodo, per semine di qualsiasi seme minuto anche in presenza di molti residui colturali. Le caratteristiche principali sono: le ruote posteriori che permettono l'utilizzo di trattori di bassa potenza e i particolari dischi Great Plains "06 Series Openers" che permettono una deposizione del seme perfetta. I dischi precaricati a 204kg assicurano un'ottima penetrazione su terreni tenaci. La macchina può essere allestita con 3 differenti tramogge per 3 differenti tipi di seme, che lavorano con 3 ratei differenti e profondità differenziate. La tramoggia principale è posizionata nella parte anteriore della macchina, mentre quelle optional nella parte posteriore. La seconda tramoggia può essere utilizzata anche per concimi o per semi tipo le cover crops.



Modello	3,05m portata
Utilizzo	Su Sodo
Spaziatura tra le file	19 cm
Larghezza di lavoro	2,86 m
Larghezza di trasporto	3 m
Altezza di trasporto	Varia dal tipo di trattore
H.P Richiesti	100+
Peso *	2186 kg
Tramoggia principale	705 L
Tramoggia seme piccola	85 L
Cover	352 L
Fertilizzante	261 L
Seconda tramoggia principale	352 L

Figura 6.3: Specifiche tecniche Seminatrice su sodo 3P1006NT Great Plains

Falcia condizionatrice frontale

Dalle schede tecniche reperite si evince la possibilità di utilizzo di diversi modelli di falcia condizionatrice frontale aventi larghezza di lavoro compresa tra 2,4 e 3 m.



FALCIATRICI FRONTALI IDRAULICHE HYDRAULIC FRONT MOWERS

Dati tecnici/Technical specifications		DFH6000 DFH6003 DFH6000GM DFH6003GM	DFH7000 DFH700GM	FFH240 FFH240GM	FFH280 FFH280GM	FFH300 FFH300GM
Larghezza taglio/Cutting width	m.	2,40	2,80	2,40	2,70	3,00
Dischi - Tamburi/Discs - Drums	n.	6	7	4	4	4
Coltelli/Blades (oval discs)	n.	12	14	16	16	16
Coltelli/Blades (triang. discs)	n.	18				
Cardano/Cardan shaft	n.	1	1	1	1	1
Potenza assorbita/Power absorbed	HP	70	80	80	90	90
Peso falciatrice/Mower's weight	Kg	520	745	750	800	820
Peso condiz. a rulli/Roller conditioner's weight	Kg	130	140	130	140	150

Figura 6.4: Specifiche tecniche Falcia condizionatrice frontale DFH (diversi modelli)

### Rotoimballatrice (rotopressa)

Le rotoimballatrici più comuni presentano una larghezza di lavoro inferiore a 2,5 m.



MODELLO	SP 1200	SP 1500
<b>DIMENSIONI</b>		
Lunghezza (cm)	360	380
Larghezza (cm)	225	225
Altezza (cm)	200	220
<b>DIMENSIONI BALLE</b>		
Diametro (cm)	120	150
Larghezza (cm)	120	120

Figura 6.5: Specifiche tecniche Rotopressa SUPERTINO (diversi modelli)

## 7. SISTEMA DI MONITORAGGIO

Il sistema di monitoraggio che verrà adottato per l'impianto agrovoltico in questione riguarderà in modo particolare il prato-pascolo. Verrà installato un sistema integrato che permetta di raccogliere i dati sulla coltura e sulle condizioni ambientali che influiscono sulla sua resa.

Questo sistema di monitoraggio servirà sia per operazioni automatiche (es. azionare l'impianto di microirrigazione nel periodo di maggiore siccità) sia per fornire dati sulla base dei quali decidere eventuali azioni sulla coltura quali, ad esempio, un intervento di fertilizzazione.

Il sistema di sensoristica verrà installato in campo aperto e la trasmissione dei dati verrà garantita 24h su 24. Il sistema di monitoraggio sarà composto dai seguenti elementi.

Innanzitutto, ci saranno sensori che misureranno fattori ambientali, quali umidità/temperatura del terreno. Questi sensori saranno integrati all'interno di colonnine meteo (stazioni meteo) che verranno disposte in più punti dell'area agricola destinata ad accogliere l'impianto agrovoltico.

In particolare, le stazioni meteo che si prevede di impiegare saranno dotate di anemometro, pluviometro (in grado di misurare pioggia cumulata e intensità di precipitazione), la radiazione solare (globale, UV, PAR), l'umidità, la temperatura del terreno e la pressione atmosferica. Queste stazioni meteo saranno alimentate con pannelli solari.

I dati provenienti dai sensori verranno poi trasmessi a un sistema di raccolta dati. Trattandosi di un corpo fondiario occupato dall'impianto agrovoltico di notevoli dimensioni con una estensione di circa 54 ettari, la comunicazione avverrà tramite sistema wifi in collegamento con la stazione principale.

I dati inviati verranno poi raccolti su server dedicato o su piattaforma cloud. La visualizzazione dei dati avverrà tramite browser con l'utente finale che accede via web alla propria area riservata e visualizza i dati

provenienti dai sensori installati negli appezzamenti occupati dalla coltura; agli stessi dati si può accedere poi tramite app installata su smartphone sviluppata dall'azienda che fornirà il sistema di monitoraggio.

Una volta raccolti i dati forniti dai vari sensori installati, questi verranno scaricati su PC al fine di essere elaborati e analizzati. Il sistema di monitoraggio in progetto prevederà inoltre l'attivazione di alert via mail o notifiche tramite app se i valori misurati supereranno soglie predefinite. In alcuni casi al superamento delle soglie sarà possibile poi far partire delle operazioni automatiche.

## 8. SICUREZZA DEI LAVORATORI AGRICOLI

L'approccio della società alla sicurezza è sistematico e prevede la valutazione del rischio, l'analisi delle minacce, vulnerabilità e conseguenze e la preparazione di una strategia per eliminare, laddove possibile, o ridurre i rischi potenzialmente legati allo svolgimento di ogni attività. È per questo che la tutela di tutti i lavoratori, inclusi quelli agricoli che opereranno all'interno degli impianti agrivoltaici, è accuratamente considerata e ogni rischio potenziale valutato ed opportunamente evitato o mitigato.

Un fallimento nella gestione della sicurezza potrebbe portare a infortuni, perdite di vite umane, danni alle strutture, danni finanziari, etc; pertanto, la capacità di salvaguardare tutto il personale, i beni e le operazioni dalle minacce è fondamentale.

L'approccio prevederà un'attenta valutazione caso per caso delle varie attività agricole e pastorizie che verranno condotte all'interno degli impianti e una conseguente analisi dei rischi e formulazione di un piano di azione che preveda le relative misure di prevenzione e protezione.

Tali misure si articoleranno su diversi fronti:

- Attività di valutazione preliminare dei rischi interferenziali tra presenza dell'impianto e lavorazioni agricole presenti, e successivo processo dinamico di valutazione in caso di modifiche e di gestione delle emergenze.
- Attività di somministrazione di corsi di formazione per il personale agricolo; tale attività di formazione verterà sullo svolgimento delle lavorazioni agricole in sicurezza in combinazione con la presenza dell'impianto fotovoltaico, quindi per esempio come svolgere le lavorazioni in condizioni di sicurezza, in quali momenti poterle svolgere, l'utilizzo corretto di dotazioni e attrezzature in questo particolare caso e la viabilità / presenza di passaggi nell'area in questione.
- Messa a punto di un sistema di gestione e verifica degli ingressi al sito, al fine di assicurare che tutte le persone/lavoratori che accedono siano autorizzati all'ingresso e opportunamente formati per le attività da svolgere.
- Collaborazioni e sinergie con associazioni di categoria, per garantire un costante dialogo sui temi della sicurezza su lavoro in questo particolare ambito.
- Misure di protezione pratiche, atte a garantire lo svolgimento delle lavorazioni agricole in sicurezza ed evitare il possibile contatto con le strutture dell'impianto, quali ad esempio l'installazione di una recinzione perimetrale in legno intorno all'inverter, una struttura di cemento di dimensioni ridotte a terra per evitare l'eventuale contatto con i cavi in ingresso, e l'inserimento dei cavi all'interno dell'asse di rotazione dell'impianto. Si sottolinea inoltre che, come ulteriore misura di protezione, è presente anche la possibilità di posizionare i trackers in posizione di sicurezza (stow position) per un breve periodo, in caso di necessità o di attività agricole particolarmente sensibili o rischiose, al fine di garantire la maggior sicurezza possibile ai lavoratori ed ai mezzi agricoli.

Ovviamente le aree dell'impianto saranno correttamente segnalate e identificate e dotate di sistemi di illuminazione se necessario. Inoltre, si sottolinea l'impianto verrà adattato in base alle esigenze dell'agricoltore, in equilibrio con la componente paesaggistica e di sostegno alla biodiversità e non compromettendo la continuità delle attività di coltivazione agricola.

## 9. OBIETTIVI PRODUTTIVI E ANALISI DELLA REDDITIVITÀ

Per quanto riguarda la redditività delle aziende agricole, come accennato sopra, è difficile fornire dei dati precisi in quanto le aziende, per la maggior parte e ancor di più quelle di medio-piccole dimensioni, non tengono una contabilità sistematica. Quindi le nostre considerazioni si basano sui rilevamenti RICA (Rete d'Informazione Contabile Agricola) che consentono di avere dati aggiornati su un numero statisticamente significativo di aziende agricole suddivise per regione, ordinamento produttivo e dimensione, quest'ultima a livello sia di SAU (superficie agricola utilizzata) che di PLV (produzione lorda vendibile) che di ULU (unità lavorative uomo).

Attualmente l'area interessata dal progetto agrovoltico ammonta a circa 59 ha e quella totale delle 4 aziende agricole coinvolte è di circa 79 ha. Siamo in presenza di 2 aziende agro-zootecniche piccole e 2 medio-piccole. Dopo la realizzazione del progetto si formerà un'unica azienda agricola di medio-grande dimensione (59 ha). Quindi tornando alle valutazioni RICA, anche solo per questo accorpamento aziendale e per una logica razionalizzazione produttiva, avremo un miglioramento della produttività. Inoltre, i miglioramenti agronomici previsti (spiетramento superficiale e irrigazione di soccorso) potranno generare ulteriori incrementi nella produttività e anche nel reddito agricolo complessivo riferito alla superficie coltivata e al maggior numero di animali (ovini) allevabili.

Nella regione Sardegna per unità più piccole il valore (PLV) medio aziendale è di 18.213 €, mentre per le medio-piccole i ricavi salgono a 33.531 €. Nelle aziende medio-grandi i ricavi ammontano a 56.736 €. A questi valori vanno poi aggiunti quelli derivanti dal supporto pubblico che accrescono le cifre sopra riportate di un ulteriore 40/50%.

In conclusione, la nuova azienda agricola formatasi in virtù del progetto agrovoltico potrebbe contare su una PLV complessiva di circa 82.000 euro con un probabile Valore Aggiunto ben superiore alla media rilevata da RICA di 886 €/ha ( $886 \text{ €} \times 59 \text{ ha} = 52.274 \text{ €/anno}$ ). Come detto, il miglioramento può derivare sia dalla maggiore dimensione della nuova azienda agricola che dalle migliorie agronomiche prodotte dal progetto agrovoltico.

I dati RICA, sopra riportati e pubblicati nel 2023, sono di particolare rilevanza in quanto il legislatore li indica come termine di paragone per valutare ogni anno la reale produttività agricola delle aziende agricole coinvolte in progetti agrovoltici.

## 10.CONCLUSIONI

L'impianto in questione può ampiamente rispettare i requisiti degli impianti agrovoltaici, definiti dalle linee guida del MASE. Il sistema agrovoltaico è progettato e gestito in modo da non compromettere la continuità dell'attività agricola e pastorale. Infatti:

- l'impianto adotta soluzioni con moduli elevati da terra e distanziati sufficientemente da ottimizzare le prestazioni del sistema agrovoltaico, sia in termini energetici che agricoli, inoltre il pascolamento non è minimamente ostacolato dalla presenza dei pannelli, anzi è favorito, soprattutto nei periodi più caldi, dalla presenza di un'ombra mitigatrice della temperatura che migliora il benessere degli animali presenti sul pascolo;
- è dimostrato da vari lavori scientifici (v. bibliografia es. Marrou et al., 2013) che la presenza dei pannelli ha un effetto positivo anche sulla coltura sottostante, nel nostro caso il prato-pascolo, in quanto, grazie alla funzione termo moderatrice dell'ombreggiamento, si ha una riduzione dell'evapotraspirazione della coltura e quindi un minore stress dovuto alle alte temperature estive, inoltre la riduzione delle temperature massime al di sotto dei pannelli, in virtù della presenza del prato-pascolo, consente una migliore efficienza di accumulo per i pannelli stessi, anch'essi limitati nella trasformazione delle radiazioni solari da temperature troppo alte;
- grazie al notevole investimento del progetto agrovoltaico è possibile introdurre quelle migliorie agronomiche (spietramento superficiale e irrigazione di soccorso) che altrimenti non sarebbero state possibili;
- anche a livello ambientale il progetto apporta considerevoli migliorie in virtù della piantagione di essenze arboree e arbustive di pregio e del restauro dei muretti a secco presenti, attualmente in cattivo stato di conservazione;
- il progetto agrovoltaico in esame consente un'ottima integrazione e sinergia fra attività agro-zootecnica e produzione elettrica, valorizzando il potenziale produttivo di entrambi i sottosistemi.

Tale progettazione si ritiene possa fornire la garanzia di una produttività agricola allineata, o anche superiore, alla produttività media della zona, sia per ettaro che per capo di bestiame allevato, come richiesto dalle linee guida, e ciò in virtù delle varie considerazioni tecniche fin qui argomentate. Sulla base di quanto su esposto si può infine concludere che l'investimento proposto non prevede interventi che possano compromettere in alcun modo il suolo agrario e in ragione delle operazioni di miglioramento sopra descritte avrà ricadute positive per il territorio in termini di miglioramento agronomico, economico e ambientale.

## BIBLIOGRAFIA

1. Agostini, A., Colauzzi, M., & Amaducci, S. (2021). Innovative agrivoltaic systems to produce sustainable energy: An economic and environmental assessment. *Applied Energy*, 281. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.116102>
2. Agrivoltaic systems to optimise land use for electric energy production. Stefano Amaducci, Xinyou Yin, Michele Colauzzi. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.03.081>
3. Allison T.D., Root T.L., Frumhoff P.C., 2014. Thinking globally and siting locally – renewable energy and biodiversity in a rapidly warming world. *Clim. Change* 126, 1–6.
4. Aroca-Delgado, R., Pérez-Alonso, J., Callejón-Ferre, Á. J., & Velázquez-Martí, B. (2018). Compatibility between crops and solar panels: An overview from shading systems. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 10, Issue 3). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/su10030743>
5. Cristiani, E. (2018). Modelli di agricoltura “sostenibile” con particolare attenzione al settore vitivinicolo. <https://www.iris.sssup.it/handle/11382/526595#.YLnnzzYzZhE>
6. Dinesh, H., & Pearce, J. M. (2016). The potential of agrivoltaic systems. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 54, pp. 299–308). Elsevier Ltd <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.024>
7. DIRECTIVES DIRECTIVE (EU) 2018/2001 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL OF 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources (recast) (Text with EEA relevance). (n.d.).
8. Dupraz, C., Marrou, H., Talbot, G., Dufour, L., Nogier, A., & Ferard, Y. (2011). Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: Towards new agrivoltaic schemes. *Renewable Energy*, 36(10), 2725–2732. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.03.005>
9. Dupraz, C., Marrou, H., Talbot, G., Dufour, L., Nogier, A., & Ferard, Y. (2011). Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: Towards new agrivoltaic schemes. *Renewable Energy*, 36(10), 2725–2732. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.03.005>
10. Dupraz, C., Marrou, H., Talbot, G., Dufour, L., Nogier, A., and Ferard, Y. (2011). Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: Towards new agrivoltaic schemes. *Renewable Energy*, vol. 36, pages 2725–2732.
11. Fritz, Benjamin, Gábor Horváth, Ruben Hünig, Ádám Pereszlényi, Ádám Egri, Markus Guttman, Marc Schneider, Uli Lemmer, György Kriska, and Guillaume Gomard. 2020. “Bioreplicated Coatings for Photovoltaic Solar Panels Nearly Eliminate Light Pollution That Harms Polarotactic Insects.” *PLoS ONE* 15(12 December):1–22. doi: 10.1371/journal.pone.0243296.
12. Horváth, G., Blahó, M., Egri, Á., Kriska, G., Seres, I., & Robertson, B. (2010). Reducing the maladaptive attractiveness of solar panels to polarotactic insects. *Conservation Biology*, 24(6), 1644–1653. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2010.01518>.
13. Horváth, Gábor, György Kriska, Péter Malik, and Bruce Robertson. 2009. “Polarized Light Pollution: A New Kind of Ecological Photopollution.” *Frontiers in Ecology and the Environment* 7(6):317–25. doi: 10.1890/080129.
14. Horváth, Gábor, Miklós Blahó, Ádám Egri, György Kriska, István Seres, and Bruce Robertson. 2010. “Reducing the Maladaptive Attractiveness of Solar Panels to Polarotactic Insects.” *Conservation Biology* 24(6):1644–53. doi: 10.1111/j.1523-1739.2010.01518.x.
15. [https://ec.europa.eu/energy/topics/energystrategy/clean-energy-all-europeans\\_en](https://ec.europa.eu/energy/topics/energystrategy/clean-energy-all-europeans_en)
16. INTEGRATED NATIONAL ENERGY AND CLIMATE PLAN. (2019).

17. Jacob, J., and R. Davis. 2019. "Flowering Solar Farms." *American Bee Journal* (April): 451–56.
18. Khanal, U., Stott, K. J., Armstrong, R., Nuttall, J. G., Henry, F., Christy, B. P., Mitchell, M., Riffkin, P. A., Wallace, A. J., McCaskill, M., Thayalakumaran, T., & O'Leary, G. J. (2021). Intercropping—Evaluating the Advantages to Broadacre Systems. *Agriculture*, 11(5), 453. <https://doi.org/10.3390/agriculture11050453>
19. Kobayashi, Norihiro, Ryuichi Okada, and Midori Sakura. 2020. "Orientation to Polarized Light in Tethered Flying Honeybees." *The Journal of Experimental Biology* 223. doi: 10.1242/jeb.228254.
20. Lovich J.E., Ennen J.R., 2013. Wildlife conservation and solar energy development in the desert Southwest, United States *BioScience*, 61 (12), pp. 982-992.
21. Marrou, H., Guilioni, L., Dufour, L., Dupraz, C., and Wery, J. (2013a). Microclimate under agrivoltaic systems: Is crop growth rate affected in the partial shade of solar panels? *Agricultural and Forest Meteorology*, vol. 177, pages 117–132.
22. Marrou, H., Wery, J., Dufour, L., & Dupraz, C. (2013). Productivity and radiation use efficiency of lettuces grown in the partial shade of photovoltaic panels. *European Journal of Agronomy*, 44, 54–66. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2012.08.003> 23. Marrou, H., Wery, J., Dufour, L., and Dupraz, C. (2013b). Productivity and radiation use efficiency of lettuces grown in the partial shade <http://www.unitus.it/it/dipartimento/dafne> 4