

# ISTANZA DI VIA

(Artt. 23-24-25 del D. Lgs 152/2006 e ss.mm.ii.)

COMMITTENTE



**SUN LEGACY srl**

Via Nairobi 40  
00144 Roma (RM)  
P.I. 16736831005  
PEC sunlegacy@legalmail.it  
Numero REA RM - 1672772

PROGETTISTI INCARICATI

**Arch. DANIELE CONTICCHIO**

STUDIO PROFESSIONALE IN VIA DELL'INDUSTRIA N.57  
01100 VITERBO (VT)  
C.F. CNTDNL84B16G148E - P.IVA 02193820566  
tel. +39 3406705346 - mail: danielle.conticchio@gmail.com  
pec: d.conticchio@pec.archrm.it  
Iscritto all'Ordine degli Architetti P.P.C. di Roma e Provincia  
al n. 22831 sez.A

**Ing. MARCO GRANDE**

STUDIO PROFESSIONALE IN VIA CASILINA NORD N.93  
03100 FROSINONE (FR)  
C.F. GRNMRC71D22D810A - P.IVA 02439640604  
tel. +39 392 5867910 - mail: enstudio71@gmail.com  
pec: marco1.grande@ingpec.eu  
Iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di  
Frosinone al n.1161

**Ing. DANIELE MARRAS**

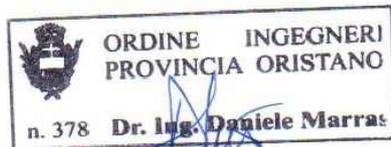
STUDIO PROFESSIONALE IN VIA GALASSI N.2  
09131 CAGLIARI (CA)  
C.F. MRRDNL73H22B354N - P.IVA 01033560952  
tel. +39 393 9902969 - mail: danielle@mvprogetti.com  
pec: danielle.marras@ingpec.eu  
Iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di  
Oristano al n. 378

**Ing. LORENA VACCA**

STUDIO PROFESSIONALE IN VIA GALASSI N.2  
09131 CAGLIARI (CA)  
C.F. VCCLRN75C48H856P - P.IVA 02738080924  
tel. +39 342 0776977 - mail: lorena@mvprogetti.com  
pec: lorena.vacca@ingpec.eu  
Iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di  
Cagliari al n. 4766

## PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN

Potenza nominale 40,896 MWp  
Località "Sassu" - Comuni di Arborea e Santa Giusta (OR)



TITOLO ELABORATO

### QUADRO AMBIENTALE

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO
00		Definitivo	Maggio 2024		SIAPROG003
REV.		FASE PROGETTUALE	DATA	SCALA	IDENTIFICATORE

## SOMMARIO

<b>Studio di Impatto Ambientale</b>	<b>4</b>
<b>Premessa</b>	<b>4</b>
<b>QUADRO AMBIENTALE</b>	<b>7</b>
Contesto ambientale di riferimento	8
Climatologia	8
Geomorfologia	20
Idrogeologia	21
Pedologia	27
Atmosfera	31
Vegetazione	32
Fauna	38
Ecosistemi	41
Paesaggio	42
Rumore	50
Campi elettromagnetici	51
Evoluzione dell'ambiente non perturbato	51
Valutazione degli impatti sulle componenti ambientali	52
Ambiente idrico	55
Fase di cantiere	55
Fase di esercizio	56
Flora, Fauna ed Ecosistemi	56
Fase di cantiere	56
Fase di esercizio	57
Suolo e sottosuolo	87
Fase di cantiere	89
Fase di esercizio	90
Atmosfera e Qualità dell'aria	96
Fase di cantiere	96
Fase di esercizio	99
Campi elettromagnetici	100
Fase di cantiere	100
Fase di esercizio	100
Clima acustico	100
Fase di cantiere	101
Fase di esercizio	104
Microclima	105
Salute pubblica	110
Inquinamento luminoso	111
Ambiente socioeconomico	115
Paesaggio	117
Fase di cantiere	117
Fase di esercizio	117
Cumulo di progetti	141
Rischio di incidenti	142
Rischio elettrico	143
Rischio di incendio	144
Cumulo di progetti	145
Rischio di incidenti	146
Rischio elettrico	147
Rischio di incendio	149
<b>Conclusioni</b>	<b>150</b>

**Bibliografia, riferimenti e fonti utilizzate** \_\_\_\_\_ **151**

<i>Figura 1 - localizzazione del progetto su foto satellitare</i>	5
<i>Figura 2 – area di impianto agro PV su ortofoto</i>	5
<i>Figura 3 – layout impianto agro PV su ortofoto</i>	6
<i>Figura 4 – layout impianto agro PV su CTR</i>	6
<i>Figura 5 - inquadramento delle stazioni termopluviometriche della rete ARPAS presenti nell'area vasta</i>	11
<i>Figura 6 - inquadramento delle stazioni termopluviometriche della rete ARPAS considerate</i>	12
<i>Figura 7 - Cumulati climatologici annuali di precipitazione per il trentennio 1981-2010</i>	16
<i>Figura 8 - Valori climatologici annuali di temperatura minima per il trentennio 1981-2010</i>	17
<i>Figura 9 - Valori climatologici annuali di temperatura massima per il trentennio 1981-2010</i>	18
<i>Figura 10 - Valori climatologici annuali per l'anno 2023 – stazione di Oristano</i>	19
<i>Figura 11 - morfologia di dettaglio dell'area di progetto</i>	21
<i>Figura 12 - inquadramento dell'UIO</i>	23
<i>Figura 13 – reticolo idrografico naturale dell'area vasta</i>	24
<i>Figura 14 – reticolo idrografico naturale dell'area di progetto</i>	25
<i>Figura 15 – acquifero detritico-alluvionale del Campidano</i>	26
<i>Figura 16 – terreni del settore nord</i>	30
<i>Figura 17 – terreni del settore sud</i>	30
<i>Figura 18 – Distretti del Piano Forestale</i>	33
<i>Figura 19 – serie vegetazionali del Distretto 15</i>	34
<i>Figura 20 –uso attuale del suolo del Distretto 15</i>	35
<i>Figura 21 –assetto vegetazionale attuale</i>	38
<i>Figura 22 –assetto vegetazionale attuale</i>	38
<i>Figura 23 –morfologia del paesaggio di area vasta</i>	45
<i>Figura 24 –foto aerea 1955</i>	46
<i>Figura 25 – foto aerea 1968</i>	46
<i>Figura 26 – foto aerea 1978</i>	46
<i>Figura 27 – foto aerea 1998</i>	46
<i>Figura 28 – foto aerea 2010</i>	46
<i>Figura 29 – foto aerea 2013</i>	46
<i>Figura 30 – foto aerea 2019</i>	46
<i>Figura 31 – foto satellitare 2023</i>	46
<i>Figura 32 –ubicazione dei punti di scatto</i>	47
<i>Figura 33 –vista dal punto di scatto 1 (viabilità consortile lato sud))</i>	47
<i>Figura 34 –vista dal punto di scatto 5 (viabilità interpodereale lat sud-est))</i>	48
<i>Figura 35 –vista dal punto di scatto 8 (viabilità consortile lato nord)</i>	48
<i>Figura 36 –vista aerea dal margine nord dell'impianto</i>	49
<i>Figura 37 –vista aerea della parte ovest dell'impianto</i>	49
<i>Figura 38 –vista aerea della parte centrale dell'impianto</i>	50
<i>Figura 39 - schema delle piantumazioni previste in progetto</i>	86
<i>Figura 40 - Effetti delle pratiche agricole sui processi di degrado del suolo in relazione all'applicazione di misure agroambientali</i>	89
<i>Figura 41 – vista aerea dell'area vasta (R = 5 km)</i>	119
<i>Figura 42 – elementi territoriali dell'area circostante il progetto (DBGT10K_2020)</i>	119
<i>Figura 43 – elementi vettoriali inseriti nel modello 3D</i>	123
<i>Figura 44 –modello 3D dell'area di indagine</i>	124
<i>Figura 45 –visibilità calcolata</i>	124
<i>Figura 46 –vista dei terreni e panorama di area vasta</i>	127
<i>Figura 47 –vista dei terreni e panorama di area vasta</i>	127
<i>Figura 48 –recettori sensibili considerati</i>	128
<i>Figura 49 –scatti dai recettori dai punti di visibilità reale</i>	128
<i>Figura 50 punto di scatto 1 (dalla SP 49, ponte sul Riu Siurru)</i>	129
<i>Figura 51 punto di scatto 2 (dalla E 25)</i>	129
<i>Figura 52 punto di scatto 3 (dalla E 25)</i>	130
<i>Figura 53 punto di scatto 4 (dalla E 25)</i>	130
<i>Figura 54 punto di scatto 5 (dalla E 25)</i>	131

<i>Figura 55 punto di scatto 6 (dalla E 25)</i>	<u>131</u>
<i>Figura 56 –scatti dai dintorni dell'impianto</i>	<u>132</u>
<i>Figura 57 –vista aerea della parte ovest dell'impianto</i>	<u>133</u>
<i>Figura 58 –vista aerea della parte ovest dell'impianto - fotoinserimento con mitigazione</i>	<u>133</u>
<i>Figura 59 –scatto n. 2 dai dintorni dell'impianto - stato attuale</i>	<u>134</u>
<i>Figura 60 –scatto n. 2 dai dintorni dell'impianto - fotoinserimento senza mitigazione</i>	<u>134</u>
<i>Figura 61 –scatto n. 2 dai dintorni dell'impianto - fotoinserimento con mitigazione</i>	<u>135</u>
<i>Figura 62 –scatto n. 1 dalla SP49 (ponte su Riu Siurru)</i>	<u>135</u>
<i>Figura 63 –beni paesaggistici</i>	<u>138</u>

# Studio di Impatto Ambientale

## QUADRO AMBIENTALE

### Premessa

Il presente Quadro Ambientale del SIA è relativo al progetto di un impianto agrivoltaico da realizzarsi nel territorio del Comune di Arborea (OR), in località “Sassu”, e le relative opere di connessione alla RTN da realizzarsi in parte nel territorio del Comune di Arborea, di Santa Giusta e di Oristano.

L'impianto in progetto prevede l'installazione a terra, su un lotto di terreno di estensione totale 523.600 m<sup>2</sup> attualmente a destinazione agricola, di 57.600 pannelli fotovoltaici (moduli) in silicio monocristallino della potenza unitaria di 710 Wp.

La porzione di territorio interessata dall'impianto (con riferimento alla recinzione perimetrale) all'interno del lotto su indicato è suddivisa in 7 lotti di estensione totale pari a 39,14 ha.

I pannelli saranno montati su 1.277 strutture a inseguimento monoassiale (tracker), in configurazione monofilare; ogni tracker alloggerà 1 filare da 8,16, 32, 48 o 64 moduli ognuno.

Il progetto prevede 218 tracker da 8 moduli, 126 tracker da 16 moduli, 140 tracker da 32 moduli, 87 tracker da 48 moduli e 706 tracker da 64 moduli, per un totale di 57.600 moduli e una potenza complessiva installata di 40,8960 MWp.

I trackers saranno collegati in bassa tensione alle 6 cabine inverter (una per ogni blocco elettrico in cui è suddiviso lo schema d'impianto), queste saranno collegate in media tensione a 1 cabina MT e alle cabine IO, che si collegheranno alla sottostazione utente.

L'impianto sarà corredato inoltre da 1 control room e wc, a disposizione del personale.

La sottostazione utente (stazione elettrica di utenza SSE) MT/AT 150 kV sarà realizzata all'interno dell'area di impianto, in prossimità del confine est della stessa.

La stazione elettrica di utenza (SSE) sarà realizzata allo scopo di collegare l'impianto fotovoltaico SUN LEGACY in progetto alla stazione elettrica (SE) AT di Terna, esistente, ubicata a nord-est dello stesso impianto.

La stazione di utenza (SSE), occupa un'area di circa 1.800 m<sup>2</sup> e dista circa 10.855 m dalla stazione AT (SE) esistente, ubicata nel Comune di Oristano.

La SSE sarà collegata:

- all'impianto SUN LEGACY da una linea MT interna all'impianto
- alla SE da una linea AT.

La linea AT avrà una lunghezza di circa 10.855 m, e il suo percorso passa sulla viabilità esistente, che è di tipo sia asfaltata che sterrata.



Figura 1 - localizzazione del progetto su foto satellitare



Figura 2 – area di impianto agro PV su ortofoto



Figura 3 – layout impianto agro PV su ortofoto

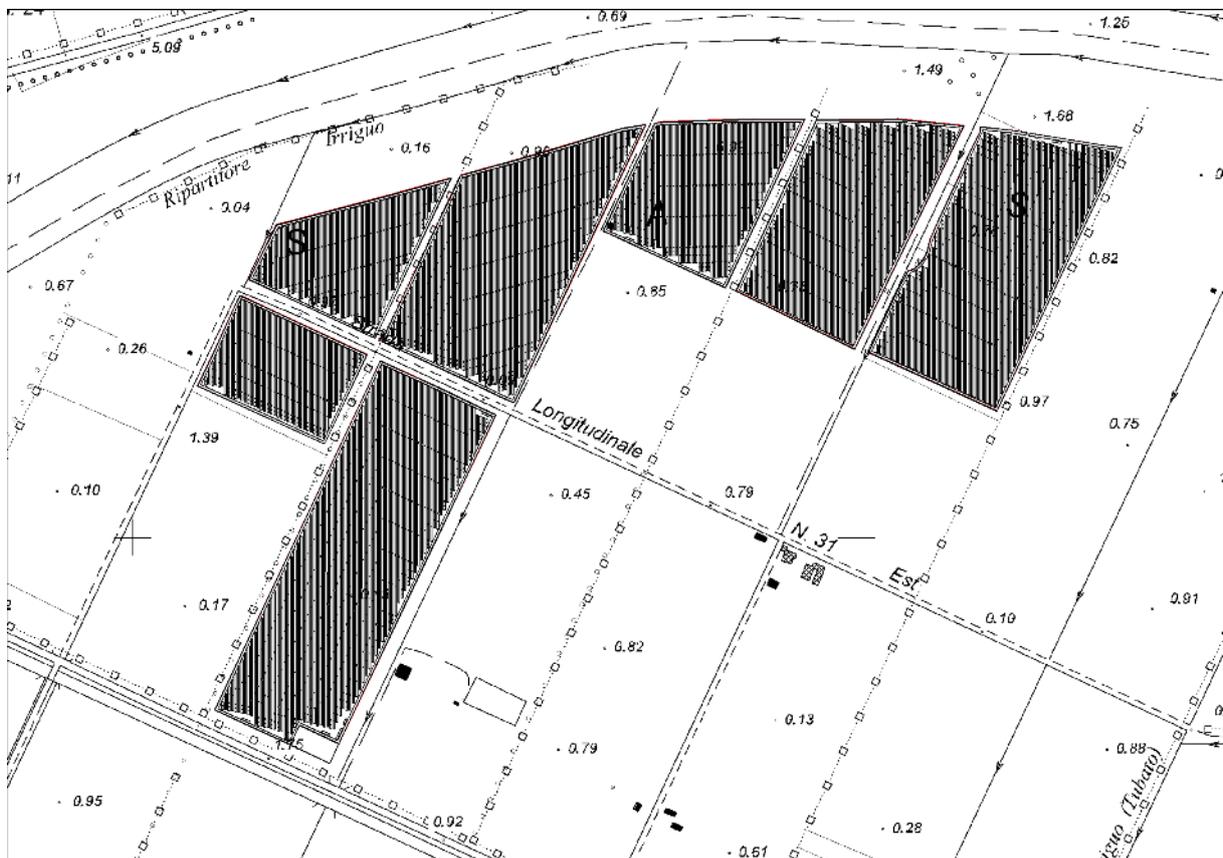


Figura 4 – layout impianto agro PV su CTR

# QUADRO AMBIENTALE

In questa sezione dello Studio di impatto Ambientale verranno sviluppati i seguenti argomenti:

- Caratteristiche dello stato attuale dell'ambiente in cui si inserisce il progetto;
- Probabile evoluzione dell'ambiente in caso di mancata attuazione del progetto;
- Descrizione delle componenti e caratteristiche dell'ambiente potenzialmente soggette a impatti ambientali dovuti alla realizzazione del progetto;
- Individuazione e descrizione dei probabili impatti ambientali significativi del progetto;
- Descrizione delle misure previste per evitare, prevenire, ridurre o compensare gli impatti ambientali negativi del progetto;
- Individuazione degli impatti ambientali negativi derivanti dalla vulnerabilità del progetto al rischio di gravi incidenti o calamità.

Quanto riportato nel seguito deriva da osservazioni dirette sul campo, da dati della letteratura tecnica, nonché dalle esperienze consuntive derivate dalla gestione di impianti fotovoltaici di taglia industriale nell'arco degli ultimi 15 anni da parte sia dei progettisti che della società proponente.

Le informazioni utilizzate per l'inquadramento ambientale sono state raccolte da indagini analitiche e sopralluoghi effettuati nelle aree di progetto e limitrofe, da dati reperiti su pubblicazioni scientifiche e studi relativi alle aree di progetto effettuati da Enti ed organismi pubblici e privati.

L'elaborazione delle suddette informazioni consente di tracciare il quadro delle differenti componenti ambientali potenzialmente oggetto d'impatto da parte dell'intervento in progetto.

Viene infine definito e valutato l'impatto ambientale dell'impianto fotovoltaico e delle opere connesse agente su ogni singola componente individuata a valle delle eventuali misure di mitigazione previste.

L'ambito di influenza potenziale di un progetto può essere definito come l'estensione massima entro cui, allontanandosi gradualmente dall'opera progettata, gli effetti sull'ambiente gradualmente si affievoliscono fino a diventare impercettibili.

L'ambito di influenza potenziale tuttavia non ha un limite "geografico" definito, valido per ogni componente ambientale, in quanto ogni componente ha sue peculiari caratteristiche di incidenza potenziale.

Gli impianti fotovoltaici, rispetto ad altre fonti di produzione di energia, sono caratterizzati dall'assenza di emissioni solide, liquide o gassose e da emissioni sonore non significative in fase di funzionamento; da un punto di vista paesaggistico invece, l'estensione planimetrica a terra può comportare impatti visivi-percettivi sul paesaggio.

Come ambito di influenza potenziale del progetto pertanto è stato considerato quello dell'areale di percezione visiva del progetto stesso, cautelativamente stabilito in una porzione di territorio di circa 5 km intorno all'area vasta dell'impianto.

## Contesto ambientale di riferimento

Nel contesto del progetto, è cruciale comprendere le componenti abiotiche del sistema su cui insiste l'intervento, in particolare l'idrologia, che da la possibilità di definire le variazioni nei flussi d'acqua superficiali e sotterranei; il suolo, che con la sua composizione, struttura e fertilità influenza direttamente la produzione agricola; la biodiversità; la capacità di assorbire e filtrare gli eventuali inquinanti.

Comprendere queste componenti abiotiche è fondamentale per garantire una pianificazione e una gestione sostenibile del progetto, tenendo conto dell'impatto sull'ambiente.

## Climatologia

La Sardegna gode essenzialmente di un tipico clima Mediterraneo, tuttavia la posizione particolare, interamente circondata dal mare e lontana dai continenti, rendono l'isola soggetta a una accentuata variabilità termica, tra i versanti, in occasione di ondate di calore o di freddo.

A livello medio il clima isolano è molto mite, persino nella stagione fredda. Cagliari ha le medie termiche invernali tra le più elevate di Italia.

Le ondate di freddo giungono attenuate nel corso del loro passaggio sul Mediterraneo; tuttavia, se l'aria fredda si presenta secca (venti da nord est), l'accumulo di questa in ristretti territori dal clima maggiormente continentale (fondovalle di zone interne), può provocare valori estremi di temperatura minima, compresi tra i  $-5^{\circ}\text{C}$  e i  $-10^{\circ}\text{C}$ .

Le correnti fredde da nord ovest sono invece più umide e il più delle volte portatrici di neve, abbondante e piuttosto frequente nel trimestre invernale, sopra i 1400 metri di quota.

La vicinanza con l'Africa rende comunque l'isola soggetta a frequenti irruzioni di aria calda, dal Nord Africa. Gli effetti di queste sono minimi nel trimestre invernale, quando il Sahara presenta valori di temperatura piuttosto miti, tuttavia nei restanti mesi le irruzioni di aria calda da sud, possono portare al raggiungimento di temperature molto elevate.

La Sardegna presenta una piovosità in media scarsa e irregolare la quale però rispetta in linea generale alcune regole dettate dalla circolazione atmosferica generale.

Nel clima dell'isola si possono individuare una stagione secca e una stagione piovosa, la prima va dal mese di Maggio a quello di Settembre, la seconda da ottobre ad aprile. Tuttavia, la stagione secca si può estendere facilmente fino al mese di Novembre o cominciare direttamente già da Aprile, specialmente nelle zone più meridionali dell'isola.

Aprile è il mese più piovoso della Primavera, Novembre quello più piovoso dell'anno.

L'inquadramento climatico generale viene definito col metodo di Köppen, che suddivide il clima in cinque classi, distribuite secondo latitudini crescenti dall'equatore ai poli e le indica con le lettere maiuscole dalla A alla E:

- A = climi megatermici umidi della zona intertropicale (tutti i mesi con temperatura > +18°). Le foreste pluviali, a cavallo dell'equatore, hanno pioggia tutto l'anno. Le savane, praterie di arbusti e alberi resistenti alla siccità, hanno una stagione secca e una piovosa, condizionate dai monsoni tropicali.
- B = climi aridi (con varie condizioni). Le regioni aride includono i deserti: la vegetazione si è adattata a sopravvivere a lunghi periodi di siccità. Una situazione simile si ha nelle steppe, grandi pianure erbose, che limitano i deserti e dove le precipitazioni sono più abbondanti.
- C = climi mesotermici umidi (temperatura del mese più freddo compresa tra + 18° e -3°). Questa categoria include i climi subtropicali umidi, con aria umida e temperatura elevata per gran parte dell'anno. Si sviluppa la foresta decidua e di conifere. Sono tipici di questa zona i climi mediterranei, con precipitazioni soprattutto invernali, estati calde e vegetazione a macchia, e i climi marini delle coste occidentali, dove il mare tempera il clima e può permettere lo sviluppo delle foreste pluviali costiere temperate.
- D = climi microtermici boreali (temperatura di gennaio inferiore a -3°, ma quella di luglio > + 10°). Questi climi temperati di latitudine più elevata si hanno solo nell'emisfero settentrionale e interessano le regioni continentali umide con estati lunghe (come nel centro degli Stati Uniti) con foresta decidua; le regioni continentali umide con estati brevi, caratterizzate da foresta mista o foresta di conifere; le regioni subartiche con estati fresche e molto brevi, e con foreste di conifere (taiga) che diventano sempre più basse e arbustive andando verso latitudini più alte.
- E = climi polari (anche il mese più caldo con temperature < + 10°). Questi climi freddi sono caratterizzati dalla tundra e interessano regioni quasi prive di estate, con inverni lunghi e freddi, abitate solo da piante basse e resistenti al freddo intenso, come muschi e licheni. Il suolo è quasi completamente costituito da permafrost. Nelle regioni delle calotte glaciali, vicino ai poli, il clima è ghiacciato tutto l'anno; in Antartide le rare aree non coperte da ghiacci sono quasi del tutto prive di vegetazione, a parte alcune specie di licheni e alghe. Gli altopiani si trovano invece in regioni non polari e quindi a latitudini più basse, ma qui è la quota che determina una situazione quasi analoga a quella polare, con una progressiva scomparsa della vegetazione al di sopra di quella che viene detta la linea della vegetazione.

Ciascuna classe a sua volta è suddivisa in sottoclassi, che descrivono dei sottosistemi:

- f (da fehlt = manca): assenza di una stagione arida;
- s (da sommer = estate): la stagione arida cade nell'estate;
- w (da winter = inverno): la stagione arida cade nell'inverno.

Nella classe A esiste una varietà monsonica, m, con stagione secca e precipitazioni nel mese più piovoso < a 60 mm.

Si può anche indicare il grado di aridità, utilizzando una seconda lettera tra queste quattro maiuscole:

- S = Steppe
- T = Tundre
- W = Wiiste (deserto)
- F = Frost (gelo)

Inoltre, vengono usate in terza posizione le seguenti lettere:

- h (torrido) se la temperatura media è  $> 18$  °C
- k (freddo) se la temperatura media è  $< 18$  °C
- H (alte quote).

Secondo la classificazione di Köppen le caratteristiche dell'area vasta sono quelle tipiche del clima mediterraneo, e possono essere espresse con la formula climatica Csa.

La lettera "C" si riferisce ai climi mesotermici (o temperati), con temperatura media del mese più freddo compresa tra 18 e -3 °C.

La lettera "s" minuscola in seconda posizione è l'iniziale del termine tedesco sommertrocken, cioè estate secca, e indica un regime di pioggia con accentuato minimo estivo, (in particolare, la pioggia che cade nel mese estivo meno piovoso non giunge a un terzo di quella del mese invernale più piovoso).

La lettera "a" minuscola in terza posizione, infine, sta a significare che la temperatura media del mese più caldo supera i 22 °C.

L'area in esame ricade nella Sardegna occidentale, e mostra caratteristiche topografiche, pluviometriche e termometriche riferibili alla grande macroarea del golfo di Oristano

Il settore in studio di Arborea è posto nella porzione settentrionale del Campidano.

La sua omogeneità orografica determina possibili correlazioni con le informazioni provenienti da una grande serie di stazioni meteorologiche vicine.

Per i dati meteo-climatici si è consultato lo studio svolto in collaborazione tra il Dipartimento Meteorologico di ARPAS e il Settore di Climatologia Operativa di ISPRA, che descrive le attività realizzate per l'aggiornamento della climatologia della Sardegna per il trentennio 1981-2010, per mezzo di procedure di controllo e di elaborazione delle serie di dati storici di temperatura e precipitazione.

E' stato eseguito dapprima un approfondito controllo di qualità e un'accurata analisi dell'omogeneità delle serie (in particolare per le temperature), che hanno consentito di perfezionare la base dei dati di partenza e massimizzare il numero di stazioni disponibili; per le serie storiche selezionate sono stati calcolati i valori climatologici mensili e annuali sia per le temperature che per le precipitazioni, seguendo le linee guida stabilite dall'Organizzazione Meteorologica Mondiale (WMO), nonché gli indici estremi da questi derivati (ETCCDI).

Per poter quindi delineare i caratteri climatici dell'area vengono quindi analizzati e descritti i principali parametri meteorologici: piovosità, temperatura e ventosità.

A tal fine, in primo luogo, sono stati acquisite le serie storiche dei dati pluviometrici ed anemometrici rilevati nelle stazioni meteorologiche ricadenti nel territorio in esame ed in quelle ubicate nel suo intorno.



Figura 5 - inquadramento delle stazioni termopluviometriche della rete ARPAS presenti nell'area vasta

In assenza di stazioni di rilevamento ubicate all'interno dell'area di pertinenza sono stati utilizzati i dati relativi alle principali stazioni meteo circostanti, in aree omogenee per caratteri orografici ed esposizione.

In particolare, sono state esaminate le serie storiche delle stazioni S. Anna e Arborea (idrovara 14)

#### Stazione S. Anna

Quota *m s.l.m.* 12  
Utm EST 468104  
Utm NORD 4409389  
Distanza mare (m) 6005

#### Stazione IDROVORA 14

Quota *m s.l.m.* 7  
Utm EST 464086  
Utm NORD 4402753  
Distanza mare (m) 3500

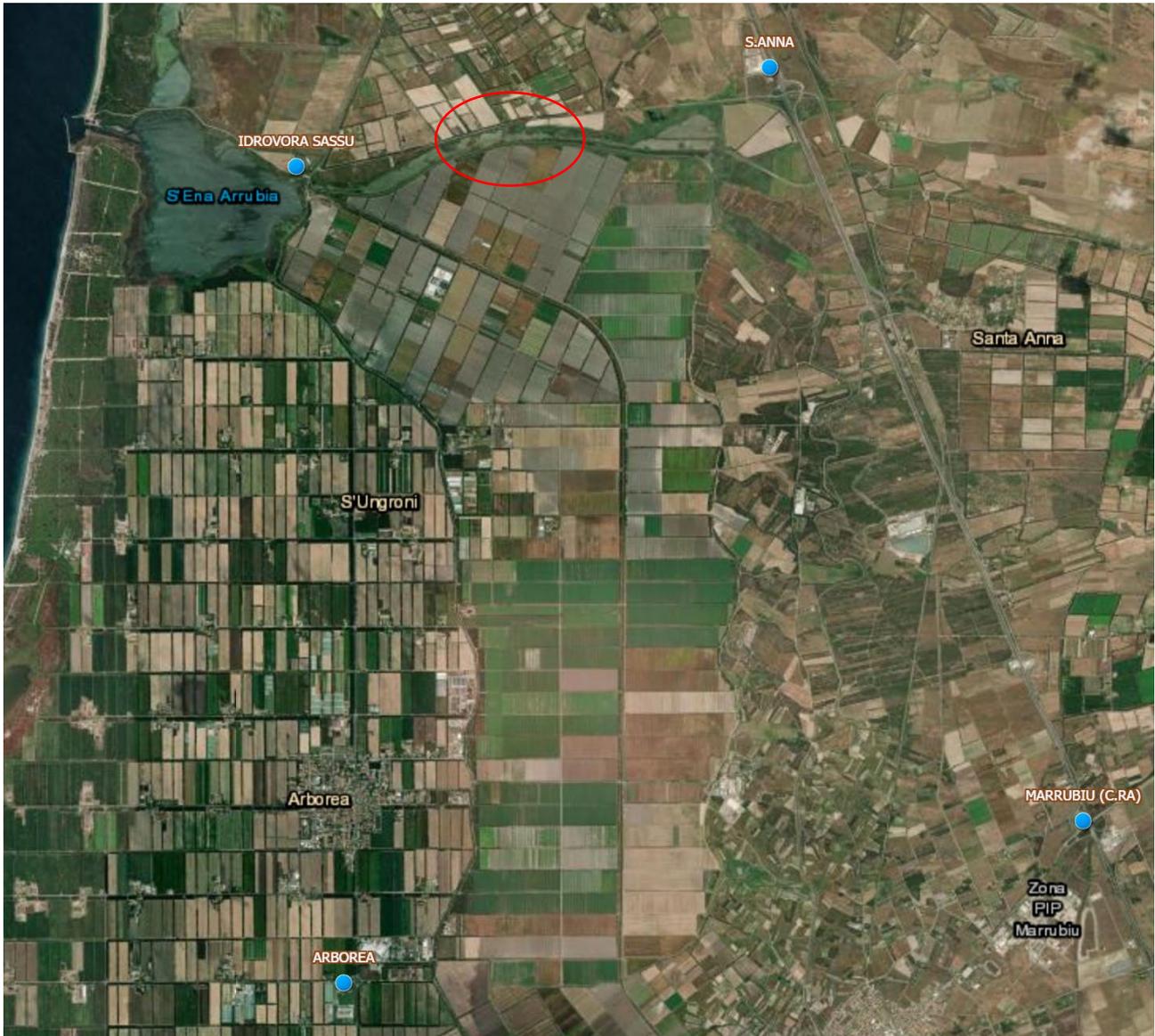


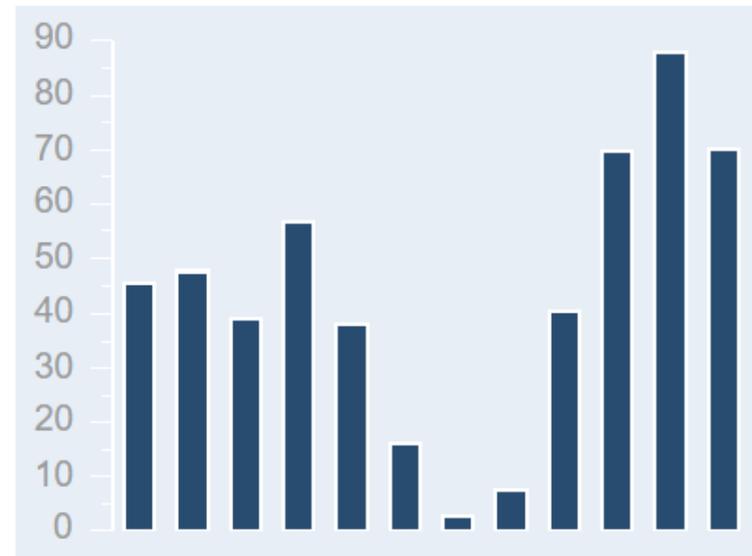
Figura 6 - inquadramento delle stazioni termopluviometriche della rete ARPAS considerate

## Precipitazione

<u>Cumulato annuo</u>	<u>522,2</u>
Gennaio	45,6
Febbraio	47,9
Marzo	39,1
Aprile	56,6
Maggio	38,1
Giugno	16,1
Luglio	2,8
Agosto	7,7

Settembre	40,6
Ottobre	69,7
Novembre	87,8
Dicembre	70,1

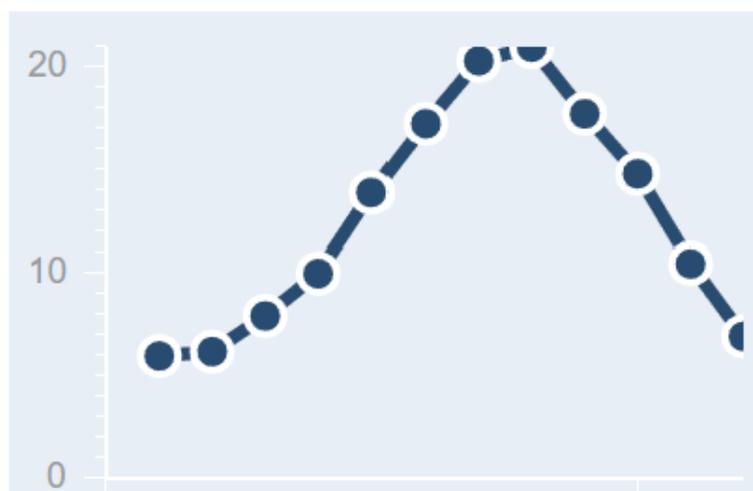
### Precipitazione media mensile



### Temperatura minima

Gennaio	6,0
Febbraio	6,2
Marzo	7,9
Aprile	10,0
Maggio	13,9
Giugno	17,2
Luglio	20,3
Agosto	21,0
Settembre	17,7
Ottobre	14,8
Novembre	10,5
Dicembre	6,9
<u>Media annuale</u>	<u>12,7</u>

### Valori climatologici mensili



### Temperatura massima

Gennaio	15,0
Febbraio	15,6
Marzo	18,1
Aprile	20
Maggio	25
Giugno	29,5
Luglio	31,9
Agosto	32,6
Settembre	29
Ottobre	25,3
Novembre	19,8
Dicembre	15,8
<u>Media annuale</u>	<u>23,2</u>

### Valori climatologici mensili



### Escursione termica

Gennaio	10,8
Febbraio	11,3
Marzo	12,0
Aprile	11,7
Maggio	13,0
Giugno	13,6
Luglio	13,7
Agosto	14,4
Settembre	13,1
Ottobre	12,1
Novembre	10,6
Dicembre	10,1
<u>Media Annuale</u>	<u>12,2</u>

Valori climatologici mensili



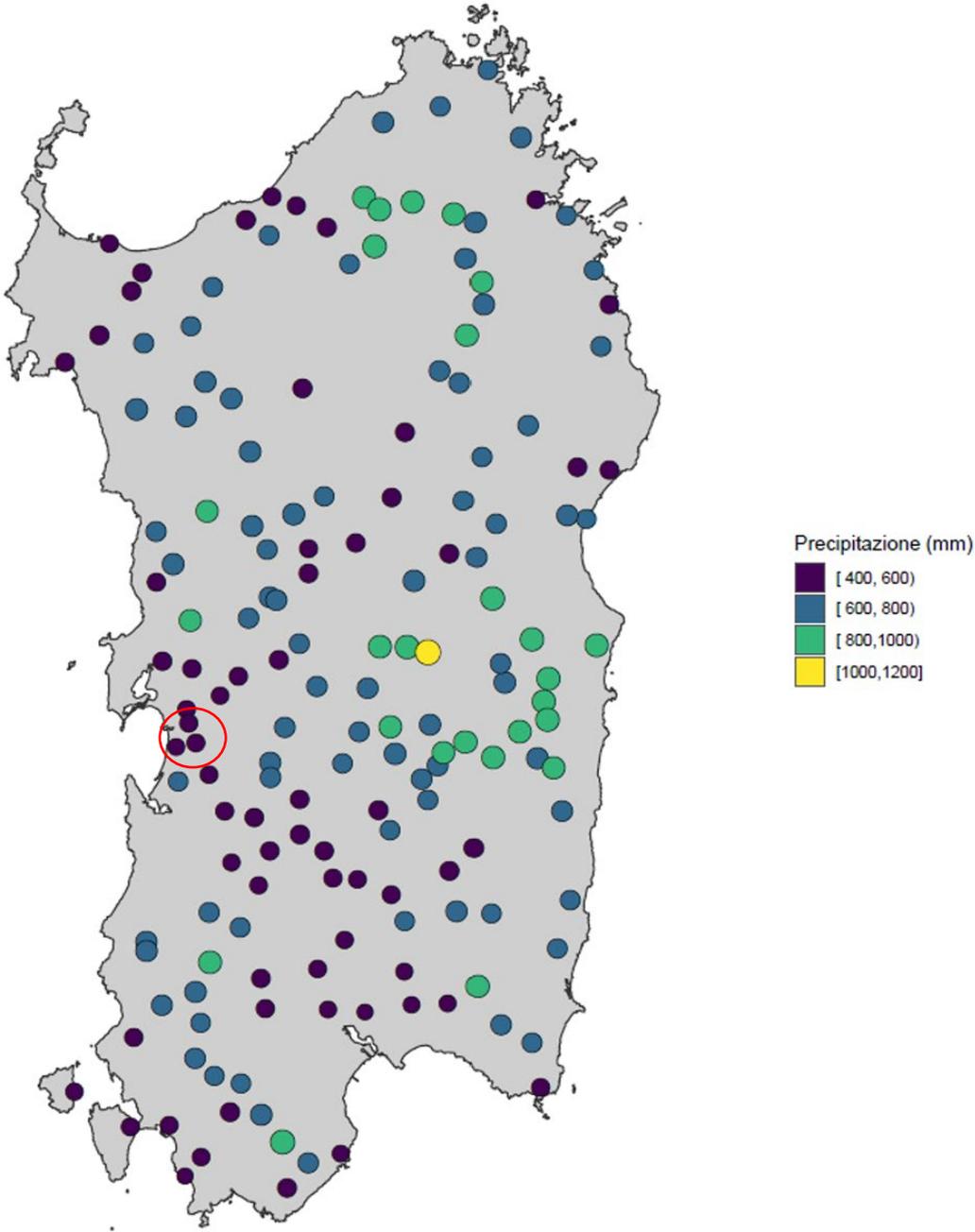


Figura 7 - Cumulati climatologici annuali di precipitazione per il trentennio 1981-2010

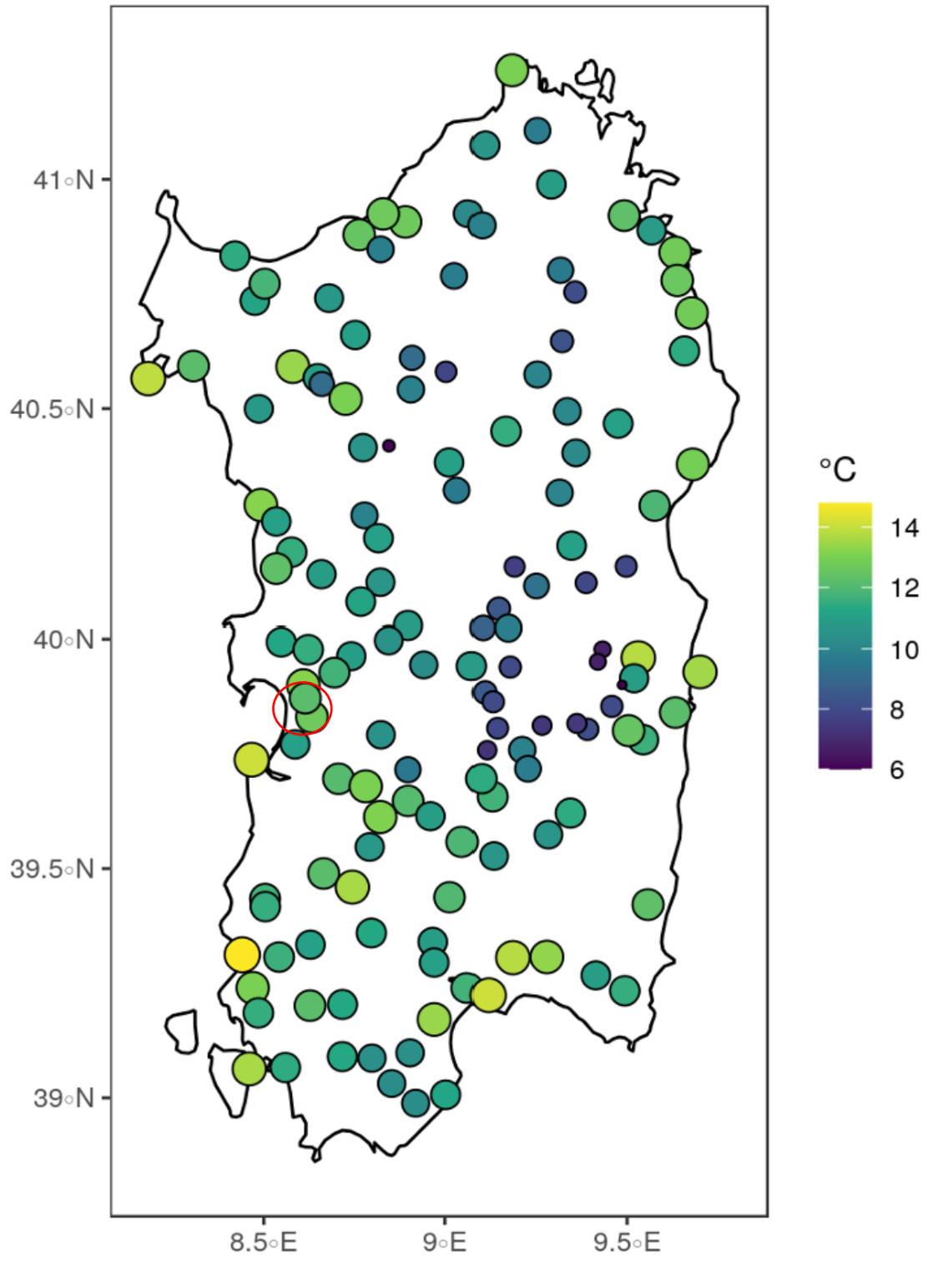


Figura 8 - Valori climatologici annuali di temperatura minima per il trentennio 1981-2010

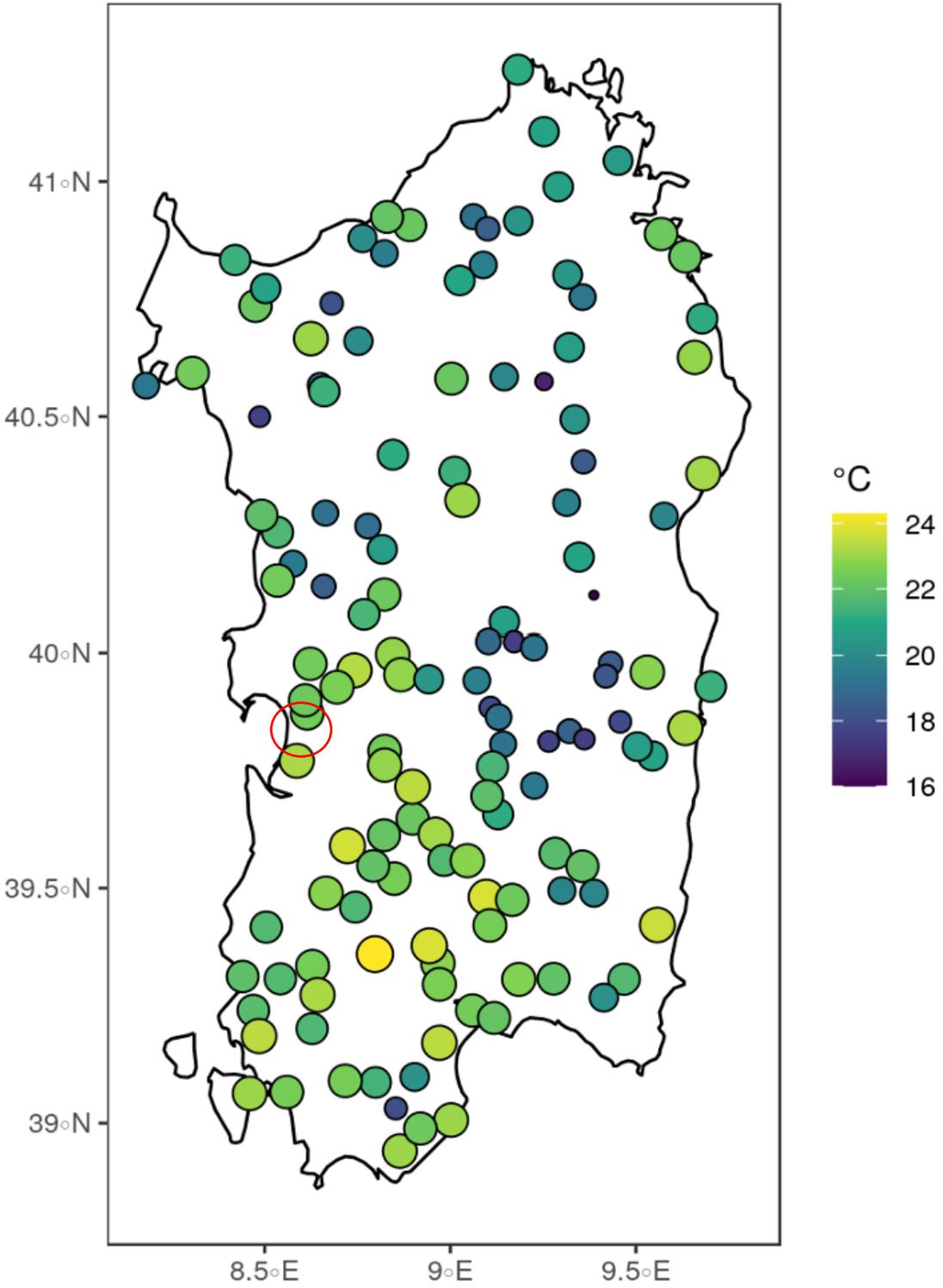


Figura 9 - Valori climatologici annuali di temperatura massima per il trentennio 1981-2010

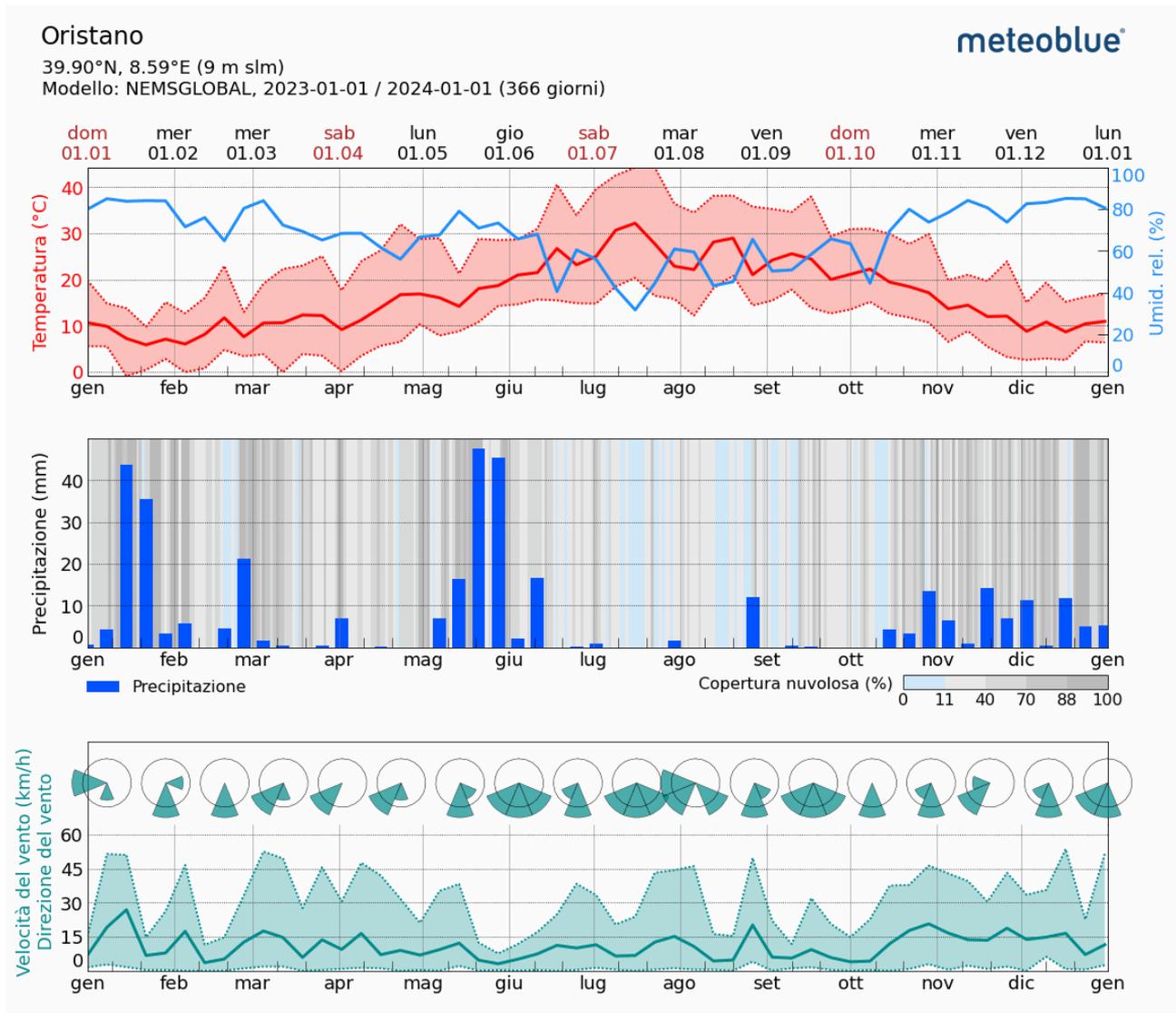


Figura 10 - Valori climatologici annuali per l'anno 2023 – stazione di Oristano

Il settore in esame ricade nella fascia climatica del tipo di clima subtropicale.

L'umidità relativa media è del 75%. L'umidità relativa mostra nell'area in esame valori medi compresi tra 65% ed il 70%. L'andamento di questo parametro non è costante nel tempo ma si riscontrano variazioni stagionali. In inverno i valori raggiungono circa l'80%, in primavera diminuiscono gradualmente per raggiungere il minimo annuale, di circa 55% di umidità relativa, che si registra durante l'estate. In autunno si ha una graduale e costanza crescita dei valori che di nuovo raggiungono il massimo durante l'inverno.

La climatologia del Golfo di Oristano risente della posizione geografica e della morfologia del territorio che, mancando di ostacoli orografici di qualche rilevanza, consente ai venti di raggiungere la massima velocità.

Dal mare, l'entroterra del golfo di Oristano è esposto ai venti provenienti dal III° e IV° quadrante.

Dalla vallata del Tirso, invece, si incanalano i venti del I quadrante e particolarmente il grecale e, dalla pianura del Campidano, lo scirocco.

I venti dominanti sono quelli provenienti dal I quadrante (tramontana e grecale)

I venti dominanti raggiungono spesso velocità elevate superando anche i 25 m/s. I mesi più ventosi sono generalmente quelli invernali.

## Geomorfologia

Il territorio in esame ricade da un punto di vista geologico-strutturale in un'area di grande importanza nel quadro dell'evoluzione geodinamica della Sardegna, occupando la porzione settentrionale di una vasta fossa tettonica di età plio-quadernaria, corrispondente alla piana del Campidano che con andamento NWSE, si estende da Cagliari a Oristano.

L'attuale configurazione geologica e geomorfologica del territorio è il risultato di complesse fasi di evoluzione geodinamica e geomorfologica: le prime responsabili di fenomeni di sprofondamento tettonico e delle correlate manifestazioni vulcaniche plioquadernarie, le altre, connesse con le ben note oscillazioni climatiche e relative regressioni e trasgressioni marine, hanno dato luogo ad importanti processi di deposizione di potenti coltri sedimentarie di ambiente marino, marino-litorale e fluvio-deltizio.

Nella fossa tettonica (graben), nel cui settore settentrionale si colloca la laguna, si sono depositi potenti corpi alluvionali, in prevalenza costituiti da quarzo e feldspati apportati dal Fiume Tirso, che sfocia in mare a Nord di Arborea, e da sedimenti clastici debolmente elaborati, prodotti dallo smantellamento delle rocce (in prevalenza rioliti, ignimbriti, basalti e andesiti) che costituiscono l'edificio vulcanico del Monte Arci, che chiude ad Est la piana di Arborea.

Il settore su cui insiste l'impianto in progetto è situata nell'immediato entroterra antistante l'insenatura semiellittica del Golfo di Oristano. Essa comprende terreni, più o meno estesi, di epoche diverse, appartenenti al Paleozoico, al Cenozoico e al Quaternario.

Il sito da progetto si trova su limi e argille limose talvolta ciottolose, fanghi torbosi con frammenti di molluschi dell'Olocene.

I lineamenti geomorfologici dell'area in studio sono stati condizionati principalmente dall'intersezione delle direttrici tettoniche regionali che la interessano, in particolare quella campidanese NNW-SSE e quella E-W delle fosse più meridionali del Cixerri e di Funtanazza. La regione dell'Oristanese che costituisce la parte interna del Golfo è la più subsidente, mentre ai margini di essa si ergono gli alti strutturali paleozoici delle colline a S di S. Antonio di Santadi e dell'isolotto granitico del Mal di Ventre.

Il settore dominato dai terreni di età quadernaria, che borda la fascia E del Golfo, è caratterizzato, per pochi chilometri dalla linea di costa, da forme tendenzialmente piatte e depresse.

Proseguendo verso E si incontrano dei glacis, che con pendenze da 2° a 5°, scendono dal complesso vulcanico del Monte Arci verso la piana.

In quest'ultima si sono impostati tutta una serie di stagni, sono da ricordare: Marceddi, S'Ena Arrubia, Sassu e altri minori.

In questa regione, l'uomo, specie in passato, è intervenuto profondamente a modificare l'ambiente naturale.

La pressione antropica maggiore l'ha subita l'area umida, testimoniata dalle vaste bonifiche idrauliche prima d'Arborea e successivamente di Sassu.

I canali e la viabilità ortogonale, tipici delle aree di bonifica, ne sono i segni più evidenti.

Non si evidenziano fenomeni erosivi in atto e/o instabilità dei versanti, sia a piccola, sia a grande scala.



Figura 11 -morfologia di dettaglio dell'area di progetto

## Idrogeologia

Il territorio di Arborea, costituito originariamente da una regione acquitrinosa e paludosa, è stato interessato negli anni compresi tra il 1919 ed il 1935 da profonde e radicali modificazioni che hanno mutato l'equilibrio naturale delle acque superficiali e sotterranee. Tali modificazioni, rispondenti all'esigenza, dapprima, di bonificare le aree palustri e di regimare i corsi d'acqua e, in un secondo momento, alla necessità di ottimizzare l'uso della risorsa idrica in agricoltura e zootecnia, sono consistite principalmente nei seguenti interventi:

- colmamento e prosciugamento delle depressioni lacustri e palustri (Stagno di Sassu, Pauli Luri, Pauli Estius, Pauli Arbai e numerose altre depressioni paludose minori);
- lavori di sistemazione idraulica: regimazione del Rio Mogoro e dei Canali di Pauli Arbai e di Pauli Estius, realizzazione dei Canali delle Acque Alte, delle Acque Basse

e delle Acque Medie e dei canali colatori EW e N-S; - sistemazione dei terreni agricoli in appezzamenti rettangolari, ove possibile di 4 ettari (100 metri x 400 metri) orientati N-S, delimitati e protetti da filari di eucaliptus e contornati da un sistema di canalizzazione costituito da canali adduttori a cielo aperto e scoline aziendali.

A tali interventi si sono aggiunti, a partire dagli anni '80, i lavori per la realizzazione, su tutta l'area bonificata, di un impianto di irrigazione consortile costituito da una rete di condotte irrigue, servite da numerosi impianti di sollevamento, che raccolgono e tengono in pressione le acque provenienti dal Canale delle Acque Medie e dal Canale Adduttore Tirso-Arborea.

La grande valenza degli interventi di Bonifica sta nel fatto che le opere sono funzionali alla coltivazione dei terreni, mentre la zona umida di S'Ena Arrubia, recapito ultimo delle acque di deflusso superficiale, costituisce un'area naturale per l'espansione e la laminazione delle piene.

Allo stato attuale delle conoscenze, e in relazione a quanto riportato nella documentazione tecnica allegata al PUC di Arborea, si ritiene utile evidenziare qui le seguenti principali criticità della laguna relativamente alla componente acqua, tenendo ovviamente in considerazione che tali problematiche non possono che influenzare anche gli aspetti biotici.

- L'organizzazione ed il funzionamento complessivo del sistema idraulico della bonifica del Sassu manifesta in alcuni settori una progressiva perdita di funzionalità connessa con la scarsa manutenzione dei canali;
- Esistono potenziali fenomeni di instabilità degli argini e delle sponde dei canali, conseguenti al cattivo stato di manutenzione e assenza di monitoraggio sui canali;
- L'efficienza idraulica del Diversivo Sant'Anna, della zona umida di S'Ena Arrubia e del sistema di foce dello stesso appare non ottimale in riferimento a fenomeni di deflusso superficiale di una certa entità;
- Variazioni di salinità delle acque della laguna;
- Gestione non efficiente degli scambi mare-laguna;
- Interrimento dello stagno;
- Apporto di sostanze inquinanti.

L'area di progetto è a quota 2 m slm attraversato da canalizzazioni di bonifica che permettono di far defluire le acque verso i fiumi limitrofi, in particolare il fiume più vicino è il Rio Siurru immissario dello stagno di S'Ena Arrubia.

Dal punto di vista idrografico il settore di interesse insiste nel bacino idrografico del Rio Pabillonis - Mogoro e nello specifico nel sub bacino del Rio Mogoro.



Figura 12 - inquadramento dell'UIO

L'U.I.O. del Mannu di Pabillonis – Mogoro ha un'estensione di circa 1710,25 Km<sup>2</sup>.

Essa comprende oltre ai due bacini principali, quello del Flumini Mannu di Pabillonis e quello del Riu Mogoro Diversivo, una serie di bacini costieri che interessano la costa sud - occidentale della Sardegna a partire dal Golfo di Oristano sino ad arrivare a Capo Pecora, nel comune di Buggerru.

La U.I.O. è delimitata a sud dalle pendici settentrionali del massiccio del Linas-Marganai, a nord e a est dalla fossa del Campidano, mentre a ovest troviamo la fascia costiera.

Le quote variano da 0 m s.l.m. nelle aree costiere ai 1236 m s.l.m. di Punta Perda de Sa Mesa nel massiccio del Linas. I corsi d'acqua principali, da cui prendono il nome gli omonimi bacini sono:

- Il Flumini Mannu di Pabillonis, che ha origine sulle colline ad est di Sardara e sfocia nello stagno di S. Giovanni, drenando una superficie di 593,3 Km<sup>2</sup>. I suoi affluenti principali sono il Rio Belu e il Rio Sitzerri che drenano tutta la parte orientale del massiccio dell'Arburese. Il Rio Belu, che nella parte alta è denominato Terramaistus, ha origine nel gruppo del Linas. Il Rio Sitzerri è stato inalveato nella parte terminale in modo tale da farlo sversare direttamente nello stagno di S. Giovanni.

□ Il Riu Mogoro Diversivo, che ha le sue sorgenti nelle pendici meridionali del Monte Arci, e sfocia anch'esso nella parte meridionale del Golfo d'Oristano nella complessa area umida degli stagni di Marceddì e San Giovanni, dove si trovano diverse aree dove viene praticata l'itticoltura.

Sicuramente l'elemento caratterizzante questa U.I.O. è il vasto sistema di aree umide costiere che oltre agli stagni di Marceddì e San Giovanni annovera anche lo Stagno di Santa Giusta e lo Stagno di S' Ena Arrubia, oltre a una serie di corpi idrici minori.

Il primo riveste una rilevante importanza naturalistica, per la presenza di una ricca avifauna: è caratterizzato, infatti da una distesa di acqua dolce circondata dal più esteso canneto della Sardegna.

Lo stagno di S' Ena Arrubia è ciò che resta del grande stagno salato di Sassu, che venne bonificato nel 1937; viene alimentato con canali artificiali di acqua dolce; infatti, il bacino viene ora utilizzato anche per l'irrigazione pubblica.

Nei pressi di Arborea, infatti, la morfologia del territorio è pianeggiante e l'area è in prevalenza destinata alle colture per l'alimentazione del bestiame allevato, con una

I corsi d'acqua rilevati nell'area di progetto sono stati rettificati dall'uomo nel tempo per la gestione del territorio finalizzata alla regimazione delle acque per gli scopi agricoli e colturali.

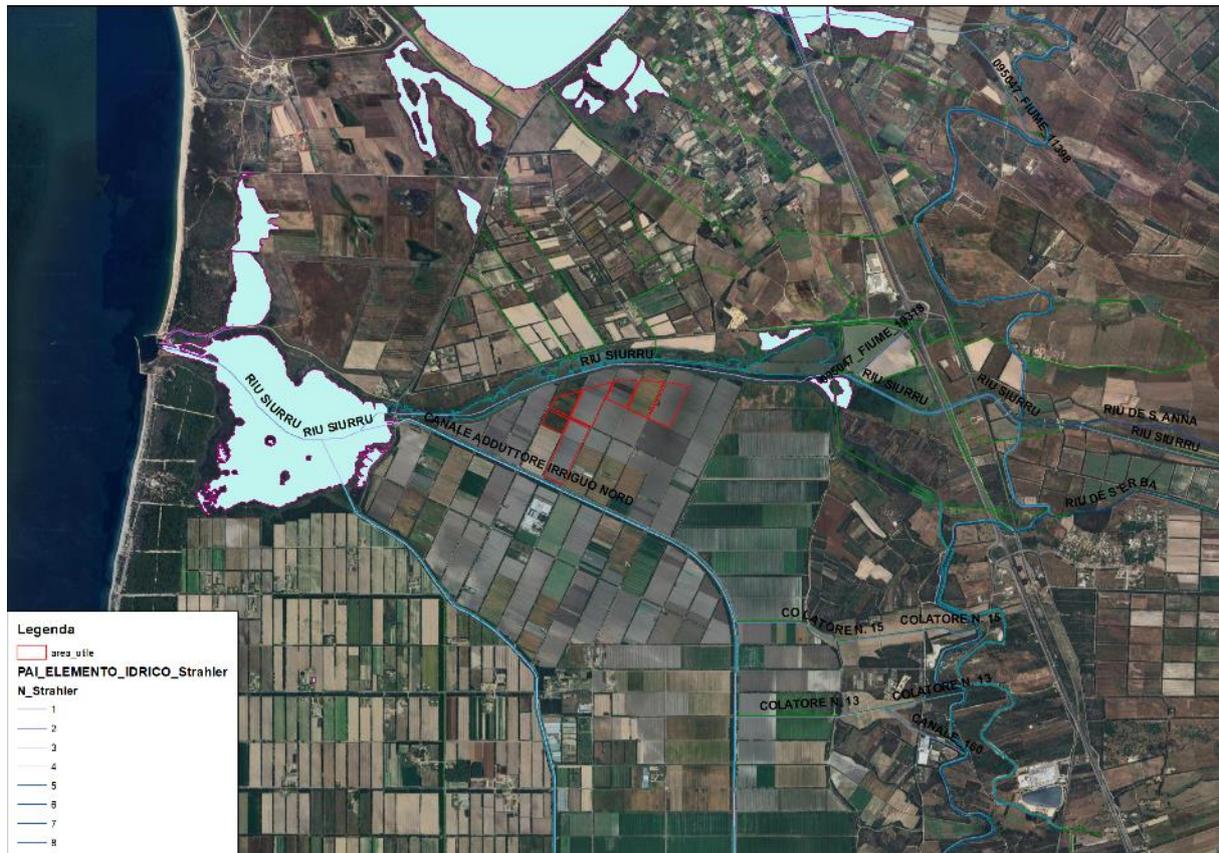


Figura 13 – reticolo idrografico naturale dell'area vasta



Figura 14 – reticolo idrografico naturale dell'area di progetto

Dal punto di vista idrogeologico il settore su cui insiste l'impianto è parte integrante dell'acquifero detritico-alluvionale plio-quadernario del Campidano.

L'acquifero del Campidano di Oristano è costituito dal settore più settentrionale.

Il limite geografico meridionale è costituito da uno spartiacque trasversale piuttosto incerto che passa a sud di Sardara e a sud di Gonnosfanadiga.

A nord degrada verso il mare nel golfo di Oristano in un'area pianeggiante, che appare costellata da zone depresse, sedi di paludi oggi quasi totalmente bonificate e dagli stagni di Cabras, Santa Giusta, e Mistras.

L'acquifero del Campidano di Cagliari è costituito invece dal settore più meridionale della pianura.

A nord è delimitato dal limite spartiacque precedentemente descritto mentre a sud degrada verso il mare nel golfo di Cagliari.

L'area è conosciuta per le diverse lagune costiere intorno alle quali si sono sviluppati i principali centri urbani considerando anche il capoluogo Cagliari.



Per meglio inquadrare i lineamenti idrogeologici e idrogeochimici dell'acquifero si è ritenuto distinguere in base alla permeabilità almeno 4 gruppi di terreni o complessi geolitologici.

### COMPLESSI A PERMEABILITÀ ALTA

Mostrano permeabilità elevata le Sabbie attuali di spiaggia e di dune. Mentre le prime non hanno grande importanza sotto l'aspetto idrogeologico le sabbie dunari affiorano su una vasta area intorno agli stagni di Cabras e di Santa Giusta ma soprattutto nell'area di Is Arenas confinante con il settore sudoccidentale del Montiferru.

### COMPLESSI A PERMEABILITÀ MEDIO ALTA

Le Alluvioni antiche terrazzate ciottolose e sabbiose costituiscono i sedimenti che occupano la maggior superficie. Nel territorio di Palmas Arborea presentano potenze notevoli e sono sede di falde in pressione. Sono molto evidenti anche i depositi del grande cono di deiezione depositato dal Tirso e che si rileva sino ad una distanza di 20 chilometri dalla costa all'uscita del fiume da una gola incisa nei basalti presso Villanova Truschedu. La composizione petrografia dei ciottoli assume, come sempre una grande importanza, nei dintorni di Uras sono prevalentemente costituiti da marne e siltiti provenienti dalla Marmilla e dalla Trexenta, nei dintorni di S. Nicolò Arcidano prevalgono i ciottoli di granito, porfido, quarzo, scisti.

### COMPLESSI A PERMEABILITÀ MEDIO BASSA

Le Alluvioni limose e sabbiose dell'Olocene e Attuali, sono costituite da sedimenti prevalentemente argillosi e seguono l'andamento attuale del Tirso sviluppandosi maggiormente sulla sponda destra. Anche gli alvei dei torrenti che provengono dal monte Arci sono bordati da alluvioni limose. Questi corsi d'acqua nel tratto a monte incidono le conoidi che si aprono alla base del rilievo e una volta giunti in pianura si impaludano. Le Arenarie conglomeratiche (Panchina Tirreniana) dalla notevole argillificazione e dalla scarsa fessurazione non rivestono nell'insieme una grande rilevanza idrogeologica.

### COMPLESSI A PERMEABILITÀ BASSA

Tra i litotipi di bassa permeabilità sono certamente da annoverare:

- I Crostoni calcarei d'acqua dolce che hanno potenza molto limitata (da 10 cm a 2 m).
- I Basalti (Pliocene sup.) che affiorano a nord di Solarussa con una discreta estensione e a sud ovest dello stagno di Cabras (Nuraghe s'Argara).
- Le lave e le brecce piroclastiche andesitiche (Oligo – Miocene) che si osservano lungo la S.S. 131.

L'area di progetto ricade in area a permeabilità medio-alta.

## Pedologia

Per quanto riguarda la classificazione dei suoli è stata utilizzata la SOIL TAXONOMY (elaborata dal Soil Conservation Service degli Stati Uniti d'America) e la classificazione FAO-UNESCO elaborata per la cartografia dei suoli del mondo.

### **Suoli sui paesaggi alluvionali olocenici attuali (b)**

Il settore è attraversato da diversi corsi d'acqua il principale dei quali è il Fiume Tirso, che è anche il più lungo dell'Isola. Un altro fiume è il Riu di Mare Foghe (immissario dello Stagno di Cabras) che con andamento E-W borda il settore settentrionale, mentre numerosi canali artificiali e corsi d'acqua minori solcano il settore meridionale (Riu Merd'e Cani, Riu de S. Anna). Il Fiume Tirso, come gran parte dei corsi d'acqua presenti, è delimitato da argini artificiali per la protezione delle sponde; in genere i sedimenti adiacenti agli argini appartengono al sistema fluviale di poco precedente la costruzione degli stessi argini. I depositi alluvionali attuali sono quasi sempre rappresentati da sabbie e limi bruni, con rare ghiaie fini e scarsa matrice (bb), occupano in particolare la piana alluvionale del Fiume Tirso; sono anche presenti barre costituite da ghiaie subarrotondate di diametro intorno al centimetro (ba) ad elementi di rocce paleozoiche e vulcaniti cenozoiche, nell'alveo di alcuni torrenti a S del Foglio (Riu de S. Anna, Mitza S'Eucaria); limi argillosi (bc) sono diffusi in corrispondenza dei corsi d'acqua che si raccordano a grandi aree palustri, come Riu di Mare Foghe e Riu Merd'e Cani. Lo spessore osservato o noto in sondaggio è molto variabile e comunque non supera 5 m.

### **Suoli sulle argille degli stagni e delle lagune (e5)**

Sono costituiti da limi e argille limose ricche in materia organica, localizzati ai bordi e all'interno degli stagni e delle lagune attuali e di quelli bonificati (e5). Gli stagni e le lagune occupavano in passato aree ben più ampie di quelle attualmente esistenti, ed essendo stati bonificati in tempi recenti (non per riempimento ma tramite canalizzazioni e prosciugamento artificiale) i loro sedimenti sono cartografati tra i depositi attuali. Questi sedimenti limo-argillosi sono di colore grigio-scuro, talvolta contenenti gusci di molluschi come *Cardium* sp., e localmente con resti ancora indecomposti di *Posidonia oceanica* (Stagno del Sassu). Questi depositi poggiano su diverse unità e sono in eteropia con i depositi eolici (d), i depositi di spiaggia g2, e i depositi alluvionali (b). Lo spessore massimo della facies e5 è conosciuto in sondaggio ed è pari a circa 5 m. La parte centrale delle lagune e degli stagni è sommersa (e5) da acque salmastre derivate dal mixing di apporti fluviali e marini. Tali acque, nelle parti più confinate degli stagni e lagune o in piccole paludi isolate, sono interessate da evoluzioni stagionali eutrofiche putrescenti ed evaporitiche. La sedimentazione tipica si verifica per decantazione mista a sedimenti terrigeni nelle parti centrali e per una debole selezione e trasporto lungo le rive, sotto l'azione di piccole onde e deboli correnti causate dal vento, principalmente da W e NW. In taluni casi la combinazione di piante alofile e l'intrappolamento di sedimenti fangosi, biogeni e bioclastici, danno origine a cespugli e in seguito a piccole isole che crescono con ciclicità annuale; la crescita di queste isole è favorita anche da fasi di disseccamento, con eventi di pumping evaporitico estivo, che in taluni casi sui bordi di tali lagune e paludi costiere producono singolari facies a litificazione precoce (beach rock lagunari recenti). I sedimenti superficiali, che costituiscono la sommità del riempimento olocenico, di spessore fino a un ordine di 5-10 m, hanno sempre una matrice fangosa con importante componente di materiali organici e una componente sabbiosa terrigena da locali apporti o relitta dalle sponde e ghiaiosa da clasti litici e molluschi

salmastri. Le caratteristiche granulometriche dei sedimenti a un metro di profondità circa, variano da sabbie medio-fini debolmente ghiaiose unimodali poco classate, a sabbie ghiaiose bimodali molto poco classate.

### **Suoli sulle alluvioni terrazzate del pleistocene (PVM2a)**

I sedimenti alluvionali pleistocenici sono tra i più diffusi nell'area e costituiscono alluvioni terrazzate; derivano in parte dal rimaneggiamento di depositi alluvionali più antichi del Fiume Tirso e dei corsi d'acqua minori provenienti dal versante occidentale del Monte Arci. Costituiscono morfologie ondulate o sub-pianeggianti e/o pianeggianti che sono incise in corrispondenza dei corsi d'acqua attuali. Recenti ricerche (CARBONI et alii, 2006) individuano da un punto di vista pedologico alcune unità (B e C sono comprese nel Foglio) a diverso grado di evoluzione, sviluppatasi sulla conoide alluvionale del Fiume Tirso a partire dai rilievi al di fuori del Foglio, fino ai pressi della fascia costiera. Vengono riportati

i risultati conseguiti nell'analisi di alcuni suoli sepolti distribuiti nell'unità B, quella più rappresentativa nel Foglio Oristano. L'unità B raggruppa suoli a profilo A-Bt-C e A-B-C da poco a non lisciviati, profondi oltre 100 cm, contenuto in scheletro vario ma generalmente elevato sin dalla superficie, tessitura da franco-sabbio-argillosa a franco-sabbiosa, drenaggio normale (Alfic Xerochrepts). A volte si rileva la presenza di argille espandibili e/o di accumuli di carbonati (Calcic e Petrocalcic Palexeralfs e Haploxeralfs), questi ultimi localizzati nelle aree di Zeddiani e Massama; suoli a profilo A-Btg-Cg, da molto ad eccessivamente lisciviati, profondi oltre 100 cm, contenuto in scheletro, anche grossolano, quasi sempre elevato, talvolta sin dalla superficie, tessitura da franco-sabbio-argillosa ad argillo-sabbiosa, drenaggio molto lento (Ultic Palexeralfs e Ultic Aquic Palexeralfs); suoli a profilo A-Bt-Cg e A-Btg-Cg, da mediamente a molto lisciviati, profondi oltre 100 cm, contenuto in scheletro vario, talvolta elevato sin dalla superficie, tessitura franco-sabbio-argillosa, drenaggio da lento a molto lento (Typic Palexeralfs e Aquic Palexeralfs). Per i Palexeralfs l'idoneità all'irrigazione è da media a debole con limitazioni dovute prevalentemente al drenaggio, la presenza dei carbonati, lo scheletro e l'eccessiva lisciviazione. In ogni caso le coltivazioni diffuse su tutta l'area sono prevalentemente a prato pascolo e foraggio, pascoli, vigneti, risaie nella parte meridionale dell'area e orti.

Dall'analisi della cartografia geologica si evince che le aree su cui insisterà l'opera in progetto sono caratterizzate quasi esclusivamente da depositi lacustri costituiti sedimenti limo-argillosi sono di colore grigio-scuro e solo parzialmente da depositi alluvionali.

Il sito insiste su un suolo che da punto di vista litologico è caratterizzato quasi interamente da depositi terrigeni palustri, lacustri, lagunari (limi, argille limose, fanghi torbosi con materia organica e intercalazioni di sabbie), mentre una porzione del territorio a nord est è caratterizzato da depositi terrigeni continentali di conoide e piana alluvionale (ghiaie, sabbie, limi, argille).



Figura 16 – terreni del settore nord



Figura 17 – terreni del settore sud

## Atmosfera

La norma quadro nazionale che recepisce le vigenti direttive comunitarie in materia di valutazione e gestione di qualità dell'aria è il decreto legislativo 13 agosto 2010, n. 155 recante "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa".

Alla Regione Sardegna compete il riesame della zonizzazione del proprio territorio mediante l'aggiornamento dell'inventario delle emissioni in atmosfera e l'utilizzo di tecniche di valutazione della qualità dell'aria come la modellistica e le tecniche di stima obiettiva e l'elaborazione della relazione annuale della qualità dell'aria e la sua pubblicazione al fine dell'informazione al pubblico (art. 18 del D.Lgs 155/2010).

La zonizzazione vigente, relativa alla protezione della salute umana, suddivide il territorio regionale in zone di qualità dell'aria atte alla gestione delle criticità ambientali grazie all'accorpamento di aree il più possibile omogenee in termini di tipologia di pressioni antropiche sull'aria ambiente. La zonizzazione è stata effettuata per gli inquinanti di normati da legge.

La zonizzazione della Sardegna al momento non prevede zone ai fini della valutazione della qualità dell'aria con riferimento alla vegetazione ed agli ecosistemi, in attesa di una definizione sui criteri da adottare su scala nazionale.

Le zone e gli agglomerati di qualità dell'aria individuati ai fini della salute umana sono riportati di seguito:

Codice zona	Nome zona
IT2007	Agglomerato di Cagliari
IT2008	Zona urbana
IT2009	Zona industriale
IT2010	Zona rurale
IT2011	Zona Ozono

L'agglomerato di Cagliari (IT2007) è costituito dai comuni di Cagliari, Quartu Sant'Elena, Selargius, Monserrato, Quartucciu e Elmas.

La zona urbana (IT2008) è costituita dalle aree urbane rilevanti di Sassari e Olbia, aree che presentano maggiori analogie in termini di livelli degli inquinanti.

La zona industriale (IT2009) comprende i comuni nei cui territori ricadono aree industriali ed il cui carico emissivo è determinato prevalentemente da più attività energetiche e/o industriali localizzate nel territorio.

La rimanente parte del territorio è stata accorpata nella zona rurale (IT2010) dal momento che, nel complesso, risulta caratterizzata da livelli emissivi dei vari inquinanti piuttosto contenuti, dalla presenza di poche attività produttive isolate e generalmente con un basso grado di urbanizzazione.

Per l'ozono, è prevista una zona unica denominata IT2011 comprendente le zone già individuate IT2008, IT2009, IT2010. È escluso l'agglomerato IT2007 in quanto già monitorato per questo inquinante.

La proposta progettuale ricade nella Zona IT 2010 - Zona rurale.

Le stazioni della rete di misura per la Zona rurale hanno evidenziato (con riferimento ai dati consuntivi del 2021) l'assenza di criticità per i maggiori inquinanti, ossia ossidi di azoto e zolfo, monossido di carbonio, benzene, particolato, ozono

Nelle varie aree della Sardegna, tutte ricomprese nella "Zona Rurale", i parametri monitorati rimangono stabili e ampiamente entro i limiti normativi.

Si riscontrano livelli di particolato generalmente contenuti e con superamenti limitati solo in alcune stazioni.

Per quanto riguarda specificamente l'area di progetto, il contesto emissivo si riduce sostanzialmente al contributo del traffico veicolare sulla limitrofa SP. 49 (ad ovest) e E25 (a est), a quello delle attività del porto industriale e relativa area, e infine quello delle attività agricole (compreso il transito dei mezzi sulla viabilità locale, quasi del tutto sterrata).

L'inquinante maggiormente emesso da questi contributi è il particolato, da grossolano a fine.

## Vegetazione

La flora della Sardegna è tipicamente mediterranea, influenzata da un clima caratterizzato da inverni miti ed estati secche.

La vegetazione boschiva è costituita perlopiù da formazioni sempreverdi formate da alberi di leccio e sughera e da boschi a foglie caduche come la roverella e il castagno.

Formazioni cespugliose di corbezzolo, lentisco, ginepro, olivastro, cisti, mirto, fillirea, erica, ginestra, rosmarino, viburno, euforbia si identificano con la "macchia mediterranea"; queste formazioni, di grande interesse ecologico, sono le più rappresentative della area mediterranea.

Nei terreni degradati la macchia lascia il posto alla "gariga", costituita da specie come il timo, l'elicriso, i cisti, l'euforbia.

L'ambiente favorevole della Sardegna ha consentito la diffusione di numerosi endemismi vegetali e animali di straordinaria valenza naturalistica, che mostrano spesso caratteristiche tipiche delle isole, come le dimensioni più piccole degli esemplari rispetto a specie affini presenti in regioni geografiche più grandi, oppure caratteristiche peculiari dovute al lungo isolamento.

Il Piano Forestale Ambientale della regione Sardegna, approvato con Delibera 53/9 del 27.12.2007, ha individuato cartograficamente 25 distretti, tutti ritagliati quasi esclusivamente su limiti amministrativi comunali, entro i quali è riconosciuta una sintesi funzionale degli elementi fisico-strutturali, vegetazionali, naturalistici e storico-culturali del territorio.

Il PFA è decennale (scritto nel 2007, approvato nel 2008, scaduto nel 2018) ma resta il documento di riferimento per l'attuazione delle politiche forestali regionali, richiamato anche dalla più recente L.R. n. 8 del 2016 (Legge Forestale Regionale).

Sulla base del Piano Forestale Ambientale Regionale la totalità del territorio comunale di Arborea rientra nel Distretto 15 – Sinis Arborea che ha un esteso sviluppo costiero sul golfo di Oristano.

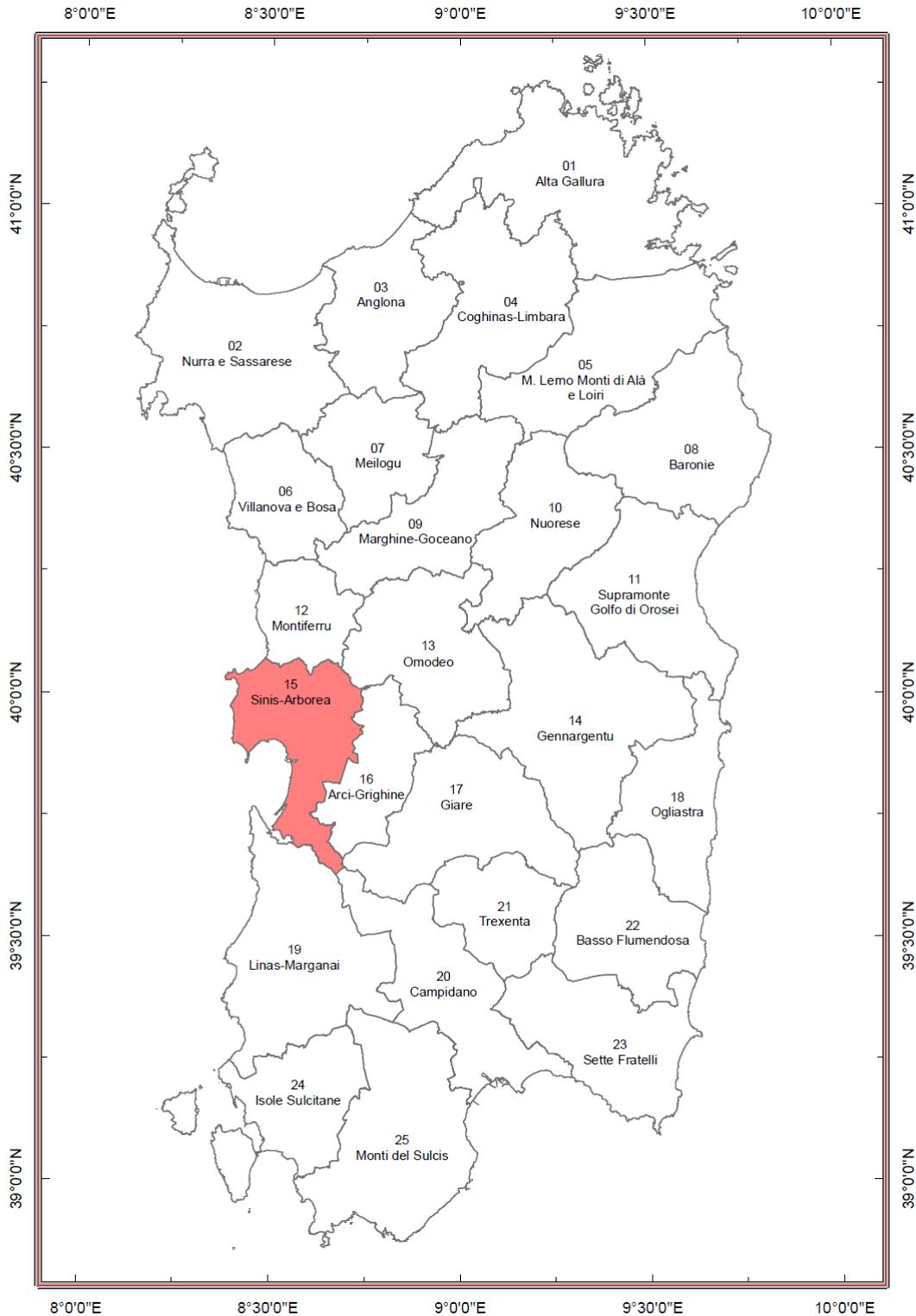


Figura 18 – Distretti del Piano Forestale

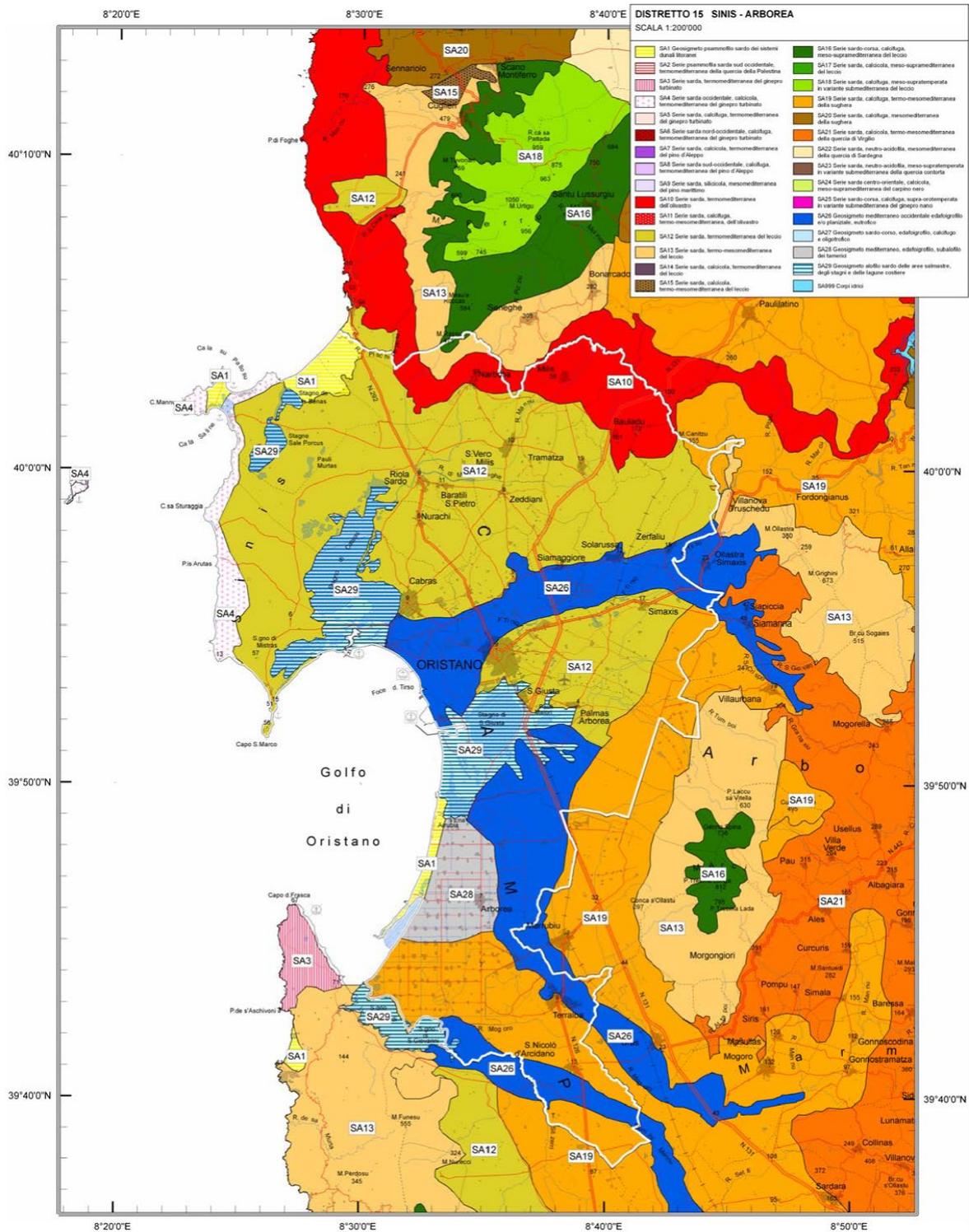


Figura 19 – serie vegetazionali del Distretto 15

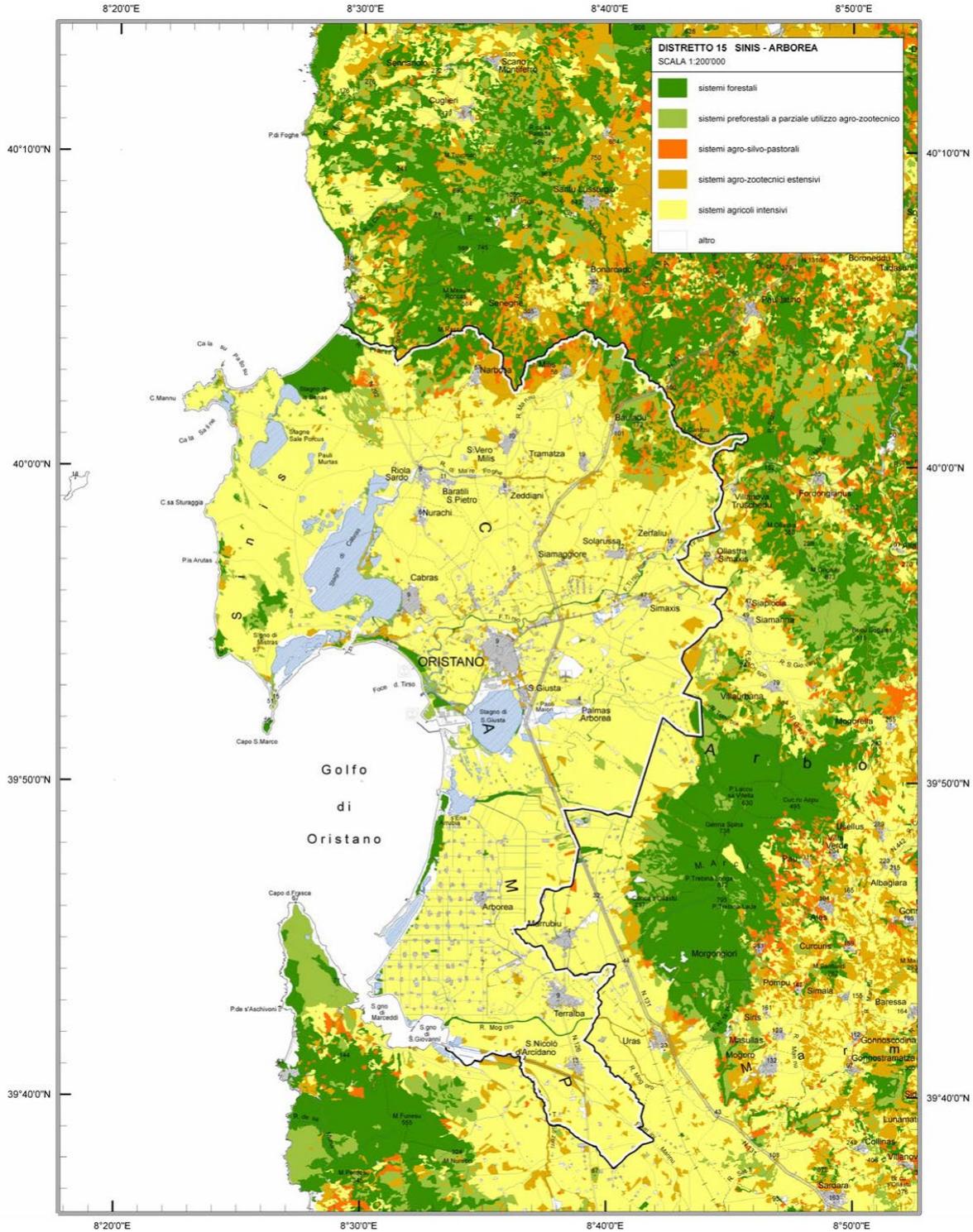


Figura 20 –uso attuale del suolo del Distretto 15

Il distretto si estende nel sottosettore biogeografico Oristanese (settore Campidanese) e si caratterizza per la morfologia tipicamente sub-pianeggiante e basso collinare, con rilievi che solo nella parte settentrionale, sulle pendici basaltiche del Montiferru, tendono ad elevarsi oltre i 200 m.

Il distretto, nelle aree non urbanizzate o industrializzate, è ampiamente utilizzato per le colture agrarie estensive ed intensive (sia erbacee che legnose) e per le attività zootecniche.

La vegetazione forestale è praticamente assente e confinata nelle aree più marginali per morfologia e fertilità dei suoli.

Le formazioni forestali, quando rilevabili, sono costituite prevalentemente da cenosi di degradazione delle formazioni climaciche e, localmente, da impianti artificiali.

Per quanto riguarda la vegetazione potenziale del settore, le zone alluvionali pleistoceniche della parte centro-orientale (verso le pendici del Monte Arei) e meridionale del distretto (territori di Arborea, Terralba e S. Nicolò Arcidano), presentano la potenzialità per la serie sarda, termo-mesomediterranea, della sughera (rif. serie n. 19: Galio scabri-*Quercetum suberis*).

Queste formazioni, comprendenti la subassociazione tipica *quercetosum suberis* e la subassociazione *rhamnetosum alaterni*, sono caratterizzate da mesoboschi a *Quercus suber* con *Q. i/ex*, *Viburnum tinus*, *Arbutus unedo*, *Erica arborea*, *Phillyrea latifolia*, *Myrtus communis* subsp. *communis* e *Juniperus oxycedrus* subsp. *oxycedrus*.

Lo strato erbaceo è caratterizzato da *Galium scabrum*, *Cyc/amen repandum* e *Ruscus aculeatus*.

Poco presente a causa dell'elevata antropizzazione e utilizzazione agricola dei suoli, la serie si sviluppa sempre in ambito bioclimatico Mediterraneo pluvistagionale oceanico, con condizioni termo- ed ombrotipiche variabili dal termomediterraneo superiore subumido inferiore al mesomediterraneo inferiore subumido superiore.

La vegetazione forestale è spesso sostituita da formazioni arbustive riferibili all'associazione *Erica arborea-Arbutetum unedonis* e da garighe a *Cistus monspeliensis* e *Cistus salviifolius*, alle quali seguono prati stabili emicriptofitici della classe *Poetea bulbosae* e prati terofitici riferibili alla classe *Tuberarietea guttatae*.

In tutta la piana di Arborea, oggetto delle bonifiche del secolo scorso, ma anche nei settori pianiziali prossimi alle foci dei principali fiumi, nonché in numerose depressioni salate presenti nella piana del Cirras e territori limitrofi (Zrugu Trottu), la tipologia di vegetazione potenziale è data dal geosigmeto mediterraneo, edafoigrofilo, subalofilo dei tamerici (rif. serie n. 28: *Tamaricion africanae*) con microboschi parzialmente caducifogli, caratterizzati da uno strato arbustivo denso ed uno strato erbaceo assai limitato, costituito prevalentemente da specie rizofitiche e giunchiformi. Tali tipologie vegetazionali appaiono dominate da specie del genere *Tamarix*.

Le condizioni bioclimatiche e le caratteristiche delle acque correnti sono assimilabili a quelle del geosigmeto edafoigrofilo precedente. Gli stadi della serie sono disposti in maniera spaziale procedendo in direzione esterna rispetto ai corsi d'acqua. Generalmente si incontrano dei mantelli costituiti da popolamenti elofitici e/o elofito-rizofitici inquadrabili nell'ordine *Scirpetalia compacti* (classe *Phragmito-Magnocaricetea*) e nell'ordine *Juncetalia mari/imi* (classe *Juncetea mari/imi*).

Gli aspetti erbacei in contatto con tali tipologie vegetazionali, quando presenti, sono riferibili alla classe *Saginetea maritimae*.

Rivestono notevole importanza le formazioni delle zone umide costiere (stagni di S. Giusta e S'Ena Arrubia, stagno di Cabras, stagni di Sale 'e Porcus e Is Benas), caratterizzate dalla presenza di comunità vegetali specializzate su suoli generalmente limoso-argillosi, scarsamente drenanti, allagati per periodi più o meno lunghi da acque salate.

È presente una tipica articolazione catenale del geosigmeto alofilo sardo delle aree salmastre, degli stagni e delle lagune costiere (rif. serie n. 29) con tipologie vegetazionali disposte secondo gradienti ecologici determinati prevalentemente dai periodi di inondazione e/o sommersione, dalla granulometria del substrato e dalla salinità delle acque (Ruppietea, Thero-Suaedetea, Saginetea maritima, Salicorniotea fruticosae, Juncetea mari/imi, Phragmito-Magnocaricetea).

Dai sopralluoghi effettuati nelle aree di progetto e circostanti è emerso che in generale tutta l'area è coltivata o gestita secondo la parcellizzazione dei lotti della bonifica, e la varietà dell'assetto vegetazionale locale è molto bassa, con vegetazione forestale praticamente assente.

Le aree non interessate da coltivazioni o caratterizzate da semplice aratura mostrano rari esemplari arborei spontanei, mentre sono presenti fasce di impianti boschivi artificiali e frangivento ad Eucalyptus, in posizione perimetrale e/o interpoderale.

Sono presenti, inoltre, ampie superfici di campi coltivati alternati ad aree adibite al pascolo e/o al foraggio.

Le aree interessate dal progetto sono attualmente condotte a foraggiera.

Non sono state rilevate nell'area di progetto specie floristiche o arboree soggette a tutela o di particolare pregio.

L'analisi vegetazionale ha evidenziato un territorio ambientalmente degradato, ove le attività colturali meccanizzate e l'abbondante uso di sostanze concimanti e fitofarmaci hanno portato l'agroecosistema ad una estrema semplificazione con superfici agricole vaste e regolari.

Analizzando la Carta dell'Uso del Suolo, l'area vasta considerata da un buffer di 5 km attorno al sito di progetto, è caratterizzata poche classi, come conseguenza di quanto sopra.

La vegetazione a macchia e in aree umide interessa il 16% dell'intero areale mentre altri elementi di minore interesse ambientale rappresentativi sono gli impianti boschivi artificiali e le praterie rispettivamente 8,8% e 3,4%.

La maggior parte del territorio (circa il 70 %) è occupato da "colture erbacee specializzate".

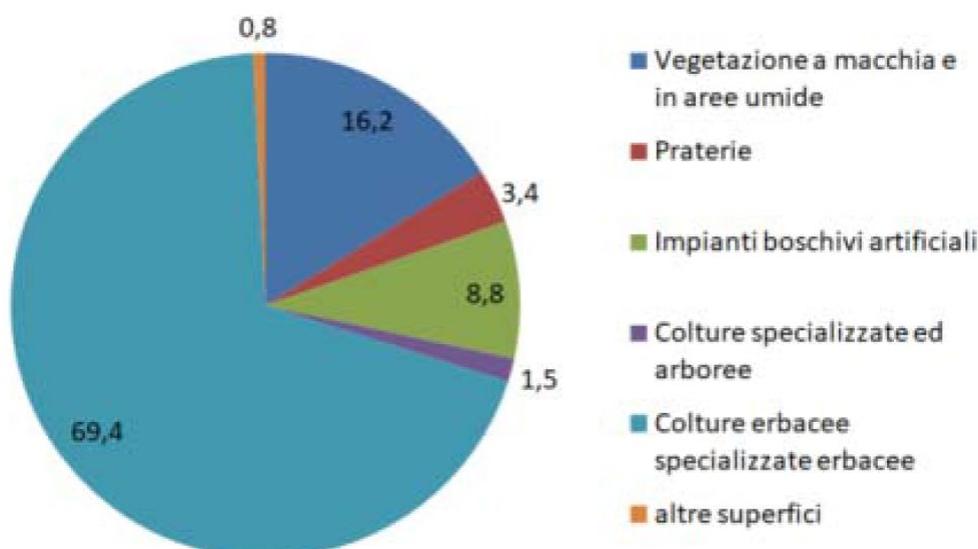




Figura 21 –assetto vegetazionale attuale



Figura 22 –assetto vegetazionale attuale

# Fauna

La regione Sardegna, in virtù della sua conformazione orografica, della posizione geografica oltre alla relativa scarsa antropizzazione rispetto all'estensione del territorio, ha mantenuto areali favorevoli allo sviluppo e conservazione di un congruo numero di specie endemiche.

La fauna della Sardegna infatti è ricca di specie di particolare importanza, non comuni e spesso estinte o rare in altre regioni d'Europa; tra queste numerosi sono gli endemismi, cioè le specie ad areale limitato (per lo più sardo-corso) o esclusive della Sardegna, tra i quali il Muflone, il Cervo sardo, il Cavallino della Giara, l'Asino albino, l'Orecchione sardo, il Falco della regina.

Le aree nelle quali è prevista la realizzazione del progetto ricadono in un paesaggio agrario all'interno di un'ampia area la cui valenza ecologica è da ritenersi poco significativa, seppure limitrofe ad aree soggette a tutela naturalistica.

La zona della bonifica di Arborea è caratterizzata dalla presenza di numerose specie avifaunistiche, anche di importanza comunitaria, che utilizzano le varie associazioni biocenotiche presenti sul territorio per rifugio, nidificazione e nutrizione.

Le ampie aree bonificate, ora coltivate in maniera intensiva, sono utilizzate prevalentemente per la ricerca di cibo.

La costante attività agricola e le connesse fonti di disturbo rendono l'ecosistema agricolo omogeneo e poco appetibile, e si rileva la presenza solo di poche specie di fauna terrestre e anfibia.

Per quanto riguarda specificamente i terreni destinati ad ospitare il campo fotovoltaico, questi non ricadono in aree soggette a tutela naturalistica di alcun tipo.

Le aree del progetto non interferiscono direttamente con il sistema delle aree protette sebbene risultino ubicate in prossimità di aree riconosciute ai sensi della Direttiva Habitat (92/43/CEE) quali Siti di Importanza Comunitaria (SIC) e Zone a Protezione Speciale (ZPS) ai sensi della Direttiva Uccelli (79/409/CEE) inseriti nella Rete Natura 2000 come siti Bioitaly, nonché Oasi di Protezione Faunistica designate ai sensi della LR 23/1998.

L'area di progetto pur non essendo all'interno di aree di rete natura 2000 è collocata di un contesto di valenza naturalistico ambientale tale da attivare la VINCA per calcolarne l'incidenza, di seguito le aree di interesse e le rispettive distanze:

- ZPS ITB034001 e SIC ITB030016 distante circa 1,2 km ad Ovest dal sito di progetto;
- IBA 218 adiacente al perimetro Nord dal sito di progetto;
- SIC ITB030037 distante circa 1,7 km a Nord dal sito di progetto.

Con la L.R. 29 luglio 1998, n. 23 "Norme per la protezione della fauna selvatica e per l'esercizio della caccia in Sardegna" la Regione Sardegna, in recepimento degli atti comunitari sulla tutela della fauna selvatica, ha sancito la tutela della fauna selvatica finalizzata al mantenimento della biodiversità ed ha istituito oasi permanenti di protezione faunistica e di cattura, finalizzate al mantenimento ed alla sistemazione degli habitat ricompresi anche nelle zone di migrazione dell'avifauna.

All'art. 5 riporta che *"fanno parte della fauna selvatica, oggetto di tutela della citata legge, i mammiferi, i rettili e gli anfibi dei quali esistono popolazioni viventi, stabilmente o temporaneamente, in stato di naturale libertà nel territorio regionale e nelle acque territoriali ad esso prospicienti"*.

Nell'Allegato 1 è riportato l'elenco delle specie di fauna selvatica particolarmente protetta ai sensi dell'art. 5, comma 3, per le quali la Regione adotta provvedimenti prioritari atti ad istituire un regime di rigorosa tutela dei loro habitat:

a) **MAMMIFERI PRESENTI IN SARDEGNA E NELLE SUE ACQUE TERRITORIALI:** tutte le specie di cetacei (Cetacea) tutte le specie di Pipistrelli (Chiroptera) Ghiro (Glis glis) Martora (Martes martes) Gatto selvatico (Felis silvestris) Foca monaca (Monachus monachus) Cervo sardo (Cervus elaphus corsicanus) Daino (Dama dama) Muflone (Ovis musimon) Capra selvatica (Capra Sp) limitatamente alle popolazioni presenti nelle isole di Tavolara e Molara.

b) **UCCELLI NIDIFICANTI:** Svasso maggiore (Podiceps cristatus) Berta maggiore (Calonectris diomedea) Berta minore (Puffinus puffinus) Uccello delle tempeste (Hydrobates pelagicus) Cormorano (Phalacrocorax carbo sinensis) Cormorano dal ciuffo (Phalacrocorax aristotelis desmarestii) Tarabuso (Botaurus stellaris) Tarabusino (Ixobrychus minutus) Nitticora (Nycticorax nycticorax) Sgarza ciuffetto (Ardeola ralloides) Airone guardabuoi (Bubulcus ibis) Garzetta (Egretta garzetta) Airone rosso (Ardea purpurea) Mignattai (Plegadis falcinellus) Fenicottero (Phoenicopterus ruber) Volpoca (Tadorna tadorna) Fistione turco (Netta rufina) Moretta tabaccata (Aythya nyroca) Nibbio reale (Milvus milvus) Grifone (Gyps fulvus) Falco di palude (Circus aeruginosus) Albanella minore (Circus pygargus) Sparviere (Accipiter nisus) Astore sardo (Accipiter gentilis arrigonii) Poiana (Buteo buteo) Aquila reale (Aquila chrysaetos) Aquila del Bonelli (Hieraaetus fasciatus) Gheppio (Falco tinnunculus) Grillaio (Falco naumanni) Lodolaio (Falco subbuteo) Falco della regina (Falco eleonora) Pellegrino (Falco peregrinus) Schiribilla grigiata (Porzana pusilla) Pollo sultano (Porphyrio porphyrio) Gallina prataiola (Tetrax tetrax) Cavaliere d'Italia (Himantopus himantopus) Avocetta (Recurvirostra avosetta) Occhione (Burhinus oedipnemos) Pernice di mare (Glareola pratensis) Pettegola (Tringa totanus) Gabbiano comune (Larus ridibundus) Gabbiano roseo (Larus genei) Gabbiano corso (Larus audouinii) Sterna zampenere (Gelochelidon nilotica) Sterna comune (Sterna hirundo) Fraticello (Sterna albifrons) Cuculo dal ciuffo (Clamator glandarius) Martin pescatore (Alcedo atthis) Ghiandaia marina (Coracias garrulus) Picchio rosso minore (Picoides minor) Calandra (Melanocorypha calandra) Rondine rossiccia (Hirundo daurica) Spioncello (Anthus spinoletta) Merlo acquaiolo (Cinclus cinclus) Culbianco (Oenanthe oenanthe) Codirossone (Monticola saxatilis) Cannareccione (Acrocephalus arundinaceus) Gracchio corallino (Pyrrhocorax pyrrhocorax).

c) **UCCELLI OSPITI NON NIDIFICANTI:** Strolaga mezzana (Gavia arctica) Airone bianco maggiore (Egretta alba) Cicogna nera (Ciconia nigra) Cicogna bianca (Ciconia ciconia) Spatola (Platalea leucorodia) Falco 0pecchiaiolo (Pernis apivorus) Nibbio bruno (Milvus migrans) Aquila di mare (Haliaeetus albicilla) Gipeto (Gypaetus barbatus) Biancone (Circaetus gallicus) Albanella reale (Circus cyaneus) Aquila anatraia maggiore (Aquila clanga) Aquila minore (Aquila pennatus) Falco pescatore (Pandion haliaetus) Smeriglio (Falco columbarius) Sacro (Falco cherrug) Piviere dorato (Pluvialis apricaria) Croccolone (Gallinago media) Combattente (Philomachus pugnax) Piro piro boschereccio (Tringa glareola) Sterna maggiore (Sterna caspia) Beccapesc (Sterna sandvicensis) Mignattino piombato (Chlidonias hybridus) Mignattino alibianchi (Chlidonias leucopterus) Mignattino (Chlidonias niger) Gufo di palude (Asio flammeus)

d) **RETTILI PRESENTI IN SARDEGNA:** Tartaruga marina comune (Caretta caretta) Dermochelide coreacea (Dermochelys coriacea) Tartaruga verde (Chelonia mydas) Testuggine d'acqua (Emys orbicularis) Testuggine comune (Testudo hermanni) Testuggine greca (Testudo grega) Testuggine marginata (Testudo marginata)

Tarantolino (*Phyllodactylus europaeus*) Algiroide nano (*Algyroides fitzingeri*) Lucertola di Bedriaga (*Archaeolacerta bedriagae*) Lucertola tirrenica (*Podarcis tiliguerta ranzii* e *podarcis tiliguerta toro*) Colubro ferro di cavallo (*Coluber hippocrepis*) Saettone (*Elaphe longissima*) Biscia del collare (*Natrix natrix cetti*) Camaleonte (*Chamaeleo chamaelon*).

e) ANFIBI RIPRODUCENTISI IN SARDEGNA: Euproctto sardo (*Euproctus platycephalus*) Geotritone dell'Iglesiente (*Speleomantes genei*) Geotritone imperiale (*Speleomantes imperialis*) Geotritone del Supramonte (*Speleomantes supramontis*) Geotritone del Monte Albo (*Speleomantes flavus*) Discoglossa sardo (*Discoglossus sardus*) Rana verde (*Rana esculenta*).

Con Delibera di Giunta Regionale n. 42/15 del 4/10/2006 è stata approvata la Carta delle Vocazioni Faunistiche (0ali e potenziali e le indicazioni gestionali riferite alle singole specie alla luce dei dati acquisiti).

Come riportato nell'Atlante della Migrazione degli Uccelli in Italia pubblicato da ISPRA basato sui dati raccolti tra il 1906 e il 2003 e dei dati del censimento riportato nella Carta delle Vocazioni Faunistiche negli anni 2003-2005, la Regione Sardegna rappresenta un'importante area di passaggio di alcune rotte migratorie di diverse specie di uccelli anche in conseguenza della presenza di habitat favorevoli per la sosta e la nidificazione dell'area umida, utilizzato per svernare da un numero rilevante di esemplari di uccelli acquatici.

Per dettagli sulla composizione della componente faunistica si rimanda allo Studio di Incidenza facente parte integrante del progetto.

## Ecosistemi

Un ecosistema è un insieme sistemico definito (spesso chiamato "unità ecologica") costituito da organismi viventi (animale/i e vegetale/i) che interagiscono tra loro (biocenosi) e con l'ambiente che li circonda (biotopo).

Un significativo supporto alla caratterizzazione ecologica della Regione Sardegna è stato fornito dal "Sistema Carta della Natura della Sardegna", edito da Ispra nel 2015, nel quale è riportato l'inquadramento bioclimatico e geoambientale della regione e la carta degli habitat a scala 1: 50.000 con evidenziazione dei valori naturali e dei profili di vulnerabilità degli habitat individuati.

Ai fini della valutazione da un punto di vista ecologico dei valori naturali e dei profili di vulnerabilità territoriale, sono stati adottati alcuni indici sintetici quali Valore Ecologico, Sensibilità Ecologica, Pressione Antropica e Fragilità Ambientale intesi come:

- *Valore Ecologico* - inteso come livello del pregio naturale di un biotipo;
- *Indice di sensibilità ecologica* - intesa come predisposizione intrinseca di un biotipo al rischio di perdita di biodiversità o integrità ecologica indipendentemente dalle minacce di natura antropica;
- *Pressione Antropica* – intesa come stima sintetica del grado di disturbo prodotto dalla popolazione residente;
- *Fragilità Ambientale*- indica la vulnerabilità di un biotipo e quindi le aree con maggiore predisposizione a subire un danno e più interessate dal disturbo antropico.

I suddetti indici sono rappresentati tramite la classificazione da “molto basso” a “molto alto”.

Nella carta Habitat regionali, il progetto ricade: nell'Habitat: 82.1 - Colture intensive.

Identificativo del biotopo: SAR13935

L'Habitat non presenta potenziale flora a rischio, ed è caratterizzato da valori degli indici:

I principali elementi di frammentazione e costrizione dell'Habitat sono la presenza della strada provinciale, delle attività estrattive e delle colture estensive.

#### INDICI DI VALUTAZIONE IN CLASSI:

Valore Ecologico: Molto bassa

Sensibilità Ecologica: Molto bassa

Pressione Antropica: Bassa

Fragilità Ambientale: Molto bassa

Sulla base dei suddetti indici emerge che le aree nelle quali è prevista la realizzazione del progetto risultano essere ricomprese in habitat con indice basso; inoltre, risultano estranei agli habitat individuati di grande valenza ecologica di importanza nazionale e regionale, Habitat che ricadono nelle classi più elevate sia di Valore Ecologico che di Fragilità Ambientale - della Carta della Natura di ISPRA.

## Paesaggio

Il contesto paesaggistico di area vasta è disegnato sull'ambito costiero prospiciente il Golfo di Oristano e comprende al suo interno sistemi di zone umide che caratterizzano il paesaggio di questi luoghi e da sempre condizionano in modo incisivo cultura e attività economiche locali.

Il territorio si estende nell'entroterra del Campidano di Oristano, per chiudersi ad Est in corrispondenza dei sistemi montani dell'Arei, del Grighine e del Montiferru a Nord.

È inclusa nel distretto la Penisola del Sinis e l'esteso corpo dunale di Is Arenas.

Il territorio, sostanzialmente pianeggiante, è composto dagli stagni e dalle lagune situate a Nord nell'area a ridosso della penisola del Sinis, dalle pianure di colmata alluvionale in corrispondenza delle foci del Tirso, del Rio Mogoro e del Rio Flumini Mannu sull'arco costiero sabbioso del Golfo di Oristano.

Tutto il settore è interessato da un paesaggio agrario con colture irrigue intensive, particolarmente in corrispondenza delle aree interessate dall'importante opera di bonifica avvenuta nella prima metà del '900.

La penisola del Sinis ha inizio a Nord con il promontorio di Capo Mannu, di costituzione sedimentaria prevalentemente calcarea e si sviluppa verso Sud con una linea litoranea regolare formata da una falesia sul mare attualmente attiva in località Su Tingiosu.

La stessa falesia delimita in modo netto una stretta fascia litoranea occupata dalle insenature sabbiose aperte di Mari Ermi e di Is Aruttas, Maimoni, Caogheddas e San Giovanni.

Il Sinis si chiude a Sud con Capo San Marco, promontorio costituito da rocce sedimentarie del Miocene sup. sormontate dalle formazioni basaltiche plio-quadernarie.

Il promontorio collegato al corpo principale della penisola dall'esile istmo sabbioso di Su Muru Mannu, si allinea in continuità strutturale con il promontorio basaltico di Capo Frasca all'estremità opposta del Golfo di Oristano.

Il territorio si presenta debolmente ondulato, con forme dolci molto regolari modellate sui sedimenti detritici quadernari che coprono con continuità i sedimenti calcarei e calcareo-evaporitici del Messiniano.

Presso Su Pranu Nurachedus, si ritrovano gli affioramenti basaltici plio-quadernari che formano le ondulazioni più elevate del distretto con quote sempre inferiori agli 80 m s.l.m.

L'isola di Mal di Ventre, poche miglia a largo della costa del Sinis, rappresenta l'unico affioramento emerso del basamento granitico presente nel distretto; l'isola fa parte di una più estesa dorsale sottomarina che da luogo a numerose secche. Mal di Ventre presenta una morfologia spianata fortemente erosa, luogo di origine dei granuli quarzosi che costituiscono gli accumuli litoranei delle spiagge di Is Aruttas e Mari Ermi.

Lungo il perimetro costiero si ritrovano importanti formazioni dunali fossili di origine eolica, depositatesi durante l'Olocene.

Ad Est dell'area collinare si estende il dominio degli stagni di Cabras e di Mistras, importanti lagune che si sono formate in seguito al continuo alternarsi di ingressioni e regressioni marine succedutesi a partire dalla fine dell'era terziaria e che hanno condizionato la dinamica fluviale e gli apporti solidi dei corsi d'acqua provenienti dall'entroterra.

Le due lagune costituiscono un'importante risorsa economica legata all'attività ittica, ed insieme alle aree umide di Sale e Porcus e di Is Benas, situate poco più a Nord, rappresentano un importante sito per l'avifauna ed una preziosa rarità per gli aspetti naturalistici che in quest'area sono ancora preservati.

L'inconfondibile assetto geometrico del territorio rurale legato alla bonifica caratterizza il settore meridionale del distretto ad Ovest dei depositi pedemontani che raccordano i versanti dell'Arei e del Grighini alla piana alluvionale sottostante.

L'area agricola si spinge fino al limite costiero del Golfo di Oristano e circonda le zone umide lagunari e gli stagni di Santa Giusta, S'ena Arrubia e Marceddi.

L'area di progetto ricade nella Unità di Paesaggio "Golfo di Oristano, Oristano Santa Giusta", Tipo di Paesaggio: PC - Pianura costiera.

L'Unità di Paesaggio comprende la parte meridionale della pianura costiera del Golfo di Oristano nel settore centro-occidentale della Sardegna che costituisce la fascia più esterna della Piana del Fiume Tirso.

Si presenta allungata in direzione circa meridiana, con una ampiezza di 4-5 km, ed una lunghezza complessiva di circa 35 km.

La piana costiera è separata dall'alveo del Fiume Tirso che la divide circa a metà.

La porzione meridionale è allungata in direzione NS per una lunghezza di circa 20 km.

La costa si presenta bassa, costituita da sabbie grossolane e caratterizzata da cordoni sabbiosi, barre, laghi costieri e stagni (Stagno di S. Giusta, Stagno di Marceddi) che danno un aspetto alquanto articolato alla linea di costa.

Le quote sono di pochi metri sopra il livello del mare. L'energia di rilievo è estremamente bassa. La piana è costituita da depositi sabbiosi marini, sabbie grossolane, e dagli accumuli detritici alluvionali del Fiume Tirso e dei torrenti minori che drenano in questo tratto di costa.

Il reticolo idrografico è caratterizzato dal tratto terminale e dalla foce del Fiume Tirso e di pochi torrenti ad andamento NE-SW.

L'uso del suolo è prevalentemente agricolo caratterizzato da zone paludose o bonificate o destinate ad uso balneare.

Da un'analisi delle ortofoto carte dal 1955 al 2023 si osserva come il paesaggio dell'area d'intervento sia rimasto sostanzialmente immutato, non evidenziando variazioni significative nella copertura del suolo né nell'articolazione del sistema agricolo-culturale.

A livello di area allargata, il paesaggio è definito nelle direzioni sud e ovest, fino alla cota, da un analogo mosaico di appezzamenti coltivati o condotti a prato-pascolo, nello schema tipico della bonifica.

Gli unici elementi di discontinuità dell'area vasta sono la costa ad ovest, lo Stagno di Santa Giusta e l'abitato di Oristano a nord, i centri abitati di Terralba e Marrubiu a sud, aree agricole e il complesso del monte Arci.

Per rendere conto dello stato attuale dei luoghi e degli scenari di paesaggio dell'area circostante il progetto sono stati effettuati degli scatti sia da terra che in quota.

Gli scatti guardano verso detta area e danno un'idea del paesaggio circostante, nei limiti della visibilità ottica in funzione della distanza, che non sarebbe altrimenti percepibile dagli osservatori perché schermata dalla morfologia e dalla vegetazione.

Di seguito si riportano alcuni scatti eseguiti sia dal terreno che con drone (ad altezza 10 m) da punti significativi intorno all'area di progetto.

Per la documentazione fotografica completa si rimanda all'elaborato relativo del progetto.

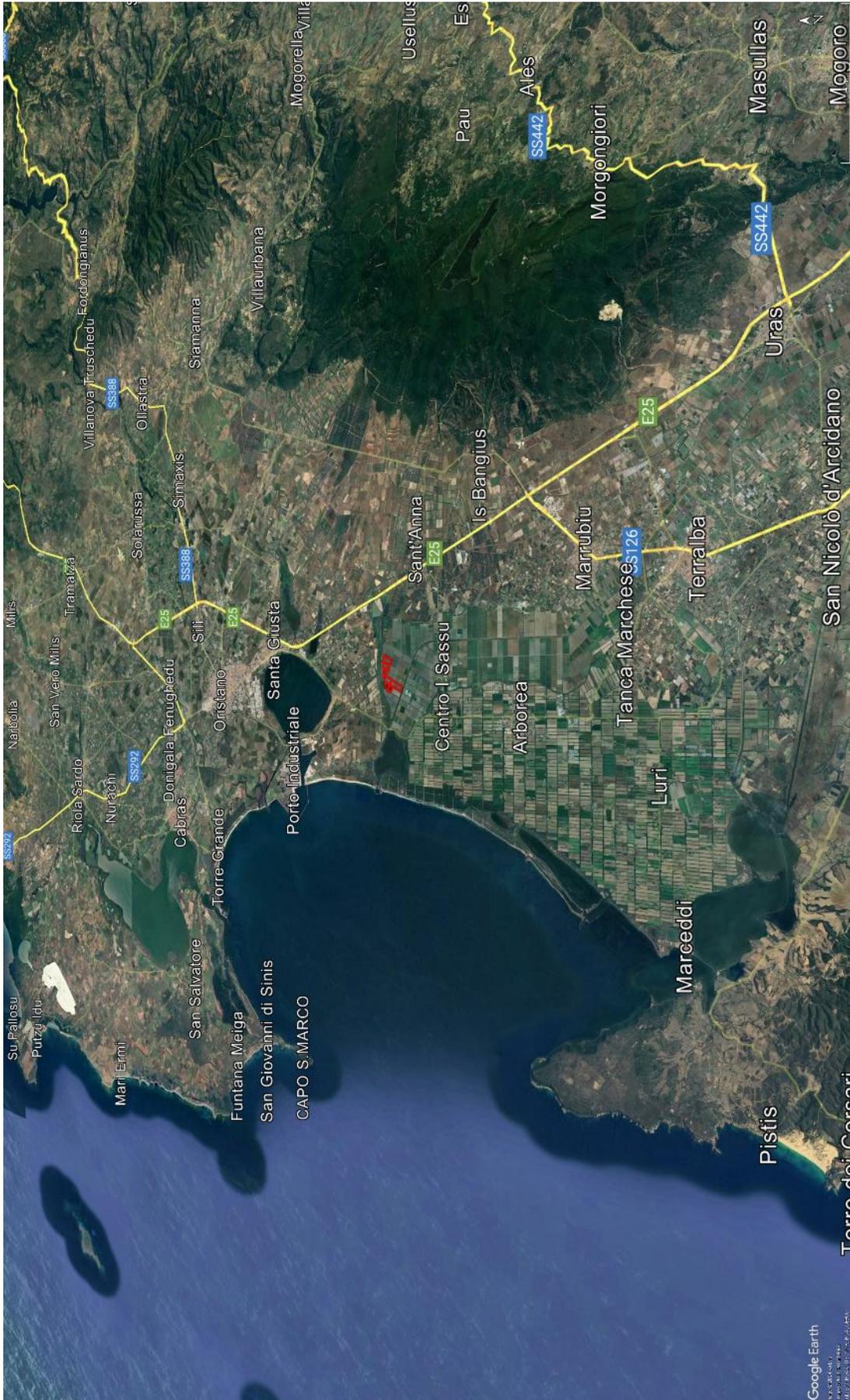


Figura 23 –morfologia del paesaggio di area vasta



Figura 24 – foto aerea 1955



Figura 25 – foto aerea 1968



Figura 26 – foto aerea 1978



Figura 27 – foto aerea 1998



Figura 28 – foto aerea 2010



Figura 29 – foto aerea 2013



Figura 30 – foto aerea 2019



Figura 31 – foto satellitare 2023



Figura 32 –ubicazione dei punti di scatto



Figura 33 –vista dal punto di scatto 1 (viabilità consortile lato sud))



Figura 34 –vista dal punto di scatto 5 (viabilità interpodereale lat sud-est))



Figura 35 –vista dal punto di scatto 8 (viabilità consortile lato nord)



Figura 36 –vista aerea dal margine nord dell’impianto



Figura 37 –vista aerea della parte ovest dell’impianto



Figura 38 –vista aerea della parte centrale dell’impianto

## Rumore

L’area in oggetto, come detto, è caratterizzata al contorno dalla sola presenza di aree agricole, attività zootecniche, aree boscate, viabilità locale (sterrata) e provinciale.

Durante i sopralluoghi si è potuto evidenziare come le uniche sorgenti di rumore siano relative alle attività presenti al contorno. Le attività osservate sono state le seguenti:

- transito di macchine agricole lungo la viabilità locale (trattori agricoli e rimorchi);
- circolazione di mezzi agricoli in lavorazione nei terreni;
- circolazione di veicoli lungo la limitrofa strada provinciale.

Di fatto, nelle immediate vicinanze dell’area in progetto non sono presenti attività produttive che si possono configurare come sorgenti di rumore.

Il contesto acustico dell’area di progetto risulta caratterizzato dunque da un rumore di fondo più o meno intermittente (legato alle variazioni della ventosità, circolazione dei veicoli, temperatura e stratificazione termica dell’aria) e comunque di bassa intensità; a questo si aggiungono dei picchi di rumorosità coincidenti con le lavorazioni agricole e le raffiche di vento.

Questi picchi sono discontinui, e di entità variabile in funzione della distanza dalle sorgenti, ma comunque tali da non caratterizzare negativamente l’area.

L’area di progetto ricade in un’ampia zona classificabile come Zona III – Aree di Tipo Misto.

## Campi elettromagnetici

L'area di progetto non risulta attraversata da linee elettriche, aeree o interrate, in media o alta tensione.

Inoltre, nell'intorno non sono presenti fonti di emissioni elettromagnetiche significative.

Pertanto, si può ragionevolmente affermare che il clima elettromagnetico dell'area sia non perturbato rispetto al fondo naturale.

## Evoluzione dell'ambiente non perturbato

Una predizione, seppure qualitativa, dell'evoluzione dello stato dell'ambiente in assenza di realizzazione del progetto dell'impianto agrovoltico in studio risulta di per sé difficoltosa per via della intrinseca aleatorietà dello sviluppo dei sistemi naturali.

Dato che l'area non presenta caratteristiche di attrattività per fini turistici, residenziali o industriali, l'unica considerazione ragionevole che si può avanzare è quella del permanere dello stato di banalità faunistica e vegetazionale relative.

Si può ipotizzare dunque una continuazione della conduzione agricola dei fondi, eventualmente con rotazione o cambio delle colture, con il connesso aumento nel tempo del carico organico apportato a danno del sistema idrologico dai vari input energetici richiesti dalle pratiche agricole (fertilizzanti, ammendanti, diserbanti).

La prosecuzione della coltivazione intensiva attuale costituisce di per sé una forzante significativa per quanto riguarda gli impatti sul suolo e sulla componente idrica, poiché comportano consistenti prelievi e apportano ingenti carichi di sostanze chimiche che a lungo andare impoveriscono e alterano la naturale struttura ecopedologica dei suoli, impattando sulla loro fertilità e rendendo difficoltosa la vita del soprassuolo vegetale.

Il suolo è senza dubbio uno degli elementi principali da considerare nel valutare la possibile diffusione delle colture bioenergetiche.

Tra le minacce al suolo che possono essere causate da una diffusione delle colture bioenergetiche si menzionano principalmente:

- 1) la contaminazione del suolo prodotta da un incremento nell'uso di input chimici e organici (prodotti fitosanitari, nutrienti, reflui zootecnici, fanghi);
- 2) i processi di compattazione, erosione, causati da una intensificazione delle lavorazioni;
- 3) l'impovertimento del suolo (in carbonio organico e altri nutrienti - K, P) a causa dell'aumento dell'asportazione di biomassa con conseguente calo della fertilità del suolo, riduzione della capacità protettiva delle acque, perdita di biodiversità e riduzione dell'effetto di contenimento della CO<sub>2</sub> in atmosfera.

La prospettiva almeno a breve termine continuerebbe ad essere l'utilizzo del terreno nelle modalità attuali con peggioramento in termini di degrado degli habitat, aumento dell'erosione superficiale, aumento desertificazione, scomparsa di quegli isolati elementi vegetali tipici di formazioni più mature ma non presenti nel sito a causa del degrado, banalizzazione della flora, ingresso di specie esotiche infestanti, assenza di paesaggi di qualità, esercizio abusivo dell'attività venatoria, ecc.

Fondamentalmente, lo stato dell'ambiente del sito rimarrebbe immutato e tenderebbe verso una dinamica sempre più di degrado e involutiva; inoltre, il contesto non potrebbe beneficiare delle mitigazioni agro-volatriche e paesaggistiche previste dalla realizzazione dell'opera, che andrebbero ad apportare un miglioramento qualitativo e funzionale di cui gioverebbe l'intera area, anche quella non direttamente interessata dal progetto.

## Valutazione degli impatti sulle componenti ambientali

Sulla base delle caratteristiche e della localizzazione del progetto, nei paragrafi precedenti è stato descritto lo stato attuale (scenario di base) delle componenti ambientali potenzialmente interferite dalla realizzazione del progetto in esame.

Nei paragrafi che seguono invece si è proceduto all'analisi dei possibili impatti significativi potenzialmente correlati alla costruzione, all'esercizio e alla dismissione dell'impianto fotovoltaico su tutte le componenti ambientali descritte in precedenza nonché le misure previste per impedire, ridurre e compensare nel modo più completo possibile gli eventuali impatti negativi potenzialmente derivanti sull'ambiente dalla realizzazione del progetto.

Allo scopo di definire la stima della significatività degli impatti, è stata condotta un'analisi dell'alterazione quali-quantitativa delle singole componenti ambientali rispetto alla condizione di riferimento dovuta all'impatto generato dalle attività in progetto, definendo la significatività di ciascun impatto in funzione della sua tipologia, portata (intesa come estensione dell'areale interessato e densità della popolazione interessata), reversibilità e durata nel tempo.

La sensibilità dei recettori è stata classificata come di seguito:

SENSIBILITÀ DEI RICETTORI	<b>Trascurabile</b>	<i>La componente non presenta elementi di sensibilità</i>
	<b>Bassa</b>	<i>La componente presenta limitati elementi di sensibilità e poco rilevanti</i>
	<b>Media</b>	<i>La componente presenta molti elementi di sensibilità ma poco rilevanti</i>
	<b>Alta</b>	<i>La componente presenta rilevanti elementi di sensibilità</i>

Per la magnitudo degli impatti si è utilizzata la seguente classificazione:

MAGNITUDO DEGLI IMPATTI	Classe	Livello di magnitudo
	3 - 4	Trascurabile
	5 - 7	Basso
	8 - 10	Medio
	11 - 12	Alto

La classe associata al livello di magnitudo è stata determinata utilizzando i criteri di valutazione di seguito elencati:

DURATA	Temporanea	≤5anni
	Breve	
	Media	5 – 10 anni
	Lunga	≥ 10 anni
DISTRIBUZIONE TEMPORALE	Concentrata	Evento di breve durata ed unico evento
	Discontinua	Evento ripetuto nel tempo di riferimento
	Continua	Evento costante nel tempo di riferimento
AREA DI INFLUENZA	Circoscritta	Impatti con effetti nell'area di intervento o nel suo intorno
	Estesa	Impatti con effetti nell'intorno di alcuni chilometri
	Globale	Impatti con effetti su larga scala o su scala globale
RILEVANZA / INTENSITÀ	Trascurabile	Effetti non significativi o tali da non comportare il superamento dei valori di qualità della componente
	Bassa	Effetti rilevabili ma tali da non comportare il superamento dei valori di qualità della componente
	Media	Effetti rilevabili ma tali da non comportare il superamento dei valori di qualità della componente e delle altre componenti connesse
	Alta	Effetti rilevabili tali da compromettere significativamente una o più componenti
REVERSIBILITÀ	Breve termine	Impatti i cui effetti si esauriscono al cessare dell'azione di impatto
	Medio/lungo termine	Impatti i cui effetti si esauriscono dopo un periodo definito (≥ 5 – 10 anni)
	Irreversibile	Le condizioni iniziali non possono essere ripristinate
PROBABILITÀ	Bassa	Bassa frequenza di accadimento
	Media	Media frequenza di accadimento
	Alta	Alta frequenza di accadimento
	Certa	Evento inevitabile
MITIGAZIONE	Trascurabile	Il potenziale impatto non può essere mitigato in alcun modo
	Bassa	Il potenziale impatto può essere mitigato ma con scarsa efficacia
	Media	Il potenziale impatto può essere mitigato con sufficiente efficacia
	Alta	Il potenziale impatto può essere mitigato con alta efficacia

Per determinare la significatività degli impatti è stata utilizzato lo schema di valutazione sintetizzato nella tabella seguente:

		SENSIBILITÀ DEI RICETTORI		
		Bassa	Media	Alta
MAGNITUDO DEGLI IMPATTI	Trascurabile	BASSA	BASSA	BASSA
	Bassa	BASSA	MEDIA	ALTA
	Media	MEDIA	ALTA	CRITICA
	Alta	ALTA	CRITICA	CRITICA

# Ambiente idrico

## Fase di cantiere

Gli impatti che la fase di cantiere può determinare sulle acque sono riconducibili a:

- presenza dei mezzi
- necessità di approvvigionamento di cantiere
- operazioni di scavo.

Il progetto, per le sue caratteristiche costruttive e dimensionali, non ha alcuna interferenza con gli acquiferi sotterranei (le profondità di scavo previste hanno una limitatissima profondità, tale da mantenere il corpo dello scavo a quote superiori a quelle dell'acquifero sottostante).

Analogamente le operazioni di cantiere non comportano variazioni nel ciclo di ricarica delle falde in quanto non causano variazioni degli equilibri idrici superficiali e non comportano impermeabilizzazioni o variazioni nella permeabilità dei terreni.

Per quanto riguarda le aree oggetto di intervento, si evidenzia che sia in fase di cantiere che in fase di esercizio il terreno non sarà pavimentato/impermeabilizzato consentendo il naturale drenaggio delle acque meteoriche nel suolo.

Il consumo di acqua per le attività di cantiere è legato soprattutto alle operazioni di bagnatura delle superfici, al fine di limitare il sollevamento delle polveri prodotte dal passaggio degli automezzi sulle strade sterrate.

Non sono previsti prelievi diretti da acque superficiali o da pozzi per le attività di realizzazione delle opere.

Sulla base di quanto precedentemente esposto, si ritiene che l'impatto sia di breve termine, di estensione locale ed entità trascurabile.

Un potenziale impatto, così come per la componente suolo e sottosuolo, è costituito dallo sversamento accidentale degli idrocarburi provenienti dai mezzi d'opera.

In considerazione delle esigue quantità di idrocarburi contenuti nei serbatoi dei mezzi d'opera e visto che gli acquiferi sono protetti da uno strato di terreno superficiale con spessore rilevante, i rischi specifici sono poco rilevanti.

L'organizzazione operativa del cantiere e la relativa sorveglianza terranno al minimo la probabilità di sversamenti e la loro durata.

Ad ogni modo, in caso di accadimento si procederà alla rimozione della parte di terreno contaminato che sarà caratterizzato e smaltito ai sensi della legislazione vigente.

La durata dell'impatto è da ritenersi circoscritta alla durata del cantiere e quindi temporanea.

## Fase di esercizio

Per la fase di esercizio gli impatti potenziali sull'ambiente idrico sono individuabili in:

- utilizzo dell'acqua per la pulizia dei pannelli
- impermeabilizzazione delle aree
- modifica del drenaggio superficiale.

La quantità di acqua stimabile per le operazioni di pulizia dei pannelli è di circa 300 mc/anno. Tale quantità andrà a dispersione direttamente nel terreno.

L'approvvigionamento sarà effettuato mediante la rete di approvvigionamento idrico o qualora non disponibile tramite autobotte; quindi, sarà garantita la qualità delle acque di origine in linea con la normativa vigente.

Data la natura occasionale e sporadica con cui è previsto avvengano tali operazioni di pulizia, si ritiene che l'impatto sia temporaneo, di estensione locale e di entità trascurabile.

Le aree di impianto non sono interessate da copertura o pavimentazioni di sorta, e le aree impermeabili presenti sono quelle di sedime delle cabine elettriche e della SSEU.

Entrambi gli apparati elettromeccanici sono dotati di sistema incorporato di intercettazione e raccolta degli eventuali sversamenti di olio diatermico.

Le file di pannelli prevedono un interasse dei trackers di 4,50 metri e a una distanza minima tra i moduli di circa 2,15 m in posizione orizzontale allo scopo di consentire la naturale permeabilità del suolo.

Le strutture che alloggiavano i pannelli sono ancorate al suolo da pali infissi, senza ricorso a fondazioni o plinti in cemento; pertanto, le caratteristiche del drenaggio superficiale non sono interferite.

## Flora, Fauna ed Ecosistemi

### Fase di cantiere

I potenziali impatti sulla vegetazione correlati alla costruzione e dismissione dell'impianto sono collegabili alla rimozione del cotico erboso esistente, dovuta ai movimenti terra necessari per lo scavo delle trincee dei cavidotti e per la preparazione del sedime di cabine elettriche e SSE.

Si evidenzia che questa ultima voce ha incidenza praticamente nulla, in quanto i terreni di progetto sono già pianeggianti e regolari.

Le mitigazioni previste a salvaguardia della flora e della vegetazione sono riassumibili come segue:

- esclusione e non interferenza con aree rilevanti da un punto di vista naturalistico, a norme di salvaguardia o incluse nella rete ecologica naturale
- non interferenza con aree popolate da esemplari di specie di flora minacciate o soggette a tutela
- esclusione di aree con colture agricole di pregio (oliveti secolari, vigneti tradizionali, frutteti, etc.)
- bagnatura periodica delle strade di cantiere allo scopo di ridurre l'emissione e la dispersione sugli apparati fogliari di polveri da parte dei mezzi impiegati
- utilizzo della viabilità esistente allo scopo di limitare al massimo gli sbancamenti e l'asportazione di terreno erboso
- realizzazione di nuova viabilità di cantiere utilizzando materiali naturali stabilizzati.

Data la natura agricola intensiva delle aree di progetto, costituite perlopiù da aree agricole frammentate con scarsa vegetazione autoctona a causa dell'intensa attività antropica esercitata da lungo tempo, i potenziali impatti in fase di cantiere sulla componente fauna sono ravvisabili

- nel transito dei mezzi di cantiere,
- nel rumore causato dalle attività di cantiere
- nella sottrazione di suolo.

Tutti questi impatti possono essere considerati di breve durata per quanto riguarda il rumore ed il transito dei mezzi, in quanto limitati al tempo stimato per la realizzazione dell'impianto.

Sono impatti con un'area di influenza locale (limitati all'area di impianto e a quelle limitrofe) e reversibili (al termine delle attività di costruzione non vi saranno elementi ostativi alla stanzialità e/o al passaggio delle specie faunistiche).

Le mitigazioni previste consistono in:

- esclusione di aree con presenza di elementi faunistici rilevanti. Inoltre, in fase di costruzione e dismissione, compatibilmente con le esigenze tecniche le attività saranno eseguite esclusivamente nel periodo diurno allo scopo di ridurre il potenziale impatto sulla componente in oggetto, evitando in tal modo anche potenziali disturbi causati dalle luci di cantiere
- le attività di costruzione e di smantellamento dell'impianto inoltre saranno programmate cercando di evitare i periodi di riproduzione delle specie faunistiche eventualmente riscontrate in sito;
- per l'esecuzione delle attività saranno prioritariamente opzionati i mezzi con il massimo rapporto di efficienza in termini di rumore e di consumi.

## Fase di esercizio

Al fine di valutare, in aree agricole, gli impatti dell'installazione di un impianto agrivoltaico sulle capacità di rigenerazione e di sviluppo dello strato di vegetazione autoctona presente al suolo, si espongono di seguito le considerazioni contenute negli studi di letteratura.

Il primo ha avuto come obiettivo la valutazione dei potenziali cambiamenti annuali su un habitat vegetativo tipo prato stabile (ossia habitat composto per la quasi totalità da specie erbacee e pertanto votato ad esempio ad attività di pascolo), a seguito dell'aumento di ombreggiamento al suolo conseguente l'installazione di un parco fotovoltaico di grandi dimensioni.

Lo studio sopra citato, oltre ad essere incentrato specificatamente sul tema in oggetto, risulta essere particolarmente esemplificativo in quanto condotto su una scala estremamente più ampia rispetto a quella del progetto in esame.

L'impianto monitorato ha una potenza di circa 250 MWp. Sebbene non si sia quantificata con esattezza l'entità dell'ombreggiamento che segue l'installazione di un impianto fotovoltaico a terra, valutazioni preliminari stimano approssimativamente che una porzione pari al 40÷45% della superficie coperta (equivalente alla proiezione sul piano orizzontale dei moduli) sarà parzialmente ombreggiata, sebbene la configurazione mobile ad inseguimento solare permetta comunque il soleggiamento ciclico dell'intera superficie al disotto dei moduli.

In particolare, i moduli determineranno un ombreggiamento di circa il 40% a mezzogiorno, quando il sole è più alto nella volta celeste (lo zenith viene raggiunto solo all'equatore) raggiungendo picchi di circa 45% alle prime ore della mattina e nel tardo pomeriggio quando l'angolo di incidenza al suolo della radiazione solare sarà particolarmente basso.

Studi di settore mostrano che vari gradi di ombreggiamento possano incentivare lo sviluppo di svariate specie erbacee seminatrici, provocando una graduale modifica della composizione della comunità locale a vantaggio di specie erbacee a foglia larga e leguminose.

Ciò nonostante, ulteriori ricerche indicano che la variazione della luminosità non è la principale concausa della strutturazione del manto erboso rispetto ad altri fattori biotici e abiotici quali ad esempio: l'uso di fertilizzanti, l'apporto idrico, il clima, le interazioni biotiche (ossia la competizione interspecifica, nonché la presenza di erbivori) e l'accesso alle risorse nutritive.

Per quanto riguarda l'irraggiamento, la crescita vegetativa, essendo primariamente correlata all'efficienza fotosintetica, è maggiormente influenzata dalle variazioni della qualità della luce (ad esempio la variazione della quantità della radiazione nello spettro dell'infrarosso) piuttosto che dalla sua quantità.

Sebbene quindi il manto erboso cresca al disotto dei moduli fotovoltaici, nell'arco del periodo diurno questo sarà certamente raggiunto da una quantità sufficiente di radiazioni luminose entro un intervallo di lunghezza d'onda utile a consentire al meglio il naturale processo di organizzazione della materia inorganica nell'ambito delle reazioni di fotosintesi clorofilliana.

Nel corso dell'anno solare di osservazione, lo studio si chiude rilevando che l'installazione di impianti fotovoltaici non integrati su ampie superfici aperte ha come principale effetto sulla comunità vegetale quello di incentivare l'insorgere di particolari forme di adattamento nelle specie autoctone (cambiamento delle dimensioni medie dell'apparato vegetativo, del contenuto di clorofilla ecc...) ed eventualmente consentire la colonizzazione da parte di ulteriori specie che non prediligono l'irraggiamento diretto.

In considerazione di quanto sopra esposto, al fine in ogni caso di disincentivare la diffusione di specie infestanti non autoctone pur supportando la biodiversità dell'ecosistema, si riportano di seguito alcuni contenuti tratti da uno studio il cui fine è quello di individuare una metodologia per consenta il mantenimento e/o l'aumento della copertura e del numero di specie autoctone nell'ambito di prati stabili.

Lo studio si è focalizzato su lotti di terreno superficialmente perturbati (banchine stradali, sentieri, pascoli ecc...) e particolarmente ricchi di infestanti diffusamente presenti anche in Italia quali cardi selvatici e in particolare il cosiddetto fiordaliso giallo (*Centaurea solstitialis*).

Le tecniche di intervento prescelte furono le seguenti: pascolo intensivo di ovini, incendi controllati seguiti dalla semina di specie erbacee locali, taglio manuale mirato, taglio con trinciatrice e applicazioni mirate di erbicidi.

Le analisi sono state effettuate su due aree contigue e circoscritte: un'area è stata sottoposta in maniera alternata alle tecniche sopracitate, mentre l'altra è stata lasciata integra al fine di confrontare i cambiamenti con la situazione non perturbata.

I risultati sono sintetizzati di seguito:

- taglio manuale mirato: riduce sensibilmente la densità delle infestanti, non ha invece effetto sulla copertura di specie autoctone e in entrambi i casi non sono state osservate variazioni nel numero di specie;
- trattamento mirato con erbicidi ad ampio spettro: riduce drasticamente la copertura delle specie infestanti ed ha modeste ripercussioni sul numero delle stesse, nonché sul numero e la densità delle specie autoctone;
- taglio con trinciatrice: riduce sensibilmente la copertura delle infestanti, ma non ha considerevoli effetti sul loro numero né sul numero e la densità di specie autoctone;
- pascolo intensivo di ovini (pecore e capre): riduce drasticamente la copertura delle infestanti a partire dal fiordaliso giallo e determina un lieve aumento nel numero di specie esotiche nonché nel numero e nella copertura di specie autoctone;
- incendi controllati e semina di specie erbacee autoctone: non hanno effetto sulla copertura delle specie infestanti, incrementano la copertura delle specie autoctone, e curiosamente incrementano il numero di entrambe.

Tutte le tecniche sopra elencate, eccetto gli incendi mirati e la semina di specie autoctone, riducono la copertura di infestanti a partire dal fiordaliso giallo.

Quand'anche inoltre l'approccio più efficace, economico e veloce per contrastare la densità delle infestanti sia l'utilizzo di erbicidi ad ampio spettro, tra le altre possibili opzioni la più interessante in termini di ecocompatibilità ed efficacia è il ricorso controllato al pascolo o, se quest'ultimo non fosse attuabile, il taglio ciclico del prato durante i periodi dell'anno più propizi per la riproduzione e la diffusione delle infestanti.

Il progetto di valorizzazione agrovoltaica qui previsto riguarda la realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra con tecnologia ad inseguimento monoassiale, organizzato in file nord-sud distanziate per consentire la coltivazione tra e sotto le fila e ottimizzare la produzione fotovoltaica.

Il progetto in studio prevede un impianto agrivoltaico di ultima generazione che, per le sue caratteristiche costruttive, ha un impatto molto limitato sul suolo agricolo, consentendo la

continuità nell'esercizio conveniente dell'agricoltura e la produzione di energia elettrica rinnovabile.

Considerati i dati progettuali, la copertura fotovoltaica lascia tra i filari una zona priva di ingombro di larghezza variabile in funzione dell'orario del giorno, dal 50% al 75%.

Si tratta di un impianto agrivoltaico di ultima generazione che, per le sue caratteristiche costruttive, ha un impatto limitato sul suolo agricolo, consentendo la continuità nell'esercizio conveniente dell'agricoltura e la produzione di energia elettrica rinnovabile.

Poiché la superficie di progetto rimarrà inerbita durante la vita utile dell'impianto, è possibile la coltivazione dell'intera superficie e la valorizzazione dell'agroecosistema attraverso una opportuna scelta delle colture.

Per quanto riguarda specificamente la superficie interessata dal progetto, è un terreno agricolo situato nel Comune di Arborea attualmente coltivato a mais e foraggera.

L'inizio dei lavori dell'impianto agrivoltaico in progetto sarà coordinato con i gestori dall'attuale coltivazione, per consentire di installare il cantiere in terreni sgombri, e quindi dopo la raccolta periodica prevista.

Il progetto prevede di coltivare tutto il terreno sotto i pannelli fotovoltaici attraverso la realizzazione di un prato polifita permanente, di durata illimitata, che risulterebbe ben adatto alle condizioni microclimatiche che si vengono a realizzare all'interno dell'impianto.

Tale scelta, che viene descritta nella Relazione Agronomica, ha indubbi vantaggi in termini di:

- conservazione della qualità del suolo (accumulo di sostanza organica)
- incremento della biodiversità
- sviluppo di organismi terricoli (biota)
- diffusione e la protezione delle api selvatiche
- popolamento di predatori e antagonisti
- riduzione delle più comuni malattie fungine e parassitarie delle piante coltivate, e della fauna selvatica.

La redditività del prato polifita non risulterebbe alterata dalla presenza del fotovoltaico, al contrario si intravede la possibilità di aumentare la marginalità rispetto alle condizioni di pieno sole, e sarebbe possibile la conversione al metodo di coltivazione biologico per il ridotto apporto di input colturali richiesti dal prato.

La scelta della edificazione di un prato permanente stabile è dovuta alla risultanza della valutazione dei seguenti fattori:

- Caratteristiche fisico-chimiche del suolo agrario;
- Caratteristiche morfologiche e climatiche dell'area;
- Caratteristiche costruttive dell'impianto fotovoltaico;
- Vocazione agricola dell'area.

Gli obiettivi considerati sono:

- Stabilità del suolo attraverso una copertura permanente e continua della vegetazione erbacea;
- Miglioramento della fertilità del suolo;
- Mitigazione degli effetti erosivi dovuti agli eventi meteorici soprattutto eccezionali quali le piogge intense;
- Realizzazione di colture agricole che hanno valenza economica per il pascolo e la fauna selvatica;
- Tipologia di attività agricola che non crea problemi per la gestione e manutenzione dell'impianto fotovoltaico;
- Operazioni colturali agricole semplificate e ridotte di numero;
- Favorire la biodiversità creando anche un ambiente idoneo per lo sviluppo e la diffusione di insetti pronubi e animali di piccola taglia.

In ottica di ulteriore sviluppo futuro, la produzione di foraggio dall'impianto, che si caratterizza così come agrivoltaico consentirebbe di realizzare una ottimale sinergia con allevamenti di bovini dell'area circostante.

La presenza dei pannelli fotovoltaici determina alcune modificazioni microclimatiche riferibili alla disponibilità di radiazione, alla temperatura e all'umidità del suolo, che possono avere effetti positivi, nulli o negativi, in funzione delle specifiche esigenze della specie coltivata.

Va sottolineato che, in condizioni normali di pieno sole, la radiazione globale che raggiunge la superficie del terreno si compone per metà di radiazione diretta, e per metà di radiazione diffusa priva di direzione prevalente.

La presenza del pannello fotovoltaico riduce la percentuale di radiazione diretta, ovvero quella che raggiunge direttamente il suolo, con intensità variabile in funzione della distanza dal filare fotovoltaico, del momento del giorno e del periodo dell'anno, mentre aumenta la quantità di radiazione diffusa.

Inoltre, la tipologia mobile del pannello fotovoltaico adottata in progetto, per effetto di riflessione consente alle piante coltivate di sfruttare la radiazione sia riflessa che diffusa dai pannelli stessi.

In generale, si considerano piante con elevate esigenze di intensità di radiazione i cereali, le piante da zucchero, le specie oleaginose, da fiore e da frutto.

Sono invece considerate sciafile, con basse esigenze luminose, le specie da fibra, le piante foraggere e alcune piante orticole, nelle quali l'elevata fittezza di semina e l'ombreggiamento sono realizzati agronomicamente per accentuare l'allungamento dei fusti e quindi la produzione di fibra, foraggio e foglie, per effetto della maggiore presenza dell'ormone della crescita (auxina) che è foto-labile.

Nell'insalata, ad esempio, un leggero ombreggiamento aumenta lo sviluppo fogliare e riduce lo spessore delle foglie, rendendo il prodotto anche di migliore qualità commerciale.

In riferimento alla temperatura dell'aria, questa rappresenta la diretta conseguenza della radiazione solare.

Sebbene sia lecito attendersi una riduzione dei valori termici dell'atmosfera in zone ombreggiate rispetto alle zone in pieno sole, anche di 3-4 °C, l'ombreggiamento determina generalmente uno sfasamento termico, con un ritardo termico al mattino in fase di riscaldamento dell'atmosfera, e un rallentamento del raffreddamento pomeridiano-serale.

Al di sotto dell'impianto fotovoltaico, inoltre, è lecito attendersi una maggiore umidità relativa dell'aria al mattino, e minore nel tardo pomeriggio-sera rispetto a zone in pieno sole.

L'ombreggiamento delle colture è una pratica agricola molto utilizzata, ad esempio nelle serre per ridurre le temperature nel periodo estivo tramite reti ombreggianti (dal 30 al 50% di ombreggiamento) o pannelli fotovoltaici; l'ombreggiamento riduce la percentuale di nicotina nel tabacco e, nelle serre serve per favorire la colorazione rossa del pomodoro che sarebbe ostacolata da temperature troppo elevate.

Ogni specie vegetale necessita di una specifica temperatura minima per accrescersi, il cosiddetto zero di vegetazione.

Oltre questa base termica, l'accrescimento accelera all'aumentare della temperatura fino ad una temperatura ottimale, specifica per ciascun stadio di sviluppo, oltre la quale l'accrescimento rallenta fino ad arrestarsi (temperatura massima).

Le elevate temperature estive, oltre la temperatura massima, possono quindi danneggiare l'accrescimento delle piante, condizione che si sta progressivamente accentuando in pieno sole a causa del cambiamento climatico.

Nell'insalata, ad esempio, un leggero ombreggiamento aumenta lo sviluppo fogliare e riduce lo spessore delle foglie, rendendo il prodotto anche di migliore qualità commerciale.

Per mitigare questi effetti, numerosi studi scientifici oggi sono concordi nel suggerire l'introduzione nei sistemi agricoli di filari alberati e siepi a distanza regolare, proprio per attenuare l'impatto negativo delle elevate temperature e della carenza idrica estive.

In riferimento alla temperatura dell'aria, questa rappresenta la diretta conseguenza della radiazione solare.

Sebbene sia lecito attendersi una riduzione dei valori termici dell'atmosfera in zone ombreggiate rispetto alle zone in pieno sole, anche di 3-4 °C, l'ombreggiamento determina generalmente uno sfasamento termico, con un ritardo termico al mattino in fase di riscaldamento dell'atmosfera, e un rallentamento del raffreddamento pomeridiano-serale.

Al di sotto dell'impianto fotovoltaico, inoltre, è lecito attendersi una maggiore umidità relativa dell'aria al mattino, e minore nel tardo pomeriggio-sera rispetto a zone in pieno sole.

L'ombreggiamento delle colture è una pratica agricola molto utilizzata, ad esempio nelle serre per ridurre le temperature nel periodo estivo tramite reti ombreggianti (dal 30 al 50% di ombreggiamento) o pannelli fotovoltaici; l'ombreggiamento riduce la percentuale di nicotina nel tabacco e, nelle serre serve per favorire la colorazione rossa del pomodoro che sarebbe ostacolata da temperature troppo elevate.

Una funzione analoga può essere svolta dall'impianto fotovoltaico.

Il parziale ombreggiamento del suolo riduce il riscaldamento estivo del suolo stesso con effetti positivi sull'accrescimento delle radici, che possiedono un ottimo di temperatura per l'accrescimento inferiore rispetto alla parte aerea della pianta (16°C in molti cereali autunno-

primaverili); in tali condizioni le radici possono accrescersi maggiormente anche grazie alla maggiore umidità e minore tenacità del terreno.

Nel periodo invernale, invece, ci si attende che la presenza del fotovoltaico, mantenga la temperatura del suolo leggermente più elevata rispetto al pieno sole poiché le ali fotovoltaiche riflettono le radiazioni infrarosse (raggi caloriferi) emesse dalla terra durante il raffreddamento notturno, e questo permette un sensibile accrescimento delle piante microterme anche nei periodi più freddi dell'anno.

Ne trarrebbero vantaggio in particolare le piante foraggere microterme.

Allo stato attuale esistono limitate informazioni in merito agli effetti dell'ombreggiamento per la maggior parte delle piante erbacee coltivate, ed i dati disponibili derivano da studi di consociazione di specie erbacee con piante arboree organizzate in filari, e da pochi e giovani impianti agri-voltaici.

Le colture meno penalizzate dalla presenza del fotovoltaico sono quelle microterme e sciafile.

Con una percentuale di riduzione della radiazione del 50%, comparabile a quella che si realizzerà nell'impianto agri-voltaico in oggetto, sono state rilevate produttività uguali o addirittura superiori al pieno sole in specie graminacee foraggere microterme, ed una moderata riduzione, dell'ordine del 20-30%, in specie macroterme foraggere sia graminacee (es. mais, sorgo, panico, setaria, etc.) che leguminose (es. trifoglio bianco, trifoglio violetto, erba medica, etc.), e in lattuga.

La coltivazione attuale dei terreni comprende cicli rotazionali di mais e foraggere, ed è caratterizzata da:

- Media potenzialità produttiva, tipica del territorio oggetto di studio;
- Limitato utilizzo di manodopera, in conseguenza della totale meccanizzazione;
- Utilizzo di concimi (in particolare azotati), ammendanti e antiparassitari che, dilavati parzialmente dalle piogge, contribuiscono all'inquinamento delle acque superficiali e di falda
- Utilizzo di carburanti fossili, con conseguenti emissioni, per il funzionamento dei mezzi agricoli per la semina, lavorazione e raccolta.

Il sistema agrivoltaico proposto rappresenta un piano di miglioramento e modernizzazione aziendale inquadrabile come Agricoltura 5.0.

Il progetto prevede di installare inseguitori solari mono-assiali nei quali, contrariamente a quanto avviene con il fotovoltaico tradizionale (pannelli fissi rivolti verso sud) che presenta una zona d'ombra concentrata in corrispondenza dell'area coperta dai pannelli stessi, vi è una fascia d'ombra che si sposta con gradualità durante il giorno da ovest a est sull'intera superficie del terreno.

Come conseguenza non si vengono a creare zone costantemente ombreggiate o costantemente soleggiate.

Date le premesse su esposte in merito alla risposta delle piante all'ombreggiamento, nell'impianto agrivoltaico in oggetto si è previsto di coltivare un prato polifita permanente destinato alla produzione di foraggio.

Tale scelta, incontra un elevato livello di naturalità e di rispetto ambientale per effetto del limitatissimo impiego di input colturali, consente di attirare e dare protezione alla fauna e all'entomofauna selvatica, in particolare le api, e rappresenta la migliore soluzione per coltivare l'intera superficie di terreno e ottenere produzioni analoghe a quelle che si raggiungerebbero in pieno sole.

Va evidenziato, infatti, che negli impianti agrivoltaici ad inseguimento solare esistenti viene coltivato solamente la fascia centrale, corrispondente al 70% della superficie, mentre vengono mantenute inerbite le fasce di rispetto immediatamente adiacenti al filare.

In aggiunta e in sinergia con la coltivazione del prato polifita permanente, si prevede di implementare una attività di allevamento ad api, con ritorni positivi sia suoi economici che di potenziamento e tutela della biodiversità.

Inoltre, è la naturale integrazione, completamento e rafforzamento dell'attuale area a pascolo che ricopre la parte dell'impianto non utilizzata per l'installazione dei tracker, sia in termini agronomici che ecosistemici.

La coltivazione scelta è quella della produzione di foraggio con prato permanente (detto anche prato stabile). Le superfici oggetto di coltivazione attuale (ante operam) sono irrigue ma si prevede una tecnica di coltivazione quanto più possibile in "asciutto", cioè tenendo conto solo dell'apporto idrico dovuto alle precipitazioni meteoriche.

La coltivazione scelta è quella della produzione di foraggio con prato permanente (detto anche prato stabile).

La produzione foraggera può essere realizzata in vario modo, con prati monofiti (formati da una sola essenza foraggera), prati oligofiti (formati da due o tre foraggere) e prati polifiti, che prevedono la coltivazione contemporanea di molte specie foraggere.

In base alla durata si distinguono: erbai, di durata inferiore all'anno; prati avvicendati, di durata pluriennale, solitamente 2-4 anni; permanenti, di durata di alcuni decenni o illimitata.

Per garantirne una durata prolungata, la stabilità della composizione floristica e una elevata produttività, i prati permanenti possono essere periodicamente traseminati nel periodo autunnale senza alcun intervento di lavorazione del terreno (semina diretta).

Il prato polifita permanente, ritenuto la miglior scelta per l'impianto agri-voltaico, si caratterizza per la presenza sinergica di molte specie foraggere, generalmente appartenenti alle due famiglie botaniche più importanti, graminacee e leguminose, permettendo così la massima espressione di biodiversità vegetale, a cui si unisce la biodiversità microbica e della mesofauna del terreno, e quella della fauna selvatica che trova rifugio nel prato (volpi, lepri, etc.).

Molte leguminose foraggere, come il trifoglio pratense, il trifoglio bianco ed il trifoglio incarnato, ed il ginestrino, sono anche piante mellifere, potendo fornire un ambiente edafico e di protezione idoneo alle api selvatiche e all'ape domestica. In merito al potere mellifero, il trifoglio pratense è classificato come specie di classe III, mentre il ginestrino di classe II, potendo fornire rispettivamente da 51 a 100 kg miele e da 25 a 50 kg di miele per ettaro.

Il prato polifita permanente non necessita di alcuna rotazione e quindi non deve essere annualmente lavorato come avviene negli altri seminativi, condizione che favorisce la stabilità del biota e la conservazione/aumento della sostanza organica del terreno, e allo stesso tempo la produzione e la raccolta del foraggio.

Diversamente da quello che si potrebbe pensare, questa condizione mantiene un ecosistema strutturato e solido del cotico erboso con conseguente arricchimento sia in termini di biodiversità che di quantità della biofase del terreno.

Le piante che costituiscono il prato permanente variano in base al tipo di terreno e alle condizioni climatiche e saranno individuate dopo un'accurata analisi pedologica e biochimica.

In generale, si può dire che verrà impiegato un miscuglio di graminacee e di leguminose:

- le graminacee, a rapido accrescimento dopo lo sfalcio, sono ricche di energia e di fibra;
- le leguminose sono molto importanti perché fissano l'azoto atmosferico, in parte cedendolo alle graminacee e fornendo una ottimale concimazione azotata del terreno, e offrono un foraggio di elevato valore nutritivo grazie alla abbondante presenza di proteine.

Per massimizzare la produzione e l'adattamento del prato alle condizioni di parziale ombreggiamento sarà opportuno impiegare due diversi miscugli, uno per la zona centrale dell'interfilare e uno, più adatto alla maggior riduzione di radiazione solare, per le fasce adiacenti il filare fotovoltaico.

Pur tuttavia, l'impiego di un unico miscuglio con un elevato numero di specie favorirà la selezione naturale di quelle più adatte a diverse distanze dal filare fotovoltaico in funzione del gradiente di soleggiamento/ombreggiamento.

I prati stabili di pianura gestiti in regime non irriguo possono fornire 2-3 sfalci all'anno con produzioni medie pari a 8-10 tonnellate per ettaro di fieno, derivanti principalmente dal primo sfalcio, e fino a 4-5 sfalci, con una produzione complessiva di 12-14 tonnellate, in irriguo.

I prati stabili presentano una varietà di specie molto più elevata rispetto ai prati avvicendati, nei quali in genere si coltiva erba medica, i trifogli e il loietto.

L'impianto di pannelli fotovoltaici si integra perfettamente nella coltivazione del prato stabile come sopra evidenziato, potendo far aumentare la resa in foraggio grazie agli effetti di schermo e protezione con parziale ombreggiamento nelle ore più assolate delle giornate estive ed il mantenimento di condizioni ottimali di umidità del terreno per un tempo più prolungato.

Questa condizione è particolarmente interessante dopo lo sfalcio, quando l'assenza di copertura vegetale causerebbe un rapido essiccamento del terreno nel periodo estivo, a discapito della capacità di ricaccio delle essenze foraggere.

L'interesse tra i filari fotovoltaici, unitamente alla possibilità di reclinare completamente i pannelli con appositi automatismi, consente l'accesso a qualsiasi tipo di mezzo meccanico comunemente impiegato nella fienagione, che consistono in trattrici di potenza medio-bassa, e piccole e medie attrezzature agricole (barre falcianti, spandi-voltafieno, giro-andanatori, rotoimballatrici).

Va inoltre ribadito che la combinazione tra fotovoltaico ad inseguimento monoassiale e prato polifita permanente consente l'utilizzo, ai fini agro-voltaici, dell'intera superficie al suolo per scopi agricoli.

Il prato polifita permanente arricchisce progressivamente di sostanza organica e di biodiversità il terreno. A fine vita operativa, ad impianto dismesso, il suolo così rigenerato sarà ideale anche per coltivazioni agricole di pregio (es. orticole, frutteto, vigneto).

Il prato polifita permanente, ritenuto la miglior scelta per l'impianto agrivoltaico in progetto, si caratterizza per la presenza sinergica di molte specie foraggere, generalmente appartenenti alle due famiglie botaniche più importanti, graminacee e leguminose, permettendo così la massima espressione di biodiversità vegetale, a cui si unisce la biodiversità microbica e della mesofauna del terreno, e quella della fauna selvatica che trova rifugio nel prato (volpi, lepri, etc.).

Molte leguminose foraggere, come il trifoglio pratense, il trifoglio bianco ed il trifoglio incarnato, ed il ginestrino, sono anche piante mellifere, potendo fornire un ambiente edafico e di protezione idoneo alle api selvatiche e all'ape domestica.

In merito al potere mellifero, il trifoglio pratense è classificato come specie di classe III, mentre il ginestrino di classe II, potendo fornire rispettivamente da 51 a 100 kg miele e da 25 a 50 kg di miele per ettaro.

Il prato polifita permanente non necessita di alcuna rotazione e quindi non deve essere annualmente lavorato come avviene negli altri seminativi, condizione che favorisce la stabilità del biota e la conservazione/aumento della sostanza organica del terreno, e allo stesso tempo la produzione e la raccolta del foraggio.

Diversamente da quello che si potrebbe pensare, questa condizione mantiene un ecosistema strutturato e solido del cotico erboso con conseguente arricchimento sia in termini di biodiversità che di quantità della biofase del terreno, rappresentando un indubbio miglioramento rispetto all'attuale rotazione grano/foraggio con cui vengono condotti i terreni di progetto.

Il cotico erboso permanente consente anche un agevole passaggio dei mezzi meccanici utilizzati per la pulizia periodica dei pannelli fotovoltaici anche con terreno in condizioni di elevata umidità.

Le piante che costituiscono il prato permanente variano in base al tipo di terreno e alle condizioni climatiche e saranno individuate dopo un'accurata analisi pedologica e biochimica.

In generale, si può dire che verrà impiegato un miscuglio di graminacee e di leguminose:

- le graminacee, a rapido accrescimento dopo lo sfalcio, sono ricche di energia e di fibra;
- le leguminose sono molto importanti perché fissano l'azoto atmosferico, in parte cedendolo alle graminacee e fornendo una ottimale concimazione azotata del terreno, e offrono un foraggio di elevato valore nutritivo grazie alla abbondante presenza di proteine.

La prevalenza di specie vegetali scelte per la costituzione del prato permanente stabile apparterrà alla famiglia delle leguminosae, e pertanto aumenteranno la fertilità del terreno principalmente grazie alla loro capacità di fissare l'azoto.

Le graminacee considerate hanno funzione di supporto prevalentemente ai fini faunistici.

La tipologia di piante scelte ha ciclo poliennale, a seguito anche della loro capacità di autorisemina (in modo particolare il trifoglio sotterraneo ed il loietto perenne), consentendo così la copertura del suolo in modo continuativo per diversi anni dopo la prima semina.

Per massimizzare la produzione e l'adattamento del prato alle condizioni di parziale ombreggiamento sarà opportuno impiegare due diversi miscugli, uno per la zona centrale dell'interfilare e uno, più adatto alla maggior riduzione di radiazione solare, per le fasce adiacenti il filare fotovoltaico e le zone limitrofe all'interno dell'impianto.

Pur tuttavia, l'impiego di un unico miscuglio con un elevato numero di specie favorirà la selezione naturale di quelle più adatte a diverse distanze dal filare fotovoltaico in funzione del gradiente di soleggiamento/ombreggiamento.

Una volta giunto a matura crescita il prato stabile polifita, si potranno scegliere due metodi per la gestione della biomassa vegetale:

1. cicli stagionali di sfalcio e raccolta del foraggio in balle per la vendita ad allevamenti di bovini e ovini
2. consumo periodico in situ delle erbe utilizzando il pascolo di greggi ovini (pascolo libero vagante).

#### Opzione 1 - sfalcio stagionale

I prati stabili di pianura gestiti in regime non irriguo possono fornire 2-3 sfalci all'anno con produzioni medie pari a 8-10 tonnellate per ettaro di fieno, derivanti principalmente dal primo sfalcio, e fino a 4-5 sfalci, con una produzione complessiva di 12-14 tonnellate, in irriguo.

Tradizionalmente gli sfalci vengono denominati, in ordine cronologico, maggengo, agostano, terzuolo e quartirolo. Il maggengo, come detto, è il primo e viene ottenuto nella prima metà del mese di maggio. Gli altri cadono a intervallo variabile dai 35-40 giorni per i prati irrigui e fino a 50- 60 giorni per quelli asciutti, anche in funzione dell'andamento pluviometrico. Il primo e l'ultimo sfalcio forniscono un foraggio ricco di graminacee (microterme), mentre le leguminose (macroterme) prevalgono nei mesi estivi.

Essendo un erbaio di prato stabile non irriguo sono ipotizzabili un numero massimo di due periodi durante i quali le piante completerebbero il loro ciclo vitale.

Si prevede una fioritura a scalare che, a seconda dell'andamento climatico stagionale, può avere inizio ad aprile-maggio. Pertanto, oltre alla produzione di foraggio tardo primaverile (fine maggio normalmente), nel caso di adeguate precipitazioni tardo-primaverili ed estive, è ipotizzabile effettuare una seconda produzione a fine agosto – settembre.

Il fieno ricavato verrà utilizzato prevalentemente per l'alimentazione dei bovini, ma potrà essere usato anche in allevamenti ovini.

Date le parziali condizioni di ombreggiamento, per accelerare il processo di essiccazione del foraggio si può prevedere di utilizzare la fienagione in due tempi, con appassimento dell'erba in campo e completamento dell'essiccazione in fienile, da implementare in futuro con un sistema di ventilazione forzata che sfrutta l'energia elettrica prodotta dal fotovoltaico.

Tale sistema riduce notevolmente le perdite meccaniche durante le operazioni di rivoltamento e di raccolta e fornisce un prodotto di qualità superiore, in particolare più ricco di proteine per effetto della limitata perdita di foglie, rispetto alla fienagione tradizionale.

I prati stabili presentano una varietà di specie molto più elevata rispetto ai prati avvicendati, nei quali in genere si coltiva erba medica, i trifogli e il loietto.

Per questo motivo, in alcune regioni italiane i prati stabili sono diventati e divengono oggetto di tutela normativa dopo 5 anni di permanenza continuativa, allo scopo di proteggerne la biodiversità floristica e faunistica.

Il prato polifita potrà essere seminato in autunno (settembre-ottobre) al termine della messa in opera dell'impianto fotovoltaico, comprensivo di plinti zavorrati e ali fotovoltaiche, previa ripuntatura del terreno ed erpicatura.

La semina verrà realizzata con seminatrici a file o a spaglio al dosaggio di 35-40 kg/ha di semente con miscugli costituiti da 8-12 specie e varietà di foraggiere graminacee e leguminose.

Si adatterà una elevata biodiversità nella realizzazione del miscuglio, utilizzando le seguenti specie graminacee (loietto italico e loietto inglese, erba fienarola, festuca, erba mazzolina, fleolo) e leguminose (trifoglio pratense, trifoglio bianco, trifoglio incarnato, ginestrino)

Nel caso si opti per la raccolta mediante sfalcio e imballatura, le operazioni meccaniche di fienagione saranno realizzate con trattori di medio-bassa potenza (40- 60 CV) di piccole dimensioni facilmente manovrabili all'interno degli interfilari.

Le operazioni di sfalcio con barre falcianti frontali o laterali consentiranno di svolgere le operazioni fino a ridosso del filare fotovoltaico.

Le successive fasi di rivoltamento e andanatura del foraggio, da svolgere rispettivamente con macchine spandivoltafieno e andanatori, sono agevolate dalla modesta altezza di tale attrezzature (massimo 75-80 cm), che possono compiere il lavoro anche sotto i pannelli fotovoltaici.

La permanenza del foraggio in campo e il numero di rivoltamenti sarà contenuto, nel caso si intende valorizzare la qualità del foraggio attraverso la fienagione in due tempi in sostituzione della fienagione tradizionale, con pre-appassimento in campo e successivo completamento dell'essiccazione attraverso idoneo impianto.

Il foraggio ottenuto sarebbe di maggiore quantità per effetto della minimizzazione delle perdite meccaniche, e di migliore qualità (contenuto proteico) potendo preservare da rotture e perdite soprattutto le parti più nobili e ricche di proteine del foraggio (foglie).

Le macchine per la raccolta, essenzialmente rotoimballatrici, sono comunemente di larghezza e dimensioni contenute, compatibili con la movimentazione in campo rispetto ai dati progettuali dell'impianto fotovoltaico (larghezza interfila, altezza delle ali fotovoltaiche e loro rotazione).

Va tenuto comunque in considerazione che eventuali particolari necessità di movimentazione di attrezzature di dimensioni maggiori, ivi compreso il sistema di carico e trasporto delle rotoballe di fieno, è possibile attraverso il bloccaggio delle ali fotovoltaiche in posizione completamente a est o ad ovest.

Nel caso invece non si voglia eseguire l'essiccazione in due fasi, l'erba sfalciata verrebbe lasciata ad essiccare sul terreno e poi raccolta e imballata secondo le modalità e con i macchinari già descritti.

Il foraggio prodotto in azienda dal sistema agri-voltaico potrà essere commercializzato e destinato, come detto, all'alimentazione di diverse tipologie di animali (bovini, ovini, equini, conigli, etc.).

L'elevata qualità del foraggio ottenuto con l'essiccazione in due tempi consentirebbe di ottenere una marginalità superiore rispetto ai prezzi medi di mercato.

La presenza di ampi spazi non utilizzati per l'impianto fotovoltaico permetterebbe anche la creazione di stalle per allevamento di bovini o ricovero di ovini.

L'ipotesi di sviluppare la filiera di produzione della carne aumenterebbe significativamente il margine lordo aziendale senza ulteriori investimenti.

Quelle qui indicate sono azioni di potenziale sviluppo che andranno però scelte e definite dopo l'autorizzazione dell'impianto.

## Opzione 2 - pascolo libero vagante

Considerato che obiettivo primario è quello di mantenere la continuità ed il livello di efficienza produttiva della copertura vegetale del terreno per ottimizzare le performances di protezione del suolo, si ritiene tecnicamente altrettanto valido ed opportuno svolgere una attività pascoliva (ovini) sull'intera superficie.

Il pascolo consentirebbe una naturale ed efficiente manutenzione dell'area con una forte valorizzazione economica delle biomasse di foraggio prodotte senza che ci sia bisogno di lavorazioni meccaniche per la raccolta del foraggio.

La produzione di foraggio avrebbe dunque funzione pabulare per attività di pascolo ovino a carattere temporaneo (pascolo vagante), pertanto si avrebbe una gestione dell'attività zootecnica affidata ad allevatore professionale esterno.

Il pascolo ovino di tipo vagante è la soluzione ecocompatibile ed economicamente sostenibile che consente di valorizzare al massimo le potenzialità agricole del parco fotovoltaico.

Le finalità nonché gli obiettivi dell'attività pascoliva sono:

- Mantenimento e ricostituzione del prato stabile permanente attraverso l'attività di brucatura ed il rilascio delle deiezioni (sostanza organica che funge da concime naturale) degli animali;
- L'asportazione della massa vegetale attraverso la brucatura delle pecore ha notevole efficacia in termini di prevenzione degli incendi;
- Valorizzazione economica attraverso una attività zootecnica tipica dell'area;
- Favorire e salvaguardare la biodiversità delle razze ovine locali.

L'attività di pascolo nell'area di progetto necessita che venga svolta con una certa continuità nel periodo autunnale-invernale e, successivamente al periodo di fioritura prevista del prato stabile permanente di leguminose messo a coltura.

Nello specifico per il prato stabile permanente a prevalenza di leguminose sono previste due produzioni annue, la prima in primavera e la seconda nel periodo estivo.

Il pascolo del prato permanente deve essere effettuato successivamente alla fioritura delle specie vegetali seminate al fine di consentire l'attività impollinatrice e produttiva delle api.

La scelta delle razze ovine da utilizzare è condizionata fortemente dall'esigenza di favorire lo sviluppo di un'attività zootecnica legata alle radicate tradizioni territoriali nell'ottica della tutela della biodiversità e la conservazione dei genotipi autoctoni. In un ambito di operatività proteso verso la sostenibilità ecologica, nell'ambito degli erbivori domestici, ogni razza è caratterizzata da una diversa capacità selettiva e da percorsi preferenziali e di sosta.

L'attività di pascolamento in particolari habitat è stata riconosciuta quale fattore chiave nella conservazione di quegli stessi habitat semi-naturali di altissimo valore ecologico; inoltre il pascolamento da parte delle razze autoctone ha un basso impatto sulla biodiversità vegetale ed ha, di contro, un effetto benefico nel creare condizioni favorevoli per l'avifauna erbivora ed insettivora.

Da quanto riportato risulta evidente come l'attività economica zootecnica del pascolo sia sostenibile dal punto di vista agro-ambientale.

Affinché l'attività di pascolo sia anche economicamente sostenibile per le finalità afferenti alla gestione del parco fotovoltaico, risulta essere necessario (come già accennato in precedenza) affidare l'attività pascoliva ad imprenditore agricolo- zootecnico che disponga di strutture adeguate (ovile, sale mungitura, ecc..) nelle immediate vicinanze dell'area di pascolo.

## Apicoltura

Al fine di ottimizzare le operazioni di valorizzazione ambientale ed agricola dell'area a completamento di un indirizzo programmatico gestionale che mira alla conservazione e protezione dell'ambiente nonché all'implementazione delle caratterizzazioni legate alla biodiversità, si intende avviare un allevamento di api stanziale.

La messa a coltura del prato stabile e le caratteristiche dell'areale in cui si colloca il parco fotovoltaico, crea le condizioni ambientali idonee affinché l'apicoltura possa essere considerata una attività zootecnica economicamente sostenibile.

L'ape è un insetto, appartenente alla famiglia degli imenotteri, al genere *Apis*, specie mellifera (*adamsonii*). Si prevede l'allevamento dell'ape italiana o ape ligustica (*Apis mellifera ligustica*) che è una sottospecie dell'ape mellifera (*Apis mellifera*), molto apprezzata internazionalmente in quanto particolarmente prolifica, mansueta e produttiva.

Di seguito si analizzano i fattori ambientali ed economici per il dimensionamento dell'attività apistica, considerando nel calcolo della PLV (Produzione Lorda Vendibile) la sola produzione di miele.

L'attività apistica ha come obiettivo primario quella della tutela della biodiversità e pertanto non si prevede lo sfruttamento massivo delle potenzialità tipico degli allevamenti zootecnici intensivi, facendo svolgere all'apicoltura una funzione principalmente di valenza ambientale ed ecologica.

Si definisce potenziale mellifero di una pianta la quantità teorica di miele che è possibile ottenere in condizioni ideali da una determinata estensione di terreno occupata interamente dalla specie in questione.

Conoscendo il numero di fiori presenti in un ettaro e la quantità di nettare prodotto da un fiore nella sua vita, e considerando che gli zuccheri entrano a far parte della composizione media del miele in ragione dell'80% (cioè 0,8 Kg zuccheri = 1 Kg miele), si applica la seguente formula:

$$\text{Kg miele/ha} = \text{Kg zucchero/ha} \times 100/80$$

Il valore così calcolato non tiene conto di tutti quegli eventi negativi che tendono ad abbassarlo (condizioni climatiche sfavorevoli ecc...) né può ovviamente fornire previsioni dirette sulla quantità di miele che l'apicoltore può realmente ottenere: su questa incidono infatti vari fattori quali l'appetibilità della specie, la concorrenza di altri pronubi (diurni e notturni), il consumo di miele da parte della colonia stessa per la propria alimentazione, lo sfruttamento più o meno oculato della coltura (n. di arnie per ettaro e la loro disposizione), ecc... .

Tuttavia, sulla base dei dati riscontrati in letteratura, è possibile raggruppare le varie specie studiate secondo classi di produttività concepite così come riportato nella seguente tabella:

CLASSE	POTENZIALE MELLIFERO (Kg/Ha di miele)
I	meno di 25
II	da 26 a 50
III	da 51 a 100
IV	da 101 a 200
V	da 201 a 500
VI	oltre 500

Nello specifico, nel valutare e definire il potenziale mellifero per la vegetazione presente nell'area di progetto si è tenuto conto di diversi fattori quali:

- Specie vegetali utilizzate per la messa a coltura del prato stabile permanente di leguminose e loro proporzione nel miscuglio;
- Piante mellifere caratterizzanti la vegetazione spontanea;
- Caratterizzazione Agro-ambientale (clima, coltivazioni agrarie, ecc..).

Il potenziale mellifero è estremamente variabile rispetto ad alcuni parametri: condizioni meteo (vento, pioggia, ...), temperature (sotto i 10 gradi molte piante non producono nettare), umidità del suolo e dell'aria, caratteristiche del suolo (alcune piante pur crescendo in suoli non a loro congeniali, non producono nettare), posizione rispetto al sole e altitudine, ecc...

Naturalmente per avere un dato quanto più attendibile, sarebbe opportuno fare dei rilievi floristici di dettaglio per più anni di osservazione (calcolo del numero di fiori per specie e per unità di superficie, periodo di fioritura, ecc..).

Pertanto, in base alle criticità individuate, si reputa opportuno considerare il potenziale mellifero minimo di quello indicato in letteratura.

La sottostima del dato consente di fare valutazioni economiche prudenziali, abbassando notevolmente i fattori di rischio legati all'attività d'impresa.

Nella tabella seguente si riporta il nome delle piante mellifere afferenti al prato stabile permanente e non alla vegetazione spontanea con il riferimento del periodo di fioritura, della classe e del potenziale mellifero.

FAMIGLIA	SPECIE	FIORITURA	CLASSE	POTENZIALE MELLIFERO (Kg/ha di miele)
LEGUMINOSAE	<i>Medicago sativa L.</i>	V-IX	V	250
LEGUMINOSAE	<i>Hedysarum coronarium L.</i>	V	V	250
LEGUMINOSAE	<i>Trifolium subterraneum L.</i>	IV-IX	III	60

Nella tabella non viene preso in considerazione il loietto permanente in quanto non è pianta mellifera.

Una volta definito il potenziale mellifero delle principali piante prese in considerazione, si rapporta la produzione di miele unitaria all'intera superficie di riferimento progettuale. Dal calcolo viene escluso il potenziale mellifero del sistema agro-ambientale extra-progetto.

La superficie destinata alle opere di mitigazione ambientale sicuramente incide nella valutazione del potenziale mellifero complessivo, ma non è definibile in modo statisticamente valido l'apporto dei dati inerenti alla vegetazione.

La quantità di miele prodotto da un'arnia è molto variabile: si possono ottenere dalla smielatura di un'arnia stanziale in media 10-15 Kg di miele all'anno, con punte che oltrepassano i 40 Kg.

Come per il polline, anche per il nettare l'entità della raccolta per arnia è in linea di massima proporzionale alla robustezza e alla consistenza numerica della colonia e segue nel corso dell'anno un andamento che è correlato con la situazione climatica e floristica.

Anzi in questo caso il fattore clima è di importanza ancora più rilevante, in quanto, come già detto, influisce direttamente sulla secrezione nettariana. Se ad esempio i valori di umidità relativa si innalzano oltre un certo limite, la produzione di nettare è elevata, ma esso è anche più diluito e per ottenere la stessa quantità di miele le api devono quindi svolgere un lavoro molto maggiore.

Per l'area di progetto è ipotizzabile un carico di n. 2-3 arnie ad ettaro (numero ottimale in funzione del tipo di vegetazione).

Oltre al numero di alveari/arnie per ettaro acquista molta importanza anche la loro disposizione all'interno della coltura.

Il raggio di azione della bottinatrice di nettare è molto più ampio di quello della bottinatrice di polline: normalmente; infatti, può estendersi fino a 3 chilometri, e in condizioni particolari può essere largamente superato.

Il raggio di volo degli altri apoidei, escluso i bombi che possono volare per distanze più rilevanti, è in genere limitato, circoscritto a poca distanza dal nido, da poche decine di metri a 200-300 metri.

Gli elementi che bisogna considerare per l'ubicazione e posizionamento degli alveari per l'apicoltura stanziale, posso essere così elencati:

1. Scegliere un luogo in cui sono disponibili sufficienti risorse nettariifere per lo sviluppo e la crescita delle colonie. Se possibile evitare campi coltivati con monoculture dove si pratica la coltura intensiva.
2. L'apiario deve essere installato lontano da strade trafficate, da fonti di rumore e vibrazioni troppo forti e da elettrodotti. Tutti questi elementi disturbano la vita e lo sviluppo della colonia.
3. Luoghi troppo ventosi o dove c'è un eccessivo ristagno di umidità sono vivamente sconsigliati. Troppo vento non solo disturba le api, contribuendo a innervosirle e ad aumentarne l'aggressività, ma riduce la produzione di nettare. Per contro, troppa umidità favorisce l'insorgenza di micosi e patologie.
4. Accertarsi della disponibilità di acqua corrente nelle vicinanze, altrimenti predisporre degli abbeveratoi con ricambio frequente dell'acqua. L'acqua serve in primavera per l'allevamento della covata, e in estate per la regolazione termica dell'alveare. In primavera le api abbandonano la raccolta d'acqua quando le fioriture sono massime.
5. Preferire postazioni che si trovano al di sotto della fonte nettariifera da cui attingono le api. In tal modo, saranno più leggere durante il volo in salita e agevolate nel volo di ritorno a casa, quando sono cariche di nettare e quindi più pesanti.
6. Posizionare le arnie preferibilmente dove vi è presenza di alberi caducifoglie. Questo tipo di vegetazione è davvero ottimale, in quanto permette di avere ombra d'estate, evitando così eccessivi surriscaldamenti degli alveari, ma allo stesso tempo in inverno i raggi del sole possono scaldare le famiglie senza essere ostacolati e schermati da fronde sempreverdi. Anche in questo caso, però, si può intervenire artificialmente creando tettoie o ripari per proteggere le api dalla calura estiva o sistemi di coibentazione per il freddo.
7. Una volta scelto il luogo è anche importante il posizionamento delle arnie. Sicuramente è importantissimo che le arnie siano rivolte a sud e che siano esposte al sole almeno nelle ore mattutine. Questo favorisce la ripresa dell'attività delle api. Ottimo sarebbe se ricevessero luce anche nel pomeriggio, soprattutto d'inverno.
8. Dopo aver scelto la direzione, bisogna considerare il posizionamento vero e proprio. Per poter limitare il fenomeno della deriva è utile posizionare le arnie lungo linee curve, a semicerchio, in cerchio, a ferro di cavallo, a L o a S. Inoltre, bisogna avere l'accortezza di disporre le cassette in modo da intercalarne i colori per non confondere ulteriormente le api.
9. Bisogna considerare la distanza da terra e fra le arnie stesse. Non bisogna posizionarle troppo vicino al suolo perché altrimenti si favorirebbe il ristagno di umidità. L'opzione migliore è quella di metterle su blocchi singoli perché se poggiassero su traversine lunghe le eventuali vibrazioni, indotte su un'arnia si propagherebbero alle arnie contigue. Generalmente, inoltre, le arnie devono essere posizionate a 35-40 cm l'una dall'altra e, se

disposte in file, deve esserci una distanza di almeno 4 m. In generale, si consiglia sempre di non avere apiari che eccedano di molto le 50 unità.

10. È necessario evitare ostacoli davanti alle porticine di volo delle arnie, siano essi erba alta, arbusti o elementi di altra natura. Questi ovviamente disturbano le api e il loro lavoro.

In base alle precauzioni sopra riportate e in funzione della morfologia e l'uso del suolo definitivo dell'area di progetto, si ritiene opportuno posizionare le arnie in area dove vi è disponibilità continua di acqua, soprattutto durante la stagione secca.

Pertanto, per garantire le disponibilità idriche ed assicurare la facile accessibilità alle arnie si può pensare di collocare gli apiari in posizione contrapposta sull'area di pertinenza dell'impianto fotovoltaico con il posizionamento di contenitori d'acqua nel periodo estivo.

La presente analisi economica dell'attività di apicoltura si pone i seguenti obiettivi:

- stimare, dal confronto tra ricavi e costi relativi ad un ciclo produttivo, il reddito dell'imprenditore;
- determinare, attraverso l'individuazione delle singole voci di spesa, i costi relativi alla produzione del miele.

Per raggiungere entrambi gli obiettivi, è necessario predisporre un bilancio aziendale.

Tale bilancio, che prende lo spunto da un bilancio normalmente utilizzato in aziende zootecniche, è stato tarato e modificato per rispondere alle esigenze peculiari di un'azienda apistica.

Il ciclo produttivo dell'azienda agraria al quale, di norma, fa riferimento il bilancio è un anno che normalmente nel sud Italia ha inizio nel mese di settembre.

Nel caso specifico, per le aziende apistiche si è optato per la durata convenzionale del periodo di riferimento (1 anno), ma utilizzando come giorno di inizio il 1° marzo: questa scelta è dettata dal fatto che, a quella data, si è normalmente in grado di stimare il numero corretto di famiglie/nuclei che hanno superato il periodo invernale che costituirà il capitale bestiame iniziale.

In questo caso viene redatto un bilancio preventivo considerando che non ci sia variazione della consistenza zootecnica tra l'inizio e la fine dell'annata agraria di riferimento.

Non si considerano, poiché non valutabili preventivamente, le perdite di famiglie dovute alla sciamatura e a problemi sanitari (es. Varroa).

Si considera che l'attività apistica venga svolta in modo stanziale da un singolo apicoltore e che per la definizione della Produzione Lorda Vendibile venga valutato solo il prodotto miele (non si considerano gli altri prodotti apistici vendibili quali: pappa reale, propoli, polline, cera, idromele, aceto di miele, veleno, ...).

Nella analisi economica si tiene conto che l'azienda è condotta secondo i dettami del Reg. CE 834/07 "agricoltura biologica" e che la produzione di miele bio sia venduta all'ingrosso.

Il costo d'impianto è definito dall'investimento iniziale necessario per la realizzazione delle arnie e l'acquisto degli animali (sciami).

Di seguito si riporta il dettaglio dell'investimento riferito alla singola arnia.

Voce di costo	Numero	Costo Unitario (€/Pz o €/Kg)	Costo totale	Precisazioni	IVA	Costo totale + IVA
Famiglia	1	100,00 €	100,00 €		10%	110,00 €
Regina	1	20,00 €	20,00 €		10%	22,00 €
Arnia (12 telaini)	1	55,00 €	55,00 €		22%	67,10 €
Melari	5	9,00 €	45,00 €		22%	54,90 €
Telai	12	0,70 €	8,40 €		22%	10,25 €
Cera bio per telai nido	1,32	35,00 €	46,20 €	Per ogni telaino è necessario un foglio di cera del peso di 110 gr. Sono necessari 12 fogli per un peso complessivo di Kg. 1,32. Il costo è definito come €/Kg di cera.	10%	50,82 €
Telaini per melario	55	0,70 €	38,50 €	Per ogni arnia si considerano n. 5 melari, e per ogni melario n. 11 telaini	22%	46,97 €
Cera bio per telaini melario	3,025	35,00 €	105,88 €	Per ogni telaino è necessario un foglio di cera del peso di 55 gr. Sono necessari 55 fogli per un peso complessivo di Kg. 3,025. Il costo è definito come €/Kg di cera.	10%	116,46 €
Escludi regina	1	5,00 €	5,00 €		22%	6,10 €
Apiscampo	1	15,00 €	15,00 €		22%	18,30 €
			<b>Costo totale arnia 438,98 €</b>			<b>502,90 €</b>

Considerando una prima ipotesi di posizionamento di n. 50 arnie avremo che il costo necessario per l'avvio attività sarà:

costo singola arnia x 50 = € 438,98 x 50 = € 21.949,00 (Iva esclusa)

Il calcolo delle spese varie viene fatto tenendo conto della gestione complessiva dell'allevamento effettuata da 1 solo operatore.

Si considera il prezzo medio ordinario di mercato riferito alla singola voce di spesa dando il valore complessivo.

La voce di spesa riferita al candito (alimento di soccorso da dare alle api nel periodo invernale) è fortemente condizionato dall'andamento climatico stagionale e pertanto si considerano valori prudenziali alti di gestione.

Per quanto riguarda le spese di trasformazione, non essendo previste attrezzature e locali, ci si avvarrebbe della prestazione di contoterzisti.

Voce di costo		Numero	Costo Unitario (€/Pz o €/Kg)	Costo totale (iva inclusa)	Precisazioni
Alimenti (candito bio)		500	5,00 €	2.500,00 €	Consumo medio di 10 Kg ad arnia
Antiparassitari e medicinali	Acido ossalico	50	1,00 €	50,00 €	Trattamento invernale per Varroa
	Acido formico	50	3,00 €	150,00 €	Trattamento estivo per Varroa
Erogatori per acido formico		50	11,00 €	550,00 €	
Materiale per confez. (vasi, etichette, ecc...)	Vasetti in vetro da 1 Kg	625	0,50 €	312,50 €	Si tiene conto di una produzione media di miele millefiori ad arnia di 25 Kg
	Vasetti in vetro da 0,5 Kg	1250	0,35 €	437,50 €	
	Etichetta e sigillo	1875	0,25 €	468,75 €	
Trasformazione		1250	0,50 €	625,00 €	Il calcolo è riferito al costo medio per 1 Kg di miele
Spese per spostamenti		67	30,00 €	2.010,00 €	Si considera che l'apicoltore visiti l'apiario ogni 5 giorni nel periodo che va dal 1 marzo al 1 ottobre ed in inverno ogni 10 gg. Quindi il totale delle giornate minime di spostamento sarà di 67 gg.
Spese generali	Associazionismo	1	60,00 €	60,00 €	
	Ente di certificazione bio	1	1.000,00 €	1.000,00 €	
	Contabilità (fiscalista)	1	1.000,00 €	1.000,00 €	
	Altro (telefono, imprevisti vari,...)	1	50,00 €	50,00 €	
<b>Totale spese varie</b>				<b>9.213,75 €</b>	

Nel calcolo delle quote di reintegrazione si considera che la vita economica di un'arnia stanziale sia di circa 5 anni.

QUOTE	Importo	Precisazioni
Reintegrazione arnie	4.064,63 €	Durata di un'arnia= 5 anni. Tasso d'interesse applicato 5%
Assicurazione	500,00 €	
Manutenzione	329,24 €	Si considera che la quota manutenzione sia pari all' 1,5% del valore imponibile delle arnie
<b>Totale quote</b>	<b>4.893,87 €</b>	

Come già detto l'unica produzione vendibile dell'attività apistica è il miele.  
Si prevede una produzione di miele media per singola arnia di 25 Kg/anno.

Bisogna inoltre considerare che trattasi di produzione biologica certificata e pertanto il prezzo di vendita risulta essere in media superiore del 20-30% (mercato italiano) rispetto al prodotto convenzionale.

Prodotto	Quantità (Kg)	Prezzo (€/Kg)	Importo totale (iva inclusa)
Miele bio millefiori - vaso da 1Kg	625	17,00 €	10.625,00 €
Miele bio millefiori- vaso da 0,5 Kg	625	18,00 €	11.250,00 €
<b>Totale PLV</b>			<b>21.875,00 €</b>

Di seguito si definisce il conto economico presumibile dell'attività apistica.

VOCE CONTABILE	SPECIFICA VOCE DI BILANCIO	Importo	Precisazioni
<b>INVESTIMENTO INIZIALE</b>	<i>CONTO ARNIE</i>	<b>21.949,00 €</b>	importo IVA esclusa
<b>RICAVI VENDITA MIELE</b>	<i>Produzione Lorda Vendibile (PLV)</i>	<b>21.875,00 €</b>	
<b>COSTI DI GESTIONE</b>	<i>SPESE VARIE</i>	9.213,75 €	
	<i>SPESE MANODOPERA</i>	5.778,94 €	
	<i>ASSICURAZIONE</i>	500,00 €	
	<i>MANUTENZIONE</i>	329,24 €	
	<i>REINTEGRAZIONE ARNIE</i>	4.064,63 €	Durata di un'arnia= 5 anni. Tasso d'interesse applicato 5%
<i>Totale costi di gestione</i>		<b>19.886,56 €</b>	

L'impianto di pannelli fotovoltaici si integra perfettamente nella coltivazione del prato stabile come sopra evidenziato, potendo far aumentare la resa in foraggio grazie agli effetti di schermo e protezione con parziale ombreggiamento nelle ore più assolate delle giornate estive ed il mantenimento di condizioni ottimali di umidità del terreno per un tempo più prolungato.

Questa condizione è particolarmente interessante dopo lo sfalcio, quando l'assenza di copertura vegetale causerebbe un rapido essiccamento del terreno nel periodo estivo, a discapito della capacità di ricaccio delle essenze foraggere.

L'interasse tra i filari fotovoltaici, unitamente alla possibilità di reclinare completamente i pannelli con appositi automatismi, consente l'accesso a qualsiasi tipo di mezzo meccanico comunemente impiegato nella fienagione, che consistono in trattrici di potenza medio-bassa, e piccole e medie attrezzature agricole (barre falcianti, spandi-voltafieno, giro-andanatori, rotoimballatrici).

Va inoltre ribadito che la combinazione tra fotovoltaico ad inseguimento monoassiale e prato polifita permanente consente l'utilizzo, ai fini agrivoltaici, dell'intera superficie al suolo per scopi agricoli.

Nel caso del pascolo vagante, la struttura dell'impianto non pone alcun problema al transito e alla sosta degli ovini, che possono brucare anche sotto i tracker vista la loro altezza da terra.

Nell'analisi dell'interazione coltura-sistema fotovoltaico vanno considerati i seguenti elementi:

- I filari fotovoltaici consentono un agevole accesso per le lavorazioni agricole ai mezzi meccanici utilizzati per la coltivazione, lo sfalcio e la raccolta del foraggio;
- È prevista la posizione di blocco dei pannelli in totale rotazione ovest o est, in questo modo è agevole lavorare il terreno per la semina del prato fino a ridosso dei sostegni;
- L'assenza di elettrodotti interrati consente eventuali lavorazioni di ripuntatura/scarificazione, e arieggiamento del terreno;
- I supporti sono costituiti da pali in acciaio infissi nel terreno e di facile rimozione a fine vita operativa;
- Il prato polifita permanente arricchisce progressivamente di sostanza organica e di biodiversità il terreno, mantiene un ecosistema strutturato e solido del cotico erboso, le leguminose presenti nel miscuglio fissano l'azoto atmosferico fornendo una ottimale concimazione azotata del terreno, e offrono un foraggio di elevato valore nutritivo ricco di proteine;
- A fine vita operativa, ad impianto dismesso, il suolo così rigenerato sarà ideale anche per coltivazioni agricole di pregio (es. orticole, frutteto, vigneto).

Relativamente alla gestione del sistema agrivoltaico, si evidenziano i seguenti punti di forza del sistema proposto:

- Il prato permanente è una coltura pluriennale la cui durata è dell'ordine di decenni e più e, offrendo una copertura vegetale verde costante, anche nel periodo invernale;
- Le attività di impianto del prato polifita, che consistono in aratura, erpicatura e semina, non interferiscono con l'impianto in quanto sono attività una-tantum propedeutiche e preliminari all'installazione dell'impianto stesso;
- L'attività di manutenzione dell'impianto fotovoltaico, che consiste in sostanza nell'annuale lavaggio dei pannelli, avviene con mezzi leggeri che non arrecano danno al prato, al contrario, vi è un impatto positivo del prato sulla transitabilità del terreno;
- Il lavaggio dei pannelli avviene con l'uso di roto-spazzoloni, utilizzando acqua pura, senza alcun detergente che possa inquinare la coltivazione e le falde;
- Le attività di manutenzione delle siepi perimetrali presenti, assimilabili per tipologia alle attività agricole, rappresenteranno un'importante integrazione al reddito del personale impiegato.

Per verificare la sostenibilità economica dell'attività agricola nell'impianto fotovoltaico (soluzione agrivoltaica di progetto) si è fatto riferimento ai dati di sintesi, reperibili presso le principali fonti bibliografiche regionali.

La comparazione tra le diverse coltivazioni viene fatta in termini di MARGINE LORDO unitario (per ettaro), ricavabile da ciascuna tipologia di coltivazione, calcolato con la seguente formula:

Margine Lordo (ML, espresso in €/ha) = PLT – CV

Dove:

- PLT = produzione lorda totale come sommatoria della produzione lorda vendibile (PLV) e della produzione reimpiegata e/o trasformata in azienda;
- CV = costi variabili = SS (spese dirette) + ASP (Altre spese) + RA (Reimpieghi).

I CV possono essere calcolati anche come somma delle seguenti voci: anticipazioni, acqua, assicurazioni, energia, concimi, conto-terzismo, commercializzazione, difesa, sementi, altri costi, reimpieghi.

Facendo riferimento alle sole colture erbacee, e confrontando il prato polifita con le colture attualmente presenti nei terreni oggetto del progetto di riqualificazione agrovoltaica, che peraltro sarebbero solo parzialmente compatibili con il fotovoltaico, si osserva che il risultato economico è sostanzialmente equivalente: il margine lordo del prato polifita (anno 2019) è infatti più elevato di quello del prato pascolo permanente (190 €/ha vs. 145 €/ha), di poco inferiore a quello dell'avena (225 €/ha) ed è all'incirca equivalente a quello delle graminacee (200 €/ha).

L'erba medica, che potrebbe rappresentare una alternativa economicamente valida, avrebbe come controindicazione la necessità di reimpiantare la coltura ogni 3-4 anni.

I dati della Rete di Informazione Contabile Agricola RICA, dimostrano che si possono avere situazioni economiche più vantaggiose, con un margine lordo del prato polifita inferiore solo a quello delle coltivazioni cerealicole e oleaginose.

Va tuttavia evidenziato che la minore adattabilità di queste ultime alle condizioni di parziale ombreggiamento del sistema agrivoltaico, ne ridurrebbe significativamente il margine lordo, rendendole economicamente simili (es. mais) o meno convenienti (soia, frumento) rispetto al prato polifita.

Quando la scelta di una opzione progettuale interessa più criteri di valutazione (es. economico, ambientale, sociale, etc.), e non solo quelli economici, è opportuno utilizzare una metodologia di analisi multicriterio (AMC).

L'analisi multicriterio prevede che il confronto fra le alternative di intervento venga effettuato tramite l'utilizzo della cosiddetta matrice di valutazione: una matrice in cui ogni alternativa è messa a confronto per una serie di criteri di valutazione, che possono essere obiettivi del progetto o dei portatori di interesse, criteri tecnici, sociali, etc.

Le alternative vengono elencate nelle colonne della matrice, mentre i criteri di valutazione sono descritti nelle righe.

Il grado di raggiungimento di ogni obiettivo (o di soddisfacimento del criterio di valutazione) da parte delle alternative considerate è indicato tramite un indice che, che ad esempio può variare tra 0 (obiettivo non raggiunto o criterio non soddisfatto) e 5 (obiettivo raggiunto), passando per valori intermedi che indicano un obiettivo raggiunto parzialmente. Nel caso di criteri che possono avere un significato negativo o positivo (ad esempio gli impatti ambientali) si può ricorrere anche a valori indice che variano da negativi (impatto negativo) a positivi (impatto completamente positivo), ove 0 assume il significato di impatto nullo.

Ad ogni criterio di valutazione viene assegnato un peso (valore compreso tra 0 e 1) moltiplicativo degli indici assegnati ad ogni criterio. Tale peso viene in genere assegnato tenendo conto anche di quanto espresso dai portatori di interesse.

I valori degli indici per ogni alternativa (moltiplicati per i pesi) vengono sommati, cosicché ad ogni alternativa di intervento corrisponda un punteggio totale, confrontabile con quello delle diverse opzioni/alternative.

Può essere inoltre condotta un'analisi di sensibilità dei punteggi finali ai valori dei pesi, così da verificare quanto robusta sia la scelta della soluzione migliore.

L'AMC viene utilizzata per arrivare alla scelta della soluzione preferibile, in quanto permette di tener conto di tutti i benefici e gli impatti, inclusi quelli di difficile quantificazione (per esempio alcuni impatti ambientali e sociali) e permette, inoltre, di coinvolgere i portatori di interesse mostrando in maniera trasparente il processo decisore.

Per un'analisi oggettiva tra le due coltivazioni a confronto (proposta di progetto: agri-voltaico con prato polifita permanente; stato attuale: colture foraggere attuali a destinazione allevamento estensivo e eucalipteto), si è costruita una matrice che assegna punteggi compresi tra -5 (minimo) e +5 (massimo) ad alcuni indicatori socio-economici ed ambientali.

Poiché si è voluto pesare in egual misura tutti i criteri, si è deciso di assegnare a ciascuno di essi un peso uguale e pari a 1.

Voce	Coltivazione attuale (mais/foraggera)	Coltivazione futura (prato polifita)
1. <b>Occupazione (impiego di personale)</b>	(+2) Limitato, in conseguenza della totale meccanizzazione e della periodicità di taglio.	(+4) Medio, per le operazioni di sfalcio e raccolta del foraggio ripetute 3-5 volte. Impiego addizionale di maestranze agricole per la manutenzione delle siepi perimetrali di inserimento ambientale. Voce a parte è rappresentata dall'impiego dei tecnici specializzati impiegati nella costruzione e manutenzione dell'impianto foto-voltaico.
2. <b>Fertilità agronomica dei terreni (contenuto di sostanza organica)</b>	(-2) L'aratura profonda annuale comporta l'impoverimento progressivo per ossidazione della matrice organica del terreno.	(+2) L'aratura è necessaria solo nel primo anno di impianto del prato polifita. Le specie leguminose presenti nel miscuglio fissano l'azoto atmosferico, fornendo una naturale concimazione del terreno, e le piante <u>arricchiscono di sostanza organica il terreno.</u>
3. <b>Effetti sul sistema idrico (consumo di acqua e qualità)</b>	(+1) Elevate necessità di acqua di irrigazione. Elevato utilizzo di concimi, ammendanti e antiparassitari che contribuiscono all'inquinamento delle acque superficiali e di falda.	(+3) Moderate necessità di acqua di irrigazione. Limitato utilizzo di concimi. Nessun utilizzo di antiparassitari.
4. <b>Utilizzo di carburanti fossili per le macchine agricole</b>	(+2) Il taglio e trasporto richiede mezzi potenti ed un elevato consumo di carburante.	(+3) La coltivazione richiede l'uso di mezzi agricoli leggeri e consumi ridotti di carburante.
5. <b>Biodiversità floristica e faunistica</b>	(0) La coltivazione è condotta in monocoltura (una sola specie coltivata), con minima biodiversità. Il taglio, se pur con un periodo medio, elimina completamente l'ecosistema impattando drasticamente su flora e fauna.	(+2) I miscugli polifiti generalmente prevedono la coltivazione di numerose specie foraggere contemporaneamente (6-10 specie). Molte specie attraggono insetti impollinatori (api), ed il prato crea rifugio per fauna selvatica e nemici naturali (parassitoidi) dei parassiti delle piante.
6. <b>Margine lordo (valore economico del prodotto agricolo)</b>	(+2) La coltivazione ha marginalità media rispetto a colture orticole o frutticole a più alto reddito.	(+2) Il prato polifita produce una marginalità molto simile a quella delle coltivazioni cerealicole.
7. <b>Produzione di Energia Rinnovabile</b>	(+1) La produzione dei cereali in sito è in buona parte destinata all'alimentazione umana e animale.	(+5) La produzione dell'associato impianto fotovoltaico raggiunge annualmente per ogni ettaro di superficie circa:  <b>1700 MWh/ha</b>  L'intera produzione di foraggio è inoltre destinata all'alimentazione animale per la produzione di alimenti per l'uomo.
<b>PUNTEGGIO TOTALE</b>	<b>5</b>	<b>22</b>

La matrice AMC evidenzia un punteggio significativamente maggiore del prato polifita permanente combinato all'impianto fotovoltaico, rispetto alle colture attuali.

L'associazione tra impianto fotovoltaico a inseguimento solare e l'attività agricola rappresenta una soluzione innovativa e sostenibile dell'impiego del territorio che trova

giustificazione nel maggiore output energetico (LER, Land Equivalent Ratio) complessivamente ottenuto dai due sistemi combinati rispetto alla loro realizzazione individuale.

Sebbene siano diverse le colture realizzabili all'interno di un impianto agrivoltaico, e con marginalità spesso comparabile, come frumento, orzo, insalata, pomodoro, pisello, etc., la scelta del prato polifita permanente consente di raggiungere contemporaneamente più obiettivi, oltre alla convenienza economica: conservazione della qualità dei corpi idrici, aumento della sostanza organica dei terreni, minor inquinamento ambientale da fitofarmaci, minor consumo di carburanti fossili, aumento della biodiversità vegetale e animale, creando, in particolare, un ambiente idoneo alla protezione delle api, raggiungendosi così il massimo dei benefici.

La maggior parte dei terreni della pianura del campidano sta progressivamente perdendo di fertilità a causa della coltivazione intensiva e della frequenza e profondità delle lavorazioni. È frequente rilevare valori di sostanza organica del terreno inferiori a 1,5% e in molti casi anche inferiori all'1%, condizione che agronomicamente viene definita di terreno "povero" poiché inferiore alla soglia ideale del 2%.

La situazione viene efficacemente migliorata dai prati permanenti, poiché in questi è frequente rilevare contenuti di sostanza organica ben superiori, pari al 3-4% e più.

A tale riguardo, il terreno è considerato uno dei sink di carbonio più importanti per la sua fissazione, dopo le foreste e gli oceani, e riveste quindi un ruolo fondamentale nella mitigazione climatica; l'applicazione del sistema fotovoltaico alla coltivazione di specie foraggere è documentato possa aumentarne la produttività, facilitare il ricaccio dopo lo sfalcio e ridurre gli apporti idrici artificiali.

Il principale impatto sulla fauna correlato alla realizzazione dell'impianto è la potenziale sottrazione di suolo e di habitat.

Durante la fase di esercizio, l'occupazione o sottrazione di suolo è in gran parte teorica, in quanto il terreno sottostante i pannelli rimane libero e allo stato naturale, così come il soprasuolo dei cavidotti.

La parte di suolo interessata dalle viabilità di impianto e dalle cabine risulta, a progetto realizzato, modificata rispetto allo stato naturale ante operam,

La dimensione dell'impianto non sottrae spazio funzionale e fisico o habitat alla fauna.

In considerazione del fatto che sono state escluse dal progetto le aree interessate dal sistema delle aree protette e che la progettazione è finalizzata al mantenimento della naturalizzazione della superficie erbosa sottostante i pannelli che consentirà il passaggio e/o la stanzialità della fauna eventualmente presente, si ritiene che gli impatti saranno di lunga durata in quanto correlati all'intera vita utile dell'impianto fotovoltaico stimata in circa 25-30 anni, locali, in quanto limitati all'area di progetto e alle aree poste nelle immediate vicinanze, reversibile – in quanto al termine delle attività di costruzione non vi saranno elementi ostativi alla stanzialità e/o al passaggio delle specie faunistiche, e di minima entità.

La fauna potrà utilizzare lo spazio libero della superficie tra i moduli e ai bordi degli impianti come zona di caccia, nutrizione e nidificazione.

I moduli solari sono utilizzati come punti di posta e/o di canto e per effetto della non trasparenza ed è inverosimile registrare collisioni dell'avifauna con i pannelli, come avviene nel caso di finestre.

La presenza di una recinzione fornita di passaggio per la fauna consentirà l'attraversamento della struttura e permetterà di creare dei corridoi ecologici di connessione, che consentono di mantenere un alto livello di biodiversità, minimizzando i disagi per animali fino alla taglia di conigli, lepri, talpe, volpi, ecc.

In aggiunta, l'area non sarà praticabile per l'attività venatoria, ciò determina come conseguenza una misura di protezione indiretta per le specie faunistiche e vegetali.

Dagli studi tedeschi risulta che molte specie di uccelli possono utilizzare le zone tra i moduli e i bordi degli impianti come terreno di caccia, di alimentazione o nidificazione.

Certe specie come *Phoenicurus ochruros*, *Motacilla alba* e *Turdus pilaris*, nidificano sui supporti e altre, quali *Alauda arvensis* o la *Perdix perdix*, covano nelle superfici libere tra i moduli.

Gli uccelli canori provenienti da boschetti limitrofi che cercano cibo fra le installazioni e, nei paesi freddi, in autunno e in inverno, le colonie più numerose (*Carduelis cannabina*, *Passer domesticus*, *Emberiza citrinella*, etc.) prediligono gli spazi sottostanti i moduli.

Specie come *Buteo buteo* o *Falco tinnunculus*, sono state avvistate cacciare tra gli impianti.

I moduli fotovoltaici non costituiscono un ostacolo per i rapaci.

L'effetto specchio è un fenomeno registrato esclusivamente per le superfici fotovoltaiche montate sulle architetture verticali degli edifici.

Data l'inclinazione variabile e la tecnologia utilizzata, il fenomeno dell'abbagliamento visivo è mitigato; la superficie del modulo risulta opaca e non ha nulla a che vedere con quello di comuni superfici finestate. Inoltre, l'entità della riflessione della radiazione solare generata dai moduli fotovoltaici è di gran lunga inferiore a quella che si registrerebbe da altre comuni superfici quali: superficie dell'acqua non increspata, plastica, vetro comune, neve, acciaio.

Le caratteristiche tecniche delle celle fotovoltaiche, fanno sì che, aumentando il coefficiente di efficienza delle stesse, diminuisca ulteriormente la quantità di luce riflessa (riflettanza superficiale caratteristica del pannello), e conseguentemente la probabilità di abbagliamento.

La minoritaria percentuale di luce solare che viene riflessa dalla superficie del modulo fotovoltaico, grazie alla densità ottica dell'aria è quindi destinata nel corto raggio ad essere ridirezionata, ma soprattutto convertita in energia termica.

L'abbagliamento visivo dovuto a moduli fotovoltaici nelle ore diurne è da ritenersi pressoché ininfluenza sulla componente faunistica, con riguardo all'avifauna.

Le osservazioni sul comportamento degli uccelli rivelano che i moduli fotovoltaici servono spesso da posto d'avvistamento.

Il movimento dei moduli degli impianti ad inseguimento non comporta una fuga immediata dei volatili.

Non c'è alcun indizio di perturbazione provocata da effetti di specchiamento o abbagliamento.

Le osservazioni tedesche avanzano l'ipotesi che gli impianti fotovoltaici possono avere anche effetti positivi per alcune specie di uccelli. In particolare, nei paesaggi agricoli sottoposti ad uno sfruttamento intensivo, gli impianti di grande taglia possono divenire rifugi preziosi per *Carduelis cannabina*, *Passer domesticus*, *Motacilla flava*, *Coturnix coturnix*, *Emberiza hortulana*, *Emberiza calandra*. Anche le specie che non richiedono ampi spazi trovano probabilmente condizioni di vita favorevoli.

I terreni dove i moduli sono poco ravvicinati offrono un ambiente attrattivo per i piccoli mammiferi, che trovano un riparo dalla pioggia o dall'eccessivo irraggiamento.

Le scelte progettuali e gli accorgimenti previsti sono siffatti che il distanziamento dei moduli è tale da rendere l'ambiente attrattivo per i piccoli mammiferi, evitano il deterioramento degli habitat e ripercussioni sulla consistenza delle popolazioni.

Inoltre, in fase di esercizio potranno esservi sporadici impatti correlati al rumore causato dagli interventi di sfalcio della vegetazione e raccolta delle coltivazioni, che possono essere correlati al transito dei mezzi agricoli. Tali impatti avrebbero un carattere discontinuo, un'estensione locale e una magnitudo bassa, risultando peraltro completamente reversibili al cessare delle lavorazioni.

Gli impatti nella fase di esercizio saranno tutti di lunga durata, in quanto potenzialmente correlati alla vita utile dell'impianto, ma con effetti negativi transitori e di modesta entità.

Studi scientifici dimostrano che nel complesso i parchi fotovoltaici garantiscono la biodiversità. Gli autori collazionano molteplici dati provenienti da 75 installazioni FV in nove stati tedeschi, giungendo alla conclusione che i parchi solari "hanno sostanzialmente un effetto positivo sulla biodiversità", perché consentono non solo di proteggere il clima attraverso la generazione di energia elettrica rinnovabile, ma anche di migliorare la conservazione del territorio.

L'uso di fertilizzanti in agricoltura ostacola la diffusione di molte specie animali e vegetali; invece, in molti casi le installazioni solari a terra costituiscono un ambiente favorevole e sufficientemente "protetto" per la colonizzazione di diverse specie, alcune anche rare che difficilmente riescono a sopravvivere sui terreni troppo sfruttati, o su quelli abbandonati e incolti.

Inoltre, gli autori nelle loro ricerche hanno osservato che l'irraggiamento solare sul terreno sotto i moduli è stato del 30% circa inferiore rispetto al campo agricolo di riferimento (quello senza pannelli FV), quindi la temperatura del suolo era più bassa e la terra più umida e fresca.

Anche altri autori giungono alla stessa conclusione, dimostrando che i parchi solari con uno strato erbaceo ben mantenuto possono avere un impatto positivo sulla biodiversità. Inoltre, le attività di naturalizzazione dell'area possono restituire questi spazi alle popolazioni di impollinatori, migliorando il servizio ecosistemico di impollinazione, cosa che non avviene nelle aree coltivate a causa dei prodotti chimici utilizzati

Riassumendo, la soluzione progettuale proposta implica alcune positività che di fatto mitigano i già bassi impatti sulle componenti esaminate:

- Dal punto di vista paesaggistico, la superficie a prato contribuisce a mitigare la presenza dell'impianto fotovoltaico anche nel periodo invernale, fornendo una superficie stabilmente verde.
- La realizzazione aggiuntiva delle siepi perimetrali con specie arbustive ed arboree costituisce un ulteriore importante elemento di arricchimento paesaggistico e un corridoio ecologico per la fauna selvatica, nonché dei validi sistemi di intercettazione di nutrienti e fitofarmaci provenienti dai campi coltivati.
- Le aree arboree e boscate, peraltro frammentate ed esterne all'area di intervento non subiranno alcuna interferenza a causa del progetto proposto.

- L'agroecosistema attuale, eccezionalmente semplificato, non conserva spazio vitale all'istaurarsi di siepi o incolti, dove potrebbe trovare albergo la fauna selvatica.
- Sotto l'aspetto delle connessioni ecologiche, attualmente non si rinviene nessun tipo di collegamento al suolo che potrebbe essere compromesso dai lavori di realizzazione dell'impianto fotovoltaico in progetto.
- Il progetto in esame non pregiudica in alcun modo la situazione ambientale esistente ed in particolare non prevede interferenze con habitat segnalati nella Rete Natura 2000 o con aree naturali protette.
- Il progetto non interferirà negativamente con la presenza di ambienti atti alla nidificazione, al rifugio ed all'alimentazione della fauna selvatica anche in relazione all'ambito allargato, considerando anche che l'attività trofica e in generale quella etologica non sarà turbata dai lavori e dalle opere previste.
- Il progetto prevede, per consentire il passaggio della piccola fauna, un franco da terra lungo tutta la recinzione perimetrale, eliminando di fatto il pericolo di precludere il passaggio e la fruizione dei terreni ad animali di piccola e media taglia.
- Tutti gli interventi in progetto sono ubicati esternamente alle aree protette, ne consegue che la loro realizzazione non determinerà frammentazioni che potrebbero interferire con la contiguità fra le unità ambientali presenti.
- Grazie alla realizzazione di ulteriori fasce verdi lungo i corridoi ecologici esistenti, la connessione ecologica dell'intero sito, a livello locale e globale, sarà migliorata e potenziata, creando nuovi ambienti atti alla nidificazione, al rifugio ed all'alimentazione della fauna selvatica anche in relazione all'ambito allargato

Si ritiene che le suddette soluzioni progettuali consentiranno di ridurre al minimo gli impatti sulla componente analizzata sia per la fase di costruzione che di esercizio e anche per quella di dismissione a fine vita dell'impianto in quanto l'aver cura di mantenere una buona naturalizzazione della copertura erbacea sottostante i pannelli consentirà una completa rinaturalizzazione dopo che l'impianto sarà dismesso.

Estendendo la valutazione a quella che possiamo considerare l'area vasta di riferimento, è possibile affermare che l'intervento previsto, non sottrarrà che una minima porzione di territorio agricolo al sistema ambientale.

Le ulteriori fasce di mitigazione a verde previste hanno non solo una valenza paesaggistica, ma soprattutto ecologica.

Infatti, la loro disposizione e composizione è studiata in conformità alle azioni previste dai piani di gestione delle aree Natura 2000 presenti nelle vicinanze dell'impianto, e consente di introdurre nuove aree appetibili per la nidificazione, rifugio e nutrizione dell'avifauna oggetto di tutela e per la fauna esistente.

Inoltre, ricuce e potenzia gli ecotoni naturali presenti, con la creazione di nuove zone di buffer dall'ambiente ripariale dei corsi d'acqua presenti nell'intorno dell'impianto.

Per ulteriori dettagli si rimanda allo Studio di Incidenza del progetto.

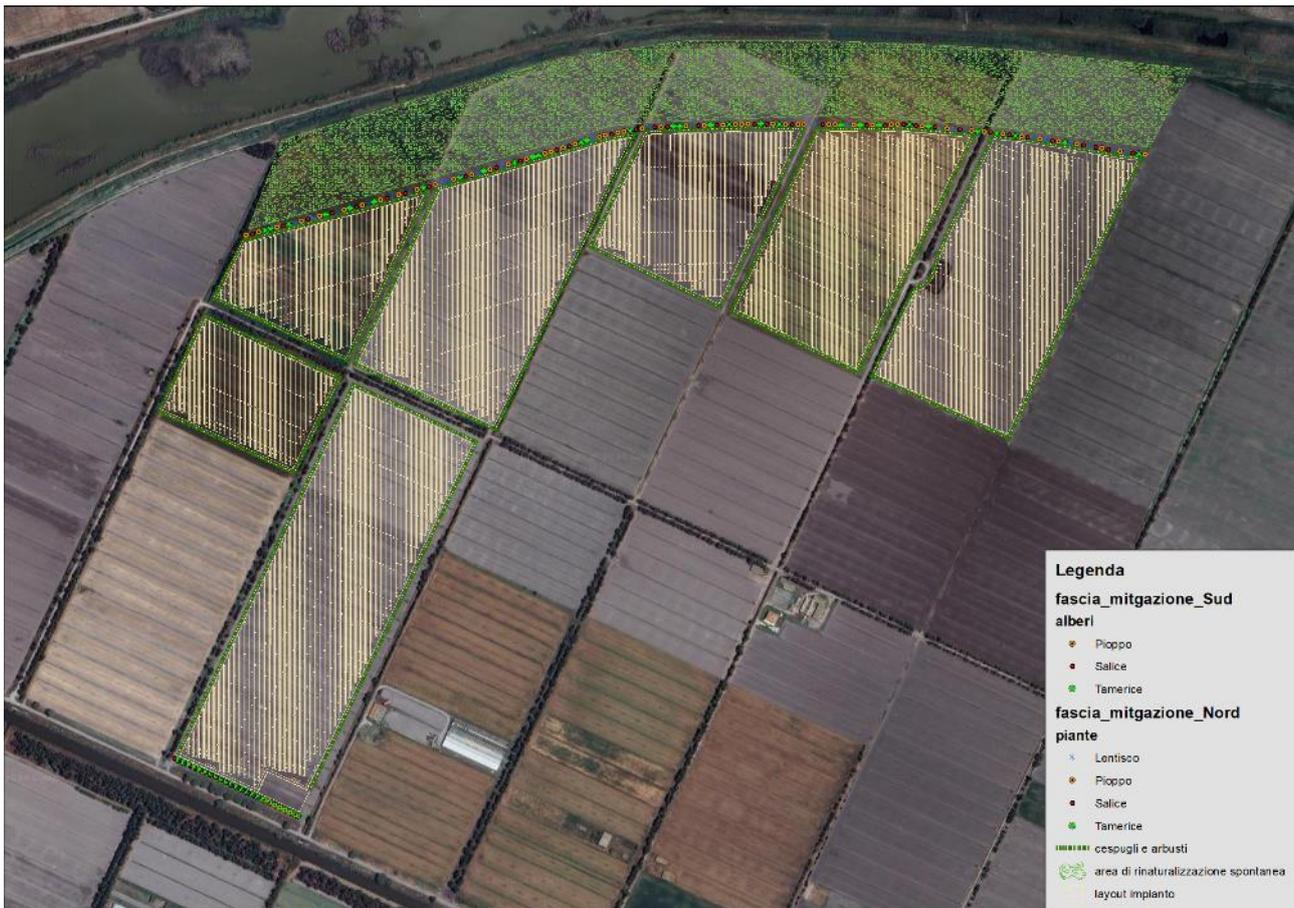


Figura 39 - schema delle piantumazioni previste in progetto

Inoltre, in fase di esercizio potranno esservi sporadici impatti correlati al rumore causato dagli interventi di sfalcio della vegetazione e raccolta delle coltivazioni, che possono essere correlati al transito dei mezzi agricoli.

Tali impatti avrebbero un carattere discontinuo, un'estensione locale e una magnitudo bassa, risultando peraltro completamente reversibili al cessare delle lavorazioni; sono impatti che comunque già caratterizzano la conduzione attuale dei terreni, definendo una sostanziale non variazione degli stessi tra le fasi ante e post operam.

Per concludere, è ragionevole affermare che, in considerazione dei lievi mutamenti dell'habitat conseguenti l'installazione di moduli fotovoltaici, adottando opportune forme di gestione del manto erboso, non sarà riscontrabile alcun sostanziale cambiamento nella struttura dell'ecosistema, nella disponibilità di risorse nutrizionali nel suolo, ma soprattutto nella stabilità della comunità vegetale che si alterna nei cicli stagionali.

Inoltre, in fase di esercizio potranno esservi sporadici impatti correlati al rumore causato dagli interventi di sfalcio della vegetazione e raccolta delle coltivazioni, che possono essere correlati al transito dei mezzi agricoli. Tali impatti avrebbero un carattere discontinuo, un'estensione locale e una magnitudo bassa, risultando peraltro completamente reversibili al cessare delle lavorazioni; sono impatti che comunque già caratterizzano la conduzione attuale dei terreni, definendo una sostanziale non variazione degli stessi tra le fasi ante e post operam.

Le opere di valorizzazione agricola e mitigazione ambientale previste nel presente progetto, tendono ad impreziosire ed implementare il livello della biodiversità dell'area.

In un sistema territoriale di tipo misto (agricolo estensivo semplificato e silvicoltura intensiva), la progettualità descritta nel presente lavoro consente di:

- diversificare la consistenza floristica;
- aumentare il livello di stabilizzazione del suolo attraverso la prevenzione di fenomeni erosivi superficiali;
- consentire un aumento della fertilità del suolo;
- contribuire al sostentamento e rifugio della fauna selvatica;
- contribuire alla conservazione della biodiversità agraria.

Nel suo complesso le opere previste avranno un effetto potente a supporto degli insetti pronubi e cioè che favoriscono l'impollinazione.

La soluzione agrivoltaica proposta nel presente progetto risulta compatibile con il contesto territoriale nel quale si colloca, in quanto non indurrà modificazioni tali da interferire negativamente con la struttura, la dinamica ed il funzionamento degli ecosistemi naturali e seminaturali.

Di contro, può contribuire ad aumentarne la biodiversità e la probabilità di frequentazione da parte della fauna ed avifauna sia stanziale che migratoria, agevolando altresì il raggiungimento degli obiettivi posti dall'attuale governo regionale e nazionale, sull'uso e la diffusione delle energie rinnovabili, che stanno alla base delle politiche di controllo e di attenuazione dei cambiamenti climatici tutt'ora in corso.

In particolare, a livello paesaggistico, tale intervento si potrebbe inserire all'interno della Rete Ecologica Regionale (un sistema interconnesso di habitat, di cui salvaguardare la biodiversità, ponendo quindi attenzione alle specie animali e vegetali potenzialmente minacciate) in quanto, in un contesto fortemente antropizzato e caratterizzato da monoculture, andrebbe a costituire un'isola di vegetazione a prato che può supportare sia gli insetti pronubi che l'avifauna stanziale e migratoria.

Tale intervento si può configurare nel contesto della Rete Ecologica Regionale come una stepping zone ovvero "habitat attestati su aree di piccola superficie che, per la loro posizione strategica o per la loro composizione, rappresentano siti importanti per la sosta delle specie in transito in un territorio non idoneo alla loro vita. Sono piccoli habitat in cui le specie possono trovare temporaneamente ricovero e cibo".

È importante rimarcare l'importanza che le opere previste possono avere sul territorio attraverso l'implementazione di una rete territoriale di prossimità, e cioè di collaborazione con altre realtà economiche prossime all'area di progetto del parco fotovoltaico.

## Suolo e sottosuolo

Il suolo è costituito da componenti minerali, acqua, aria e sostanza organica.

Esso, quindi, è una risorsa biologica complessa e dinamica che assolve molte funzioni vitali: produzione di nutrienti e biomassa, stoccaggio, filtrazione e trasformazione di innumerevoli sostanze, tra cui l'acqua, il carbonio e l'azoto.

Il suolo inoltre funge anche da habitat per numerosi microrganismi, da pool genico e costituisce il fondamento per lo svolgimento delle attività umane, per la formazione del paesaggio e del patrimonio culturale, nonché il luogo di estrazione delle materie prime.

Il suolo può subire una serie di processi degradativi tra cui: erosione idrica, eolica e meccanica (lavorazione del terreno), diminuzione del contenuto di carbonio organico, riduzione della biodiversità della flora microbica, compattazione, salinizzazione, sodificazione, desertificazione, contaminazione ecc...

La sostanza organica del suolo in particolare rappresenta non solo un serbatoio di nutrienti essenziali per garantirne la fertilità, ma è anche responsabile della sua tessitura trattenendo acqua e favorendo la penetrazione delle radici nonché l'aerazione.

Un suolo ricco di materia organica è pertanto meno suscettibile a fenomeni degradativi.

La rotazione delle colture è una consolidata tecnica agricola finalizzata a mantenere e/o migliorare la fertilità dei suoli aumentando così il rendimento degli impianti colturali.

Essa consiste nella semina ciclica di diverse colture che si succedono sul medesimo terreno in un ordine ben definito ripetendosi così ad intervalli regolari (biennali, triennali, quadriennali ecc...).

I vantaggi di una tale tecnica consistono essenzialmente in:

- contribuire ad interrompere il ciclo riproduttivo di piante infestanti e microorganismi patogeni legati ad una determinata famiglia e/o specie e/o varietà vegetale;
- mantenere buone caratteristiche chimico-fisiche del suolo grazie alle diverse necessità metaboliche delle colture che si alternano preservando così sufficienti contenuti di nutrienti e alla diversa capacità dei loro apparati radicali di esplorare il profilo del terreno limitandone il compattamento.

Ad oggi, per rispondere ad un sempre crescente fabbisogno globale, l'industrializzazione del settore agricolo ha comportato l'abbandono di una tale pratica puntando su impianti intensivi monocolturali coadiuvati dall'uso massivo di risorse idriche, energetiche e di sostanze di sintesi (fertilizzanti, pesticidi, erbicidi ecc...) con conseguente inquinamento dell'ecosistema (ad es. eutrofizzazione del suolo per eccessivo contenuto di fosforo e azoto) e dell'intera catena alimentare.

L'aumento di resa nel breve periodo viene pertanto conseguito a spese della riproducibilità delle risorse primarie nel lungo periodo sovrasfruttando i servizi ecosistemici di supporto e di fornitura dai quali dipendono le stesse coltivazioni.

La compattazione del suolo in particolare si verifica essenzialmente in conseguenza di una continuata pressione esercitata sulla superficie da parte di forze naturali e/o forze di origine antropica.

Un tale fenomeno degradativo riduce la porosità e la permeabilità a gas e acqua comportando quindi una riduzione della capacità penetrativa delle radici, della fertilità, dello scambio gassoso e dell'infiltrazione delle acque meteoriche incentivando così il ruscellamento superficiale e la vulnerabilità all'erosione idrica.

L'entità del processo di erosione dipende dalle caratteristiche della precipitazione (quantità, intensità, dimensione delle gocce, energia ecc...) e del suolo su cui essa cade (granulometria delle particelle, rugosità, umidità iniziale, porosità, permeabilità ecc...).

Nel caso, ad esempio, di terreni pendenti e a prevalente composizione argillosa (bassa granulometria e quindi scarsa permeabilità all'acqua) durante un evento meteorico sufficientemente intenso e/o prolungato le gocce di pioggia provocano il distacco di parcelle di terreno che possono essere successivamente trasportate altrove dal flusso superficiale che si genera.

Questo fenomeno è tuttavia intensificato e accelerato dalle attività dell'uomo essenzialmente riconducibili in ambiti extraurbani alla pressione esercitata sui suoli dalle macchine agricole necessarie all'aratura, allo spandimento di sostanze chimiche, alla semina e al raccolto.

Queste ultime hanno infatti un effetto compattante notevolmente superiore a quello delle forze naturali a cui sono normalmente soggetti gli strati più superficiali del terreno (impatto della pioggia, rigonfiamento e crepacciamento, accrescimento radicale ecc...).

	Processi di degrado del suolo				Problemi ambientali correlati			Implicazioni finanziarie
	Erosione idrica	Compattazione	Perdita di sostanza organica	Salinizzazione/Sodificazione	Qualità dell'acqua	Emissioni di gas a effetto serra	Biodiversità	
<b>Agricoltura Conservativa</b>								
Non lavorazione (semina su sodo) o lavorazione ridotta del terreno*	-/+	+	+		-/+	-/+	[+]	-/+
Colture di copertura*	+	[+]	+		+	+	[+]	+
Rotazione colturale*	+	+	+		+	(+)	+	+
<b>Pratiche di lavorazione rispettose del suolo</b>								
Consociazioni	+	+	+		+		+	-/+
Ripuntatura		(+)		(+)				-/+
Coltura secondo curve di livello	+							
<b>Sistemazioni agrarie per la difesa del suolo</b>								
Fasce tampone	+	[+]	[+]		+		+	-/+
Terrazze	+		[+]					-

Legenda: \*: l'Agricoltura Conservativa è costituita da un insieme di pratiche agricole complementari; +: effetto positivo riscontrato; -: effetto negativo riscontrato; [x]: effetto previsto; (x): effetto limitato (per esempio, a breve termine) o indiretto; campo vuoto: assenza di dati noti; □: promosso attraverso la norma BCAA; □: promosso attraverso le misure agroambientali; □: promosso attraverso la norma BCAA e le misure agroambientali.

Figura 40 - Effetti delle pratiche agricole sui processi di degrado del suolo in relazione all'applicazione di misure agroambientali

## Fase di cantiere

In fase di cantiere si individuano impatti generati dall'occupazione del suolo da parte dei mezzi di cantiere impegnati nella progressiva installazione dei moduli fotovoltaici.

Inoltre, i lavori di regolarizzazione del lotto creeranno delle modifiche localizzate dello stato morfologico dell'area di progetto. Tali modifiche saranno molto limitate, data la natura pianeggiante dei terreni.

Infine, bisogna considerare la possibilità di accidentali sversamenti di idrocarburi presenti nei serbatoi dei mezzi di cantiere.

Le misure mitigative che sono state considerate allo scopo di ridurre i potenziali impatti sulla componente suolo e sottosuolo in fase di cantiere sono:

- l'ottimizzazione del numero dei mezzi di cantiere previsti;
- la dotazione a bordo dei mezzi di cantiere di kit anti-inquinamento in caso di sversamenti accidentali dai mezzi.

Paragonando gli effetti locali del passaggio delle macchine agricole su di un campo più volte all'anno con quelli relativi agli interventi di realizzazione e di manutenzione ordinaria e straordinaria di un impianto fotovoltaico, appare ovvio che, ai fini del mantenimento delle caratteristiche fisiche del suolo entro l'area di intervento, a seguito dei primi mesi di cantierizzazione il terreno sarà di fatto a riposo durante l'intera ventennale fase di esercizio.

Durante la fase di realizzazione gli impatti morfologici locali si limitano agli sbancamenti necessari per la posa delle installazioni di impianto e al calpestio del cotico erboso da parte dei mezzi che sono previsti di capienza massima 40 t (autocarri per la consegna dei moduli).

In ogni caso le alterazioni subite dal soprassuolo sono immediatamente reversibili alla fine delle lavorazioni con il naturale rinverdimento della superficie e si eviterà quindi la compattazione diffusa nonché il formarsi di sentieramenti che possono fungere da percorsi di deflusso preferenziale delle acque.

## Fase di esercizio

Il progetto non comporterà impatti negativi né sul suolo né sul sottosuolo.

Infatti, non sono previste modificazioni significative della morfologia e della funzione dei terreni interessati.

Non è prevista alcuna modifica della stabilità dei terreni né della loro natura in termini di erosione, compattazione, impermeabilizzazione o alterazione della tessitura, delle caratteristiche pedologiche e delle caratteristiche chimiche.

Sia le strutture degli inseguitori che la recinzione saranno infisse direttamente nel terreno, e per il riempimento degli scavi necessari (viabilità, cavidotti, area di sedime delle cabine) si riutilizzerà il terreno asportato e materiale lapideo di cava.

Durante l'esercizio dell'impianto il terreno rimarrà allo stato naturale, e le operazioni di dismissione garantiscono il ritorno allo stato ante operam senza lasciare modificazioni.

Durante la vita utile dell'impianto, stimabile in 25 anni, il suolo risulterà protetto dalla degradazione indotta dalle pratiche agricole attualmente condotte.

Per quanto riguarda invece la fase di esercizio, gli unici interventi all'interno del sito saranno quelli programmati per le operazioni di manutenzione ordinaria, come lo sfalcio dell'erba e la pulizia dei moduli, mentre quelle di manutenzione straordinaria, dovute ad esempio alla rottura o al cattivo funzionamento di un componente elettrico o meccanico, saranno limitate

nel tempo (poche ore) e comunque effettuate con veicoli di dimensioni e peso decisamente minori rispetto a quelli di una comune macchina agricola.

Non da ultimo, si ritiene interessante evidenziare che durante la fase di produzione del generatore l'interruzione di somministrazione di fitofarmaci e concimanti tipici di coltivazioni agrarie si tradurrà in una diminuzione di pressione antropica sulle falde e sui corsi d'acqua.

A supporto di tali argomenti, oltre a quanto riportato nello Studio di impatto Ambientale, si citano gli studi e le misurazioni effettuati dalla Regione Piemonte - Direzione Agricoltura - Settore Agricoltura Sostenibile ed Infrastrutture Irrigue - in merito all'applicazione del protocollo di monitoraggio dei suoli coperti da impianti fotovoltaici in pieno campo ad alcuni casi campione riferiti alle diverse tipologie di impianto (fisso, ad inseguimento) e alle classi di capacità d'uso dei suoli.

Nel seguito si riportano in stralcio le parti pertinenti dei documenti di sintesi dei monitoraggi annuali effettuati dalla Regione Piemonte nel periodo temporale 2011-2017.

A partire dal 2009 la realizzazione di impianti fotovoltaici a terra su suoli agricoli ha iniziato ad interessare una superficie crescente del territorio regionale piemontese.

Poiché gli effetti sulle caratteristiche fisico-chimiche e microbiologiche del suolo determinati dalla copertura operata dai pannelli fotovoltaici in relazione alla durata dell'impianto (stimata indicativamente in 20-30 anni) non erano conosciuti, si è evidenziata la necessità di predisporre un protocollo di monitoraggio da applicare ai suoli agricoli e naturali interessati dalla realizzazione di impianti fotovoltaici a terra.

Al fine di standardizzare le attività di monitoraggio, è quindi emersa la necessità di individuare una metodologia comune da utilizzare nel monitoraggio dei suoli e di fornire un adeguato supporto alle Amministrazioni e ai tecnici operanti sul territorio.

Su incarico della Direzione Agricoltura, l'Istituto per le piante da legno e l'ambiente (IPLA S.p.A.) ha predisposto le "Linee guida per il monitoraggio del suolo su superfici agricole destinate ad impianti fotovoltaici a terra", che sono state approvate con D.D. 27 settembre 2010, n. 1035/DB11.00.

Le relazioni fra l'impianto fotovoltaico ed il suolo agrario che lo ospita sono da indagare con una specifica attenzione, poiché, con la costruzione dell'impianto, il suolo è impiegato come un semplice substrato inerte per il supporto dei pannelli fotovoltaici. Tale ruolo meramente "meccanico" non fa tuttavia venir meno le complesse e peculiari relazioni fra il suolo e gli altri elementi dell'ecosistema, che possono essere variamente influenzate dalla presenza del campo fotovoltaico e dalle sue caratteristiche progettuali.

Le caratteristiche del suolo importanti da monitorare in un impianto fotovoltaico sono quelle che influiscono sulla stabilità della copertura pedologica, accentuando o mitigando i processi di degradazione che maggiormente minacciano i suoli delle nostre regioni (cfr. Thematic Strategy for Soil Protection, COM (2006) 231), fra i quali la diminuzione della sostanza organica, l'erosione, la compattazione, la perdita di biodiversità.

Il protocollo di monitoraggio sperimentale regionale si attua in due fasi. La prima fase precede la realizzazione dell'impianto fotovoltaico e consiste nella caratterizzazione stazionale e pedologica dell'appezzamento

La seconda fase del monitoraggio prevede la valutazione di alcune caratteristiche del suolo ad intervalli temporali prestabiliti (dopo 1-3-5-10-15-20 anni dall'impianto) e su almeno due siti dell'appezzamento, uno in posizione ombreggiata dalla presenza del pannello fotovoltaico, l'altro nelle posizioni meno disturbate dell'appezzamento.

In tutte e due le fasi del monitoraggio deve essere effettuata un'analisi stazionale, l'apertura di profili pedologici con relativa descrizione e campionamento del profilo pedologico e successive analisi di laboratorio dei campioni di suolo. Si devono descrivere tutti i caratteri della stazione e del profilo richiesti dalla metodologia regionale. Saranno poi oggetto di monitoraggio nella seconda fase solo quelle caratteristiche e proprietà che si ritiene possano essere influenzate dalla presenza del campo fotovoltaico.

Caratteri stazionali:

- Presenza di fenomeni erosivi.
  - Dati meteo e umidità del suolo (ove stazioni meteo, dotate di sensoristica pedologica).
- Caratteri del profilo pedologico e degli orizzonti:

Descrizione della struttura degli orizzonti

Presenza di orizzonti compatti

Porosità degli orizzonti

Analisi chimico-fisiche di laboratorio

Indice di Qualità Biologica del Suolo (IQBS)

Densità apparente

È stato inoltre valutato anche l'Indice di Fertilità Biologica del suolo (IBF) che, grazie alla determinazione della respirazione microbica e al contenuto di biomassa totale, dà un'indicazione immediata del grado di biodiversità del suolo.

La componente biotica del suolo, responsabile dello svolgimento dei principali processi, è considerata la più vulnerabile; questa è la ragione per cui è stato proposto, oltre agli indicatori riportati in figura, l'uso di bioindicatori che si riferiscono ad organismi (batteri, funghi, piante e animali) particolarmente sensibili a possibili stress (Biagini et al. 2006). Questi bioindicatori sono in grado, da un lato, di fornire indicazioni complementari a quelle fornite dalle analisi chimico-fisiche, dall'altro di integrare le informazioni relative ai possibili fattori (ambientali o esogeni) che influenzano la fertilità del suolo.

In letteratura esistono molti indici ecologici che vengono calcolati sulla base della struttura tassonomica della comunità biotica; essi hanno il vantaggio di descrivere la comunità con un numero che, pur senza riferirsi agli specifici taxa presenti, permette un facile confronto fra ambienti.

CARATTERISTICHE DEL SUOLO	METODOLOGIA
<b><u>INDICATORI FISICI</u></b>	
Tessitura del suolo	Metodo dell'idrometro
Profondità del suolo e degli apparati radicali	Estrazione e scavo del suolo
Densità apparente e infiltrazione	Determinazione di campo con l'uso di anelli di infiltrazione
Caratteristiche di ritenzione idrica	Contenuto idrico ad una tensione di 33 e 1500 kPa
Contenuto idrico	Analisi gravimetrica (perdita di peso nelle 24 ore a 105°C)
Temperatura del suolo	Termometro a mano
<b><u>INDICATORI CHIMICI</u></b>	
C e N organici totali	Combustione (metodo volumetrico)
pH	Determinazione di campo e di laboratorio con pHmetro
Conducibilità elettrica	Determinazione di campo e di laboratorio con conduttimetro
N (NH <sub>4</sub> e NO <sub>3</sub> ), P e K minerali	Determinazione di campo e di laboratorio (metodo volumetrico)
<b><u>INDICATORI BIOLOGICI</u></b>	
C e N della biomassa microbica	Fumigazione/incubazione con cloroformio (metodo volumetrico)
N potenzialmente mineralizzabile	Incubazione anaerobica (metodo volumetrico)
Respirazione del suolo	Determinazione di campo per mezzo di anelli di infiltrazione coperti ed in laboratorio con la misura della biomassa
C biomassa /C organico totale	Stima della stabilità dell'ecosistema
Respirazione/biomassa	

Tra gli indici utilizzabili ve ne sono di quelli applicabili solo ai microartropodi, come l'indice di Qualità Biologica dei Suoli (QBS, Parisi, 2001) che si riferisce solo ai raggruppamenti ecomorfologicamente omogenei presenti nella comunità. Nel calcolo dell'indice si parte dall'individuazione dei gruppi tassonomici presenti e, successivamente, si definisce, attraverso l'osservazione dei caratteri morfologici, il livello di adattamento alla vita nel suolo di ciascuno di essi. A ciascuna delle forme è attribuito un punteggio variabile tra 1 e 20. I valori più bassi sono tipici delle forme epiedafiche, che vivono in superficie, quindi con un minore adattamento, e quelli più alti di quelle euedafiche, che vivono in profondità, quindi con un maggiore adattamento. Infine, valori intermedi sono attribuiti alle forme emiedafiche, parzialmente adattate alla vita tra le particelle di suolo. Il valore finale dell'indice è la somma dei punteggi attribuiti a ciascun gruppo tassonomico individuato nella comunità.

Sono definite otto classi di qualità (dalla classe 0 alla classe 7), in ordine crescente di complessità del popolamento in relazione all'adattamento alla vita edafica.

Le classi di qualità biologica sono in tutto 8 (Parisi 2001 modificata D'Avino 2002, manuale Arpa) e vanno da un minimo di 0 (ritrovamento di solo gruppi epigei e/o larve di olometaboli, ossia nessuna forma di vita veramente stanziale nel suolo) a un massimo di 7 (almeno 3 gruppi euedafici, proturi e/o coleotteri edafobi presenti, QBS >200).

I grafici riassuntivi che illustrano gli andamenti dei valori e delle classi di QBS ripartiti secondo le stazioni e il campionamento Fuori e Sotto Pannello lungo tutto il periodo di monitoraggio mostrano che la copertura operata dai pannelli ad inseguimento sia migliorativa della qualità del suolo.

In ogni caso soprattutto in primavera il QBS migliora maggiormente sotto pannello come risposta positiva agli input pluviometrici.

Un altro metodo di determinazione è descritto dall'Atlante di indicatori della qualità del suolo (ATLAS. Ed. Ministero delle Politiche Agricole e Forestali, Osservatorio Nazionale Pedologico e CRA – Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante, Roma – 2006). Il metodo in oggetto prevede di analizzare i parametri caratterizzanti la biomassa nel suo complesso: contenuto in carbonio organico totale nel suolo (TOC, metodo Springer&Klee), contenuto in carbonio organico ascrivibile alla biomassa microbica (per fumigazione-estrazione), velocità di respirazione della biomassa (incubazione del suolo umido in ambiente ermetico e titolazione con NaOH della CO<sub>2</sub> emessa). Da questi tre parametri principali misurati derivano per calcolo alcuni indici: respirazione basale (CO<sub>2</sub> emessa nelle 24 ore), quoziente metabolico (respirazione in funzione della quantità di biomassa microbica), quoziente di mineralizzazione (velocità di emissione di CO<sub>2</sub> in rapporto alla quantità di carbonio organico totale).

A ciascuno dei parametri determinati analiticamente o calcolati (carbonio organico totale, carbonio microbico, respirazione basale, quoziente metabolico e quoziente di mineralizzazione) si attribuisce un punteggio in funzione del valore, in base a quanto riportato nelle tabelle che seguono. Si sommano poi i punteggi per arrivare a quello totale, secondo il quale si determina la classe di fertilità biologica.

In base ai risultati analitici ottenuti si applica il metodo a punteggio indicato nell'Atlante ministeriale di cui si riportano qui sotto le tabelle, in modo da procedere ad attribuire una delle cinque classi di Fertilità di codesto Indice sintetico di fertilità biologica (IBF) al suolo oggetto di indagine.

Alla luce dei risultati emersi dalle elaborazioni si può affermare che gli effetti delle coperture siano tendenzialmente positivi, come si evince dai commenti parziali riportati nei paragrafi specifici.

Da quanto risulta dai rilievi pedologici effettuati, non ci sono state nei primi cinque anni di monitoraggio variazioni sostanziali nei suoli sotto pannello rispetto a quelli fuori pannello.

L'unico parametro chimico che mostra un lieve incremento è quello della sostanza organica; il che costituisce senza dubbio un elemento di miglioramento dei suoli. Questo incremento di sostanza organica è lievemente superiore fuori pannello rispetto a sotto pannello, probabilmente in ragione del maggior irraggiamento.

È risultato inoltre evidente che la presenza dei pannelli modifica l'andamento di due fondamentali parametri come temperatura e umidità, consentendo da una parte una maggiore conservazione delle riserve idriche favorevoli ad un migliore approvvigionamento della vegetazione e in genere dell'attività biologica, ma, d'altra parte, creando situazioni di temperatura più costante, almeno nello strato superficiale, che dal punto di vista microbiologico andrebbero approfondite.

Da quanto risulta dai rilievi pedologici effettuati su impianti a pannelli fissi non risultano nemmeno in questo caso nel corso dei primi cinque anni di monitoraggio, variazioni sostanziali delle caratteristiche chimico fisiche dei suoli sotto pannello rispetto a quelli fuori pannello.

Bisogna specificare che l'impianto a pannelli fissi determina una sostanziale difformità di radiazione solare al suolo tra le superfici sotto pannello rispetto a quelle fuori pannello; tuttavia questo fatto non sembra avere alcuna influenza sulle proprietà del suolo.

Allo stato attuale del monitoraggio non è possibile individuare un trend preciso che consenta di differenziare con chiarezza un diverso regime pedoclimatico fuori pannello e sotto pannello.

L'unico aspetto evidente è la capacità di ombreggiamento dei pannelli che in alcuni casi gioca un ruolo favorevole nel mantenere l'umidità del suolo quando questo è in condizioni al limite della saturazione, viceversa una volta persa l'umidità per effetto di alta temperatura, la copertura, soprattutto in estate impedisce all'acqua piovana derivante da fenomeni temporaleschi, di raggiungere il suolo ed infiltrarsi.

In particolare per quanto riguarda le differenze tra i diversi valori si osserva a partire dai dati del 2012 fino a quelli rilevati nel 2016:

- un costante incremento del contenuto di carbonio negli orizzonti superficiali e, quindi, della sostanza organica sia fuori che sotto pannello, con valori che si sono mantenuti sempre maggiori sotto pannello rispetto al fuori pannello;
- un leggero incremento nel tempo del valore di azoto negli orizzonti superficiali sia fuori che sotto pannello nel primo triennio per arrivare poi a valori sostanzialmente costanti e pressoché identici, sia fuori che sotto pannello. Questo fatto è da imputare al progressivo maggior insediamento nel cotico erboso di specie di leguminose azotofissatrici e/o dalla più rapida mineralizzazione della sostanza organica;
- bassi valori di fosforo sia sotto che fuori pannello, come è lecito aspettarsi in questi suoli che non essendo calcarei hanno una naturale tendenza al dilavamento di questo principio.

Da quanto risulta dai rilievi pedologici effettuati nell'ambito del monitoraggio e dei rilievi pedologici completi effettuati mediante scavo di profili nel 2016, non si osservano in questi primi cinque anni di monitoraggio variazioni sostanziali nei suoli sotto pannello rispetto a quelli fuori pannello.

L'unico parametro chimico che mostra un lieve incremento è quello della sostanza organica che nel primo anno (2012) mostrava valori molto bassi che hanno subito nel corso del tempo un progressivo aumento; questo incremento di sostanza organica è superiore sotto pannello rispetto al fuori pannello, probabilmente in ragione della maggiore quantità d'acqua di cui il cotico erboso si può avvantaggiare date le elevate condizioni di irraggiamento e temperature estive e data la scarsa piovosità di queste zone. In questo senso la presenza del pannello costituisce un elemento di miglioramento dei suoli.

Dal diagramma delle temperature risulta evidente l'effetto schermo dal sole nel periodo estivo quando fuori pannello si registrano le temperature più alte, sia in superficie sia in profondità.

Diverso l'andamento nel periodo invernale dove, per effetto del gradiente geotermico, il suolo tende ad essere più caldo in profondità sia fuori che sotto pannello, con valori comunque nettamente più alti sotto pannello, segno che in questo periodo si conserva maggiormente il calore assorbito nei mesi estivi grazie alla copertura.

Nei periodi primaverile/autunnali si registra invece un comportamento intermedio.

Per quanto riguarda l'effetto ombreggiamento risulta marcato l'effetto positivo sull'umidità del suolo in impianti a pannello fisso, mentre in impianti a inseguimento, probabilmente per la rotazione dei pannelli, tende ad asciugare anche sotto pannello e quindi l'effetto ombreggiamento è meno marcato.

Le misure mitigative che sono state considerate allo scopo di ridurre i potenziali impatti sulla componente suolo e sottosuolo sono:

- progettazione dell'impianto fotovoltaico sulla base del principio di ottimizzazione dell'uso del suolo per il minor consumo e impoverimento dello stesso e allo stesso tempo per il più facile ripristino a fine vita dell'impianto;
- utilizzo della viabilità esistente e previsione di realizzazione della sola nuova viabilità interna per la fase di costruzione prima e di manutenzione poi utilizzando materiali naturali stabilizzati;
- messa in atto di un programma di manutenzione programmata di tutti gli spazi verdi, compresi quelli sottostanti i moduli fotovoltaici.

Si ritiene che le suddette misure mitigative proposte contribuiranno a mantenere l'equilibrio biologico degli strati superficiali del suolo impedendo l'impoverimento della componente microbica e biologica del terreno e quindi a ridurre l'eventuale impatto potenziale sulla componente analizzata.

## Atmosfera e Qualità dell'aria

Come già descritto, la fase di costruzione dell'impianto avrà degli impatti minimi sulla qualità dell'aria, opportunamente mitigati completamente reversibili al termine dei lavori e facilmente assorbibili dall'ambiente rurale circostante.

Nella fase di esercizio l'impianto fotovoltaico non avrà emissioni di sorta, e a livello nazionale eviterà una significativa quantità di emissioni in atmosfera evitando il ricorso a combustibili fossili per la generazione dell'energia prodotta.

Pertanto, l'impatto derivante si ritiene positivo.

## Fase di cantiere

I principali impatti sulla componente atmosfera in fase di realizzazione e dismissione dell'impianto sono creati dai mezzi di cantiere (camion, gru, mezzi di movimento terra, etc.) per le emissioni di gas di scarico dovute all'aumento del traffico veicolare, e per le emissioni di polveri, dovute ai movimenti terra.

Le sorgenti di queste emissioni sono:

- gli automezzi pesanti da trasporto,
- i macchinari operatori da cantiere,
- i cumuli di materiale di scavo,
- i cumuli di materiale da costruzione.

Le polveri saranno prodotte dalle operazioni di:

- scavo e riporto per il livellamento dell'area cabine;
- scavo e riporto per il livellamento delle trincee cavidotti;
- battitura piste viabilità interna al campo;
- movimentazione dei mezzi utilizzati nel cantiere.

Per quanto riguarda invece le sostanze chimiche emesse in atmosfera, queste sono generate dai motori a combustione interna utilizzati: mezzi di trasporto, compressori, generatori.

Per le operazioni di cantiere, le emissioni veicolari possono essere stimate utilizzando la banca dati CORINAIR elaborata dall'Unione Europea.

Per i macchinari da cantiere ci si può riferire alla categoria 0808xx "Other mobile sources & machinery – industry". Per gli automezzi pesanti da trasporto, ci si può riferire alla categoria 070302 "Diesel heavy duty vehicles".

Per tutte le categorie di veicoli, i principali composti climalteranti emessi dal tubo di scarico durante il loro funzionamento e pertanto soggetti a regolamentazione sono essenzialmente:

- ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>);
- composti organici volatili non metanici (NM-VOC);
- monossido di carbonio (CO);
- particolato (PM).

Questi fattori di emissione sono espressi in g/kg di combustibile e riassunti nella tabella seguente:

g/kg combustibile	NO <sub>x</sub>	NM-VOC	CO	PM
Macchinari da cantiere	48,8	7,08	15,8	5,73
Automezzi pesanti da trasporto	42,3	8,16	36,4	2,04

Una valutazione quantitativa degli impatti dovuti alle emissioni, di cui sopra si è descritta la tipologia, derivanti dalle attività di cantiere, si presenta assai difficoltosa in termini strettamente numerici.

Infatti, solo per le operazioni prettamente attinenti all'area di cantiere è possibile effettuare una circoscrizione temporale e spaziale definita, mentre le altre operazioni presentano una dispersione spaziale delle sorgenti e intermittenza delle emissioni.

Possono in ogni caso essere avanzate alcune considerazioni di merito che di seguito si esplicitano.

In merito all'innalzamento di polveri l'impatto che può aversi è di modesta entità, temporaneo, pressoché circoscritto all'area di cantiere e riguarda essenzialmente la deposizione sugli apparati fogliari della vegetazione circostante.

L'entità e il raggio dell'eventuale trasporto ad opera del vento e della successiva deposizione del particolato e delle polveri più sottili dipenderà dalle condizioni meteo-climatiche (in particolare direzione e velocità del vento al suolo) presenti nell'area nel momento dell'esecuzione di lavori.

Data la granulometria media dei terreni di scavo, si stima che non più del 20% del materiale particolato sollevato dai lavori possa depositarsi nell'area esterna al cantiere.

In ogni caso, le operazioni di movimento terra del cantiere sono del tutto analoghe a quelle svolte attualmente dai macchinari agricoli nelle varie fasi della preparazione e lavorazione del terreno.

L'impatto è da considerarsi in ogni caso del tutto reversibile.

Le emissioni sono solo in parte concentrate nell'area di cantiere.

Le emissioni dovute agli automezzi da trasporto sono in massima parte diffuse su un'area più vasta, dovuta al raggio di azione dei veicoli, con conseguente diluizione degli inquinanti e minor incidenza sulla qualità dell'aria locale.

Si ritiene che gli impatti derivanti dall'immissione di tali sostanze siano facilmente assorbibili dall'atmosfera locale, sia per la loro temporaneità, sia per il grande spazio a disposizione per una costante dispersione e diluizione da parte del vento.

Si osserva infine che le emissioni sono circoscritte in un'area a densità abitativa nulla, per cui i modesti quantitativi di inquinanti atmosferici immessi interesseranno di fatto i soli addetti alle attività del cantiere e le componenti ambientali del sito.

Una considerazione analoga vale anche per gli eventuali effetti generati dall'inquinamento atmosferico sulle componenti biotiche.

L'area di progetto ricade in un contesto di aperta campagna destinato per lo più ad attività agricole di tipo intensivo.

In prossimità del margine ovest dell'impianto corre la S.P. n.49.

L'impatto potenziale sulla qualità dell'aria, riconducibile alle suddette emissioni di inquinanti e particolato, consiste in un eventuale peggioramento della qualità dell'aria rispetto allo stato attuale, limitatamente agli inquinanti emessi durante la fase di cantiere.

La durata degli impatti potenziali è classificata come discontinua, perché relativa solo ad alcune fasi di cantiere ed a breve termine, in quanto l'intera fase di costruzione avrà una durata inferiore ai 12 mesi.

Inoltre, le emissioni di gas di scarico dei mezzi di cantiere e di polveri da movimentazione terre sono rilasciate al livello del suolo con limitato galleggiamento e raggio di dispersione, determinando impatti potenziali di estensione ridotta.

Si stima infatti che le concentrazioni di inquinanti indotte al suolo dalle emissioni della fase di costruzione si estinguano entro 100 m dalla sorgente emissiva, in condizioni di ventosità debole.

La magnitudo degli impatti risulta pertanto trascurabile e la significatività bassa data la dislocazione dei più vicini ricettori.

Gli impatti sulla qualità dell'aria derivanti dalla fase di costruzione del progetto sono di bassa significatività e di breve termine, a causa del carattere temporaneo delle attività di cantiere.

Pertanto, non sono previste azioni permanenti ma durante la fase di cantiere saranno adottate tutte le accortezze utili per ridurre le interferenze dovute all'innalzamento di polveri e di emissioni in atmosfera, ed in particolare saranno messe in campo le seguenti mitigazioni degli impatti:

- i mezzi di cantiere saranno sottoposti, a cura dell'appaltatore, a regolare manutenzione come da libretto d'uso e manutenzione;
- durante le operazioni di carico e/o scarico di materiali o rifiuti, si limiteranno le emissioni di gas di scarico degli automezzi, evitando di mantenere il motore acceso quando non necessario;
- periodica e frequente bagnatura dei tracciati interessati dagli interventi di movimento terra;
- circolazione degli automezzi a bassa velocità per evitare l'eccessivo sollevamento delle polveri;
- bagnatura e/o copertura dei cumuli di terreno e altri materiali da riutilizzare e/o smaltire.

## Fase di esercizio

In merito alle eventuali emissioni durante la fase di esercizio, si precisa che gli impianti fotovoltaici, per loro stessa costituzione, non comportano emissioni in atmosfera di nessun tipo e pertanto non hanno impatti sulla qualità dell'aria locale.

Inoltre, la tecnologia fotovoltaica consente di produrre kWh di energia elettrica senza ricorrere alla combustione di combustibili fossili, peculiare della generazione elettrica tradizionale (termoelettrica).

Ne segue che l'impianto avrà un impatto positivo sulla qualità dell'aria, a livello nazionale e non sito-specifico, in ragione della quantità di inquinanti non immessa nell'atmosfera.

L'energia totale annua prodotta dall'impianto è 63.360.492,53 kWh (equivalente a 1.549,31 kWh/kW).

Un utile indicatore per definire il risparmio di combustibile derivante dall'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili è il fattore di conversione dell'energia elettrica in energia primaria [TEP/MWh].

Questo coefficiente individua le T.E.P. (Tonnellate Equivalenti di Petrolio) necessarie per la realizzazione di 1 MWh di energia, ovvero le TEP risparmiate con l'adozione di tecnologie fotovoltaiche per la produzione di energia elettrica:

Le emissioni evitate durante l'esercizio dell'impianto sono state calcolate facendo riferimento ai fattori di emissione medi del parco generativo nazionale, e sono riassunte nella tabella successiva:

Risparmio di combustibile in	TEP			
Fattore di conversione dell'energia elettrica in energia primaria [TEP/MWh]	0.187			
TEP risparmiate in un anno	11 848.41			
TEP risparmiate in 20 anni	217 760.87			
Emissioni evitate in atmosfera di	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	Polveri
Emissioni specifiche in atmosfera [g/kWh]	474.0	0.373	0.427	0.014
Emissioni evitate in un anno [kg]	30 032 873.46	23 633.46	27 054.93	887.05
Emissioni evitate in 20 anni [kg]	551 971 402.32	434 357.24	497 240.06	16 302.95

## Campi elettromagnetici

### Fase di cantiere

Non sono previste sorgenti né emissioni di campi elettromagnetici durante la fase di cantiere, in virtù della tipologia delle lavorazioni e dei macchinari utilizzati.

### Fase di esercizio

Per quanto riguarda le emissioni elettromagnetiche, negli impianti fotovoltaici esse sono potenzialmente legate alla presenza delle cabine di trasformazione, dei cavi elettrici, dei dispositivi elettronici ed elettromeccanici installati nell'area di impianto e soprattutto delle linee elettriche in media tensione di interconnessione con la cabina primaria e/o con la rete di trasmissione nazionale.

Sulla base della normativa in vigore nell'area interessata dalla realizzazione dell'impianto fotovoltaico in progetto non sono evidenziabili delle aree in cui debbano individuarsi delle fasce di rispetto a causa della possibile e/o ipotizzabile vicinanza di aree gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici o luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere.

Come già descritto in dettaglio nel Quadro Progettuale, i campi elettromagnetici generati dalle apparecchiature e infrastrutture dell'impianto fotovoltaico nel suo esercizio sono circoscritti in limitatissime porzioni di territorio, delle quali solo quelle relative al tracciato del cavidotto AT risultano esterne all'area di impianto.

In ogni caso, i valori calcolati (in condizioni conservative) rispettano i limiti di legge entro le fasce di rispetto previste, che ricadono in luoghi dove non è prevista la permanenza di persone né la presenza di abitazioni.

Pertanto, l'impatto derivante si ritiene basso o non significativo.

## Clima acustico

## Fase di cantiere

Nella fase di costruzione dell'impianto, la cui durata è stimata in circa 7 mesi, si avranno delle emissioni in atmosfera generate dall'utilizzo delle macchine operatrici di cantiere.

Le valutazioni della rumorosità prodotta dal cantiere oggetto di studio sono state effettuate attraverso l'impiego dei dati forniti dallo studio del Comitato Paritetico Territoriale per la prevenzione infortuni, l'igiene e l'ambiente di lavoro di Torino e Provincia.

Lo studio si basa su una serie di rilievi fonometrici che hanno consentito di classificare dal punto di vista acustico 358 macchinari rappresentativi delle attrezzature utilizzate per la realizzazione delle principali attività cantieristiche.

Oltre alle caratteristiche dei singoli macchinari lo studio fornisce informazioni molto utili in merito alle usuali percentuali di impiego relative alle differenti lavorazioni.

Nel presente studio, per ogni lavorazione individuata secondo criteri generali, vengono indicati i macchinari prevalentemente utilizzati e le rispettive potenze sonore.

I macchinari che saranno impiegati nelle varie fasi di cantiere sono riassunti nella Tabella seguente, dove vengono specificate le prestazioni rumorose, gli spettri di frequenze e le potenze.

Questi verranno considerati come sorgenti puntiformi e il funzionamento di tali macchinari è limitato alle sole ore diurne (16h).

Macchina	Lw	31.5	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	16K	Marca	Modello
	Db(A)	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB		
<b>Fase 1: Rimozione vegetazione</b>													
Autogru(2,5t)	86,8	96	98,9	99,1	86,2	89,6	94,1	94,0	89,1	80,0	73,0	IVECO	Z 109-14
Motosega	92,5	81,1	86	92,8	90,3	93,2	96,5	94,3	99,2	94,6	90,1	Komatsu	G 310 TS
Bobcat	85,5	105,6	111,5	103,8	103,6	102,1	98,0	93,8	88,9	82,6	76,2	Melroe	Bobcat751
<b>Fase 2: Posa recinzione</b>													
Autogru(2,5t)	86,8	96	98,9	99,1	86,2	89,6	94,1	94,0	89,1	80,0	73,0	IVECO	Z 109-14
Bobcat	85,5	105,6	111,5	103,8	103,6	102,1	98,0	93,8	88,9	82,6	76,2	Melroe	Bobcat751
Avvitatore/Trapano	97,6	62,6	74,0	72,9	75,0	82,0	91,2	92,8	88,5	89,6	90,6	Bosch	GBH 2-20 SRE
<b>Fase 3: Realizzazione cabine</b>													
Bobcat	85,5	105,6	111,5	103,8	103,6	102,1	98,0	93,8	88,9	82,6	76,2	Melroe	Bobcat751
Betoniera	76,0	85,7	91,6	96,9	91,6	96,1	94,4	90,0	82,1	80,8	74,4	ICARDI	N.C.
Avvitatore/Trapano	97,6	62,6	74,0	72,9	75,0	82,0	91,2	92,8	88,5	89,6	90,6	Bosch	GBH 2-20 SRE
Saldatore (cannello ossiacetilenico)	82,2	70,3	80,4	77,1	71,2	74,6	75,5	76,8	80,0	81,6	84,5	N.C.	N.C.
<b>Fase 4: Tracciamenti</b>													
Bobcat	85,5	105,6	111,5	103,8	103,6	102,1	98,0	93,8	88,9	82,6	76,2	Melroe	Bobcat751
<b>Fase 5: Posa basamenti in acciaio</b>													
Macchina battipalo	88,0	89,8	94,7	94,8	93,0	98,1	99,0	106,2	104,7	102,8	100,5	Delmag	D-62
<b>Fase 6: Montaggio pannelli e cablaggio</b>													
Avvitatore/Trapano	97,6	62,6	74,0	72,9	75,0	82,0	91,2	92,8	88,5	89,6	90,6	Bosch	GBH 2-20 SRE

Saldatore (cannello ossiacetilenico)	82,2	70,3	80,4	77,1	71,2	74,6	75,5	76,8	80,0	81,6	84,5	N.C.	N.C.
--------------------------------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Noti i livelli di potenza acustica, associabili ad ogni fase di lavorazione attraverso l'utilizzo delle leggi di propagazione sonora in campo aperto, sono stati calcolati i livelli di pressione presso i ricettori.

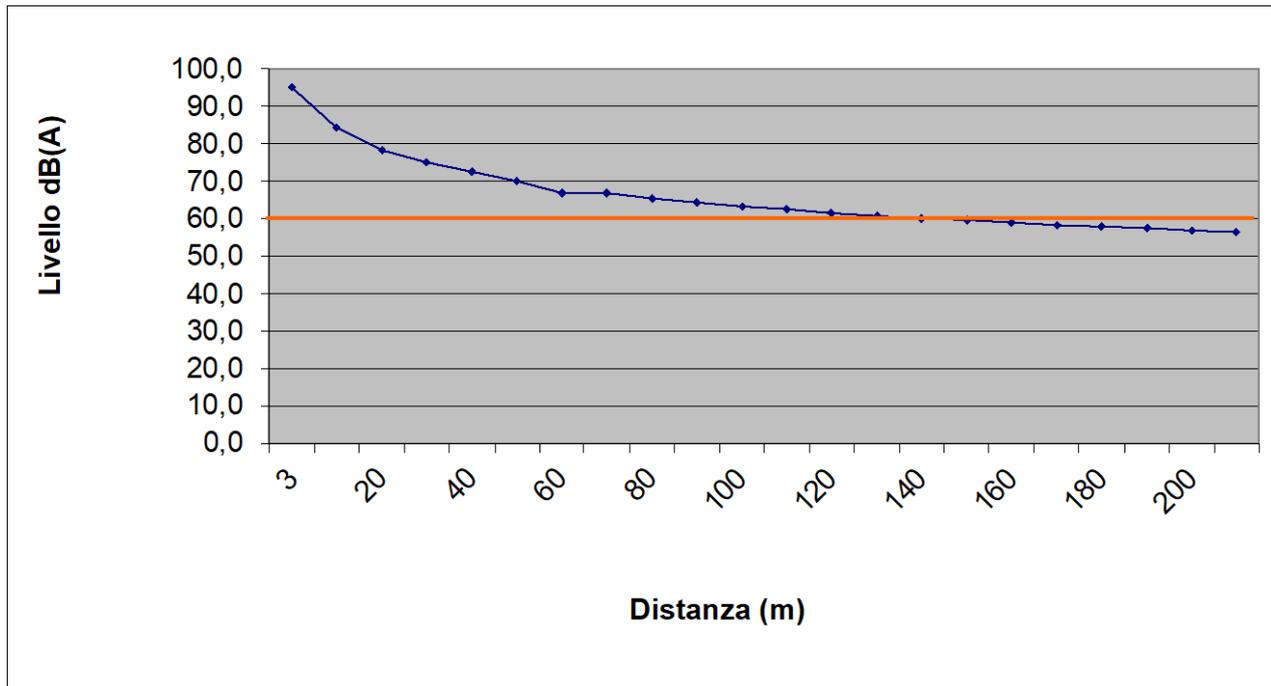
L'approccio seguito è quello del "worst case" (caso più sfavorevole), ovvero il momento in cui tutte le attrezzature appartenenti alla stessa fase di lavorazioni vengono utilizzate contemporaneamente.

Quando sono presenti più macchine che lavorano contemporaneamente, occorre aggiungere al livello equivalente della singola macchina, riportato sopra, le quantità della tabella seguente in modo da ottenere il livello equivalente (Leq) totale:

N° macchine simili	Quantità da aggiungere al Leq della singola macchina in dB(A)
2	3
3	4,77
4	6
5	6,99
6	7,78

Quindi, partendo dal livello di potenza acustica di ciascuna tipologia di sorgente ed applicando la legge di propagazione del rumore in campo libero, sono stati stimati i livelli di pressione sonora a distanze variabili con passo di 10 metri.

Nel grafico di seguito riportato si è ipotizzata una presenza contemporanea di 6 macchine con un rumore medio di 87 dB(A), trascurando l'attenuazione dovuta all'atmosfera, nonché ad eventuali ostacoli e all'effetto del vento e considerando l'attenuazione dovuta al terreno ed alla direttività della fonte:



Il grafico della precedente figura mostra come i livelli di rumore in fase di cantiere non superano i 60 dB(A) per distanze superiori a 150 m.

Tale distanza, come assunzione conservativa, è possibile riferirla al confine del cantiere.

A tale distanza quindi, il cantiere presenterà valori di emissione inferiori a quelli consentiti dai limiti di zona assunti per le aree di classe III.

Va comunque sottolineato che le attività rumorose temporanee (come appunto quelle del cantiere) possono essere permesse in deroga ai limiti di classe acustica, con le prescrizioni che seguono.

- In caso di attivazione di cantieri, le macchine e gli impianti in uso sia fissi che mobili dovranno essere conformi alle rispettive norme di omologazione e certificazione e dovranno essere collocate in postazioni che possano limitare al meglio la rumorosità verso soggetti disturbabili. Per le altre attrezzature non considerate nella normativa nazionale vigente, quali gli attrezzi manuali, dovranno essere utilizzati tutti gli accorgimenti e i comportamenti per rendere meno rumoroso il loro uso. Gli avvisatori acustici potranno essere utilizzati solo se non sostituibili con altri di tipo luminoso e nel rispetto delle vigenti norme antinfortunistiche.
- L'attivazione di macchine rumorose e l'esecuzione di lavori rumorosi in cantieri edili al di sopra dei limiti di zona è consentito nei giorni feriali dalle ore 8 alle ore 19 e il sabato dalle ore 8 alle ore 13. L'attivazione di macchine rumorose e l'esecuzione di lavori rumorosi in cantieri stradali al di sopra dei limiti di zona è consentito nei giorni feriali, dalle ore 7 alle ore 20.
- Il limite massimo di emissione da non superare per le attività previste è di 70 dB Leq(A). Non si considerano i limiti differenziali. Tale limite si intende fissato sulla facciata degli edifici, in corrispondenza dei recettori più disturbati o più vicini.

L'impatto derivante è giudicato basso e completamente reversibile.

Come descritto dunque, le emissioni acustiche durante la fase di costruzione dell'impianto sono del tutto compatibili con la classificazione dell'area, e opportunamente mitigati con accorgimenti gestionali e operativi del cantiere.

## Fase di esercizio

Nella fase di esercizio l'impianto non avrà di fatto emissioni rilevabili se non nell'immediato intorno delle cabine, che risultano precluse dall'accesso al pubblico e distanti e schermate da qualsiasi tipo di recettore.

L'impianto fotovoltaico, in virtù della tecnologia applicata e della configurazione complessiva delle apparecchiature, non è sede, nella sua fase di normale esercizio, di significative emissioni acustiche.

Le sole apparecchiature che possono determinare un rilevabile impatto acustico sul contesto ambientale sono gli inverter solari e i trasformatori, entrambi localizzati all'interno di cabine di campo in calcestruzzo armato prefabbricato.

I primi sono apparati elettronici in grado di convertire la corrente continua generata dall'impianto in corrente alternata da immettere nel sistema di distribuzione nazionale.

I secondi sono apparati elettronici che convertono la corrente alternata a bassa tensione (50-1000 volt) in media tensione (1000-30000 volt).

Dall'analisi delle schede tecniche degli inverter solari e dei trasformatori rilasciate dalle case produttrici si rileva che le emissioni acustiche delle suddette apparecchiature (misurate a 1 m di distanza) in termini di "Livello di potenza sonora" (LWA) sono le seguenti:

Inverter: LWA < 40 db(A);

Trasformatore: LWA pari a 70 dB(A).

Tali valori, misurati a 1 m di distanza dalle apparecchiature in campo aperto, si riducono notevolmente con la distanza, in ragione dell'attenuazione naturale delle onde sonore propagate e, soprattutto, dell'effetto fonoassorbente e schermante delle strutture di alloggiamento e protezione delle apparecchiature (cabine in moduli prefabbricati, eventualmente rivestite di materiale fono assorbente).

Il potere fonoisolante delle cabine è stimato in 9 dB(A).

In alcune condizioni di non normale funzionamento, i trasformatori e gli inverter possono produrre un ronzio più o meno intenso.

Tali eventualità saranno monitorate e gestite dal sistema di controllo dell'impianto, poiché si riflettono direttamente in inefficienze di produzione, e avranno pertanto una durata molto limitata nel tempo.

Inoltre, è statisticamente assai improbabile che si rompano più di due apparecchiature contemporaneamente.

Sulla base di quanto esposto, è possibile affermare con ragionevole certezza che, a seguito della realizzazione dell'impianto, i valori di  $Leq(A)$  stimati immessi in ambiente esterno e abitativo, simulando l'attività nelle peggiori condizioni di esercizio, sono inferiori ai valori di immissione ed emissione previsti dai criteri di zonizzazione acustica.

Pertanto, l'impatto derivante si ritiene trascurabile o basso.

## Microclima

In climatologia per microclima si intende comunemente il clima dello strato di atmosfera a immediato contatto col terreno fino a circa 2 m di altezza, il più interessante per la vita umana e l'agricoltura, determinato dalla natura del suolo, dalle caratteristiche locali degli elementi topografici, dalla vegetazione e dall'esistenza di costruzioni e/o manufatti prossimali che portano a differenziazioni più o meno profonde ed estese nella temperatura, nell'umidità atmosferica e nella distribuzione del vento.

In considerazione del fatto che i moduli fotovoltaici possono raggiungere temperature superficiali di picco di  $60^{\circ}$  -  $70^{\circ}C$ , nel presente paragrafo per impatto sul microclima si intende sostanzialmente la variazione del campo termico al disotto ed al disopra della superficie dei moduli fotovoltaici a seguito del surriscaldamento di questi ultimi durante le ore diurne.

Preliminarmente occorre sottolineare che l'altezza media dei moduli dal suolo pari a circa 2 m, nonché la disposizione mutua delle stringhe e le dimensioni di ognuna di esse non si ritiene che possano causare variazioni microclimatiche alterando la direzione e/o la potenza dei venti.

Nell'ambito della letteratura scientifica di settore non sono infatti stati rinvenuti dati che supportino la tesi della modifica delle temperature dell'aria per effetto della presenza di moduli fotovoltaici. Al contrario, come argomentato negli studi di seguito riportati, si ritiene che non vi siano le condizioni perché si verifichi un tale fenomeno.

A tal proposito, uno studio interno condotto dalla SunPower Corporation nel Luglio 2010 ha consentito di valutare se un impianto fotovoltaico di vaste dimensioni (circa 4365 acri pari a 1766 ettari per un totale di 250 MWp), da installarsi nel sud della California, possa comportare modifiche ambientali nell'area circostante i moduli fotovoltaici.

Dapprima si è analizzata la situazione ambientale ed i parametri di irraggiamento ante operam, valutando in un secondo momento i possibili effetti conseguenti l'inserimento dell'impianto.

Lo studio si apre analizzando il fattore "albedo", cioè la proprietà che una superficie ha di riflettere e quindi complementariamente di assorbire una quota parte della radiazione luminosa su di essa incidente. L'albedo è espressa tramite un valore percentuale variabile da 0, per le superfici molto scure come ad esempio il carbone, a 1, per le superfici molto chiare come ad esempio la neve.

Si forniscono di seguito alcuni valori di albedo per varie tipologie di superficie (Markvart et al. 2003, "Practical Handbook of Photovoltaics: Fundamentals and Applications):

Tipo di superficie

Albedo

Prato (Luglio, Agosto, UK)	0,25
Prati	0,18÷0,23
Prato asciutto	0,28÷0,32
<i>Terreno non coltivato</i>	0,26
Suolo nudo	0,17
Pavimentazione stradale tipo macadam	0,18
Asfalto	0,15
Calcestruzzo nuovo	0,55
Calcestruzzo degradato da agenti atmosferici in ambito industriale urbano	0,20
Neve fresca	0,80÷0,90
Neve vecchia	0,45÷0,70

Superficie di corpi d'acqua per diversi angoli di incidenza della radiazione solare

$\gamma_s > 45^\circ$	0,05
$\gamma_s = 30^\circ$	0,08
$\gamma_s = 20^\circ$	0,12
$\gamma_s = 10^\circ$	0,22

La quantità di energia riflessa dal suolo è uguale all'energia solare impattante sulla sua superficie moltiplicata per la relativa frazione di albedo del suolo stesso.

Per l'area californiana di studio, le misurazioni effettuate mostrano un'energia di irraggiamento pari a 21 MWh/acro/giorno ed un fattore di albedo ante operam del 29%.

La quantità di energia dissipata sotto forma di calore intesa come complemento dell'energia riflessa è quindi pari al 71% dell'energia totale incidente ed equivale pertanto a 14,9 MWh/acro/giorno.

Volendo a questo punto valutare se a seguito dell'installazione dell'impianto possa cambiare il fattore albedo dell'area si definisce il concetto di "albedo effettiva" dato dalla formula seguente:

$$\text{Albedo effettivo} = (\text{quantità di energia solare incidente sul suolo}) \cdot AN + (\text{quantità di energia solare incidente sui moduli fotovoltaici}) \cdot AP$$

dove:

- AN = albedo naturale del suolo;
- AP = albedo dei pannelli in silicio monocristallino.

La centrale fotovoltaica di studio è costituita da moduli collegati ad un sistema di inseguimento monoassiale con un angolo di tilt incluso tra  $-45^\circ$  e  $+45^\circ$ .

Una tale configurazione di impianto è sotto il profilo tecnologico del tutto assimilabile a quella dell'impianto in progetto in quanto in entrambi i casi si fa uso di inseguitori monoassiali e inoltre i moduli sono dimensionalmente simili ai moduli che verranno impiegati.

Indicando come superficie coperta la somma delle proiezioni sul piano orizzontale dei moduli, la superficie complessiva del generatore fotovoltaico sarà data dalla somma della superficie coperta e dello spazio tra le stringhe di moduli.

Considerando quindi la superficie complessiva, al massimo il 40% circa dell'energia solare impatterà direttamente sul suolo, mentre la porzione residua approssimabile al 60% sarà intercettata dai moduli.

Di tale ultima quota di energia si prevede che circa il 74% verrà convertita e dissipata in calore mentre la restante porzione sarà in parte riflessa e in parte convertita in energia elettrica.

Assumendo pertanto che i moduli fotovoltaici abbiano un'albedo di circa 26%, tramite l'equazione di cui sopra si ricava che l'albedo effettivo di un generatore fotovoltaico dotato di sistema di inseguimento monoassiale sia approssimativamente pari al  $27\% = (0.4 \cdot 0.29) + (0.6 \cdot 0.26)$ .

Ciò comporta che l'energia solare dissipata sotto forma di calore da un generatore fotovoltaico di questo tipo nel suo complesso sia pari a circa il 73% dell'energia solare incidente, ossia 15,3 MWh/acro/giorno.

Nel suddetto caso di studio, al fine di individuare ulteriori argomentazioni utili, si prende inoltre in considerazione un'analisi universitaria (Borstein, "Observation of the Urban Heat Island Effect in New York City" New York University, 1968) la quale, nell'argomentare il fenomeno del riscaldamento delle aree urbane rispetto alle aree rurali circostanti, si incentra su tre punti chiave:

- uso di materiali che assorbono maggiore radiazione solare;
- uso massivo di materiali che assorbono maggior calore e lo ricedono lentamente in atmosfera;
- calore generato dall'uso di energia ad esempio per alimentare apparati elettrici.

Per quanto riguarda il primo aspetto, un generatore fotovoltaico presenta un'albedo effettivo inferiore rispetto a quello del solo suolo (0.27 contro 0.29) assorbendo quindi più calore. In considerazione però del fatto che il silicio ha la capacità di disperdere il calore acquisito in maniera molto più rapida rispetto al suolo o al calcestruzzo, è pertanto corretto affermare che per il sistema suolo-moduli non vi sarà alcun guadagno netto in calore.

Relativamente al secondo aspetto, come in parte già precedentemente accennato, il calore ceduto dai materiali da costruzione e dal suolo è funzione della loro massa e della quantità di calore assorbito. Tipicamente il calore assorbito durante il giorno viene quindi dissipato lentamente durante la notte, ma, se si hanno masse elevate come ad esempio edifici in calcestruzzo, pavimentazioni stradali in asfalto o ampi lotti di terreno, il corso di una sola notte potrebbe non essere sufficiente a dissipare tutto il calore assorbito incrementando così

la temperatura netta del materiale. I moduli fotovoltaici, invece, sebbene possano raggiungere temperature di superficiali superiori a 50° C, sono molto sottili e leggeri e quindi, a parità di condizioni, pur assorbendo maggiori quantità di calore rispetto al suolo o al calcestruzzo, hanno la capacità di disperderlo in maniera estremamente rapida nel momento in cui cessa l'irraggiamento solare dopo il tramonto.

In merito, infine, al terzo aspetto, considerando l'energia elettrica circuitante negli apparati elettrici di una centrale fotovoltaica, il calore da questi emesso nel caso di un vasto impianto come quello californiano risulta minore di 0,21 MWh/acro/giorno, corrispondente a meno dell'1% dell'energia solare totale impattante i moduli. L'energia termica di scarto dovuta all'utilizzo di apparati elettrici in un contesto urbano si stima essere pari a circa il 250% dell'energia solare che impatta sulla medesima area nel corso di un anno solare. Relativamente a quest'ultimo aspetto quindi, è bene sottolineare che l'energia termica generata dagli apparati elettrici di un parco fotovoltaico di grandi dimensioni può tranquillamente essere omessa nel computo del bilancio termico in quanto risulta essere ben 250 volte inferiore a quella generata dall'uso dell'elettricità in un ambiente urbano di pari estensione.

Per quanto sin qui esposto, si può pertanto concludere che nell'area di installazione di un parco fotovoltaico non vi sarà alcuna sensibile variazione di temperatura se non nell'immediato intorno dei moduli fotovoltaici durante il solo periodo diurno.

Volendo però avere un ulteriore riscontro in merito al tema in oggetto, si riportano di seguito alcune considerazioni contenute in uno studio scientifico commissionato ad hoc dalla società Enerprog al Dipartimento di Fisica ed Ingegneria dei Materiali e del Territorio dell'Università Politecnica delle Marche che ha provveduto a monitorare tramite un sistema di sonde la temperatura dell'aria in prossimità dei moduli fotovoltaici installati su un'ampia copertura della propria Facoltà di Ingegneria per poi raccogliere di conseguenza i dati ottenuti in una relazione che si riporta di seguito in stralcio:

*“Le caratteristiche essenziali dei singoli moduli fotovoltaici che compongono l'impianto che è stato sottoposto a monitoraggio sono le seguenti. Il pannello è della Helios technology H800X da 75 W, realizzato in silicio monocristallino di dimensioni 1.25m x 0.565m.*

*Pur trattandosi di moduli non identici a quelli utilizzati per l'impianto in progetto, i risultati del monitoraggio sui moduli installati presso la Facoltà di Ingegneria sono ragionevolmente applicabili ai moduli del futuro impianto, anche alla luce dei risultati ottenuti, esposti nel seguito.*

*Per sapere se la presenza dell'impianto fotovoltaico:*

- modifica la temperatura dell'aria;*
- di quale entità è questa modifica;*
- a quale distanza dal pannello si risente di tale variazione di temperatura.*

*si è provveduto ad installare sonde per la misura della temperatura dell'aria a varie distanze dal pannello, in particolare sono state installate 8 sonde.*

*La sonda 8 è stata utilizzata per misurare la temperatura ambiente lontano dal pannello e costituisce pertanto la temperatura di riferimento.*

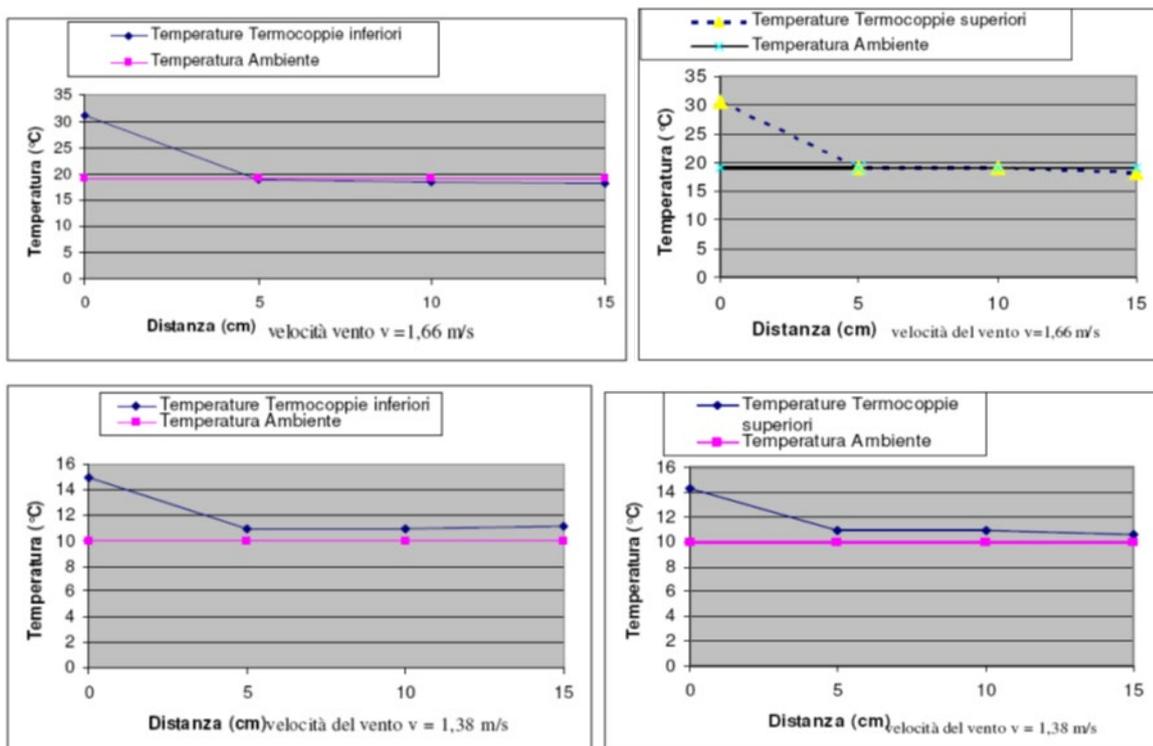
*Le sonde 4 e 5 sono state installate a contatto con il pannello; in particolare la sonda 4 è stata collocata superiormente ad esso mentre la sonda 5 è stata posizionata in prossimità della faccia inferiore del pannello.*

Le sonde 3, 2 e 1 sono state posizionate sopra il pannello a distanze via via crescenti, rispettivamente, a 5, 10 e 15 cm dalla superficie superiore del pannello.

Le sonde 6 e 7 sono state posizionate sotto il pannello a distanze, rispettivamente, di 5 e 10 cm dalla superficie inferiore del pannello.

Le misure della temperatura dell'aria, in corrispondenza di tutte le otto sonde, sono state misurate in continuo e registrate ogni 10 minuti, dalle 8,38 alle 15,38 del giorno 23 novembre 2009 e ripetute con lo stesso criterio il giorno successivo, 24 novembre, dalle 9,29 alle 12,29. Insieme con le temperature è stata misurata anche la velocità del vento, per il fatto che tale fattore può influenzare il valore delle temperature nell'intorno del pannello.

Nelle figure 1 e 2 sono diagrammati i risultati più significativi del monitoraggio, corrispondenti alle massime temperature misurate nel corso delle due giornate di sperimentazione.



Dai risultati rappresentati nei grafici delle due figure precedenti risulta che gli innalzamenti di temperatura che si registrano a contatto con il pannello (sia sopra che sotto di esso) decadono molto velocemente, al punto tale che già a 5 cm di distanza dal pannello (sia sopra che sotto) si registra già la temperatura ambientale che è data dalla misura eseguita con la sonda 8 posta lontano dal pannello.

Il fatto che la velocità del vento agente nel corso della sperimentazione sia risultata sempre modesta rende i risultati ottenuti ancor più significativi.

Pertanto, sulla base delle misure effettuate è possibile affermare che l'innalzamento di temperatura che si registra a contatto con il pannello interessa uno spazio molto limitato posto nelle immediate vicinanze del pannello stesso.

Se a ciò si aggiunge il fatto che i moduli saranno installati su strutture in alluminio inclinate di 30°, con l'estremità più bassa posta a 50 cm dalla superficie del terreno e con quella più

*alta a 208 cm, si comprende come le variazioni di temperatura a terra prodotte dall'impianto fotovoltaico saranno di fatto non rilevabili.*

*In sintesi, è possibile affermare che le variazioni di temperatura associate con la presenza dell'impianto fotovoltaico sono tali da:*

- non poter compromettere in alcun modo l'attività agricola circostante l'area dell'impianto nel periodo di funzionamento dell'impianto stesso;*
- non poter produrre modificazioni di clima tali da alterare irreversibilmente l'attività agricola nell'area destinata all'impianto.*

*Il fatto di aver potuto sperimentare la variazione della temperatura nell'intorno del pannello fotovoltaico solo nel mese di Novembre, con temperature dell'aria non elevate, non inficia le considerazioni sopra esposte.”.*

In conclusione, i risultati ottenuti nel monitoraggio condotto dall'Università Politecnica delle Marche non solo sono pienamente adattabili all'impianto in progetto, ma si ritiene anche che la molto maggiore altezza dal suolo dei moduli fotovoltaici abbia un maggiore effetto mitigatore su eventuali variazioni del campo termico consentendo un maggior grado di ventilazione al disotto dei moduli e quindi anche una migliore dispersione dell'eventuale calore da questi generato.

L'impatto derivante si ritiene pertanto trascurabile o nullo.

## Salute pubblica

I potenziali impatti sulla salute pubblica correlati alla realizzazione dell'impianto fotovoltaico in progetto sono essenzialmente riconducibili alle emissioni rumorose in fase di costruzione dell'impianto e alle emissioni elettromagnetiche in fase di esercizio.

Per quanto riguarda il rumore, le uniche emissioni attese sono quelle dovute ai mezzi nella fase di costruzione delle opere di impianto; in considerazione del limitato numero di autocarri e mezzi meccanici impiegati, della durata limitata nel tempo delle attività, che le attività saranno eseguite esclusivamente nel periodo diurno in aggiunta alla distanza dai principali ricettori, si ritiene che l'impatto acustico sarà di breve durata, locale - in quanto circoscritto alle aree di cantiere e reversibile - in quanto cesserà al termine delle attività.

Per quanto riguarda le emissioni elettromagnetiche, la loro intensità è, grazie alle soluzioni progettuali scelte, contenuta in areali ristretti attorno alle sorgenti.

Tutti i luoghi dove è prevista l'installazione di apparecchiature che danno luogo a campi elettromagnetici, e di fatto tutta l'area di impianto, non è frequentata da persone con permanenze superiori alle 4 ore.

Nello specifico, l'area di impianto è recintata e interdetta al pubblico, mentre il cavidotto di collegamento alla RTN corre interrato su strada provinciale e su strade sterrate locali, senza intercettare per la maggior parte del suo percorso nuclei abitati, case sparse o abitazioni singole, né edifici di alcun genere.

La realizzazione e l'esercizio dell'impianto fotovoltaico non avranno dunque impatti sulla salute pubblica, in quanto:

- l'impianto è distante da potenziali ricettori
- non si utilizzano sostanze tossiche o cancerogene
- non si utilizzano sostanze combustibili, deflagranti o esplosivi
- non si utilizzano gas o vapori
- non si utilizzano sostanze o materiali radioattivi
- non ci sono emissioni in atmosfera.

Un impatto positivo sulla salute pubblica in senso generale si avrà dalle emissioni evitate, come già descritto.

L'impatto, pertanto, si ritiene trascurabile o nullo.

## Inquinamento luminoso

L'inquinamento luminoso è un'alterazione dei livelli di luce naturalmente presenti nell'ambiente notturno.

Questa alterazione, più o meno elevata a seconda della località, può provocare danni di diversa natura:

- Danni ambientali:** difficoltà o perdita di orientamento negli animali (uccelli migratori, tartarughe marine, falene notturne), alterazione del fotoperiodo in alcune piante, alterazione dei ritmi circadiani nelle piante, animali ed uomo (ad esempio la produzione della melatonina viene bloccata già con bassissimi livelli di luce). Nel 2001 è stato scoperto nell'uomo un nuovo fotorecettore che non contribuisce al meccanismo della visione, ma regola il nostro orologio biologico. Il picco di sensibilità di questo sensore è nella parte blu dello spettro visibile. Per questo le lampade con una forte componente di questo colore (come i LED) sono quelle che possono alterare maggiormente i nostri ritmi circadiani. Le lampade con minore impatto da questo punto di vista sono quelle al sodio ad alta pressione e, ancora meno dannose, quelle a bassa pressione;
- Danni culturali:** aumento della brillantezza e perdita di visibilità del cielo stellato soprattutto nei paesi più industrializzati. Il cielo stellato che è stato da sempre fonte di ispirazione per la religione, la filosofia, la scienza e la cultura in genere. Fra le scienze più danneggiate dalla sparizione del cielo stellato vi è inoltre l'astronomia sia amatoriale che professionale; un cielo troppo luminoso infatti limita fortemente l'efficienza dei telescopi ottici che devono sempre più spesso essere posizionati lontano da questa forma di inquinamento;
- Danno economico:** spreco di energia elettrica impiegata per illuminare inutilmente zone che non andrebbero illuminate, come la volta celeste, le facciate degli edifici privati, i prati e i campi a lato delle strade o al centro delle rotonde. Anche per questo motivo uno dei temi trainanti della lotta all'inquinamento luminoso è quello del

risparmio energetico non contando inoltre le spese di manutenzione degli apparecchi, sostituzione delle lampade, installazione di nuovi impianti ecc...

Attualmente la prevenzione dell'inquinamento luminoso non è regolamentata da alcuna vigente legge nazionale.

Le singole Regioni e Province autonome hanno tuttavia promulgato testi normativi in materia, mentre la norma UNI 10819 disciplina la materia laddove non esista alcuna specifica più restrittiva.

La Regione Sardegna, con la deliberazione n. 48/31 del 29/11/2007, ha emanato le linee guida e le modalità tecniche d'attuazione per la riduzione dell'inquinamento luminoso.

Nelle linee guida e nelle modalità tecniche di attuazione, si intende per inquinamento luminoso ogni alterazione dei livelli di illuminazione naturale e, in particolare, ogni forma di irradiazione di luce artificiale che si disperda al di fuori delle aree a cui essa è funzionalmente dedicata, in particolar modo se orientata al di sopra della linea dell'orizzonte.

Da un punto di vista legislativo più ampio per inquinamento luminoso si intende qualunque alterazione della quantità naturale di luce presente di notte nell'ambiente esterno e dovuta ad immissione di luce di cui l'uomo abbia responsabilità.

Nel caso del progetto in esame, occorre sottolineare che la zona di Arborea non rientra neppure parzialmente entro le "zone di particolare protezione" afferenti ad osservatori astronomici.

Ciò nonostante, gli impatti previsti, sia pur di modesta entità, potrebbero essere determinati dagli impianti di illuminazione del campo, cioè dalle lampade, che posizionate lungo il perimetro consentono la vigilanza notturna del campo durante la fase di esercizio.

Al fine di contenere il potenziale inquinamento luminoso, nonché di agire nel massimo rispetto dell'ambiente circostante e di contenere i consumi energetici, l'impianto perimetrale di illuminazione notturna sarà realizzato facendo riferimento ad opportuni criteri progettuali quali:

- utilizzare dissuasori di sicurezza, ossia l'impianto sarà dotato di un sistema di accensione da attivarsi solo in caso di allarme intrusione;
- impiegare, ovunque sia possibile, lampade al vapore di sodio a bassa pressione. Tali lampade, oltre ad assicurare un ridotto consumo energetico, presentano una luce con banda di emissione limitata alle frequenze più lunghe, lasciando quasi completamente libera la parte dello spettro corrispondente all'ultravioletto. Ciò consente di limitare gli effetti di interferenza a carico degli invertebrati notturni che presentano comportamenti di "fototassia";
- indirizzare il flusso luminoso verso terra, evitando dispersioni verso l'alto e al di fuori dell'area di intervento;
- utilizzare esclusivamente ottiche schermate che non comportino l'illuminazione oltre la linea dell'orizzonte.

Allargando il campo di indagine dell'inquinamento luminoso, si può considerare anche l'abbagliamento visivo.

Con abbagliamento visivo si intende la compromissione temporanea della capacità visiva dell'osservatore a seguito dell'improvvisa esposizione diretta ad una intensa sorgente luminosa.

L'irraggiamento globale è la somma dell'irraggiamento diretto e di quello diffuso, ossia l'irraggiamento che non giunge al punto di osservazione seguendo un percorso geometricamente diretto a partire dal sole, ma che viene precedentemente riflesso o scomposto.

Per argomentare il fenomeno dell'abbagliamento generato da moduli fotovoltaici nelle ore diurne occorre considerare diversi aspetti legati alla loro tecnologia, struttura e orientazione, nonché al movimento apparente del disco solare nella volta celeste e alle leggi fisiche che regolano la diffusione della luce nell'atmosfera.

Come è ben noto, in conseguenza della rotazione del globo terrestre attorno al proprio asse e del contemporaneo moto di rivoluzione attorno al sole, nell'arco della giornata il disco solare sorge ad est e tramonta ad ovest (ciò in realtà è letteralmente vero solo nei giorni degli equinozi).

Durante questo movimento apparente il disco solare raggiunge il punto più alto nel cielo al mezzogiorno locale e descrive un semicerchio inclinato verso la linea dell'orizzonte tanto più in direzione sud quanto più ci si avvicina al solstizio d'inverno (21 Dicembre) e tanto più in direzione nord quanto più ci si avvicina al solstizio d'estate (21 Giugno).

In considerazione del fatto che per l'impianto in progetto verranno utilizzati moduli fotovoltaici dotati di sistema di inseguimento solare (tracker), che la loro altezza dal suolo sarà superiore ai 2 m circa e che il loro angolo di inclinazione sarà variabile da  $-45^\circ$  verso est a  $+45^\circ$  verso ovest rispetto al piano orizzontale, il verificarsi e l'entità di fenomeni di riflessione ad altezza d'uomo della radiazione luminosa incidente alla latitudine a cui è posto l'impianto fotovoltaico in esame sono in ogni caso ciclici in quanto legati al momento della giornata, alla stagione nonché alle condizioni meteorologiche.

La radiazione luminosa riflessa viene inoltre ridirezionata verso l'alto con un angolo rispetto al piano orizzontale tale da non colpire un eventuale osservatore posizionato ad altezza del suolo nelle immediate vicinanze della recinzione perimetrale dell'impianto.

Nel computo dei fattori che incidono sull'efficienza di un modulo fotovoltaico le perdite per riflessione rappresentano un fattore determinante e ad oggi la tecnologia fotovoltaica ha individuato soluzioni in grado di minimizzare un tale fenomeno.

Con l'espressione "perdite di riflesso" si intende l'irraggiamento che viene riflesso dalla superficie di un collettore o di un pannello oppure dalla superficie di una cella solare e che quindi non può più contribuire alla produzione di calore e/o di corrente elettrica.

Strutturalmente i componenti di un modulo fotovoltaico dai quali primariamente dipende un tale fenomeno sono:

- Rivestimenti anteriore e posteriore: nel caso dei moduli fotovoltaici che si prevede di utilizzare, l'insieme delle celle solari costituenti il modulo è protetto frontalmente da un doppio strato antiriflettente costituito dal cosiddetto vetro solare, ossia un vetro temprato a basso contenuto di ferro e ad alta trasmittanza, il quale è inoltre ricoperto esternamente da un rivestimento trasparente antiriflesso e idrofilo. Una tale struttura incrementa l'assorbimento non solo delle radiazioni incidenti perpendicolarmente alla superficie (irraggiamento diretto), ma anche di quelle a basso angolo di incidenza (irraggiamento diffuso). Grazie all'idrofilia del rivestimento esterno inoltre le gocce

d'acqua che si depositano in superficie tendono a formare un sottile strato uniforme che evapora velocemente senza interferire sulle proprietà antiriflettenti del rivestimento stesso. Abbattendo in questo modo la quantità di radiazioni luminose riflesse, non solo si incrementa la resa energetica di una quota pari al 3-5%, ma al contempo si mitiga il fenomeno dell'abbagliamento visivo donando alla superficie del modulo un aspetto opaco che non ha nulla a che vedere con quello di comuni superfici fenestrate. Non da ultimo, il vetro solare impiegato presenta a livello microscopico una superficie non liscia bensì frastagliata da innumerevoli incavature. Una tale struttura alveolare frontale associata ad uno specchio metallico fissato sul retro delle celle solari incentiva il processo di canalizzazione delle radiazioni incidenti all'interno delle celle piuttosto che rifletterle, e al contempo permette l'intrappolamento della luce che, una volta penetrata, viene retroriflessa all'interno della cella fintanto che non è assorbita sotto forma di energia elettrica o dissipata in calore.

- Contatti elettrici: nel caso dei moduli fotovoltaici che si prevede di utilizzare, collocando tutti i contatti elettrici sul retro delle celle solari, i moduli acquistano un aspetto totalmente nero mentre nella maggior parte delle celle solari tradizionali i numerosi contatti elettrici di metallo sono collocati sul lato frontale in una struttura digitiforme. Queste "linee di trasmissione" sono infatti necessarie per completare il circuito elettrico e raccogliere l'elettricità solare, ma, ogni volta che sul lato frontale della cella è presente del metallo, la luce solare su questo incidente viene riflessa generando così una perdita per ombreggiatura.

Continuando, è chiaro che il fenomeno dell'abbagliamento è causato dalle sole radiazioni luminose, ossia quelle onde elettromagnetiche percepite dall'occhio umano e facenti parte del cosiddetto "spettro del visibile" che va da circa 400 nm (luce blu) a 700 nm (luce rossa) di lunghezza d'onda.

I moduli impiegati nel progetto in esame sono studiati per catturare una maggiore quantità di energia solare rispetto alle tradizionali celle solari presentando una "risposta spettrale" più ampia la quale concorre al raggiungimento di un'efficienza di conversione totale del 21,3% mentre la restante quota di radiazioni incidenti viene essenzialmente dissipato sotto forma di calore.

Di fatto le celle solari impiegate convertono quindi in elettricità più fotoni nelle lunghezze d'onda estreme dello spettro del visibile.

Nel caso dei moduli fotovoltaici prescelti dotati di doppio strato anteriore (vetro solare + rivestimento antiriflesso), estesi studi hanno rilevato percentuali di riflessione incluse tra il 2.47% al 6.55% rispettivamente nel caso in cui la radiazione incida perpendicolarmente alla superficie (ossia 0° rispetto alla "normale" al piano) o provenga lateralmente (ossia 90° rispetto alla "normale" al piano).

Si evince che l'entità della riflessione della radiazione solare generata dai moduli fotovoltaici adottati è abbondantemente inferiore a quella che si registrerebbe da altre comuni superfici quali: superficie dell'acqua non increspata, plastica, vetro comune, neve, acciaio.

Non da ultimo, è bene sottolineare che le stesse molecole componenti l'aria al pari degli oggetti danno luogo a fenomeni di riflessione, rifrazione e assorbimento delle radiazioni luminose su di esse incidenti, e proprio per tale ragione nel grafico inerente l'efficienza quantistica delle celle solari si specifica che il fattore AM (Air Mass = Massa dell'Aria) di

riferimento è quello terrestre pari a 1.5 corrispondente nella normativa europea e nella pratica impiantistica al valore di massima radiazione solare al suolo pari a 1.000 W/m<sup>2</sup>.

La minoritaria percentuale di luce solare che viene riflessa dalla superficie del modulo fotovoltaico, grazie alla densità ottica dell'aria è quindi destinata nel corto raggio ad essere ridirezionata, ma soprattutto convertita in energia termica.

Ad oggi inoltre numerosi sono in Italia gli aeroporti che si stanno munendo o che hanno già da tempo sperimentato con successo estesi impianti fotovoltaici per soddisfare il loro fabbisogno energetico (es. Bari Palese: Aeroporto Karol Wojtyla; Roma: Aeroporto Leonardo da Vinci; Bolzano: Aeroporto Dolomiti ecc...) e da tali esperienze emerge che, indipendentemente dalle scelte progettuali, è del tutto accettabile l'entità del riflesso generato dalla presenza dei moduli fotovoltaici installati a terra o integrati al di sopra di padiglioni aeroportuali.

In conclusione, in mancanza di una normativa specifica che regoli una tale problematica, nonché alla luce di quanto sin qui esposto e delle positive esperienze di un numero crescente di aeroporti italiani, si può ragionevolmente affermare che il fenomeno dell'abbagliamento visivo dovuto a moduli fotovoltaici nelle ore diurne è da ritenersi pressoché ininfluenza nel computo degli impatti conseguenti un tale intervento non rappresentando una fonte di disturbo per l'abitato e la viabilità prossimali nonché per i velivoli che dovessero sorvolare l'area di progetto.

Per quanto esposto, l'impatto si ritiene trascurabile o non significativo

## Ambiente socioeconomico

La realizzazione e la gestione ed esercizio dell'impianto fotovoltaico in progetto comporterà delle ricadute positive sul contesto occupazionale locale.

Infatti, sia per le operazioni di cantiere che per quelle di manutenzione e gestione delle varie parti di impianto, è previsto di utilizzare in larga parte, compatibilmente con la reperibilità delle professionalità necessarie, risorse locali.

In particolare, per la fase di cantiere si stima di utilizzare, compatibilmente con il quadro economico di progetto, per le varie lavorazioni le seguenti categorie professionali:

- lavori di preparazione del terreno e movimento terra: ruspisti, camionisti, gruisti, topografi, ingegneri/architetti/geometri;
- lavori civili (strade, recinzione, cabine): operai generici, operai specializzati, camionisti, carpentieri, saldatori;
- lavori elettrici (cavidotti, quadri, cablaggi, rete di terra, cabine): elettricisti, operai specializzati, camionisti, ingegneri;
- montaggio supporti pannelli: topografi, ingegneri, operai specializzati, saldatori;
- opere a verde: vivaisti, agronomi, operai generici.

Anche l'approvvigionamento dei materiali ad esclusione delle apparecchiature complesse, quali pannelli, inverter e trasformatori, verrà effettuato per quanto possibile nel bacino commerciale locale dell'area di progetto.

Successivamente, durante il periodo di normale esercizio dell'impianto, verranno utilizzate maestranze per la manutenzione, la gestione/supervisione dell'impianto, nonché ovviamente per la sorveglianza dello stesso.

Alcune di queste figure professionali saranno impiegate in modo continuativo, come ad esempio il personale di gestione/supervisione tecnica e di sorveglianza.

Altre figure verranno impiegate occasionalmente a chiamata al momento del bisogno, ovvero quando si presenta la necessità di manutenzioni ordinarie o straordinarie dell'impianto.

La tipologia di figure professionali richieste in questa fase sono, oltre ai tecnici della supervisione dell'impianto e al personale di sorveglianza, elettricisti, operai edili, artigiani e operai agricoli/giardinieri per la manutenzione del terreno di pertinenza dell'impianto (taglio dell'erba, sistemazione delle aree a verde ecc.).

In aggiunta ai dati riportati nella documentazione progettuale presentata, si riportano di seguito alcune valutazioni e dati circa il beneficio occupazionale a regime dell'impianto una volta realizzato.

Un recente studio realizzato dal dipartimento di ingegneria elettrica dell'Università di Padova, denominato "Il valore dell'energia fotovoltaica in Italia", basandosi su dati e studi effettuati per altri paesi europei (Germania in particolare), ha realizzato un'analisi generale dell'impatto dell'installazione del fotovoltaico sull'occupazione, identificando un indice da associare alla potenza fotovoltaica installata.

Tenendo conto di un tasso di crescita annua dell'installato pari a +15,6% (inferiore a quello di altri Paesi ma ritenuto attendibile per l'Italia) lo studio ha stimato in 35 posti di lavoro per MW installato la ricaduta occupazionale in fase di realizzazione dell'investimento (naturalmente ripartiti su tutta la filiera), ed in 1 posto di lavoro ogni 2 MW installati la ricaduta per l'intera durata della vita degli impianti.

Le valutazioni in merito svolte dalla società proponente si dimostrano più cautelative almeno per quanto riguarda le unità lavorative dell'impianto in esercizio. Nella fase di esercizio dell'impianto fotovoltaico si prevedono a regime almeno 16 occupati a tempo indeterminato di cui 10 destinati alla manutenzione e 6 per la sorveglianza dell'impianto.

Il fotovoltaico è caratterizzato, così come le altre tecnologie che utilizzano fonti rinnovabili, da elevati costi di investimento in rapporto ai ridotti costi di gestione e di manutenzione.

A parità di costo dell'energia prodotta, tale specificità può avere il vantaggio di essere trasformata in occupazione in quanto si viene a sostituire valore aggiunto al combustibile utilizzato negli impianti che usano fonti combustibili convenzionali.

L'occupazione del settore fotovoltaico è associata alle seguenti principali attività:

- costruzione: estrazione del silicio; purificazione; produzione di lingotti e wafer; produzione di celle e moduli;
- installazione: consulenza; installazioni elettriche; cavi e connessioni alla rete; trasformatori; sistemi di controllo remoto; strade; potenziamento reti elettriche;
- gestione/manutenzione.

È evidente che altri riflessi economici e ricadute positive per il territorio si avranno in conseguenza dell'apertura dei cantieri e per le attività collaterali ed indotte dai cospicui investimenti messi in atto dall'iniziativa (approvvigionamento materiali, servizi di ristorazione, ecc.).

A fronte dei dati sopra esposti, la attuale conduzione dei terreni ha impiegato un massimo di 8 persone, in maniera discontinua.

Il bilancio occupazionale, pertanto, escludendo le ovvie positività della fase di realizzazione che daranno occupazione temporanea a decine di persone con vari compiti e qualifiche, risulta del tutto migliorativo e in ogni caso positivo.

## Paesaggio

L'unica forma di impatto significativo derivante dalla realizzazione del progetto è ascrivibile al suo inserimento nel contesto paesaggistico dell'area, alla sua visibilità.

Pertanto, nel seguito sarà trattata la problematica della percezione visiva dell'impianto e le soluzioni progettuali adottate per mitigare tale aspetto.

## Fase di cantiere

Le fasi di realizzazione dell'impianto comporteranno una modificazione graduale e continua del paesaggio locale.

Le aree in lavorazione si allargano a partire dall'istante zero del cantiere (avvio dei lavori), con estensione e velocità variabili in funzione del ritmo di avanzamento dei lavori (alcune attività vanno eseguite in serie, a coprire tutta l'area di impianto; altre attività vanno eseguite per lotti, che possono essere spaziali o funzionali).

In aggiunta, alcune aree, macchinari, attrezzature potranno dovere essere segnalate con materiali o dispositivi ad alta visibilità, per ragioni di sicurezza sui luoghi di lavoro.

L'area dell'impianto è comunque situata in un contesto pressoché isolato, totalmente pianeggiante, non abitato, non attraversato da strade o percorsi a valenza panoramica, lontano da recettori sensibili.

Il disturbo arrecato dal cantiere per gli aspetti paesaggistici è comunque reversibile, temporaneo, e la sua area di influenza è circoscritta.

L'impatto viene considerato pertanto trascurabile o basso.

L'unica mitigazione ragionevolmente applicabile è lo svolgimento dei lavori solo nel periodo diurno.

## Fase di esercizio

La scelta localizzativa del progetto è stata quella di aree che non presentassero interferenze con beni di tutela paesaggistica né con edifici e manufatti di valenza storico-culturale, e che non fossero caratterizzate da habitat di interesse naturalistico.

Inoltre, anche la progettazione stessa è stata finalizzata alla mitigazione dell'impatto visivo avendo privilegiato aree pianeggianti, prive di ricettori paesaggistici, mitigate da schermature perimetrali arboree che fanno sì che l'impianto sia visibile solo nella prossimità del sito di progetto.

La zona in cui si inseriranno i nuovi impianti è già ampiamente caratterizzata dalla presenza di manufatti, impianti, assi viari ed in generale quindi dalla perdita di gran parte della originaria naturalità dei luoghi.

Tale area è stata infatti da lungo tempo interessata da trasformazioni di natura antropica che nel tempo hanno profondamente trasformato il paesaggio il quale, allo stato attuale, si presenta come un ampio distretto interessato da appoderamenti regolari e coltivazioni a terra.

La parte antropica del paesaggio si riconduce alla presenza di isolati casali agricoli, con stalle e depositi annessi, capannoni per l'allevamento, e degli assi principali della viabilità: la SP49 ad ovest, la E25 a est, la rete della viabilità consortile che ricalca lo schema degli appoderamenti.

Gli elementi lineari che caratterizzano le visuali sono costituiti dalla viabilità locale e dalla trama dei filari frangivento che dividono in maglie regolari le piane della bonifica: i poderi sono suddivisi a riquadri e il confine tra l'uno e l'altro è determinato da lunghe file di eucalipti e pioppi messi a difesa delle coltivazioni per ripararle dalla furia del vento di maestrale.

Nonostante la morfologia pianeggiante dell'area vasta, la visibilità in campo aperto risulta limitata dalla densità ottica dell'atmosfera ma soprattutto dai filari frangivento stessi, che fungono da barriere perimetrali ai campi.

Inoltre, i terreni di progetto sono posti (per loro natura di terreni bonificati) a quota inferiore rispetto al territorio naturale.

Questi fattori concorrono in maniera significativa a rendere l'impianto scarsamente visibile dall'area vasta, identificata con un raggio di 5 km dal perimetro dell'impianto stesso.



Al fine di valutare l'intrusione visiva dell'impianto agrivoltaico proposto, è stata realizzata una simulazione di inserimento paesaggistico che ha prodotto varie fotosimulazioni dell'opera nelle visuali più significative presenti nell'area di indagine circostante.

Le fotosimulazioni mostrano, in maniera otticamente conforme alla visione dell'occhio umano, come sarà il paesaggio quando saranno installati tutti i pannelli previsti nel progetto, e sono un valido supporto per la valutazione dell'impatto paesaggistico.

In generale, l'impatto di un'opera sul contesto paesaggistico di un determinato territorio è legato a due ordini di fattori:

- Fattori oggettivi: caratteristiche tipologiche, dimensionali e cromatiche, numerosità delle opere, dislocazione sul territorio;
- Fattori soggettivi: percezione del valore paesaggistico di determinate visuali, prefigurazione e percezione dell'intrusione dell'opera.

La valutazione dell'impatto sul paesaggio è complessa perché, a differenza di altre analisi, include una combinazione di giudizi sia soggettivi che oggettivi.

Pertanto, è importante utilizzare un approccio strutturato, differenziando giudizi che implicano un grado di soggettività da quelli che sono normalmente più oggettivi e quantificabili.

Gli orientamenti attuali nel settore prevedono di valutare il carattere del paesaggio ponendosi le seguenti domande:

- Quali sono i benefici del paesaggio (tranquillità, eredità culturali, senso di individualità e copertura);
- Chi riceve i benefici e a quali scale;
- Quanto è raro il beneficio;
- Come potrebbe essere sostituito il beneficio.

Per rispondere a queste domande vi sono molti metodi.

Negli studi reperibili in letteratura è presente uno spettro di metodi che presenta due estremità: da un lato tecniche basate esclusivamente su valutazioni soggettive di individui o gruppi; dall'altro tecniche che usano attributi fisici del paesaggio come surrogato della percezione personale.

Per il progetto si è optato per un approccio oggettivo alla valutazione, determinando analiticamente e geometricamente l'intrusione visiva del progetto nel panorama locale con la realizzazione di fotosimulazioni.

Questo tipo di approccio garantisce, al di là di ogni eventuale considerazione soggettiva, una quantificazione reale della percezione delle opere in progetto, in termini di superficie di orizzonte visuale occupata dalla sagoma dei pannelli, per un dato punto di osservazione.

Il progetto, per la sua natura di servizio della collettività, va valutato a livello di area vasta, ma ha un impatto visivo a livello locale.

La principale caratteristica dell'impatto paesaggistico di un impianto fotovoltaico (agri o meno) a terra è determinata dall'intrusione visiva dei pannelli nel panorama di un generico osservatore.

In generale, la visibilità delle strutture da terra risulta ridotta, in virtù delle caratteristiche dimensionali degli elementi.

Questi presentano altezze contenute, nel caso specifico circa 3,19 m dal piano campagna nel punto di massima elevazione dei pannelli col tracker inclinato, e sono assemblati su un terreno completamente pianeggiante.

La visibilità è condizionata, nel senso della riduzione, anche dalla densità vegetazionale e abitativa, dalle condizioni meteorologiche dell'area e dalla presenza, nell'intorno dei punti di osservazione, di ostacoli di altezze paragonabili a quelle dell'opera in esame.

Da un'analisi critica di vari studi di settore, emergono due tipologie di metodologie di valutazione dell'impatto paesaggistico che, per estensione da altri campi, è possibile adottare nel caso degli impianti fotovoltaici:

- la prima, di tipo puntuale, è condotta attraverso l'analisi di immagini fotografiche reali o simulazioni visuali;
- la seconda, di tipo estensivo, è condotta attraverso l'individuazione di indici di visibilità dell'impianto su un vasto territorio.

La prima tipologia di analisi prende in considerazione non solo la visibilità dell'impianto ma anche altri aspetti percettivi più difficilmente misurabili, quali ad esempio la forma ed il colore dei manufatti e del paesaggio.

La seconda tipologia di analisi si basa, in primo luogo, su una discretizzazione del territorio potenzialmente ricettore dell'impatto paesaggistico del manufatto, successivamente, nella determinazione di indici di impatto paesaggistico per ogni unità di territorio ed infine, nella pesatura di questi indici in funzione della densità di popolazione di ogni singola porzione di territorio.

Per il progetto in esame, la metodologia adottata è quella a carattere puntuale, come detto in precedenza, condotta attraverso l'utilizzo della fotosimulazione, ma determinando anche un bacino di visibilità dell'impianto.

Per l'individuazione dei potenziali recettori in genere, e dei recettori sensibili in particolare, nonché per quantificare il livello di interferenza con gli elementi paesaggistici dell'intorno, è stata condotta una analisi di intervisibilità dell'impianto in progetto.

L'analisi è stata effettuata sul punto di maggiore elevazione topografica dei lotti di terreno, e l'area di analisi è stata estesa ad un cerchio, a partire dal perimetro dell'impianto, avente un raggio di 5 km.

Il modello digitale del terreno utilizzato è stato ricavato interpolando i dati geografici reperibili sul Geoportale della Regione Sardegna (DTM a 10 m) e desunti dalle elaborazioni in ambiente GIS dell'aggiornamento del DBGT al 2020.

Gli elementi vettoriali considerati del DBGT sono:

- Curve di livello (disponibili come elemento lineare con indicazione di altezza)
- Punti quotati (disponibili come elemento puntuale con indicazione di altezza)
- Discontinuità morfologiche (scarpate, rilevati, trincee, muri)
- Superfici transitabili da veicoli, asfaltate (strade e piazzole)
- Superfici transitabili da veicoli, sterrate (strade, stradelli, piazzali di pertinenza di edifici)
- Volumi edilizi (disponibili come elemento volumetrico con indicazione di altezza)
- Superfici e volumi industriali (disponibili come elemento areale con indicazione di altezza)

Inserendo tali dati, opportunamente georeferenziati e caratterizzati (ove mancante) da coordinata Z rappresentativa dell'altezza, in apposito software GIS è stato possibile elaborare un modello 3D del territorio molto dettagliato, con elevata risoluzione spaziale di 1m.

Il software GIS utilizzato analizza la visibilità diretta (secondo le leggi dell'ottica geometrica) di un determinato punto del territorio (sorgente) da tutti i punti del territorio stesso compresi all'interno di un determinato raggio (rilevatori).

La visibilità del singolo rilevatore è analizzata secondo un modello spaziale che tiene conto, oltre che delle caratteristiche geometriche di sorgente, rilevatore e territorio, anche delle modalità fisiche di trasmissione delle lunghezze d'onda visibili, delle caratteristiche ottiche dell'atmosfera, dell'assorbimento da questa dipendente, nonché della curvatura terrestre.

Come altezza della sorgente è stata scelta la quota massima del pannello in fase di esercizio, pari a circa 3,2 m; come altezza del rilevatore è stata scelta una statura media di 1.75 m.

Naturalmente, una analisi condotta solo sulla base della morfologia fornisce un bacino di visibilità dell'impianto che è solo teorico, e che sovrastima la visibilità perché non tiene conto di tutti quegli elementi comunque presenti sul territorio (edificato, infrastrutture, alberi, modificazioni della morfologia a seguito di movimenti e rimodellazioni del terreno, ecc...) e che riducono in maniera sensibile la visibilità di un oggetto da un determinato punto di osservazione.

Per dare una stima meno approssimata della visibilità reale dell'impianto sono stati appunto inseriti nel modello del terreno, al prezzo di una proporzionalmente crescente onerosità computazionale, gli elementi del DBGT in precedenza elencati.

Ciò nonostante, anche questa dettagliata analisi comunque sovrastima la visibilità reale, per i seguenti motivi:

- Non è stato possibile modellare gli elementi antropici, siano essi areali lineari o puntuali, presenti sul territorio
- Non è stato possibile modellare la vegetazione.

Pertanto, la schermatura operata sulla visibilità dai suddetti elementi non è stata contemplata nelle elaborazioni effettuate.

Sul modello del territorio così costruito è stata dunque condotta l'analisi di visibilità.

Poiché l'analisi di visibilità restituisce come output le aree del territorio dalle quali risultano visibili determinati punti, in via cautelativa è stato scelto il punto di massima elevazione all'interno del lotto stesso.

È stata dunque calcolata la visibilità del punto scelto da tutti i punti del territorio ricadente all'interno dell'area di studio (raggio 5 km), identificata come Area di Impatto Potenziale o AIP.

Le elaborazioni sopra descritte sono riportate in dettaglio nelle figure successive.

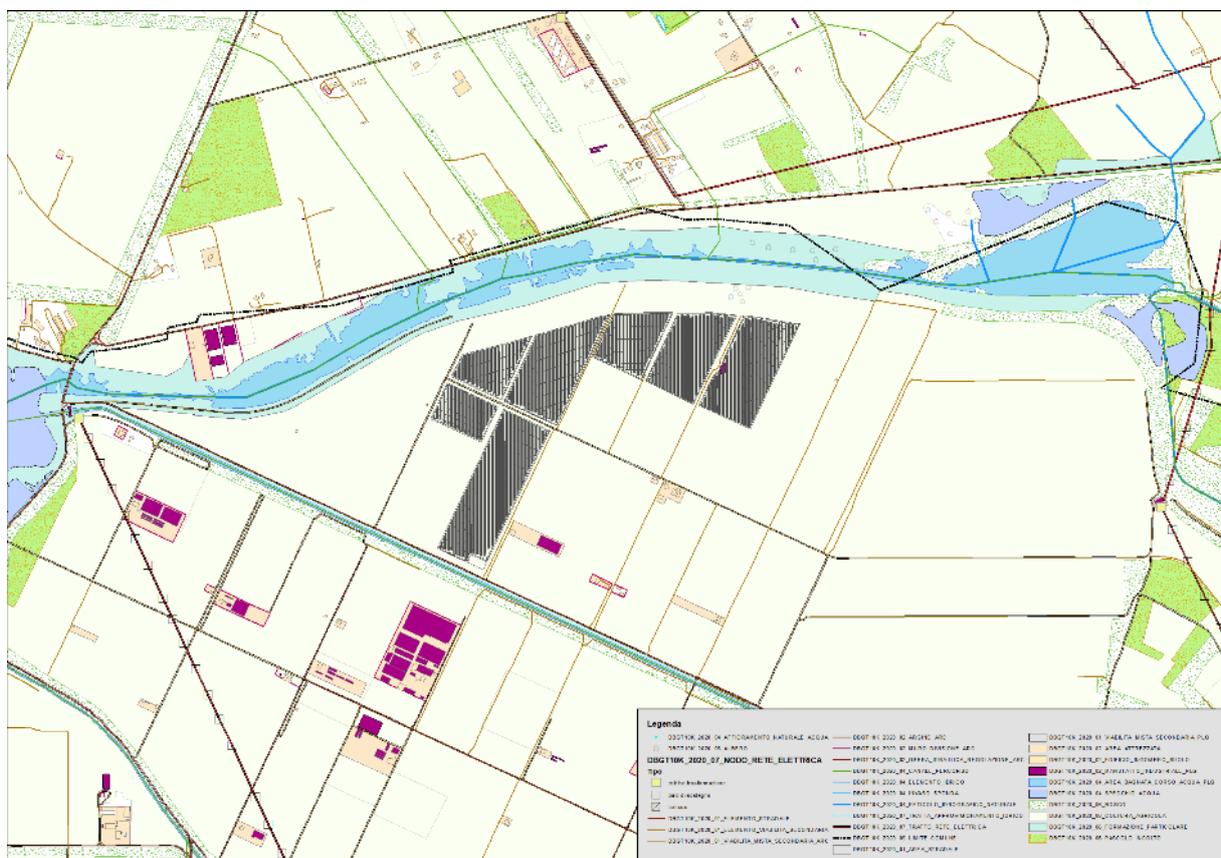
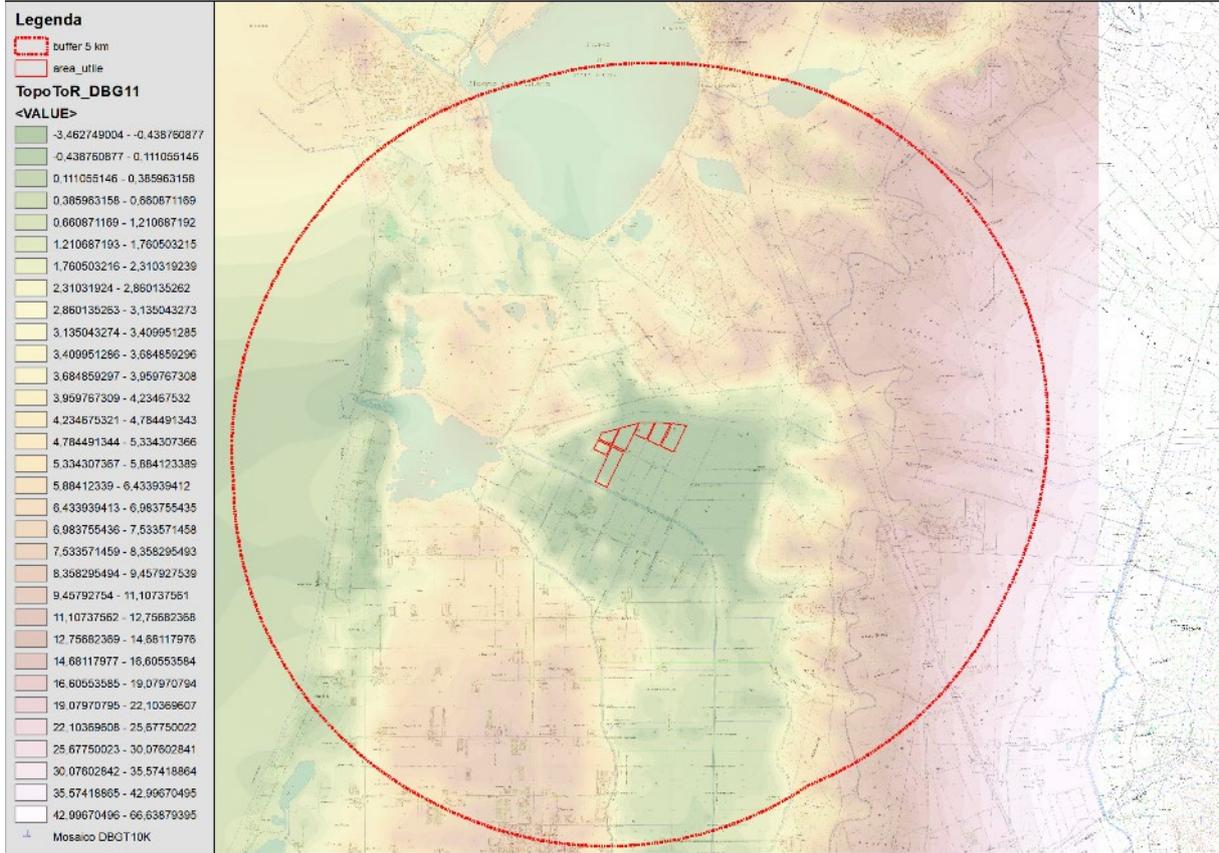


Figura 43 – elementi vettoriali inseriti nel modello 3D



L'elaborazione effettuata mostra che la visibilità risulta confinata, frammentata e attenuata dalla morfologia e dalla presenza degli elementi territoriali sopra descritti.

L'analisi ottenuta mostra come la visibilità dell'impianto sia scarsa o nulla nella parte di territorio della Bonifica, fatta ovviamente eccezione per le aree immediatamente limitrofe ai lotti.

Fuori dal territorio della Bonifica, l'area di visibilità teorica si limita di fatto ad alcuni tratti della viabilità circostante e ad alcune aree agricole poste a quote superiori.

La viabilità principale da cui si ha una visibilità teorica dell'impianto è composta da:

- tratti della SP n. 49 che corre a sud e a ovest dell'impianto. L'area di visibilità teorica interessa un tratto di 850 m situato 1,3 km a sud-ovest dell'impianto, e un tratto di 1200 m situato 1,2 km ad ovest dell'impianto
- tratti della SP n. 52 che corre a sud dell'impianto. L'area di visibilità teorica interessa un tratto di 4500 m situato a 1,8 km dall'impianto
- tratti della E 25 che corre a est dell'impianto. L'area di visibilità teorica interessa un tratto di 5500 m situato a 2,1 km dall'impianto

La viabilità secondaria che ricade nell'area di visibilità teorica è composta dalle strade del consorzio.

Nel corso dei sopralluoghi effettuati la visibilità reale dell'impianto dalla SP 49 è di fatto risultata limitata ad un tratto di circa 100 m ad ovest, corrispondente all'attraversamento su ponte del Riu Siurru. Da tale tratto i terreni sono visibili in lontananza, e non per tutta la loro estensione.

Negli altri tratti la visibilità è risultata ostacolata per via dell'andamento altimetrico della sede stradale, della giacitura e ondulazione dei terreni, della lontananza prospettica, dell'effetto di attenuazione con la distanza operato dall'atmosfera, ma soprattutto per le alberature presenti a bordo strada e all'interno dei terreni.

La trama dei filari frangivento e degli eucalipti, presenti lungo praticamente tutte le strade e i confini degli appezzamenti, le file e le macchie di canneti, oleandri e altri arbusti presenti lungo la viabilità principale costituiscono un efficace barriera visiva per il campo lontano, offrendo ostacoli lineari posti su più file e a diverse distanze.

Per gli stessi motivi, la visibilità dei terreni dalla SP 52 è risultata nulla.

La visibilità dalla E 25 (SS 131 Carlo Felice) è limitata ad alcuni sporadici tratti in cui l'andamento planolatimetrico, l'edificato e la vegetazione lasciano libera la visuale d'orizzonte.

Dai tratti individuati, tutti di breve lunghezza, la posizione dei terreni risulta schiacciata nella prospettiva e questi risultano difficilmente visibili o distinguibili.

L'individuazione dei potenziali recettori sensibili dell'impatto visivo generato dall'impianto è stata effettuata utilizzando come criteri di selezione i seguenti:

- presenza di nuclei urbani
- presenza di abitazioni singole

- presenza di scuole e ospedali
- presenza di percorsi panoramici
- presenza di aree in cui è prevista nuova edificazione
- presenza di viabilità principale e locale
- presenza di luoghi di culto
- presenza di luoghi di frequentazione turistica o religiosa
- presenza di punti panoramici elevati
- presenza di beni del patrimonio culturale
- presenza di beni del patrimonio naturale
- presenza di parchi o aree protette

La reale presenza di elementi appartenenti alle categorie sopra elencate all'interno del bacino di visibilità calcolato come in precedenza è stata valutata a seguito di sopralluoghi nell'area vasta d'indagine.

I pochi elementi rilevati, tra quelli sopra elencati, possono essere riferiti alla categoria della viabilità principale e locale (con limitazioni descritte), sebbene siano compresi anche molti corpi edilizi a uso agricolo o produttivo.

Sono state effettuate due serie di scatti fotografici:

- per documentare lo stato attuale del paesaggio, all'interno del perimetro dell'impianto
- per documentare la visibilità dell'impianto.

Per la prima serie di scatti, a titolo descrittivo, si riportano due scatti effettuati con drone, che raffigurano le caratteristiche paesaggistiche dei tipi di terreno presenti e della struttura agraria del territorio.

Per ulteriori dettagli e per un completo esame degli scatti dall'interno dell'impianto si rimanda alla Documentazione Fotografica allegata al progetto, di cui è parte integrante.

Per la seconda serie, gli scatti sono stati presi in corrispondenza dei potenziali recettori sensibili precedentemente individuati, identificati con i tratti della SP 49 e della E 25 dai quali si ha una visuale aperta in direzione dei terreni di progetto.

Di seguito si riporta l'ubicazione degli scatti, tutti effettuati tralguardando al centro dell'impianto.



Figura 46 –vista dei terreni e panorama di area vasta



Figura 47 –vista dei terreni e panorama di area vasta

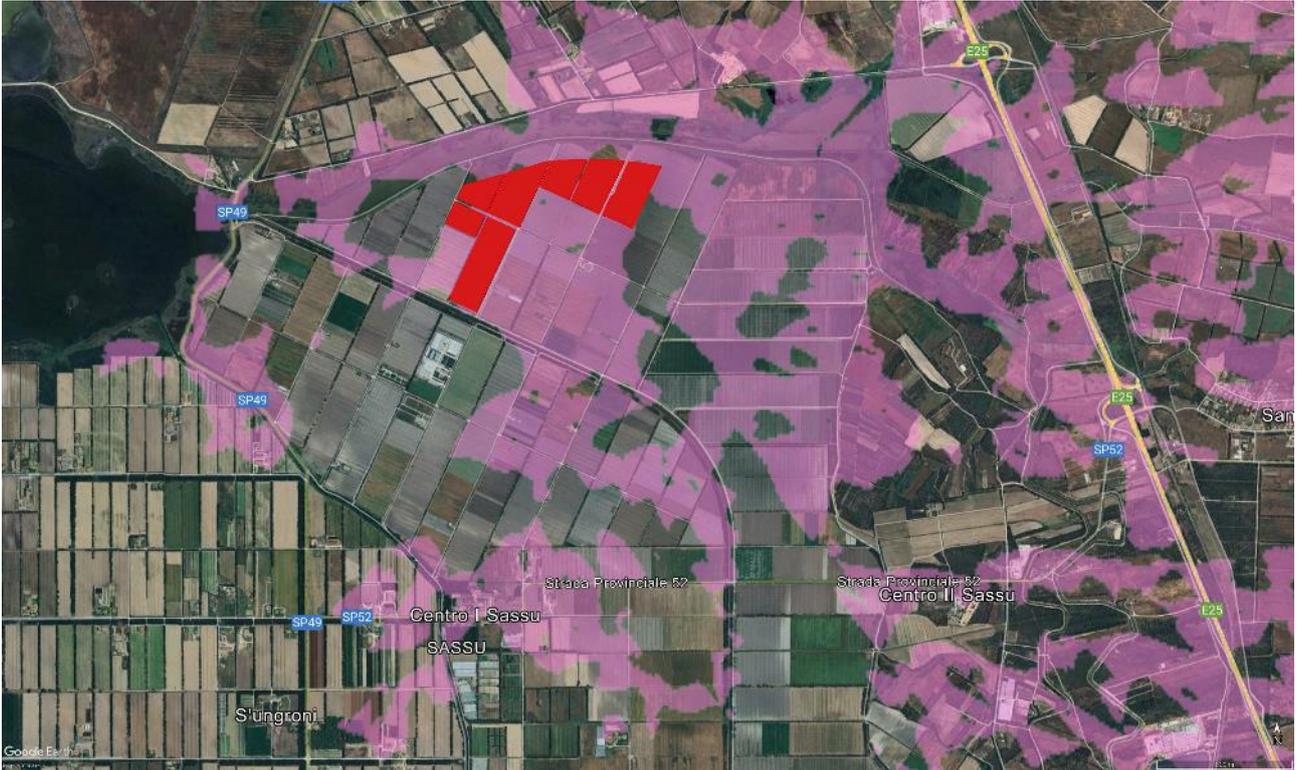


Figura 48 –recettori sensibili considerati



Figura 49 –scatti dai recettori dai punti di visibilità reale



Figura 50 punto di scatto 1 (dalla SP 49, ponte sul Riu Siurru)



Figura 51 punto di scatto 2 (dalla E 25)



Figura 52 punto di scatto 3 (dalla E 25)



Figura 53 punto di scatto 4 (dalla E 25)



Figura 54 punto di scatto 5 (dalla E 25)



Figura 55 punto di scatto 6 (dalla E 25)

A partire dalle foto scattate sono stati elaborati dei rendering, usati per i fotoinserimenti negli scatti ora descritti,

Sono state elaborati inoltre i fotoinserimenti dai punti di scatto utilizzati nella descrizione del paesaggio attuale dell'area di progetto, effettuati da distanza più ravvicinata all'impianto, da terra e con drone (l'ubicazione di questi scatti è riportata nella figura 32, che si ripete di seguito per maggiore chiarezza).



Figura 56 –scatti dai dintorni dell'impianto

Le immagini elaborate sono raccolte nell'elaborato "Fotoinserimenti e Render" allegato al progetto, al quale si rimanda per un esame di dettaglio.

In via esemplificativa, si riporta di seguito un fotoinserimento per ogni serie di scatti eseguiti:

1. dal drone (figure 36, 37 e 38)
2. da terra nei punti limitrofi (figura 32 e 56)
3. da terra nei punti di visibilità teorica (figura 49)

I fotoinserimenti e i rendering sono stati effettuati nei punti di maggiore visibilità, con e senza le mitigazioni perimetrali.

I fotoinserimenti della serie 3 hanno mostrato una visibilità nulla dell'impianto.

Per dare traccia della giacitura delle opere in progetto (resa non visibile dalla morfologia pianeggiante del territorio, dalla distanza e dagli alberi) si è indicata l'estensione dell'impianto con una linea rossa.



Figura 57 –vista aerea della parte ovest dell’impianto



Figura 58 –vista aerea della parte ovest dell’impianto - fotoinserimento con mitigazione



Figura 59 –scatto n. 2 dai dintorni dell'impianto - stato attuale



Figura 60 –scatto n. 2 dai dintorni dell'impianto - fotoinserimento senza mitigazione



Figura 61 –scatto n. 2 dai dintorni dell'impianto - fotoinserimento con mitigazione



Figura 62 –scatto n. 1 dalla SP49 (ponte su Riu Siurru)

In aggiunta a quanto valutato per via analitica, sono state fatte oggetto di valutazione specifiche categorie:

- Significato storico-ambientale;
- Patrimonio storico-culturale;
- Frequentazione del paesaggio.

Per significato storico-ambientale si intende l'espressione del valore dell'interazione dei fattori naturali e antropici nel tempo.

Tale parametro si valuta attraverso l'analisi della struttura del mosaico paesaggistico prendendo in considerazione la sua frammentazione, la qualità delle singole tessere che lo compongono e combinandolo con la morfologia del territorio e le caratteristiche vegetazionali.

Nel caso in esame ci troviamo di fronte ad un paesaggio molto semplificato dove i campi coltivati, le coltivazioni arboree e gli incolti (prato-pascolo) rappresentano la totalità delle aree rurali.

Lo sfruttamento agricolo è caratterizzato dalla presenza di numerosi appezzamenti di colture orticole, oltre ad alcuni insediamenti zootecnici rappresentati da estesi capannoni per l'allevamento e il ricovero degli animali.

Questa semplificazione strutturale è evidenziata dalla carta dell'uso del suolo regionale, dove troviamo campi coltivati ovunque.

Il territorio di Arborea si distingue da quelli circostanti, allo stato degli studi, per la minore densità di notizie archeologiche: fatta eccezione per il santuario nuragico costiero di Orri, oggetto di recenti lavori di scavo, le segnalazioni di monumenti presenti nel territorio sono pressoché assenti.

La frequentazione analizza il livello di riconoscibilità sociale del paesaggio, indipendentemente dal significato storico, ma tenendo presente la percezione attuale del pubblico.

Un paesaggio sarà tanto più osservato e conosciuto quanto più si troverà situato in prossimità di grandi centri urbani, vie di comunicazione importanti e luoghi di interesse turistico.

Nei primi due casi si tratterà di una frequentazione regolare, negli altri casi di una frequentazione irregolare, ma caratterizzata da diverse tipologie di frequentatori, i quali a seconda della loro cultura hanno una diversa percezione di quel paesaggio.

Nel caso in esame, il sito di progetto si trova defilato rispetto ai centri abitati e alle case sparse (frazioni), e non è sui percorsi di interesse turistico presenti nell'area vasta.

L'analisi condotta permette di redigere le seguenti considerazioni:

- la zona nella quale verrà realizzato il parco agrivoltaico è dotata di una struttura paesaggistica fortemente segnata dall'articolazione rurale, che si traduce spesso in una banalizzazione del paesaggio naturale. Le cause sono indubbiamente di natura

antropica ponendo le attività pastorali ed agricole succedutesi nel tempo come primaria fonte di impatto;

- l'area riveste un ruolo di modesto pregio dal punto di vista del patrimonio archeologico vista la presenza dei pochi siti;
- la frequentazione paesaggistica dell'area sottoposta ad indagine appare chiaramente differente a livello di area locale e di area vasta, ed a questo si accompagna una differente percezione visiva del paesaggio. Nel primo caso l'utenza coinvolta è soprattutto quella legata alla diretta utilizzazione e sfruttamento del territorio per diversi fini (agricoltura, pastorizia, allevamento). Nel secondo caso si tratta di una utenza alquanto eterogenea essendo caratterizzata da frequentatori sia regolari (abitanti, lavoratori, ecc) che irregolari (di passaggio verso altre località) e per la quale la percezione visiva nei confronti dell'impianto fotovoltaico potrebbe risultare assai inferiore rispetto ai primi, e di breve durata.

Le mitigazioni al progetto sono pensate per ridurre gli impatti prevalenti, che sono a carico della componente visuale dell'impianto.

L'impatto legato alla percezione visiva su scala locale è percepito in virtù della morfologia dei luoghi, lievemente ondulata e pressoché pianeggiante.

Gli unici punti di visibilità diretta sono sulla viabilità della Bonifica che corre bordo impianto.

La mitigazione dell'impatto visivo verrà attuata mediante interventi volti a ridurre l'impronta percettiva dell'impianto dalle visuali di area locale.

Le mitigazioni previste nel progetto proposto consistono essenzialmente nella schermatura fisica della recinzione perimetrale con uno spazio piantumato con essenze arbustive autoctone, in modo da creare un gradiente vegetale compatibile con la realtà dei luoghi.

Tale fascia piantumata verrà disposta sui tratti del perimetro impianto, che per la maggior parte della sua estensione risulta già allo stato attuale schermata da filari di eucalipto.

La piantumazione consentirà la creazione di un gradiente vegetazionale nei tratti interessati, mediante l'impianto di arbusti, cespugli e essenze vegetali autoctone.

Lo schema d'impianto seguirà uno schema che preveda la compresenza di specie e individui (scelti di preferenza fra quelli già esistenti nell'intorno, e secondo quanto indicato nella letteratura tecnica ufficiale circa la vegetazione potenziale della zona fitoclimatica) di varie età e altezza, a diffusione prevalente sia orizzontale che verticale.

Le specie indicate, scelte anche in base alla loro valenza ecologica per la fauna locale (sosta, rifugio, nidificazione, nutrimento, predazione), sono tamerice, oleandro, calicotome villosa, pistacia.

In questo modo l'osservatore vicino avrà la percezione della presenza dell'impianto fotovoltaico integrato in modo coerente con la tessitura del paesaggio agricolo locale.

Non è stata prevista una piantumazione arborea perimetrale lungo i lati est e ovest dell'impianto, che sono già occupati dai filari frangivento.

Sui lati nord e sud è stata prevista una fascia arborea costituita da un mix di essenze, scelte con lo stesso criterio di compatibilità bioclimatica ed ecologica, che schermano la visuale dalla viabilità di Bonifica che corre bordo impianto.



In aggiunta a quanto valutato per via analitica, sono state fatte oggetto di valutazione specifiche categorie:

- Significato storico-ambientale;
- Patrimonio storico-culturale;
- Frequentazione del paesaggio.

Per significato storico-ambientale si intende l'espressione del valore dell'interazione dei fattori naturali e antropici nel tempo.

Tale parametro si valuta attraverso l'analisi della struttura del mosaico paesaggistico prendendo in considerazione la sua frammentazione, la qualità delle singole tessere che lo compongono e combinandolo con la morfologia del territorio e le caratteristiche vegetazionali.

Nel caso in esame ci troviamo di fronte ad un paesaggio molto semplificato dove i campi coltivati, le coltivazioni arboree e gli incolti (prato-pascolo) rappresentano la totalità delle aree rurali.

Lo sfruttamento agricolo è caratterizzato dalla presenza di numerosi appezzamenti di colture orticole, oltre ad alcuni insediamenti zootecnici rappresentati da estesi capannoni per l'allevamento e il ricovero degli animali.

Questa semplificazione strutturale è evidenziata dalla carta dell'uso del suolo regionale, dove troviamo campi coltivati ovunque.

Il territorio di Arborea si distingue da quelli circostanti, allo stato degli studi, per la minore densità di notizie archeologiche: fatta eccezione per il santuario nuragico costiero di Orri, oggetto di recenti lavori di scavo, le segnalazioni di monumenti presenti nel territorio sono pressoché assenti.

La frequentazione analizza il livello di riconoscibilità sociale del paesaggio, indipendentemente dal significato storico, ma tenendo presente la percezione attuale del pubblico.

Un paesaggio sarà tanto più osservato e conosciuto quanto più si troverà situato in prossimità di grandi centri urbani, vie di comunicazione importanti e luoghi di interesse turistico.

Nei primi due casi si tratterà di una frequentazione regolare, negli altri casi di una frequentazione irregolare, ma caratterizzata da diverse tipologie di frequentatori, i quali a seconda della loro cultura hanno una diversa percezione di quel paesaggio.

Nel caso in esame, il sito di progetto si trova defilato rispetto ai centri abitati e alle case sparse (frazioni), e non è sui percorsi di interesse turistico presenti nell'area vasta.

L'analisi condotta permette di redigere le seguenti considerazioni:

- la zona nella quale verrà realizzato il parco agrivoltaico è dotata di una struttura paesaggistica fortemente segnata dall'articolazione rurale, che si traduce spesso in una banalizzazione del paesaggio naturale. Le cause sono indubbiamente di natura

antropica ponendo le attività pastorali ed agricole succedutesi nel tempo come primaria fonte di impatto;

- l'area riveste un ruolo di modesto pregio dal punto di vista del patrimonio archeologico vista la presenza dei pochi siti;
- la frequentazione paesaggistica dell'area sottoposta ad indagine appare chiaramente differente a livello di area locale e di area vasta, ed a questo si accompagna una differente percezione visiva del paesaggio. Nel primo caso l'utenza coinvolta è soprattutto quella legata alla diretta utilizzazione e sfruttamento del territorio per diversi fini (agricoltura, pastorizia, allevamento). Nel secondo caso si tratta di una utenza alquanto eterogenea essendo caratterizzata da frequentatori sia regolari (abitanti, lavoratori, ecc) che irregolari (di passaggio verso altre località) e per la quale la percezione visiva nei confronti dell'impianto fotovoltaico potrebbe risultare assai inferiore rispetto ai primi, e di breve durata.

Le mitigazioni al progetto sono pensate per ridurre gli impatti prevalenti, che sono a carico della componente visuale dell'impianto.

L'impatto legato alla percezione visiva su scala locale è percepito in virtù della morfologia dei luoghi, lievemente ondulata e pressoché pianeggiante.

Gli unici punti di visibilità diretta sono sulla viabilità della Bonifica che corre bordo impianto.

La mitigazione dell'impatto visivo verrà attuata mediante interventi volti a ridurre l'impronta percettiva dell'impianto dalle visuali di area locale.

Le mitigazioni previste nel progetto proposto consistono essenzialmente nella schermatura fisica della recinzione perimetrale con uno spazio piantumato con essenze arbustive autoctone, in modo da creare un gradiente vegetale compatibile con la realtà dei luoghi.

Tale fascia piantumata verrà disposta sui tratti del perimetro impianto, che per la maggior parte della sua estensione risulta già allo stato attuale schermata da filari di eucalipto.

La piantumazione consentirà la creazione di un gradiente vegetazionale nei tratti interessati, mediante l'impianto di arbusti, cespugli e essenze vegetali autoctone.

Lo schema d'impianto seguirà uno schema che preveda la compresenza di specie e individui (scelti di preferenza fra quelli già esistenti nell'intorno, e secondo quanto indicato nella letteratura tecnica ufficiale circa la vegetazione potenziale della zona fitoclimatica) di varie età e altezza, a diffusione prevalente sia orizzontale che verticale.

Le specie indicate, scelte anche in base alla loro valenza ecologica per la fauna locale (sosta, rifugio, nidificazione, nutrimento, predazione), sono tamerice, oleandro, calicotome villosa, pistacia.

In questo modo l'osservatore vicino avrà la percezione della presenza dell'impianto fotovoltaico integrato in modo coerente con la tessitura del paesaggio agricolo locale.

Non è stata prevista una piantumazione arborea perimetrale lungo i lati est e ovest dell'impianto, che sono già occupati dai filari frangivento.

Sui lati nord e sud è stata prevista una fascia arborea costituita da un mix di essenze, scelte con lo stesso criterio di compatibilità bioclimatica ed ecologica, che schermano la visuale dalla viabilità di Bonifica che corre bordo impianto.

Le modalità di esecuzione del cavidotto, in tracciato interrato, e le modalità previste per l'attraversamento in subalveo o in affiancamento stradale, garantiscono in ogni caso il rispetto delle norme e delle tutele imposte per tale tipo di vincolo, non introducendo alterazioni di sorta sull'assetto morfologico, vegetazionale e idraulico dei terreni, che sono ripristinati allo stato naturale dopo l'esecuzione dei lavori previsti.

Le aree archeologiche risultano esterne e distanti dalle installazioni di progetto e non toccate da esse.

Il potenziale archeologico del terreno di progetto del campo agrovoltivo è stato valutato come medio nella Relazione Archeologica allegata al progetto:

il sito si trova in uno spazio già occupato da una zona umida, risultato di una grossa opera di bonifica che, insieme al successivo intenso sfruttamento agricolo, ha certamente modificato i luoghi e probabilmente cancellato o coperto stratigrafie o segni archeologici di una frequentazione che è stata, tutt'attorno, probabilmente intensa (Acciou Piscus, Idrovora Sassu, Benazzedda, S'Ungroni, in territorio di Arborea) senza aver lasciato tracce stabili.

il potenziale archeologico del tracciato del cavidotto di connessione è stato valutato medio, in quanto, per quanto incidano su sedimi ipoteticamente ad alto rischio, lo scavo per gli stessi sarà confinato alla sede stradale.

Si evidenzia ad ogni buon conto che i lavori di costruzione dell'impianto saranno eseguiti sotto la direzione e la sorveglianza di un Archeologo competente.

## Cumulo di progetti

Con la D.G.R. n. 45/24 del 2017, progetti elencati nell'allegato B1, in applicazione dei criteri e delle soglie definiti dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare 30 Marzo 2015 pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n° 84 dell' 11 aprile 2015, la Regione Sardegna ha fornito gli indirizzi per la valutazione degli impatti cumulativi degli impianti a fonti rinnovabili (FER) nelle procedure di valutazione di impatto ambientale.

Per "impatti cumulativi" si intendono quegli impatti (positivi o negativi, diretti o indiretti, a lungo e a breve termine) derivanti da una pluralità di attività all'interno di un'area o regione, ciascuno dei quali potrebbe non risultare significativo se considerato nella singolarità.

La D.G.R. n. 45/24 del 2017 "Indirizzi applicativi per la valutazione degli impatti cumulativi di impianti di produzione di energia da fonti rinnovabili nella Valutazione di Impatto Ambientale - Regolamentazione degli aspetti tecnici e di dettaglio" individua gli ambiti tematici che devono essere valutati e consideranti al fine di individuare gli impatti cumulativi che insistono su un dato territorio:

Tema I: impatto visivo cumulativo;

Tema II: impatto su patrimonio culturale e identitario;

Tema III: tutela della biodiversità e degli ecosistemi;

Tema IV: impatto acustico cumulativo

Tema V: impatti cumulativi su suolo e sottosuolo (sottotemi: I consumo di suolo; II contesto agricolo e colture di pregio; III rischio idrogeologico).

È stata analizzata la presenza di altre opere all'interno dello stesso ambito territoriale. Dall'analisi eseguita si è rilevato che nel raggio di 5 km dall'impianto sono presenti due impianti, nel limitrofo Comune di Palmas Arborea.

Uno è un fotovoltaico, per il quale risulta rilasciato il Decreto di VIA N° 0000317.07. del 07/11/2022, tutt'ora in fase di procedimento di Autorizzazione unica presso La Regione Sardegna; l'altro è un agrivoltaico in pendenza dell'espressione del CDM per la VIA.

I due impianti sono confinanti, e solo una porzione dell'impianto fotovoltaico ricade nel margine esterno dell'area indagata. Pertanto, non sono prevedibili impatti cumulativi.

## Rischio di incidenti

Le lavorazioni necessarie per l'installazione dell'impianto fotovoltaico e delle opere connesse ricadono nella normale pratica dell'ingegneria civile, con l'eccezione dei lavori relativi alla parte elettrica del progetto, che attengono all'ingegneria impiantistica.

In entrambe i casi non comportano rischi particolari che possano dare luogo ad incidenti, né l'utilizzo di materiali tossici, esplosivi o infiammabili.

La fase di cantiere sarà gestita in accordo con le norme vigenti in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro e sarà organizzata secondo un Piano Operativo di Sicurezza e un Piano di Sicurezza e Coordinamento.

La fase di esercizio dell'impianto fotovoltaico non comporta rischio di incidenti per i seguenti motivi:

- assenza di materiali infiammabili;
- assenza di gas o sostanze volatili tossiche;
- assenza di gas o sostanze volatili infiammabili;
- assenza di gas, composti e sostanze volatili esplosivi;
- assenza di materiali lisciviabili;
- assenza di stoccaggi liquidi.

Inoltre, dalla casistica incidentale di impianti già in esercizio, si riscontra una percentuale pressoché nulla di eventi, con le poche eccezioni di incendi in magazzini di stoccaggio di materiali elettrici (pannelli, cablaggi ecc...).

Le tipologie di guasto di un impianto a pannelli fissi sono sostanzialmente di due tipi: meccanico ed elettrico.

I guasti di tipo meccanico comprendono la rottura del pannello o di parti del supporto, e non provocano rilascio di sostanze estranee nell'ambiente essendo solidi pressoché inerti.

I guasti di tipo elettrico comprendono una serie di possibilità che portano in generale alla rottura del mezzo dielettrico (condensatori bruciati, cavi fusi, quadri danneggiati...) per sovratensioni, cortocircuiti e scariche elettrostatiche in genere.

L'impianto non risulta vulnerabile di per sé a calamità o eventi naturali eccezionali, e la sua distanza da centri abitati elimina ogni potenziale interazione.

La tipologia delle strutture e della tecnologia adottata eliminano la vulnerabilità dell'impianto a eventi sismici (non sono previste edificazioni o presenza di strutture che possono causare crolli), inondazioni (la struttura elettrica dell'impianto è dotata di sistemi di protezione e disconnessione ridondanti), trombe d'aria (le strutture sono certificate per resistere a venti di notevole intensità senza perdere la propria integrità strutturale), incendi (non sono presenti composti o sostanze infiammabili).

## Rischio elettrico

Sebbene l'area di impatto per eventuali guasti rimanga ampiamente confinata entro l'area di impianto, l'esperienza insegna che i guasti elettrici nell'ambito di un generatore fotovoltaico, al di là del dato accidentale, non producono situazioni di pericolo per la vita umana.

Ciò nonostante, in materia di rischio elettrico, l'impianto elettrico costituente l'impianto fotovoltaico, in tutte le sue parti costitutive, sarà costruito, installato e mantenuto in modo da prevenire i pericoli derivanti da contatti accidentali con gli elementi sotto tensione ed i rischi di incendio e di scoppio derivanti da eventuali anomalie che si verifichino nel loro esercizio.

Tutti i materiali elettrici impiegati che lo richiedano saranno accompagnati da apposita dichiarazione del produttore (o del suo rappresentante stabilito nella Comunità) riportante le norme armonizzate di riferimento e saranno muniti di marcatura CE attestante la conformità del prodotto a tutte le disposizioni comunitarie a cui è disciplinata la sua immissione sul mercato in quanto, ai sensi dell'articolo 2 della direttiva 2006/95/CE, "Gli Stati membri adottano ogni misura opportuna affinché il materiale elettrico possa essere immesso sul mercato solo se, costruito conformemente alla regola dell'arte in materia di sicurezza valida all'interno della Comunità, non compromette, in caso di installazione e di manutenzione non difettose e di utilizzazione conforme alla sua destinazione, la sicurezza delle persone, degli animali domestici o dei beni".

In particolare, gli elettrodotti interni all'impianto saranno posati in cavo secondo modalità valide per rete di distribuzione urbana ed inoltre sia il generatore fotovoltaico che le cabine elettriche annesse saranno progettati ed installati secondo criteri e norme standard di sicurezza a partire dalla realizzazione delle reti di messa a terra delle strutture e componenti metallici.

Anche in considerazione del fatto che i moduli fotovoltaici sono in alto grado insensibili a sovratensioni e alle alte temperature, per rendere comunque pressoché nulle le eventualità di contatti accidentali, scoppi e incendi, a titolo indicativo e non esaustivo si sottolinea in particolare che:

- come forma di protezione contro il contatto accidentale i conduttori presenteranno, tanto fra di loro quanto verso terra, un isolamento adeguato alla tensione dell'impianto;

- le linee di cablaggio dei pannelli così come i cavidotti interni ed esterni all'area di progetto saranno interrati e provvisti di conduttori in rame e/o alluminio rivestiti da "materiale non propagante l'incendio";
- tutte le parti metalliche dell'impianto in tensione saranno collegate ad una rete di messa a terra come protezione da eventuali scariche atmosferiche ed elettrostatiche;
- l'impianto è dotato di una serie di dispositivi (diodi di blocco, interruttori, sezionatori ecc...) che, partendo dal singolo modulo fino al cavidotto di connessione alla RTN, mettono in sicurezza le singole parti di impianto localizzando l'eventuale danno;
- l'impianto è dotato di sistemi di segnalazione di guasti e anomalie elettriche. In particolare, gli inverter sono muniti di un dispositivo di rilevazione degli sbalzi di tensione che ne provoca l'immediato spegnimento e l'emissione di una segnalazione di allarme;
- le cabine impiegate saranno prefabbricate e dotate di marcatura CE e relativo Certificato di Conformità. In dette cabine sono alloggiati sia i trasformatori che gli inverter centralizzati e sono costituite da calcestruzzo armato con un grado di resistenza al fuoco non inferiore a R30;
- le cabine elettriche saranno dotate di due accessi, griglie di aerazione, nonché di mezzi di illuminazione di sicurezza, sensori di fumo e mezzi di allarme in caso di incendio;
- le cabine elettriche, non essendo presidiate, saranno tenute chiuse a chiave e riporteranno su apposita targa l'avviso di pericolo e il divieto di ingresso per persone non autorizzate;
- all'interno delle cabine non saranno depositati materiali, indumenti ed attrezzi che non siano strettamente attinenti al loro esercizio. In particolare non vi saranno depositati oggetti, materiali e macchine che possano aggravare il carico di incendio;
- trattandosi di ambienti nei quali la causa di incendio è essenzialmente di origine elettrica, le cabine elettriche saranno dotate di estintori ad anidride carbonica quali mezzi antincendio di primo impiego.

Per maggiori dettagli in merito alle installazioni costituenti l'impianto fotovoltaico in esame nonché alla sua configurazione elettrica si rimanda alla documentazione progettuale allegata al presente studio.

## Rischio di incendio

Per la sua tipica strutturazione un generatore fotovoltaico industriale è realizzato a terra su spazi aperti di rilevante estensione a destinazione di norma agricola e nella localizzazione delle installazioni che ne fanno parte occorre rispettare distanze minime da una serie di elementi sensibili individuati dal vigente quadro normativo tra cui: centri abitati e fabbricati isolati, rete viaria e ferroviaria, beni culturali e paesaggistici, nonché aree soggette a vincoli di carattere ambientale, aree a valenza naturalistica ecc...

Un campo fotovoltaico è pertanto configurabile come un impianto industriale pressoché isolato e accessibile al solo personale addetto sebbene non ne richieda la presenza stabile

al suo interno durante la fase di esercizio se non per le poche ore destinate ad interventi di monitoraggio, nonché di manutenzione ordinaria (lavaggio dei pannelli e sfalcio del manto erboso) e straordinaria (rottture meccaniche e/o elettriche).

Ad integrazione di quanto esposto precedentemente, occorre evidenziare che in tema di sicurezza anticendio, nell'ambito del vigente quadro normativo nazionale di fatto gli impianti fotovoltaici non configurano, di per sé stessi, attività soggette né al parere di conformità in fase progettuale né tantomeno al controllo in fase di esercizio ai fini del rilascio del Certificato di Prevenzione Incendi CPI) da parte del competente comando provinciale dei Vigili del Fuoco (V.V.F.).

Il solo disposto di legge ad oggi in vigore che contenga indicazioni specifiche per questo genere di installazioni è la Lettera Circolare del 26/05/2010 (Prot. 5158) emanata dal "Dipartimento dei Vigili del Fuoco, del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile" del Ministero dell'Interno. Detta circolare include in allegato la "Guida per l'installazione degli impianti fotovoltaici" la quale trova applicazione per i soli impianti fotovoltaici con tensione di corrente continua non superiore a 1500V.

Per quanto riguarda gli impianti fotovoltaici non integrati, non essendo questi presenti in attività soggette al parere preventivo e al controllo periodico dei VVF, la summenzionata Circolare Ministeriale non fornisce alcun particolare requisito tecnico bensì prevede il solo rispetto di quanto stabilito dalla Legge n.186 del 01/03/1968 (Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici).

Tutti i materiali elettrici che saranno impiegati nella realizzazione del generatore fotovoltaico in oggetto e che rientrano nel campo di applicazione della Direttiva Comunitaria Bassa Tensione 2006/95/CE, sono da ritenersi a norma riportando la marcatura CE.

Con specifico riferimento al tema della sicurezza dei materiali elettrici da adoperarsi entro taluni limiti di tensione, la marcatura CE ne consente la commercializzazione, vendita e installazione testimoniando la loro costruzione conformemente alla regola dell'arte in materia di sicurezza valida all'interno della Comunità, e la non compromissione, in caso di installazione e di manutenzione non difettose e di utilizzazione conforme alla loro destinazione, della sicurezza delle persone, degli animali domestici e dei beni.

Concludendo, sulla base di quanto sopra, il progetto in corso di autorizzazione è da ritenersi conforme alle prescrizioni della Lettera Circolare del 26/05/2010 (Prot. 5158) emanata dal "Dipartimento dei Vigili del Fuoco, del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile" del Ministero dell'Interno in tema di sicurezza anticendio degli impianti fotovoltaici.

Ciò nonostante, all'interno della centrale fotovoltaica saranno comunque adottate le normali procedure previste dalla vigente normativa in tema di sicurezza anticendio nei luoghi di lavoro, tra cui in particolare: D.Lgs. 81/08 s.m.i. - D.lgs 626/94 s.m.i. - Circolare Ministeriale 29.08.1995 - Decreto Ministeriale Interno 10 Marzo 1998 - DPR 547/55 - DPR 302/56.

## Cumulo di progetti

Con la D.G.R. n. 45/24 del 2017, progetti elencati nell'allegato B1, in applicazione dei criteri e delle soglie definiti dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare 30

Marzo 2015 pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n° 84 dell' 11 aprile 2015, la Regione Sardegna ha fornito gli indirizzi per la valutazione degli impatti cumulativi degli impianti a fonti rinnovabili (FER) nelle procedure di valutazione di impatto ambientale.

Per “impatti cumulativi” si intendono quegli impatti (positivi o negativi, diretti o indiretti, a lungo e a breve termine) derivanti da una pluralità di attività all'interno di un'area o regione, ciascuno dei quali potrebbe non risultare significativo se considerato nella singolarità.

La D.G.R. n. 45/24 del 2017 “Indirizzi applicativi per la valutazione degli impatti cumulativi di impianti di produzione di energia da fonti rinnovabili nella Valutazione di Impatto Ambientale - Regolamentazione degli aspetti tecnici e di dettaglio” individua gli ambiti tematici che devono essere valutati e consideranti al fine di individuare gli impatti cumulativi che insistono su un dato territorio:

Tema I: impatto visivo cumulativo;

Tema II: impatto su patrimonio culturale e identitario;

Tema III: tutela della biodiversità e degli ecosistemi;

Tema IV: impatto acustico cumulativo

Tema V: impatti cumulativi su suolo e sottosuolo (sottotemi: I consumo di suolo; Il contesto agricolo e colture di pregio; III rischio idrogeologico).

È stata analizzata la presenza di altre opere all'interno dello stesso ambito territoriale. Dall'analisi eseguita si è rilevato che nel raggio di 5 km dall'impianto sono presenti due impianti, nel limitrofo Comune di Palmas Arborea.

Uno è un fotovoltaico, per il quale risulta rilasciato il Decreto di VIA N° 0000317.07. del 07/11/2022, tutt'ora in fase di procedimento di Autorizzazione unica presso La Regione Sardegna; l'altro è un agrivoltaico in pendenza dell'espressione del CDM per la VIA.

I due impianti sono confinanti, e solo una porzione dell'impianto fotovoltaico ricade nel margine esterno dell'area indagata. Pertanto, non sono prevedibili impatti cumulativi.

## Rischio di incidenti

Le lavorazioni necessarie per l'installazione dell'impianto fotovoltaico e delle opere connesse ricadono nella normale pratica dell'ingegneria civile, con l'eccezione dei lavori relativi alla parte elettrica del progetto, che attengono all'ingegneria impiantistica.

In entrambe i casi non comportano rischi particolari che possano dare luogo ad incidenti, né l'utilizzo di materiali tossici, esplosivi o infiammabili.

La fase di cantiere sarà gestita in accordo con le norme vigenti in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro e sarà organizzata secondo un Piano Operativo di Sicurezza e un Piano di Sicurezza e Coordinamento.

La fase di esercizio dell'impianto fotovoltaico non comporta rischio di incidenti per i seguenti motivi:

- assenza di materiali infiammabili;

- assenza di gas o sostanze volatili tossiche;
- assenza di gas o sostanze volatili infiammabili;
- assenza di gas, composti e sostanze volatili esplosivi;
- assenza di materiali lisciviabili;
- assenza di stoccaggi liquidi.

Inoltre, dalla casistica incidentale di impianti già in esercizio, si riscontra una percentuale pressoché nulla di eventi, con le poche eccezioni di incendi in magazzini di stoccaggio di materiali elettrici (pannelli, cablaggi ecc...).

Le tipologie di guasto di un impianto a pannelli fissi sono sostanzialmente di due tipi: meccanico ed elettrico.

I guasti di tipo meccanico comprendono la rottura del pannello o di parti del supporto, e non provocano rilascio di sostanze estranee nell'ambiente essendo solidi pressoché inerti.

I guasti di tipo elettrico comprendono una serie di possibilità che portano in generale alla rottura del mezzo dielettrico (condensatori bruciati, cavi fusi, quadri danneggiati...) per sovratensioni, cortocircuiti e scariche elettrostatiche in genere.

L'impianto non risulta vulnerabile di per sé a calamità o eventi naturali eccezionali, e la sua distanza da centri abitati elimina ogni potenziale interazione.

La tipologia delle strutture e della tecnologia adottata eliminano la vulnerabilità dell'impianto a eventi sismici (non sono previste edificazioni o presenza di strutture che possono causare crolli), inondazioni (la struttura elettrica dell'impianto è dotata di sistemi di protezione e disconnessione ridondanti), trombe d'aria (le strutture sono certificate per resistere a venti di notevole intensità senza perdere la propria integrità strutturale), incendi (non sono presenti composti o sostanze infiammabili).

## Rischio elettrico

Sebbene l'area di impatto per eventuali guasti rimanga ampiamente confinata entro l'area di impianto, l'esperienza insegna che i guasti elettrici nell'ambito di un generatore fotovoltaico, al di là del dato accidentale, non producono situazioni di pericolo per la vita umana.

Ciò nonostante, in materia di rischio elettrico, l'impianto elettrico costituente l'impianto fotovoltaico, in tutte le sue parti costitutive, sarà costruito, installato e mantenuto in modo da prevenire i pericoli derivanti da contatti accidentali con gli elementi sotto tensione ed i rischi di incendio e di scoppio derivanti da eventuali anomalie che si verifichino nel loro esercizio.

Tutti i materiali elettrici impiegati che lo richiedano saranno accompagnati da apposita dichiarazione del produttore (o del suo rappresentante stabilito nella Comunità) riportante le norme armonizzate di riferimento e saranno muniti di marcatura CE attestante la conformità del prodotto a tutte le disposizioni comunitarie a cui è disciplinata la sua immissione sul mercato in quanto, ai sensi dell'articolo 2 della direttiva 2006/95/CE, "Gli Stati membri adottano ogni misura opportuna affinché il materiale elettrico possa essere immesso sul mercato solo se, costruito conformemente alla regola dell'arte in materia di sicurezza valida

all'interno della Comunità, non compromette, in caso di installazione e di manutenzione non difettose e di utilizzazione conforme alla sua destinazione, la sicurezza delle persone, degli animali domestici o dei beni".

In particolare, gli elettrodotti interni all'impianto saranno posati in cavo secondo modalità valide per rete di distribuzione urbana ed inoltre sia il generatore fotovoltaico che le cabine elettriche annesse saranno progettati ed installati secondo criteri e norme standard di sicurezza a partire dalla realizzazione delle reti di messa a terra delle strutture e componenti metallici.

Anche in considerazione del fatto che i moduli fotovoltaici sono in alto grado insensibili a sovratensioni e alle alte temperature, per rendere comunque pressoché nulle le eventualità di contatti accidentali, scoppi e incendi, a titolo indicativo e non esaustivo si sottolinea in particolare che:

- come forma di protezione contro il contatto accidentale i conduttori presenteranno, tanto fra di loro quanto verso terra, un isolamento adeguato alla tensione dell'impianto;
- le linee di cablaggio dei pannelli così come i condotti interni ed esterni all'area di progetto saranno interrati e provvisti di conduttori in rame e/o alluminio rivestiti da "materiale non propagante l'incendio";
- tutte le parti metalliche dell'impianto in tensione saranno collegate ad una rete di messa a terra come protezione da eventuali scariche atmosferiche ed elettrostatiche;
- l'impianto è dotato di una serie di dispositivi (diodi di blocco, interruttori, sezionatori ecc...) che, partendo dal singolo modulo fino al condotto di connessione alla RTN, mettono in sicurezza le singole parti di impianto localizzando l'eventuale danno;
- l'impianto è dotato di sistemi di segnalazione di guasti e anomalie elettriche. In particolare, gli inverter sono muniti di un dispositivo di rilevazione degli sbalzi di tensione che ne provoca l'immediato spegnimento e l'emissione di una segnalazione di allarme;
- le cabine impiegate saranno prefabbricate e dotate di marcatura CE e relativo Certificato di Conformità. In dette cabine sono alloggiati sia i trasformatori che gli inverter centralizzati e sono costituite da calcestruzzo armato con un grado di resistenza al fuoco non inferiore a R30;
- le cabine elettriche saranno dotate di due accessi, griglie di aerazione, nonché di mezzi di illuminazione di sicurezza, sensori di fumo e mezzi di allarme in caso di incendio;
- le cabine elettriche, non essendo presidiate, saranno tenute chiuse a chiave e riporteranno su apposita targa l'avviso di pericolo e il divieto di ingresso per persone non autorizzate;
- all'interno delle cabine non saranno depositati materiali, indumenti ed attrezzi che non siano strettamente attinenti al loro esercizio. In particolare non vi saranno depositati oggetti, materiali e macchine che possano aggravare il carico di incendio;
- trattandosi di ambienti nei quali la causa di incendio è essenzialmente di origine elettrica, le cabine elettriche saranno dotate di estintori ad anidride carbonica quali mezzi antincendio di primo impiego.

Per maggiori dettagli in merito alle installazioni costituenti l'impianto fotovoltaico in esame nonché alla sua configurazione elettrica si rimanda alla documentazione progettuale allegata al presente studio.

## Rischio di incendio

Per la sua tipica strutturazione un generatore fotovoltaico industriale è realizzato a terra su spazi aperti di rilevante estensione a destinazione di norma agricola e nella localizzazione delle installazioni che ne fanno parte occorre rispettare distanze minime da una serie di elementi sensibili individuati dal vigente quadro normativo tra cui: centri abitati e fabbricati isolati, rete viaria e ferroviaria, beni culturali e paesaggistici, nonché aree soggette a vincoli di carattere ambientale, aree a valenza naturalistica ecc...

Un campo fotovoltaico è pertanto configurabile come un impianto industriale pressoché isolato e accessibile al solo personale addetto sebbene non ne richieda la presenza stabile al suo interno durante la fase di esercizio se non per le poche ore destinate ad interventi di monitoraggio, nonché di manutenzione ordinaria (lavaggio dei pannelli e sfalcio del manto erboso) e straordinaria (rotture meccaniche e/o elettriche).

Ad integrazione di quanto esposto precedentemente, occorre evidenziare che in tema di sicurezza anticendio, nell'ambito del vigente quadro normativo nazionale di fatto gli impianti fotovoltaici non configurano, di per sé stessi, attività soggette né al parere di conformità in fase progettuale né tantomeno al controllo in fase di esercizio ai fini del rilascio del Certificato di Prevenzione Incendi CPI) da parte del competente comando provinciale dei Vigili del Fuoco (V.V.F.).

Il solo disposto di legge ad oggi in vigore che contenga indicazioni specifiche per questo genere di installazioni è la Lettera Circolare del 26/05/2010 (Prot. 5158) emanata dal "Dipartimento dei Vigili del Fuoco, del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile" del Ministero dell'Interno. Detta circolare include in allegato la "Guida per l'installazione degli impianti fotovoltaici" la quale trova applicazione per i soli impianti fotovoltaici con tensione di corrente continua non superiore a 1500V.

Per quanto riguarda gli impianti fotovoltaici non integrati, non essendo questi presenti in attività soggette al parere preventivo e al controllo periodico dei VVF, la summenzionata Circolare Ministeriale non fornisce alcun particolare requisito tecnico bensì prevede il solo rispetto di quanto stabilito dalla Legge n.186 del 01/03/1968 (Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici).

Tutti i materiali elettrici che saranno impiegati nella realizzazione del generatore fotovoltaico in oggetto e che rientrano nel campo di applicazione della Direttiva Comunitaria Bassa Tensione 2006/95/CE, sono da ritenersi a norma riportando la marcatura CE.

Con specifico riferimento al tema della sicurezza dei materiali elettrici da adoperarsi entro taluni limiti di tensione, la marcatura CE ne consente la commercializzazione, vendita e installazione testimoniando la loro costruzione conformemente alla regola dell'arte in materia di sicurezza valida all'interno della Comunità, e la non compromissione, in caso di installazione e di manutenzione non difettose e di utilizzazione conforme alla loro destinazione, della sicurezza delle persone, degli animali domestici e dei beni.

Concludendo, sulla base di quanto sopra, il progetto in corso di autorizzazione è da ritenersi conforme alle prescrizioni della Lettera Circolare del 26/05/2010 (Prot. 5158) emanata dal "Dipartimento dei Vigili del Fuoco, del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile" del Ministero dell'Interno in tema di sicurezza antincendio degli impianti fotovoltaici.

Ciò nonostante, all'interno della centrale fotovoltaica saranno comunque adottate le normali procedure previste dalla vigente normativa in tema di sicurezza antincendio nei luoghi di lavoro, tra cui in particolare: D.Lgs. 81/08 s.m.i. - D.lgs 626/94 s.m.i. - Circolare Ministeriale 29.08.1995 - Decreto Ministeriale Interno 10 Marzo 1998 - DPR 547/55 - DPR 302/56.

## Conclusioni

Per quanto esposto e analizzato nel presente Studio di Impatto Ambientale, valutate le caratteristiche del progetto e del contesto ambientale e territoriale in cui questo si inserisce, si può ragionevolmente concludere che i modesti impatti sull'ambiente siano compensati dalle positività dell'opera, prime tra le quali le emissioni evitate e il raggiungimento degli obiettivi regionali di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile.

Gli impatti valutati e quantificati sono ampiamente sopportabili dal contesto ambientale, e risultano opportunamente ed efficacemente minimizzati e mitigati dalle tecniche e dalle soluzioni progettuali scelte.

## Bibliografia, riferimenti e fonti utilizzate

- PUC del Comune di Arborea
- PTA della Regione Sardegna
- PPR della Regione Sardegna
- PAI dell'Autorità dei Bacini Regionale
- Geoportale della Regione Sardegna
- Sito istituzionale "Progetto IFFI - Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia"
- Sito istituzionale "PCN - Portale Cartografico Nazionale"
- Sito istituzionale Regione Piemonte
- A, Muller, K. Wambach, E. Alsema 2006 – "Life cycle analysis of solar module recycling process", Materials Research Society Symp. Proc. Vol.895;
- Parretta et al. 2004 – "Optical degradation of long-term, field-aged c-Si photovoltaic modules" Solar Energy Materials & Solar Cells 86;
- Amatangelo et al. 2008 "Response of California annual grassland to litter manipulation" Journal of Vegetation Science 19:605-612;
- Bishop 1997, "Testing perceived landscape colour difference using the Internet" Landscape and Urban Planning;
- Borstein, "Observation of the Urban Heat Island Effect in New York City" New York University, 1968;
- Reich-Weiser et al. 2008 – "Environmental Metrics for Solar Energy" 23rd European Photovoltaic Solar Energy Conference;
- Chiabrando et al. 2009 "La valutazione dell'impatto paesaggistico di impianti fotovoltaici al suolo: proposta metodologica ed esempio di applicazione" Atti IX Convegno Nazionale dell'Associazione Italiana di Ingegneria Agraria;
- Comitato Paritetico Territoriale per la prevenzione infortuni, l'igiene e l'ambiente di lavoro di Torino e Provincia, "Conoscere per prevenire n° 11";
- Comunità Europee 2009, Scheda informativa n.2, SoCo Project, Maggio 2009, modificata;
- Department of Electrical and Computer Engineering University of Cyprus & University of Stuttgart, 2006-2007;
- E. Bobach et al. 2007 – "Recycling of solar cells and modules – Recent Improvements" Deutsche Solar G, Solar Material, Alfred-Lange-Str. 18, D-09599 Freiberg Germany;
- E.A. Alsema et al. 2006 – "Environmental Impacts of Crystalline Silicon Photovoltaic Module Production" 13th CIRP International Conference on Life Cycle Engineering;

- E.A. Alsema et al. 2007 – “Reduction of the Environmental Impacts in Crystalline Silicon Module Manufacturing” 22nd European Photovoltaic Solar Energy Conference;
- E.D. Ongley – “Control of water pollution from agriculture - FAO irrigation and drainage paper 55” – Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome 1996;
- ENEL “Linea Guida per l’applicazione del § 5.1.3 dell’Allegato al DM 29.05.08 - Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche”;
- Forst and McDouglass 1989 “Tree canopy effects on herbaceous production of annual rangeland during drought” Journal of Range Management 42:281-283;
- G. Balacco et al. 2006 – “Indagini Preliminari sul Ruolo Svolto dall’Infiltrazione nei Processi Erosivi di Tipo Interrill” Atti XXX° Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche – IDRA;
- H.T. Harvey & Associates. 2010 “Evaluation of potential changes to annual grasslands in response to increased shading by solar panels from the California Valley Solar Ranch project;
- Rutschmann 2008 – “La richiesta di qualità – All’industria preoccupa molto il calo di efficienza per deterioramento dei moduli cristallini” Photon;
- J.M. Mason et al. 2006 – “Energy Pay-Back and Life Cycle CO2 Emissions of the BOS in an Optimized 3.5 MW PV Installation” Progress in Photovoltaics Research and Applications 14;
- K. Komoto et al. 2009 – “Estimation of Energy Pay-Back Time and CO2 Emission of Various Kinds of PV Systems”;
- K.M. Davis et al. 1994 – “Water diffusion into silica glass: structural changes in silica glass and their effect on water solubility and diffusivity” Journal of Non-Crystalline Solids 185;
- Lamb 2008 “Direct and indirect control of grassland community structure by litter, resources and biomass” Ecology 89:216-225;
- M. Cozzi, I. Maggi Università di Pavia– “Il Potere Erosivo delle Piogge – Indagine in alcuni bacini dell’Oltrepo” Regioni & Ambiente;
- M. Shields 2008– “Possible Glare and Reflectance in PV Systems” SUNPOWER CORPORATION;
- M. Shields 2009 – “AR Glass Modules – Awareness and Handling Guidelines;
- M.J. de Wild-Scholten 2006 – “A Cost and Environmental Impact Comparison of Grid-Connected Rooftop and Ground-Based PV Systems” 21th European Photovoltaic Solar Energy Conference;
- Markvart et al. 2003, “Practical Handbook of Photovoltaics: Fundamentals and Applications;
- P. Kephart 2001 – “Resource Management Demonstration at Russian Ridge Preserve” GRASSLANDS A Publication of the California Native Grass Association Volume XI, N° 1;
- Photon International Magazine, Edizione Febbraio 2008;

- S. Isarankura Na Ayutthaya et al. 2007 – “Investigation of the photodegradation behaviors of fan ethylene/vinyl acetate copolymer solar cell encapsulant end effects of antioxidants on the photostability of the material”;
- Torres-Sibille et al. 2009 (“Aesthetic impact assessment of solar power plants: An objective and subjective approach” Renewable and Sustainable Energy Reviews);
- William P. Mulligan, Doug H. Rose, Michael J. Cudzinovic, Denis M. De Cuester, Keith P. McIntosh, David D. Smith and Richard M. Swanson June 2004 – “Manufacture of Solar Cells with 21 percent Efficiency”, SunPower Corporation;
- E. Monti – “Colpo di fulmine. Come proteggere gli impianti fotovoltaici” Acqua & Corrente Maggio 2008;
- G. L. Amicucci et al. “Il rischio di fulminazione dei sistemi di generazione fotovoltaica” Prevenzione Oggi Vol. 5, n. 1/2, 51-65;
- S. Berri et al. “Protezione dai fulmini: il CEI aggiorna la normativa” Consulente immobiliare 2006;
- Amaducci S., Xinyou, Colauzzi M., 2018. Agrivoltaic systems to optimise land use for electric energy production. Applied Energy 220: 545-561.
- Callejón-Ferre A.J., Manzano-Agugliaro F., Díaz-Pérez, Carreño-Ortega A., Pérez-Alonso J., 2009. Effect of shading with aluminised screens on fruit production and quality in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) under greenhouse conditions. Spanish Journal of Agricultural Research 7: 41-49.
- Dupraz C., Marrou H., Talbot G., Dufur L., Nogier A., Ferard Y., 2011. Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: towards new agrivoltaic schemes. Renewable Energy 36: 2725-2732.
- Lin C.H., McGraw R.L., George M.F., Garrett H.E., 1998. Shade effects on forage crops with potential in temperate agroforestry practices. Agroforestry Systems 44: 109-119.
- Marrou H., Dufur L., Wery J., 2013b. How does a shelter of solar panels influence water flows in a soil-crop system? European Journal of Agronomy 50: 38-51.
- Marrou H., Guillioni L., Dufur L., Dupraz C., Wery J., 2013a. Microclimate under agrivoltaic systems: is crop growth rate affected in the partial shade of solar panels? Agricultural & Forest Meteorology 177: 117-132.
- Mercier KM, Teutsch CD, Fike JH, Munsell JF, Tracy BF, Strahm BD., 2020. Impact of increasing shade levels on the dry-matter yield and botanical composition of multispecies forage stands. Grass Forage Science, 00: 1-12.
- Panozzo A., Bernazeau B., Dal Cortivo C., Desclaux D., Vamerli T., 2019. Microclimate modification and yield responses of different varieties of durum wheat within an olive orchard agroforestry system. Società Italiana di Agronomia, Atti del XLVIII Convegno Nazionale “Evoluzione e adattamento dei sistemi colturali”, Perugia 18-20 Settembre 2019: 72-73.
- Angelini P., Casella L., Grignetti A., Genovesi P. (ed.), 2016. Manuali per il monitoraggio di specie e habitat di interesse comunitario (Direttiva 92/43/CEE) in Italia: habitat. ISPRA, Serie Manuali e linee guida, 142/2016.

- Bartolucci F., Peruzzi L., Galasso G., Albano A., Alessandrini A., Ardenghi N. M. G., Astuti G., Bacchetta G., Ballelli S., Banfi E., Barberis G., Bernardo L., Bouvet D., Bovio M., Cecchi L., Di Pietro R., Domina G., Fascetti S., Fenu G., Festi F., Foggi B., Gallo L., Gottschlich G., Gubellini L., Iamónico D., Iberite M., Jiménez-Mejías P., Lattanzi E., Marchetti D., Martinetto E., Masin R. R., Medagli P., Passalacqua N. G., Peccenini S., Pennesi R., Pierini B., Poldini L., Prosser F., Raimondo F. M., Roma-Marzio F., Rosati L., Santangelo A., Scoppola A., Scortegagna S., Selvaggi A., Selvi F., Soldano A., Stinca A., Wagensommer R. P., Wilhalm T., Conti F. (2018) An updated checklist of the vascular flora native to Italy, *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 152:2, 179-303
- Biondi E., Blasi C., Allegranza M., Anzellotti I., Azzella M.M., Carli E., Casavecchia S., Copiz R., Del Vico E., Facioni L., Galdenzi D., Gasparri R., Lasen C., Pesaresi S., Poldini L., Sburlino G., Taffetani F., Vagge I., Zitti S., Zivkovic L. 2014. Plant communities of Italy: The Vegetation Prodrôme. *Plant Biosystems* 148(4): 728-814. doi: 10.1080/11263504.2014.948527
- Biondi E., Blasi C., Burrascano S., Casavecchia S., Copiz R., Del Vico E., Galdenzi D., Gigante D., Lasen C., Spampinato G., Venanzoni R., Zivkovic, 2009. Manuale Italiano di Interpretazione degli habitat della Direttiva 92/43/CEE. SBI, MATTM, DPN. Available at <http://vnr.unipg.it/habitat/index.jsp>.
- Biondi E., Burrascano S., Casavecchia S., Copiz R., Del Vico E., Galdenzi D., Gigante D., Lasen C., Spampinato G., Venanzoni R., Zivkovic L. & Blasi C., 2012. Diagnosis and syntaxonomic interpretation of Annex I Habitats (Dir. 92/43/EEC) in Italy at the alliance level. *Plant Sociology*, 49(1): 5-37.
- Braun-Blanquet J., 1972. *Plant Sociology, the study of plant communities*. Hafner Publishing Company, New York.
- Braun-Blanquet J., 1964. *Pflanzensoziologie*. Springer, Wien.
- Briese, E., Piezer, K., Celik, I., Apul, D., 2019. Ecological network analysis of solar photovoltaic power generation systems. *J. Clean. Prod.* 223, 368-278.
- BRULLO S., MARCENÒ C., 1979. *Dianthion rupicolae, nouvelle alliance sud-tyrrhenienne des Asplenietalia glandulosi*. *Doc. Fitosoc.*, n.s. 4: 132-146.
- Chiabrando, R., Fabrizio, E., Garnero, G., 2009. The territorial and landscape impacts of photovoltaic systems: definition of impacts and assessment of the glare risk. *Renew Sustain Energy Rev* (13(8)), 2441-51.
- Chiabrando, R., Fabrizio, E., Garnero, G., 2011. On the applicability of the visual impact assessment OASPP tool to photovoltaic plants. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*(15), 845-850.
- COMMISSIONE EUROPEA, 2000 – *La gestione dei siti della Rete Natura 2000. Guida all'interpretazione dell'articolo 6 della direttiva "Habitat" 92/43/CEE*. Belgium.
- COMMISSIONE EUROPEA, 2003 – *Interpretation manual of European union habitats*. Belgium.
- Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., Van der Ploeg, S., Anderson, S.J., Kubiszewski, I., Farbere, S., Turner, R., 2014. Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environ. Change* 26, 152e158.

- Dengler J., Chytrý M., Ewald J. 2008 *Phytosociology*, Editor(s): Sven Erik Jørgensen, Brian D. Fath, *Encyclopedia of Ecology*, Academic Press, , Pages 2767-2779, ISBN 9780080454054
- Jahangiri, M., Ghaderi, R., Haghani, A., Nematollahi, O., 2016. Finding the best locations for establishment of solar-wind power stations in Middle-East using GIS: a review. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 66, 38e52.
- Kosmas C., Ferrara A., Briassouli H., Imeson A., 1999b. Methodology for mapping Environmentally Sen-sitive Areas (ESAs) to Desertification. In: The MEDALUS project MEditerranean Desertifica-tion And Land USE. Manual on key indicators of desertification and mapping environmentally sensitive areas to desertification. Edited by C. Kosmas, M. Kirkby, N. Geeson. European Union 18882; pp 31-47.
- Kosmas C., Poesen J., Briassouli H., 1999a. Key indicators of desertification at the ESA scale. In: The MEDALUS project Mediterranean desertification and land use. Manual on key indicators of desertification and mapping environmentally sensitive areas to desertification. Edited by C. Kosmas, M. Kirkby, N. Geeson. European Union 18882; pp:31-47.
- Li, Y., Kalnay, E., Motesharrei, S., Rivas, J., Kucharski, F., Kirk-Davidoff, D., Bach, E., Zeng, N., 2018. Climate model shows large-scale wind and solar farms in the Sahara increase rain and vegetation. *Science* 361, 1019e1022.
- Liu, Y., Zhang, R.Q., Huang, Z., Cheng, Z., Lopez-Vicente, M., Ma, X.R., Wu, G.L., 2019. Solar photovoltaic panels significantly promote vegetation recovery by modifying the soil surface microhabitats in an arid sandy ecosystem. *Land Degrad. Dev.* 30, 2177e2186.
- Liu, Y., Zhang, R.-Q., Ma, X.-R., Wu, G.-L. Combined ecological and economic benefits of the solar photovoltaic industry in arid sandy ecosystems, 2020. *Journal of Cleaner Production*, 262, art. no. 121376, <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85082849369&doi=10.1016%2fj.jclepro.2020.121376&partnerID=40&md5=DOI:10.1016/j.jclepro.2020.121376>
- Macedo-Sousa, J.A., Soares, A.M.V.M., Tarazonab, J.V. (2009). A conceptual model for assessing risks in a Mediterranean Natura 2000 Network site. *Sci Total Environ* 407, 1224-1231.
- Niemann, K., Rüter, S., Bredemeier, B., Diekmann, L., Reich, M., Böttcher, M. Photovoltaic power plants in the surroundings of trafficways in Germany: Status and potential impacts on habitat connectivity (2017) *Natur und Landschaft*, 92 (3), pp. 119-128.
- Nobile V. & Campadelli G., 1998 - Il genere *Sphecodes* Latreille, 1804 in Italia (Hymenoptera, Apoidea, Halictidae). - *Bollettino dell'Istituto di Entomologia "G. Grandi"*, Università di Bologna, 52: 85-103.
- Nobile V., 1992 - Contributo alla conoscenza delle Api solitarie (Insecta, Hymenoptera) di Sicilia. IV. La tribù Anthophorini Dahlbom 1835. - *Animalia*, 18 (1991): 237-259.
- *Osmia* Panzer 1806. - *Animalia*, 15 (1988): 159-173.

- Peschel, T., 2010. Solar parks – Opportunities for Biodiversity (pp. 1–35). German Renewable Energies Agency: Berlin, Germany. Retrieved from [www.renewables-in-germany.com](http://www.renewables-in-germany.com)
- Pignatti S., 1982. Flora d'Italia. Edizioni Agricole. Bologna. 3 Vol. – 1: 790 pp., 2: 732 pp., 3: 780 pp.
- Rolf Peschel, Tim Peschel, Peschel Ökologie, Peschel Umwelt, Martine Marchand, Jörg Hauke. Solarparks - Gewinne für die Biodiversität. Herausgeber Bundesverband Neue Energiewirtschaft (bne) e.V 2019
- Rossi, A. (a cura di) 2005. LOTO, Landscape Opportunities La gestione paesistica delle trasformazioni territoriali: linee guida e casi pilota. Regione Lombardia: Tipografia IGNIZIO.
- Ruffo S. Stoch F. (eds.), 2005 - Checklist e distribuzione della fauna italiana. - Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona, 2 serie, Sezione Scienze della Vita 16.
- Saedpanah, E., Asrami, R.F., Sohani, A., Sayyaadi, H., 2020. Life cycle comparison of potential scenarios to achieve the foremost performance for an off-grid photovoltaic electrification system. J. Clean. Prod. 242, 118440.
- Semeraro, T., Pomes, A., Del Giudice, C., Negro, D., Aretano, R., 2018. Planning ground based utility scale solar energy as green infrastructure to enhance ecosystem services Energy Policy, 117, pp. 218-227.
- Taylor, P.D., Fahrig, L., Henein, K. and Merriam, G., 1993. Connectivity is a vital element of landscape structure. Oikos (68), pp. 571-573.
- Van der Maaler E., 1972. On the transformation cover-abundance values in phytosociology. Report Bot. Lab. Nijmegen.
- Bevan, G. Renewable energy and climate change. Significance 9, 8–12 (2012).
- Jaglom, W. S. et al. Assessment of projected temperature impacts from climate change on the U.S. electric power sector using the Integrated Planning Model. Energy Policy 73, 524–539 (2014).
- Hamlet, A. F., Lee, S.-Y., Mickelson, K. E. B. & Elsner, M. M. Effects of projected climate change on energy supply and demand in the Pacific Northwest and Washington State. Clim. Change 102, 103–128 (2010).
- Turner, S. W. D., Ng, J. Y. & Galelli, S. Examining global electricity supply vulnerability to climate change using a high-fidelity hydropower dam model. Sci. Total Environ. 590, 663–675 (2017).
- Madani, K. & Lund, J. R. Estimated impacts of climate warming on California's high-elevation hydropower. Clim. Change 102, 521–538 (2010).
- U.S. Energy Sector Vulnerabilities to Climate Change and Extreme Weather (United States Department of Energy, 2013).
- Rogers, J. et al. Water-Smart Power: Strengthening the U.S. Electricity System in a Warming World (2013).
- Macknick, J. et al. Water and Climate Impacts on Power System Operations: The Importance of Cooling Systems and Demand Response Measures (2016).

- Van Vliet, M. T. H., Wiberg, D., Leduc, S. & Riahi, K. Power-generation system vulnerability and adaptation to changes in climate and water resources. *Nat. Clim. Change* 6, 375–380 (2016).
- Van Vliet, M. T. H. et al. Vulnerability of US and European electricity supply to climate change. *Nat. Clim. Change* 2, 676–681 (2012).
- Liu, L., Hejazi, M., Li, H., Forman, B. & Zhang, X. Vulnerability of US thermoelectric power generation to climate change when incorporating state-level environmental regulations. *Nat. Energy* 2, 17109 (2017).
- Miara, A. et al. Climate and water resource change impacts and adaptation potential for US power supply. *Nat. Clim. Change* 7, 793–798 (2017).
- IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation (IPCC Working Group III, Cambridge Univ. Press, 2011).
- US Energy Information Administration June 2016 Monthly Energy Review U.S. Department of Energy (Office of Energy Statistics, 2016).
- Bazilian, M. et al. Re-considering the economics of photovoltaic power. *Renew. Energy* 53, 329–338 (2013).
- SunShot Vision Study, DOE/GO-102012-3037 (US Department of Energy, 2012).
- Hartmann, H. M. et al. Understanding Emerging Impacts and Requirements Related to Utility-scale Solar Development (US Department of Energy, 2016).
- Roberts, B. J. Solar Production Potential across the United States (Department of Energy, National Renewable Energy Laboratory, 2012).
- Brown, P. & Whitney, G. U.S. Renewable Electricity Generation: Resources and Challenges (Congressional Research Service, 2011).
- Kaldellis, J. K., Kapsali, M. & Kavadias, K. A. Temperature and wind speed impact on the efficiency of PV installations. Experience obtained from outdoor measurements in Greece. *Renew. Energy* 66, 612–624 (2014).
- Said, S. A. M., Hassan, G., Walwil, H. M. & Al-Aqeeli, N. The effect of environmental factors and dust accumulation on photovoltaic modules and dust-accumulation mitigation strategies. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 82, 743–760 (2018).
- Cronin, A. et al. Measuring degradation rates of PV systems without irradiance data. *Prog. Photovolt.* 22, 851–862 (2014).
- Barron-Gafford, G. A. et al. The solar heat island effect: larger solar power plants increase local temperatures. *Sci. Rep.* 6, 35070 (2016).
- Solecki, W. D. et al. Mitigation of the heat island effect in urban New Jersey. *Environ. Hazards* 6, 39–49 (2005).
- Campbell, G. S. & Norman, J. M. *An Introduction to Environmental Biophysics* 2nd edn (Springer, 1998).
- Breshears, D. D. The grassland-forest continuum: trends in ecosystem properties for woody plant mosaics? *Front. Ecol. Environ.* 4, 96–104 (2006).
- Hobbs, R. J. et al. Novel ecosystems: theoretical and management aspects of the new ecological world order. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 15, 1–7 (2006).

- Hobbs, R. J., Higgs, E. & Harris, J. A. Novel ecosystems: implications for conservation and restoration. *Trends Ecol. Evol.* 24, 599–605 (2009).
- Standish, R., Hobbs, R. J. & Miller, J. Improving city life: options for ecological restoration in urban landscapes and how these influence interactions between humans and nature. *Landsc. Ecol.* 28, 1213–1221 (2012).
- Nabhan, G. P. Our Coming Food Crisis. *New York Times* <http://www.nytimes.com/2013/07/22/opinion/our-coming-food-crisis.html> (21 July 2013).
- Nabhan, G. P. *Growing Food in a Hotter, Drier Land: Lessons from Desert Farmers on Adapting to Climate Uncertainty* (Chelsea Green Publishing, 2013).
- Ravi, S. et al. Colocation opportunities for large solar infrastructures and agriculture in drylands. *Appl. Energy* 165, 383–392 (2016).
- Amaducci, S., Yin, X. & Colauzzi, M. Agrivoltaic systems to optimise land use for electric energy production. *Appl. Energy* 220, 545–561 (2018).
- Aroca-Delgado, R., Perez-Alonso, J., Jesus Callejon-Ferre, A. & Velazquez-Marti, B. Compatibility between crops and solar panels: an overview from shading systems. *Sustainability* 10, 743 (2018).
- Valle, B. et al. Increasing the total productivity of a land by combining mobile photovoltaic panels and food crops. *Appl. Energy* 206, 1495–1507 (2017). Macknick, J., Beatty, B. & Hill, G. *Overview of Opportunities for Co-Location of Solar Energy Technologies and Vegetation* (National Renewable Energy Laboratory, 2013).
- Majumdar, D. & Pasqualetti, M. J. Dual use of agricultural land: introducing ‘agrivoltaics’ in Phoenix Metropolitan Statistical Area, USA. *Landsc. Urban Plan.* 170, 150–168 (2018).
- Dinesh, H. & Pearce, J. M. The potential of agrivoltaic systems. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 54, 299–308 (2016).
- Goetzberger, A. & Zastrow, A. On the coexistence of solar-energy conversion and plant cultivation. *Int. J. Sol. Energy* 1, 55–69 (1982).
- Marrou, H., Wery, J., Dufour, L. & Dupraz, C. Productivity and radiation use efficiency of lettuces grown in the partial shade of photovoltaic panels. *Eur. J. Agron.* 44, 54–66 (2013).
- Adeh, E. H., Selker, J. S. & Higgins, C. W. Remarkable agrivoltaic influence on soil moisture, micrometeorology and water-use efficiency. *PLoS ONE* 13, e0203256 (2018).
- Marrou, H., Dufour, L. & Wery, J. How does a shelter of solar panels influence water flows in a soil-crop system? *Eur. J. Agron.* 50, 38–51 (2013).
- Marrou, H., Guilioni, L., Dufour, L., Dupraz, C. & Wery, J. Microclimate under agrivoltaic systems: is crop growth rate affected in the partial shade of solar panels? *Agric. For. Meteorol.* 177, 117–132 (2013).
- López-España, R. G. et al. Geographical differentiation of wild pepper (*Capsicum annum* L. var. *glabriusculum*) populations from northwestern Mexico. *Phyton* 85, 131–141 (2016).

- Bosland, P. & Votava, E. Peppers: Vegetable and Spice Capsicums (CABI Publishing, 2000).
- Coutts, A. M., Tapper, N. J., Beringer, J., Loughnan, M. & Demuzere, M. Watering our cities: the capacity for water sensitive urban design to support urban cooling and improve human thermal comfort in the Australian context. *Prog. Phys. Geogr.* 37, 2–28 (2013).
- Luong, T. M. et al. The more extreme nature of North American monsoon precipitation in the Southwestern United States as revealed by a historical climatology of simulated severe weather events. *J. Appl. Meteorol. Climatol.* 56, 2509–2529 (2017).
- Schmidt, M., Jochheim, H., Kersebaum, K.-C., Lischeid, G. & Nendel, C. Gradients of microclimate, carbon and nitrogen in transition zones of fragmented landscapes—a review. *Agric. For. Meteorol.* 232, 659–671 (2017).
- Martinez, M. A., Andujar, J. M. & Enrique, J. M. Temperature measurement in PV facilities on a per-panel scale. *Sensors* 14, 13308–13323 (2014).
- Blair, N. et al. System Advisor Model (SAM) General Description (Version 2017.9.5) (National Renewable Energy Laboratory, 2018).
- Blair, N. et al. System Advisor Model, SAM 2014.1.14: General Description (National Renewable Energy Laboratory, 2014).
- Barron-Gafford, G. A. et al. Impacts of hydraulic redistribution on grass-tree competition vs facilitation in a semi-arid savanna. *New Phytol.* 215, 1451–1461 (2017).
- Hamerlynck, E. P., Scott, R. L. & Barron-Gafford, G. A. Consequences of cool-season drought-induced plant mortality to Chihuahuan Desert grassland ecosystem and soil respiration dynamics. *Ecosystems* 16, 1178–1191 (2013).
- Von Caemmerer, S. & Farquhar, G. D. Some relationships between the biochemistry of photosynthesis and the gas exchange of leaves. *Planta* 153, 376–387 (1981).
- Barron-Gafford, G. A. et al. Photosynthetic temperature responses of co-occurring desert winter annuals with contrasting resource-use efficiencies and different temporal patterns of resource utilization may allow for species coexistence. *J. Arid Environ.* 91, 95–103 (2013).
- Barron-Gafford, G. A., Scott, R. L., Jenerette, G. D., Hamerlynck, E. P. & Huxman, T. E. Temperature and precipitation controls over leaf- and ecosystem-level CO<sub>2</sub> flux along a woody plant encroachment gradient. *Glob. Change Biol.* 18, 1389–1400 (2012).
- Adeh, E. H., Good, S. P., Calaf, M., and Higgins, C. W. (2019). Solar PV power potential is greatest over croplands. *Sci. Rep.* 9:11442.
- Adeh, E. H., Selker, J. S., and Higgins, C. W. (2018). Remarkable agrivoltaics influence on soil moisture, micrometeorology and water-use efficiency. *PLoS ONE* 13:e0203256. doi: 10.1371/journal.pone.0203256
- Amaducci, S., Yin, X., and Colauzzi, M. (2018). Agrivoltaic systems to optimise land use for electric energy production. *Appl. Energy* 220, 545–561 doi: 10.1016/j.apenergy.2018.03.081

- Apostoleris, H., and Chiesa, M. (2019). High-concentration photovoltaics for dual-use with agriculture. *AIP Conf. Proc.* 2149:050002. doi: 10.1063/1.5124187
- Bransby, D. I. (1989). “Compromises in the design and conduct of grazing experiments,” in *Grazing Research: Design, Methodology, and Analysis*. CSSA Special Publication, ed G. C. Marten (Madison, WI: Crop Science Society of America and American Society of Agronomy), 53–67. doi: 10.2135/cssaspepub16.c5
- Ciavarella, T. A., Simpson, R. J., Dove, H., Leury, B. J., and Sims, I. M. (2000). Diurnal changes in the concentration of water-soluble carbohydrates in *Phalaris aquatica* L. pasture in spring, and the effect of short-term shading. *Aust. J. Agric. Res.* 51, 749–756. doi: 10.1071/AR99150
- Cloete, S. W. P., Muller, C. J. C., and Durand, A. (2000). The effects of shade and shearing date on the production of Merino sheep in the Swartland region of South Africa. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 30, 164–171. doi: 10.4314/sajas.v30i3.3848
- DeMartis, C. (2018). Solar Farming in Maine: An Objective Overview. Student Policy Briefs. Available online at: <https://digitalcommons.usm.maine.edu/fsppolicy-briefs/1> (accessed December 7, 2020).
- Devkota, N. R., Kemp, P. D., Hodgson, J., Valentine, I., and Jaya, I. K. D. (2009). Relationship between tree canopy height and the production of pasture species in a silvopastoral system based on alder trees. *Agroforestry Syst.* 76, 363–374. doi: 10.1007/s10457-008-9192-8
- Dinesh, H., and Pearce, J. M. (2016). The potential of agrivoltaic systems. *Renewable Sustain. Energy Rev.* 54, 299–308. doi: 10.1016/j.rser.2015.10.024
- Dixon, R. K. (1995). Agroforestry systems: sources of sinks of greenhouse gases? *Agroforestry Syst.* 31, 99–116. doi: 10.1007/BF00711719
- Dodd, M. B., McGowan, A. W., Power, I. L., and Thorrold, B. S. (2005). Effects of variation in shade level, shade duration and light quality on perennial pastures. *NZ. J. Agric. Res.* 48, 531–543. doi: 10.1080/00288233.2005.9513686
- Drewry, J. J. (2006). Natural recovery of soil physical properties from treading damage of pastoral soils in New Zealand and Australia: a review. *Agric. Ecosyst. Environ.* 114, 159–169. doi: 10.1016/j.agee.2005.11.028
- Dupraz, C., Marrou, H., Talbot, G., Dufour, L., Nogier, A., and Ferard, Y. (2011). Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimizing land use: towards new agrivoltaic schemes. *Renewable Energy* 36, 2725–2732. doi: 10.1016/j.renene.2011.03.005
- Edmond, D. B. (1964). Some effects of sheep treading on the growth of 10 pasture species. *NZ. J. Agric. Res.* 7, 1–16. doi: 10.1080/00288233.1964.10419994
- Garay, A. H., Matthew, C., and Hodgson, J. (1997). Effect of spring grazing management on perennial ryegrass and ryegrass-white clover pastures: 2. Tiller and growing point densities and population dynamics. *NZ. J. Agric. Res.* 40, 37–50. doi: 10.1080/00288233.1997.9513228
- Goetzberger, A., and Zastrow, A. (1982). On the coexistence of solarenergy conversion and plant cultivation. *Int. J. Solar Energy* 1, 55–69. doi: 10.1080/01425918208909875

- Graham, M., and Higgins, C. W. (2019). Pollinator-Focused Solar: Observations in a Dual-Use Agriculture System. *AGUFM*, 2019, GC31J-1339.
- Gultekin, Y., Filley, S. J., Smallman, M. A., Hannaway, D. B., and Ates, S. (2020). Pasture production, persistence of legumes and lamb growth in summer-dry hill pastures. *Grass Forage Sci.* 76, 159–172. doi: 10.1111/gfs.12497
- Hawke, M. F., and Knowles, R. L. (1997). “Temperate agroforestry systems in New Zealand,” in *Temperate Agroforestry Systems*, eds A. M. Gordon, and S. M. Newman (Wallingford: CAB International), 85–118.
- Hernandez, R., Armstrong, A., Burney, J., Ryan, G., Moore-O’Leary, K., Diédhiou, I., et al. (2019). Techno–ecological synergies of solar energy for global sustainability. *Nat. Sustain.* 2, 560–568. doi: 10.1038/s41893-019-0309-z
- Hyslop, M. G., Fraser, T. J., Smith, D. R., Knight, T. L., Slay, M.W. A., and Moffat, C. A. (2000). Liveweight gain of young sheep grazing tall fescue or perennial ryegrass swards of different white clover content. *Proc. NZ. Soc. Anim. Prod.* 60, 51–54.
- Jamieson, W. S., and Hodgson, J. (1979). The effects of variation in sward characteristics upon the ingestive behaviour and herbage intake of calves and lambs under a continuous stocking management. *Grass Forage Sci.* 34, 273–282. doi: 10.1111/j.1365-2494.1979.tb01479.x
- Kallenbach, R. L., Kerley, M. S., and Bishop-Hurley, G. J. (2006). Cumulative forage production, forage quality and livestock performance from an annual ryegrass and cereal rye mixture in a pine walnut silvopasture. *Agrofor. Syst.* 66, 43–53.
- Kendall, P. E., Nielsen, P. P., Webster, J. R., Verkerk, G. A., Littlejohn, R. P., and Matthews, L. R. (2006). The effects of providing shade to lactating dairy cows in a temperate climate. *Livest. Sci.* 103, 148–157. doi: 10.1016/j.livsci.2006.02.004
- Krueger, W. C. (1981). How a forest affects a forage crop? *Rangelands* 3, 70–71.
- Lima, M. A., Paciullo, D. S., Morenz, M. J., Gomide, C. A., Rodrigues, R. A., and Chizzotti, F. H. (2019). Productivity and nutritive value of *Brachiaria decumbens* and performance of dairy heifers in a long-term silvopastoral system. *Grass Forage Sci.* 74, 160–170. doi: 10.1111/gfs.12395
- Marrou, H., Dufour, L., Guillioni, L., Salles, J.M., Loisel, P., Nogier, A., et al. (2013). Designing farming systems combining food and electricity production,” in 4th International Symposium for Farming Systems Design (Lanzhou), 109–110.
- Mills, A., Lucas, R. J., and Moot, D. J. (2015). “MaxClover” grazing experiment II: sheep liveweight production from six grazed dryland pastures over 8 years. *NZ. J. Agric. Res.* 58, 57–77. doi: 10.1080/00288233.2014.978481
- Olivares, A., and Caro, T.W. (1998). Tree shade effects on water intake and weight gains of grazing sheep. *Agro Sur.* 26, 77–80. doi: 10.4206/agrosur.1998.v26n1-09
- Orr, R. J., Cook, J. E., Young, K. L., Champion, R. A., and Rutter, S. M. (2005). Intake characteristics of perennial ryegrass varieties when grazed by yearling beef cattle under rotational grazing management. *Grass Forage Sci.* 60, 157–167. doi: 10.1111/j.1365-2494.2005.00463.x

- Penning, P. D., Hooper, G. E., and Treacher, T. T. (1986). The effect of herbage allowance on intake and performance of ewes suckling twin lambs. *Grass Forage Sci.* 41, 199–208. doi: 10.1111/j.1365-2494.1986.tb01805.x
- Pent, G. J., Greiner, S. P., Munsell, J. F., Tracy, B. F., and Fike, J. H. (2020). Lamb performance in hardwood silvopastures, II: animal behavior in summer. *Transl. Anim. Sci.* 4, 363–375. doi: 10.1093/tas/txz177
- Rayburn, E. B., and Griggs, T. C. (2020). Light interception and the growth of pastures under ideal and stressful growing conditions on the allegheny plateau. *Plants* 9:734. doi: 10.3390/plants9060734
- Rovira, P., and Velazco, J. (2010). The effect of artificial or natural shade on respiration rate, behaviour and performance of grazing steers. *NZ. J. Agric. Res.* 53, 347–353. doi: 10.1080/00288233.2010.525785
- Russel, A. J. F., and Wright, I. A. (1983). The use of blood metabolites in the determination of energy status in beef cows. *Anim. Sci.* 37, 335–343.
- Silanikove, N. (1987). Impact of shelter in hot Mediterranean climate on feed intake, feed utilization and body fluid distribution in sheep. *Appetite* 9, 207–215. doi: 10.1016/S0195-6663(87)80014-4
- Trommsdorff, M., Kang, J., Reise, C., Schindele, S., Bopp, G., Ehmann, A., et al. (2021). Combining food and energy production: design of an agrivoltaic system applied in arable and vegetable farming in Germany. *Renewable Sustain. Energy Rev.* 140:110694. doi: 10.1016/j.rser.2020.110694
- USDA Agricultural Marketing Service (2018). Annual Statistics Summary: Livestock, Poultry, and GrainMarket News (2018 Livestock,Meat, Poultry, Grain and Slaughter Data). USDA Agricultural Marketing Service.
-