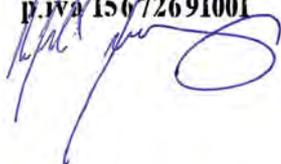


ISTANZA DI VIA
(Artt. 23-24-25 del D. Lgs 152/2006 e ss.mm.ii.)

COMMITTENTE

DIOMEDE srl
via Nairobi 40
00144 - Roma - RM
p.iva 15672691001




DIOMEDE

PROGETTISTI INCARICATI

Arch. DANIELE CONTICCHIO

STUDIO PROFESSIONALE IN PIAZZA DELLA ROCCA N.33
VITERBO (VT)
C.F. CNTDNL84B16G148E - P.IVA 02193820566
tel. +39 3406705346 - mail: daniele.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
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

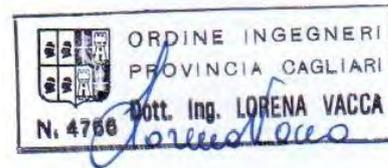
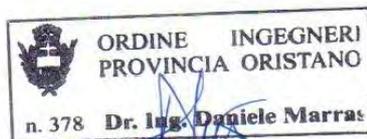
STUDIO PROFESSIONALE IN via galasi n.2 CAGLIARI
C.F. MFRDNL73H22B354N - P.IVA 01033560952
tel. +39 393 9902969 - mail: daniele@mvprogetti.com
pec: daniele.marras@ingpec.eu
Iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di
Oristano al n. 378

Ing. LORENA VACCA

STUDIO PROFESSIONALE IN via galasi n.2 CAGLIARI
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 FOTOVOLTAICO A TERRA COLLEGATO ALLA RTN
Potenza nominale 96,152 MWp

Località "Serra Taccori" - Comune di Uta (CA)



TITOLO ELABORATO

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE
QUADRO AMBIENTALE

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO
01		Definitivo	Luglio 2022		SIAPROG003
REV.		FASE PROGETTUALE	DATA	SCALA	IDENTIFICATORE





SOMMARIO

Studio di Impatto Ambientale	3
Premessa	3
Struttura dello Studio di Impatto Ambientale	5
Localizzazione del progetto	8
QUADRO AMBIENTALE	13
Contesto ambientale di riferimento	14
Climatologia	14
Geomorfologia	19
Idrogeologia	20
Pedologia	24
Atmosfera	29
Vegetazione	30
Fauna	32
Ecosistemi	37
Paesaggio	40
Rumore	48
Campi elettromagnetici	49
Evoluzione dell'ambiente non perturbato	50
Valutazione degli impatti sulle componenti ambientali	51
Ambiente idrico	53
Fase di cantiere	53
Fase di esercizio	53
Flora, Fauna ed Ecosistemi	54
Fase di cantiere	54
Fase di esercizio	55
Suolo e sottosuolo	68
Fase di cantiere	71
Fase di esercizio	71
Atmosfera e Qualità dell'aria	77
Fase di cantiere	77
Fase di esercizio	80
Campi elettromagnetici	80
Fase di cantiere	81
Fase di esercizio	81
Clima acustico	81
Fase di cantiere	81
Fase di esercizio	84
Microclima	85
Salute pubblica	90
Inquinamento luminoso	91
Ambiente socio-economico	95
Paesaggio	97
Fase di cantiere	97
Fase di esercizio	98
Cumulo di progetti	114
Rischio di incidenti	116
Rischio elettrico	117
Rischio di incendio	118
Conclusioni	119
Bibliografia, riferimenti e fonti utilizzate	120



Figura 1 - localizzazione del progetto su foto satellitare	4
Figura 2 – area di impianto e cavidotto AT di connessione alla RTN	4
Figura 3 – area contrattualizzata (rosso) e area di progetto (arancione)	10
Figura 4 - inquadramento dell'area di impianto su CTRN	10
Figura 5 - inquadramento dell'area di impianto e cavidotto su CTRN	11
Figura 6 - inquadramento dell'area di impianto e cavidotto su foto satellitare	11
Figura 7 - inquadramento dell'area di progetto su base catastale (in rosso le particelle contrattualizzate, in arancione le parti interessate dal progetto)	12
Figura 8 - inquadramento delle stazioni termopluviometriche presenti nell'area vasta	17
Figura 9 - inquadramento dell'UIO del Flumini Mannu - Cixerri	21
Figura 10 – reticolo idrografico naturale dell'area vasta	22
Figura 11 – reticolo idrografico nell'area di progetto	23
Figura 12 – terreni del settore occidentale	27
Figura 13 – terreni del settore occidentale	27
Figura 14 – terreni del settore orientale	28
Figura 15 – terreni del settore orientale	28
Figura 16 – aree a tutela naturalistica nell'area vasta	34
Figura 17 – morfologia di dettaglio dell'area di progetto	43
Figura 18 – elementi del paesaggio di area vasta	43
Figura 19 – morfologia del paesaggio di area vasta	44
Figura 20 – foto aerea AGEA 1999	45
Figura 21 – foto aerea AGEA 2003	45
Figura 22 – foto aerea AGEA 2006	45
Figura 23 – foto aerea AGEA 2010	45
Figura 24 – foto aerea AGEA 2013	45
Figura 25 – foto aerea AGEA 2016	45
Figura 26 – foto aerea AGEA 2019	45
Figura 27 – foto satellitare 2022	45
Figura 28 – ubicazione dei punti di scatto	46
Figura 29 – vista aerea dal punto di scatto 1 (in primo piano la SP n.2 e subito dietro l'eucalipteto)	47
Figura 30 – vista aerea dal punto di scatto 2 (dalle alture che bordano l'impianto verso est, con vista completa sull'area di impianto, che mostra la successione dei lotti piantumati a eucalipto e di quelli condotti a foraggiera)	47
Figura 31 – vista aerea dal punto di scatto 3 (dalla zona di pianura a sud dell'impianto, con sullo sfondo le alture che lo delimitano e ne impediscono la visibilità)	48
Figura 32 – stralcio della tavola di zonizzazione acustica del territorio di Uta	49
Figura 33 - Effetti delle pratiche agricole sui processi di degrado del suolo in relazione all'applicazione di misure agroambientali	70
Figura 34 – vista aerea dell'area vasta (in rosso l'area di progetto)	98
Figura 35 – area di impianto e buffer 5 km (Area di Impatto Potenziale)	103
Figura 36 – elementi geomorfologici e territoriale (GDBT)	103
Figura 37 – repertorio dei beni paesaggistici	104
Figura 38 – aree non idonee da DGR	104
Figura 39 – modello 3D del territorio e bacino di visibilità (giallo) dell'impianto (Rosso)	105
Figura 40 – aree di visibilità all'interno dell'AIP	105
Figura 41 – particolare dell'area di visibilità nelle vicinanze dell'impianto	106
Figura 42 – parte occidentale dell'impianto – terreni a foraggiera e prato/pascolo	109
Figura 43 – parte orientale dell'impianto – terreni a eucalipto	109
Figura 44 – punti di scatto	110
Figura 45 – scatto n.5	110
Figura 46 – fotoinserimento n.5	111



Studio di Impatto Ambientale

Premessa

Il presente Studio di Impatto Ambientale (SIA) è relativo al progetto di un impianto fotovoltaico di taglia industriale da realizzarsi nel territorio del Comune di Uta (CA), in località Serra Taccori.

L'impianto in progetto prevede l'installazione a terra, su un lotto di terreno di estensione totale 2.207.790 m² attualmente a destinazione agricola, di 137.360 pannelli fotovoltaici (moduli) in silicio monocristallino della potenza unitaria di 700 Wp.

La porzione di territorio interessata dall'impianto (con riferimento alla recinzione perimetrale) all'interno del lotto su indicato è suddivisa in 4 lotti di estensione totale pari a 90,88 ha.

I pannelli saranno montati su 2.415 strutture a inseguimento monoassiale (tracker), in configurazione monofilare; ogni tracker alloggerà 1 filare da 16, 32, 48 o 64 moduli ognuno.

Il progetto prevede 164 tracker da 16 moduli, 177 tracker da 32 moduli, 229 tracker da 48 moduli e 1.845 tracker da 64 moduli, per un totale di 137.360 moduli e una potenza complessiva installata di 96,152 MWp.

I trackers saranno collegati in bassa tensione alle 15 cabine inverter (una per ogni blocco elettrico in cui è suddiviso lo schema d'impianto), queste saranno collegate in media tensione a 2 cabine MT e alla cabina IO, che si collegherà 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 220 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 DIOMEDE in progetto alla stazione elettrica (SE) AT di Terna, di nuova realizzazione, ubicata a nord-est dello stesso impianto.

La stazione di utenza (SSE), occupa un'area di circa 1.800 m² e dista circa 8.120 m dalla stazione AT (SE) di nuova realizzazione, da ubicarsi anch'essa nel Comune di Uta.

La SSE sarà collegata:

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

La linea AT avrà una lunghezza di circa 8.200 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 e cavidotto AT di connessione alla RTN



Struttura dello Studio di Impatto Ambientale

I contenuti del SIA sono stati strutturati secondo quanto indicato all'art. 22 e nell'Allegato VII alla Parte II del D. Lgs. 152/2006 e s.m.i.

L'art. 22 citato dispone che il Sia contenga almeno le seguenti informazioni:

- una descrizione del progetto con informazioni relative alle sue caratteristiche, alla sua localizzazione ed alle sue dimensioni;
- una descrizione delle misure previste per evitare, ridurre e possibilmente compensare gli impatti negativi rilevanti;
- i dati necessari per individuare e valutare i principali impatti sull'ambiente e sul patrimonio culturale che il progetto può produrre, sia in fase di realizzazione che di esercizio;
- una descrizione sommaria delle principali alternative prese in esame dal proponente, ivi compresa la cosiddetta opzione zero, con indicazione delle principali ragioni della scelta, sotto il profilo dell'impatto ambientale;
- una descrizione delle misure previste per il monitoraggio.

L'Allegato VII citato specifica che il SIA deve contenere:

1. Descrizione del progetto, comprese in particolare:

a) la descrizione dell'ubicazione del progetto, anche in riferimento alle tutele e ai vincoli presenti;

b) una descrizione delle caratteristiche fisiche dell'insieme del progetto, compresi, ove pertinenti, i lavori di demolizione necessari, nonché delle esigenze di utilizzo del suolo durante le fasi di costruzione e di funzionamento;

c) una descrizione delle principali caratteristiche della fase di funzionamento del progetto e, in particolare dell'eventuale processo produttivo, con l'indicazione, a titolo esemplificativo e non esaustivo, del fabbisogno e del consumo di energia, della natura e delle quantità dei materiali e delle risorse naturali impiegate (quali acqua, territorio, suolo e biodiversità);

d) una valutazione del tipo e della quantità dei residui e delle emissioni previsti, quali, a titolo esemplificativo e non esaustivo, inquinamento dell'acqua, dell'aria, del suolo e del sottosuolo, rumore, vibrazione, luce, calore, radiazione, e della quantità e della tipologia di rifiuti prodotti durante le fasi di costruzione e di funzionamento;

e) la descrizione della tecnica prescelta, con riferimento alle migliori tecniche disponibili a costi non eccessivi, e delle altre tecniche previste per prevenire le emissioni degli impianti e per ridurre l'utilizzo delle risorse naturali, confrontando le tecniche prescelte con le migliori tecniche disponibili.

2. Una descrizione delle principali alternative ragionevoli del progetto (quali, a titolo esemplificativo e non esaustivo, quelle relative alla concezione del progetto, alla tecnologia,



all'ubicazione, alle dimensioni e alla portata) prese in esame dal proponente, compresa l'alternativa zero, adeguate al progetto proposto e alle sue caratteristiche specifiche, con indicazione delle principali ragioni della scelta, sotto il profilo dell'impatto ambientale, e la motivazione della scelta progettuale, sotto il profilo dell'impatto ambientale, con una descrizione delle alternative prese in esame e loro comparazione con il progetto presentato.

3. La descrizione degli aspetti pertinenti dello stato attuale dell'ambiente (scenario di base) e una descrizione generale della sua probabile evoluzione in caso di mancata attuazione del progetto, nella misura in cui i cambiamenti naturali rispetto allo scenario di base possano essere valutati con uno sforzo ragionevole in funzione della disponibilità di informazioni ambientali e conoscenze scientifiche.

4. Una descrizione dei fattori specificati all'articolo 5, comma 1, lettera c), del presente decreto potenzialmente soggetti a impatti ambientali dal progetto proposto, con particolare riferimento alla popolazione, salute umana, biodiversità (quali, a titolo esemplificativo e non esaustivo, fauna e flora), al territorio (quale, a titolo esemplificativo e non esaustivo, sottrazione del territorio), al suolo (quali, a titolo esemplificativo e non esaustivo, erosione, diminuzione di materia organica, compattazione, impermeabilizzazione), all'acqua (quali, a titolo esemplificativo e non esaustivo, modificazioni idromorfologiche, quantità e qualità), all'aria, ai fattori climatici (quali, a titolo esemplificativo e non esaustivo, emissioni di gas a effetto serra, gli impatti rilevanti per l'adattamento), ai beni materiali, al patrimonio culturale, al patrimonio agroalimentare, al paesaggio, nonché all'interazione tra questi vari fattori.

5. Una descrizione dei probabili impatti ambientali rilevanti del progetto proposto, dovuti, tra l'altro:

- a) alla costruzione e all'esercizio del progetto, inclusi, ove pertinenti, i lavori di demolizione;
- b) all'utilizzazione delle risorse naturali, in particolare del territorio, del suolo, delle risorse idriche e della biodiversità, tenendo conto, per quanto possibile, della disponibilità sostenibile di tali risorse;
- c) all'emissione di inquinanti, rumori, vibrazioni, luce, calore, radiazioni, alla creazione di sostanze nocive e allo smaltimento dei rifiuti;
- d) ai rischi per la salute umana, il patrimonio culturale, il paesaggio o l'ambiente (quali, a titolo esemplificativo e non esaustivo, in caso di incidenti o di calamità);
- e) al cumulo con gli effetti derivanti da altri progetti esistenti e/o approvati, tenendo conto di eventuali criticità ambientali esistenti, relative all'uso delle risorse naturali e/o ad aree di particolare sensibilità ambientale suscettibili di risentire degli effetti derivanti dal progetto;
- f) all'impatto del progetto sul clima (quali, a titolo esemplificativo e non esaustivo, natura ed entità delle emissioni di gas a effetto serra) e alla vulnerabilità del progetto al cambiamento climatico;
- g) alle tecnologie e alle sostanze utilizzate.

La descrizione dei possibili impatti ambientali sui fattori specificati all'articolo 5, comma 1, lettera c), del presente decreto include sia effetti diretti che eventuali effetti indiretti, secondari, cumulativi, transfrontalieri, a breve, medio e lungo termine, permanenti e temporanei, positivi e negativi del progetto. La descrizione deve tenere conto degli obiettivi di protezione dell'ambiente stabiliti a livello di Unione o degli Stati membri e pertinenti al progetto.

6. La descrizione da parte del proponente dei metodi di previsione utilizzati per individuare e valutare gli impatti ambientali significativi del progetto, incluse informazioni dettagliate sulle difficoltà incontrate nel raccogliere i dati richiesti (quali, a titolo esemplificativo e non



esaustivo, carenze tecniche o mancanza di conoscenze) nonché sulle principali incertezze riscontrate.

7. Una descrizione delle misure previste per evitare, prevenire, ridurre o, se possibile, compensare gli impatti ambientali significativi e negativi identificati del progetto e, ove pertinenti, delle eventuali disposizioni di monitoraggio (quale, a titolo esemplificativo e non esaustivo, la preparazione di un'analisi ex post del progetto). Tale descrizione deve spiegare in che misura gli impatti ambientali significativi e negativi sono evitati, prevenuti, ridotti o compensati e deve riguardare sia le fasi di costruzione che di funzionamento.

8. La descrizione degli elementi e dei beni culturali e paesaggistici eventualmente presenti, nonché dell'impatto del progetto su di essi, delle trasformazioni proposte e delle misure di mitigazione e compensazione eventualmente necessarie.

9. Una descrizione dei previsti impatti ambientali significativi e negativi del progetto, derivanti dalla vulnerabilità del progetto ai rischi di gravi incidenti e/o calamità che sono pertinenti per il progetto in questione. A tale fine potranno essere utilizzate le informazioni pertinenti disponibili, ottenute sulla base di valutazioni del rischio effettuate in conformità della legislazione dell'Unione (a titolo e non esaustivo la direttiva 2012/18/UE del Parlamento europeo e del Consiglio o la direttiva 2009/71/Euratom del Consiglio), ovvero di valutazioni pertinenti effettuate in conformità della legislazione nazionale, a condizione che siano soddisfatte le prescrizioni del presente decreto. Ove opportuno, tale descrizione dovrebbe comprendere le misure previste per evitare o mitigare gli impatti ambientali significativi e negativi di tali eventi, nonché dettagli riguardanti la preparazione a tali emergenze e la risposta proposta.

10. Un riassunto non tecnico delle informazioni trasmesse sulla base dei punti precedenti.

11. Un elenco di riferimenti che specifichi le fonti utilizzate per le descrizioni e le valutazioni incluse nello Studio di Impatto Ambientale.

12. Un sommario delle eventuali difficoltà, quali lacune tecniche o mancanza di conoscenze, incontrate dal proponente nella raccolta dei dati richiesti e nella previsione degli impatti di cui al punto 5.

In ottemperanza alle disposizioni della Parte Seconda del D.Lgs. n. 152 del 3 aprile 2006 così come modificato dal D.Lgs. n. 104 del 16 giugno 2017, nell'ambito dello Studio di Impatto Ambientale relativo dell'Istanza di pronuncia di compatibilità ambientale, ai sensi del Titolo III art. 22 e art. 23 della citata legge, vengono esplicitati e distinti il Quadro Programmatico il Quadro Progettuale ed il Quadro Ambientale.

Il gruppo di Progettisti incaricato dalla DIOMEDE srl per la redazione del SIA, del progetto definitivo cui esso fa riferimento e delle varie relazioni specialistiche è composto da professionisti con esperienza pluriennale nella progettazione, autorizzazione e realizzazione di impianti fotovoltaici di taglia industriale (multi megawatt) sia in ambito nazionale che estero, con all'attivo numerosi impianti realizzati:

- Ing. Marco Grande – Ordine degli Ingegneri della Provincia di Frosinone
- Ing. Daniele Marras – Ordine degli Ingegneri della Provincia di Oristano
- Ing. Lorena Vacca – Ordine degli Ingegneri della Provincia di Cagliari



- Arch. Daniele Conticchio – Ordine degli Architetti Pianificatori Paesaggisti e Conservatori di Roma e Provincia.

Localizzazione del progetto

I terreni su cui è progettato l'impianto ricadono nella porzione sud-occidentale del territorio comunale di Uta, circa 5,5 km a sud-ovest del centro abitato di UTA e a circa 6,5 km a nord-ovest dell'area industriale "Macchiareddu" di Cagliari, in una zona occupata da terreni agricoli e distante da agglomerati residenziali.

Il sito risulta accessibile dalla viabilità locale, costituita dalla SP n. 2 "Pedemontana", che corre in adiacenza al margine nord dello stesso.

Nella cartografia del Catasto Terreni del Comune di Uta l'area di impianto è ricompresa nei seguenti fogli e particelle:

Impianto Fotovoltaico

- Foglio 22, particelle nn. 15, 15, 16, 35, 36
- Foglio 27, particelle nn. 47, 49, 51, 52, 53, 54, 79, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 94, 95, 96, 98, 102, 103, 104, 105, 106, 108, 155, 158
- Foglio 28, particelle nn. 7, 9, 10, 11, 12, 19, 21, 22, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 39, 40, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 51, 52, 54, 55, 57

Sottostazione utente (SSE)

- Foglio 23, particella n. 57

Stazione elettrica Terna (SE)

- Foglio 44, particelle nn. 864, 865, 866, 867, 783, 835.

Nella cartografia ufficiale l'impianto e la SSE sono individuati nelle sezioni della Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000 (CTR):

- 556110 "Cadau"
- 556150 "Punta su Narboni"

mentre la SE è individuata alla sezione 556120 "Assemini".

I terreni interessati dal progetto sono iscritti in un rettangolo individuato nel sistema di coordinate geografiche da uno span di latitudine e longitudine:

NORTH LATITUDE=39° 15' 35.6186" N

SOUTH LATITUDE=39° 14' 53.9019" N



EAST LONGITUDE=8° 54' 12.5067" E

WEST LONGITUDE=8° 52' 52.5479" E

I terreni su cui insiste il progetto hanno una destinazione d'uso agricola, e sono liberi da vincoli archeologici, naturalistici, paesaggistici, di tutela dell'ambiente idrico superficiale e profondo.

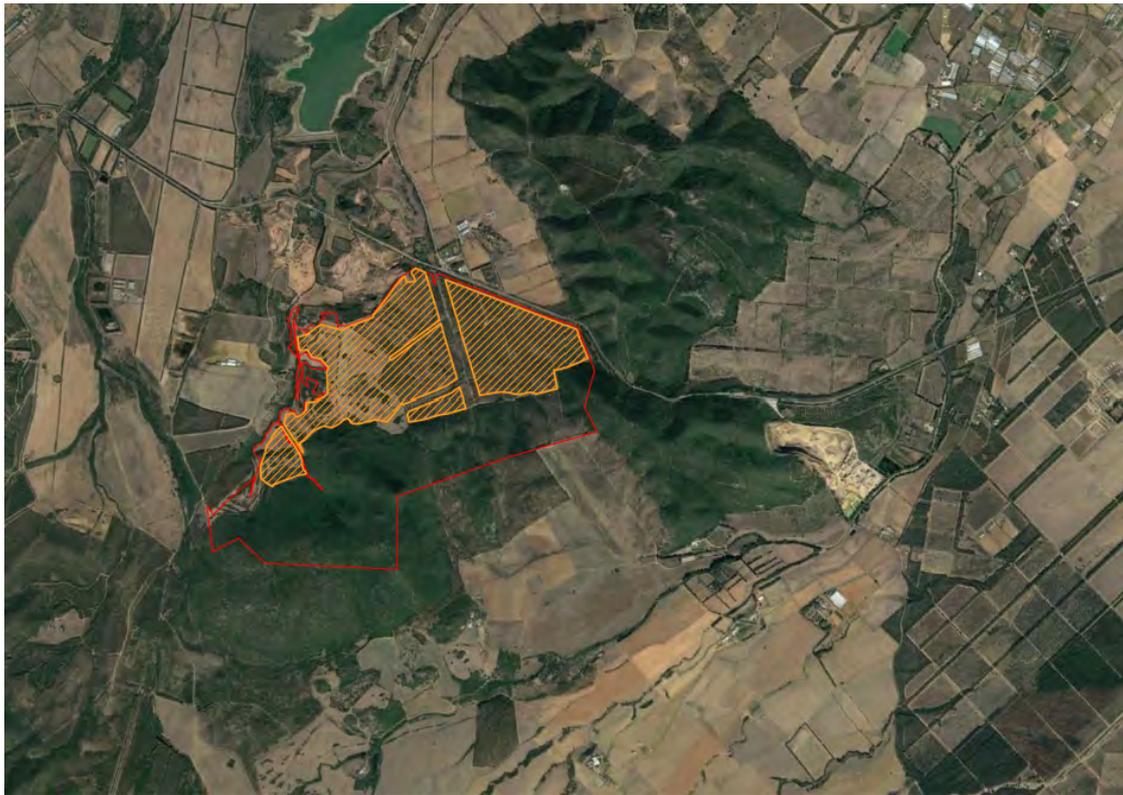


Figura 3 – area contrattualizzata (rosso) e area di progetto (arancione)

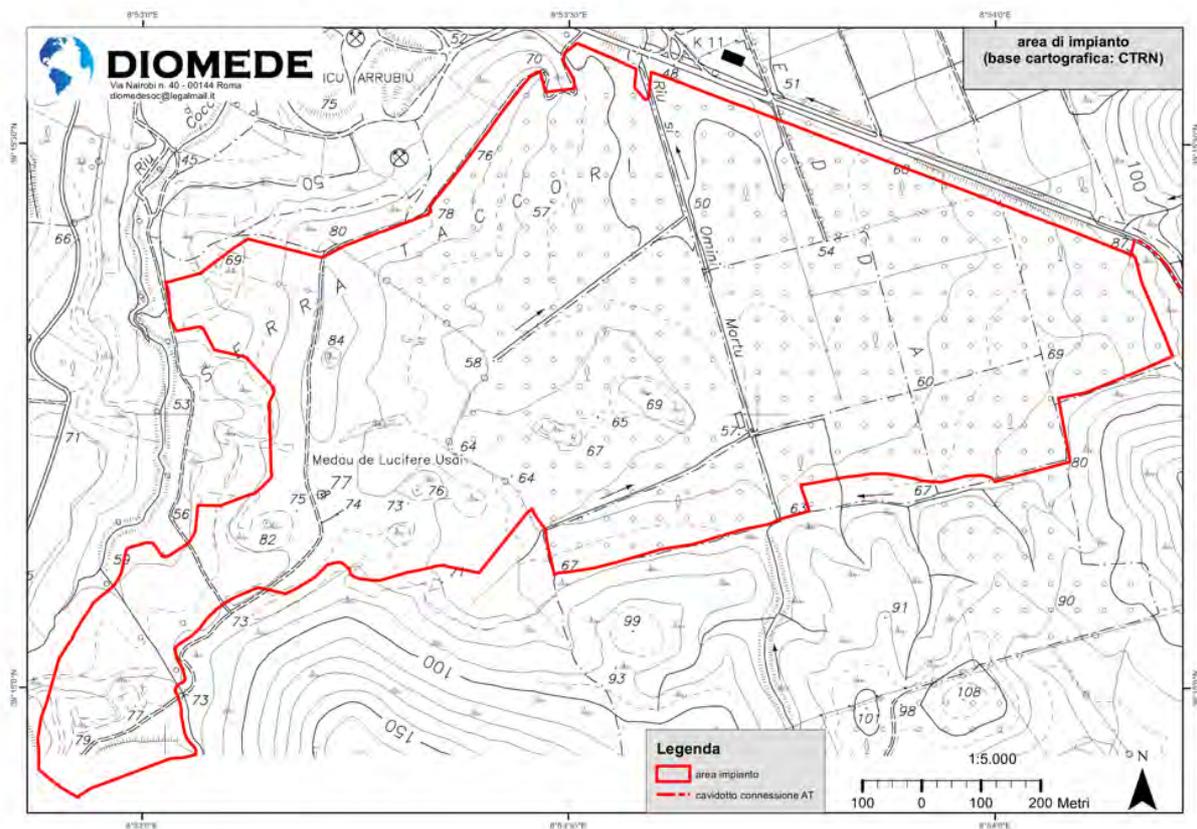


Figura 4 - inquadramento dell'area di impianto su CTRN

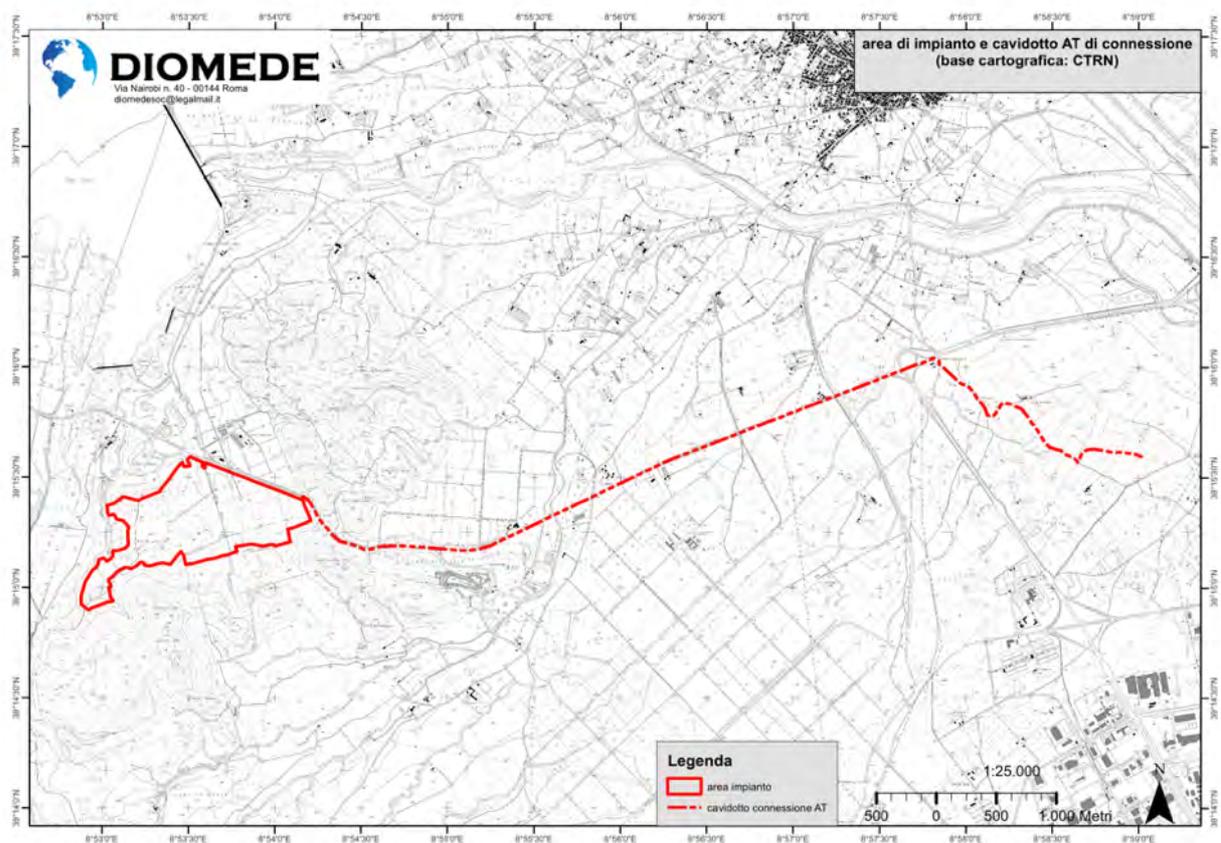


Figura 5 - inquadramento dell'area di impianto e cavidotto su CTRN

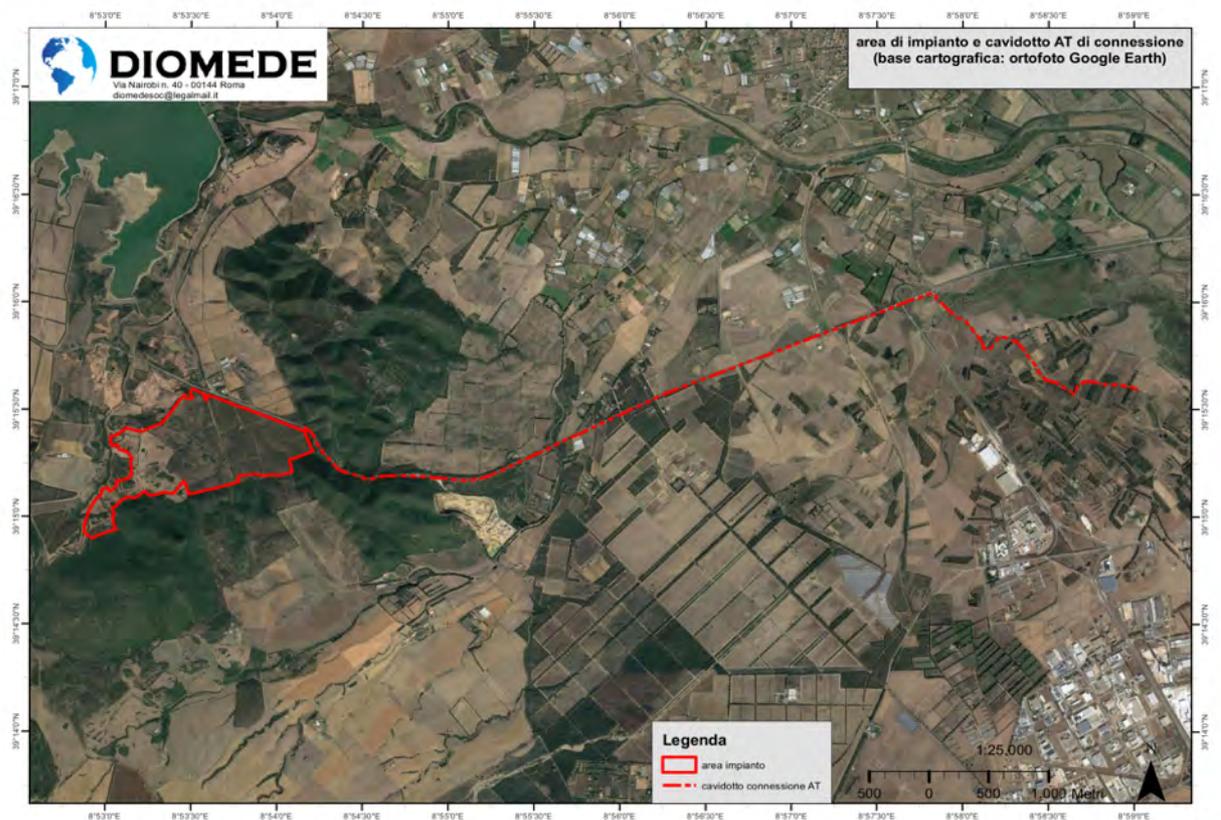


Figura 6 - inquadramento dell'area di impianto e cavidotto su foto satellitare

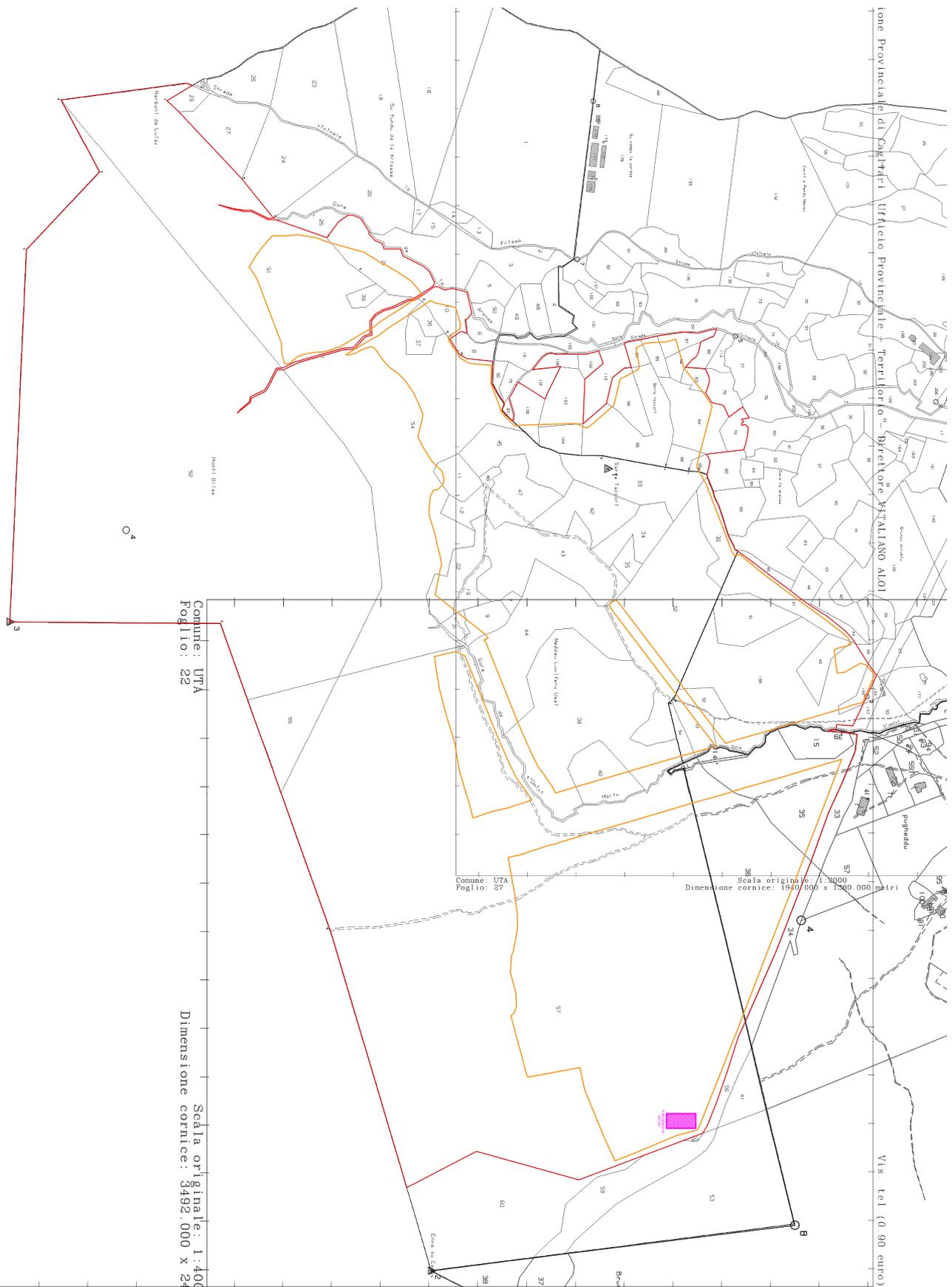


Figura 7 - inquadramento dell'area di progetto su base catastale (in rosso le particelle contrattualizzate, in arancione le parti interessate dal progetto)



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

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°C e i -10°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 $> +18^{\circ}$). 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 = Tundra
- 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 meridionale, e, seppur posta al raccordo tra il sistema collinare di margine dei rilievi del Sulcis, mostra caratteristiche topografiche, pluviometriche e termometriche riferibili alla grande macroarea del golfo di Cagliari.

Il settore in studio di Uta è posto al margine della valle del Cixerri al confine con il Campidano.

L'area è caratterizzata da una elevata coerenza di caratteristiche con il sistema cagliaritano e campidanese in particolare.

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

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 pluvio-termometrici ed anemometrici rilevati nelle stazioni meteorologiche ricadenti nel territorio in esame ed in quelle ubicate nel suo intorno.

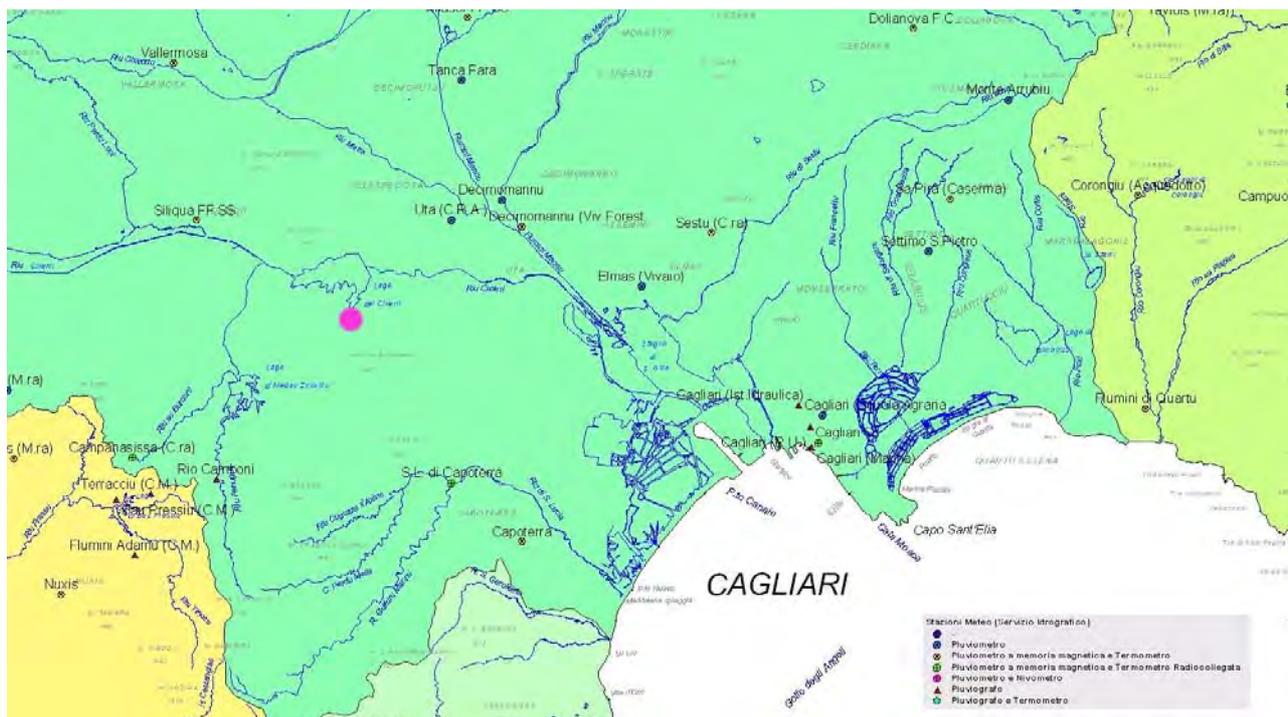


Figura 8 - inquadramento delle stazioni termopluviometriche presenti nell'area vasta

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 e esposizione.

In particolare, la stazione di misura considerata quale principale è quella di Uta (C.R.A.). La stazione anemometrica più prossima è costituita da Elmas aeroporto.

Il settore in esame si trova al margine della Pianura del Campidano e 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.

I giorni sereni, con nuvolosità minore di 3/10 di cielo coperto sono 145 all'anno, i giorni nuvolosi, con nuvolosità compresa tra i 3/10 ed i 7/10 di cielo coperto sono di media 101 all'anno, i giorni coperti, con nuvolosità maggiore di 7/10 sono in media 124 giorni all'anno.

La media annua della pressione atmosferica è compresa tra 1010,1 millibar e 1015,1 millibar, corretti al livello del mare con variazioni stagionali anche elevate comprese tra 945,5 millibar nel periodo invernale e 949,1 millibar nel periodo estivo.

I venti dominanti sono quelli provenienti dal IV quadrante (ponente e maestrale) e dal III quadrante (libeccio). I venti dominanti raggiungono spesso velocità elevate superando anche i 25 m/s. I mesi più ventosi sono generalmente quelli invernali.

I dati riguardanti le piovosità sono stati ricavati direttamente dalla stazione pluviometrica del Servizio Idrografico posta in prossimità dell'area interessata, Uta (C.R.A.).



La pluviometria riscontrata varia da i 250 ai 750 mm/anno, con una media annua delle precipitazioni di circa 430 mm.

La media annua dei giorni piovosi è compresa tra i 50 ed i 60 giorni.

Gli apporti meteorici sono distribuiti principalmente nei mesi di Ottobre, Novembre, Dicembre, Gennaio e Febbraio. In particolare il mese che fa registrare le medie più alte è quello di Dicembre.

Il periodo da Febbraio a Maggio è caratterizzato da piogge primaverili, di entità non trascurabile ma complessivamente di ammontare

inferiore a quelle invernali.

La stagione secca comincia generalmente tra Maggio e Giugno e si protrae sovente fino al mese di Settembre e, talvolta, a quello di Ottobre.

La piovosità massima totale annua verificatasi, ottenuta per interpolazioni dei dati delle stazioni circostanti, dovrebbe aggirarsi sui 900 mm/anno. Le altezze medie annue di pioggia si aggirano su valori prossimi ai 460 mm.

L'interpolazione dei dati di pioggia sulle 24 ore, calcolate per un tempo di ritorno di 1000 anni, producono valori prossimi ai 250 mm

Nell'area in esame non sono direttamente presenti stazioni termometriche dotate di una base storica di acquisizioni per cui i valori medi della temperatura sono stati estrapolati dalle stazioni di misura di tale parametro più vicine e con caratteri orografici più simili a quelli in oggetto.

La stazione termometrica più vicina con una serie storica sufficiente e con caratteri di altimetria simili è rappresentata dalla stazione del Servizio Idrografico di Cagliari.

Dall'elaborazione ed analisi dei dati acquisiti è stato desunto il regime termico dell'area. Esso è caratterizzato da valori di temperatura media diurna compresi tra i 16.5 °C ed i 17 °C.

Le temperature medie massime diurne variano tra i 22 e i 16 °C. La fascia pedemontana orientale del sistema del Sarrabus-Gerrei mostra i valori medi più alti compresi tra i 22 ed 20 °C. Il settore sommitale del Serpeddi (1067 m s.l.m.m.) è invece caratterizzato dai valori più bassi, compresi tra i 14 ed i 16 °C, mentre la fascia di passaggio tra queste due aree mostra valori compresi tra i 16 ed 20°C.

Le temperature minime diurne, che si registrano generalmente durante la stagione invernale, ed in particolare nel mese di gennaio e più raramente in quello di febbraio, mostrano valori compresi tra i 7 ed i 13 °C. Le temperature più basse, dell'ordine di 6-8 °C, si registrano nel settore sommitale dei rilievi.

Le escursioni termiche diurne sono generalmente comprese tra i 10 ed i 12 °C per tutta l'area che si sviluppa nel versante meridionale, mentre nel settore sommitale del Serpeddi le escursioni sono maggiormente legate alla ventosità. Procedendo dalla fascia pedemontana verso il Parteolla e la Marmilla i valori di escursione termica si riducono a valori compresi tra 8 e 10°C.

Si nota come la distribuzione dei massimi termici diurni sia dominata prevalentemente dall'altimetria e subordinatamente dalle condizioni orografiche e di esposizione.

La temperatura media annua può essere calcolata con una buona approssimazione attorno ai 16 gradi centigradi, con temperature superiori ai 30 gradi centigradi per almeno 60 giorni all'anno e massime che talvolta superano i 40 gradi centigradi.



La massima assoluta registrata è di 42.5 gradi centigradi. Le minime si attestano intorno agli 8-9 gradi centigradi e difficilmente si abbassano fino a raggiungere lo zero. Nell'inverno 1955-56 ed in quello 1956-57 sono state registrate temperature estreme di - 8,3 gradi centigradi.

Mediamente nell'arco di un anno si riscontrano da 8 a 14 giorni di gelo notturno.

Per la caratterizzazione del regime anemometrico dell'area sono stati utilizzati i dati registrati nella stazione di Cagliari - Elmas.

L'elaborazione ed analisi dei dati anemometrici suddetti mostra una prevalenza dei venti provenienti da NO, O e SE.

I venti provenienti da NO spesso raggiungono e superano i 25 m/s di velocità al suolo. Tutti gli altri venti sono in relazione mediamente molto meno frequenti.

L'area è quindi caratterizzata da un'elevata ventosità, soprattutto nella parte sommitale della catena, ben esposta a tutti i venti, ed in particolare ai venti del IV quadrante.

Anche i settori altimetricamente meno elevati e ridossati sono comunque esposti all'azione dei venti, che, in parte deviati dalla presenza del rilievo adiacente subiscono delle variazioni di velocità.

La stazione dell'Aeroporto di Cagliari Elmas è topograficamente ed orograficamente omogenea con il settore in esame.

I dati anemometrici mostrano un prevalere dei venti del II e IV quadrante.

Geomorfologia

L'ossatura primaria dell'area interessata dallo studio, è costituita da un basamento paleozoico scistoso-metamorfico, su cui poggia in discordanza una copertura paleogenica della "Formazione del Cixerri" e vulcaniti andesitiche dell'Oligocene, per altro molto limitate per estensione. Il basamento e la copertura sopra citata, è in buona parte coperta da una successione clastica quaternaria.

Dall'analisi della cartografia geologica si evince che le aree su cui insisterà l'opera in progetto sono caratterizzate prevalentemente da depositi alluvionali terrazzati costituiti da ghiaie fino a blocchi e subordinate sabbie.

Questi litotipi affiorano diffusamente nel settore orientale. Verosimilmente sono depositi di scarsa potenza alcuni metri poggianti in discordanza sul basamento metamorfico paleozoico (SVI), sulle andesiti oligo-mioceniche e sui depositi continentali eocenici (CIX).

Questi ultimi dominano il settore occidentale.

La geomorfologia del settore su cui insiste l'area di interesse è fortemente influenzata dall'assetto strutturale e dalle caratteristiche litologiche del substrato.

Non si hanno indizi, almeno nell'area esaminata, dell'attività di movimenti neotettonici presenti lungo il bordo del Campidano o del Cixerri.

Il bordo occidentale del Campidano si presenta in genere fortemente sovralluvionato mentre, i bordi del bacino del Cixerri, costituiti da rocce paleozoiche, siano quasi ovunque delimitati da una discordanza basale sulla quale si appoggiano i sedimenti continentali della formazione del Cixerri.



Dato che all'interno di questi sedimenti sono molto abbondanti livelli e lenti sabbiose e siltose, il bacino che li contiene in questo settore è stato interessato da fenomeni di erosione selettiva.

È verosimile che prima dell'approfondimento recente del reticolo idrografico un ruolo erosivo importante sia stato operato dal modellamento di una superficie di spianamento che caratterizza la parte più elevata del Sulcis e dunque tutti i rilievi che delimitano a N e a S il bacino del Cixerri.

Questa superficie di spianamento è presente anche sul lato settentrionale del Campidano. Sui rilievi che delimitano il bacino del Cixerri questa superficie ha dato vita ad ampie spianate modellate quasi ovunque sul basamento paleozoico a quote medie di 500-600 m.

Localmente i processi di erosione areale hanno riesumato la superficie di discordanza presente alla base della formazione del Cixerri.

L'importanza dell'erosione selettiva è inoltre responsabile della presenza della genesi dei picchi quali M. Gioiosa Guardia, Castello Acquafredda, il M. Sa Pibionada ed il M. Niu de Crobu. Si tratta di *neck* di apparati vulcanici terziari che indicano come questi siano giunti ad uno stadio "scheletrico" dell'erosione.

Anche numerose valli all'interno dei rilievi del Sulcis seguono linee di debolezza strutturale rappresentate da faglie o da strati a differente erodibilità.

La maggiore impronta nel modellamento dell'area è però dovuta ai processi fluviali dato che nei bacini del Campidano e del Cixerri i depositi di pianura e di conoide alluvionale, più o meno terrazzati, sono quelli maggiormente rappresentati.

Per quanto riguarda le caratteristiche morfologiche del settore, si tratta di un'area pianeggiante a 25 m s.l.m..

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

Idrogeologia

L'area oggetto di studio ricade nell'U.I.O. del Flumini Mannu - Rio Cixerri, e nello specifico in sponda destra all'estremità orientale del bacino.



Figura 9 - inquadramento dell'UIO del Flumini Mannu - Cixerri

Il Riu Cixerri, l'altro fiume principale di questa U.I.O., ha le sue sorgenti nel versante settentrionale del massiccio del Sulcis e scorre poi pressoché perpendicolare alla linea di costa occidentale, ricevendo, prima di gettarsi nello stagno di Santa Gilla, l'apporto di numerosi affluenti che drenano il versante meridionale del massiccio dell'Iglesiente e quello settentrionale del massiccio del Sulcis, mantenendosi paralleli alla linea della costa occidentale.

Il Riu Cixerri, un tempo il più importante affluente del Flumini Mannu, è diventato corso d'acqua autonomo dopo che, a seguito dei lavori di bonifica nello Stagno di Santa Gilla, il suo alveo canalizzato è stato dotato di una foce indipendente.

La sua lunghezza è di 50,6 km e il suo bacino idrografico si estende su una superficie di 534,7 kmq.

A sud dell'abitato di Siliqua il Riu Cixerri riceve dalla destra idrografica il Riu de su Casteddu, un corso d'acqua che nasce dal M. Is Caravius e percorre con direzione S-N 19,2 km.

Il Riu de su Casteddu ha un bacino con una superficie di 59 kmq e, in località Medau Zirimilis, è sbarrato da una diga a scogliera con il paramento di monte rivestito in bitume. La capacità utile d'invaso è di circa 16,65 milioni di mc.

Anche il Riu Cixerri in località P.ta Genna is Abis è stato sbarrato da una diga di notevoli dimensioni: 1.300 m di lunghezza, 26 m nel punto di massima altezza. Lo sbarramento permette un invaso di 23,9 milioni di mc d'acqua.

Altri elementi importanti dell'idrografia superficiale sono l'invaso del Cixerri a Genna is Abis, nel Basso Cixerri, e quello del Rio Canonica a Punta Gennarta, il primo a gravità massiccia, gestito dall'EAF, il secondo gestito da consorzio di bonifica del Cixerri.



Altro elemento caratteristico dell'idrografia superficiale di questa U.I.O. è lo Stagno di Santa Gilla, dove confluiscono le acque sia del Flumini Mannu che del Cixerri, oltre che di una serie di corsi d'acqua minori.

Per quanto riguarda specificamente l'area di progetto, al suo interno, nella porzione est si rileva un corso d'acqua secondario denominato Riu su Omini Mortu (affluente del Riu Coccu Pinna), su cui si innestano i corsi di alcuni corsi d'acqua di ordine minore, caratterizzati da funzione di impluvio e di modesta lunghezza; nella porzione estrema ovest si rileva un impluvio naturale che recapita anch'esso nel Riu Coccu Pinna.

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.

Il Riu Coccu Pinna, affluente del Cixerri, scorre in prossimità del margine ovest dell'area di impianto.

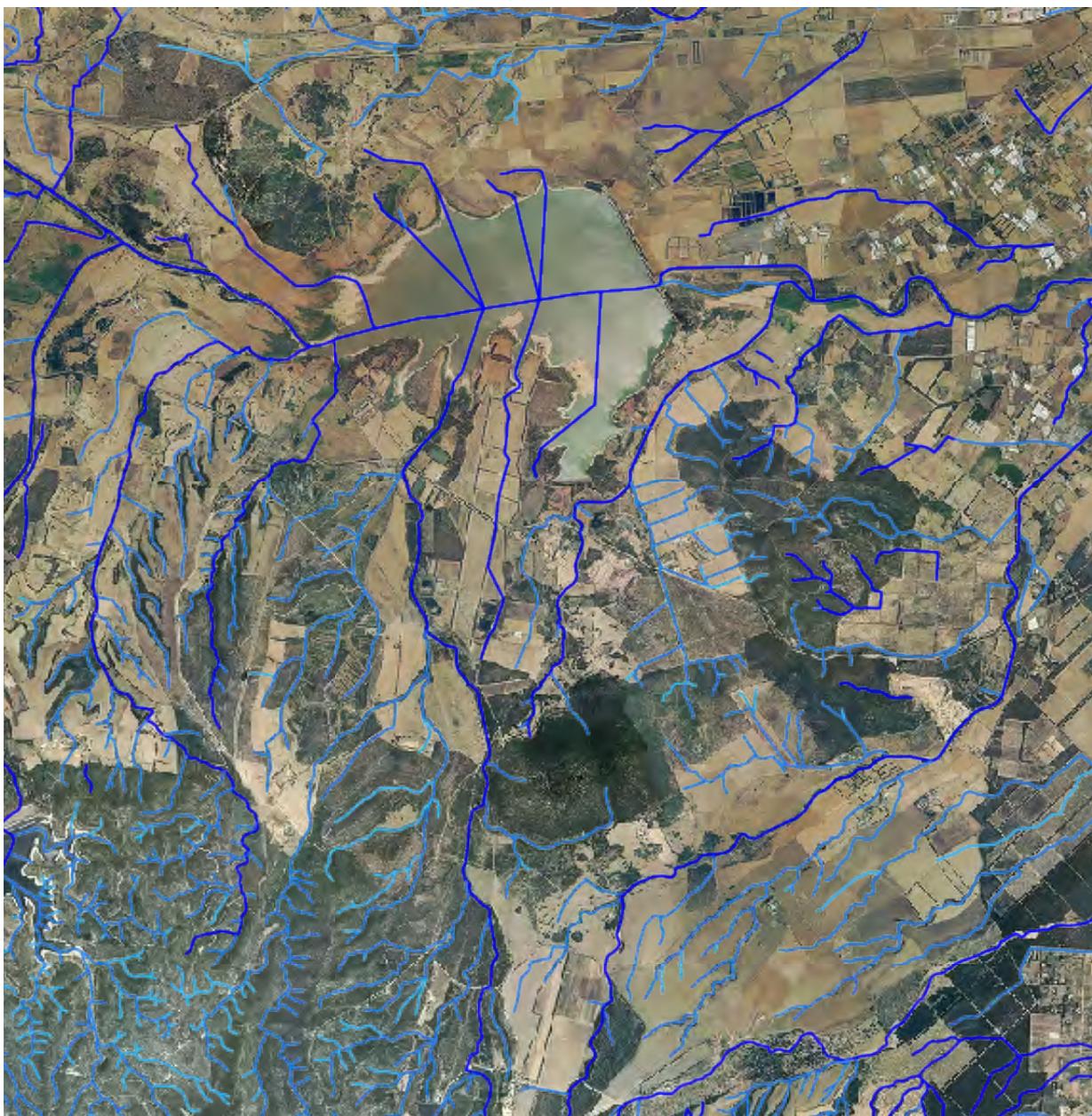


Figura 10 – reticolo idrografico naturale dell'area vasta

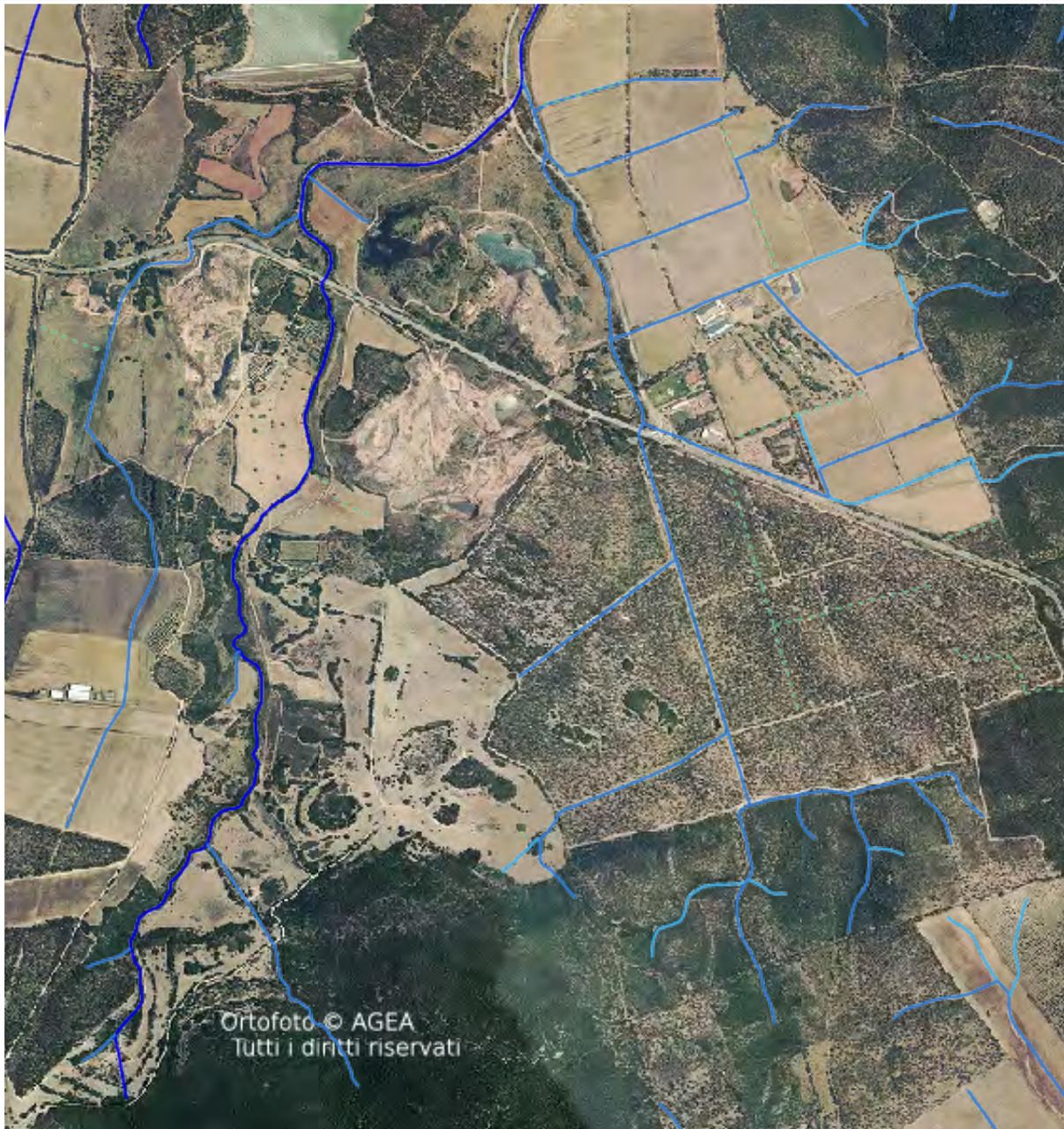


Figura 11 – reticolo idrografico nell'area di progetto

Per la descrizione dei caratteri idrogeologici dell'area si è fatto riferimento all'analisi idrogeologica utilizzata per la stesura del Piano Tutela Acque della Regione Sardegna nella quale i singoli acquiferi sono stati accorpati per litologie simili, caratteristiche idrogeologiche sostanzialmente omogenee e per area geografica di appartenenza. Il settore si caratterizza dal punto di vista idrogeologico per i seguenti acquiferi:

□ Acquifero Alluvionale Plio-Quaternario del Cixerri

Questo complesso è a sua volta costituito da più unità distinte delle quali nell'area di interesse si rinviene l'Unità delle Alluvioni Plio-Quaternarie. Si tratta di depositi alluvionali conglomeratici e arenacei, argillosi. Permeabilità per porosità complessiva medio-bassa; localmente medio-alta nei livelli a matrice più grossolana.



□ **Acquifero delle vulcaniti Oligo-Mioceniche del Cixerri**

Costituito da vulcaniti si caratterizza per una permeabilità medio - bassa per fratturazione.

□ **Acquifero Detritico Carbonatica Eocenica del Cixerri**

Questo acquifero, costituito dai depositi eocenici della Formazione del Cixerri si caratterizza per una bassa permeabilità per porosità (praticamente nulla).

□ **Acquifero Metamorfico Inferiore del Paleozoico**

Come per l'acquifero vulcanico anche quello metamorfico è caratterizzato da permeabilità medio bassa per fratturazione.

In quest'area i pozzi sono scarsi di numero, poco produttivi e sovente con acqua ad elevato residuo fisso.

Per quanto riguarda il Riu Cixerri l'andamento delle curve non è ben marcato, sono infatti ridotte le relazioni tra il corso d'acqua e la falda, fatto questo da far risalire alla esigua potenza dei sedimenti quaternari sede dell'acquifero.

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)

Questi suoli si trovano lungo le piane alluvionali e gli alvei dei corsi d'acqua principali, come lungo il Riu Cixerri, il Flumini Mannu, il Rio Mannu e di quelli di minore importanza. Presentano un profilo poco sviluppato e di spessore ridotto, del tipo A-C, a causa della breve evoluzione pedogenetica subita. Le caratteristiche granulometriche variano in relazione alle litologie da cui hanno preso origine; pertanto si riscontrano suoli a tessitura franco-sabbioso-argillosa, argilloso-sabbiosa ed argillosa. I suoli risentono, nei loro caratteri principali, gli effetti dell'idromorfia derivante dall'oscillazione del livello di falda o dall'inondazione temporanea durante i periodi più piovosi. Infatti la loro utilizzazione è limitata e legata anche ad interventi di bonifica.

Suoli sui paesaggi alluvionali olocenici terrazzati (bn)

Si tratta di sedimenti piuttosto giovani, con profilo poco sviluppato ma talvolta approfondito. Hanno caratteristiche variabili in funzione della granulometria dei depositi dai quali derivano: sui sedimenti ghiaiosi o ghiaioso-sabbiosi, come avviene nella valle del Cixerri e per la maggior parte di quella del Rio Flumini Mannu, i suoli hanno elevato tenore in scheletro ed una permeabilità generalmente elevata: si tratta dei Typic Xerofluvents (Eutric Fluvisols) con profilo A-C e profondi circa 1 m. Si adattano generalmente a tutte le colture che necessitano di suoli ben drenati. Su sedimenti più fini, i suoli, Typic Haploxererts, sono piuttosto profondi e contengono un elevato contenuto in argilla che, nei periodi estivi, determina la formazione di fessure, profonde anche 20 cm. Sono più idonei a colture erbacee piuttosto che per quelle arboree.

Suoli sui paesaggi alluvionali pleistocenici (PVM)



I suoli evolutisi su questi sedimenti hanno subito l'influenza di processi di lisciviazione ed illuviazione più o meno intensi, che hanno generato un orizzonte illuviale, con conseguenti ristagni periodici d'acqua. Hanno profilo A-B2t-C, con elevata presenza di scheletro superficiale, specie nei terrazzi più alti. Sono classificabili come Typic Palexeralf (Orthic Luvisols) e Aquic Palexeralf (Eutric e Dystric Planosols); i primi presentano tessitura franca e sabbioso-franca negli orizzonti superficiali ed argillo-sabbiosa ed argillosa in quelli più profondi. Ne consegue che la permeabilità varia con la profondità, passando da normale a lenta o a molto lenta. Dove i suoli hanno subito fenomeni di lisciviazione più intensi, Palexeralf acquici, presentano minore permeabilità ed un conseguente drenaggio da lento ad impedito. In generale i Palexeralf presentano una suscettività per l'agricoltura da media a scarsa e talvolta sono necessari interventi per migliorarne il drenaggio; da cui la necessità di opere di bonifica idraulica per evitare inutili e dannosi ristagni idrici. 3.1.4. - Suoli sui paesaggi delle vulcaniti terziarie (SQA, SXN e PBN) I suoli che si sviluppano sulle vulcaniti terziarie (piroclastiti andesitiche e ammassi lavici andesitico-dacitici) hanno caratteristiche differenti in relazione al diverso grado di compattezza e alterazione ed alla composizione della roccia stessa.

I suoli evolutisi su questi sedimenti hanno subito l'influenza di processi di lisciviazione ed illuviazione più o meno intensi, che hanno generato un orizzonte illuviale, con conseguenti ristagni periodici d'acqua. Hanno profilo A-B2t-C, con elevata presenza di scheletro superficiale, specie nei terrazzi più alti. Sono classificabili come Typic Palexeralf (Orthic Luvisols) e Aquic Palexeralf (Eutric e Dystric Planosols); i primi presentano tessitura franca e sabbiosofranca negli orizzonti superficiali ed argillo-sabbiosa ed argillosa in quelli più profondi. Ne consegue che la permeabilità varia con la profondità, passando da normale a lenta o a molto lenta. Dove i suoli hanno subito fenomeni di lisciviazione più intensi, Palexeralf acquici, presentano minore permeabilità ed un conseguente drenaggio da lento ad impedito. In generale i Palexeralf presentano una suscettività per l'agricoltura da media a scarsa e talvolta sono necessari interventi per migliorarne il drenaggio; da cui la necessità di opere di bonifica idraulica per evitare inutili e dannosi ristagni idrici

Suoli sui paesaggi delle vulcaniti terziarie (PBN)

I suoli che si sviluppano sulle vulcaniti terziarie (piroclastiti andesitiche e ammassi lavici andesitico- dacitici) hanno caratteristiche differenti in relazione al diverso grado di compattezza e alterazione ed alla composizione della roccia stessa. In genere sulle andesiti in giacitura subvulcanica si può parlare di una associazione di suoli, tipica di queste rocce, che parte dalla roccia affiorante, (Rock Outcrop) frequente nella sommità delle colline e nelle aree a forte pendenza dove più evidenti risultano i processi di erosione. I suoli che riescono a formarsi, sempre in aree piuttosto limitate e con minore pendenza, sono classificabili come Lythic Xerorthents (Lithosols). Si tratta di suoli moderatamente profondi, fino a circa 50 cm, con profilo A-C; hanno normalmente tessitura franco- sabbiosa con buone caratteristiche drenanti. Questi suoli sono ben sviluppati ad W ed a NW dell'invaso del Cixerri. Sui prodotti piroclastici si hanno invece i Typic Xerochrepts (Eutric Cambisols), a profilo A-Bw-C, moderatamente profondi e con tessitura franco- abbiosaargillosa, che implica un drenaggio da normale a lento; questi suoli sono piuttosto diffusi da Siliqua verso NW ed a NE di Vallermosa. Le principali limitazioni d'uso sono legate allo scarso drenaggio, alla forte erosione ed allo spessore spesso molto modesto.

Suoli sui paesaggi dei sedimenti paleogenici (CIX)

Si tratta di suoli impostatisi principalmente sulla formazione del Cixerri. Sono suoli classificabili come Typic Xerorthents (Eutric, Dystric, Calcaric Regosols) e Lithic Xerorthents (Lithosols), a profilo A-C e subordinatamente A-Bw-C; il profilo è generalmente di debole spessore, diventando più profondo, fino a circa 50 cm, alla base dei rilievi. Presentano



permeabilità variabile in funzione del contenuto in scheletro ed argilla, generalmente piuttosto abbondante. Data la morfologia ondulata e la scarsa permeabilità sono soggetti ad intensi fenomeni erosivi, per cui necessitano di opportune sistemazioni idrauliche.

Suoli sui paesaggi dei metasedimenti silico-clastici paleozoici (SVI)

Queste rocce sono piuttosto diffuse nei settori nord-occidentali e sud-occidentali del Foglio. Si tratta di suoli classificabili come *Lithic, Typic Xerochrepts (Eutric, Dystric Cambisols), Fluventic Xerochrepts (Eutric Cambisols), Lithic Xerorthents (Lithosols) e Typic Xerorthents (Eutric, Dystric, Regosols)*. Presentano un profilo A-C o A-R con spessore variabile in funzione anche della morfologia su cui si formano, infatti in aree aspre, con forti pendenze e roccia affiorante, i litosuoli risultano prevalenti. In aree collinari o subpianeggianti la vegetazione, solitamente a macchia bassa, è più rigogliosa ed anche il suolo è generalmente più evoluto, con profilo A-B w-C o A-C. Si tratta di zone molto vulnerabili, in quanto alla degradazione del suolo può seguire spesso una vera e propria desertificazione

Per quanto riguarda l'area di progetto, nel settore centrale e orientale si riscontrano sedimenti alluvionali terrazzati (bna, ghiaie e sabbie); nel settore occidentale si riscontrano aree con depositi pleistocenici (PBNb, origine lavica) intercalate ad aree con sedimentazione paleogenica (CIX, argille).

In particolare, nell'area interessata direttamente dalle opere il paesaggio è composto in buona parte da terreni a connotazione agropastorale, caratterizzati da poche aree coltivate, adibite soprattutto a colture di tipo erbaceo, in particolare foraggiere, alternate a macchia mediterranea, alberi di querce e ulivi, che hanno determinato alcune modifiche nello stato luoghi legate soprattutto alle attività di spietramento, sterro e dissodamento del terreno.

Nel settore orientale si sviluppa una vasta area di rimboschimento di alberi di eucalipto. L'analisi delle fotografie aree storiche ha consentito di documentare in questa porzione un'intensa attività di spietramento e sterro.

Il settore occidentale presenta terreni abbastanza sciolti in superficie, strutturalmente di medio impasto, caratterizzati da scarsa dotazione di sostanza organica e di elementi minerali, che ne determinano una bassa fertilità seppure mediamente profondi, con un discreto franco di coltivazione. In base alla natura dei terreni e all'eccessivo sfruttamento negli anni dei terreni dalle coltivazioni praticate e alla mancanza di acquedotti consortili, questi rivestono attualmente uno scarsissimo valore agronomico. Attualmente vengono coltivati a foraggiere



Figura 12 – terreni del settore occidentale



Figura 13 – terreni del settore occidentale



Figura 14 – terreni del settore orientale



Figura 15 – terreni del settore orientale



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. 2, a quello delle attività estrattive presenti nell'immediato intorno del proposto impianto, 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.

Sulla base del Piano Forestale Ambientale Regionale la totalità del territorio comunale di Uta rientra nel Distretto 25 – Monti del Sulcis che comprende il complesso montuoso del Sulcis ed ha un esteso sviluppo costiero da Porto Pino allo stagno di Santa Gilla.



Il Distretto è caratterizzato da una prevalenza di cenosi forestali e sclerofille, dove le specie arboree principali sono rappresentate dal leccio e dalla sughera e per le caratteristiche floristiche e vegetazionali può essere suddiviso in 2 sub-distretti:

- 25a Sub-distretto orientale, dove è ampiamente presente la serie sarda, termo-mesomediterranea del leccio con l'associazione *Prasio majoris-Quercetum ilicis*, le lianose come *Clematis cirrhosa*, *Prasium majus*, *Smilax aspera*, *Rubia peregrina*, *Lonicera implexa* e *Tamus communis* e, nelle foreste demaniali di Gutturu Mannu e Pantaleo tra i 200 e 500 metri s.l.m., è presente la serie sarda, calcifuga, termo-mesomediterranea della sughera (*Galio ciscabri-Quercetum suberis*).
- 25b Subdistretto occidentale dove è presente la serie sarda calcicola meso-supramediterranea del leccio con l'associazione *Aceri monspessulani-Quercetus ilicis*, la serie sarda, calcicola, termomediterranea del leccio con palma nana (*Prasio majoris-Quercetum ilicis* subass. *Chamaeropetosum humilis*) e, nella porzione meridionale in aree con abbondanti affioramenti rocciosi ed elevata inclinazione è ampiamente presente la serie sarda, termomediterranea del ginepro turbinato (*Oleo-Juniperetum turbinata*).

L'area vasta nella quale è prevista la realizzazione del progetto in esame rientra nel sub-distretto orientale; le comunità vegetazionali più diffuse sono costituite in prevalenza da leccete, sugherete, oleeti e ginepreti; lungo i corsi d'acqua si trovano ontaneti, saliceti, oleandreti e vegetazione riparia. Sono inoltre presenti una vegetazione arbustiva sempreverde (leccete e sugherete), garighe e praterie annuali e perenni.

La morfologia dell'area è tipicamente sub-pianeggiante e basso collinare, con rilievi che raramente superano i 250 metri; l'area ha risentito da lungo tempo di una forte pressione antropica in quanto le aree non urbanizzate e non industrializzate sono state ampiamente utilizzate per le colture agrarie intensive ed estensive, sia erbacee che orticole ed in parte per attività zootecniche.

Dai sopralluoghi effettuati nelle aree di progetto e circostanti è emerso che in generale le aree non interessate da coltivazioni o caratterizzate da semplice aratura mostrano rari esemplari arborei, fasce di impianti boschivi artificiali e frangivento ad Eucalyptus ed Acacia o vegetazione arbustiva perimetrale e/o interpodereale quali l'Acacia, lecceti, oleeti e ginepreti.

Sono presenti inoltre superfici di campi coltivati alternati ad ampie aree incolte e/o adibite al pascolo e/o al foraggio o in stato di abbandono.

Le superfici interessate da attività agricole sono caratterizzate perlopiù da piccoli appezzamenti a conduzione familiare di varia natura (orticola, oliveti, patate, frutteti etc.) in prossimità di ampie aree incolte o a foraggio.

Le aree interessate dal progetto sono, come già detto, idealmente divise in due per quanto riguarda il loro utilizzo: eucalipteto e foraggiere.

A nord sono confinate dall' SP. 2 "Pedemontana" e da una cava in esercizio, e a sud dalle aree boscate naturali che ricoprono i deboli rilievi collinari presenti. Verso est e ovest si rilevano terreni condotti come precedentemente descritto.

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



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.

L'area vasta nella quale è prevista la realizzazione delle opere in progetto individua diverse tipologie di sistemi ambientali:

- Il *sistema fluviale* che comprende gli estesi bacini idrografici del Rio Cixerri e del Riu Mannu a cui si aggiungono corsi d'acqua minori come il Rio Santa Lucia, il Rio sa Nuxedda ed il Rio Sa Murta, caratterizzati da un regime torrentizio e che svolgono importanti funzioni ecologiche sia per il loro ruolo di corridoi ecologici naturali sia in relazione alle aree di foce che individuano habitat idonei alla riproduzione e alla nidificazione di numerose specie faunistiche e avifaunistiche
- Il *sistema delle aree umide* rappresentato dalla Laguna di Santa Gilla e dalle Saline di Macchiareddu le quali si contraddistinguono sotto vari aspetti:
 - Sotto l'aspetto economico per le attività legate alla pesca lagunare tradizionale di specie ittiche pregiate come mormore, spigole, orate e muggini nonché mitili e arselle, e per le attività produttive delle saline.
 - Sotto l'aspetto faunistico, la strategica posizione geografica nel quadro delle correnti migratorie, il clima e l'abbondanza di cibo della laguna consentono la sosta e lo svernamento di numerose specie di uccelli, alcune delle quali rare ed estremamente localizzate come il Gabbiano roseo (*Larus genei*) e il Pollo sultano (*Porphyrio porphyrio*).
 - Lo Stagno di Cagliari, assieme allo Stagno di Molentargius, è attualmente uno dei sistemi umidi più importanti dell'Italia meridionale ed insulare per gli uccelli acquatici nella fase critica dello svernamento, e rappresenta il sito più rilevante in Sardegna per lo svernamento di limicoli. Inoltre ospita la principale popolazione nidificante in Italia di Fenicottero (*Phoenicopterus roseus*) che da anni sceglie il sito come abituale luogo di nidificazione, e i cui pulli sono annualmente sottoposti alle operazioni di inanellamento, ma riveste un ruolo importante per la riproduzione di numerosi altri uccelli acquatici di interesse.
- *sistema montano del Gutturu Mannu* - Nel sistema montano ricade parte del SIC "Foresta di Monte Arcosu", che rappresenta un ambito di grande valore naturalistico soprattutto in relazione alla presenza di specie endemiche tra le più rappresentative della fauna sarda come il Cervo sardo (*Cervus elaphus corsicanus*), l'Astore sardo (*Accipiter gentilis arrigonii*) e il Geotritone (*Speleomantes genei*).
- *sistema agricolo* – si estende prevalentemente a nord dei Fiumi Riu Mannu e Rio Cixerri e, pur non essendo un sistema naturale, rappresenta un importante fattore ambientale e paesaggistico legato in particolare alle siepi e ai filari che costituiscono una via privilegiata di passaggio, migrazione e rifugio per molte specie animali, sia vertebrati che



invertebrati, soprattutto insetti. I seminativi, le zone prative e le colture specializzate rappresentano inoltre aree di caccia per piccoli vertebrati, in particolare rettili e uccelli.

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.

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

Lo stesso vale per le opere di connessione nel loro complesso.

Le aree protette più prossime all'area di impianto rilevabili sono:

- SIC ITB041105 Foresta di Monte Arcosu – 800 m a ovest dell'impianto FV
- Parco Regionale del Sulcis – 3,5 km a sud dell'impianto FV
- ZPS ITB044009 Foresta di Monte Arcosu – 6 km a sud dell'impianto FV
- SIC ITB040023 Stagno di Cagliari, Saline di Macchiareddu, Laguna di Santa Gilla – 8 km a est dell'impianto FV – 500 m a est della SE
- Riserva Naturale Santa Gilla – 8 km a est dell'impianto FV
- ZPS ITB044003 Stagno di Cagliari – 9 km a est dell'impianto FV – 2 km a est della SE



Figura 16 – aree a tutela naturalistica nell'area vasta



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 (settore orientale) ad aree soggette a tutela naturalistica.

Negli areali in prossimità a quelli di intervento si rileva la presenza perlopiù di aree agricole frammentate o incolte o con scarsa vegetazione autoctona a causa dell'intensa attività antropica esercitata ma è stato comunque tenuto in considerazione il potenziale areale di distribuzione di molte delle specie interessate da regimi di tutela a livello internazionale, nazionale e regionale e le possibili interferenze con l'area di progetto per riproduzione, alimentazione, sosta o riparo.

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 (Hieraetus 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 avocetta) Occhione (Burhinus oedipnemus) Pernice di mare (Glareola pratincola) 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 (*Haliaetus 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 (*Dermodochelys 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: Euproto sardo (*Euproctus platycephalus*) Geotritone dell'Iglesiente (*Speleomantes genei*) Geotritone imperiale (*Speleomantes imperialis*) Geotritone del Supramonte (*Speleomantes supramontis*) Geotritone del Monte Albo (*Speleomantes flavus*) Discoglossò 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 (CVF), strumento per la pianificazione faunistico venatoria che suddivide il territorio regionale in aree omogenee, in ciascuna delle quali vengono indicate le specie tipiche presenti, la relativa vocazione faunistica, gli areali di distribuzione, le consistenze, le dinamiche, le idoneità ambientali gli impatti attuali 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 del SIC ITB040023 "Stagno di Cagliari, Saline di Macchiareddu e Laguna di Santa Gilla", utilizzato per svernare da un numero rilevante di esemplari di uccelli acquatici.

In merito all'avifauna migratoria di interesse venatorio, nell'area dove è prevista la realizzazione dell'impianto fotovoltaico non sono state riscontrate criticità infatti, tra le azioni mirate alla tutela di Turdidi, viene indicata l'implementazione della rete esistente di aree sottoposte a regime di protezione della fauna negli ambiti costieri dislocati nella fascia orientale (Salto di Quirra, Golfo di Orosei, Gallura), a distanza tale dalle opere in progetto da non rilevare alcuna interferenza.



Dalle conclusioni dello studio in merito agli ungulati selvatici è emerso che nessuna delle tre specie di ungulati - Cervo sardo, Daino e Muflone - d'interesse conservazionistico è presente nell'area in cui è prevista la realizzazione dell'impianto fotovoltaico o nel suo immediato intorno.

Dalle conclusioni dello studio sulla fauna stanziale è emerso che le aree di progetto non costituiscono un habitat particolarmente idoneo per le specie d'interesse conservazionistico e/o venatorio della Pernice sarda mentre l'habitat risulta idoneo per il Coniglio selvatico e la Lepre sarda.

Per quanto riguarda la classe dei rettili e degli anfibi, in considerazione della presenza degli habitat delle aree di progetto e di area vasta si ritiene che l'areale di distribuzione sia ampio e quindi diffuso in gran parte del territorio regionale.

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 delle Unità fisiografiche dei paesaggi italiani, il progetto ricade:

- in minor parte (porzione orientale dei terreni di progetto) nell'unità di paesaggio "Colline vulcaniche nella Piana di Cagliari" – tipo di paesaggio TVm "Paesaggio collinare vulcanico con tavolati"



L'unità di paesaggio è riferita all'area collinare che si erge ad NW di Cagliari, e si affaccia nella piana del Campidano. Il rilievo si presenta collinare con forme incise nelle litologie vulcaniche in cui si osservano forme dolci ed arrotondate e superfici di spianamento. Il rilievo presenta quote di 200 m circa (222 m la quota più elevata). L'energia di rilievo è bassa. I litotipi affioranti sono di natura vulcanica: lave, ignimbriti e piroclastiti (riodaciti, rioliti, lipariti e comenditi). Il reticolo idrografico è assente e dato da piccoli torrenti lambiscono l'unità ad andamento E-W e NE-SW (Torrente Salamida). La copertura del suolo è data da territori agricoli, vegetazione arbustiva, costituita da macchia mediterranea prevalentemente aperta, e/o erbacea. Al suo interno, il tipo di paesaggio "Paesaggio collinare vulcanico con tavolati" presenta le caratteristiche di seguito riportate:

- *Descrizione sintetica*: tavolati e rilievi collinari con forme coniche, tabulari o a sommità arrotondata, originati da attività vulcanica.
- *Altimetria*: fino ad alcune centinaia di metri.
- *Energia del rilievo*: media, alta.
- *Litotipi principali*: lave, piroclastiti. In subordine: travertini, argille, limi, sabbie.
- *Reticolo idrografico*: centrifugo, parallelo, dendritico. Componenti fisico morfologiche: sommità arrotondata, plateau, cono, caldera, crateri, forre, valli a "V". In subordine: bacini lacustri subcircolari e piane alluvionali ospitati nelle depressioni calderiche e crateriche, plateau travertinosi, calanchi, plateau vulcanici alla sommità di depositi argillosi, fasce detritiche di versante.
- *Copertura del suolo prevalente*: boschi, territori agricoli, vegetazione arbustiva e/o erbacea.

- in maggior parte (porzioni centrale e occidentale dei terreni di progetto) nell'unità di paesaggio "Piana di Iglesias" – tipo di paesaggio Cs "Paesaggio a colli isolati".

L'unità di paesaggio è riferita alla pianura in cui emergono piccoli colli e rilievi, di forma allungata o sub circolare, alti di alcune decine di metri, separati da aree debolmente ondulate; la piana attraversa trasversalmente la Sardegna meridionale, allungata in direzione circa E-W, dalla città di Iglesias, fino a fondersi con la piana del Campidano, per una lunghezza di circa 40 km. La pianura è estesa tra i paesaggi collinari che bordano la costa sud occidentale ed il rilievo cristallino della Sardegna centro meridionale. Si presenta con fondovalle piatto o leggermente ondulato, ampio 8-10 km, è caratterizzata da una serie di torrenti ad andamento intrecciato con un'asta principale (Torrente Cixerri). Comprende anche piccole pianure di fondovalle di alcuni torrenti minori, affluenti di destra o di sinistra, ortogonali alla valle principale. Le quote degradano da circa 140-150 m nella parte alta e centrale della piana a circa 10 m in corrispondenza delle due linee di costa a SE e S della Sardegna. L'energia del rilievo è estremamente bassa. All'interno della valle sono presenti numerosi laghetti, stagni, paludi e laghi costieri in prossimità della piana costiera, aree golenali, terrazzi fluviali, conoidi alluvionali. Le litologie prevalenti sono argille, limi, sabbie, ghiaie, arenarie, conglomerati. L'idrografia è caratterizzata dalla presenza di un torrente principale, Torrente Cixerri, con portata stagionale, ed una serie di piccoli corsi d'acqua che confluiscono costituendo una complicata rete a canali intrecciati; alcune aree della piana sono paludose ed interessate da interventi di bonifica. L'uso del suolo è fondamentalmente agricolo, soprattutto seminativo irriguo. Nella parte più nord-occidentale dell'unità è ubicata la Città di Cagliari, che costituisce una zona a urbanizzazione diffusa. Inoltre la valle è sede di alcune attività estrattive, vie di



comunicazione e relative infrastrutture. Al suo interno, il tipo di paesaggio “Paesaggio a colli isolati” presenta le caratteristiche di seguito riportate:

- *Descrizione sintetica*: gruppo di rilievi collinari strutturati in colli isolati, separati l'uno dall'altro da aree pianeggianti o debolmente ondulate topograficamente più basse.
- *Altimetria*: ordine di grandezza delle centinaia di metri.
- *Energia del rilievo*: media.
- *Litotipi principali*: variabili, a comportamento litoide rilievi collinari, a comportamento terrigeno le aree più basse.
- *Reticolo idrografico*: poco sviluppato sui rilievi collinari e generalmente sviluppato nelle aree più basse; pattern variabile. Componenti fisico morfologiche: cime, versanti generalmente a media acclività, falde detritico alluvio colluviali, valli di forma variabile, piane e terrazzi alluvionali.
- *Copertura del suolo prevalente*: agricola e boschiva, in subordine vegetazione erbacea e arbustiva.

Nella carta Habitat regionali, il progetto ricade:

- in parte (porzione orientale dei terreni di progetto) nell'Habitat: 83.322 - Piantagioni di eucalipti. Si tratta di piantagioni a Eucalyptus, specie alloctona a rapido accrescimento mirate al recupero di aree degradate o alla produzione di materiale legnoso per l'industria cartaria. La specie si trova spesso ai margini stradali o in prossimità dei litorali a coste basse. L'Habitat non presenta potenziale flora a rischio, ed è caratterizzato da valori degli indici:

Valore Ecologico: Bassa

Sensibilità Ecologica: Molto bassa

Pressione Antropica: Media

Fragilità Ambientale: Molto bassa

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

- in parte (porzione occidentale dei terreni di progetto) in parte (porzione orientale dei terreni di progetto) nell'Habitat: 83.322 - Piantagioni di eucalipti.

Si tratta di formazioni subantropiche a terofite mediterranee che formano stadi pionieri spesso molto estesi su suoli ricchi in nutrienti influenzati da passate pratiche colturali o pascolo intensivo. Sono ricche in specie dei generi Bromus, Triticum sp.pl. e Vulpia sp.pl. Si tratta di formazioni ruderali più che di prati pascoli. L'Habitat non presenta potenziale flora a rischio, ed è caratterizzato da valori degli indici:

Valore Ecologico: Media

Sensibilità Ecologica: Bassa

Pressione Antropica: Media

Fragilità Ambientale: Bassa



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

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

Gli elementi strutturali del paesaggio con riferimento all'ambito territoriale in cui è collocata l'area d'intervento sono definiti dalla interrelazione di tre principali sistemi: i sistemi costieri, le grandi zone umide e il sistema dei colli, sui quali si è plasmato il sistema insediativo della città di Cagliari.

Il territorio d'area vasta in cui è prevista la realizzazione del progetto è attualmente caratterizzato da una configurazione fortemente antropizzata, dovuta allo sviluppo urbano e industriale delle terre a ridosso della laguna, dalla configurazione prettamente agricola del retroterra lagunare e dalle saline che occupano una superficie di circa 2.750 ettari, ripartiti in vasche salanti e bacini evaporanti.

Nella fascia circostante gli stagni di Cagliari e Santa Gilla sono insediati importanti complessi industriali, concentrati soprattutto nell'agglomerato di Macchiareddu, che interessa il territorio comunale di Assemini, Capoterra e Uta ed è delimitato a sud-ovest dai Monti di Capoterra, dal Golfo di Cagliari a sud e dallo Stagno di Santa Gilla a est.

La zona industriale si estende su un'area di circa 8.200 ettari, ad una altitudine media di circa 20 metri s.l.m., di cui circa 3.700 sono occupati da attività produttive (grandi, piccole e medie industrie e attività di servizio alla produzione) che fanno capo ad oltre 130 imprese.

La specializzazione settoriale e tecnologica è riconducibile al settore petrolchimico, chimica di base, meccanica fine, carpenteria metallica, servizi all'industria, industria manifatturiera e di alta specializzazione tecnologica.

L'area è servita sia dal porto industriale di Cagliari, sia da una rete viaria interna di circa 35 Km; risulta facilmente collegata all'aeroporto di Cagliari - Elmas, alla città di Cagliari, al polo chimico di Sarroch ed ai principali nodi stradali della Sardegna meridionale.

La zona ovest della città di Cagliari interessa direttamente la sponda orientale della laguna dove grandi interventi di bonifica hanno fatto posto ad industrie ed insediamenti urbani, che hanno consentito l'espansione del porto commerciale e delle infrastrutture ferroviarie.

La zona nel suo complesso presenta elementi di notevole interesse sia dal punto di vista naturalistico che culturale:

- gli stagni di Santa Gilla - costituiscono un'importante oasi per molte rare specie di uccelli, come fenicotteri rosa, polli sultani, falchi di palude, avocette e garzette;



- l'oasi di Gutturu Mannu e le Saline di Santa Gilla - circondate da lentischi, lecci, cisti, eriche, oleandri e carrube.

Originariamente comune a vocazione prettamente agricola, Uta ha conservato nel tempo tale attività variando la tipologia delle colture e le tecniche di lavorazione.

Si è passati conseguentemente ad un' agricoltura di tipo intensivo, soprattutto con coltivazioni nelle serre, in cui il pomodoro risulta essere uno dei prodotti principali, assieme ad altri ortaggi.

Particolare importanza, nella coltivazione a campo aperto, riveste la produzione del carciofo spinoso.

Nel territorio comunale inoltre operano alcune aziende vivaistiche e specializzate nella floricoltura e centri di allevamento fauna per ripopolamento.

Per quanto riguarda il settore zootecnico, sono presenti nel territorio numerose aziende per l'allevamento di ovini e diversi allevamenti di bovini e suini.

Nel corso dell'ultimo decennio intercensuario dell'agricoltura nel Comune di Uta la dimensione media delle aziende agricole cresce in misura pressoché analoga rispetto a quanto rilevato in ambito provinciale, mantenendosi inferiore rispetto al dato medio regionale, con una superficie agricola utilizzata media delle aziende pari a poco meno di 17 ettari nel 2010.

Nel corso dell'ultimo decennio intercensuario a Uta decresce in misura significativa (-76%) la superficie utilizzata per boschi annessi ad aziende agricole, con una riduzione pari a quasi 3,2 mila ettari; supera rispettivamente il 57% e il 41% la contrazione della superficie destinata ad arboricoltura da legno annessa ad aziende agricole e alle coltivazioni legnose agrarie.

Viceversa, nello stesso periodo cresce significativamente la superficie destinata a prati permanenti e pascoli, che passa da 845 a quasi 2 mila ettari.

Nelle aziende zootecniche del Comune di Uta nel corso dell'ultimo decennio intercensuario si registra un incremento del numero di capi ovini e bovini allevati; nel corso dell'annata agraria 2009/2010, sono più di 15,5 mila i capi ovini allevati dalle aziende zootecniche ubicate nel territorio comunale di Uta.

L'area di progetto è da molti anni utilizzata in parte come foraggera e pascolo (parte occidentale dell'impianto), in parte come piantagione intensiva di eucalipto (parte orientale).

L'eucalipteto in origine è stato utilizzato per produrre legna da ardere, con 13 anni per il primo ciclo gamico e 8 anni per i successivi 3/4 cicli gamici; negli ultimi anni la produzione della piantagione è stata destinata ad centrale a biomasse sita nella limitrofa zona industriale Macchiareddu, e la frequenza di taglio è passata 4 anni.

L'area di impianto si colloca nella porzione estrema ovest della piana che origina da Iglesias e arriva alla piana di Cagliari, ed è delimitata sui lati sud e est da una successione di modesti rilievi (colli di altezza compresa indicativamente tra 150 e 200 m) ricoperti da aree boscate, mentre il lato nord è delimitato dal lago del Cixerri.

Questo è un grande lago artificiale creato a seguito della costruzione di una diga sull'omonimo fiume Cixerri (un grande affluente del Riu Mannu con il quale arriva a sfociare a Cagliari a livello dello Stagno di Santa Gilla).

I terreni di progetto hanno una forma pressoché regolare, specialmente nel settore orientale occupato dall'eucalipteto.



Il punto di massima larghezza misura circa 900 m, mentre la lunghezza massima è di circa 2.000 m. La morfologia è debolmente ondulata, con le porzioni estremali nelle direzioni est, ovest o nord a quote variabili indicativamente fra 70 e 80 m, mentre le parti interne sono a quote più depresse, indicativamente tra 50 e 60 m, con l'intercalazione di modesti rialzi sia lineari (dorsi, creste) che puntuali (dossi, collinette).

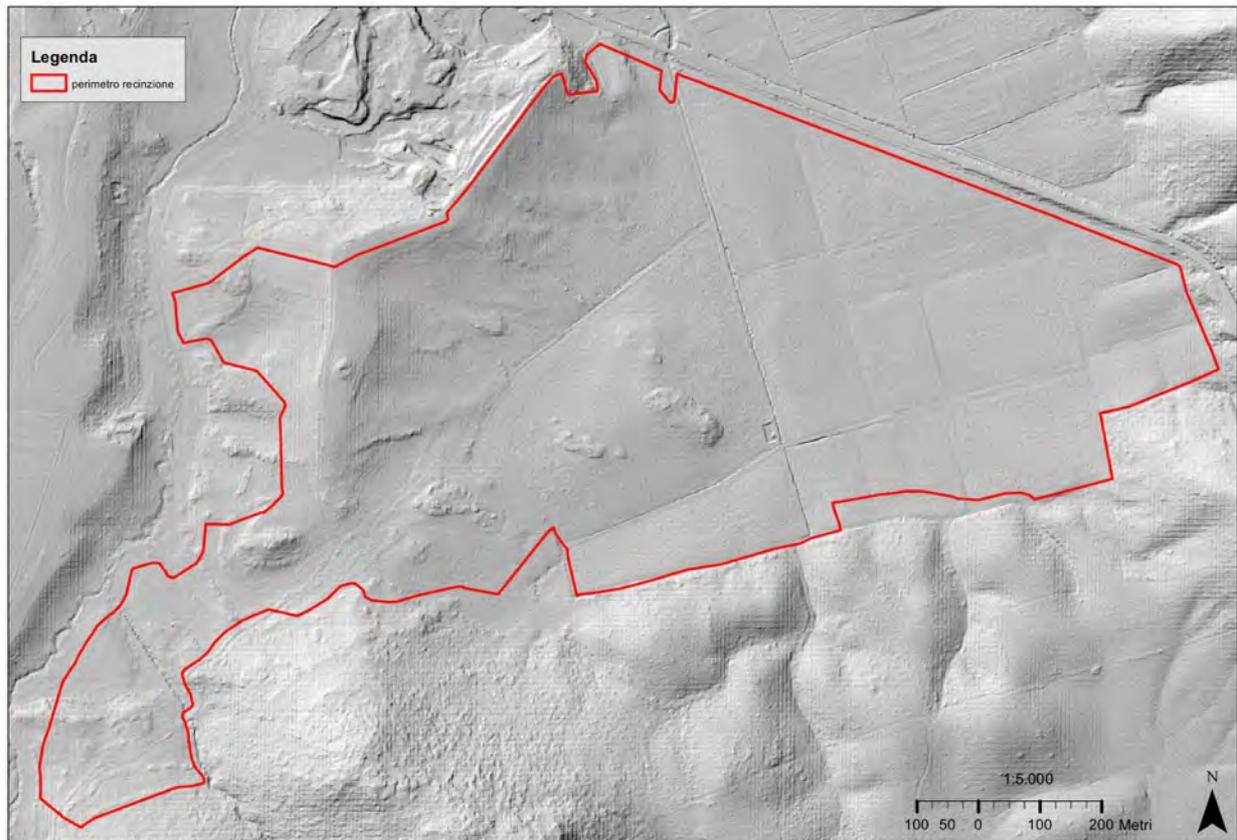


Figura 17 –morfologia di dettaglio dell'area di progetto

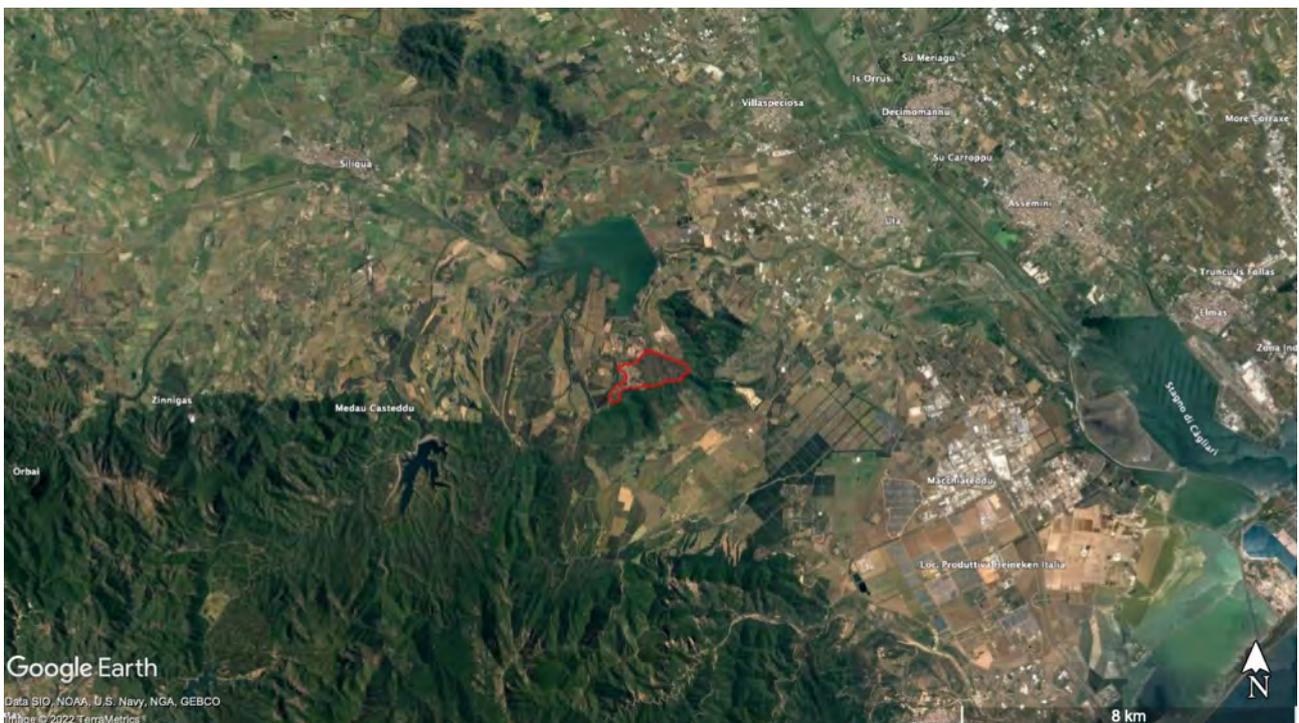


Figura 18 –elementi del paesaggio di area vasta



Figura 19 –morfologia del paesaggio di area vasta

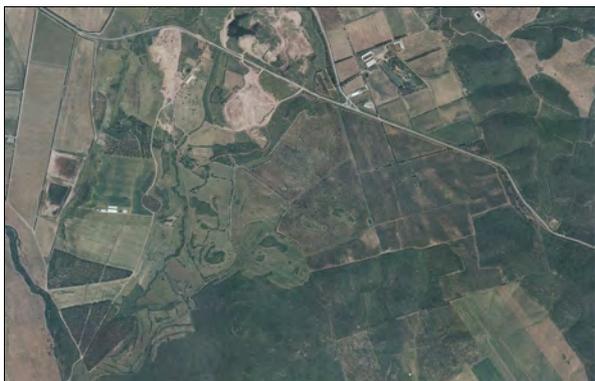


Figura 20 –foto aerea AGEA 1999



Figura 21 – foto aerea AGEA 2003



Figura 22 – foto aerea AGEA 2006



Figura 23 – foto aerea AGEA 2010



Figura 24 – foto aerea AGEA 2013



Figura 25 – foto aerea AGEA 2016



Figura 26 – foto aerea AGEA 2019



Figura 27 – foto satellitare 2022



Da un'analisi delle ortofoto carte dal 1999 al 2022 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 ovest e nord da una analogo mosaico di appezzamenti coltivati o condotti a prato-pascolo. Gli unici elementi di discontinuità sono i rilievi isolati che bordano l'area di progetto, la strada provinciale Pedemontana che scorre a nord, il lago di Cixerri e le attività estrattive presenti nelle vicinanze dell'impianto.

Verso sud una ampia fascia di rilievi montuosi, boscati, separa l'area di progetto dalla costa.

Verso est, oltre i rilievi che bordano l'impianto, si trovano aree e appezzamenti agricoli che si interrompono gradualmente in corrispondenza dell'abitato di Uta. Oltre questo, si rilevano i corsi d'acqua del Cixerri e del Flumini Mannu, che sfociano entrambi nello Stagno di Cagliari, in diretta comunicazione col mare.

Verso sud-est si leggono chiaramente i segni della grande area industriale di Cagliari (Macchiareddu), con numerose attività produttive e industriali e una alternanza di lotti già occupati da attività produttive e impianti fotovoltaici e lotti ancora liberi a conduzione agricola.

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

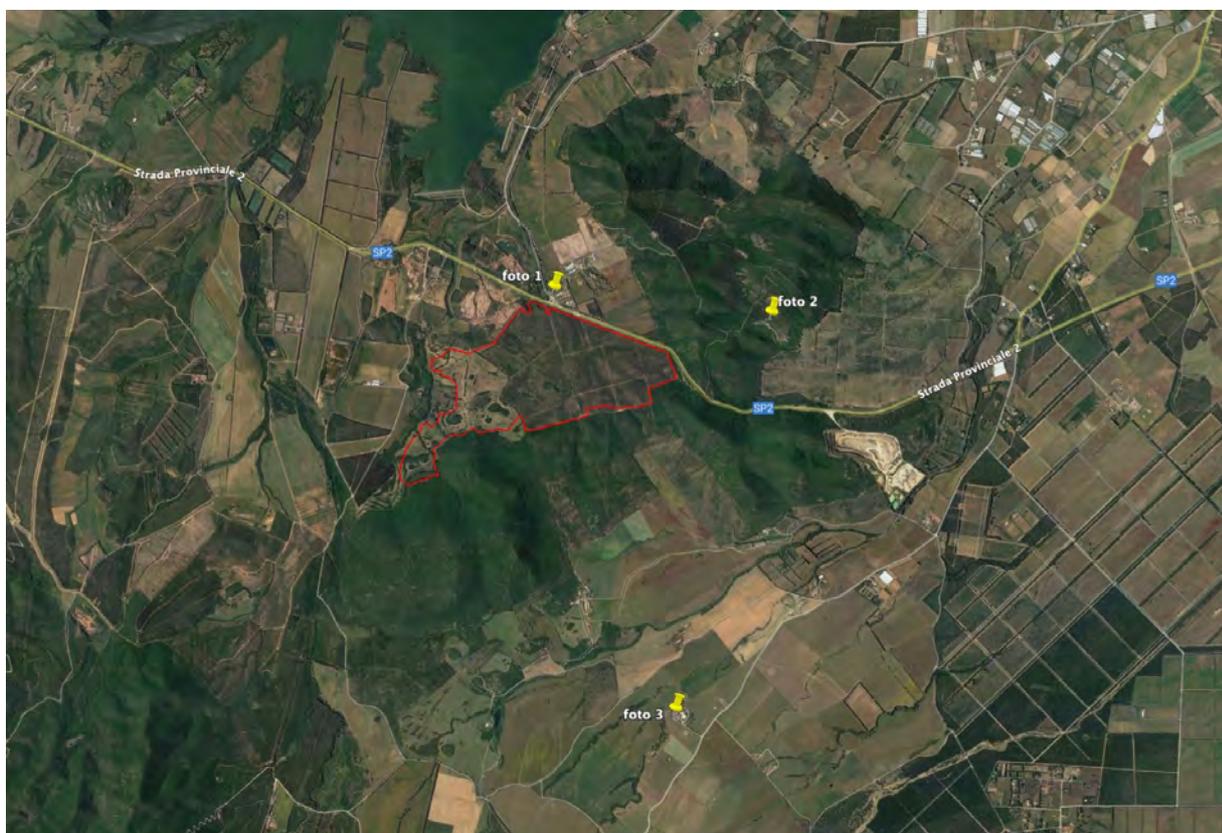


Figura 28 –ubicazione dei punti di scatto



Figura 29 –vista aerea dal punto di scatto 1 (in primo piano la SP n.2 e subito dietro l'eucalipteto)



Figura 30 –vista aerea dal punto di scatto 2 (dalle alture che bordano l'impianto verso est, con vista completa sull'area di impianto, che mostra la successione dei lotti piantumati a eucalipto e di quelli condotti a foraggiera)



Figura 31 –vista aerea dal punto di scatto 3 (dalla zona di pianura a sud dell'impianto, con sullo sfondo le alture che lo delimitano e ne impediscono la visibilità)

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, attività estrattive.

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;
- macchinari e operazioni nei siti di cava;
- circolazione di veicoli privati lungo la limitrofa strada provinciale.

Di fatto, nelle immediate vicinanze dell'area in progetto 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 attività delle



Evoluzione dell'ambiente non perturbato

Una predizione, seppure qualitativa, dell'evoluzione dello stato dell'ambiente in assenza di realizzazione del progetto dell'impianto fotovoltaico 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 dell'eucalipteto 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 CO₂ 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	Trascurabile	<i>La componente non presenta elementi di sensibilità</i>
	Bassa	<i>La componente presenta limitati elementi di sensibilità e poco rilevanti</i>
	Media	<i>La componente presenta molti elementi di sensibilità ma poco rilevanti</i>
	Alta	<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 le falde sotterranee (le profondità di scavo previste hanno una limitatissima profondità, tale da mantenere il corpo dello scavo a quota ben superiori a quelle di falda).

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 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.

Le file di pannelli prevedono un interasse dei trackers di oltre 4,00 metri e a una distanza minima tra i moduli di circa 2,00 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 di regolarizzazione dei lotti e all'eventuale espianto di esemplari arborei.

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.)
- esclusione di aree agricole di pregio paesaggistico
- 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



- progetto di reimpianto degli esemplari arborei che dovranno essere eventualmente espianati, lungo il perimetro dell'impianto ed impianto di altre specie autoctone. La presenza dei suddetti esemplari arborei esistenti e di nuovo impianto ed il mantenimento delle siepi e alberature lungo la viabilità esistente contribuiranno a non compromettere la connessione ecologica tra le aree agricole e boschive circostanti le aree di impianto e l'impianto stesso
- 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 o incolte con scarsa vegetazione autoctona a causa dell'intensa attività antropica esercitata da lungo tempo e da un'ampia zona condotta a eucalipteto, 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 fotovoltaico 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 seminate, 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 californiano 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 consentire 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.

La superficie interessata dal progetto fotovoltaico è un terreno agricolo situato nel Comune di Uta, che si estenderà su una superficie di circa 90 ettari attualmente coltivata, per più della metà, con colture arboree per legnatico del tipo *Eucalypto*, e per la restante parte condotta con foraggiere per il pascolo.

L'inizio dei lavori dell'impianto fotovoltaico in progetto sarà coordinato con i gestori dall'attuale eucalipteto, per consentire di installare il cantiere in terreni sgombri, e quindi dopo il taglio periodico previsto degli alberi per la loro utilizzazione successiva.



Si tratta di un impianto fotovoltaico 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.

In tale ottica 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
- lo sviluppo di organismi terricoli (biota)
- la diffusione e la protezione delle api selvatiche
- il 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.

In ottica di ulteriore sviluppo futuro, la produzione di foraggio dall'impianto, che si caratterizza così come agri-voltaico e di erbai intensivi nella parte rimanente dell'azienda consentirebbe di realizzare un allevamento di ovino.

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.

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.

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.

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 di eucalipto è caratterizzata da:

- Media potenzialità produttiva, tipica del territorio oggetto di studio;
- Limitato utilizzo di manodopera, in conseguenza della totale meccanizzazione;



- Ricorso a taglio periodico (13 anni per il primo ciclo gamico e 8 anni per i successivi 3/4 cicli agamici, attualmente ridotti a 4 anni) con ingente utilizzo di mezzi meccanici ed elevato impatto ambientale per la sottrazione in tempi brevi dell'intero apparato arboreo e vegetazionale in considerazione del fatto che in un bosco artificiale le piante arrivano a maturazione quasi contemporaneamente
- Utilizzo di concimi (in particolare azotati), ammendanti e antiparassitari che, dilavati parzialmente dalle piogge, contribuiscono all'inquinamento delle acque superficiali e di falda
- Utilizzo abbondante di carburanti fossili, con conseguenti emissioni, per il funzionamento dei mezzi per il taglio e trasporto della biomassa legnosa.

Il sistema agri-voltaico 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 agri-voltaico in oggetto si prevede 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.

Inoltre, è la naturale integrazione, completamento e rafforzamento dell'attuale area a pascolo che ricopre la parte occidentale dell'impianto, sia in termini agronomici che ecosistemici.

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 e le zone limitrofe all'interno della fascia di rispetto del rio.

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).

Relativamente alla gestione del sistema agri-voltaico, 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.

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 (Eucalipteto)	Coltivazione futura (Prato Polifita Permanente)
1. Occupazione (impiego di personale)	(+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. Fertilità agronomica dei terreni (contenuto di sostanza organica)	(-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 arricchiscono di sostanza organica il terreno.
3. Effetti sul sistema idrico (consumo di acqua e qualità)	(+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. Utilizzo di carburanti fossili per le macchine agricole	(+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. Biodiversità floristica e faunistica	(0) La coltivazione è condotta in monocultura (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. Margine lordo (valore economico del prodotto agricolo)	(+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. Produzione di Energia Rinnovabile	(+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: 1700 MWh/ha L'intera produzione di foraggio è inoltre destinata all'alimentazione animale per la produzione di alimenti per l'uomo.
PUNTEGGIO TOTALE	5	22

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 agri-voltaico, 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 che interessa una superficie di 90 ettari 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 finestrate. 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 perimetrali verdi, la connessione ecologica dell'intero sito, a livello locale e globale, sarà migliorata e potenziata.

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.

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.

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.



	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	
Agricoltura Conservativa								
Non lavorazione (semina su sodo) o lavorazione ridotta del terreno*	-/+	+	+		-/+	-/+	[+]	-/+
Colture di copertura*	+	[+]	+		+	+	[+]	+
Rotazione colturale*	+	+	+		+	(+)	+	+
Pratiche di lavorazione rispettose del suolo								
Consociazioni	+	+	+		+		+	-/+
Ripuntatura		(+)		(+)				-/+
Coltura secondo curve di livello	+							
Sistemazioni agrarie per la difesa del suolo								
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 33 - Effetti delle pratiche agricole sui processi di degrado del suolo in relazione all'applicazione di misure agroambientali

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...).



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.

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 nell'eucalipteto.

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 alla 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

E' 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
<u>INDICATORI FISICI</u>	
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
<u>INDICATORI CHIMICI</u>	
C e N organici totali	Combustione (metodo volumetrico)
pH	Determinazione di campo e di laboratorio con pHmetro
Conduttività elettrica	Determinazione di campo e di laboratorio con conduttimetro
N (NH ₄ e NO ₃), P e K minerali	Determinazione di campo e di laboratorio (metodo volumetrico)
<u>INDICATORI BIOLOGICI</u>	
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 CO₂ emessa). Da questi tre parametri principali misurati derivano per calcolo alcuni indici: respirazione basale (CO₂ emessa nelle 24 ore), quoziente metabolico (respirazione in funzione della quantità di biomassa microbica), quoziente di mineralizzazione (velocità di emissione di CO₂ 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_x);
- 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 _x	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 10% del materiale particolato sollevato dai lavori possa depositarsi nell'area esterna al cantiere.

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 sono 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 pressoché 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 estensivo e in parte intensivo.

In prossimità del margine nord dell'impianto corre la S.P. n.2 "Pedemontana".

In adiacenza al margine centrale nord dell'impianto, nonché a circa 100 m in direzione sud-est, insistono due aree interessate da attività estrattive.

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.

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 135.137.323,70 kWh (equivalente a 1.405,46 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:

Emissioni evitate in atmosfera di	CO ₂	SO ₂	NO _x	Polveri
Emissioni specifiche in atmosfera [g/kWh]	474	0,373	0,427	0,014
Emissioni evitate in un anno [kg]	64.055.091,43	50.406,22	57.703,64	1.891,92
Emissioni evitate in 20 anni [kg]	1.177.262.598,35	926.411,29	1.060.529,81	34.771,47

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 e della soluzione di connessione alla RTN (SEU e SE – RTN) 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 8 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		
Fase 1: Rimozione vegetazione													
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
Fase 2: Posa recinzione													
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
Fase 3: Realizzazione cabine													
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.
Fase 4: Tracciamenti													
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
Fase 5: Posa basamenti in acciaio													
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
Fase 6: Montaggio pannelli e cablaggio													
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.

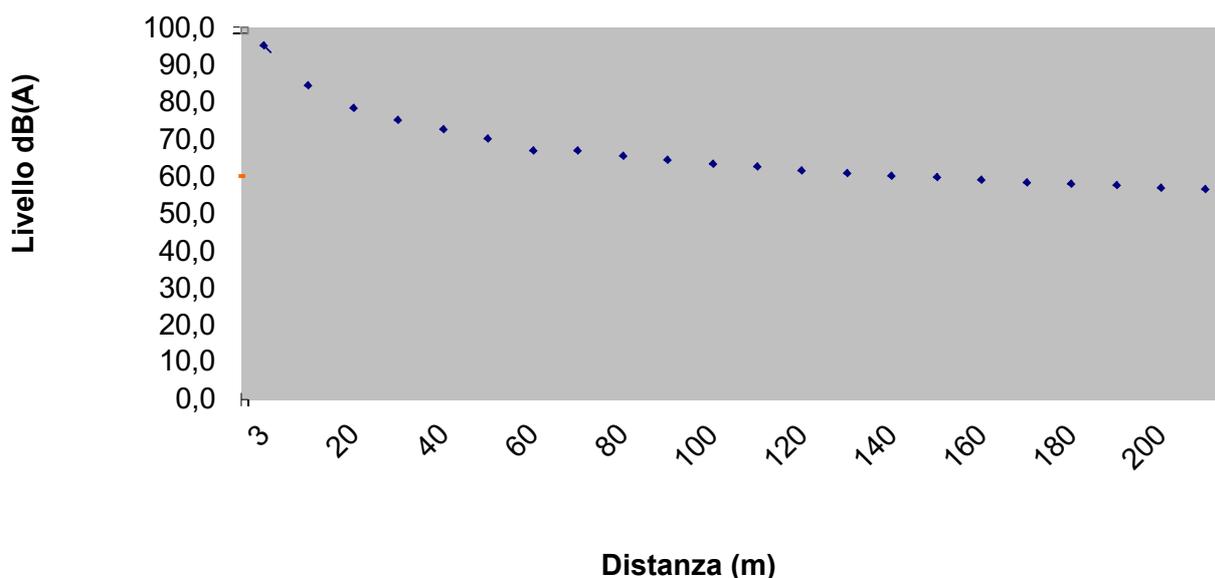
Quando sono presenti più macchine che lavorano contemporaneamente, occorre aggiungere al livello equivalente della singola macchina, riportato sopra, le quantità della tabella seguente in modo da ottenere il livello equivalente (Leq) totale:



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 cls prefabbricato, 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 dalle zonizzazioni acustiche comunali vigenti.

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° - 70°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 espresso 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:

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

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° 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% = $(0.4 * 0.29) + (0.6 * 0.26)$.

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 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.

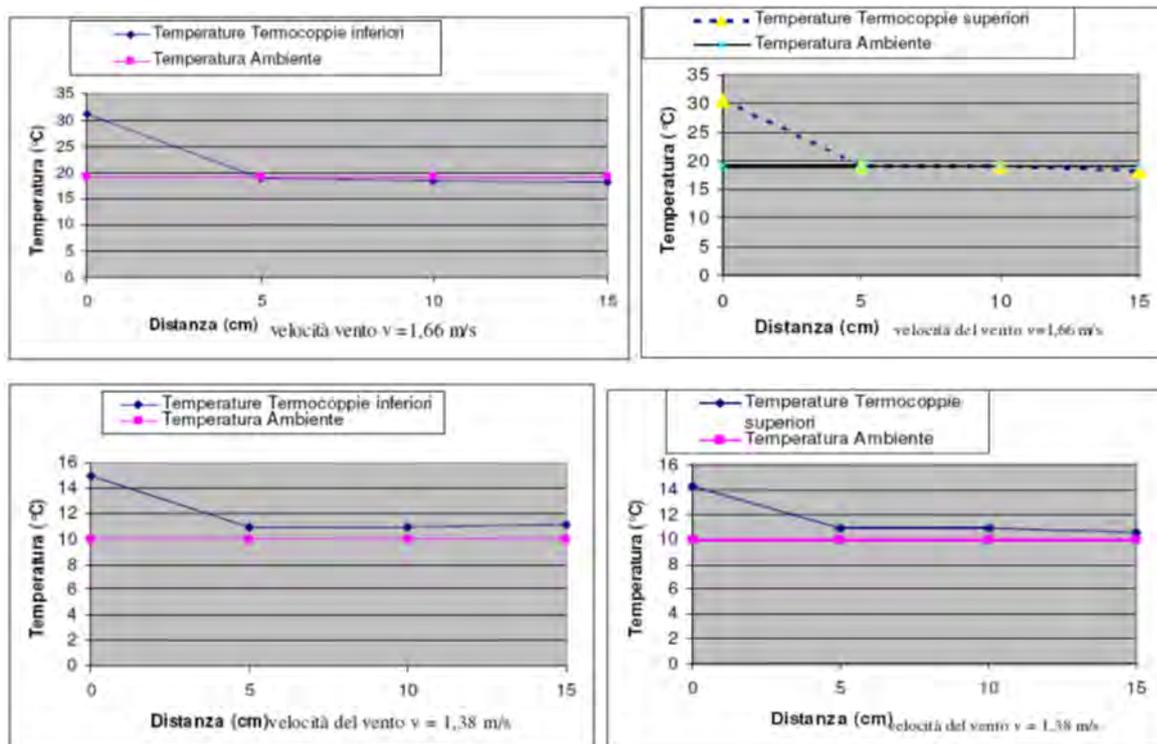
Le sonde 4 e 5 sono state installate a contatto con il pannello; in particolare la sonda 4 è stata collocata superiormente ad esso mentre la sonda 5 è stata posizionata in prossimità della faccia inferiore del pannello.

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 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 su strada provinciale e su strade sterrate locali, senza intercettare 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 rotatorie. 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 Uta 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° 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/m².

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 socio-economico

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, recinzioni, 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.

E' 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 pressochè isolato, in parte montuoso, 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 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 discontinuo, caratterizzato da una utilizzazione mista agricolo-industriale: superfici di campi coltivati, aree incolte, costruzioni rurali, fabbricati agricoli e loro pertinenze (stalle, serre...), capannoni industriali in uso o in stato di abbandono, campi fotovoltaici, oliveti.

Per la componente agricola, la discontinuità è correlata anche al frazionamento delle proprietà agricole e delle attività colturali intraprese e/o abbandonate; per la componente industriale, si rileva la presenza di attività produttive di natura e dimensioni diverse.

Anche il territorio direttamente interessato dall'intervento porta evidenza di questa discontinuità in quanto risulta contrassegnato da attività agricole caratterizzate da piccoli appezzamenti a conduzione pressoché familiare di varia natura: orticola, oliveti, patate, inframezzati da aree incolte o in stato di abbandono con rare costruzioni rurali in uso o in abbandono.

La parte antropica del paesaggio si riconduce alla presenza di isolati casali agricoli, con stalle e depositi annessi, capannoni per l'allevamento avicolo e alcuni casali a funzione prevalente agricola e a volte anche residenziale.

Gli elementi lineari che caratterizzano le visuali sono costituiti dalla viabilità locale (strade comunali e provinciali, oltre che sterrati interpoderali), dalle recinzioni di confine dei terreni e dai pali e tralici per il vettoriamento locale dell'energia elettrica, che bordeggiano le strade o attraversano gli appezzamenti per raggiungere le singole utenze.



Figura 34 – vista aerea dell'area vasta (in rosso l'area di progetto)



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, che non fossero caratterizzate da suoli ad elevata capacità d'uso o da paesaggi agrari di particolare pregio o 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.

Al fine di valutare l'intrusione visiva del campo fotovoltaico proposto, è stata realizzata una simulazione di inserimento paesaggistico che ha prodotto varie fotosimulazioni dell'opera nelle visuali più significativa 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 del campo fotovoltaico 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 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 2,8 m dal piano campagna nel punto di massima elevazione dei pannelli col tracker inclinato, e sono assemblati su un terreno debolmente ondulato.

La visibilità è condizionata, nel senso della riduzione, anche dalla topografia, 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 del parco fotovoltaico 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 fotovoltaico 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.

Tale distanza è stata scelta in quanto permette di ricomprendere nell'analisi sia le abitazioni, e più in generale gli edifici, presenti nell'intorno del progetto, sia i percorsi a valenza panoramica ricadenti in vicinanza dell'area di progetto (gli unici rilevabili sono la SP n. 2 "Pedemontana", che scorre 30 m a nord di uno dei lotti del progetto), sia il centro abitato di Uta e relative frazioni.

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 GDBT al 2020.

Gli elementi vettoriali considerati del GDBT 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)
- 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 queste dipendente, nonché della curvatura terrestre.

Come altezza della sorgente è stata scelta la quota massima del pannello in fase di esercizio, pari a circa 2,7 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 GDBT 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 (muri, pali e tralicci, cartelloni e segnaletica verticale, etc...)
- 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.

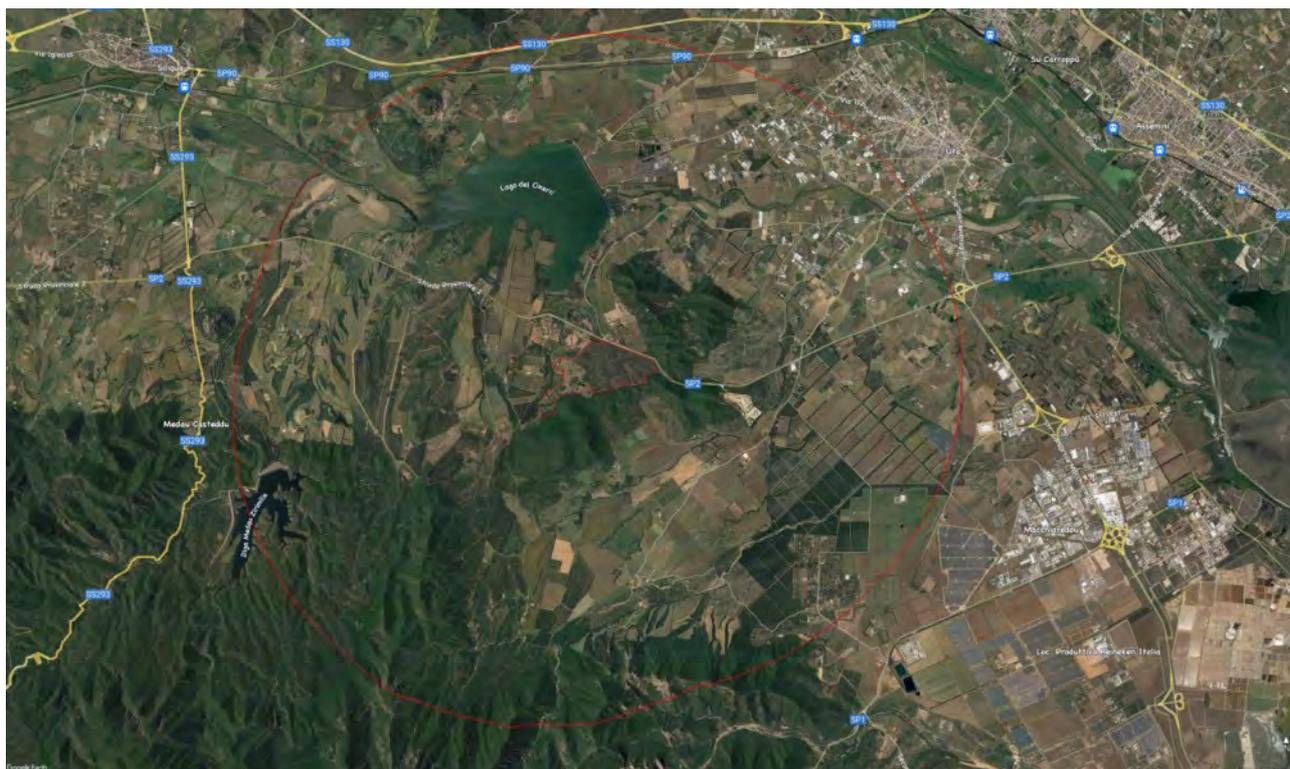


Figura 35 – area di impianto e buffer 5 km (Area di Impatto Potenziale)

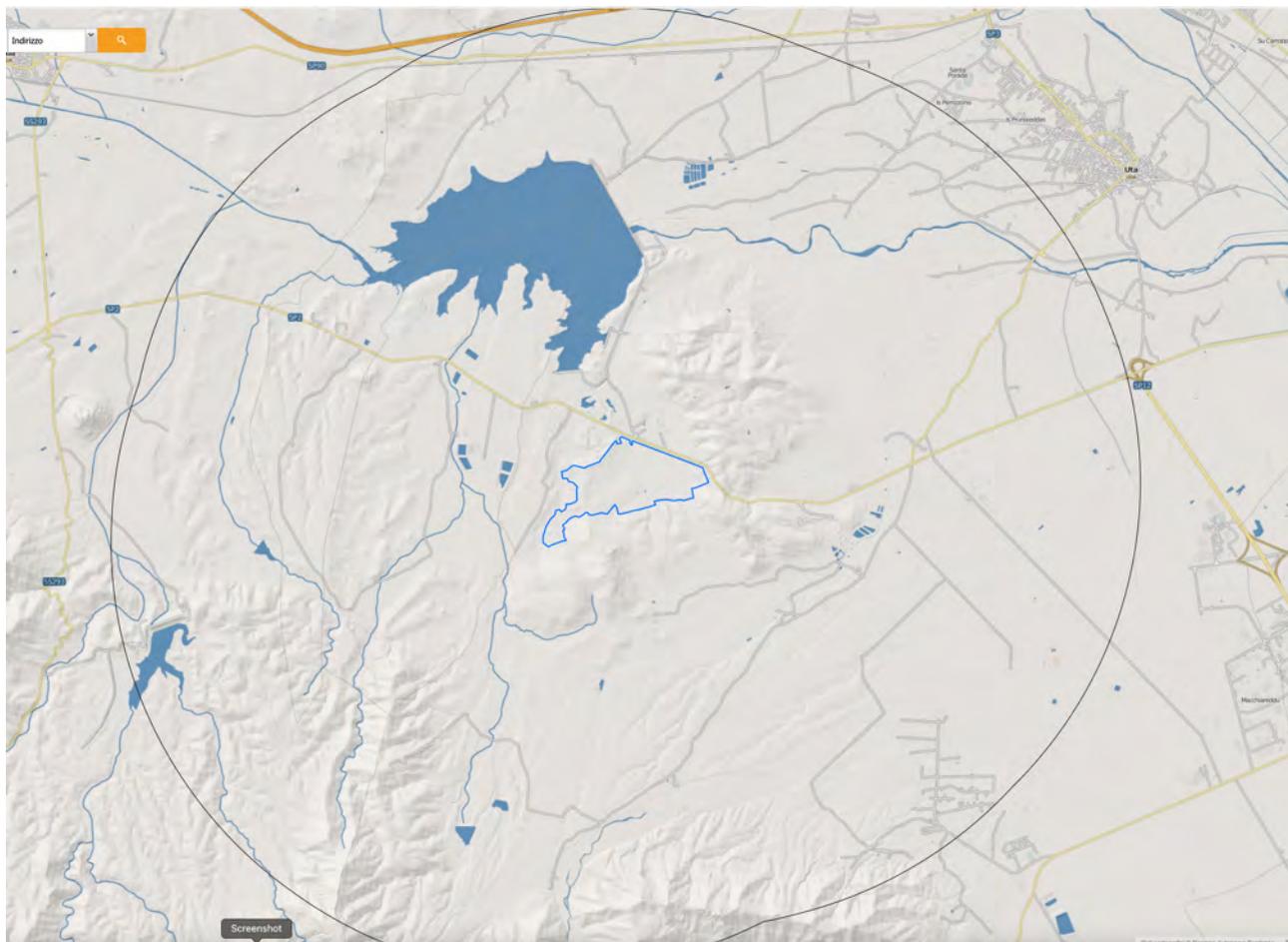


Figura 36 – elementi geomorfologici e territoriale (GDBT)

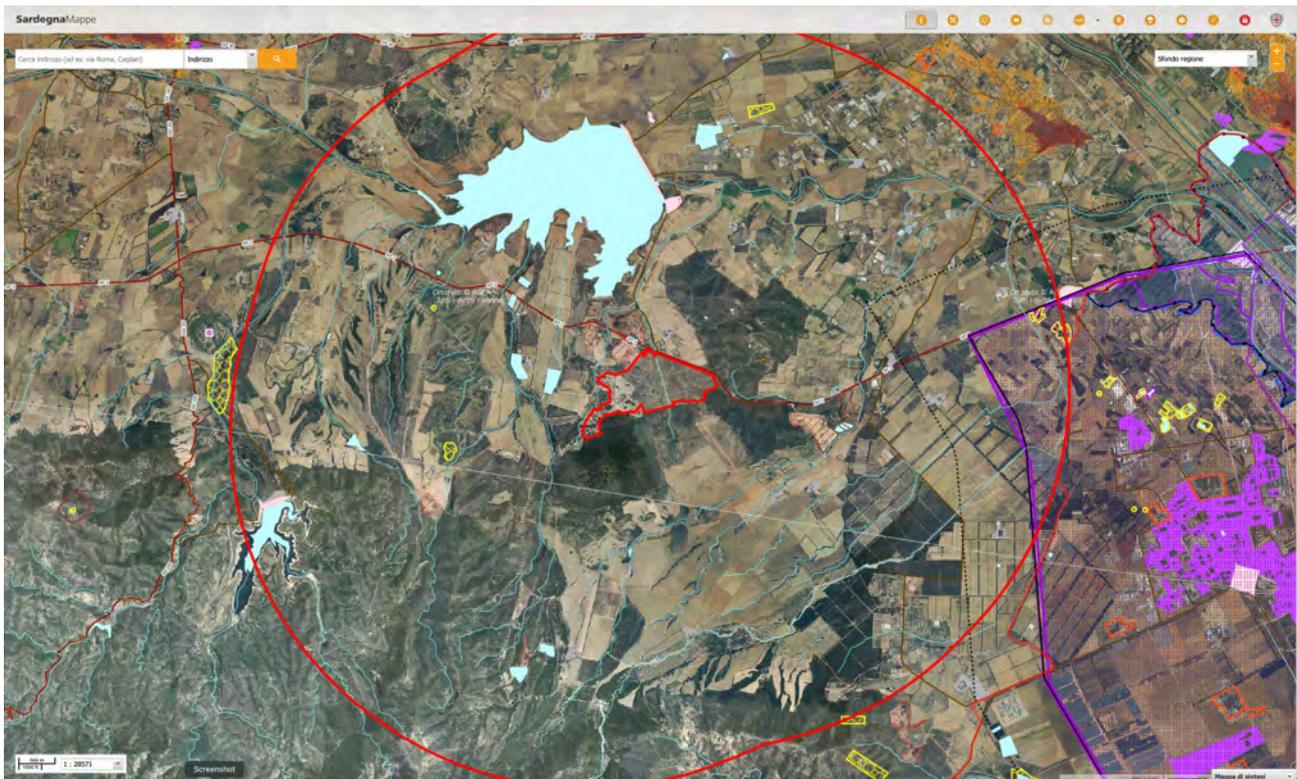


Figura 37 – repertorio dei beni paesaggistici

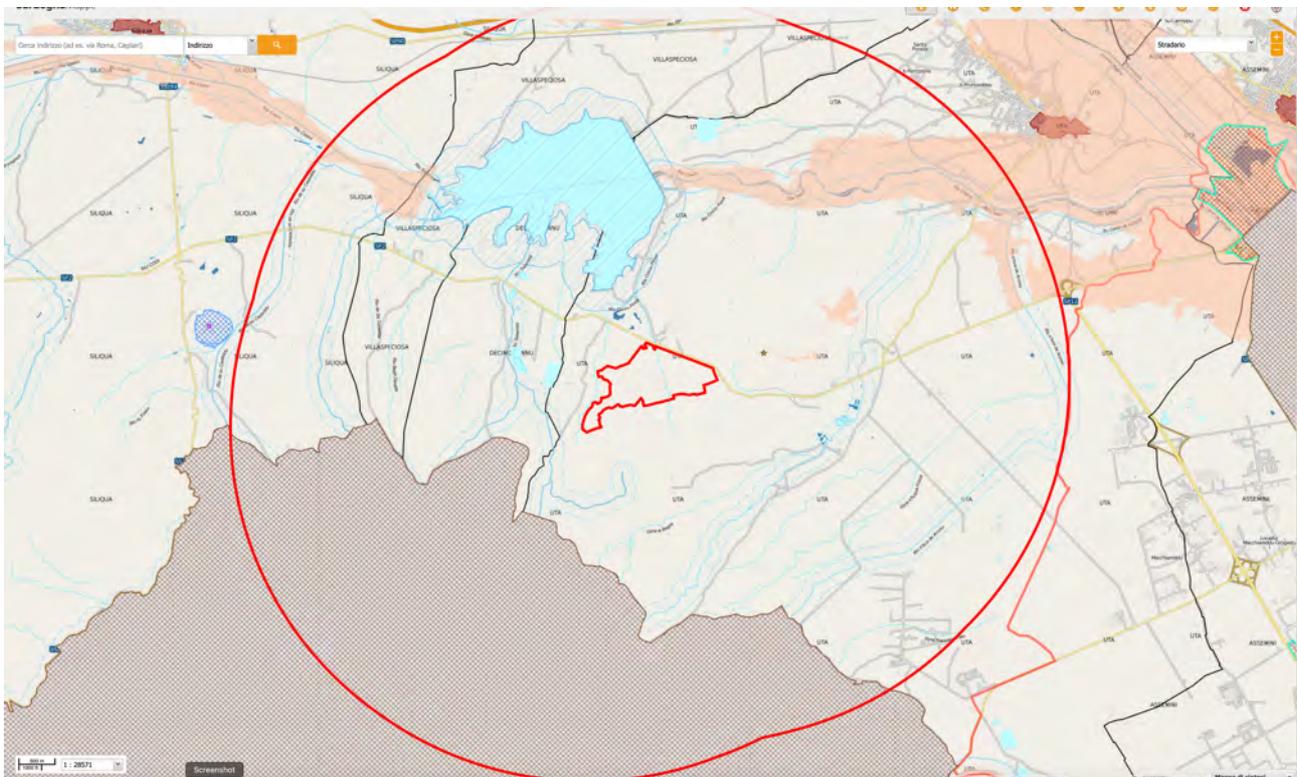


Figura 38 – aree non idonee da DGR

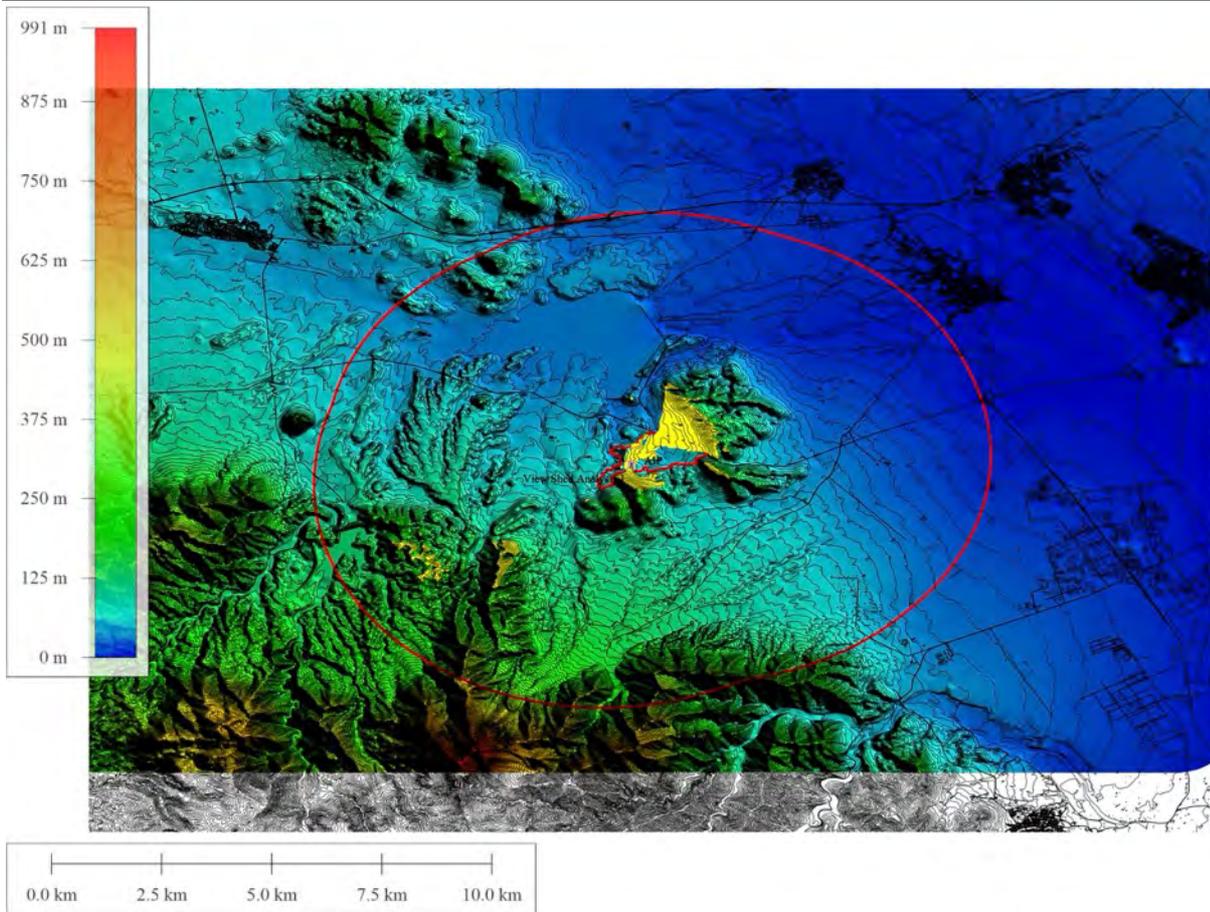


Figura 39 – modello 3D del territorio e bacino di visibilità (giallo) dell'impianto (Rosso)



Figura 40 – aree di visibilità all'interno dell'AIP



Figura 41 – particolare dell'area di visibilità nelle vicinanze dell'impianto

L'analisi ottenuta ha confermato, fatta ovviamente eccezione per le aree immediatamente limitrofe ai lotti, la scarsa visibilità dell'impianto, che si limita di fatto ad alcuni tratti della viabilità circostante e ad alcune aree boscate poste a quote superiori.

Di questa viabilità, l'unica di una certa rilevanza è la SP n. 2 che scorre subito a nord dell'impianto, mentre le altre strade risultano essere strade comunali e vicinali, a volte sterrate e caratterizzate da scarsa percorrenza in termini di numero di automobili e mezzi.

L'elaborazione effettuata mostra che la visibilità dai percorsi panoramici risulta confinata, frammentata e attenuata dalla morfologia e dalla presenza degli elementi territoriali sopra descritti.

In particolare, la visibilità dell'impianto dalla SP n. 2 risulta limitata settore adiacente il margine nord del perimetro di impianto.

Nel corso dei sopralluoghi effettuati in effetti, la visibilità reale dalla SP n. 2 è di fatto risultata quasi del tutto nulla per via dell'andamento altimetrico della sede stradale, della morfologia del territorio, delle abitazioni, delle alberature presenti a bordo strada e all'interno dei terreni, della lontananza prospettica e dell'effetto di attenuazione con la distanza operato dall'atmosfera, su tutti i tratti sia a monte che a valle dell'area di progetto.

Il tratto invece che borda il lato nord dell'area di progetto, per una lunghezza di circa 1 km, offre una ampia visibilità per chi percorre la SP 2 in direzione ovest. In tale direzione la SP 2, dopo aver superato un rilievo con passaggio in trincea, scende verso la pianura con un lungo rettilineo ben oltre l'area di progetto.

Nel tratto di questo rettilineo che scorre parallelo all'impianto, la visibilità dei terreni è ampia, parzialmente ostruita solo per le visuali vicine.



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 accurati sopralluoghi nell'area vasta d'indagine.

I pochi elementi rilevati, tra quelli sopra elencati, possono essere riferiti alla categoria della viabilità e delle abitazioni singole, sebbene siano compresi anche molti capannoni agricoli, stalle e casali rurali in abbandono.

Per quanto riguarda le aree boscate presenti a sud e a ovest, né nelle aree adiacenti l'impianto né in quelle incluse nel bacino di visibilità sono presenti percorsi o infrastrutture di fruizione turistica o tantomeno potenziali recettori, poiché le aree sono occupate esclusivamente dalla fitta vegetazione naturale.

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 di seguito due scatti che raffigurano le caratteristiche paesaggistiche dei due tipi di terreno presenti: quello condotto a foraggera e quello a eucalipteto.

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 anche in corrispondenza di alcuni dei potenziali recettori sensibili precedentemente individuati, tenendo conto dei limiti di accessibilità del territorio e delle proprietà private.



I recettori sensibili individuati sono:

- rettilineo della SP 2, 30 m a nord (foto 4 e 5)
- agriturismo “Su Niu”, 100 m a nord (foto 1)
- area archeologica “Su Niu de Sa Pilloni”, 800 m a est (foto 2)
- albergo e ristorante “Monte Arcosu”, 2.200 m a sud (foto 3).

Per le foto 1, 2 e 3, dato che la visibilità a livello dell’osservatore risulta ostruita, si è fatto uso di un drone per eseguire due scatti per ogni punto: uno a 2 m di altezza, l’altro a 10 m di altezza.

Per le foto 4 e 5, prese in via conservativa nei punti di massima altezza del tracciato stradale per comprendere la parte di territorio la più ampia possibile, poiché non è stato possibile per motivi di sicurezza stradale fermarsi, si è fatto uso delle foto reperibili su Google Street View. Sono ovviamente scatti ripresi all’altezza delle apparecchiature (circa 3 m), e sovrastimano l’area di visuale rispetto ad un generico osservatore.

Di seguito si riporta l’ubicazione degli scatti, tutti effettuati traguardando al centro dell’impianto.

A partire dalle foto scattate sono stati elaborati dei rendering, usati per i fotoinserimenti negli scatti ora descritti, e raccolti nell’elaborato “Fotoinserimenti e Render” allegato al progetto, al quale si rimanda per un esame di dettaglio.

In via esemplificativa, si riportano di seguito i fotoinserimenti per i punti di maggiore visibilità, che coincidono con il tratto sommitale della SP 2.

Gli altri fotoinserimenti hanno mostrato una visibilità dell’impianto scarsa e nulla.



Figura 42 – parte occidentale dell'impianto – terreni a foraggera e prato/pascolo



Figura 43 – parte orientale dell'impianto – terreni a eucalipto

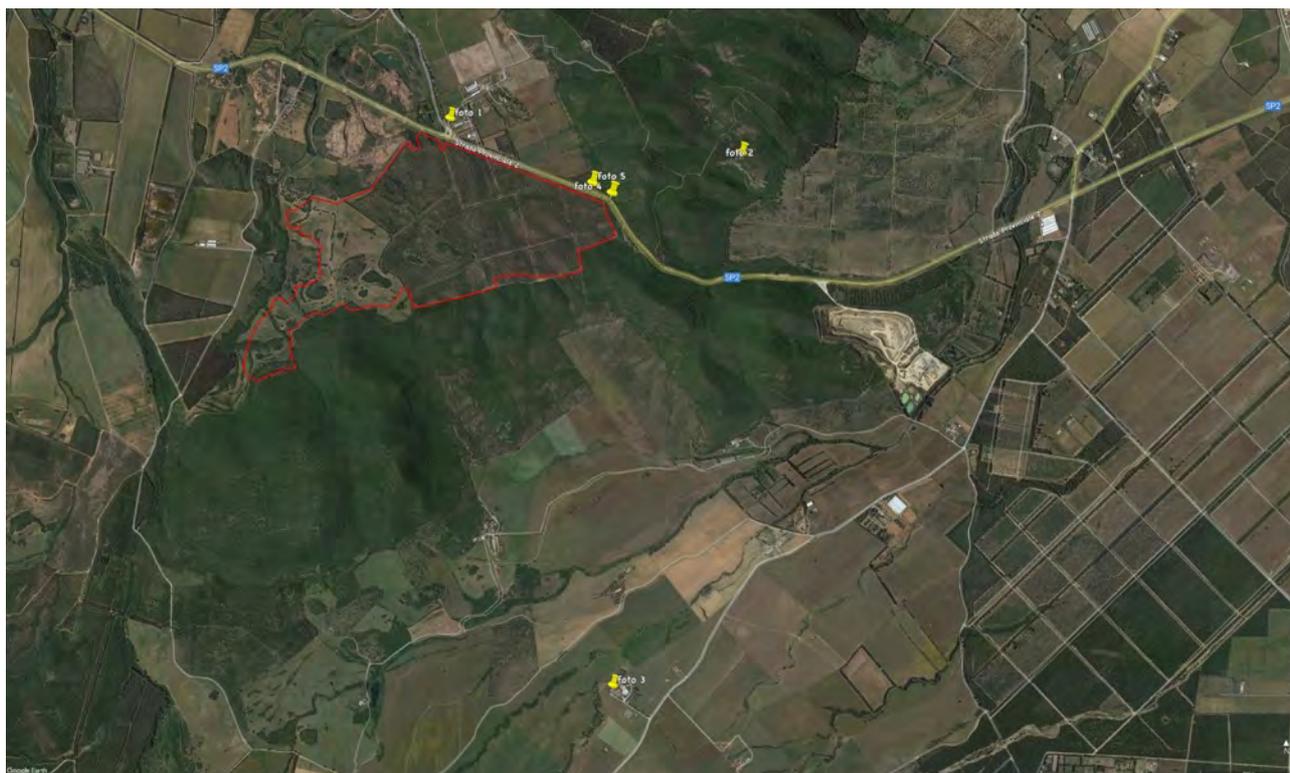


Figura 44 – punti di scatto



Figura 45 – scatto n.5



Figura 46 – fotoinserimento n.5

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 quasi totalità delle aree rurali.

Lo sfruttamento agricolo è caratterizzato dalla presenza di numerosi appezzamenti di eucalipteti, sporadici uliveti, oltre a numerosi 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 e dove i boschi sono limitati a vaste aree intercluse.

Per quanto riguarda il patrimonio storico-culturale, la Provincia di Cagliari dal punto di vista archeologico è punteggiata dalla presenza più o meno evidente ed importante della Civiltà



Nuragica. Tuttavia, ci sono zone dove la loro presenza è stata forte ed altre in cui non hanno trovato un substrato adatto alla loro significativa permanenza.

Nelle aree circostanti l'area di progetto non sono presenti siti archeologici o monumenti storici censiti nel repertorio dei Beni Paesaggistici consultabile sul Geoportale regionale; l'unica presenza rinvenuta è l'area archeologica "Su Niu de Sa Pilloni", che si trova su un colle inserito in un'area boscata sui rilievi che delimitano l'area di progetto verso est.

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 fotovoltaico 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 storico - archeologico vista la presenza dei pochi siti ancorché poco visitati. Infatti, molti di essi non sono adeguatamente curati e serviti da un'attenta rete di servizi sia a fini culturali che turistici e pertanto non valorizzati dalla presenza massiccia di visitatori;
- 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 provinciale 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 arboree ed 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 non risultino già allo stato attuale schermati da rilievi e/o vegetazione.

La piantumazione consentirà la creazione di un gradiente vegetazionale nei tratti interessati, mediante l'impianto di alberi, 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.

In questo modo l'osservatore avrà la percezione della presenza dell'impianto fotovoltaico integrato in modo coerente con la tessitura del paesaggio agricolo locale.

Le essenze saranno piantate su filari sfalsati, in modo da garantire una uniforme copertura della visuale e creare una fascia di ricucitura e potenziamento della vegetazione arborea già presente, che sarà percepita come estensione naturale della stessa.

La porzione di fascia limitrofa alla recinzione sarà piantumata con cespugli e arbusti a diffusione prevalente sia orizzontale che verticale.

Per la fascia arborea perimetrale sono stati scelti, l'ulivo, il corbezzolo e il leccio, che saranno integrati da esemplari dell'eucalipteto espianati dall'area di progetto o presenti al di fuori della recinzione.

Infatti, per il tratto di mitigazione che fronteggia la SP 2, si prevede di lasciare in posto gli esemplari di eucalipto già presenti nella coltivazione attuale, per una profondità dalla strada pari a 30 m.

Tale fascia, che coincide con la fascia di rispetto da codice della strada, fungerà da ulteriore rinforzo e infittimento della schermatura visiva su quel tratto.

Per la fascia arbustiva a ridosso della recinzione sono stati scelti il mirto, il lentisco e la ginestrella.

L'area interessata dal progetto dell'impianto fotovoltaico risulta contornata da Beni Culturali e Paesaggistici appartenenti alle categorie delle aree boscate e della fascia di rispetto dei corsi delle acque pubbliche.

Le aree boscate non sono interferite dal progetto, né tantomeno le fasce di rispetto di 150 m dai corsi d'acqua pubblici, risultando esterne al perimetro.

Inoltre, lo stesso cavidotto attraversa la fascia di rispetto di due corsi d'acqua pubblica.

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.



Le ricognizioni e gli studi condotti per la valutazione archeologica preliminare del progetto hanno evidenziato alcuni ritrovamenti, localizzati in due punti distinti del settore occidentale dell'area (quella condotta a foraggera).

In uno si registra la presenza di numeroso materiale fittile da costruzione e vasellame da mensa e da trasporto in dispersione superficiale. I reperti sono riferibili genericamente a età romana, assieme a materiale lapideo in parte sommariamente sbizzato e di grandi dimensioni rimosso dalla posizione originaria e concentrato in alcuni punti dell'area, ipoteticamente ascrivibile a strutture pertinenti a un villaggio connesso al vicino nuraghe Serra Taccori. Tutto ciò considerato è stato proposto per il lotto un rischio archeologico alto.

Nell'altro è ubicato il Nurgaghe Serra Taccori del quale residua almeno una torre centrale e un probabile antemurale nel lato ovest, mentre altre strutture smantellate da lavori agricoli sono visibili a sud del monumento. L'area circostante il nuraghe ha restituito un'elevata dispersione di materiale ceramico e fittili da costruzione riferibili genericamente a età romana. Tali elementi hanno portato a proporre un rischio archeologico alto.

Come cautela progettuale, la seconda area, che presenta rinvenimenti del nuraghe di Serra Taccori, è stata stralciata dalle aree di installazione e sarà lasciata allo stato ante operam.

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

La zona di progetto è relativamente distante e territorialmente separata dal Polo Industriale di Macchiareddu, caratterizzato dalla presenza di numerose attività industriali in esercizio o dismesse e di numerosi impianti fotovoltaici di taglia medio-grande (utility scale).

In linea generale i potenziali impatti cumulativi derivanti alla realizzazione di impianti fotovoltaici sono principalmente correlati alla sottrazione di suolo e all'impatto visivo sulla componente paesaggio.

Nel caso del progetto in esame, relativamente all'impatto correlato alla sottrazione di terreno agricolo produttivo, è importante sottolineare che la scelta localizzativa si è incentrata in un contesto agricolo caratterizzato da seminativi semplici e colture orticole alternati ad aree incolte, dove non sono presenti specie floristiche di pregio o tutelate, in un contesto pertanto privo di potenziale o documentato pregio naturalistico.

Inoltre, la soluzione agro-fotovoltaica proposta nel progetto consente un utilizzo meno impattante per il suolo rispetto alle attuali coltivazioni di eucalipto, che stressano il terreno e lo impoveriscono.

In merito all'impatto visivo sulla componente paesaggio, il progetto si posiziona in un'area che si presta favorevolmente all'insediamento di impianti fotovoltaici per la sua orografia sub-pianeggiante, per la distanza dai maggiori centri abitati, per l'assenza di aree soggette a vincoli e per il fatto che la progettazione dell'impianto è stata finalizzata a preservare al massimo il grado di naturalità del suolo avendo adottato scelte tecnologiche mirate a evitare la mancanza di circolazione d'aria e di drenaggio, a evitare l'effetto impermeabilizzazione del terreno collegato all'uso intensivo di strutture di sostegno dei pannelli su basamenti cementizi, a lasciare allo stato naturale la viabilità interna che sarà utilizzata per la fase di costruzione prima e di manutenzione poi, prevedendo la mitigazione a verde del parco fotovoltaico non solo per mezzo di coltivazione sotto e tra i filari, ma anche di



posizionamento di schermature vegetali ed arbustive ai bordi dell'impianto fotovoltaico che oltre a mitigare l'impatto paesaggistico dell'impianto stesso, contribuiranno alla valorizzazione di un'area di per sé non di pregio e a ridurre l'effetto cumulo con altri insediamenti industriali e progetti nell'area vasta.

Nelle visuali di area vasta, l'area di progetto risulta fisicamente e percettivamente separata dall'area di Macchiareddu grazie alla distanza, alla morfologia del territorio e alla presenza di due direttrici collinari/montuose che schermano la vista dell'impianto.

Allo scopo di valutare gli impatti sulla componente in esame è stata quindi considerata la presenza di altri progetti di impianti fotovoltaici già realizzati nell'area vasta, più vicini alle aree in progetto, nonché quelli in fase di autorizzazione.

Gli impianti fotovoltaici in esercizio ed in iter istruttorio nell'area di interesse sono riportati nella tabella seguente:

Sarda Solar S.r.l.	5,2 MWp	Uta	10 ha	In esercizio
P.R.V. Macchiareddu S.r.l.	3 MWp	Uta	10 ha	In esercizio
Contourglobal Sarda S.r.l.	0,99 MWp	Uta	2,6 ha	In esercizio
CFR S.r.l.	40,62 MWp	Uta, Assemini	62,49 ha	In esercizio
Spanie S.r.l.	6,72 MWp	Uta	11 ha	In esercizio
Alaenergie S.r.l.	4,96 MWp	Uta, Assemini	9,8 ha	In esercizio
Ecofeb S.r.l.	9,9 MWp	Uta, Assemini	17,38 ha	In esercizio
Solzenit S.r.l.	8,84 MWp	Assemini	15 ha	In esercizio
Eni Progetto Italia	26 MWp	Assemini	48,7 ha	In esercizio
Blusolar Uno S.r.l.	82,34 MWp	Uta, Assemini	109,07 ha	Autorizzato
SF Island S.r.l.	4,99 MWp	Uta	10,51 ha	In iter autorizzativo
Uta Rinnovabili S.r.l.	32,41 MWp	Uta	42 ha	In iter autorizzativo
Leta S.r.l.	131 MWp	Uta	179 ha	In iter autorizzativo
Eucalyptus Energia S.r.l.	27,94 MWp	Uta	34 ha	In iter autorizzativo
Sardaeolica S.r.l.	79,35 MWp	Uta	100 ha	In iter autorizzativo
Progetika S.r.l.	61 MW p	Uta	99,7 ha	In iter autorizzativo
Comoil S.A.	127,6 MWp	Assemini	107,08	In iter autorizzativo
Regener8 Power Limited	25 MWp	Uta	43 ha	In iter autorizzativo
EEC Solar 2 S.r.l.	22,69 MWp	Uta	30 ha	In iter autorizzativo
EEC Solar S.r.l.	51,66 MWp	Uta, Assemini	68 ha	In iter autorizzativo
Sandalia Solar Farm S.r.l.	69,52 MWp	Uta, Assemini	86,8 ha	In iter autorizzativo
Cagliari Solar 2018 S.r.l.	37,41 MWp	Uta, Assemini	43,47 ha	In iter autorizzativo
S.F.E. S.r.l.	54,56 MWp	Uta, Assemini	99,6 ha	In iter autorizzativo
PV ICHNOSOLAR srl	41,75 MWp	Uta	63,32 ha	In iter autorizzativo

Tutti i suddetti progetti, sia realizzati che in corso di autorizzazione, sono ubicati nell'area industriale di Cagliari e nel SIN Sulcis-Iglesiente-Guspinese o ad essi limitrofi.

L'impianto più vicino al quello in progetto è PV ICHNOSOLAR, a oltre 4 km in direzione est-su est.

Le due aree sono mutuamente nascoste dai rilievi collinari che delimitano verso sud e verso est il perimetro dell'impianto in progetto.



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 rimane 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 verificano 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 (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 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

- PRG del Comune di Uta
- 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 re cycling 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., Wilhelm 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., Allegrezza 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., Farber, 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
- 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.