



IMPIANTO AGRIVOLTAICO "PRANGILI"

COMUNE DI UTA

PROPONENTE



Iberdrola Renovables Italia Spa

IMPIANTO AGRIVOLTAICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTE SOLARE NEL COMUNE DI UTA

VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE

OGGETTO: Quadro di riferimento progettuale

CODICE ELABORATO

VIA-R01.2

COORDINAMENTO



BIA srl
P.IVA 03983480926
cod. destinatario KRRH6B9
+ 39 347 596 5654
energhiabia@gmail.com
energhiabia@pec.it
piazza dell'Annunziata n. 7
09123 Cagliari (CA) | Sardegna

GRUPPO DI LAVORO S.I.A.

Dott.ssa Geol. Cosima Atzori
Dott. Giulio Casu
Dott. Archeol. Fabrizio Delussu
Fad System Srl
Dott.ssa Ing. Ilaria Giovagnorio
Dott. Giorgio Lai
Dott. Federico Loddo
Dott. Giovanni Lovigu
Dott. Ing Bruno Manca
Dott. Nat. Maurizio Medda
Dott. Agr. Nicola Manis
Dott. Ing. Marco Murru
Dott.ssa Geol. Consuelo Nicolò
Dott.ssa Ing. Alessandra Scalas
Dott.Nat. Fabio Schirru
Federica Zaccheddu

REDATTORE

Dott. Giulio Casu
Dott. Federico Loddo
Dott.ssa Ing. Alessandra Scalas
Federica Zaccheddu

00	febbraio 2024	Prima emissione
REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE

SOMMARIO

1. Quadro di riferimento progettuale.....	2
1.1 Descrizione dell'area di progetto	2
1.2 Report fotografico stato dei luoghi	11
1.3 Descrizione dell'impianto agrivoltaico	14
1.3.1 Verifica dei requisiti dell'impianto agrivoltaico.....	21
1.3.2 Moduli fotovoltaici	25
1.3.3 Strutture di supporto.....	26
1.3.4 Inverter di cabina.....	28
1.3.5 Cabine di campo, di raccolta e sezionamento, di supervisione.....	29
1.3.6 Cavidotti	32
1.3.7 Recinzione.....	33
1.3.8 Fascia di mitigazione.....	34
1.3.9 Sistema di illuminazione e videosorveglianza	36
1.3.10 Viabilità.....	37
1.3.11 Preparazione delle aree e scavi	38
1.3.12 Organizzazione del cantiere	39
1.4 Dismissione dell'impianto	42
2. Analisi delle alternative progettuali	47
2.1 Alternativa zero	47
2.2 Alternativa tecnologica.....	52
2.3 Alternativa di localizzazione	54

1. Quadro di riferimento progettuale

1.1 Descrizione dell'area di progetto

Il presente studio riguarda il progetto definitivo per la realizzazione di un impianto agrivoltaico in cui l'attività agricola coesisterà con l'attività di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile solare, grazie al fenomeno di conversione fotovoltaica, da immettere nella rete elettrica nazionale.

L'impianto agrivoltaico in proposta, denominato "Prangili", avrà una potenza di picco complessiva di **33.614 kWp** e di immissione pari a **29.458 kW**. Sarà realizzato su dei terreni in **area agricola** (Zone E) di superficie di circa **73,9 ha**, ricadenti nel Comune di Uta, nella Città Metropolitana di Cagliari (CA). Le opere di rete ricadono interamente nel Comune di Uta.

L'impianto in proposta risulta essere situato su aree idonee ai sensi del comma 8) c-quater dell'art. 20 del DL 199.

Il progetto ricerca la coesistenza tra gli interventi necessari alla produzione di energia da fonti rinnovabili, la salvaguardia dei servizi ecosistemici e la valorizzazione del territorio e delle sue risorse in ottica agropastorale locale; con questo intento e assumendo come riferimento le Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici (pubblicate il 27 giugno 2022 dal MITE), prevede che la superficie interessata dall'installazione dei pannelli fotovoltaici, sia destinata alla semina di un prato-pascolo polifita stabile per il pascolamento libero degli ovini (prato-pascolo) ed erbai di graminacee per fienagione alternati a sulla.

La connessione dell'impianto prevede la posa di un cavidotto interrato posato parallelamente a strade comunali e alla SP2, della lunghezza di circa 7 km ed il collegamento ad una nuova Stazione Elettrica (SE) di trasformazione della Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) a 150/36 kV nel comune di Uta.

Il presente progetto favorisce lo sviluppo sostenibile del territorio, coerentemente con gli impegni presi in ambito internazionale dall'Italia nell'ambito della gestione razionale dell'energia e della riduzione delle emissioni di CO2 nell'atmosfera.

Il progetto è redatto ai fini della realizzazione dell'impianto fotovoltaico in questione, secondo le norme CEI ed in conformità a quanto indicato nelle prescrizioni di Terna S.p.A.

Il comune di Uta si trova nella regione storica del Campidano, nella parte meridionale della regione denominata Campidano di Cagliari, in prossimità con le regioni del Caputerra e del Nuxis.

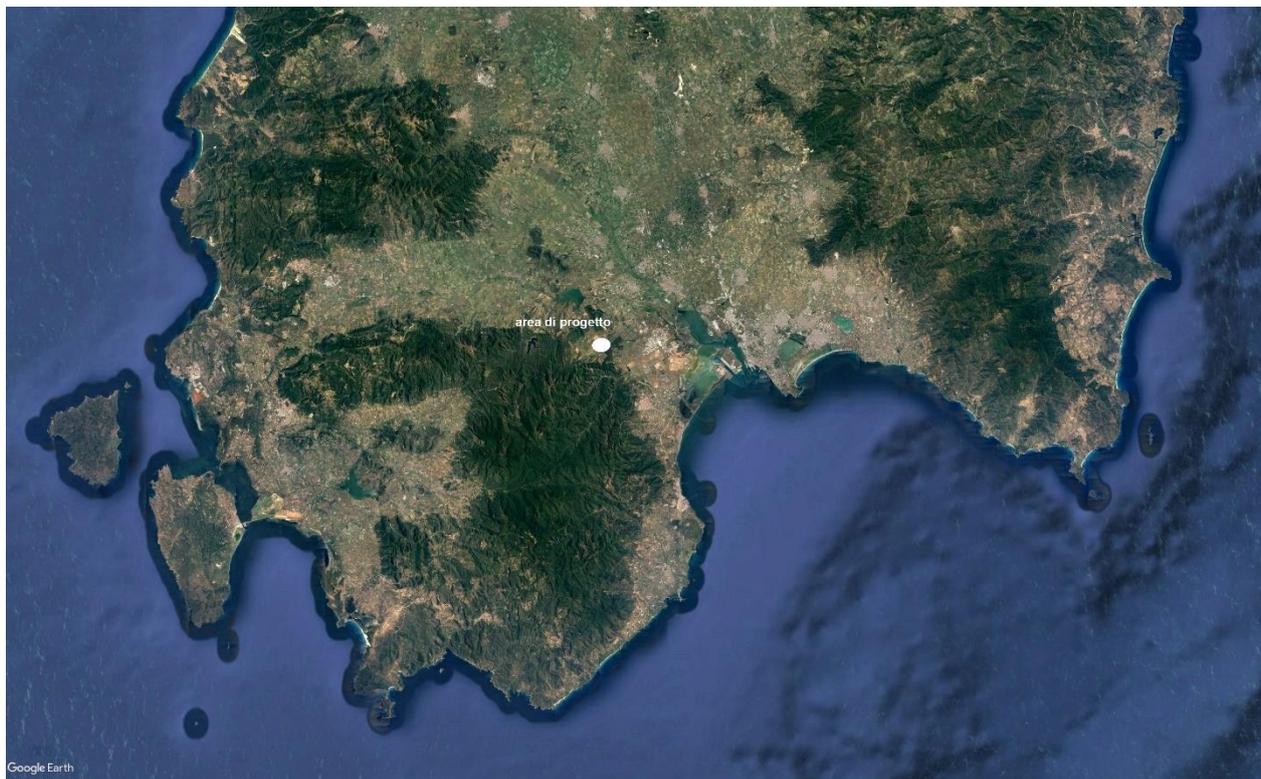


Figura 1: inquadramento generale dell’impianto in proposta.

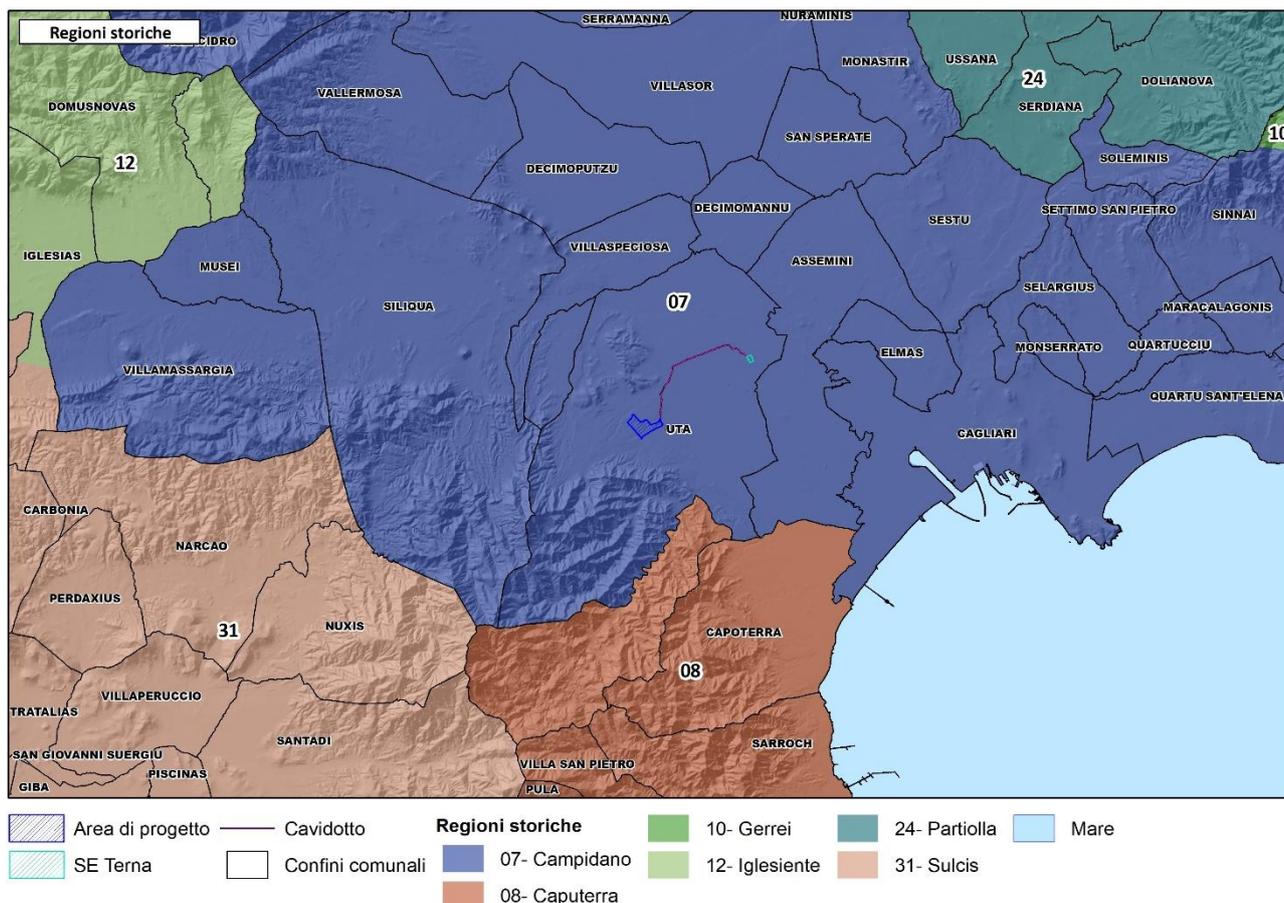


Figura 2: inquadramento territoriale su Regioni Storiche.

L’area oggetto dell’impianto di produzione è posta nella parte centrale del territorio comunale, tra la pianura agricola, ad est, e le pendici del sistema montuoso del Sulcis, ad ovest, su una superficie caratterizzata da una lieve pendenza lungo la direzione nord-est, sud-ovest, che genera tra i due perimetri dell’impianto un dislivello complessivo di circa 26 m.

Nonostante l’area circostante l’impianto abbia una caratteristica ambientale-naturalistica prevalente, con le coltivazioni di ulivi ed eucalipti, a breve distanza – circa 2,5 km in linea d’aria – sono presenti la casa circondariale di “E. Scalas” e le aree industriali provinciali della grande area di Macchiareddu, al cui interno sono stati già realizzati diversi impianti per la produzione di energia elettrica da FER (eolico e FV).

Il carattere produttivo dell’area circostante è rafforzato, oltre che dalla presenza dell’area industriale di Macchiareddu, dalla vicinanza alle due aree produttive storiche delle saline Conti-Vecchi (oggi sede FAI) e del parco geominerario storico e ambientale del Sulcis. In un buffer di circa 15 km sono, inoltre, perimetrare le ulteriori due aree industriali del CIP di Cagliari ricadenti sul territorio di Elmas e di Sarroch.

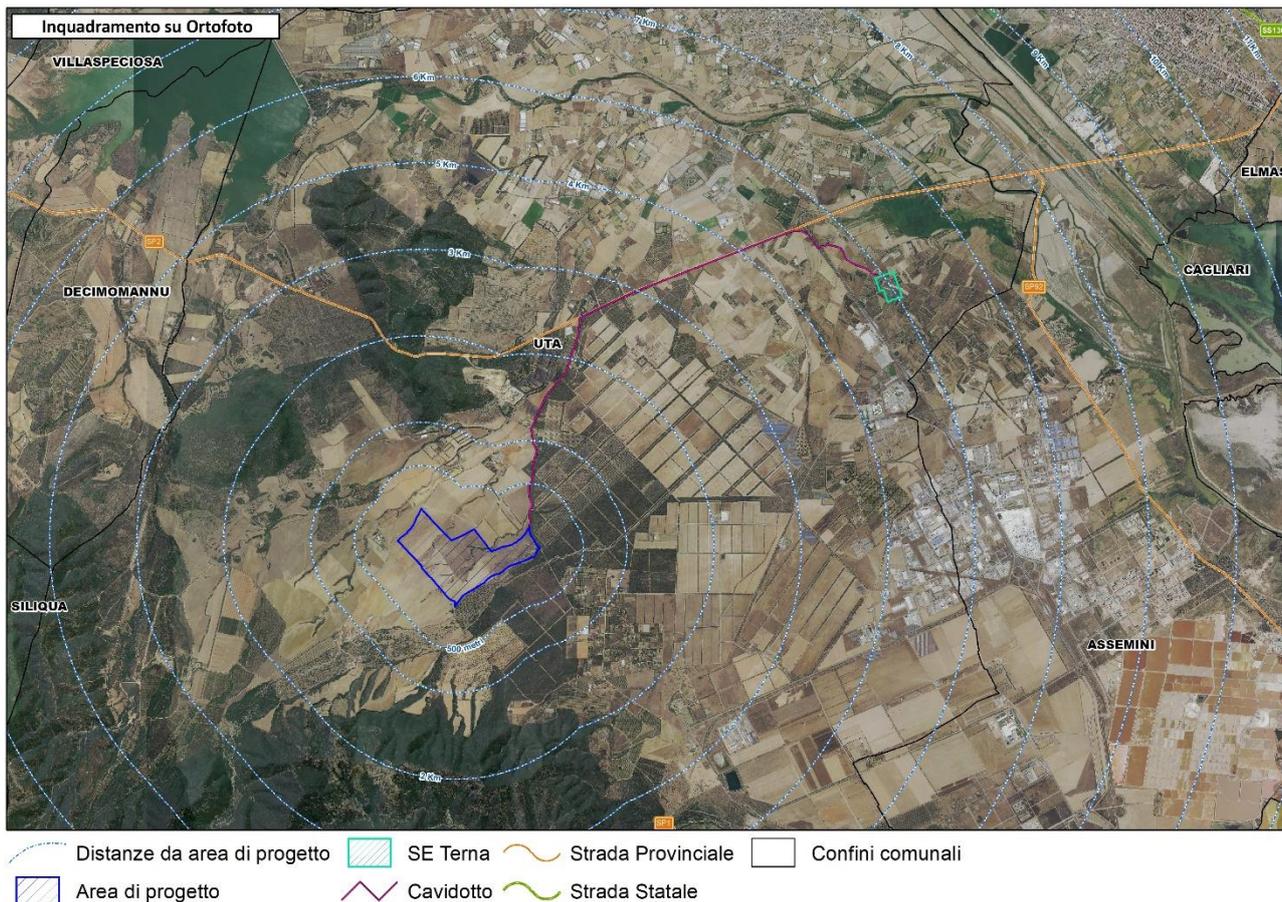


Figura 3: inquadramento su ortofoto.

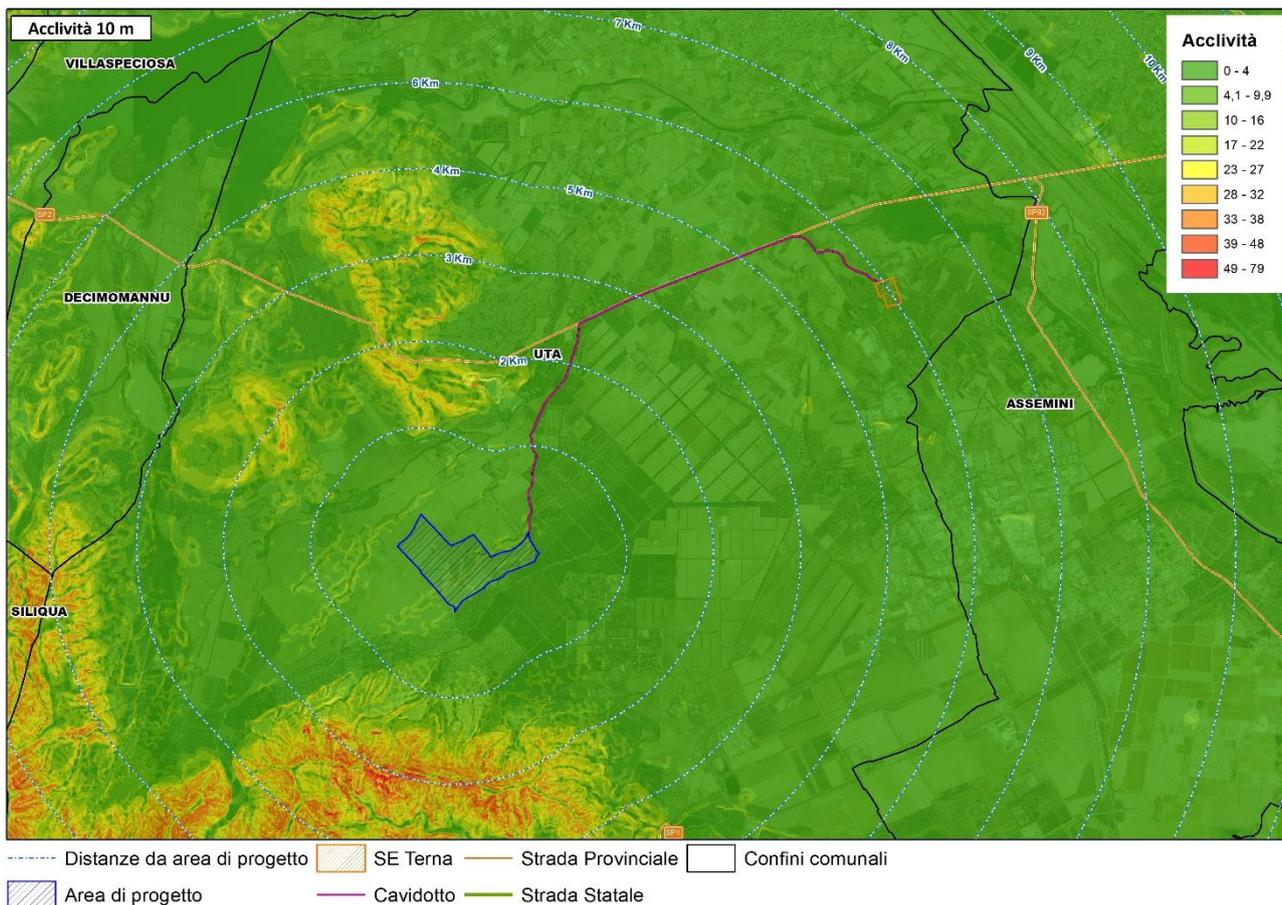


Figura 4: carta delle acclività.

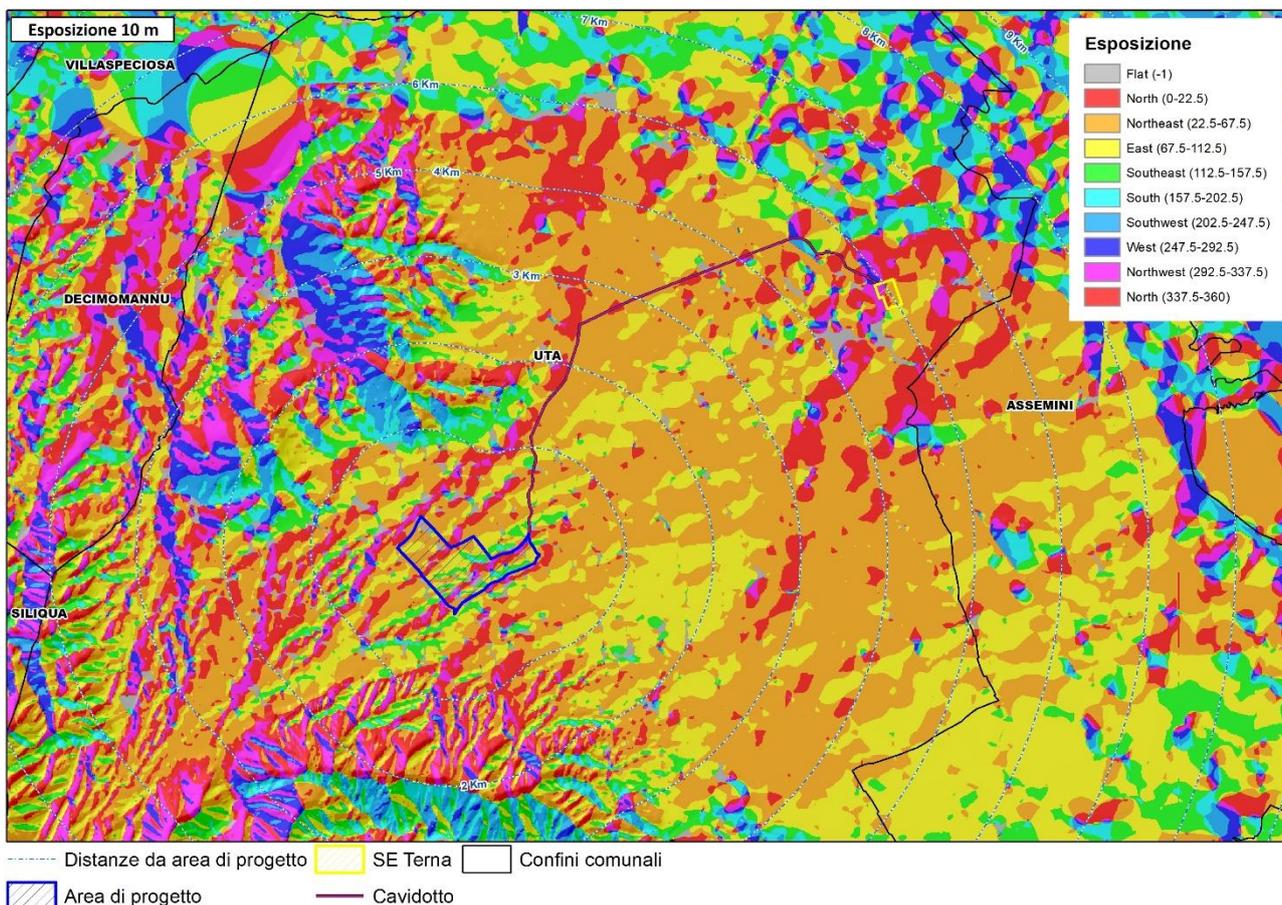


Figura 5: carta delle esposizioni dei versanti.

L'area di progetto è riportata nella cartografia tecnica regionale (CTR) ai seguenti riferimenti:

- Carta Tecnica Regionale - Scala 1:10.000 - fogli n.556 150 e 556 160.

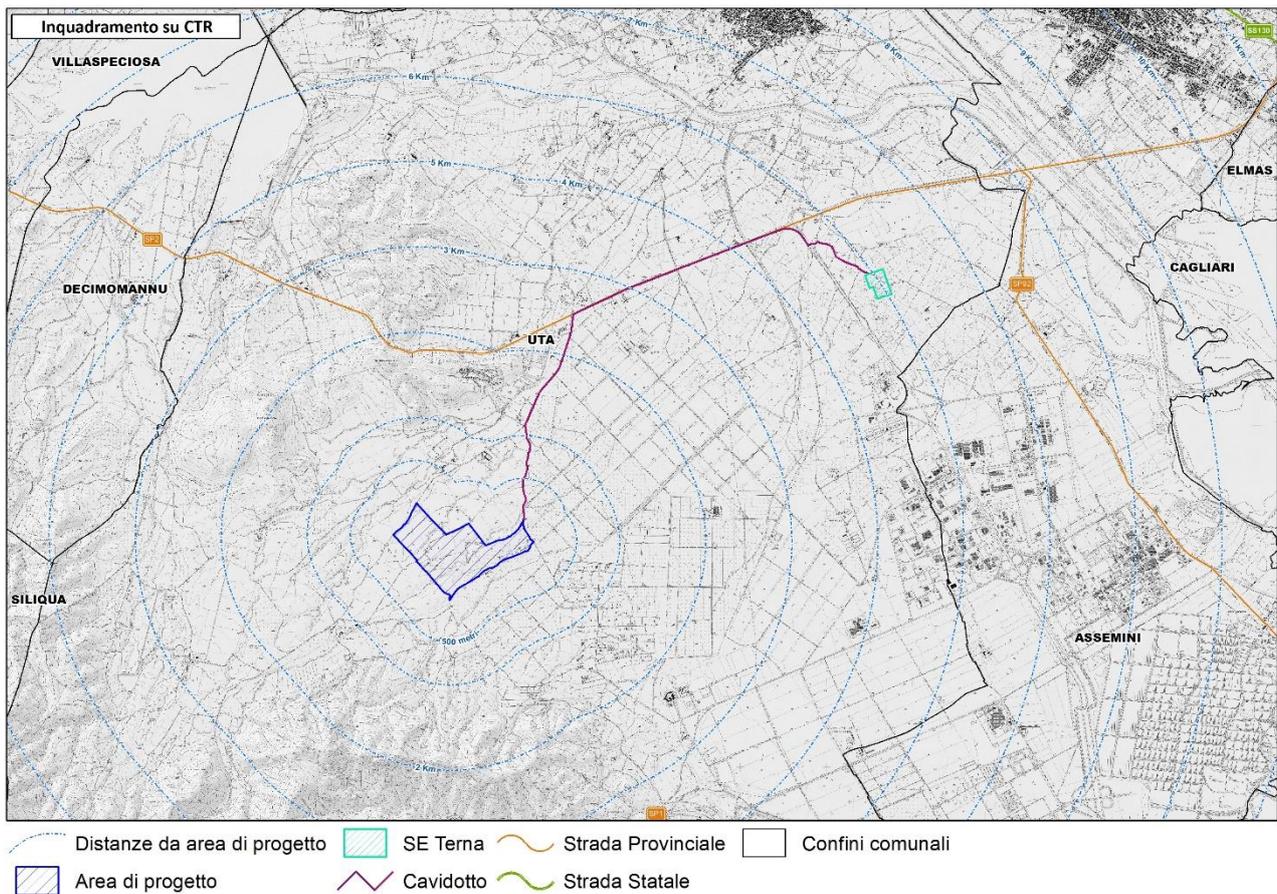


Figura 6: Inquadramento dell'area nella Carta Tecnica Regionale (CTR) – Scala 1:10.000. Dettaglio sull'area.

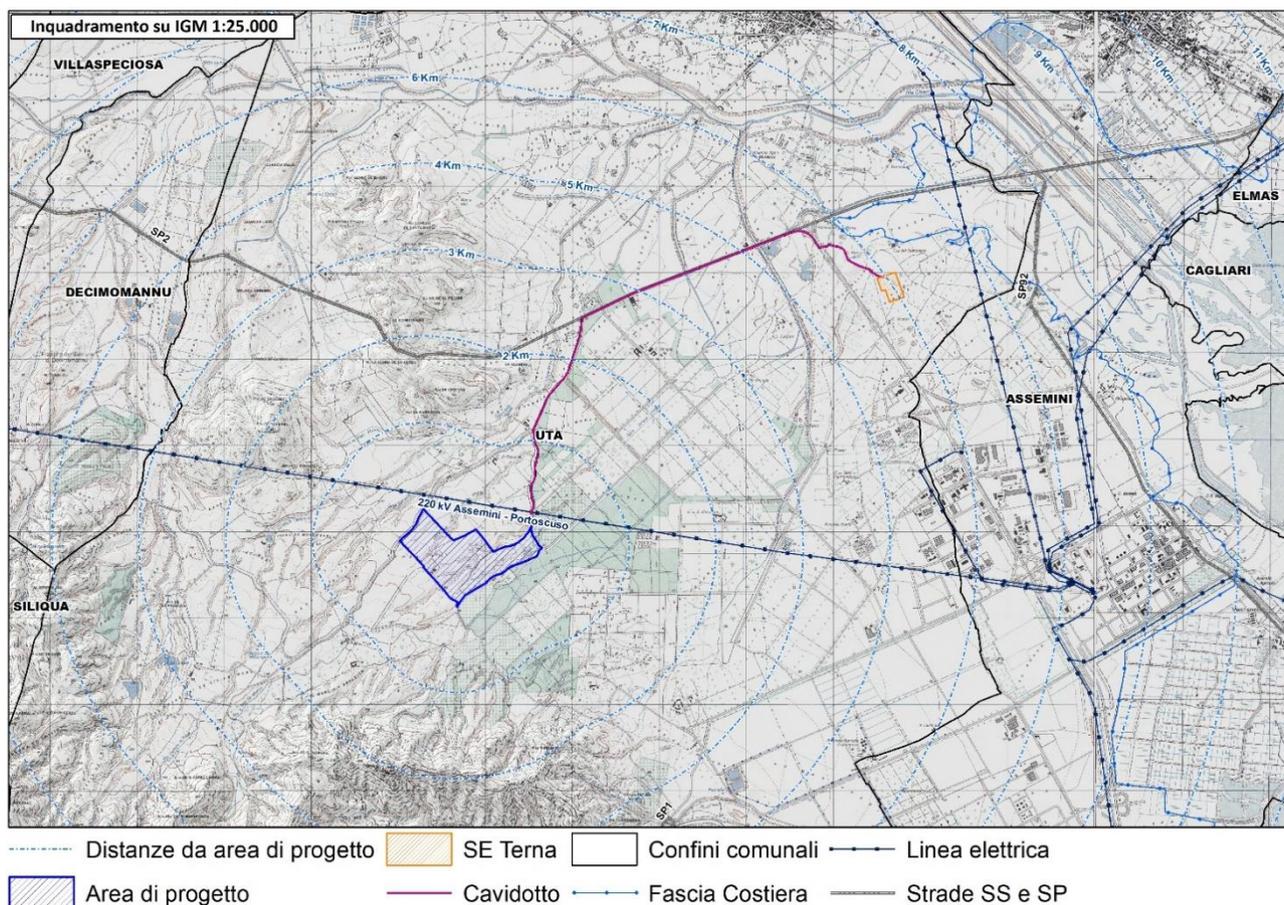


Figura 7: inquadramento su IGM 1:25.000.

Il terreno destinato ad accogliere l’impianto ricade nelle aree classificate dal PUC come zone agricole, disciplinate dalle NTA del Piano.

A breve distanza dall’impianto corre la SP01 e 02, dalle quali è possibile giungere all’area di progetto attraverso le strade secondarie locali esistenti. Attraverso le due SP è possibile raggiungere le SS 130 e SS 131 “Carlo Felice”, di collegamento rispettivamente con la costa occidentale (dove sono situati i centri di Carbonia e Iglesias) e con i principali centri urbani, trasportistici e industriali dislocati sul territorio regionale.

L’impianto in proposta è situato in posizione baricentrica tra i due centri urbani più vicini di Capoterra e Uta - da cui dista circa 9 km. Le distanze dai centri e dalle infrastrutture principali sono riportati nella tabella sottostante¹.

¹ Le distanze sono prese dall’angolo nord-ovest dell’impianti in proposta, in prossimità del centro ristoro Monte Arcosu, lungo la viabilità secondaria locale.

Tabella 1: Distanze dell'area di progetto dai principali centri urbani, industriali e trasportistici.

Centri urbani	Distanza (km)	Infrastrutture	Distanza (km)
Uta	3 km	SS 130 (Siliqua)	21,3 km
Capoterra	19,8 km	Porto Ind. Cagliari	22,1 km
Cagliari	25,5 km	Aeroporto (Cagliari)	18 km
Iglesias	44 km	Porto Ind. Oristano	101 km
Sarroch	32,1 km	Porto Ind. Porto Torres	241 km

Il terreno è annotato al N.C.T. del Comune di Uta al foglio di mappa catastale n. 41 del comune di Uta, particelle n° 7, 47, 67, 69, 70, 72, 79, 80, 81, 82, 93, 122, 123, 134, 153, 155, 157, 159, 161, 163, 176, 178.

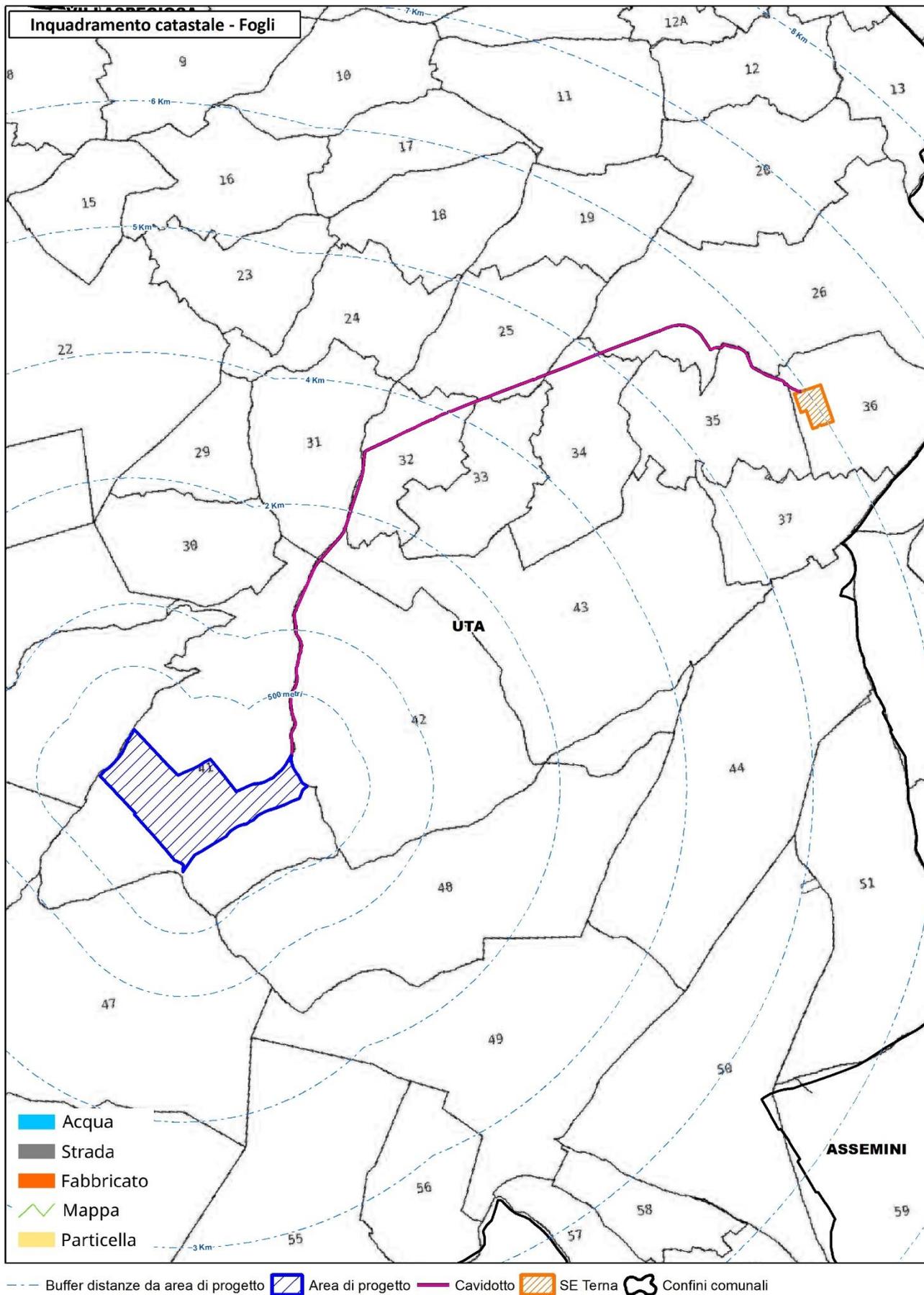


Figura 8: inquadramento catastale dell'area di progetto - fogli.

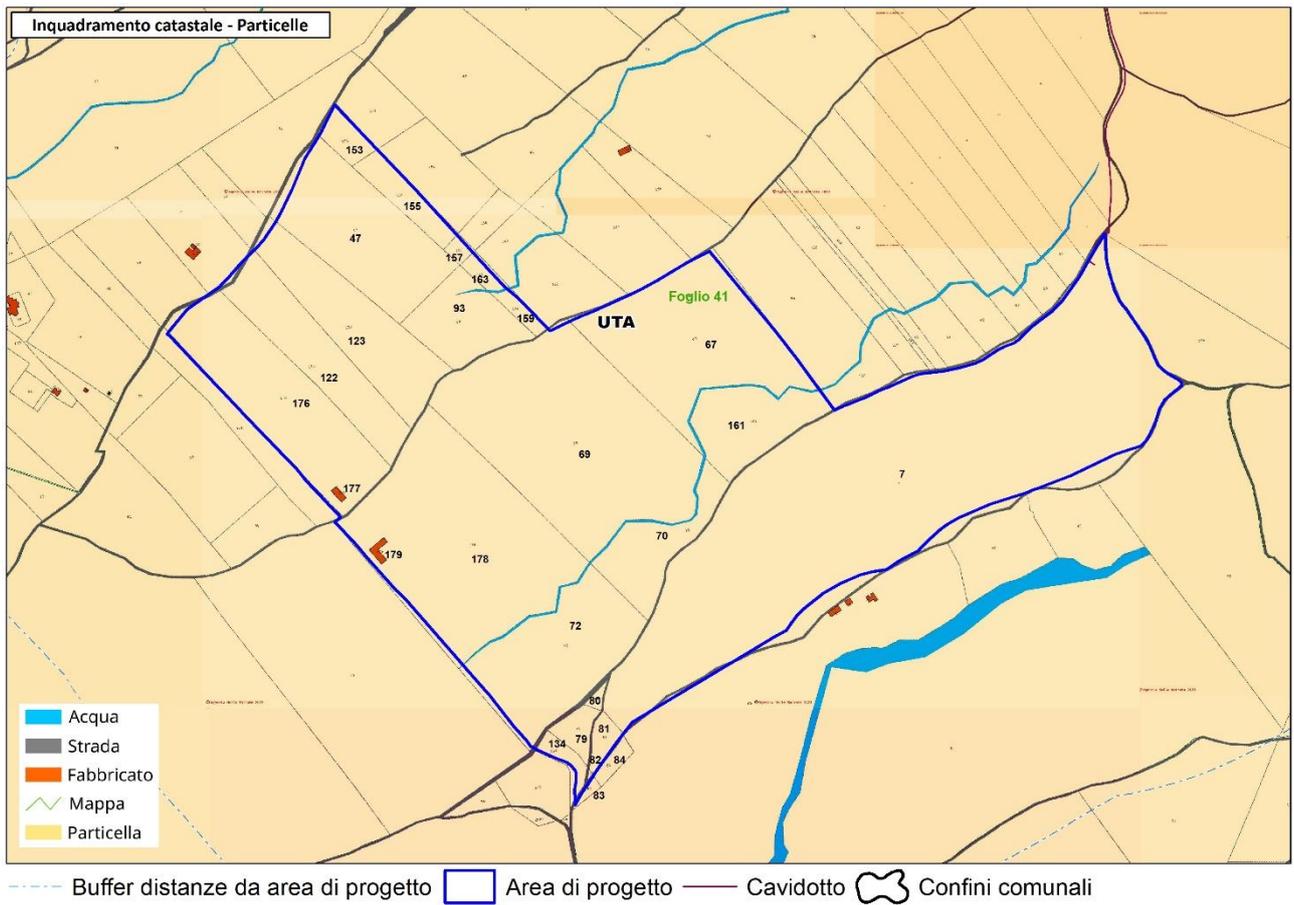


Figura 9: inquadramento catastale dell'area di progetto - particelle.

1.2 Report fotografico stato dei luoghi

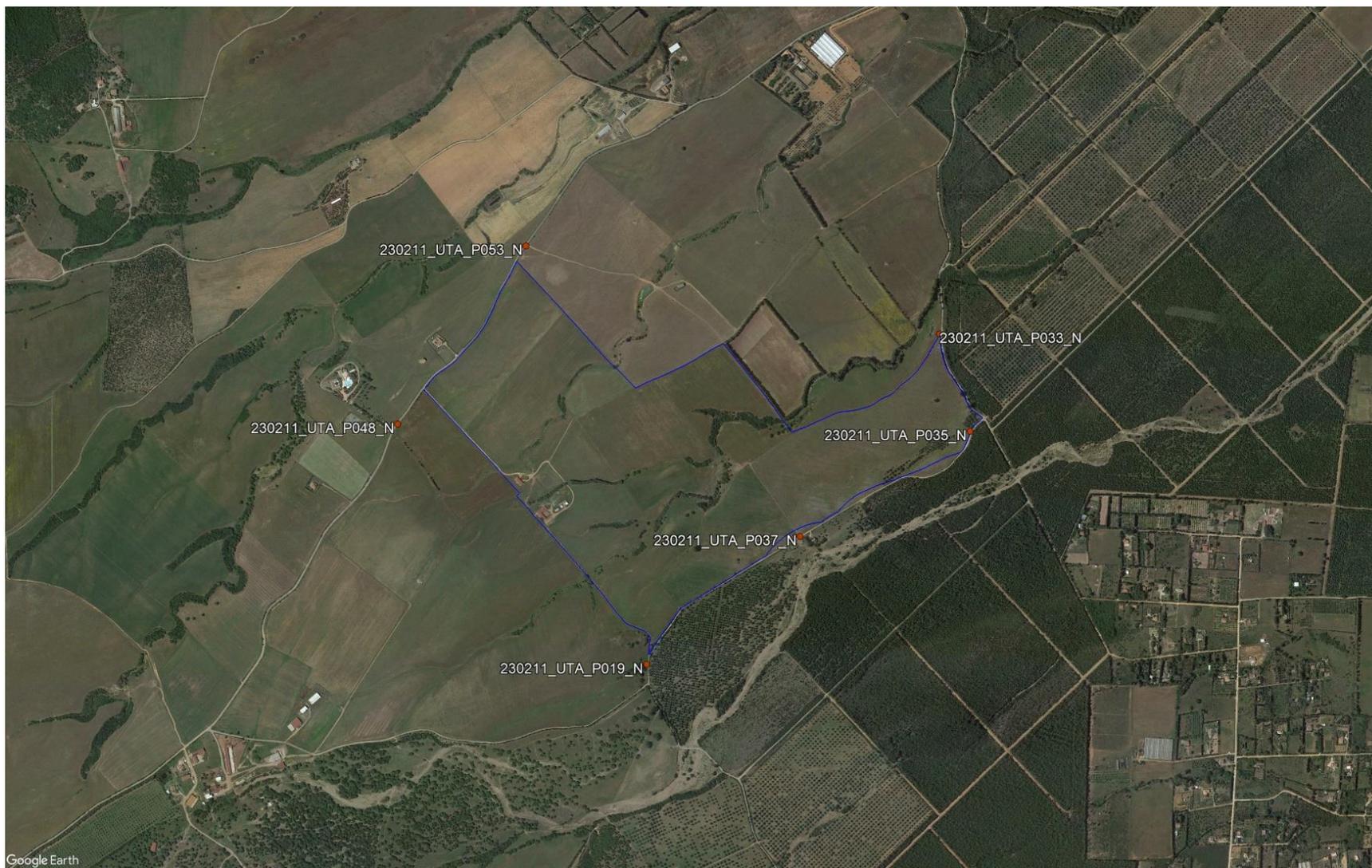


Figura 10: planimetria con indicate le posizioni di scatto delle panoramiche.



Figura 11: panoramica (230211_UTA_P053).



Figura 12: panoramica (230211_UTA_P048).



Figura 13: panoramica (230211_UTA_P019).



Figura 14: panoramica (230211_UTA_P037).



Figura 15: panoramica (230211_UTA_P035).



Figura 16: panoramica (230211_UTA_P033).

1.3 Descrizione dell'impianto agrivoltaico

Gli impianti fotovoltaici devono essere posizionati a massimizzare la captazione della radiazione solare durante le diverse giornate dell'anno facendo sì che il piano dei pannelli sia costantemente ortogonale alla direzione dell'irraggiamento.

Gli unici impianti in grado di fare questo in maniera ottimale sono gli impianti ad inseguimento a due gradi di libertà; tuttavia, questi impianti hanno bisogno di superfici molto estese; in questo caso si è invece ritenuto opportuno procedere con inseguitori monoassiali con potenza nominale pari a **19,6 kW** ciascuno, per una potenza complessiva pari a **33'614 kW**.

La rete per la raccolta dell'energia costituita dalle cabine di campo (skid) e la loro potenza, è stata pensata in funzione della loro dislocazione. Insieme ai rispettivi collegamenti elettrici di potenza, viene definita una opportuna viabilità preferenziale per il raggiungimento delle cabine di campo (skid) e della cabina di raccolta e trasmissione.

Le strade interne, utilizzate per raggiungere le varie parti dell'impianto per la manutenzione periodica, andranno costruite in tout-venant evitando così che vengano distrutte in caso di violenti temporali.

Per esigenza impiantistiche e di manutenibilità nel tempo, ai bordi delle strade, per quanto possibile sono previsti i cavidotti ed eventuali canali per lo scorrimento delle acque superficiali.

Lo schema della distribuzione dei pannelli e delle cabine di campo è rappresentato, ai soli fini della forma dei terreni coinvolti, nell'estratto della figura sottostante, i dettagli sono individuabili nell'elaborato di progetto in adeguata scala: PD-Tav06 - 2397C 20220 00 - Planimetria distribuzione pannelli e cabine su Ortofoto.

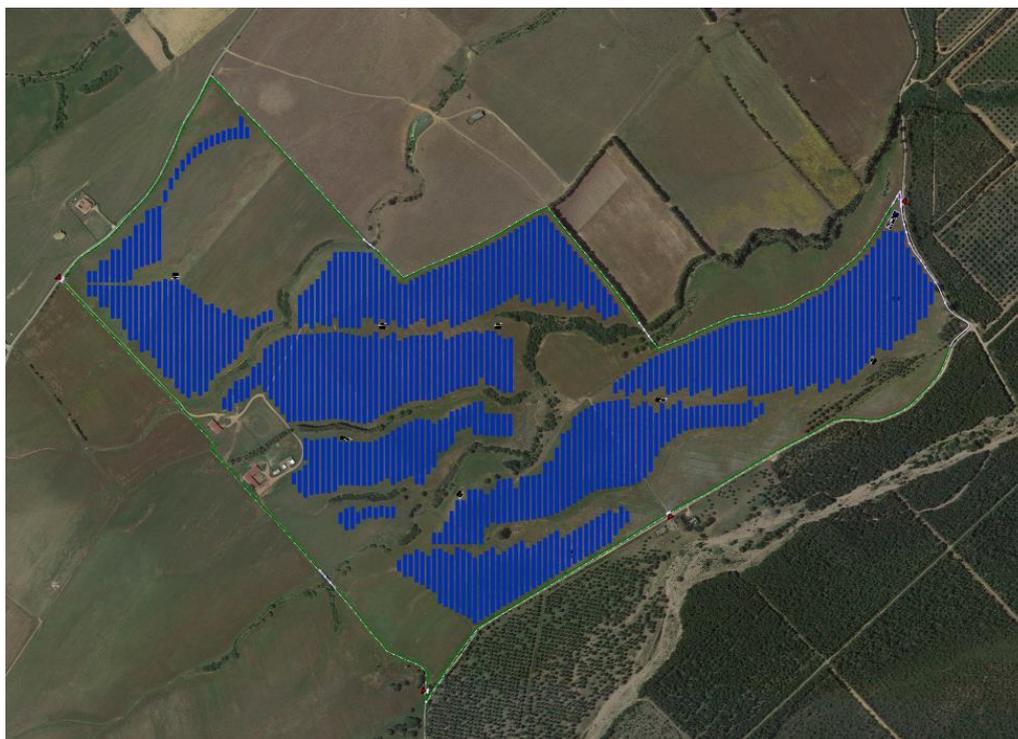


Figura 17: Aree interessate dall'impianto agrivoltaico in progetto.

Il layout d'insieme e la distanza tra le file di pannelli è funzionale alla semina e conduzione del prato polifita stabile e al pascolo e pertanto alla prosecuzione delle attività agro-pastorali già in essere, oggetto di miglioramento attraverso le soluzioni argomentate nel dettaglio nella relazione agronomica.

La tabella riassume le caratteristiche essenziali dell'impianto.

Superficie totale del terreno	circa 74 ettari
Superficie messa disposizione	circa 45 ettari
Superficie occupata dai moduli	circa 16 ettari
Potenza pannello e tipologia (ipotesi)	700 Wp - TRINA – VertexN bifacciali
Potenza di picco dell'impianto (DC):	33'614 kWp
N. pannelli totali su tracker	48'020
Potenza in immissione (AC) Totale FV	29'458 kW
n. cabine di campo (Skid)	7
Cabina di Raccolta e Trasmissione (CRT)	1

Tabella 2 - Dati sintetici impianto

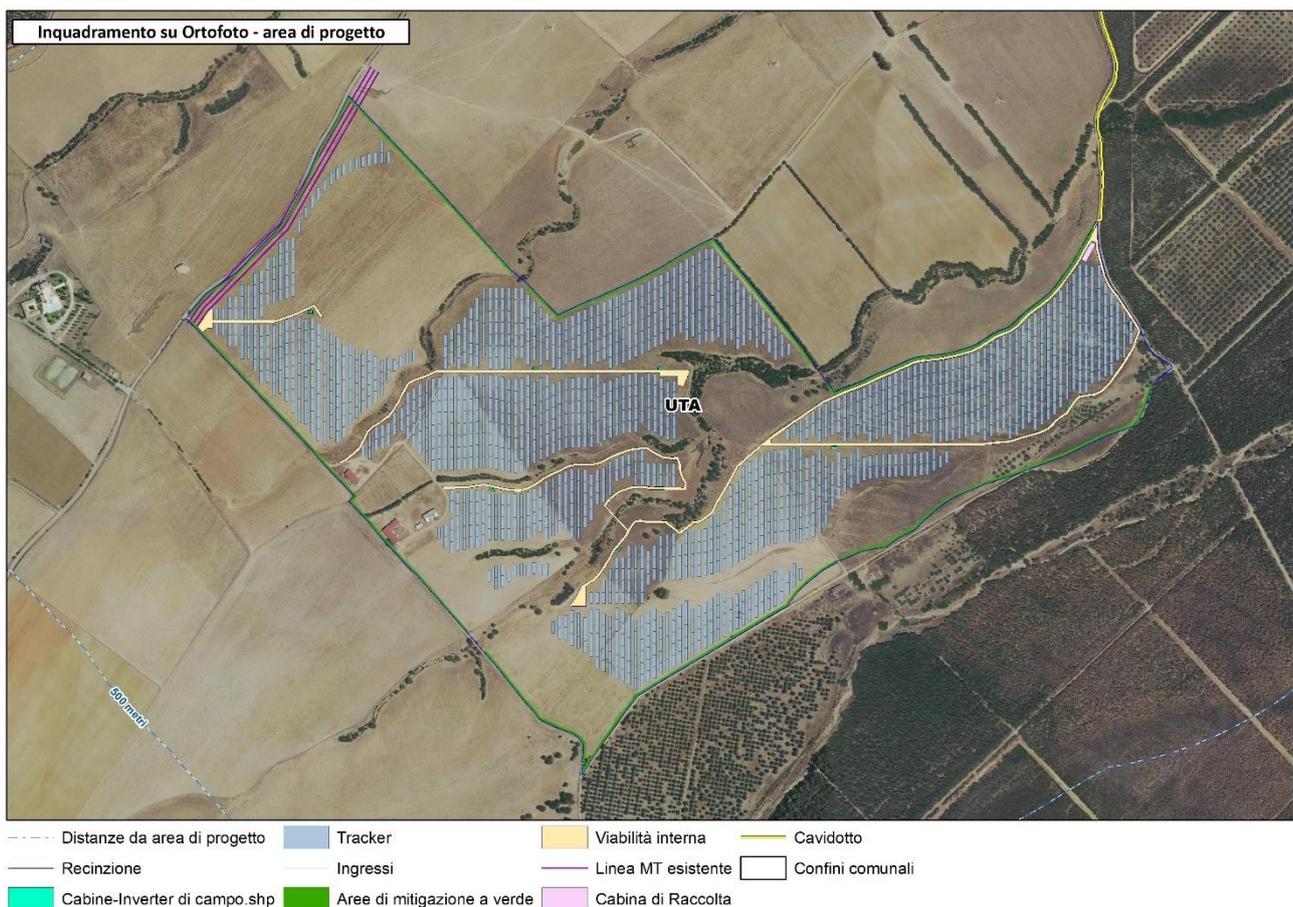


Figura 18: inquadramento su ortofoto - dettaglio.



Figura 19: struttura tipo di sostegno dei trackers.

Le variazioni diurne e stagionali del microclima associate alle differenti condizioni di irraggiamento solare sulle superfici, ancorché più contenute rispetto alle tradizionali soluzioni con strutture di sostegno fisse, sarebbero comunque avvertibili.

I parametri e gli aspetti potenzialmente soggetti a variazione, oltre alla temperatura, si riferiscono all'umidità, ai processi fotosintetici, al tasso di crescita delle piante delle colture previste, alla tipologia delle essenze selvatiche che si insidieranno, al tasso di degradazione della sostanza organica e alle attività della micropedofauna. Tale effetto perturbativo, che andrà indagato durante le previste attività di monitoraggio ambientale, potrebbe potenzialmente incidere sulle caratteristiche pedologiche delle superfici. All'atto della dismissione dell'impianto, infatti, a seguito della rimozione dei pannelli si ristabilirà la condizione originaria determinando un nuovo riassetto dei parametri. L'effetto viene comunque valutato reversibile e di breve-medio termine.

Peraltro, è comunque verosimile che una minore esposizione complessiva all'irraggiamento solare riduca i livelli di evapotraspirazione e dunque contribuisca alla conservazione di ottimali livelli di umidità del suolo, con effetti potenzialmente positivi sul contenuto di sostanza organica.

D'altro canto, l'azione di copertura operata dai pannelli può incidere positivamente sui fattori di degrado riscontrati sulla risorsa suolo, inducendo un'attenuazione delle piogge durante le precipitazioni.

Infine, gli eventuali interventi manutentivi e di pulizia che verranno svolti durante la fase di esercizio hanno un impatto irrilevante sul suolo e l'utilizzo di tracker che non prevedono dei pali di sostegno ancorati a fondazioni in calcestruzzo concorre a conseguire il pieno recupero ambientale del sito al termine della fase di esercizio.

Sotto tutti gli altri aspetti la realizzazione dell'impianto agrivoltaico porterà ad effetti positivi, che sono di seguito descritti:

Il piano colturale per l'impianto agrivoltaico in proposta prevede la **piantumazione di olivi** in linea col trend nazionale che vede in questa specie l'unica coltura arborea con tendenza espansiva, coprendo l'1,-1,8% della superficie regionale. Per il progetto in esame la realizzazione della coltura arborea non verrà avvicinata agli inseguitori, ma sviluppata nelle superfici adiacenti all'impianto incluse comunque all'interno del sistema agrivoltaico avanzato.

Il modello colturale verrà impostato su bassi input, sarà ecosostenibile e caratterizzato da soluzioni pratiche e semplici che possono essere soggette a modifiche in corso d'opera a seconda delle esigenze.

Nel complesso la superficie totale in cui potrà realizzarsi l'oliveto avrà una estensione pari a circa 2,97 ha con un investimento totale di piante compreso tra 770/800 unità, circa 260/270 piante ad ettaro. In questa fase non si tiene conto della configurazione geometrica delle superfici interessate, ma si prende in considerazione l'estensione delle superfici disponibili da indirizzare alla coltura. Pertanto, il numero di giovani esemplari da piantumare è ritenuto una stima approssimativa soggetta a variazioni.

Il periodo migliore per la messa a dimora è compreso tra marzo ed aprile onde evitare i freddi intensi.

Per quanto riguarda la gestione dell'irrigazione, l'impianto sarà sviluppato in irriguo, questo potrà garantire alle piante un adeguato supporto anche nelle prime fasi di avviamento, le più critiche per quanto riguarda lo stress idrico. Sebbene l'olivo possa produrre anche in assenza di apporto idrico, la specie si giova enormemente di questa pratica agronomica che consente di incrementare in maniera importante le produzioni delle piante.

Realizzazione prato pascolo permanente ed erbai

Nelle superfici attualmente coltivate e in alcune aree marginali adiacenti alla vegetazione arbustiva esistente che verrà mantenuta all'interno dell'impianto, si prevede la realizzazione di **prati pascolo permanenti** per una superficie complessiva pari a circa 1,82 Ha.

Il sistema agrivoltaico permette infatti la **piena compatibilità con le attività di pascolo ovino** conciliando contemporaneamente in questo modo l'utilizzo agro-zootecnico con la produzione energetica, mentre per quanto riguarda il pascolo bovino non potrà proseguire in quanto strutturalmente incompatibile.

L'ombreggiamento dei pannelli facilita il mantenimento di valori di umidità maggiori, agevolando la crescita delle essenze erbacee; inoltre, le attività di pascolo promuoveranno la concimazione naturale favorendo il mantenimento di un buon grado di fertilità dei suoli nel tempo.

L'**inerbimento** è una tecnica colturale a basso impatto ambientale priva di lavorazioni meccaniche e prevede la crescita spontanea e/o controllata del cotico erboso che viene consumato dal bestiame o sottoposto saltuariamente a sfalcio. La gestione del cotico erboso può essere effettuata con macchina trinciatrice. Gli sfalci periodici così ottenuti potranno essere utilizzati come foraggio fresco o stagionato per gli ovini. Questa pratica porta molteplici vantaggi in ottica di miglioramento degli ecosistemi agricoli e di protezione del suolo, infatti, consente di mantenere o incrementare il livello di sostanza organica del terreno, riduce la perdita di

elementi nutritivi migliorandone la distribuzione e disponibilità e favorisce una maggiore e più rapida infiltrazione dell'acqua piovana.

Il **cotico erboso** rappresenta una protezione contro l'erosione, riduce il compattamento causato dalla circolazione dei mezzi meccanici, può facilitare le operazioni di manutenzione degli inseguitori solari.

Nei terreni inerbiti la temperatura dell'aria in prossimità della superficie del suolo tende ad abbassarsi rispetto ai terreni lavorati.

L'inerbimento realizzato dalla consociazione delle specie erbacee diverse influisce positivamente sull'equilibrio tra insetti nocivi e i loro nemici naturali, crea degli habitat ideali per gli insetti pronubi con un aumento dei livelli di biodiversità favorendo il controllo naturale delle specie infestanti.

Per la realizzazione del prato pascolo permanente si prevedono graminacee e leguminose selezionate autoinseminanti e compatibili con il contesto agro-ambientale attuale. Tale gestione del suolo permette l'assenza di lavorazioni meccaniche e ha come finalità il miglioramento dei pascoli, della qualità dei suoli e dell'ecosistema agricolo. Il successo di questa pratica dipenderà dal corretto insediamento del cotico erboso e dalla gestione del pascolamento.

La semina dovrà essere fatta all'inizio dell'autunno.

La disponibilità di acqua nel letto di semina favorirà la germinazione dei semi e una rapida crescita delle radici. Nelle fasi preparatorie è richiesta una lavorazione minima del terreno con un'aratura leggera (10-20cm) seguita da una fresatura, tuttavia qualora possibile sarebbe preferibile attuare la semina su sodo.

Si prevede una concimazione di fondo con stallatico adeguata ai valori chimici del terreno, che potrà essere ripetuta periodicamente in base al fabbisogno nutrizionale del cotico erboso.

La quantità raccomandata di semenza è di 10-20 kg/ha ma potrà essere potenziata in base alle esigenze. La profondità di semina dovrà essere di 1,0-2,0 cm, al termine delle operazioni potrebbe essere necessaria una rullatura superficiale.

Il miscuglio della semenza sarà così costituito da: *Trifolium repens* (trifoglio bianco), *Trifolium pratense* (trifoglio violetto), *Vicia villosa* (Veccia villosa) *Trifolium incarnatum* (trifoglio incarnato), *Trifolium subterraneum* (trifoglio sotterraneo), *Lotus corniculatus* (ginestrino) *Lolium perenne* (loietto perenne), *Festuca arundinacea* (festuca falascona), *Poa pratensis* (erba fienarola) *Dactylis glomerata* (dattile).

Queste erbe consentono di ottenere e garantire un foraggio misto di qualità per il pascolamento ed alto potenziale mellifero, che può essere calibrato nelle percentuali in fase di semina a seconda delle esigenze degli agricoltori.

Per quanto riguarda l'irrigazione non è prevista pertanto verranno condotti in asciutta.

L'obiettivo principale della gestione nell'anno d'insediamento è di garantire una grande produzione di semi delle specie seminate che dovranno accumularsi nel suolo a costituire una ricca banca di seme; questa garantirà una lunga persistenza del pascolo e la sua eccellente produttività negli anni successivi. Il carico di bestiame dovrà essere adeguato all'estensione delle superfici coinvolte e questo potrà garantire il ricaccio

continuo e la sostenibilità dei pascoli nel lungo periodo, evitando in tal modo i danni da calpestio e facilitando una ricrescita più regolare del cotico erboso.

La **rotazione delle colture** è il sistema in cui diverse specie vengono coltivate sullo stesso terreno in successione ricorrente e rappresenta il mezzo primario per mantenere la fertilità del terreno, il controllo delle malerbe, dei fitofagi e dei patogeni in sistemi di agricoltura biologica che non prevedono l'utilizzo di fitofarmaci e diserbanti.

Tale sistema deve prevedere l'avvicendamento e il bilanciamento delle colture miglioratrici della fertilità (leguminose) e delle colture sfruttanti (cerealicole), al fine di promuovere sistemi produttivi meno impattanti in termini ambientali.

Allo stesso modo dei prati pascoli permanenti descritti in precedenza, **gli erbai forniscono foraggi freschi di elevata qualità direttamente pascolabili dagli ovini** che si differenziano dai prati pascolo per la durata della coltivazione e della composizione. Si tratta infatti di colture temporanee stagionali solitamente in purezza o anche miscelati che terminato il ciclo colturale vengono riseminati. La coltura prevede pertanto la necessità di lavorazioni del terreno cadenzate annualmente che risultano compatibili con il sistema agrivoltaico in considerazione della distanza prevista tra le fila dei tracker.

La superficie agricola utilizzabile in cui si prevede di indirizzare a tale orientamento colturale è pari a circa 54,12 ha.

Apicoltura

In un'ottica di miglioramento territoriale si intende sviluppare un modello sinergico che possa generare un buon livello di integrazione tra sistemi produttivi e le attività degli **insetti pronubi**.

In tal senso l'inserimento delle api nelle superfici dell'Agrivoltaico porterebbe ad una serie di vantaggi sotto l'aspetto agricolo e ambientale. Le api possono fornire un adeguato servizio di impollinazione in favore della biodiversità floristica locale.

La gestione per inerbimento controllato sotto forma di prati pascoli perenni in alcune aree del campo agrivoltaico e nell'oliveto, rappresentano un aspetto migliorativo dell'agroecosistema poiché aumenta e crea dei microhabitat idonei per le fioriture ad alto potenziale mellifero. Inoltre, grazie all'ombreggiamento delle strutture FV per un tempo maggiore, le fioriture potranno prolungarsi nei periodi tipicamente poveri se correttamente gestite con l'attività di pascolo. La presenza di eucalitti all'interno dell'agrivoltaico e adiacenti alle superfici del medesimo rappresentano un ulteriore risorsa trofica che le api possono utilizzare durante l'arco dell'anno.

Nella disposizione delle arnie è preferibile un orientamento a sud/est, posizionando gli alveari in aree ben riparate, facilmente accessibili per agevolare le operazioni apistiche, in terreni cui strutture possano trovare una solida base senza affondare.

In tal senso le aree ritenute idonee vengono individuate all'interno della particella catastale 161, nello specifico l'area esclusa dal sottosistema energetico ma incluso all'interno del sottosistema agricolo nella

sezione centrale dell'agrivoltaico. Le fasce vegetate naturali presenti nel fondo agiranno da frangivento naturali e le arnie potranno essere posizione sotto le piante e nei prati.

Si prevedono in totale **30 arnie** (due per ettaro circa), ma se ritenuto opportuno il numero potrebbe essere implementato o ridotto durante l'anno in funzione delle fioriture disponibili.

Nella conduzione dell'attività si può prevedere la gestione nomade attraverso il posizionamento delle arnie degli apicoltori locali che possono sfruttare le fioriture disponibili con le proprie colonie.

In alternativa, potranno essere acquistate a date in gestione a contoterzisti attraverso una conduzione stanziale.

Le arnie potranno essere dotate di sistemi di monitoraggio con acquisizione di dati da remoto utili per ottimizzare le operazioni e aumentare produttività ed efficienza.

Il **calcolo della produzione standard** sia nella fase di ante operam che di quella post operam si basa sui dati forniti dal RICA per la regione Sardegna.

In totale, si stima che per l'annata 2023 la produzione standard delle superfici coinvolte nel progetto sia stata pari a 51.656,44 € su una superficie agricola corrispondente a circa 72.89.47 Ha.

Nella fase post operam si stima una produzione standard totale pari a 65.354,53 € su una superficie agricola utilizzabile di circa 61.76 ha.

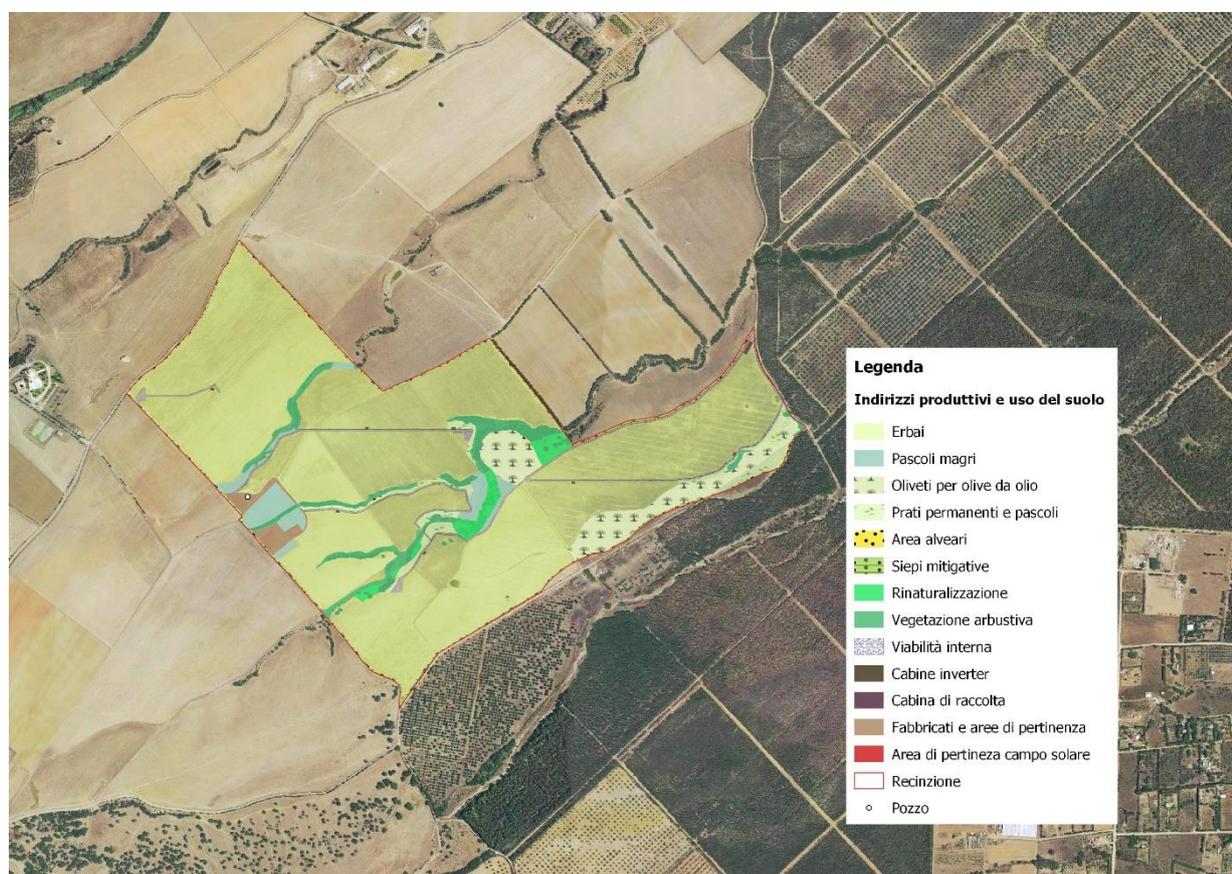


Figura 20: Carta degli indirizzi d'uso del suolo e produttivi dell'agrivoltaico avanzato "Prangili".

1.3.1 Verifica dei requisiti dell'impianto agrivoltaico

La categoria degli impianti agro-fotovoltaici ha trovato una recente definizione normativa in una fonte di livello primario che ne riconosce la diversità e le peculiarità rispetto ad altre tipologie di impianti. Infatti, l'articolo 31 del D.L. 77/2021 (Governance del Piano nazionale di ripresa e resilienza e prime misure di rafforzamento delle strutture amministrative e di accelerazione e snellimento delle procedure), come convertito con la recente L. 108/2021, ha introdotto, al comma 5, una definizione di impianto agro-fotovoltaico che, per le sue caratteristiche utili a coniugare la produzione agricola con la produzione di energia rinnovabile, è ammesso a beneficiare delle premialità statali.

I sistemi agrivoltaici possono essere caratterizzati da diverse configurazioni spaziali (più o meno dense) e gradi di integrazione ed innovazione differenti, al fine di massimizzare le sinergie produttive tra i due sottosistemi (fotovoltaico e colturale).

Un sistema agrivoltaico è un sistema complesso, essendo allo stesso tempo un sistema energetico ed agronomico. È dunque importante fissare dei parametri e definire requisiti volti a conseguire prestazioni ottimizzate sul sistema complessivo, considerando sia la dimensione energetica sia quella agronomica.

Possono in particolare essere definiti i seguenti requisiti:

- REQUISITO A: Il sistema è progettato e realizzato in modo da adottare una configurazione spaziale ed opportune scelte tecnologiche, tali da consentire l'integrazione fra attività agricola e produzione elettrica e valorizzare il potenziale produttivo di entrambi i sottosistemi;
 - REQUISITO B: Il sistema agrivoltaico è esercito, nel corso della vita tecnica, in maniera da garantire la produzione sinergica di energia elettrica e prodotti agricoli e non compromettere la continuità dell'attività agricola e pastorale;
 - REQUISITO C: L'impianto agrivoltaico adotta soluzioni integrate innovative con moduli elevati da terra, volte a ottimizzare le prestazioni del sistema agrivoltaico sia in termini energetici che agricoli;
 - REQUISITO D: Il sistema agrivoltaico è dotato di un sistema di monitoraggio che consenta di verificare l'impatto sulle colture, il risparmio idrico, la produttività agricola per le diverse tipologie di colture e la continuità delle attività delle aziende agricole interessate;
- REQUISITO E: Il sistema agrivoltaico è dotato di un sistema di monitoraggio che, oltre a rispettare il requisito D, consenta di verificare il recupero della fertilità del suolo, il microclima, la resilienza ai cambiamenti climatici.

Nello specifico, la verifica di questi requisiti prevede che:

REQUISITO A:

Il primo obiettivo nella progettazione dell’impianto agrivoltaico è senz’altro quello di creare le condizioni necessarie per non compromettere la continuità dell’attività agricola e pastorale, garantendo, al contempo, una sinergica ed efficiente produzione energetica.

In particolare, sono identificati i seguenti parametri:

A.1) Superficie minima coltivata: è prevista una superficie minima dedicata alla coltivazione;

A.2) LAOR massimo: è previsto un rapporto massimo fra la superficie dei moduli e quella agricola;

A.1 Superficie minima per l’attività agricola

Tale condizione si verifica laddove l’area oggetto di intervento è adibita, per tutta la vita tecnica dell’impianto agrivoltaico, alle coltivazioni agricole, alla floricoltura o al pascolo di bestiame, in una percentuale che la renda significativa rispetto al concetto di “continuità” dell’attività se confrontata con quella precedente all’installazione (caratteristica richiesta anche dal DL 77/2021). Pertanto si dovrebbe garantire sugli appezzamenti oggetto di intervento (superficie totale del sistema agrivoltaico, Stot) che almeno il 70% della superficie sia destinata all’attività agricola, nel rispetto delle Buone Pratiche Agricole (BPA).

A.2 Percentuale di superficie complessiva coperta dai moduli (LAOR)

Come già detto, un sistema agrivoltaico deve essere caratterizzato da configurazioni finalizzate a garantire la continuità dell’attività agricola: tale requisito può essere declinato in termini di "densità" o "porosità".

Per valutare la densità dell’applicazione fotovoltaica rispetto al terreno di installazione è possibile considerare indicatori quali la densità di potenza (MW/ha) o la percentuale di superficie complessiva coperta dai moduli (LAOR).

Al fine di non limitare l’adizione di soluzioni particolarmente innovative ed efficienti si ritiene opportuno adottare un limite massimo di LAOR del 40 %.

Nell’impianto in progetto si hanno le seguenti condizioni:

A.1 Superficie minima coltivata:	97,3%
A.2 Percentuale di superficie complessiva coperta dai moduli (LAOR)	21,1%

REQUISITO B:

Il sistema agrivoltaico è esercito, nel corso della vita tecnica dell’impianto, in maniera da garantire la produzione sinergica di energia elettrica e prodotti agricoli

In particolare, dovrebbero essere verificate:

B.1) la continuità dell'attività agricola e pastorale sul terreno oggetto dell'intervento;

B.2) la producibilità elettrica dell'impianto agrivoltaico, rispetto ad un impianto standard e il mantenimento in efficienza della stessa.

Per verificare il rispetto del requisito B.1, l'impianto dovrà inoltre dotarsi di un sistema per il monitoraggio dell'attività agricola rispettando, in parte, le specifiche indicate al requisito D.

B.1 Continuità dell'attività agricola

Gli elementi da valutare nel corso dell'esercizio dell'impianto, volti a comprovare la continuità dell'attività agricola, sono:

a) L'esistenza e la resa della coltivazione.

Al fine di valutare statisticamente gli effetti dell'attività concorrente energetica e agricola è importante accertare la destinazione produttiva agricola dei terreni oggetto di installazione di sistemi agrivoltaici. In particolare, tale aspetto può essere valutato tramite il valore della produzione agricola prevista sull'area destinata al sistema agrivoltaico negli anni solari successivi all'entrata in esercizio del sistema stesso espressa in €/ha o €/UBA (Unità di Bestiame Adulto), confrontandolo con il valore medio della produzione agricola registrata sull'area destinata al sistema agrivoltaico negli anni solari antecedenti, a parità di indirizzo produttivo. In assenza di produzione agricola sull'area negli anni solari precedenti, si potrebbe fare riferimento alla produttività media della medesima produzione agricola nella zona geografica oggetto dell'installazione.

b) Il mantenimento dell'indirizzo produttivo.

Ove sia già presente una coltivazione a livello aziendale, andrebbe rispettato il mantenimento dell'indirizzo produttivo o, eventualmente, il passaggio ad un nuovo indirizzo produttivo di valore economico più elevato. Il valore economico di un indirizzo produttivo è misurato in termini di valore di produzione standard calcolato a livello complessivo aziendale; la modalità di calcolo e la definizione di coefficienti di produzione standard sono predisposti nell'ambito della Indagine RICA per tutte le aziende contabilizzate.

Nell'impianto in progetto la prosecuzione dell'attività agricola verrà garantita attraverso la realizzazione dei prati pascoli permanenti all'interno del sottosistema energetico. Al di fuori del sottosistema energetico le colture che verranno sviluppate nelle restanti aree del sistema agrivoltaico avranno una resa economica più elevata rispetto allo stato di ante operam.

Sulla base della pianificazione agronomica, si avrà infatti un aumento potenziale di produzione standard stimato per un valore pari a 65.354,53 € rispetto alla fase ante operam stimata per un valore pari a 51.713,56 € basata sull'uso del suolo riportato nei fascicoli aziendali per il 2023 e delle informazioni fornite dagli imprenditori agricoli. I dati sono stati ottenuti calcolando la produzione standard per ettaro, facendo

riferimento ai coefficienti di produzione standard del 2017 (i più recenti disponibili) per la regione Sardegna riportati dalla RICA (Rete di Informazione Contabile Agricola). Per le fasce mitigative in cui si prevede la piantumazione di mirto potenzialmente produttivo il valore economico è stato stimato in base a delle valutazioni tecniche specialistiche.

B.2 Producibilità elettrica minima

In base alle caratteristiche degli impianti agrivoltaici analizzati, si ritiene che, la produzione elettrica specifica di un impianto agrivoltaico (FVagri in GWh/ha/anno) correttamente progettato, paragonata alla producibilità elettrica specifica di riferimento di un impianto fotovoltaico standard (FVstandard in GWh/ha/anno), non dovrebbe essere inferiore al 60 % di quest'ultima.

Relativamente ai requisiti B, dunque, nell'impianto in progetto si hanno le seguenti condizioni:

<p>B.1 Continuità dell'attività agricola</p>	<p>Attualmente le aree sono impiegate come seminativi ad uso foraggero. Si prevede la coltivazione del prato pascolo migliorato integrato con la realizzazione di un uliveto, una fascia produttiva a mirto, e l'introduzione di arnie, con un incremento del valore agronomico del 26,5%.</p>
<p>B2. Producibilità elettrica $\geq 0,6 \cdot FVst$</p>	<p>Il calcolo e la comparazione della producibilità dell'impianto agrivoltaico e di un impianto FV standard è riportato nella relazione elettrica.</p>

REQUISITO C:

La configurazione spaziale del sistema agrivoltaico, e segnatamente l'altezza minima di moduli da terra, influenza lo svolgimento delle attività agricole su tutta l'area occupata dall'impianto agrivoltaico o solo sulla porzione che risulti libera dai moduli fotovoltaici. Nel caso delle colture agricole, l'altezza minima dei moduli da terra condiziona la dimensione delle colture che possono essere impiegate (in termini di altezza), la scelta della tipologia di coltura in funzione del grado di compatibilità con l'ombreggiamento generato dai moduli, la possibilità di compiere tutte le attività legate alla coltivazione ed al raccolto. Le stesse considerazioni restano valide nel caso di attività zootecniche, considerato che il passaggio degli animali al di sotto dei moduli è condizionato dall'altezza dei moduli da terra (connettività).

In via teorica, determinare una soglia minima in termini di altezza dei moduli da terra permette infatti di assicurare che vi sia lo spazio sufficiente per lo svolgimento dell'attività agricola al di sotto dei moduli, e di

limitare il consumo di suolo. Considerata l’altezza minima dei moduli fotovoltaici su strutture fisse e l’altezza media dei moduli su strutture mobili si possono fissare come valori di riferimento:

- 1,3 metri nel caso di attività zootecnica (altezza minima per consentire il passaggio con continuità dei capi di bestiame);
- 2,1 metri nel caso di attività colturale (altezza minima per consentire l’utilizzo di macchinari funzionali alla coltivazione).

L’impianto agrivoltaico in progetto ricade nel primo caso (tipo 1: altezza minima per attività zootecnica).

L’altezza minima dei moduli è studiata in modo da consentire la continuità delle attività agricole (o zootecniche) anche al di sotto dei moduli fotovoltaici data un’altezza media degli stessi pari a 2,40 m e un’altezza minima da terra nel caso di massima inclinazione della struttura (55°) pari a 1,30 m.

REQUISITI “D” ED “E”: SISTEMI DI MONITORAGGIO

I requisiti D ed E di seguito vengono brevemente descritti pur non essendo previsti per l’impianto in oggetto, per il quale non si richiede accesso agli incentivi statali a valere sulle tariffe elettriche e non si richiedono contributi a valere sul PNRR (Linee Guida Agrivoltaico par. 2.2.). Dovrà essere sempre rispettato il requisito D.2, considerato come requisito base al pari dei requisiti A e B.

D.2 Monitoraggio della continuità dell’attività agricola

La continuità dell’attività agricola sarà monitorata con un programma di visite periodiche con cadenza annuale da parte di un agronomo il cui compito sarà di verificare e riportare lo stato delle colture in campo e la permanenza degli eventuali allevamenti, con particolare attenzione al mantenimento e all’eventuale miglioramento dell’indirizzo produttivo e alla esistenza effettiva della coltivazione ed al suo stato fisiologico.

1.3.2 Moduli fotovoltaici

I moduli fotovoltaici utilizzati sono del tipo monocristallino, questa tipologia è una soluzione progettuale che, per le caratteristiche generali, è fra le più interessanti sul mercato.

Nella tabella seguente sono elencate le caratteristiche principali.

Tabella 3 - Caratteristiche dei moduli fotovoltaici previsti.

Parametro	Sigla e/o valori caratteristici	UM
Costruttore e sigla modello	TRINA Vertex N Bifacciale	-
Tipologia	Silicio monocristallino	-
Dimensioni	2384 x 1303 x 33	mm
Peso	38,3	kg
Numero di celle	132	-

Potenza nominale massima con STC (P_{max})	700	W
Efficienza del modulo	22,5	%
Tensione di esercizio ottimale (V_{mp})	40,5	V
Corrente di esercizio ottimale (I_{mp})	17,29	A
Tensione di circuito aperto (V_{oc})	48,6	V
Corrente di corto circuito (I_{sc})	18,32	A
Temperatura di esercizio	-40 ~+85°C	°C
Tensione massima di sistema	1500	V

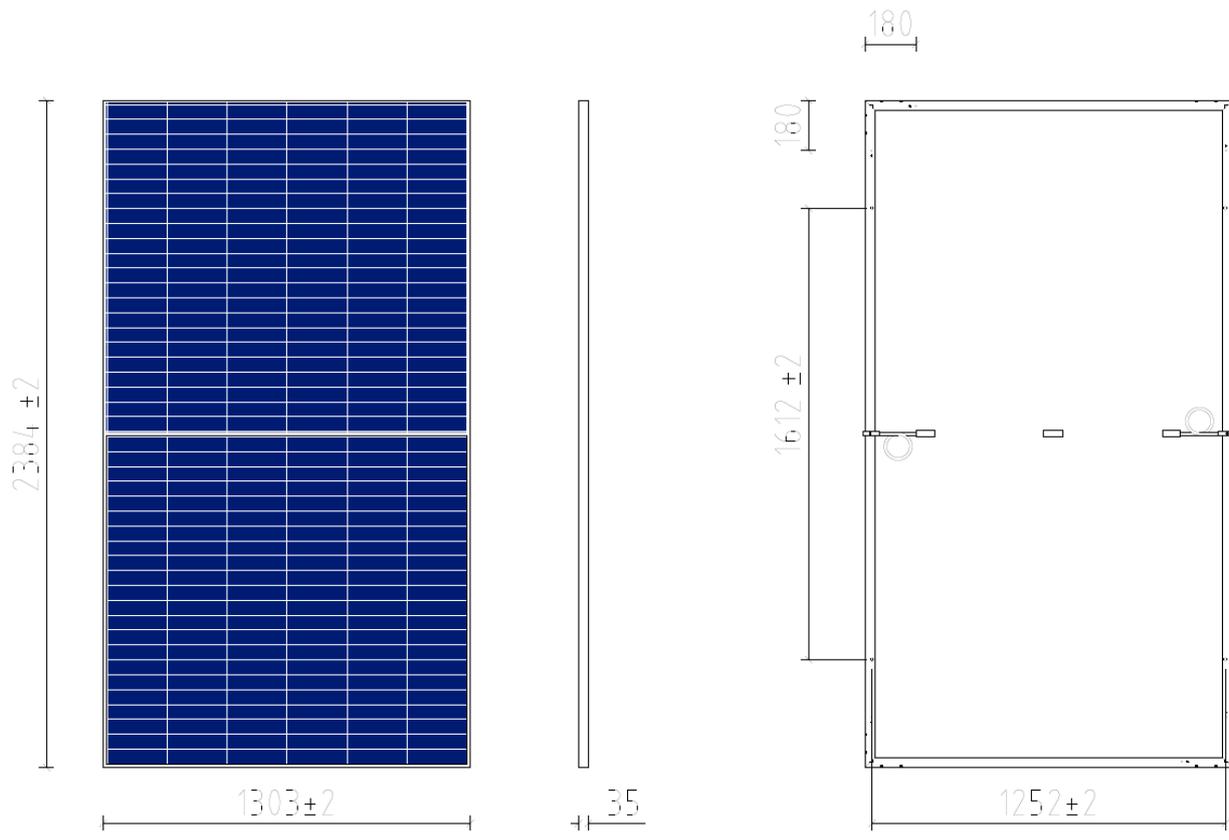


Figura 21: dati dimensionali modulo fotovoltaico.

I moduli previsti hanno una potenza nominale di 700 Wp, per un numero complessivo di moduli pari a 48.020, consentendo così di raggiungere una potenza nominale di picco del campo fotovoltaico pari a 33.614 kWp. I moduli previsti in progetto sono del tipo "bifacciali", con vetro da 2 mm sulla parte anteriore e da 2 mm sulla parte posteriore e garantiscono una efficienza pari a 22,5% in condizioni STC.

1.3.3 Strutture di supporto

Il sistema di sostegno dei moduli ad inseguimento (tracker), è previsto con strutture infisse su file monopalo, con i pannelli montati in configurazione "portrait" (affiancamento sul lato più lungo), con due file per vela. Il fissaggio dei pannelli a terra sarà realizzato con infissione sul terreno tramite macchine battipalo.

Il dimensionamento delle strutture tiene in conto i carichi statici (pesi dei componenti), le sollecitazioni dinamiche del vento e le caratteristiche del terreno sulla base dello studio geologico.

I dettagli strutturali saranno confermati e/o ridefiniti in fase di progettazione esecutiva, dopo la verifica della disponibilità sul mercato dei componenti scelti (moduli e strutture), insieme ad opportuni saggi sul terreno per validare le caratteristiche ai fini della portanza e della resistenza all'estrazione dei pali.

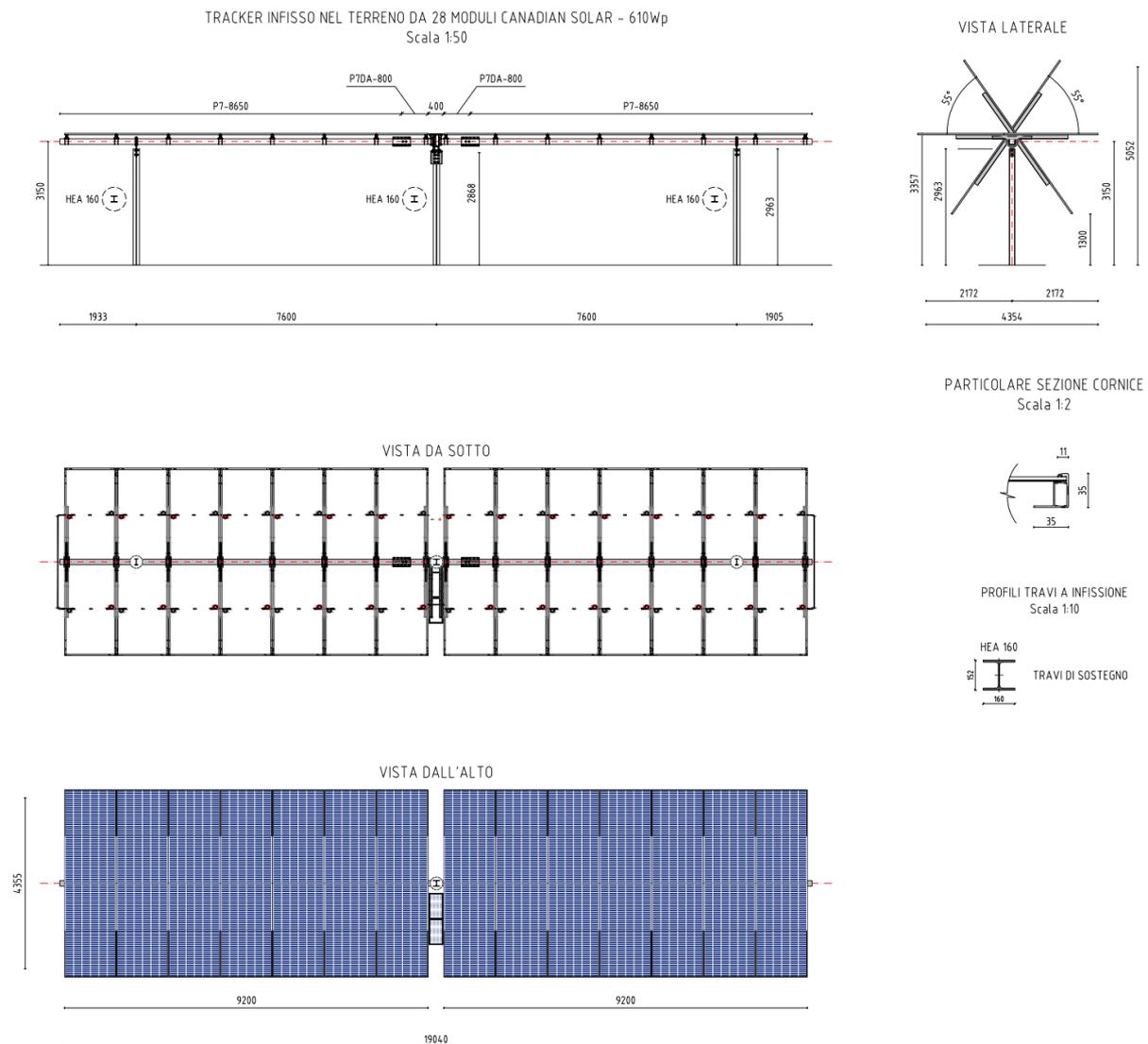


Figura 1 – Tipico struttura supporto pannelli ad inseguimento (tracker).

Il layout con tracker mono-assiali ad asse di rotazione nord-sud consente di ottimizzare la produzione di energia elettrica, inseguendo la posizione giornaliera del sole con appositi motori, riduttori e schede di controllo installate a bordo dei tracker. Per gestire le diverse conformazioni delle superfici del terreno si sono adottati inseguitori di lunghezza e numero di pannelli standard: in particolare saranno utilizzati 1'715 tracker da 28 moduli da 700 W, per cui i tracker avranno una potenza nominale di 19,6 kW dc.

I tracker hanno la caratteristica di poter essere infissi attraverso i pali nel terreno senza bisogno di alcun tipo di fondazione in calcestruzzo, compatibilmente con le caratteristiche geotecniche del terreno ed alle prove penetrometriche dettagliate che verranno confermate in fase esecutiva.

In generale le strutture sono in grado di supportare il peso dei moduli anche in presenza di raffiche di vento, di neve e altri carichi accidentali, previste nel sito di installazione.

I pali, che avranno profili in acciaio HEA 160 e IPE 200 per massimizzare la superficie di contatto con il terreno - la cui profondità di posa dipende dal tipo di terreno - saranno infissi nel terreno per mezzo di apposito "battipalo".

1.3.4 Inverter di cabina

Per la conversione dell'energia prodotta, da continua in alternata, sono stati previsti inverter di tipo centralizzato completi internamente dei componenti accessori, quali filtri e dispositivi di protezione e controllo, che rendono il sistema idoneo al trasferimento della potenza dal generatore fotovoltaico alla rete, in conformità ai requisiti normativi tecnici e di sicurezza applicabili.

Gli inverter individuati sono della Sungrow, i due modelli che verranno utilizzati sono:

- SG3300UD di potenza 3'399 kVA;
- SG4400UD di potenza 4'532 kVA;

con potenze a 40 ° C, temperatura di riferimento tipiche delle macchine elettriche di potenza.

Questi inverter sono inseriti nel campo agrivoltaico all'interno dei rispettivi Skid, comprendendo pertanto sia la parte di conversione, sia la parte di trasformazione BT/AT a raccogliere l'energia delle stringhe, che vengono convogliate agli ingressi degli inseguitori MPPT, tramite quadri DC di campo di concentrazione.



La localizzazione degli inverter è individuata in modo da averli il più possibile baricentrici in riferimento alle rispettive stringhe e comunque sul percorso della viabilità, per non sottrarre ulteriore superficie utile a moduli e attività agricola.

Figura 22: inverter modulare.

1.3.5 Cabine di campo, di raccolta e sezionamento, di supervisione

L'uscita in corrente alternata trifase di ogni inverter, arriva protetto da canale e carter nella sezione BT affiancata alla cabina di campo (Skid), e dopo trasformazione BT/AT esce sulla rete, interna al campo, al livello di tensione 36 kV.

Ogni cabina di campo contiene al suo interno il quadro di gestione in corrente continua costituito da un numero di dispositivi di protezione e sezionamento, ai quali arrivano le linee provenienti dai quadri di concentrazione DC.

In uscita dall'inverter, un quadro con interruttore generale trasferisce su apposita sbarra BT l'energia raccolta dalla zona di riferimento per lo Skid, fino al trasformatore elevatore BT/AT, che la porta dal livello 630 V a quello a 36'000 V, tensione adatta al trasferimento dell'energia sia all'interno del campo agrovoltaico sia per il trasferimento, tramite la Cabina di Raccolta e Trasmissione, fino alla sezione 36 kV di connessione della Nuova Stazione Elettrica RTN a 150/36 kV di proprietà Terna S.p.A.

Ciascuna cabina di zona contiene al proprio interno il quadro 36 kV che, oltre alla protezione del trasformatore BT/AT, contiene il sezionatore per il collegamento alla cabina di raccolta.

Le cabine hanno al loro interno diversi altri componenti di impianto e accessori, quali: l'impianto di terra ed equipotenziale, un trasformatore BT/BT per i servizi ausiliari, un UPS per i servizi di cabina sotto continuità,

l'impianto di illuminazione, le prese di servizio e manutenzione, i ventilatori, il sistema di protezione e monitoraggio e telecontrollo, il sistema di sgancio in emergenza.

Le cabine sia quelle dedicate alla parte elettrica di potenza, sia quelle per il control room, verranno realizzate in stabilimenti dedicati per prefabbricati e verranno consegnate in cantiere pronte al collegamento DC lato inverter, AT lato rete di trasferimento e per la parte dati.

Cabine di campo

Ciascuna di queste cabine è costituita dai diversi componenti, che globalmente avranno dimensioni esterne indicative: 6058 x 2896 x 2438 [mm], al loro interno sono contenuti il quadro 36 kV di tipo entra esce con le protezioni del trasformatore di potenza AT/BT, il quadro BT ed il trasformatore BT/BT per gli ausiliari.

Nella figura sottostante è rappresentato un estratto che rappresenta gli skid previsti che presentano le stesse dimensioni, pur con potenze differenti.

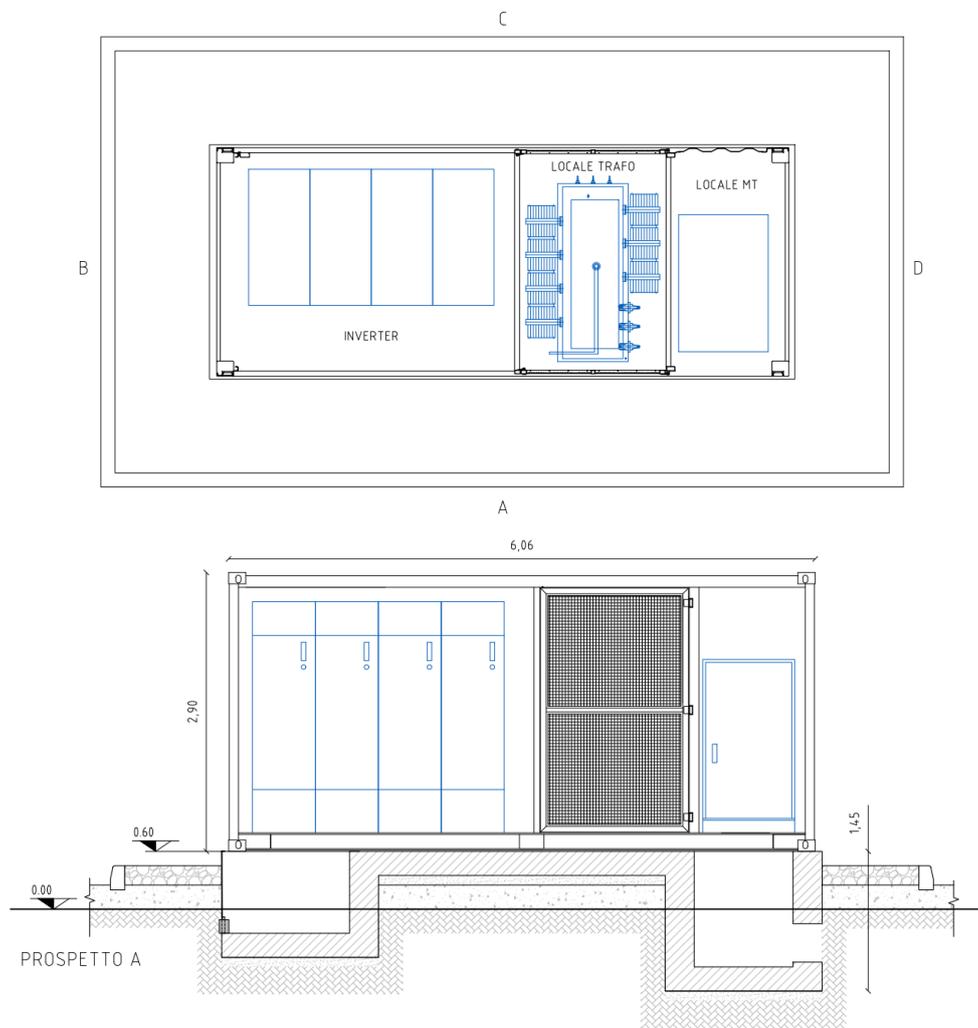


Figura 2 – Cabina di Campo - Pianta e prospetti

Cabina di Raccolta e Trasmissione (CRT)

Questa cabina contiene i quadri 36 kV con gli scomparti per linee di arrivo dal campo e gli scomparti per le linee di trasmissione fino alla Stazione Elettrica Terna.

La cabina che insiste nell'area del Comparto A avrà anche uno scomparto 36 kV per il trasformatore dei servizi ausiliari AT/BT ed un gruppo elettrogeno di emergenza per tutta l'area della Stazione Produttore.

Oltre al locale 36 kV, in questo edificio sono presenti: una sala contatori e di controllo, un locale Servizi Ausiliari, un locale per il TSA, un locale per il Gruppo Elettrogeno.

Le dimensioni esterne totali del locale sono indicativamente: 32,00 x 6,50 x 4,50 [m].



Figura 3 – Cabina di Raccolta e Trasmissione

In vicinanza della nuova SE Terna, si provvederà un locale prefabbricato, nel quale alloggiare un quadro di sezionamento, al fine di utilizzarlo per abbreviare i tempi per la ricerca di eventuali guasti sulla linea di trasmissione a 36 kV.

Tale quadro non avrà protezioni a bordo ma soltanto organi di sezionamento, non sarà pertanto necessario un sistema di alimentazione permanente, sarà eventualmente previsto solo un quadro ausiliari per illuminazione e manutenzione, che sarà alimentato all'occorrenza tramite gruppo elettrogeno portatile.

1.3.6 Cavidotti

Le caratteristiche dei cavi di collegamento, della rete di terra, dei componenti accessori necessari per il funzionamento dell'impianto e per il soddisfacimento dei requisiti di sicurezza dovranno rispettare quanto previsto nelle norme. Di seguito si descrivono le diverse tipologie previste in funzione dei livelli di tensione che saranno presenti nelle diverse parti dell'impianto fotovoltaico.

Cavi in corrente continua

Per collegare i pannelli in stringhe fino all'ingresso degli inverter, data la tensione prevista, sono previsti cavi per il funzionamento fino a 1500 Vcc, del tipo FG21M21 o equivalente.

Cavi in corrente alternata BT e condotti prefabbricati BT

Dagli inverter l'energia in alternata viene trasferita alle cabine di campo in un quadro BT di raccolta; i cavi adatti sono quelli siglati FG16OR16 o caratteristiche similari.

All'interno delle cabine di campo, ci sarà il collegamento dai quadri BT a valle degli inverter fino ai terminali BT del trasformatore di potenza; esso potrà essere eseguito con più cavi in parallelo FG16OR16 o caratteristiche similari o con un condotto sbarre prefabbricato.

Questi collegamenti di fatto verranno forniti assemblati all'interno degli skid (cabine di campo).

Cavi 36 kV

La rete 36 kV prevista per la raccolta dell'energia elettrica proveniente dalle cabine del campo fotovoltaico sarà realizzata con tipologia di cavo in categoria III, U_0/U 20.8/36 kV da 240 mm² in alluminio, e U_0/U 26/45 kV da 240 mm² in rame, a seconda di quello che sarà disponibile sul mercato.

I cavi con sezioni inferiori a 240 mm² non sono stati descritti, in quanto sono utilizzati solo per il trasformatore ausiliari della Cabina di Raccolta e Trasmissione o all'interno degli skid, che verranno forniti montati, cablati e certificati dai rispettivi costruttori.

Per i cavidotti sono previsti scavi a sezione ristretta, necessari per la posa dei cavi elettrici, gli scavi avranno ampiezza variabile tra 35 e 65 cm (eccezionalmente fino 80), con profondità di circa 140 cm. La larghezza

dello scavo dipenderà dal numero di terne di cavi (36 kV), di cavi DC o cavi per telecomunicazioni (fibre ottiche) che dovranno essere posati, come evidenziato nei tipici di posa.

Ove si attui la posa diretta del cavo (es cavi 36 kV esterni al campo fotovoltaico), senza la protezione di cavidotto in apposito corrugato, si dovrà predisporre un letto di posa in sabbia, atto a proteggere i cavi da danneggiamenti meccanici. La sabbia dovrà essere stesa entro lo scavo prima e subito dopo la posa del cavo stesso.

Sopra il secondo strato di sabbia, dovrà essere predisposta apposito nastro monitor, a segnalare la presenza del cavidotto in tensione.

1.3.7 Recinzione

Intorno a tutte le aree nelle quali saranno installati i pannelli fotovoltaici sarà posta una recinzione costituita da rete metallica romboidale, maglia 5 x 5 cm, altezza 2 m, plastificata verde, ancorata ad elementi metallici. Al fine di garantire la continuità dei corridoi ecologici alle specie faunistiche, la recinzione sarà dotata di idonee aperture e/o dovrà essere sollevata da terra di almeno 30 cm.

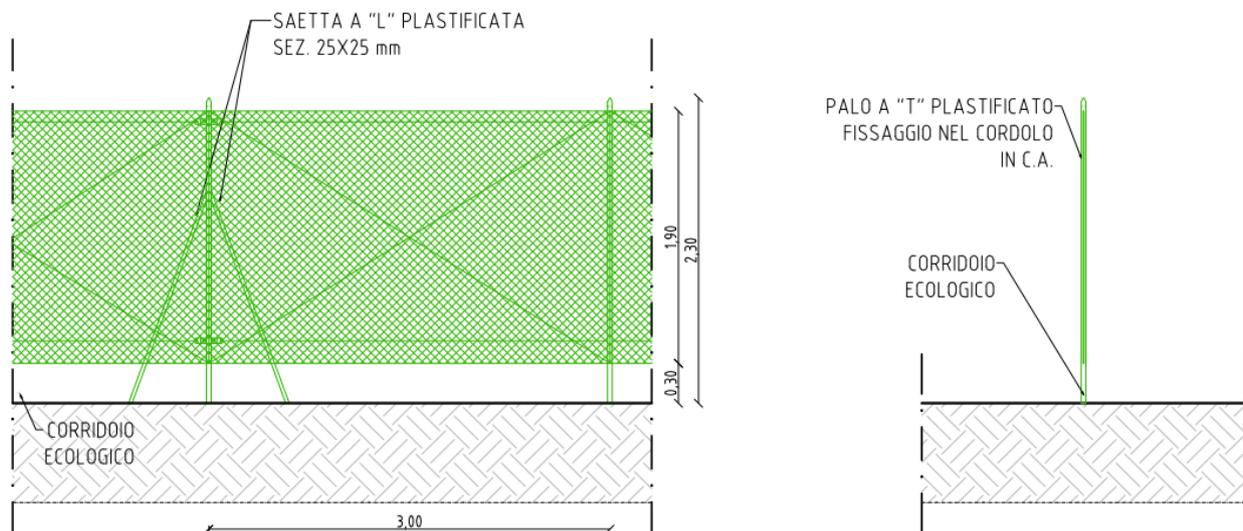


Figura 4 – Dettaglio recinzione - Prospetto e sezione

Per inibire furti ed atti vandalici i perimetri recintati saranno controllati da sistema antintrusione tramite sorveglianza con telecamere, con sensore di movimento, in grado di funzionare nel campo dell'infrarosso per la visione notturna e di attivare automaticamente l'accensione dell'impianto di illuminazione.

I pali, con a bordo corpi illuminanti e telecamere, saranno distribuiti su tutta la recinzione.

1.3.8 Fascia di mitigazione

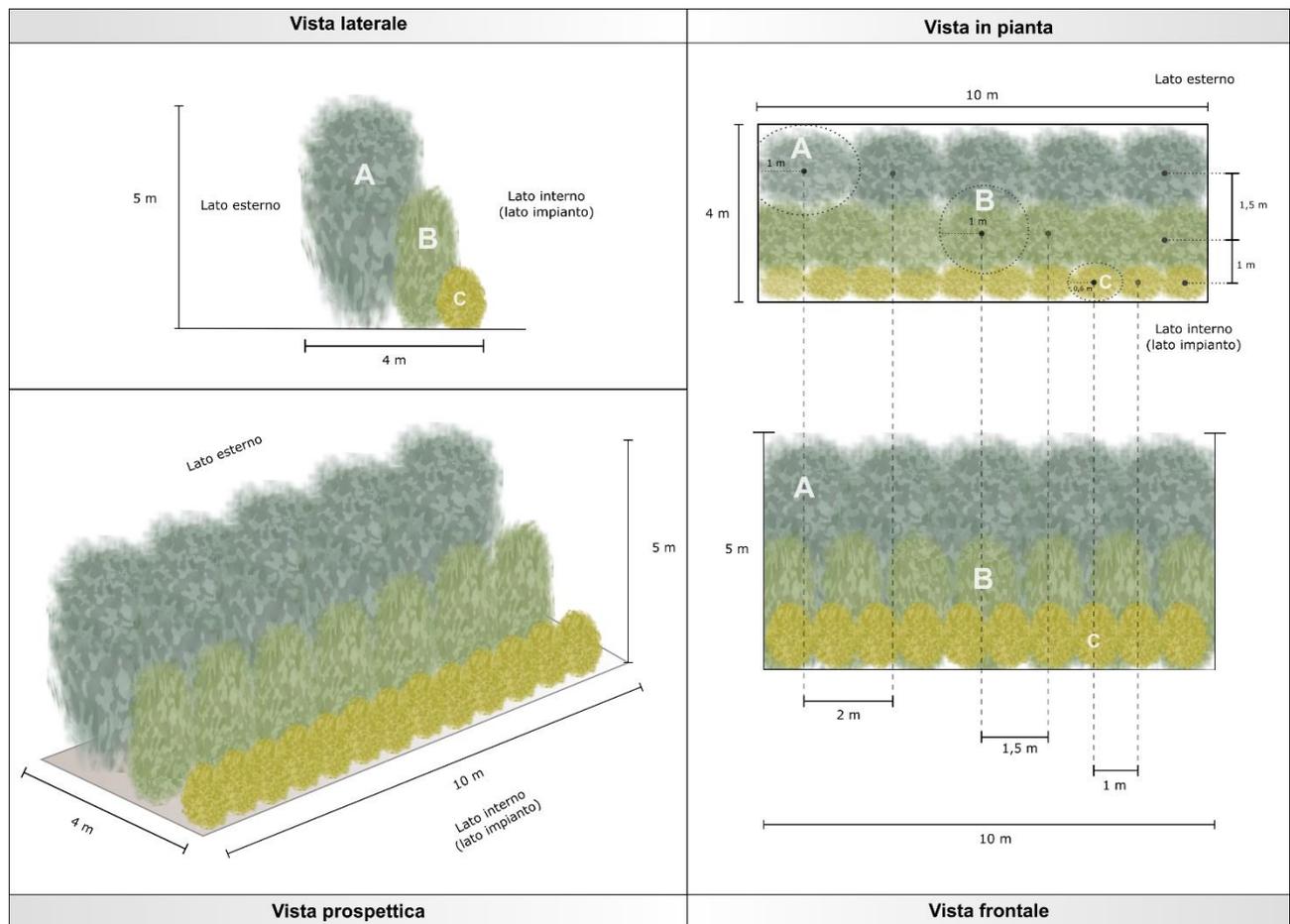
Lungo buona parte dell'intero perimetro dell'impianto verrà realizzata una fascia verde plurispecifica di mitigazione della larghezza di 4,00 m costituita da essenze arboree, alto-arbustive ed arbustive sempreverdi autoctone locali coerenti con il contesto vegetazionale, bioclimatico e geo-pedologico del sito.

Tra le essenze da impiegare, è stata inserita la specie *Myrtus communis* (mirto) per la sua capacità di produzione di frutti carnosì e fioriture ad elevato potere nettario, a favore della fauna selvatica, nonché idonea all'utilizzo per scopi produttivi (raccolta ed utilizzo delle bacche).

In fase di realizzazione delle fasce verdi perimetrali di mitigazione, nei tratti con presenza di specie di rilievo, gli esemplari di tali specie verranno mantenuti tal quali, ad integrazione delle opere a verde di nuova creazione.

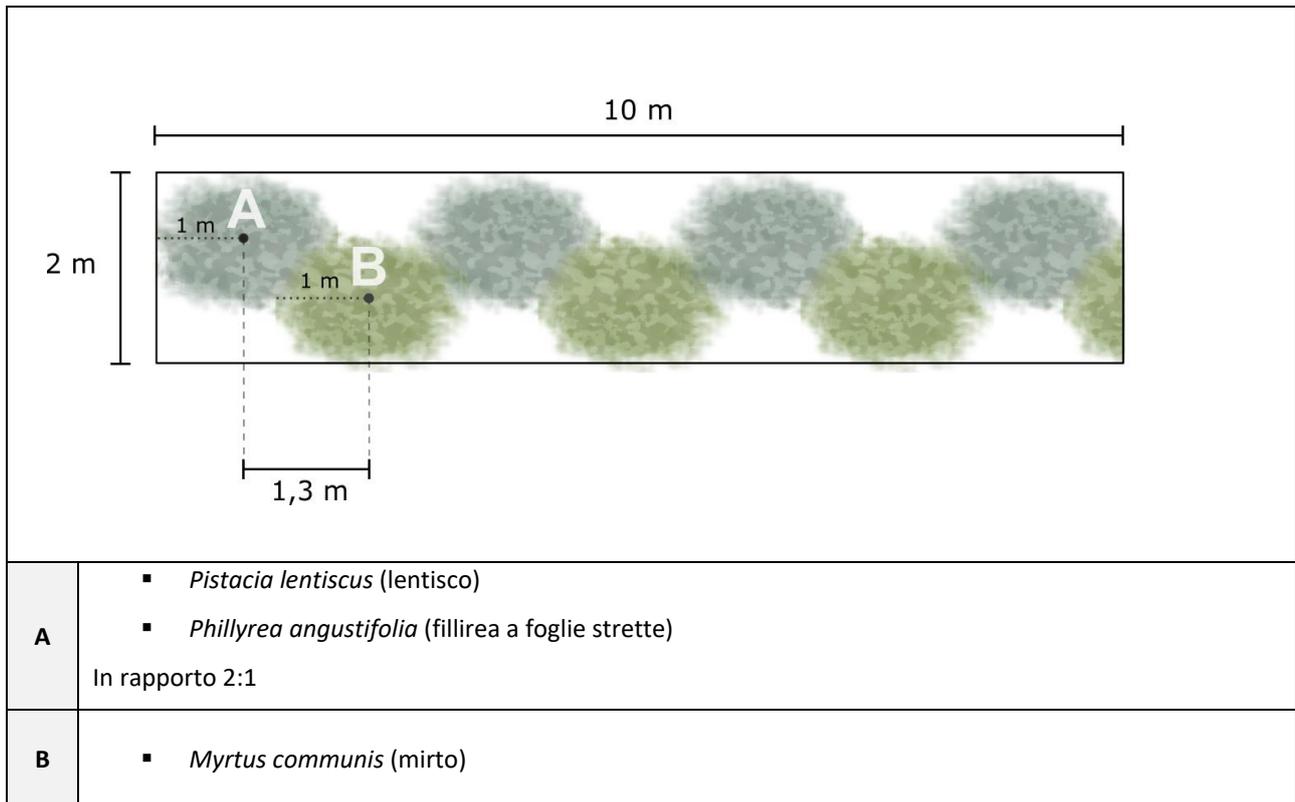
Lungo i tratti dei canali e dei corsi d'acqua minori attualmente privi di qualsiasi copertura vegetazionale legnosa verranno messi a dimora nuovi esemplari di specie arbustive e arborescenti sempreverdi già presenti allo stato spontaneo nel sito, a costituire doppie file sfalsate dall'aspetto quanto più possibile naturaliforme. Questo intervento si prefigge lo scopo di migliorare la connettività ecologica del luogo, depauperata nel tempo dalle profonde trasformazioni causate dall'attività agro-pastorale.

Tabella 4 - Sesto d'impianto e composizione della fascia di mitigazione perimetrale



A	<i>Olea europaea</i> (ulivo/olivastro)
B	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Pistacia lentiscus</i> (lentisco) ▪ <i>Phillyrea angustifolia</i> (fillirea a foglie strette) <p>In rapporto 3:1</p>
C	<i>Myrtus communis</i> (mirto)

Tabella 5 - Sesto d'impianto e composizione delle siepi da realizzare in prossimità dei canali con funzione di ripristino della connettività ecologica



1.3.9 Sistema di illuminazione e videosorveglianza

È previsto un impianto di antintrusione e videosorveglianza dell’impianto composto da punti di rilevamento montati su pali perimetrali al lotto; è prevista anche l’installazione di sistema di illuminazione utilizzando lo stesso supporto per installare sia il proiettore, sia le telecamere.

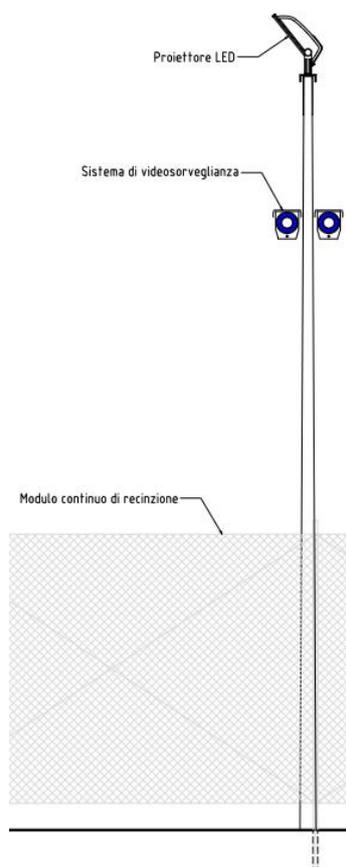


Figura 5 – Palo di supporto per corpo illuminante e telecamere

I pali, con a bordo corpi illuminanti e telecamere, saranno distribuiti su tutta la recinzione, come indicato nell'elaborato: 2397C 20050 - Planimetria su CTR Distribuzione Pannelli e Cabine.

Il sistema di accensione/spengimento può essere gestito a tempo, con parzializzazione 50 %, al fine di ridurre l'inquinamento luminoso, con l'attivazione automatica del sensore di movimento della telecamera di sorveglianza, anche tramite accensione individuale o totale da remoto, tramite il sistema di videosorveglianza. La soluzione verrà meglio dettagliata in fase esecutiva, in funzione della tipologia da implementare effettivamente.

Nell'intorno delle cabine di campo (skid) e della Cabina di raccolta e trasmissione degli stessi, saranno posizionati i corpi illuminanti, necessari alla gestione e manutenzione anche notturne, plafoniere collegamenti e comandi saranno adatti al luogo di installazione (interno o esterno), saranno previste anche opportune lampade di emergenza, aventi autonomia adatta allo specifico luogo ed alla funzione.

1.3.10 Viabilità

Per quanto riguarda la viabilità all'interno dei campi fotovoltaici, il passo tra le file dei pannelli è sufficiente a permettere ai mezzi, sia in fase di costruzione sia in fase di esercizio e manutenzione di muoversi all'interno delle aree, mantenendo la velocità entro i valori tipici da rispettare per i cantieri.

Per garantire la viabilità a mezzi importanti anche quando i tracker sono in funzione è prevista una viabilità principale costituita da percorsi perimetrali e trasversali, che di fatto utilizza quella esistente opportunamente mantenuta. Le strade seguiranno in linea di massima i perimetri del layout rappresentato nella suddivisione dei sottocampi.

Per avere un ridotto impatto ambientale, i nuovi accessi e la viabilità aggiuntiva saranno realizzati con la tecnica della terra stabilizzata, prendendo cioè il materiale in situ, opportunamente vagliato, miscelato ed impastato nelle dosi con calce, opportuni leganti, aggreganti, sanificanti.

Questo permette di avere percorsi stabili adatti anche al traffico pesante, altamente drenanti, contemperando le esigenze di valenza paesaggistica e di eco-sostenibilità con la funzionalità ed affidabili nel tempo. La conformazione opportuna della sezione di queste strade, unita all'ottimizzazione dei percorsi dei cavidotti coordinandoli con la viabilità, permette la gestione delle acque superficiali in modo da non erodere il piano stradale e diminuire il più possibile la manutenzione delle stesse.

In alternativa le strade si potranno realizzare in tout-venant, soluzione che mantiene ugualmente una elevata capacità drenante, un basso impatto ambientale, ma che dovrà essere mantenuta con più frequenza ed intervenendo per il ripristino in caso di interruzione della viabilità.

A lato delle strade interne e periferiche, al fine del drenaggio delle acque superficiali, sarà realizzato un canale di invito che correrà parallelo alle strade stesse e, ove la direzione dei deflussi siano trasversali, saranno aggiunti dei pozzetti con dei tubi di dreno a permettere lo scarico verso i canali di raccolta esistenti.

1.3.11 Preparazione delle aree e scavi

Per consentire l'installazione dei pannelli nell'area d'interesse è necessario che la pendenza dei terreni sia contenuta: l'ideale sarebbe avere aree perfettamente pianeggianti o al più già orientate verso sud.

Per la conformazione del terreno esistente, anche al fine di minimizzare l'impatto, questo non può essere fatto con un unico piano, ma con diverse sub aree che mantengano al proprio interno una pendenza compatibile con l'installazione dei tracker e l'orientamento dei pannelli.

L'ipotesi di livellamento eseguita è fatta sulla base di livelli cartografici; il progetto esecutivo permetterà una maggior precisione. I volumi da escavare e riempire, andranno il più possibile in compensazione ma non si prevede in ogni caso di importare terre dall'esterno del sito.

Nella realizzazione dei cavidotti si dovrà avere cura di sistemare temporaneamente il materiale inerte su uno dei due bordi di scavo, in modo da lasciare l'altro libero per la posa dei corrugati e/o dei cavi elettrici che verranno posati all'interno dello scavo.

Gli scavi saranno effettuati con mezzi meccanici, in maniera da evitare scoscendimenti, franamenti, ed in modo tale che le acque scorrenti alla superficie del terreno non pregiudichino i lavori.

I materiali derivanti dagli scavi a sezione ristretta, realizzati per la posa dei cavi, saranno temporaneamente depositati in prossimità degli scavi stessi o dove non possibile, in altre posizioni del sito individuate nel cantiere. In generale lo stesso materiale sarà riutilizzato per il rinterro; i materiali in eccedenza dalla realizzazione delle fondazioni delle cabine e degli scavi per i cavidotti potranno essere utilizzati per il livellamento dell'area di installazione. Trattandosi di scavi poco profondi, in terreni naturali lontani da strade, sarà possibile evitare la realizzazione delle paratoie, verificando in fase esecutiva, a cura della Direzione dei Lavori e del Responsabile per la Sicurezza, che la natura del terreno sia sufficientemente compatta.

1.3.12 Organizzazione del cantiere

Cantiere area parco

Per quanto concerne l'organizzazione del cantiere, si ipotizza di suddividerlo in due comparti Est e Ovest, dedicando a ciascun'area, una zona di accesso, controllo e di sorveglianza notturna, in generale a seconda dello stato di avanzamento delle varie fasi, saranno previste le baracche e le aree parcheggi per i mezzi di cantiere.

La viabilità sarà organizzata in modo da renderla congruente con la viabilità definitiva del parco fotovoltaico, da collegare tramite apposite strade dedicate per l'accesso ai cantieri dei singoli sottocampi fotovoltaici.

Le aree di cantiere saranno recintate, avranno un accesso controllato (con badge o addetto) e vi saranno localizzati i baraccamenti, i parcheggi per il personale, i parcheggi dei mezzi di cantiere, le postazioni di cantiere, un'area per lo stoccaggio di pannelli e materiali e un'area per lo stoccaggio dei rifiuti.

Di fatto l'esperienza pregressa evidenzia il difficile controllo notturno contro i furti, anche con la ronda periodica, pertanto è fortemente suggerito di procedere immediatamente alla realizzazione recinzione definitiva, con anche l'installazione di tutti i pali dedicati a illuminazione e telecamere di sorveglianza previsti a regime. Il sistema di sorveglianza andrà alimentato dall'energia di cantiere e collegato con le antenne 4/5G dedicate, che possono essere quelli dei providers già definiti poi per il funzionamento a regime dell'impianto.

In generale, il layout sarà organizzato con le seguenti zone:

- Zona Direzionale: con uffici per il committente, la direzione lavori ed il coordinamento della sicurezza, un ufficio di cantiere per l'impresa affidataria delle opere civili ed uno per l'affidataria delle opere elettriche, una sala riunioni comune, servizi igienici.
- Zona Operativa: con spogliatoi e servizi igienici per gli addetti, l'infermeria, una sala ristoro per pause brevi con tettoia all'aperto, un refettorio/mensa per le pause lunghe.

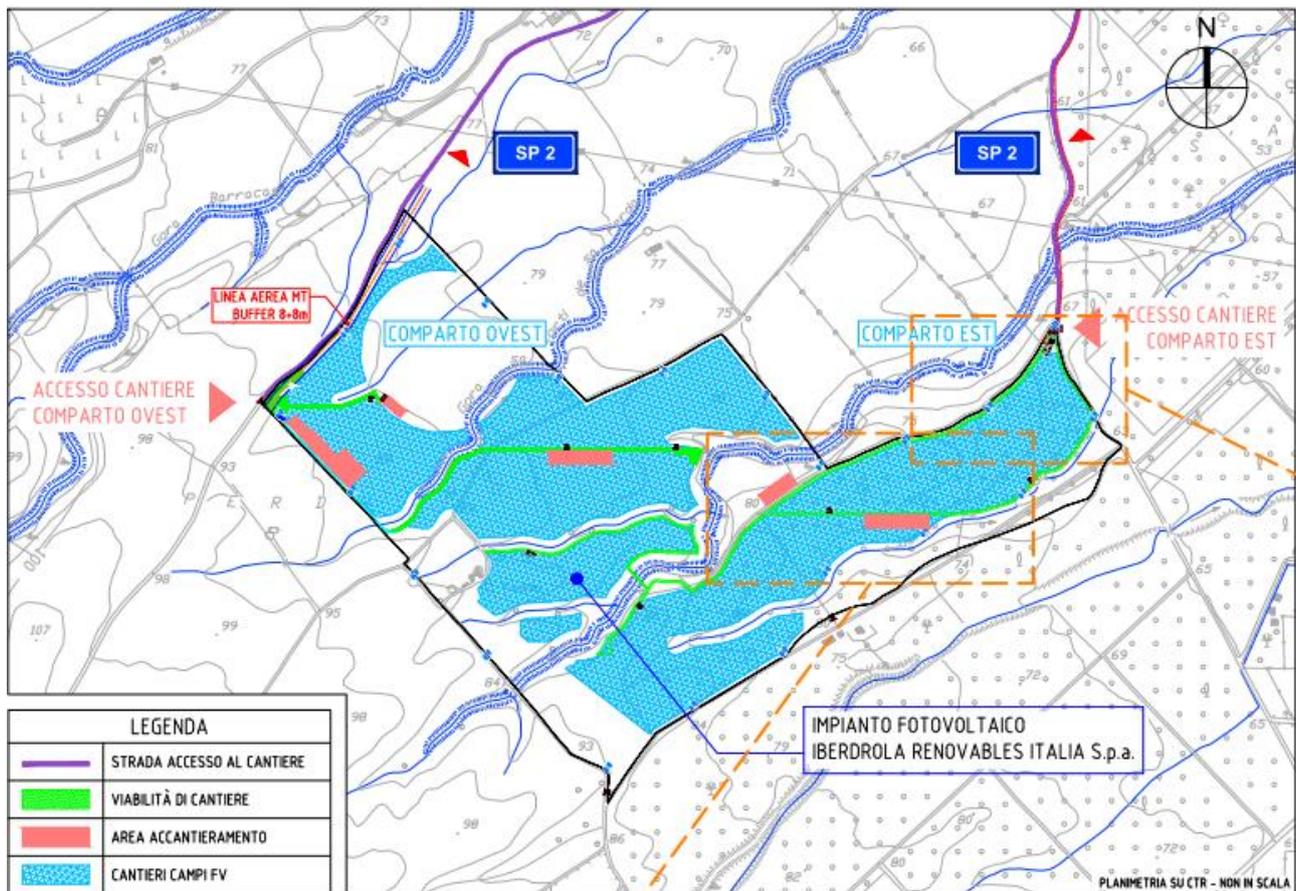


Figura 23: Layout cantiere.

In generale, ciascuna delle sub-aree di suddivisione di lavoro costituirà un cantiere satellite dei due comparti principali: comparto Est e Ovest, nei quali ci saranno tutti gli spazi per la Direzione dei Lavori, del Coordinatore della Sicurezza in fase di Esecuzione ed i vari Capi Cantiere delle diverse Imprese. Ogni comparto sarà dotato dei servizi minimi: un box per impresa se verrà ritenuto necessario, un bagno chimico, una o più postazioni di lavoro libere, con zona di stoccaggio breve e montaggio.

In generale per ogni comparto il cantiere sarà organizzato secondo opportuna viabilità interna, studiata, in fase esecutiva per ridurre al minimo le interferenze.

Cantiere linea di connessione

Per la posa longitudinale con scavo, l'area di cantiere sarà costituita essenzialmente dalla trincea di posa del cavo prevista per la lunghezza del percorso, larga circa 1m per una profondità variabile fino a 1,4 m.

Per la realizzazione dell'elettrodotto esterno in cavo sono individuabili le seguenti fasi:

- esecuzione degli scavi, per la parte di costeggiamento della strada;
- stesura e posa del cavo;
- realizzazione dei giunti;
- reinterro dello scavo fino al ripristino del piano.

- 3 mezzi tra gommati e cingolati (ruspe e pale meccaniche) per il movimento e livellamento terra;
- Rullo compressore (per il solo compattamento strade interne al campo fotovoltaico)
- 3 trivelle e/o battipali per l'infissione dei supporti di sostegno delle strutture dei pannelli;
- 3 camion per trasporto del terreno, delle apparecchiature, dei pannelli e delle strutture;
- 1 Betoniera con autopompa per i getti di fondazione SKID e cabina di raccolta e trasmissione;
- 1 autocisterna per rifornimento betoniera/impastatrice e per irrorazione strade per abbattimento polvere;
- 6 veicoli per il trasporto delle attrezzature e del personale.

Viabilità di cantiere

La viabilità sarà organizzata in maniera da ottimizzare le opere ed i tempi di esecuzione, in particolare verranno realizzate da subito quelle strade e le canalizzazioni in terra stabilizzata o tout-venant, che saranno utilizzate già in fase di cantiere e che resteranno funzionali alla viabilità dell'impianto anche in fase di esercizio.

Questo sforzo iniziale diminuirà in maniera determinante la necessità di provvedere alla irrorazione continua delle vie, per diminuire la polverosità, durante il transito dei mezzi di cantiere.

Rumore

Per quanto riguarda il Rumore e le Vibrazioni, questi sono da associare essenzialmente alle fasi di cantiere, per l'utilizzazione delle macchine operatrici richiamate nel paragrafo precedente, considerato che le lavorazioni con le macchine saranno effettuate principalmente in orari diurni e che la zona circostante è di tipo prettamente agricolo, non si prevede un impatto importante, in ogni caso qualora fosse necessario, per quanto riguarda il superamento sporadico dei limiti di immissione nei confronti dei soli ricettori abitativi, potranno essere adottate delle barriere mobili fonoassorbenti, per maggiori dettagli si rimanda al documento: VIA-R03-Relazione Acustica.

In fase di esercizio dell'impianto essendo i componenti e le macchine tutte statiche, non ci sono impatti significativi. Le uniche fonti di rumore degne di nota sono:

- l'attivazione temporanea dei ventilatori delle cabine di campo, che sono interne al parco ed hanno un livello di emissione che verrà in parte schermato dai pannelli stessi.

1.4 Dismissione dell'impianto

La vita produttiva dell'impianto agrivoltaico proposto si estende all'incirca per 25 anni. Al termine della sua vita utile, l'impianto fotovoltaico, come previsto anche dal comma 4 dell'art. 12 del D. Lgs 387/2003, sarà dismesso e sarà operato il ripristino dello stato dei luoghi come ante operam.

Questo sarà possibile attraverso la differenziazione e il recupero di tutte le componenti dell'impianto a seconda della rispettiva tipologia di rifiuto. La società avrà cura di separare i materiali riciclabili da quelli non riciclabili prodotti e che tali materiali siano portati presso ditte autorizzate nelle apposite aree di stoccaggio per il recupero o lo smaltimento finale.

Tra gli aspetti che rendono "doublegreen" l'energia fotovoltaica vi è la forte predisposizione dei componenti al riciclo ed al recupero dei materiali preziosi che compongono la maggior parte dell'impianto.

A questo proposito è utile sottolineare le iniziative che, a livello europeo, stanno predisponendo piattaforme di smaltimento e riciclo dei moduli fotovoltaici al termine del ciclo di vita utile degli stessi ed a cui stanno aderendo i principali produttori mondiali. Tale sistema, infatti, prevede il recupero ed il riuso di circa il 90 – 95% in peso dei moduli fotovoltaici in cinque passi con un processo tecnologico che consente il recupero di vetro, alluminio, silicio e dei materiali organici come plastiche e tedlar.

La maggior parte dei materiali come acciaio delle strutture di supporto o i cavi di rame sono facilmente riciclabili già oggi e consentono un recupero sensibile delle spese di smantellamento.

L'impianto sarà dismesso quando cesserà di funzionare seguendo le prescrizioni normative in vigore al momento.

Per ogni tipologia di strutture da smantellare, si procederà con le seguenti fasi sequenziali: smantellamento, raccolta e smaltimento dei vari materiali, in modo che ogni fase determini le condizioni adeguate alle successive fasi.

La rimozione sarà concordata in fase operativa con la ditta esecutrice dei lavori, in modo da evitare lo stoccaggio delle strutture dismesse, trasferendole direttamente a gli idonei impianti autorizzati per lo smaltimento o per il recupero.

Sarà cura della proprietà dell'impianto, con nomina dei responsabili per la sicurezza, dell'impresa e degli addetti alle attività, far sì che, durante le fasi operative, siano adottate tutte le misure necessarie a salvaguardare la sicurezza del personale ed evitare fenomeni di contaminazione sull'ambiente dovuti alle operazioni di smontaggio degli impianti.

Per la dismissione completa dell'impianto fotovoltaico, in tutte le fasi di lavoro, si prevede un periodo di circa 5 mesi di lavoro, come meglio indicato nel cronoprogramma rappresentato al paragrafo 7 della relazione specialistica PD-R09 - 2397C 20080 00.

Lo smantellamento dell'impianto previsto a fine vita sarà costituito dalle seguenti fasi principali di lavorazione:

1. Predisposizione Cantiere per la dismissione;
2. rimozione dei cablaggi e smontaggio dei moduli fotovoltaici;
3. rimozione delle strutture di sostegno, compresi pali;
4. rimozione delle cabine AT/BT Skid -Inverter ed altre opere civili;

5. smantellamento di cavi AT, BT (AC e DC) corrugati, canalette pozzetti in C.A.V, funzionali all'impianto fotovoltaico (sono escluse le parti delle opere di rete);
6. riempimento dei volumi e livellamento dei piani, dovuti allo smantellamento delle strutture dell'impianto fotovoltaico;
7. predisposizione documentazione e riconsegna area.

Il ripristino dei luoghi dovrà essere tale da non creare interferenza con la possibile nuova destinazione delle aree.

Vista la destinazione d'uso dell'area, sarà conservata la recinzione in quanto funzionale all'attività agricola presente.

Per i principali materiali che derivano dallo smantellamento, si riporta la tabella con i materiali statisticamente presenti, essi saranno catalogati in base alla tipologia secondo il codice europeo dei rifiuti (CER) e conferiti a centri di smaltimento autorizzati secondo normativa vigente (elenco non esaustivo).

In ogni caso preliminarmente dovranno essere effettuate le analisi per ammissibilità in discarica secondo quanto previsto dal D.Lgs 3 Aprile 2006 n. 152 e s.m.i..

Tabella 6: codici CER per i principali materiali che derivano dallo smantellamento.

Materiali (descrizione indicativa provenienza)	Codice CER
Apparecchiature fuori uso, apparati, apparecchi elettrici, elettrotecnici ed elettronici; rottami elettrici ed elettronici contenenti e non metalli preziosi	16.02.14
Macchinari ed attrezzature elettromeccaniche	16.02.16
Calcestruzzo (principalmente proveniente dalla demolizione dei monoblocchi delle cabine elettriche)	17.01.01
Vetro (portelle quadri elettrici)	17.02.02
Plastica (principalmente proveniente dalla demolizione dai corrugati per il passaggio dei cavi elettrici)	17.02.03
Rame (da cavi MT e BT e sbarre dei quadri MT e BT)	17.04.01
Alluminio (cavi in MT e/o BT in alluminio guide DIN di quadri e guide fissaggio moduli)	17.04.02
Metalli: ferro, acciaio (principalmente strutture di sostegno e strutture quadri elettrici)	17.04.05
Metalli misti (altri componenti elettromeccanici)	17.04.07
Cavi (cavi energia e segnale MT, BT AC e DC) diversi da 17.04.01 e 17.04.11	17.04.11
Pietrisco (quantità limitata / trascurabile)	17.05.08
Materiale inerte rifiuti misti dell'attività di demolizione e costruzione non contenenti sostanze pericolose	17.09.04
Apparecchiature elettriche ed elettroniche fuori uso (inverter, quadri elettrici, trasformatori, moduli fotovoltaici)	20.01.36

Le strutture di sostegno dei pannelli, in acciaio, saranno rimosse tramite smontaggio meccanico, per quanto riguarda la parte aerea, e tramite estrazione dal terreno dei pali di fondazione infissi. I materiali ferrosi ricavati verranno inviati ad appositi centri di recupero e riciclaggio istituiti a norma di legge. Per quanto attiene al ripristino del terreno non sarà necessario procedere a nessuna demolizione di fondazioni in quanto non si utilizzano elementi in cls gettati in opera.

Il rame degli avvolgimenti e dei cavi elettrici e le parti metalliche verranno inviati ad aziende specializzate nel loro recupero e riciclaggio. I pozzetti elettrici verranno rimossi tramite scavo a sezione obbligata che verrà poi nuovamente riempito con il materiale di risulta.

Le opere in calcestruzzo verranno smantellate con l'ausilio di idonei escavatori dotati di opportune benne/pinze demolitrici.

Il materiale di risulta sarà inviato allo smaltimento come materiale inerte. Nello specifico verranno rimossi:

- n. 1 cabina di raccolta e trasmissione
- n. 7 platee di appoggio cabine skid inverter;
- platee di rinforzo per passaggi cavi e pozzetti rompitratta.

Lo smantellamento delle strutture dell'impianto fotovoltaico, pur se effettuato con i dovuti accorgimenti determinerà dei dislivelli, si dovrà provvedere al livellamento tramite terreno da scavo provenienti dall'area di impianto, al più utilizzando altro terreno nella disponibilità della Proponente, proveniente da terreni limitrofi.

Non sono state previste demolizioni e smaltimenti delle strade in quanto, appositamente a ridurre l'impatto ambientale, quelle interne all'impianto sono ottenute solo livellando e compattando il terreno da renderlo utilizzabile per le macchine di cantiere e di manutenzione: le altre (quelle di uso promiscuo con l'attività agricola), verranno mantenute a carico del costruttore dell'impianto durante la gestione, esse continueranno a restare funzionali per la viabilità generale e per qualunque futura utilizzazione verrà decisa dal proprietario del lotto.

Le ditte a cui saranno conferiti i materiali saranno tutte regolarmente autorizzate per le lavorazioni e le operazioni di gestione necessarie.

Tutte le lavorazioni saranno sviluppate nel rispetto delle normative al momento vigenti in materia di sicurezza dei lavoratori.

RIPRISTINO VEGETAZIONALE

Al termine della vita utile dell'impianto a seguito della sua dismissione completa, verranno eseguite una serie di azioni finalizzate al ripristino ambientale del sito, ovvero il ripristino delle condizioni analoghe allo stato originario. Nel caso specifico l'andamento pressoché pianeggiante dell'intera area interessata dall'impianto, e la situazione geologica-stratigrafica dei terreni presenti non rappresenta alcun problema per la

risistemazione finale dell'area che consisterà essenzialmente in limitati movimenti terra per il ripristino dell'area nella situazione ante operam. Non saranno necessarie valutazioni in merito alla stabilità dell'area, né particolari opere di regimazione delle acque superficiali e meteoriche se non un mantenimento della rete di canali presenti o una ricostituzione ove necessario per il collegamento alla linea principale.

2. Analisi delle alternative progettuali

2.1 Alternativa zero

La prima delle alternative da considerare è la possibilità di non effettuare l'intervento in progetto presentato (opzione zero).

L'intervento rientra tra le tipologie impiantistiche previste dalla programmazione nazionale e regionale. In particolare la sua non realizzazione porterebbe alla mancata partecipazione al raggiungimento dell'obiettivo di realizzazione della potenza degli impianti da fonte rinnovabile previsto dal PEARS.

Il Piano recepisce ed è coerente ai principali indirizzi di pianificazione energetica messi in atto a livello europeo e nazionale, con particolare attenzione agli obiettivi di riduzione delle emissioni di CO₂ quantificati pari a -50%². Il Terzo Rapporto di Monitoraggio del PEARS fotografa la situazione del macrosettore Energia al 2020 (Figura 25) e appare evidente come l'energia elettrica prodotta in Sardegna attraverso centrali termoelettriche o impianti di cogenerazione alimentati a fonti fossili o bioenergie rappresenti ben il 75% del totale; segue la produzione attraverso impianti eolici (13% della produzione totale), la produzione da impianti fotovoltaici (9%) e infine la produzione da impianti idroelettrici (3%).

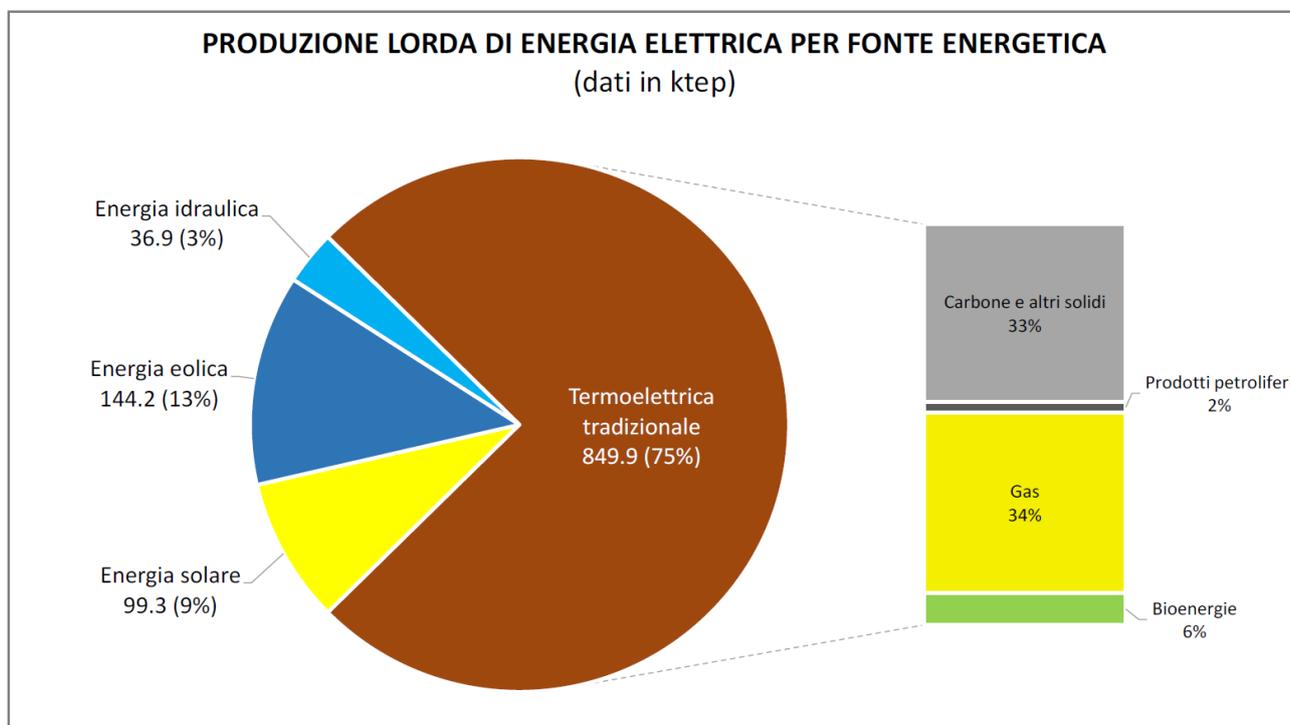


Figura 25: Produzione di energia elettrica per fonte energetica nel 2020. Fonte: (Regione Autonoma della Sardegna, 2023).

² Piano Energetico ed Ambientale della Regione Sardegna 2015-2030 – Proposta Tecnica, dicembre 2015; p.44.

Effettuando alcune stime in base ai dati forniti dai proprietari di alcuni impianti, appare evidente come il carbone rappresenti ancora una delle fonti più utilizzate negli impianti termoelettrici (51% dei consumi totali), con una corrispondente produzione elettrica pari al 33% del totale, leggermente inferiore alla produzione elettrica da gas di raffineria (34%), i cui consumi rappresentano però solo il 40% dei consumi totali degli impianti termoelettrici.

Nella figura successiva sono rappresentati l'andamento dei consumi finali lordi di energia e l'andamento dei consumi finali lordi di energia da fonti rinnovabili a partire dal 2012, ricostruiti a partire dai dati pubblicati dal GSE per il periodo 2012-2017, integrati con le elaborazioni aggiuntive ricavate dal BER 2018.

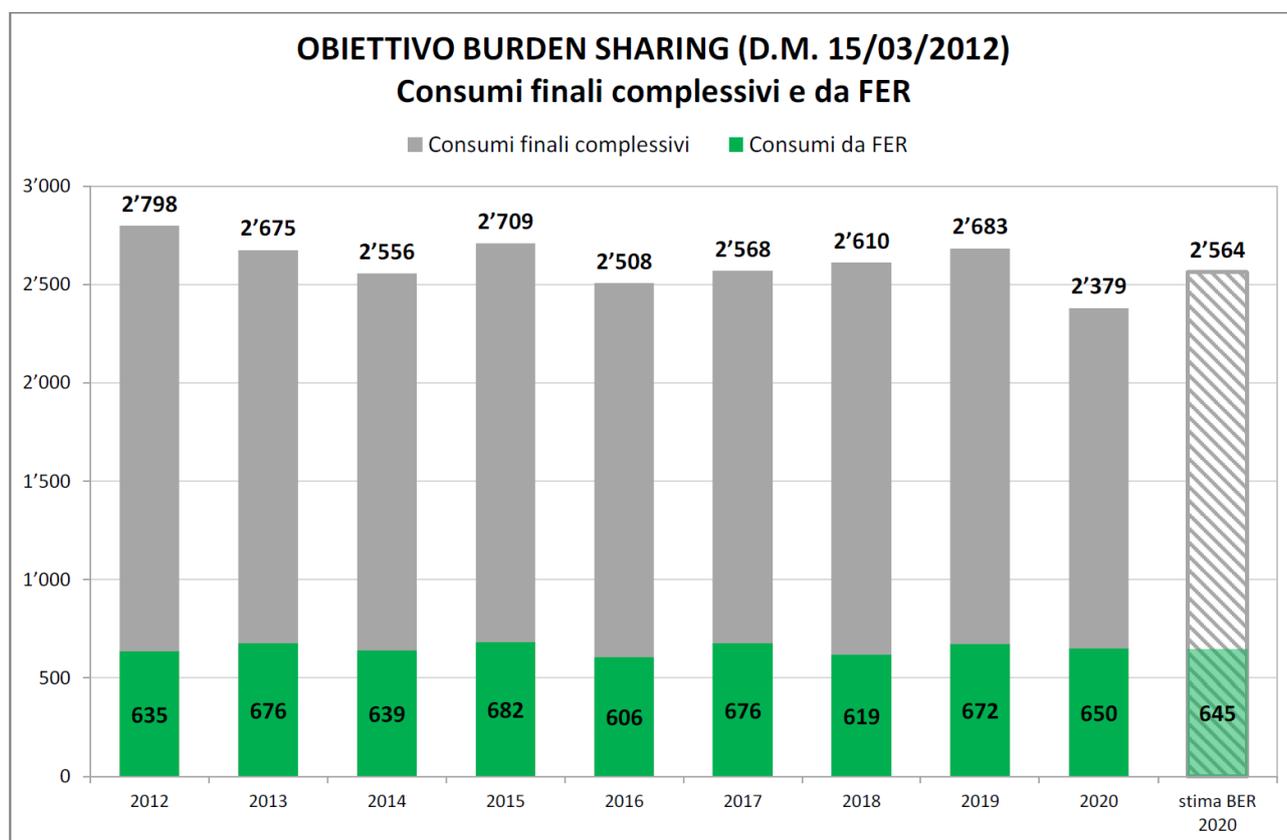


Figura 26: Andamento dei consumi finali lordi di energia complessivi e coperti da fonti rinnovabili in Sardegna. Fonte: dati GSE dal 2012 al 2020, elaborazione degli autori a partire da dati BER per anno 2020).

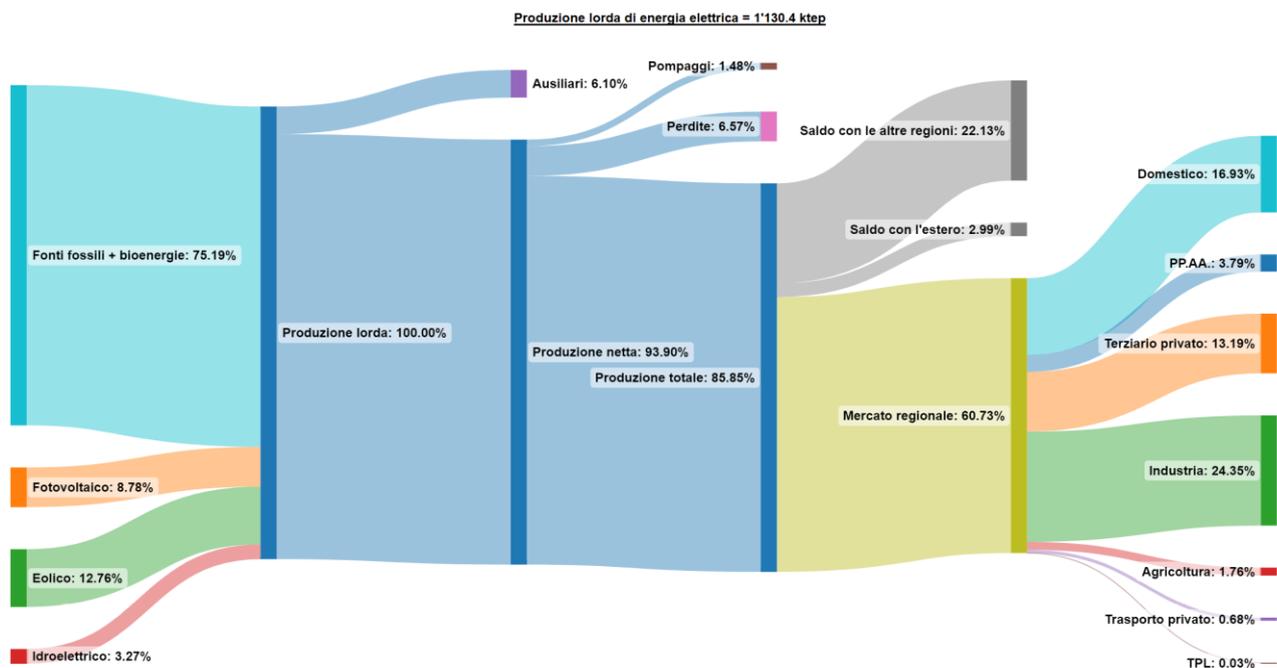


Figura 27: Diagramma di Sankey relativo al macrosettore Elettricità (produzione, distribuzione e usi finali), dati relativi al 2020 espressi in quote percentuali rispetto alla produzione lorda (Fonte: Terna S.p.A. - elaborazione degli autori, 2022).

Nella figura successiva, in analogia con quanto riportato nel Secondo Rapporto di Monitoraggio e nel PEARS, si restituisce l'andamento delle emissioni di CO₂ associate alle attività sviluppate in Sardegna in forma normalizzata rispetto alle emissioni del 1990. Appare evidente come i dati del 2020 ricavati dal BER confermino il trend in progressivo calo e in avvicinamento all'obiettivo regionale di riduzione delle emissioni del 50% al 2030. Analizzando i dati puntuali relativi ai tre macrosettori, è possibile verificare che tale risultato sia principalmente dovuto ai cali registrati nelle emissioni associate ai consumi termici (più che dimezzate rispetto al 1990 e caratterizzate da una riduzione annua del 8% negli ultimi 10 anni), mentre si rileva un continuo aumento delle emissioni legate al macrosettore dei trasporti (+34% rispetto al 1990, con un aumento annuo dello 0.2% negli ultimi 10 anni). Invece, per quanto riguarda il settore delle trasformazioni, a seguito della crescita avvenuta tra il 1990 e il 2010, negli ultimi 10 anni si assiste ad un calo del 23% circa (-2.9% annuo).

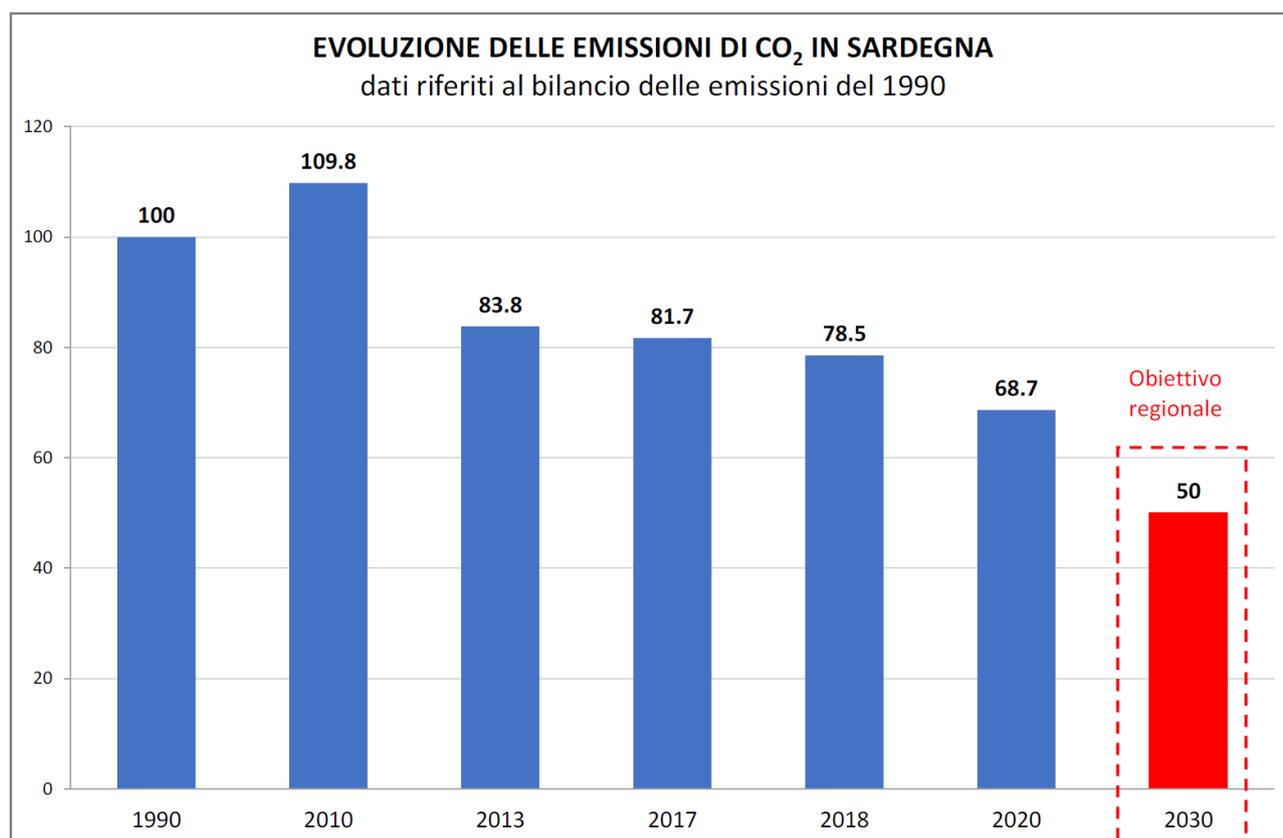


Figura 28: Evoluzione delle emissioni di CO₂ in Sardegna riferite al bilancio delle emissioni del 1990, dati ricavati dal PEARS integrati con le emissioni stimate a partire dal BER 2017, 2018 e 2020 (Fonte: elaborazione degli autori, 2022).

Il Piano Energetico Regionale conferma la necessità di favorire un mix di fonti rinnovabili sul territorio, soprattutto con gli obiettivi di riduzione delle emissioni di CO₂ dal settore energetico e la diversificazione delle risorse primarie utilizzate nello spirito di sicurezza degli approvvigionamenti.

Il PEARS indica come obiettivo strategico di sintesi per l'anno 2030 la riduzione delle emissioni di CO₂ associate ai consumi della Sardegna del 50% rispetto ai valori del 1990.

La mancata realizzazione dell'intervento in oggetto porterebbe, dunque, al mancato contributo al conseguimento degli obiettivi nazionali e regionali di riduzione delle emissioni inquinanti, oltre che a negative ricadute socioeconomiche.

Anche la recente comunicazione sul "Rilancio degli investimenti nelle rinnovabili e ruolo del fotovoltaico", promossa da Greenpeace Italia, Italia Solare, Legambiente e WWF Italia sottolinea come sia ormai necessario prevedere "una quota di impianti a terra, marginale rispetto alla superficie agricola oggi utilizzata (SAU) e che può essere indirizzata verso aree agricole dismesse o situate vicino a infrastrutture, in ogni caso garantendo permeabilità e biodiversità dei suoli". Una necessità legata al raggiungimento dei 32 GWp di nuovi impianti solari previsti al 2030 dal Pniec e che, oggi, appaiono ancora sottodimensionati rispetto agli obiettivi climatici e alle potenzialità del Paese.

Secondo quanto sostenuto dalle Associazioni, "In molte aree del Paese esistono purtroppo terreni agricoli che non presentano condizioni tali da consentire una redditizia attività agricola e in questi casi il fotovoltaico può rappresentare una possibile soluzione per quei terreni di proficua integrazione".

Attraverso le valutazioni svolte per il calcolo della Land capability, i suoli analizzati sono classificabili in gran parte in classe III e parzialmente in classe IV.

Considerate le caratteristiche tecniche dell'impianto fotovoltaico, costituito da file di inseguitori mobili la cui ombra si sposta gradualmente durante l'arco della giornata, vengono mitigati gli effetti estremi derivanti dall'eccessivo ombreggiamento (con formazione di superfici sterili) e dall'eccessivo soleggiamento. Peraltro, è comunque verosimile che una minore esposizione complessiva all'irraggiamento solare riduca i livelli di evapotraspirazione e dunque contribuisca alla conservazione di ottimali livelli di umidità del suolo, con effetti potenzialmente positivi sul contenuto di sostanza organica. D'altro canto, l'azione di copertura operata dai pannelli può incidere positivamente sui fattori di degrado riscontrati sulla risorsa suolo, inducendo un'attenuazione delle piogge durante le precipitazioni.

Gli impatti sulla componente vegetale erbacea, floristica ed arborea possono considerarsi trascurabili in quanto le aree maggiormente sensibili non saranno interessate dalla realizzazione delle opere (formazioni di macchia lungo corsi d'acqua, recinzioni perimetrali). La disposizione delle stringhe di pannelli fotovoltaici, durante la fase di esercizio, non impedirà lo sviluppo delle specie erbacee della flora spontanea tipica dell'area. La realizzazione dell'impianto e della relativa fascia di mitigazione aiuterà invece il ripristino dei corridoi ecologici nonché delle coperture di macchia poiché alcune aree ora destinate ad attività di seminativo e/o pascolo verranno destinate alla rinaturalizzazione in modo da incrementare la quota di coperture vegetazionali spontanee presenti nel sito.

L'**alternativa zero** porterebbe, dunque, a proseguire lo sfruttamento agricolo attuale del terreno. La realizzazione del parco agrivoltaico, invece, si configurerebbe come occasione per convertire risorse a favore del miglioramento delle aree in oggetto come aree produttive per lo sviluppo locale, non unicamente sotto il profilo agronomico ma anche come contributo alla conversione della produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile.

Riassumendo l'**alternativa zero** porterebbe alla:

- **mancata partecipazione al raggiungimento degli obiettivi europei, nazionali e regionali in tema di riduzione delle emissioni di CO2 dal settore energetico;**
- mancata partecipazione alla riduzione dei fattori climalteranti;
- mancata partecipazione all'obiettivo di diversificazione delle risorse primarie utilizzate nello spirito di sicurezza degli approvvigionamenti;

- mancata partecipazione all'obiettivo di sviluppo di un apparato diffuso ad alta efficienza energetica;
- **mancate ricadute socio-occupazionali;**
- **mancato miglioramento agronomico grazie al prato permanente** e conseguente sottoutilizzo dei terreni in oggetto;
- **mancati impatti positivi dovuti alla realizzazione della fascia di mitigazione nel perimetro dell'impianto.**
- **mancato effetto di riduzione del fabbisogno idrico dato dalla mitigazione dei fenomeni evapotraspirativi favoriti dalla presenza dei moduli.**

2.2 Alternativa tecnologica

Gli impianti fotovoltaici con moduli collocati a terra possono essere di due tipi: impianti fotovoltaici ad inseguimento solare monoassiali o biassiali oppure impianti fotovoltaici a terra con sistemi fissi.

Per quanto riguarda gli impianti fotovoltaici "ad inseguimento solare" - definiti anche "vele solari" per la forma – possono essere:

- Biassiali: con moduli collocati a terra dotati di uno o più motori che muovono i pannelli fotovoltaici in modo tale che siano sempre perpendicolari alla fonte solare, ricevendo quindi il massimo irraggiamento disponibile;
- Monoassiali: con moduli che inseguono il sole secondo un solo asse, da Est a Ovest, lasciando invariata l'inclinazione, oppure inseguono da Nord a Sud lasciando invariata la direzione a Sud, l'azimuth.

Gli impianti con sistemi fissi invece possono essere fissati a terra su pali autoportanti oppure su plinti in calcestruzzo.

Nel caso del progetto in esame, allo scopo di massimizzare la produzione energetica ed in considerazione della morfologia delle aree individuate, la scelta progettuale e di layout per il progetto in esame è stata quella di installare i moduli a terra tramite tracker mono-assiali.

Escludendo i sistemi fissi, che non massimizzano la produzione di energia, l'alternativa tecnologica valutata, prevede l'installazione di pannelli di tipo TRACKER 1.0, con potenza da 2.5 a 4.35 kWp per ogni tracker (10 pannelli installati ogni tracker per 12 m di lunghezza).

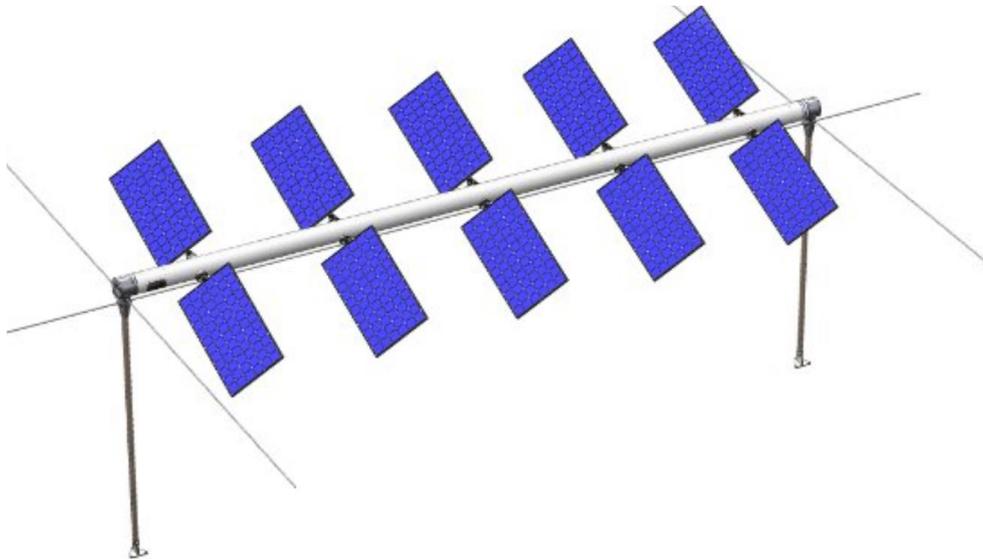


Figura 29: pannelli del tipo tracker 1.0.

Un impianto fotovoltaico costituito da pannelli di questo tipo porterebbe ad un conseguimento molto minore degli obiettivi energetici (rispetto alla soluzione in progetto) e ad un aumento degli impatti sulle componenti paesaggio e suolo.

Costituiscono, infatti, degli elementi di criticità per la realizzazione dell'alternativa progettuale i seguenti aspetti:

- **elevato consumo del suolo:** sono necessari circa 3 ettari per ogni MWp installato;
- maggiori impatti sul sottosuolo poiché sarebbe necessaria la realizzazione di plinti in cls che aumenterebbero le operazioni di movimento terra per la loro installazione, l'utilizzo e la produzione di calcestruzzo, minore reversibilità dell'intervento.
- **impatti negativi dovuti ad un maggiore utilizzo di metallo.** La rotazione dei pannelli, infatti, è garantita da un profilo orizzontale in acciaio, in grado di ruotare sul proprio asse lungo 14 m (tracker) e da 4 profili secondari montati perpendicolari all'asse orizzontale, in grado di ruotare sul proprio asse.

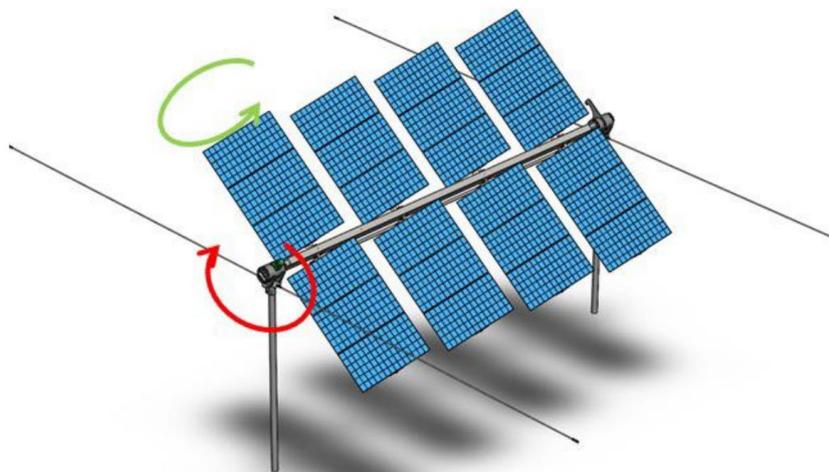


Figura 30: struttura in acciaio che sostiene i pannelli verticali e ne permette la rotazione.

- Maggiori impatti sul paesaggio in quanto questa tipologia di pannelli ha una altezza che va dai 4 ai 5 m rispetto al piano di campagna; inoltre la presenza di una fitta rete di cavi di acciaio favorisce un disturbo visivo dovuto a disordine e incongruenza dei segni con il paesaggio in cui si inserisce l’impianto.

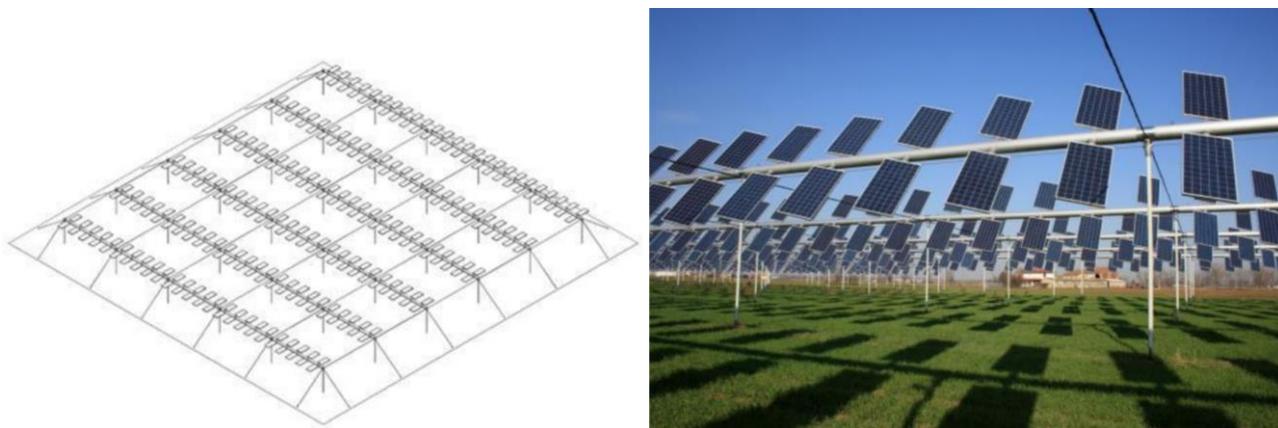


Figura 31: rete di cavi di acciaio che connette i pannelli fotovoltaici.

2.3 Alternativa di localizzazione

Le linee guida regionali prediligono l’utilizzo di aree industriali o aree di cava dismesse per l’installazione di parchi fotovoltaici a terra. Al fine del raggiungimento degli obiettivi preposti del settore energetico da fonti rinnovabili, tuttavia, il solo utilizzo delle aree industriali non sarà sufficiente.

“La Regione Autonoma della Sardegna ha riorganizzato i consorzi industriali con la legge n. 10 del 25 luglio 2008, che ha identificato n. 8 Consorzi Industriali Provinciali (C.I.P.) ed ha avviato la liquidazione dei soppressi Consorzi ZIR. I sopracitati C.I.P. sono caratterizzati, oltre che per la dislocazione di tipo provinciale, anche per la tipologia di attività produttiva delle aziende insediate, per esempio i Consorzi di Macchiareddu, di Portovesme e Porto Torres sono caratterizzati dalla presenza di aziende energivore dei settori petrolchimico e metallurgico; il Consorzio di Oristano caratterizzato per le aziende dell’agroalimentare ed infine il Consorzio di Olbia caratterizzato per il settore della nautica. Per quanto concerne le sopra citate aree P.I.P., queste sono state istituite attraverso la legge n. 685 del 22 ottobre 1971 e sorgono allo scopo di favorire lo sviluppo delle attività delle piccole e medie imprese artigianali industriali all’interno dei territori comunali. Si tratta di strumenti urbanistici predisposti al fine di assicurare, da un lato, l’ordinato assetto territoriale delle attività produttive all’interno di un determinato Comune e, dall’altro, la valorizzazione e la crescita della produzione locale. A queste si aggiungono gli incubatori di impresa che offrono sostegno alle imprese aiutandole a sopravvivere e crescere nella fase in cui sono maggiormente vulnerabili, quella di start-up.”³

Come evidenziato in Figura 32 le aree industriali della Sardegna sono prevalentemente aree P.I.P. di iniziativa pubblica e, di queste, **la maggior parte sono dislocate nella Provincia di Cagliari** (Figura 33). Pertanto

³ <https://www.sardegnaimpresa.eu/it/dove-localizzarsi/aree-industriali>

nell'ipotesi di utilizzare solo le aree industriali della Sardegna per l'installazione di impianti fotovoltaici a terra, questi si dovranno dislocare quasi esclusivamente nell'area metropolitana di Cagliari **che è anche quella che maggiormente necessita di aree per l'insediamento di attività produttive**, in quanto ospita un grande numero di imprese potenzialmente insediabili. Infatti **le restanti piccole aree P.I.P. dei comuni della Sardegna, sono prevalentemente inutilizzate a causa dell'assenza di imprese industriali e artigiane**.

È necessario, dunque, per il raggiungimento dei suddetti obiettivi, coinvolgere aree non solo industriali ma anche agricole con scarso pregio agronomico e adeguate caratteristiche, quali:

- assenza di aree naturali, sub-naturali o seminaturali (artt. 22 e 25 delle Norme Tecniche d'attuazione del Piano Paesaggistico Regionale), in adiacenza alle perimetrazioni di interesse;
- aree di tipo pianeggiante purché non visibili dalle principali reti viarie;
- assenza di beni identitari e paesaggistici, così come definiti dalla cartografia allegata al Piano Paesaggistico Regionale, a distanze inferiori a 100 metri dalle perimetrazioni di interesse;
- assenza di aree di interesse naturalistico istituzionalmente tutelate (art. 33 delle Norme Tecniche d'attuazione del Piano Paesaggistico Regionale) in adiacenza alle perimetrazioni di interesse.



Figura 32: tipologia aree industriali del territorio regionale. Fonte: "Le aree industriali della Sardegna". Assessorato Industria Direzione Generale Industria Servizio Semplificazione Amministrativa per le Imprese, Coordinamento Sportelli Unici, Affari Generali.

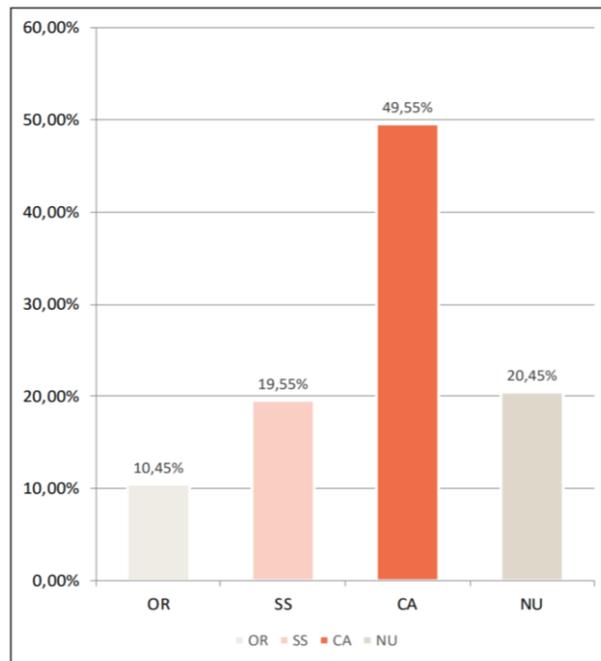


Figura 33: distribuzione per provincia delle aree P.I.P. della Sardegna. Fonte: “Le aree industriali della Sardegna”. Assessorato Industria Direzione Generale Industria Servizio Semplificazione Amministrativa per le Imprese, Coordinamento Sportelli Unici, Affari Generali.

Si sono valutate le superfici a destinazione industriale che si sarebbero potute utilizzare per la realizzazione dell’impianto agrivoltaico: l’area PIP del Comune di Uta. Si riportano i dati riassunti relativi all’area industriale e i relativi lotti liberi:

Tabella 7: Dati delle aree industriali del Comune di Uta. Fonte: <https://www.sardegnaimpresa.eu/siaidevel/area>

	PIP Uta
Superficie totale PIP	18'304 m ²
Numero totale di lotti	11
Numero di lotti non disponibili	3
Numero di lotti liberi	8

La superficie totale dell’area PIP è di circa 18 ha, molto inferiore all’estensione del progetto in esame, senza menzionare il fatto che è una superficie in gran parte già occupata e pertanto non disponibile.

Le aree idonee alla realizzazione del progetto sono state valutate, dunque, tra quelle agricole nelle quali non sussistono vincoli di natura ambientale, paesaggistica e archeologica. Nella figura successiva possiamo osservare l’inquadramento vincolistico complessivo dell’area vasta.

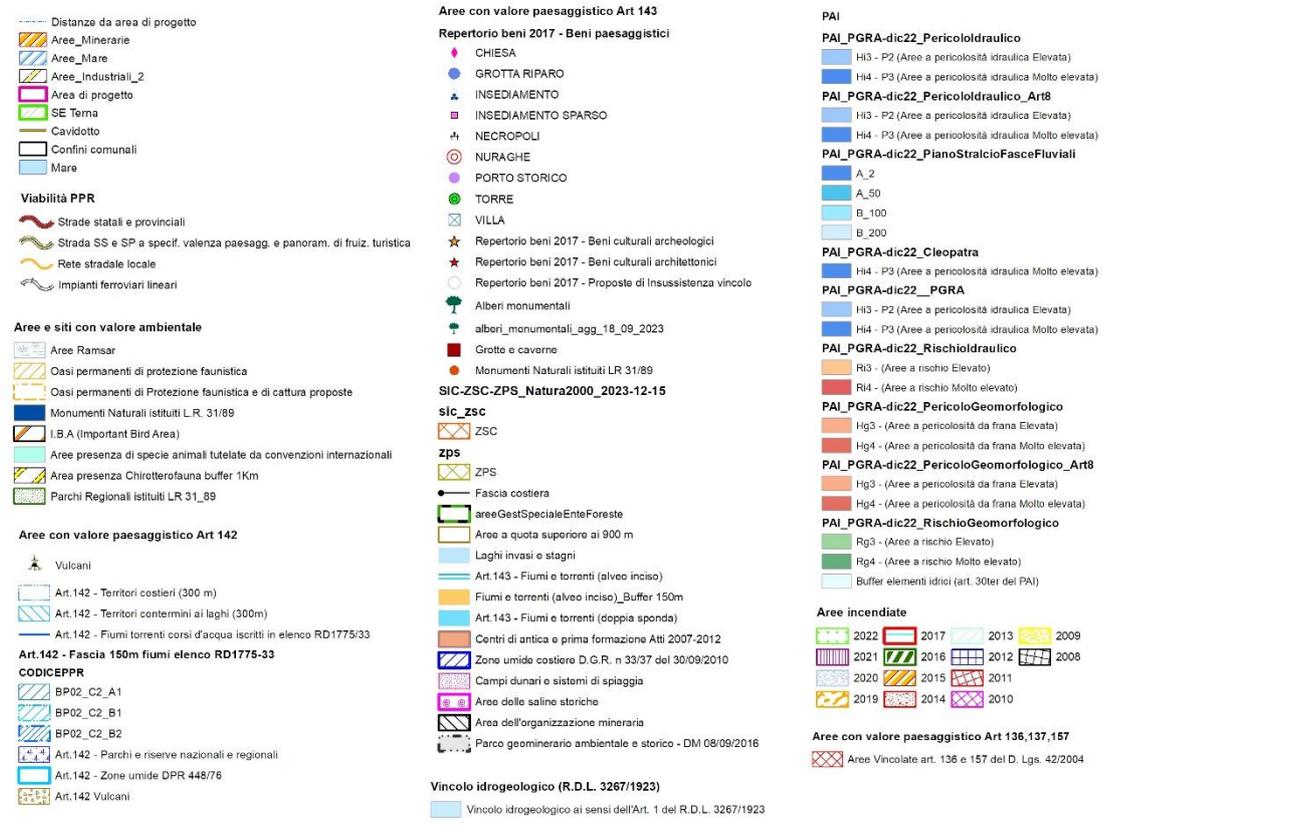
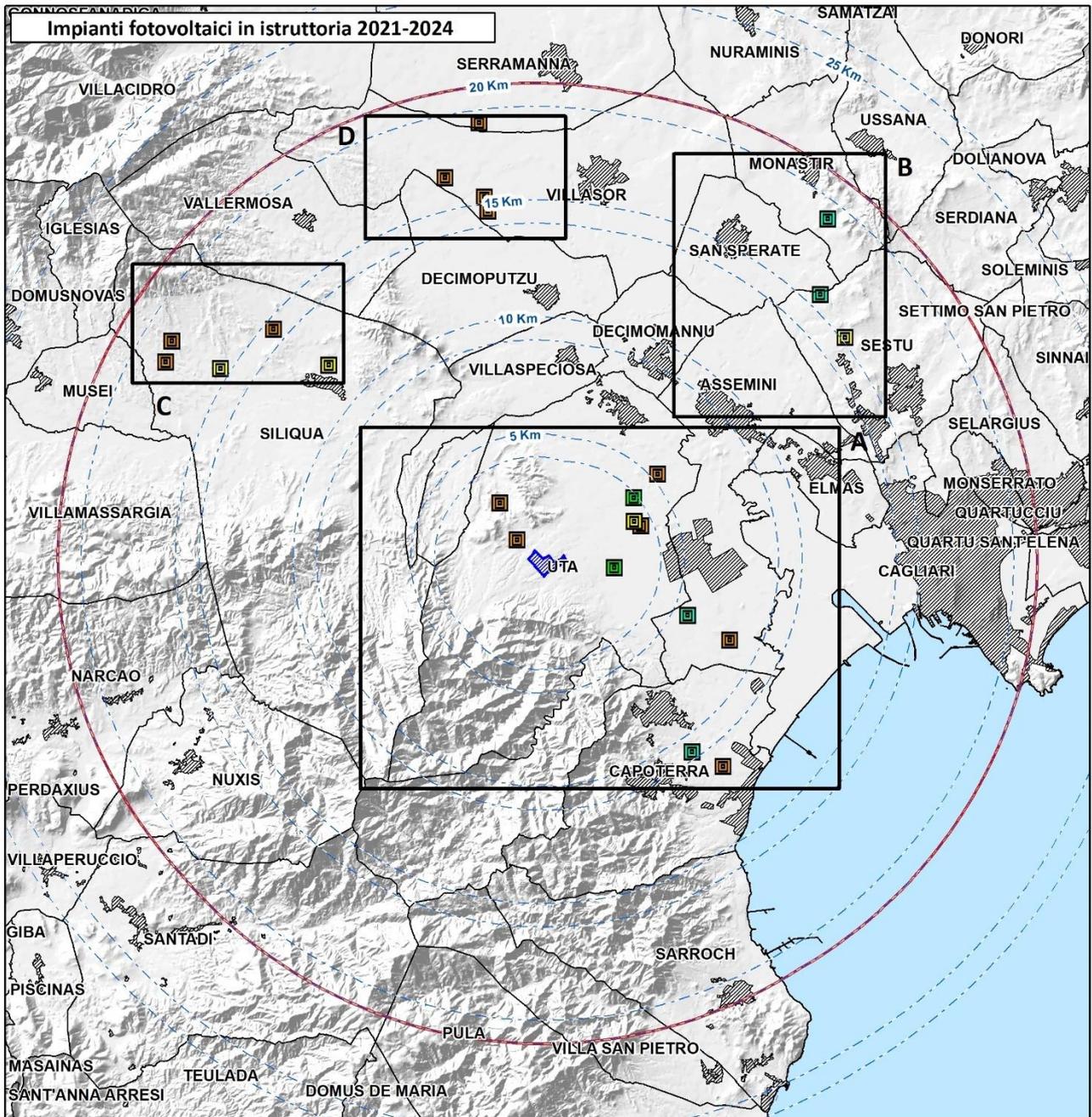


Figura 34: vincolistica complessiva nell'area vasta di intervento.

Nello specifico, l'intervento in progetto insiste su un'area agricola servita da una rete infrastrutturale esistente ed in cui l'installazione di un impianto di energia rinnovabile rappresenta un utilizzo compatibile con l'utilizzo agronomico. L'area è fortemente antropizzata e relativamente vicina al polo industriale di Macchiareddu; il suo valore naturalistico non è elevato.

Il sito in esame è attraversato da alcune fasce di rispetto ex art. 143 per la tutela di corsi d'acqua; tuttavia l'intera area vasta presenta vincoli ambientali di vario tipo: i terreni circostanti sono attraversati da numerosi corsi d'acqua; ad est è presente l'area SIN "Sulcis Ilesiente Guspinese" (zona di Macchiareddu) e l'Oasi Faunistica "Santa Gila" mentre a sud ed a ovest sono presenti Oasi faunistiche e ZSC "Foresta di Monte Arcosu". Dal punto di vista vincolistico, nell'area vasta, l'area selezionata è quindi tra quelle adeguate all'ubicazione di un impianto agrivoltaico. Relativamente all'area vasta possiamo osservare la media concentrazione di proposte progettuali assimilabili (Figura 35) e pertanto concreto il rischio di un effetto "concentrazione" sulla componente paesaggio, anche se allo stato attuale è compatibile.



- Buffer distanze da area di progetto
- Buffer 20km
- Area progetto
- Confini comunali
- Centri urbani
- Mare

Stato Procedimento, Esito, Approvazione

- Chiusa, Positivo, Approvato
- In istruttoria (screening o VIA)
- Screening chiuso, Non sottoposto a VIA, Approvato
- Screening chiuso, Rimandato a VIA

Figura 35: impianti fotovoltaici in istruttoria di VIA in un buffer di 20 km dall'area di progetto.

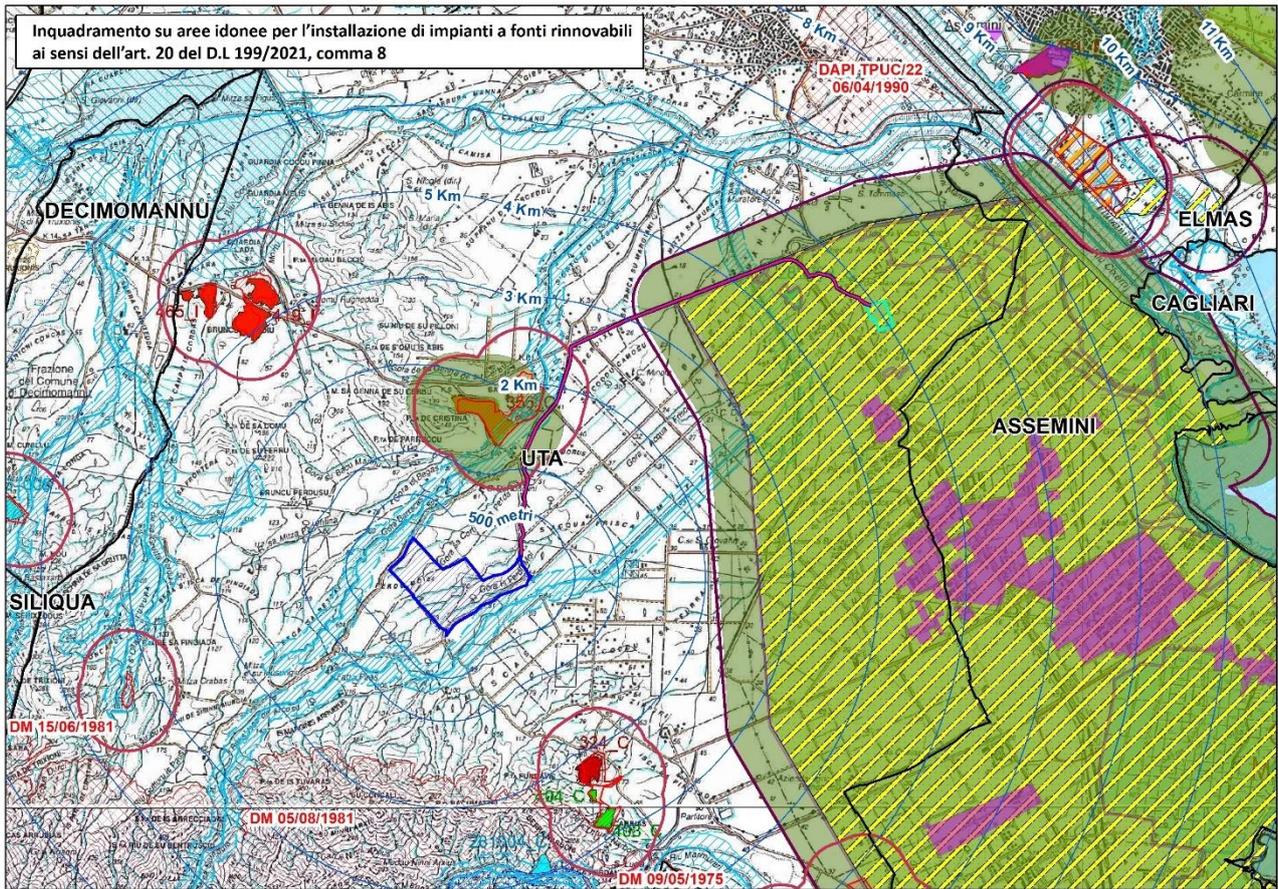
Si sono poi analizzate le aree idonee ai sensi del D.L. n.199 del 08.11.2021. Il decreto reca disposizioni in materia di energia da fonti rinnovabili, e definisce gli strumenti, i meccanismi, gli incentivi e il quadro istituzionale, finanziario e giuridico, necessari per il raggiungimento degli obiettivi di incremento della quota di energia da fonti rinnovabili al 2030. Inoltre, introduce ed elenca le aree ritenute idonee per l'installazione degli impianti di produzione di energia da fonti rinnovabili (art. 20).

Si riporta di seguito la cartografia: **l'impianto risulta essere situato su aree idonee ai sensi del comma 8) c-quater dell'art. 20 del DL 199.**

Si riporta di seguito il contenuto del comma c-quater dell'art. 20:

"c-quater) fatto salvo quanto previsto alle lettere a), b), c), c-bis) e c-ter), le aree che non sono ricomprese nel perimetro dei beni sottoposti a tutela ai sensi del decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42 (incluse le zone gravate da usi civici di cui all'articolo 142, comma 1, lettera h), del medesimo decreto), né ricadono nella fascia di rispetto dei beni sottoposti a tutela ai sensi della parte seconda oppure dell'articolo 136 del medesimo decreto legislativo. Ai soli fini della presente lettera, la fascia di rispetto è determinata considerando una distanza dal perimetro di beni sottoposti a tutela di tre chilometri per gli impianti eolici e di cinquecento metri per gli impianti fotovoltaici. Resta ferma, nei procedimenti autorizzatori, la competenza del Ministero della cultura a esprimersi in relazione ai soli progetti localizzati in aree sottoposte a tutela secondo quanto previsto all'articolo 12, comma 3-bis, del decreto legislativo 29 dicembre 2003, n. 387".

In particolare, l'area di progetto ricade a circa 3 km dalle aree industriali di Uta e Assemini; l'area è attraversata da alcuni corsi d'acqua che sono ovviamente stati preservati nel layout di progetto.



— Buffer distanze da area di progetto

▨ Area di progetto

— Cavidotto

▨ SE Terna

▭ Confini comunali

▨ Grandi aree industriali

▨ Insediamenti produttivi (PPR)

Art.20, comma 8, lettera c)

▨ PRAE - Aree estrattive_buffer500

▨ PPR - Aree estrattive - II categoria (cave)

▨ PPR - Aree estrattive_buffer500

Art.20, comma 8, lettera c-ter)

▨ SIN - Aree_Minerarie

▨ Aree_Industriali_2

▨ SIN_buffer 500m

▨ Zone D (comunali)

▨ Zone D Buffer 500 m

Art.20, comma 8, lettera c-bis)

— Impianti ferroviari

Art.20, comma 8, lettera c-quater)

♠ Vulcani

▨ Art.142 - Territori contermini ai laghi (300m)

▨ Art.142 - Fiumi torrenti corsi d'acqua (RD1775/33)

Art.142 - Fascia 150m fiumi (RD1775-33)

CODICEPPR

▨ BP02_C2_A1

▨ BP02_C2_B1

▨ BP02_C2_B2

▨ Art.142 - Parchi e riserve nazionali e regionali

▨ Art.142 - Zone umide DPR 448/76

▨ Art.142 Vulcani

▨ Aree con valore paesaggistico Art 136

Usi civici

Dalle verifiche effettuate nei Provvedimenti formali di accertamento ed inventario delle terre civiche (Tabella ARGEA), si rileva che l'area di progetto e il cavidotto non ricadono su terreni gravati da usi civici.

Poichè non sono disponibili cartografie uifficiali sugli Usi Civici, le verifiche vengono effettuate sugli elenchi riportati nelle Tabele ARGEA.

Gli elenchi degli usi civici sono allegati all'elaborato cartografico "Tav14 Aree con valore paesaggistico Art.142" e sono i seguenti:

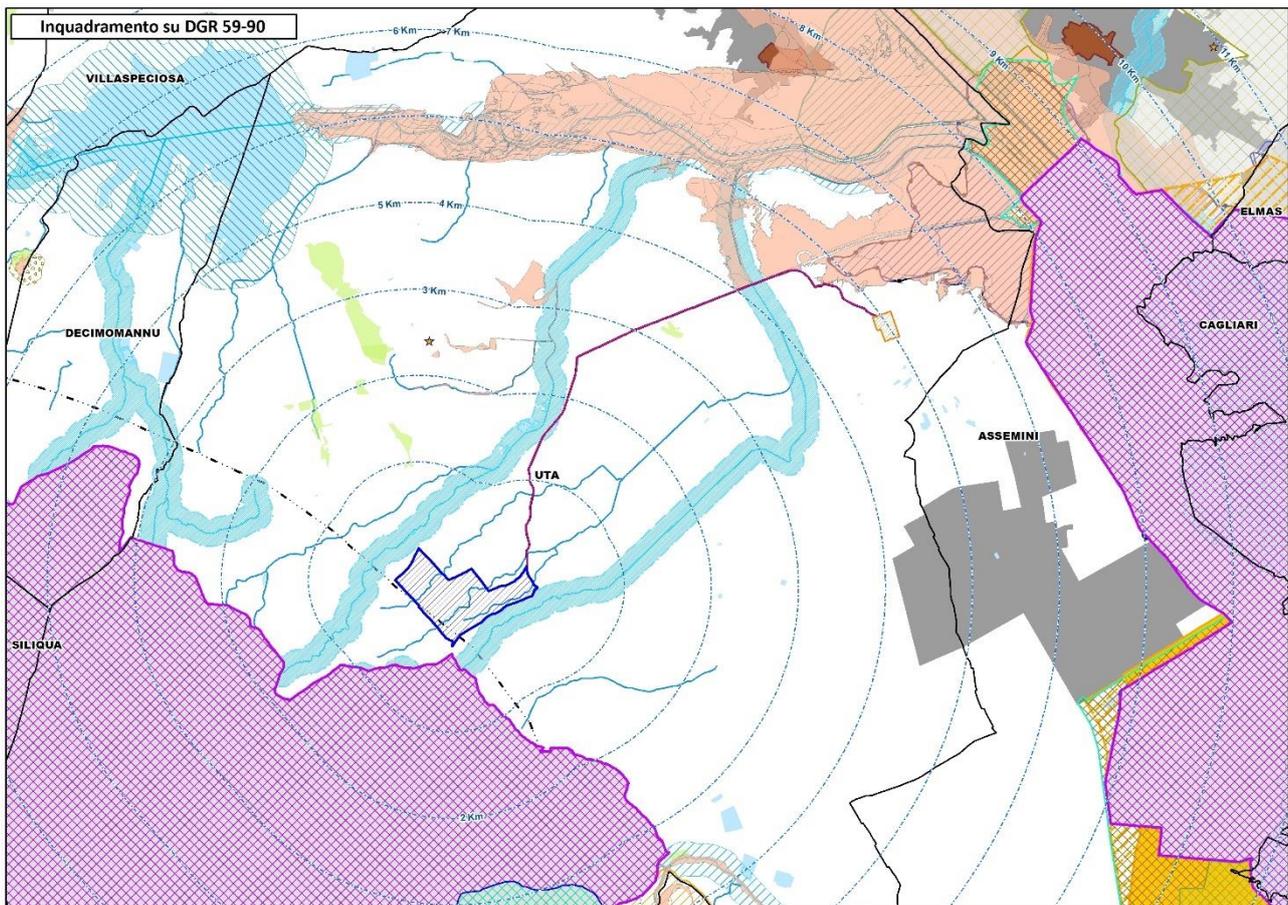
- Decreto commissariale n. 327 del 28/12/1947 e aggiornamento di Maggio 2020, per il Comune di Uta.

Figura 36: aree idonee ai sensi del D.L. 199/2021 nell'intorno dell'area di progetto.

Infine, si deve considerare la Delib. G.R. 59/90 del 2020, con la quale la Regione Sardegna ha individuato le aree e i siti non idonei all'installazione di impianti energetici alimentati da fonti energetiche rinnovabili,

tenendo in considerazione le “peculiarità del territorio regionale, cercando così di conciliare le politiche di tutela dell’ambiente e del paesaggio, del territorio rurale e delle tradizioni agroalimentari locali con quelle di sviluppo e valorizzazione delle energie rinnovabili” (Regione Sardegna, Novembre 2020). In questo lavoro, la RAS ha prodotto 59 tavole rappresentative dell’intero territorio regionale nelle quali sono riportati i principali vincoli ambientali, idrogeologici e paesaggistici esistenti. Per quanto riguarda l’area oggetto di interesse, l’impianto è inquadrato come di seguito.

Dalla lettura della tavola si può notare come l’area di progetto ricada in una piccola parte sull’area del Parco Geominerario storico e ambientale del Sulcis; i moduli fotovoltaici sono stati tuttavia posti al di fuori di questo vincolo.



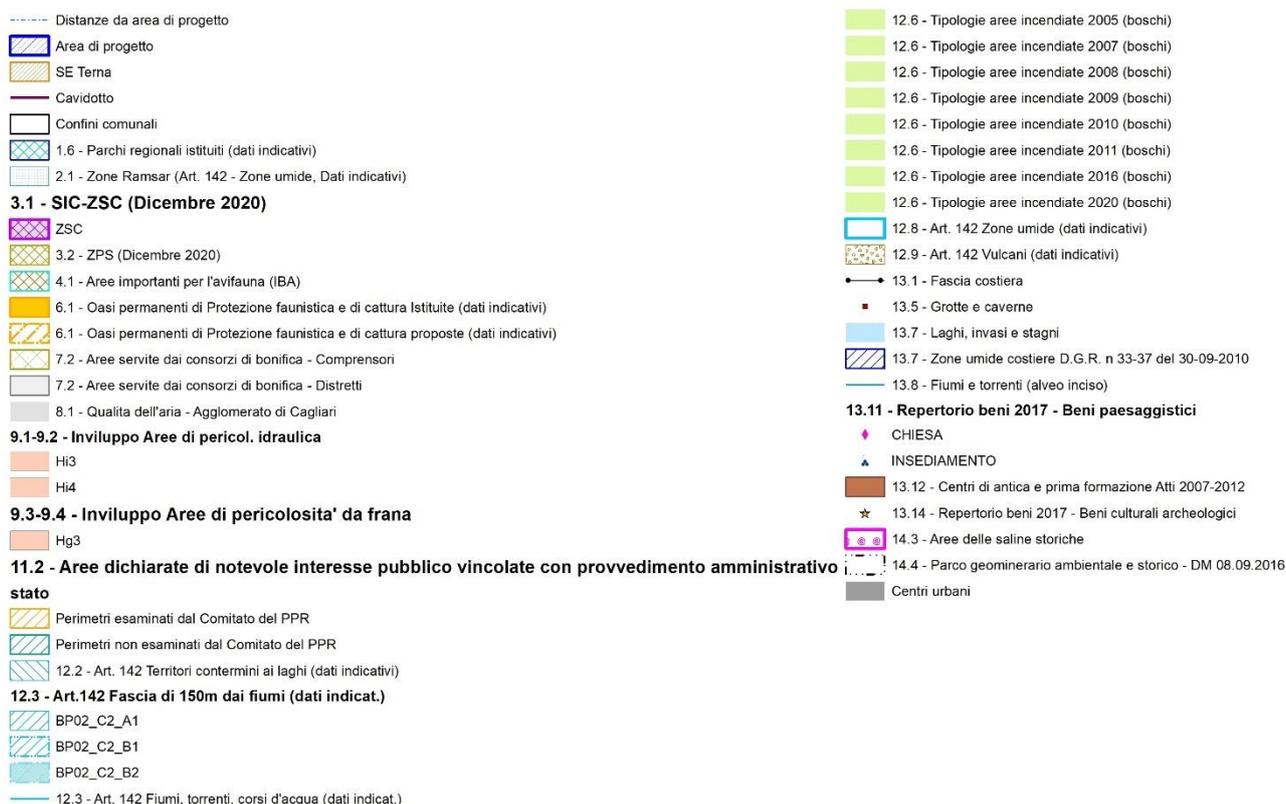


Figura 37: aree e siti con valore ambientale. Localizzazione aree non idonee FER (DGR 59/90 2020).

Al netto di quanto detto finora, per effettuare la scelta dell’area di intervento si sono ricercati terreni aventi i seguenti criteri:

- ottima esposizione solare ai fini del miglior rendimento dell’impianto (ad es. assenza di edifici alti in prossimità dell’impianto che causerebbero ombreggiamento);
- facilmente raggiungibili dalla viabilità esistente;
- a morfologia perlopiù pianeggiante ai fini di una facile cantierizzazione e progettazione degli elementi dell’impianto;
- lontani dai principali centri abitati della zona;
- con presenza di infrastrutture per la distribuzione elettrica;
- sui quali è stato possibile acquisire i diritti di superficie.

La scelta localizzativa finale proposta, pertanto, è costituita da un terreno che non presenta particolari vincoli ambientali, interferenze con edifici e manufatti di valenza storico-culturale e che non è caratterizzato da suoli ad elevata capacità d’uso o da paesaggi agrari di particolare pregio o habitat di interesse naturalistico.