



COMUNE DI PORTOSCUSO

Provincia del Sud Sardegna



allegato

S

PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA
Potenza Nominale 111,2 MWp - Potenza in immissione 110 MW

-progetto definitivo-

S.I.A. PROGETTUALE

scala

data: *Novembre 2023*

rev00

collaboratori:

ing. Carmine Falconi
ing. Cristian Cannaos
ing. Giuseppe Onni
ing. Valerio Parducci
ing. Enzo Battaglia
dr geolog. Marcello Miscali
dr for. Carlo Poddi
dr agr. Francesco Casu
dr archeol. Pietro Francesco Serreli

committente



MYT SARDINIA 2 S.r.l.
Piazza Fontana, 6
20122 Milano (MI)

progettisti

ing. Giovanni A. Saraceno

dr agr. Francesco Saverio Mameli

arch. Giovanni Soru

consulenze:

geom. Paolo Nieddu

ATP: studio LAAB srl - arch. G.Soru - c.so V. Veneto, 61 - Bitti (NU) tel: 0784414406 3288287712- e-mail: drfran13@gmail.com archsoru@gmail.com

3E INGEGNERIA srl - via Gioacchino Volpe, 92 - 56121 Ospedaletto (PI) tel: 050 44428 - e-mail: info@3eingegneria.it

Sommario

1	Premessa.....	3
2	Introduzione.....	3
2.1	Il soggetto proponente	3
2.2	Oggetto sociale	3
2.3	Descrizione generale dell'opera in progetto.....	4
2.4	Motivazioni dell'opera	4
3	Analisi delle Alternative	6
3.1	Alternative di localizzazione.....	6
3.2	Alternative tecnologiche	7
3.2.1	Pannelli in film sottile.....	8
3.2.2	Moduli Bifacciali.....	9
3.3	Alternativa "zero"	10
3.4	Individuazione del sito di progetto	11
4	Dati di progetto.....	13
4.1	Riferimenti catastali e geografici	13
4.2	Layout di impianto	14
4.3	Impianto fotovoltaico: caratteristiche tecniche	18
4.3.1	Moduli Fotovoltaici	19
4.3.2	Strutture di supporto	20
4.3.3	Convertitori di potenza	21
4.3.4	Trasformatore	21
4.3.5	Cavi e quadri di parallelo.....	22
4.3.6	Sistemi ausiliari	22
4.3.7	Completamento opere di connessione cavidotti MT	23
4.3.8	Opere di connessione RTN - Stazione elettrica di utenza e cavo AT.....	25
4.4	Descrizione dell'intervento	26
4.4.1	Preparazione e sistemazione dell'area	26
4.4.2	Movimenti di terra	27
4.4.3	Fondazioni	28
4.4.4	Fondazioni delle strutture di supporto dei pannelli	28
4.4.5	Scolo acque	29
4.4.6	Recinzioni	29

4.5	Fasi di lavorazione.....	30
4.6	Dettaglio fasi di cantiere	32
4.6.1	Montaggio del cantiere.....	32
4.6.2	Realizzazione recinzione definitiva	32
4.6.3	Realizzazione strade.....	32
4.6.4	4.6.4 Approvvigionamento materiali	32
4.6.5	Lavori preliminari elettrici.....	36
4.6.6	4.6.6 Cabine di campo e cabine di impianto.....	36
4.6.7	Montaggio strutture e posa moduli.....	37
4.6.8	Lavori elettricista.....	37
4.6.9	Smantellamento cantiere.....	37
5	Manutenzione	38
6	Dismissione	40
7	Produzione e consumi.....	41

1 Premessa

Il presente studio accompagna il progetto per la realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica della potenza di circa 111,20 MWp, e delle relative opere connesse, nel territorio del Comuni di Portoscuso (SU) all'interno dell'area di rispetto del SIN Sulcis Iglesiente Guspinese.

Ai sensi della normativa vigente, tale progetto è inquadrabile nella tipologia elencata nell'Allegato II alla Parte Seconda del D.Lgs.152/2006, al punto 2) denominata "impianti fotovoltaici per la produzione di energia elettrica con potenza complessiva superiore a 10 MW" (fattispecie aggiunta dall'art. 31, comma 6, del decreto-legge n. 77 del 2021) e pertanto viene sottoposto alla procedura di Valutazione di Impatto Ambientale ai sensi dell'art. 23 del D.Lgs. 152/2006.

Il progetto è in qualche modo collegato ad uno presentato dalla Società Metka EGN Sardinia S.r.l. in data 30.7.2021 (prot. D.G.A. n. 18953 del 9.8.2021), e regolarizzato in data 14.9.2021 (prot. D.G.A. n. 21090 di pari data), presso il Servizio valutazioni impatti e incidenze ambientali (di seguito Servizio V.I.A.) per l'istanza di verifica di assoggettabilità alla VIA.

L'Autorità Competente (in quel caso il servizio SVA della Regione Autonoma della Sardegna) con DELIBERAZIONE N. 49/40 DEL 17.12.2021 decise di sottoporre quel progetto a Valutazione di Impatto Ambientale (VIA).

La società attuale che propone il progetto, sul medesimo sito, è la MYT SARDINIA 2 S.r.l..

Per cui nel progetto attuale si è cercato di tenere conto delle osservazioni pertinenti ricevute in quell'ambito e di dare una risposta compiuta a quelle che invece in fase di studio approfondito sono apparse meno fondate, seppure siano variati sia l'autorità competente che il proponente.

2 Introduzione

2.1 Il soggetto proponente

La società proponente è la MYT SARDINIA 2 S.r.l. con sede legale in Piazza Fontana, 6, Milano (MI), CF. e P. IVA n. 12338480960.

2.2 Oggetto sociale

La società ha come oggetto sociale:

a) la promozione, lo sviluppo, la progettazione (esclusa, si intende, l'attività professionale riservata per legge), la realizzazione, l'esercizio e la manutenzione di impianti di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili e di sistemi di accumulo;

b) lo svolgimento di tutti i servizi di consulenza nel settore degli impianti di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili mediante attività di ricerca dei siti idonei e di assistenza all'espletamento di tutte le pratiche necessarie per l'ottenimento delle autorizzazioni e delle concessioni, comunque denominate, richieste dalle normative per la realizzazione dei suddetti impianti, con esclusione comunque delle attività riservate agli iscritti in appositi albi e/o elenchi.

Al solo fine del conseguimento dell'oggetto sociale, la società potrà compiere tutte le operazioni immobiliari, mobiliari, commerciali e finanziarie ritenute opportune dall'organo amministrativo,

rilasciare garanzie reali o personali ed assumere direttamente o indirettamente partecipazioni ed interessenze in altre società ed imprese aventi scopo analogo, affine o connesso al proprio. Le operazioni di natura finanziaria non possono essere svolte nei confronti del pubblico.

2.3 Descrizione generale dell'opera in progetto

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra con potenza di circa 111,2 MWp da realizzare nei comuni di Portoscuso, nella provincia del Sud Sardegna, regione Sardegna.

L'impianto fotovoltaico occuperà tre diverse aree agricole, tutte ubicate nel comune di Portoscuso (SU) ad Est dell'abitato di Portoscuso.

La potenza massima richiesta in immissione per l'impianto fotovoltaico riportata nella STMG rilasciata da TERNA S.p.A. è pari a 110 MW.

L'energia prodotta dall'impianto verrà trasferita alla stazione elettrica di utenza, ubicata in adiacenza alla futura Stazione di Rete (di proprietà di TERNA) in territorio di Gonnessa indicata per il collegamento alla RTN. Da ciascuna delle cabine di impianto delle tre aree partirà un cavo interrato a 33 kV che collegherà queste ultime alla stazione di utenza. Da qui avrà origine l'elettrodotto in cavo interrato a 220kV per il collegamento in antenna dell'intero impianto alla sezione a 220 kV della futura stazione elettrica Terna, da inserire in entra – esce alla linea 220 kV "Sulcis - Oristano".

2.4 Motivazioni dell'opera

La proposta progettuale scaturisce da una sempre maggior presa di coscienza da parte della comunità internazionale circa gli effetti negativi associati alla produzione di energia dai combustibili fossili ed alla pericolosa dipendenza dalla loro importazione, che il conflitto in Ucraina ha messo così bene in evidenza.

Gli effetti negativi hanno interessato gran parte degli ecosistemi terrestri e si sono esplicitati in particolare attraverso una modifica del clima globale, dovuto all'inquinamento dell'atmosfera prodotto dall'emissione di grandi quantità di gas climalteranti generati dall'utilizzo dei combustibili fossili. Questi in una seconda istanza hanno provocato altre conseguenze, non ultima il verificarsi di piogge con una concentrazione di acidità superiore al normale.

Allo stesso tempo l'Europa (e quindi anche l'Italia) è ancora fortemente dipendente dai combustibili fossili importati. Costruire impianti di produzione di energie alternative consente di diversificare le fonti di approvvigionamento energetico, riducendo la dipendenza da paesi esteri e aumentando l'indipendenza energetica.

Queste ed altre considerazioni hanno portato la comunità internazionale a prendere delle iniziative, anche di carattere politico, che portino ad un sistema energetico più sostenibile, privilegiando ed incentivando la produzione e l'utilizzazione di fonti energetiche rinnovabili (FER) in un'ottica economicamente e ambientalmente applicabile.

Tutti gli sforzi si sono tradotti in una serie di attivi legislativi da parte dell'Unione Europea tra i quali il Libro Bianco del 1997, il Libro verde del 2000 e la Direttiva sulla produzione di energia da Fonti Rinnovabili.

Per il Governo Italiano uno dei principali adempimenti è stata l'adesione al Protocollo di Kyoto dove per l'Italia veniva prevista una riduzione nel quadriennio 2008-2012 del 6,5 % delle emissioni di gas serra rispetto al valore del 1990.

Attualmente lo sviluppo delle energie rinnovabile vive in Italia un momento strettamente legato all'attività imprenditoriale di settore. Infatti a seguito della definitiva eliminazione degli incentivi statali gli operatori del mercato elettrico hanno iniziato ad investire su interventi cosiddetti in "greed parity". Per questo motivo si cerca l'ottimizzazione degli investimenti con la condivisione di infrastrutture di connessione anche con altri operatori in modo da poter ridurre i costi di impianto.

In base a quanto riconosciuto dall'Unione Europea l'energia prodotta attraverso il sistema fotovoltaico potrebbe in breve tempo diventare competitiva rispetto alle produzioni convenzionali, tanto da auspicare il raggiungimento dell'obiettivo del 4% entro il 2030 di produzione energetica mondiale tramite questo sistema.

E' evidente che ogni Regione deve dare il suo contributo, ma non è stata stabilita dallo Stato una ripartizione degli oneri di riduzione delle emissioni di CO2 tra le Regioni.

Tra i principali obiettivi del PEARS, nel rispetto della direttiva dell'UE sulla Valutazione Ambientale Strategica, la Sardegna si propone di contribuire all'attuazione dei programmi di riduzione delle emissioni nocive secondo i Protocolli di Montreal, di Kyoto, di Goteborg, compatibilmente con le esigenze generali di equilibrio socio-economico e di stabilità del sistema industriale esistente. In particolare si propone di contribuire alla riduzione delle emissioni nel comparto di generazione elettrica facendo ricorso alle FER ed alle migliori tecnologie per le fonti fossili e tenendo conto della opportunità strategica per l'impatto economico-sociale del ricorso al carbone Sulcis.

Onde perseguire il rispetto del Protocollo di Kyoto l'U.E. ha approvato la citata Direttiva 2001/77/CE che prevedeva per l'Italia un "Valore di riferimento per gli obiettivi indicativi nazionali" per il contributo delle Fonti Rinnovabili nella produzione elettrica pari al 22% del consumo interno lordo di energia elettrica all'anno 2010. Il D.lgs. n.387/2003 (attuativo della Direttiva) prevedeva la ripartizione tra le Regioni delle quote di produzione di Energia elettrica da FER, ma ad oggi lo Stato non ha ancora deliberato questa ripartizione. Il contesto normativo della Direttiva in oggetto lascia intendere che questo valore del 22% è da interpretare come valore di riferimento, e che eventuali scostamenti giustificati sono possibili; nel caso della Sardegna esistono obiettive difficoltà strutturali dipendenti da fattori esterni che rendono difficoltoso, alle condizioni attuali, il raggiungimento dell'obiettivo così a breve termine.

A novembre 2015, nel corso della Cop di Parigi, 195 paesi hanno adottato il primo accordo universale e giuridicamente vincolante sul clima mondiale. Limitare l'aumento medio della temperatura mondiale al di sotto di 2°C rispetto ai livelli preindustriali, puntando alla soglia di 1,5 gradi, come obiettivo a lungo termine.

La posizione geografica della Sardegna, così come evidenziato dal Piano Energetico Ambientale Regionale, è particolarmente favorevole per lo sviluppo delle energie rinnovabili, in particolare per il livello di soleggiamento che permette un rendimento ottimale del sistema fotovoltaico. Tra gli obiettivi del Piano si evidenzia inoltre l'indirizzo a minimizzare quanto più possibile le alterazioni ambientali.

Il progetto proposto si inserisce in un contesto, e in un momento, in cui il settore del fotovoltaico rappresenta una delle principali forme di produzione di energia rinnovabile. Inoltre la localizzazione del progetto all'interno del Sito di Interesse Nazionale Sulcis - Iglesiente - Guspinese, di cui al D.M. 468/2001, D.M. 12/03/2003, D.M. 304/2016, per cui coerentemente con quanto indicato dal PEARS appare ottimale la promozione di uno sviluppo sostenibile delle fonti rinnovabili.

3 Analisi delle Alternative

La valutazione delle alternative si pone come momento in cui vengono presentate e valutate le motivazioni che hanno portato alla scelta di localizzazione, della tecnologia e del layout di impianto, inclusa l'alternativa zero, cioè quella di non realizzazione del progetto.

Nelle scelte di progetto concorrono anche le prescrizioni ricevute dai servizi di valutazione con cui si è confrontati in precedenti progetti e le esperienze maturate nel campo in questi ultimi anni.

3.1 Alternative di localizzazione

La scelta localizzativa del progetto è stata basata su diversi fattori:

- dalle indicazioni della D.L. 13/2023 del 24 febbraio 2023 e Legge 22 aprile 2022 n. 34 Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 1° marzo 2022, n. 17, recante misure urgenti per il contenimento dei costi dell'energia elettrica e del gas naturale, per lo sviluppo delle energie rinnovabili e per il rilancio delle politiche industriali che stabilisce la possibilità, per le aree industriali, di accogliere impianti fotovoltaici sul 60% della superficie totale e per le aree Solar Belt come quest'area di progetto, entro 500 mt da area Brownfield;
- dalla prossimità ad un distretto energivoro come quello di Portoscuso. Le linee di indirizzo del piano energetico regionale (approvate con delibera della Giunta RAS del 2/10/2015), infatti riportano che si intende "sostenere l'autoproduzione di energia elettrica, stimolando prioritariamente l'autoconsumo" in quanto "il principio ... è quello del conseguimento prioritario di una quota di energia dedicata all'autoconsumo pari almeno al 50% nell'ambito del distretto energetico". Tale concetto è stato ripreso nell'ambito del piano energetico approvato in via definitiva nel corso del 2016, in quanto tra gli obiettivi prioritari è stato indicato quello di "promuovere la generazione distribuita dedicata all'autoconsumo istantaneo, indicando nella percentuale del 50% il limite inferiore di autoconsumo istantaneo nel distretto per la pianificazione di nuove infrastrutture di generazione di energia elettrica". Questo significa che posizionare la produzione di energia elettrica vicino ad aziende energivore quali quelle dell'area industriale di Portoscuso persegue gli obiettivi del piano.
- dagli indirizzi progettuali di cui al PEARS;
- dall'ottima esposizione per un rendimento efficiente dell'impianto;
- dalla natura del terreno, prevalentemente costituito da rocce affioranti, che permette una riduzione della movimentazione di terra, non induce particolari consumi di suolo (i suoli sono pressoché inesistenti) e garantisce comunque possibilità di accesso e cantierizzazione;
- dalla possibilità di connessione alla rete nazionale per l'immissione dell'energia prodotta.

Senza dubbio la soluzione localizzativa proposta ha come costo ambientale l'occupazione temporanea e limita senz'altro l'utilizzo per altre finalità, almeno per i prossimi 25 anni. Tuttavia il progetto non impedisce totalmente lo sviluppo della seppur scarsa copertura vegetale presente e la tipologia di impianto e la realizzazione delle opere, con opportune precauzioni, si prestano al ripristino delle condizioni iniziali una volta conclusa la vita dell'impianto.

Va anche detto che il terreno di cui trattasi non è utilizzato per la coltivazione (è poco adatto ad essere coltivato, viste la pressoché assenza di suolo) e la sua presenza all'interno di un'area SIN comunque ne sconsiglia l'utilizzo a scopi agricoli o di allevamento.

Alla luce di queste considerazioni le scelte localizzative risultano ottimizzate rispetto a tutti gli indirizzi disposti in sede regionale e adeguate alle esigenze del progetto.

3.2 Alternative tecnologiche

La tecnologia del pannello fotovoltaico si può distinguere nei seguenti tipi:

- Pannelli di silicio cristallino
- Pannelli in film sottile

Pannelli in silicio cristallino

I pannelli in silicio cristallino sono attualmente i più utilizzati negli impianti installati e si suddividono in due categorie:

- monocristallino: omogeneo a cristallo singolo, sono prodotti da cristallo di silicio di elevata purezza. Il lingotto di silicio monocristallino è di forma cilindrica del diametro di 13-20 cm e 200 cm di lunghezza, ottenuto per accrescimento di un cristallo filiforme in lenta rotazione. Successivamente, tale cilindro viene opportunamente suddiviso in wafer dello spessore di 200-250 μm e la superficie superiore viene trattata producendo dei microsolchi aventi lo scopo di minimizzare le perdite per riflessione. Il vantaggio principale di queste celle è il rendimento (14-17%), cui si associa una durata elevata ed il mantenimento delle caratteristiche nel tempo (alcuni costruttori garantiscono il pannello per 20 anni con una perdita di efficienza massima del 10% rispetto al valore nominale). Il prezzo di tali moduli è intorno a 0.20-0.25 €/W ed i pannelli realizzati con tale tecnologia sono caratterizzati usualmente da una omogenea colorazione blu scuro (Il colore blu scuro è dovuto al rivestimento antiriflettente di ossido di titanio, atto a favorire la captazione della radiazione solare). Si fa notare che rispetto ai dati medi, i pannelli utilizzati nel progetto hanno un rendimento superiore al 21,10%.
- policristallino: in cui i cristalli che compongono le celle si aggregano tra loro con forma ed orientamenti diversi. Le iridescenze tipiche delle celle in silicio policristallino sono infatti dovute al diverso orientamento dei cristalli ed il conseguente diverso comportamento nei confronti della luce. Il lingotto di silicio policristallino è ottenuto mediante un processo di fusione e colato in un contenitore a forma di parallelepipedo. I wafer che si ottengono presentano forma squadrata e caratteristiche striature con spessore di 180-300 μm . Il rendimento è inferiore al monocristallino (12-14%), ma anche il prezzo di circa 0.32 - 0.33 €/W. La durata è comunque elevata (paragonabile al monocristallino) ed anche il mantenimento della prestazione nel tempo iniziale (85% del rendimento dopo 20 anni). Le celle con tale tecnologia sono riconoscibili dall'aspetto superficiale in cui si intravedono i grani cristallini.

Il mercato è oggi dominato dalla tecnologia al silicio cristallino, che rappresenta circa il 90% del mercato. Tale tecnologia è matura sia in termini di rendimento ottenibile che di costi di produzione e si ritiene che continuerà a dominare il mercato nel breve-medio periodo. Sono solo previsti miglioramenti contenuti in termini di efficienza (nuovi prodotti industriali dichiarano il 18%, con un record di laboratorio del 24.7%, ritenuto praticamente invalicabile) ed una possibile riduzione dei costi legata all'introduzione nei processi industriali di wafer più grandi e sottili e all'economia di scala. Inoltre l'industria fotovoltaica basata su tale tecnologia utilizza il surplus di silicio destinato all'industria elettronica ma, a causa del costante sviluppo di quest'ultima e della crescita esponenziale della

produzione fotovoltaica al tasso medio del 40% negli ultimi 6 anni, diviene difficoltosa la reperibilità di materia prima sul mercato destinata al mercato fotovoltaico.

3.2.1 Pannelli in film sottile

Le celle a film sottile sono composte da materiale semiconduttore depositato, generalmente come miscela di gas, su supporti come vetro, polimeri, alluminio che danno consistenza fisica alla miscela. Lo strato del film semiconduttore è di pochi micron, rispetto alle celle a silicio cristallino che hanno uno spessore di centinaia di micron. Pertanto il risparmio di materiale è notevole e la possibilità di avere un supporto flessibile amplifica il campo di applicazione delle celle a film sottile.

I materiali utilizzati sono:

- silicio amorfo
- CdTeS (telluro di cadmio-solfuro di cadmio)
- GaAs (arseniuro di gallio)
- CIS, CIGS, CIGSS (leghe a base di seleniuro doppio di rame e iridio).

Il silicio amorfo (sigla a-Si) depositato in film su un supporto (es. alluminio) rappresenta l'opportunità di avere il fotovoltaico a costi ridotti rispetto al silicio cristallino, ma le celle hanno rese che tendono decisamente a peggiorare nel tempo. Il silicio amorfo può anche essere "spruzzato" su un sottile foglio in materiale plastico o flessibile. È utilizzato soprattutto quando serve ridurre al massimo il peso del pannello ed adattarsi alle superfici curve.

La resa (5-6%) è molto bassa a causa delle molteplici resistenze che gli elettroni devono superare nel loro flusso. Anche in tal caso le celle tendono a peggiorare le proprie prestazioni nel tempo. Un'interessante applicazione di tale tecnologia è quella che combina uno strato di silicio amorfo con uno o più strati di silicio cristallino in multi giunzione; grazie alla separazione dello spettro solare, ogni giunzione posizionata in sequenza lavora in maniera ottimale e garantisce livelli superiori in termini sia di efficienza che di garanzia di durata. Le celle solari CdTeS sono composte da uno strato P (CdTe) e uno strato N (CdS) che formano una eterogiunzione P-N. La cella CdTeS ha efficienze maggiori rispetto a quelle in silicio amorfo: 10- 11% per prodotti industriali (15.8% in prove di laboratorio). Nella produzione su larga scala della tecnologia CdTeS si presenta il problema ambientale del composto CdTe contenuto nella cella, il quale, non essendo solubile in acqua e più stabile di altri composti contenenti cadmio, può diventare un problema se non correttamente riciclato o utilizzato. Il costo unitario di tali moduli è pari a 0.28-0.32 €/W. La tecnologia GaAs è attualmente la più interessante dal punto di vista dell'efficienza ottenuta, superiore al 25-30%, ma la produzione di tali celle è limitata dagli elevati costi e dalla scarsità del materiale, utilizzato in prevalenza nell'industria dei "semiconduttori ad alta velocità di commutazione" e dell'optoelettronica. Infatti la tecnologia GaAs viene utilizzata principalmente per applicazioni spaziali, dove sono importanti pesi e dimensioni ridotte. Nel caso dell'impianto fotovoltaico da costruirsi si è optato per la massimizzazione della potenza di impianto in relazione alla superficie disponibile.

Per questo progetto la scelta tecnologica dei moduli è caduta sul tipo in silicio monocristallino: questa tecnologia è stata fatta per la possibilità di avere sostanziali incrementi di produttività. Queste scelte sono tali da giustificare i costi di investimento iniziale superiori.

Inoltre, una delle innovazioni dell'impianto sarà quella dell'utilizzo di Moduli Bifacciali che consentono, a parità di superficie impiegata, un incremento della produzione di energia mediante lo sfruttamento della radiazione solare riflessa dalla parte inferiore del modulo. Secondo i dati ottenuti

a seguito delle ricerche sperimentali del proponente, la producibilità risulta essere dell'ordine del 10% superiore all'energia prodotta dal modulo tradizionale di pari potenza.

3.2.2 Moduli Bifacciali

I moduli fotovoltaici bifacciali sono costituiti da celle attive su entrambi i lati, per produrre energia elettrica sia frontalmente che posteriormente. I moduli fotovoltaici bifacciali sono costituiti da celle attive su entrambi i lati, che catturano l'energia del sole sia frontalmente che posteriormente, convertendola poi in energia elettrica.

Nonostante gli studi sulle celle fotovoltaiche bifacciali risalgano agli albori dell'era dell'energia solare (il primo prototipo funzionante è stato sviluppato addirittura nel 1966), i moduli bifacciali sono senza dubbio una delle più recenti innovazioni tecnologiche del settore.

Dai frequenti test sul campo, si è riscontrato che l'energia "persa" per la maggior inclinazione dei pannelli viene abbondantemente compensata dalla produzione del retro del modulo, con un incremento anche del 25%-30% rispetto a quelli tradizionali

I moduli fotovoltaici bifacciali permettono di catturare la luce solare da entrambi i lati, garantendo così maggiori performance del modulo e, di conseguenza, una produzione nettamente più elevata dell'intero impianto fotovoltaico, questo porta quindi ad un incremento di potenza ritraibile per unità di superficie, o, se vogliamo, ad un'occupazione di superficie minore per garantire la stessa produzione elettrica.

Il termine che indica la capacità della cella fotovoltaica di sfruttare la luce sia frontalmente che posteriormente viene definito, appunto, "bifaccialità": un fenomeno reso possibile, in fisica, dal cosiddetto Fattore di Albedo della superficie su cui i moduli vengono installati.

Nota anche come "coefficiente di Albedo", si tratta dell'unità di misura che indica la capacità riflettente di un oggetto o di una superficie. Solitamente viene espressa con un valore da 0 a 1, che può variare a seconda dei singoli casi. Ad esempio:

- neve e ghiaccio hanno un alto potere riflettente, quindi un Fattore di Albedo pari a 0,75;
- superfici chiare di edifici (in mattoni o vernici chiare) possono raggiungere anche lo 0,6;
- superfici scure di edifici (in mattoni o vernici scure) vedono un dato più ridotto (attorno allo

0,27).

Maggiore è l'albedo di una superficie, maggiore è la quantità di luce che è in grado di riflettere: di conseguenza, anche la produzione di energia dei pannelli fotovoltaici bifacciali sarà più o meno elevata. Il valore aggiunto dei moduli fotovoltaici bifacciali riguarda, innanzitutto, le migliori performance lungo l'intera vita utile del sistema, dovute a una maggior produzione e resistenza del pannello.

Inoltre, grazie all'elevata efficienza di conversione, il modulo FV bifacciale è in grado di diminuire i costi BOS (Balance of System), che rappresentano una quota sempre maggiore di quelli totali del sistema (data l'incidenza in costante calo dei costi legati a inverter e moduli).

Riassumendo, i 3 principali vantaggi sono:

1. Prestazioni migliori. Poiché anche il lato posteriore del modulo è in grado di catturare la luce solare, è possibile ottenere un notevole incremento nella produzione di energia lungo tutta la vita del sistema. Ricerche e test sul campo dimostrano che un impianto FV realizzato con moduli bifacciali può arrivare a produrre fino al 30% in più.

1. Maggior durabilità. Spesso il lato posteriore di un modulo bifacciale è dotato di uno strato di vetro aggiuntivo (modulo vetro-vetro), per consentire alla luce di essere raccolta anche dal retro della

cella FV. Questo conferisce al modulo caratteristiche di maggior rigidità, fattore che riduce al minimo lo stress meccanico a carico delle celle, dovuto al trasporto e all'installazione o a fattori ambientali esterni (come il carico neve o vento).

2. Riduzione dei costi BOS. La bifaccialità, incrementando notevolmente l'efficienza del modulo e facendo quindi aumentare la densità di potenza dell'impianto, rende possibile la riduzione dell'area di installazione dell'impianto stesso e, quindi, anche i costi relativi al montaggio e cablaggio del sistema (strutture, cavi, manodopera, etc.).

Sulla base di tali considerazioni sebbene il costo del prodotto sia superiore al modulo tradizionale per il progetto proposto la scelta è ricaduta su questa tipologia di componente anche in considerazione della maggiore produzione dell'impianto a parità di superficie utilizzata rispetto ai moduli tradizionali

3.3 Alternativa "zero"

Le considerazioni circa la possibilità di non realizzazione dell'opera – alternativa "zero" – permettono di immaginare il perpetuarsi delle condizioni di scarso utilizzo produttivo delle aree prescelte, con conseguente scarsa produttività delle aree interessate dal progetto che stanno infatti andando col tempo a scomparire.

3.3.1.1 Scenario di base

L'area di progetto attualmente è un pascolo naturale non lavorato, anche perché non adatto sicuramente alle coltivazioni, dal momento che, ricadendo in Area SIN, c'è un'ordinanza del comune di Portoscuso la n. 9 del 06.03.2014 (che si allega alla presente comprese le analisi della ASSL), che intima la non produzione agricola dell'area in oggetto. La produzione foraggiera è assicurata da essenze pabulari spontanee con scarso valore nutriceutico, l'area non essendo lavorata viene esclusivamente destinato al pascolo. Per quanto riguarda la gestione delle superfici, al momento attuale, come precedentemente anticipato, non si attuano le lavorazioni riguardanti la semina ne fienagione. In conclusione il terreno è di scarso valore agricolo, anche per la posizione strategica in cui si trova.

Come si evince dalle relazioni geologica ed agronomica allegate al progetto il settore in esame si caratterizza dalla presenza di suoli impostati in parte sulle formazioni effusive acide del Cenozoico in parte sulle alluvioni pleistoceniche e dei depositi eolici pleistocenici con estese superfici di roccia affiorante caratterizzate dall'assenza di substrato pedologico. Entrando nello specifico si possono distinguere le seguenti Unità di Paesaggio:

- Paesaggi delle formazioni effusive acide del Cenozoico: Costituiscono il paesaggio con la maggiore estensione areale nell'area d'intervento (le opere in progetto saranno impostate per la maggior parte su questa unità di paesaggio). La copertura vegetale è rappresentata dalla macchia xerofila sempreverde a diverso grado di degradazione, dal pascolo e solo localmente da pascoli migliorati. La pietrosità superficiale è sempre elevata ed è associata ad estese superfici a roccia affiorante. Nell'unità i suoli sono quasi del tutto assenti. In queste aree la fertilità è in generale molto bassa come debole risulta la capacità di trattenuta per l'acqua.
- Paesaggi delle alluvioni pleistoceniche e dei depositi eolici pleistocenici che nel settore di studio sono sostituiti dalle alluvioni e sabbie eoliche del Sintema di Portovesme. La copertura vegetale è rappresentata dalla macchia xerofila sempreverde a diverso grado di degradazione, dal pascolo e localmente da pascoli migliorati e/o culture arboree, prevalentemente piccoli

oliveti e piccoli vigneti. La pietrosità superficiale è sempre assente fatta eccezione per quelle porzioni in cui gli spessori delle formazioni sono talmente esigui da far affiorare le sottostanti formazioni rocciose cenozoiche. Nell'unità i suoli sono da profondi a poco profondi in funzione degli spessori delle alluvioni e delle sabbie eoliche. In queste aree la fertilità varia da media a buona in funzione dell'estensione areale e della loro profondità, gli unici terreni in cui si concentra l'attività agricola della zona. Le aree interessate da questa unità sono caratterizzate da limitazioni d'uso da ricollegare al drenaggio da lento a molto lento, al moderato pericolo di erosione, e alla presenza di inquinanti industriali da ricaduta (Arsenico, Berillio, Cadmio, Mercurio, Piombo, Stagno, Zinco), e subordinatamente (in funzione dello spessore dei depositi alluvionali ed eolici) alla rocciosità affiorante e all'eccesso di scheletro.

3.3.1.2 Potenziali evoluzioni

Tutti i suoli potenzialmente coltivabili sono già utilizzati e l'area mostra, come ampiamente descritto, caratteristiche di compromissione dovute alla invasiva presenza del settore industriale, da cui discende la perimetrazione dell'area SIN. Nei tempi di attuazione del progetto, stante la scarsa presenza di suoli, la rocciosità affiorante e una vegetazione naturale già al suo stato, oggi, di massima evoluzione, si considera che se il progetto non venisse attuato, l'area permanerebbe nelle condizioni esistenti. Viste le ordinanze esistenti, l'inquinamento e i trend demografici negativi ci si potrebbe aspettare un abbandono delle poche colture esistenti e una riconquista di questi luoghi da parte della vegetazione spontanea.

3.3.1.3 Considerazioni sulla componente sociale

Lo scenario generato dall'alternativa "0" impone inoltre ulteriori considerazioni circa la mancata creazione di nuove opportunità occupazionali sia a breve che a lungo termine legate alla realizzazione e gestione/manutenzione dell'impianto in esercizio. Questo avrebbe dei riflessi sulla situazione occupazione dell'area vasta, dove sono presenti alti tassi di disoccupazione giovanile, favoriti anche dalla mancanza di prospettive occupazionali stabili e durature.

La realizzazione dell'impianto permetterà l'occupazione di circa 150 unità lavorative per la durata di realizzazione dell'impianto, stimata in 24 mesi; altre 12 persone troveranno occupazione a tempo indeterminato durante la fase di esercizio e saranno destinati alla manutenzione, alla pulizia dei pannelli e alla sorveglianza dell'impianto; inoltre non è trascurabile l'indotto generato in fase di dismissione che permetterà l'impiego di circa 50 unità per un tempo di circa 24 mesi. In ultima analisi lo scenario dell'alternativa "zero" impedirebbe la realizzazione di un impianto di produzione di energie alternative in grado di apportare un sicuro beneficio ambientale che si stima in una riduzione di circa $84,06 \cdot 10^3$ Ton. Di CO₂ nell'ambiente e di fondamentale importanza non andrebbero ad essere realizzati tutti gli interventi di mitigazione e rinaturalizzazione degli habitat di specie che solo con la realizzazione di questa iniziativa potrebbero essere realizzati.

3.4 Individuazione del sito di progetto

L'area oggetto d'intervento inserita all'interno dell'area di rispetto del SIN Sulcis, Iglesiente Guspinese è delimitata ad ovest dalla strada provinciale n.2 che la separa dal polo industriale di Portovesme, ad est dal Rio Acqua Ierru e a sud dal Canale di Paringianu.



Figura 1_Inquadramento geografico (IGMI) con localizzazione delle aree d'intervento, scala 1:25.000.

Nel complesso l'area d'intervento risulta poco urbanizzata, le uniche opere edilizie esistenti sono date alla presenza di una serie di infrastrutture a rete tra cui cinque linee dell'alta tensione, due linee di media tensione, alcune linee elettriche rurali. Sono inoltre presenti tre condotte idriche ed un canale di guardia con andamento nord-ovest – sud-est a protezione della zona industriale. L'intera area è inoltre tra quelle individuate come idonee all'installazione di impianti eolici, per cui sia all'interno dell'area di intervento che nelle sue immediate vicinanze sono presenti una serie di campi eolici con una trentina di pale già realizzate e altre due da realizzare. Nel settore posto subito ad ovest è presente il polo industriale di Portovesme caratterizzato da industrie di varia natura sia in funzione che in disuso compresa la centrale elettrica. Nel settore nord è presente l'ex-discarica "Sa Piramide" della Società Portovesme S.r.l, mentre a nord-est è presente la miniera di carbone di Nuraxi Figus.

4 Dati di progetto

L'impianto fotovoltaico è suddiviso in tre macro aree (Area A, Area B e Area C), comprendenti rispettivamente n°3, n°5 e n°11 cabine di campo, della potenza nominale massima di 6000 kVA; sono utilizzati moduli fotovoltaici con potenza di picco di 670 Wp.

In ciascuna cabina di campo avverrà la trasformazione a 33 kV dell'energia proveniente dagli inverter di campo a 800 V; ciascuna linea MT a 33 kV uscente dalla rispettiva cabina di campo andrà a collegare le altre cabine di campo e si attesterà infine ad un quadro MT ubicato nella cabina di impianto. Dalle cabine di impianto partirà una linea MT a 33 kV verso la stazione elettrica di utenza 33/220 kV. Da qui avrà origine l'elettrodotto in cavo interrato a 220kV per il collegamento in antenna dell'intero impianto alla sezione a 220 kV della futura stazione elettrica Terna, da inserire in entra – esce alla linea 220 kV "Sulcis - Oristano".

4.1 Riferimenti catastali e geografici

L'impianto fotovoltaico da installare nel comune di Portoscuso in provincia di Sud Sardegna, i fogli catastali e particelle catastali interessate dall'impianto sono riportate nell'elaborato: L.1-Piano particellare descrittivo dell'impianto fotovoltaico e della stazione di utenza.

Più precisamente l'impianto fotovoltaico si estende sulle seguenti località "Ecca de Chiccu Sedda", "Masoni Ignazio", "Su Munzioni", "Concali Arrubiu" e "Grutte is Abis", censite al catasto del comune di Portoscuso ai Fogli n. 5, 6, 7, 9 e 10 interessando mappali vari, per maggiori dettagli si rimanda alla cartografia e agli elaborati di progetto. Mentre le opere di connessione si svilupperanno su Fogli 5, 6, 7, 9, 10 nel Comune di Portoscuso e nei Fogli 13 e 14 nel Comune di Gonnese interessando mappali vari; per finire la stazione di Utenza è localizzata in territorio di Gonnese subito ad ovest del Borgo di Nuraxi Figus in prossimità di P.ta Sfrais censita al catasto del Comune di Gonnese al Foglio 13, Mappali 965, 966, 1.906, 1.907, 1.908 e 1.909.

Le coordinate geografiche del sito individuato per la realizzazione dell'impianto sono indicate nella seguente tabella (misurate in posizione baricentrica rispetto all'estensione dell'area):

Tab. 1_Denominazione aree progetto e coordinate geografiche

Nome Impianto	Area	Comune	Provincia m.)	Coordinate geografiche	Altitudine media (m s.l.m.)
AREA A		Portoscuso	Sud Sardegna	39°12'34"N, 8°25'02"E	54
AREA B		Portoscuso	Sud Sardegna	39°11'59"N, 8°25'19"E	48
AREA C		Portoscuso	Sud Sardegna	39°11'37"N, 8°26'14"E	55

Le aree dove verrà realizzato l'impianto hanno accessi dalla viabilità esistente locale o da strade comunali e/o provinciali.

4.2 Layout di impianto

Si rimanda agli elaborati grafici specifici che individuano in dettaglio le aree destinate all'installazione dei moduli fotovoltaici dell'impianto oggetto del presente documento.

- 1- LAYOUT IMPIANTO FOTOVOLTAICO
- 1.1- INQUADRAMENTO TERRITORIALE: IGMI
- 1.2- INQUADRAMENTO TERRITORIALE: CTR
- 1.3- INQUADRAMENTO TERRITORIALE: CATASTALE
- 1.8- PLANIMETRIA DI PROGETTO SU BASE RILIEVO
- 1.9- LAYOUT IMPIANTO SU MAPPA CATASTALE

La planimetria dell'impianto e delle relative opere di connessione alla RTN è riportata nella figura successiva.



Figura 2_Planimetria su ortofoto dell'impianto fotovoltaico e delle opere di connessione

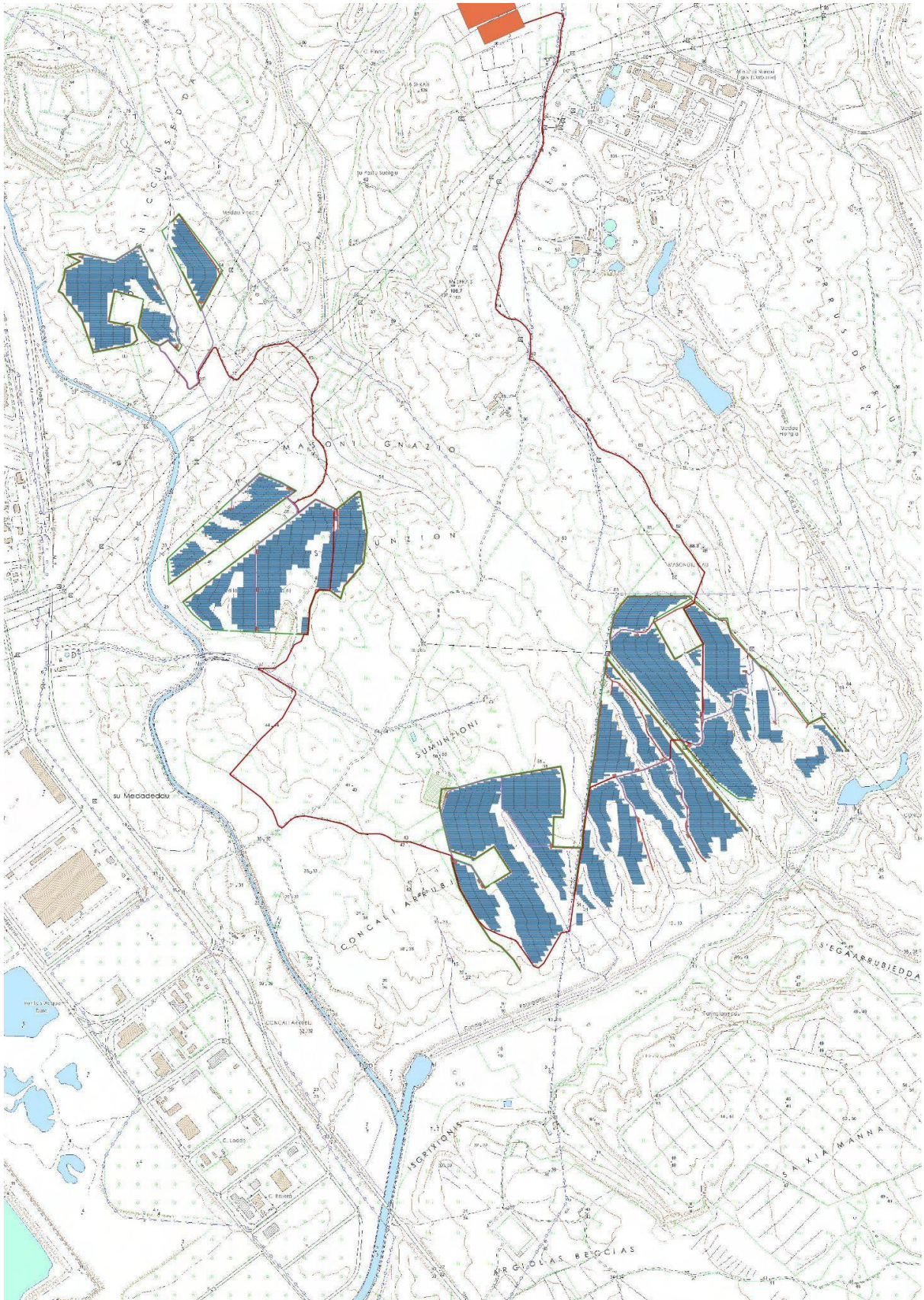


Figura 3_Layout impianto su Mosaico Database Geotopografico 10k



Figura 4_Layout impianto su Ortofoto 2019

4.3 Impianto fotovoltaico: caratteristiche tecniche

L'elemento cardine di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica, è la cella fotovoltaica (di cui si compongono i moduli fotovoltaici), che grazie al materiale semiconduttore di cui è composta, trasforma l'energia luminosa derivante dal sole in corrente elettrica continua. Tale energia in corrente continua viene poi convertita in corrente alternata e può essere utilizzata direttamente dagli utenti, o immessa nella Rete di Trasmissione Nazionale. In generale, i componenti principali di un impianto fotovoltaico sono:

- i moduli fotovoltaici (costituiti dalle celle su descritte);
- i cavi elettrici di collegamento;
- le cabine elettriche di conversione e trasformazione, contenenti inverter, trasformatori BT/MT e quadri di protezione e distribuzione in media tensione;
- gli elettrodotti in media tensione;
- i contatori per misurare l'energia elettrica prodotta dall'impianto;
- la cabina di smistamento.

Il progetto del presente impianto prevede l'utilizzo di moduli fotovoltaici fissi, montati su struttura poggiata a terra.

Le strutture metalliche portanti alle quali sono fissati meccanicamente i moduli fotovoltaici sono direttamente ancorate al terreno per mezzo di pali sistemati in fori trivellati o battuti direttamente sul terreno tramite battipalo a seconda del tipo di terreno di appoggio. Sulle strutture ignimbriche è infatti impossibile utilizzare pali infissi mediante battitura o trivellazione diretta del palo. Le alternative di pali zavorrati o di plinti superficiali richiederebbero ingenti sistemazioni superficiali per la loro installazione o per la loro realizzazione in opera. Per questo si è scelta come soluzione la trivellazione. Per attuarla si utilizzeranno mezzi leggeri tipo "ragno" dotati di trivellatrice o, laddove si avesse necessità, anche con trivellatrici manuali. Sulle strutture con litologie sciolte invece si utilizzerà una macchina battipalo, per l'infissione diretta dei pali di fondazione.

Le strutture verranno correttamente esposte a SUD, con l'adeguato angolo di inclinazione (TILT) per cui l'impianto garantirà le migliori prestazioni in termini di produzione di elettricità pulita. Questa tipologia di struttura eviterà l'esecuzione di opere di calcestruzzo e faciliterà enormemente sia la costruzione che la dismissione dell'impianto a fine vita, diminuendo drasticamente le modifiche subite dal suolo.

Nello specifico L'impianto fotovoltaico è suddiviso in tre macro aree (Area A, Area B e Area C), comprendenti rispettivamente n°3, n°5 e n°12 cabine di campo, della potenza nominale massima di 6000 kVA; sono utilizzati moduli fotovoltaici fissi con potenza di picco di 670 Wp.

L'insieme di 30 moduli, collegati tra loro elettricamente, formerà una stringa fotovoltaica; il collegamento elettrico tra i vari moduli avverrà direttamente sotto le strutture di sostegno dei pannelli con cavi esterni graffettati alle stesse. Le strutture di sostegno saranno di due tipologie: ad una stringa fotovoltaica, per un totale di 30 moduli posizionati su due file (2 x 15 moduli), oppure a due stringhe fotovoltaiche, per un totale di 60 moduli posizionati su due file (2 x 30 moduli). L'insieme di più stringhe fotovoltaiche, collegate in parallelo tra loro, costituirà un campo, ognuno dei quali afferirà ad un inverter. In ciascuna cabina di campo avverrà la trasformazione a 33 kV dell'energia proveniente dagli inverter di campo a 800 V; ciascuna linea MT a 33 kV uscente dalla rispettiva cabina di campo andrà a collegare le altre cabine di campo e si attesterà infine ad un quadro MT ubicato nella cabina di impianto. Dalle cabine di impianto partirà una linea MT a 33 kV verso la stazione elettrica di utenza 33/220 kV. Da qui avrà origine l'elettrodotto in cavo interrato a 220kV per il collegamento in antenna

dell'intero impianto alla sezione a 220 kV della futura stazione elettrica Terna, da inserire in entrata – uscita alla linea 220 kV “Sulcis - Oristano”.

L'inquadramento territoriale dell'impianto è rappresentato in dettaglio negli elaborati grafici allegati al presente progetto, quali il layout di impianto, l'inquadramento urbanistico, la corografia e la planimetria catastale.

4.3.1 Moduli Fotovoltaici

Il dimensionamento dell'impianto è stato realizzato con una tipologia di modulo fotovoltaico composto da 132 celle in silicio monocristallino, ad alta efficienza e connesse elettricamente in serie, per una potenza complessiva di 670 Wp.

L'impianto sarà costituito da un totale di 163.920 moduli per una conseguente potenza di picco pari a 111.20 kWp.

Le caratteristiche principali della tipologia di moduli scelti è la seguente:

Caratteristiche geometriche e dati meccanici

Dimensioni (LxAxP): 2384x1303x35 mm

Tipo celle: in silicio monocristallino

Telaio: alluminio anodizzato

Peso: 37,9 kg

Caratteristiche elettriche (in STC)

Potenza di picco (Wp) [W]: 670

Tensione a circuito aperto (Voc) [V]: 45,8

Tensione al punto di massima potenza (Vmp) [V]: 38,7

Corrente al punto di massima potenza (Imp) [A]: 17,32

Corrente di corto circuito (Isc) [A]: 18,55

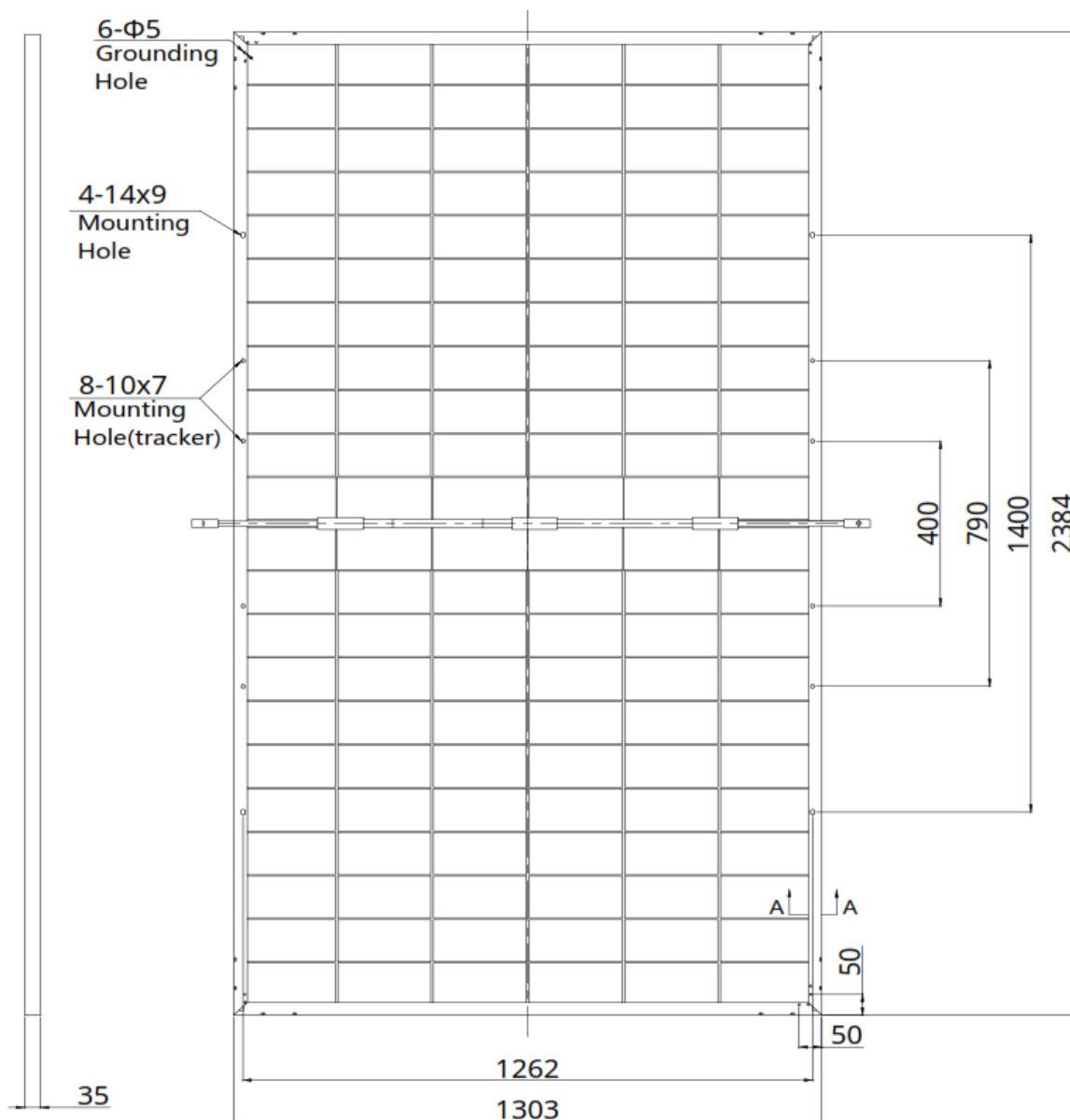


Figura 5_Dimensioni del modulo fotovoltaico

4.3.2 Strutture di supporto

Le strutture di supporto dei moduli fotovoltaici impiegati sono di tipo fissi. Esse sono caratterizzate da un sistema di montaggio completamente innovativo sviluppato in base a conoscenze scientifiche e normative. Il montaggio modulare offre possibilità quasi illimitate di assemblaggio per i moduli maggiormente in circolazione sul mercato. Per mezzo dello sviluppo di particolari morsetti di congiunzione si riducono al minimo i tempi di montaggio.

Le strutture saranno costituite da due diverse matrici di pannelli FV: 30x2 e 15x2.

Si tratta di una struttura metallica costituita essenzialmente da:

- Il corpo di sostegno disponibile come sostegno singolo o articolato a seconda del numero di moduli da applicare. La leggerezza dell'alluminio e la robustezza dell'acciaio raggiungono un'ottima combinazione e attraverso il profilo monoblocco vengono evitate ulteriori giunzioni suscettibili alla corrosione e alla maggiore applicazione.

- Le traverse sono rapportate alle forze di carico. Tutti i profili sono integrati da scanalature che permettono un facile montaggio. Le traverse sono fissate al sostegno con particolari morsetti.

- Le fondazioni costituite semplicemente da un profilato in acciaio zincato a caldo e bloccato nei fori trivellati su roccia o battuto (laddove possibile) disponibile in 6 lunghezze standard. La forma del profilo supporta ottimamente i carichi statici e dinamici. Rispetto ai profili laminati il risparmio di materiale è del 50%.

Grazie ai pochi componenti che costituiscono la struttura il tempo di montaggio è particolarmente ridotto. Il conficcamento dei profili in acciaio viene realizzato da ditte specializzate.

Per il dimensionamento viene svolta una perizia geologica per il calcolo ottimale della profondità a cui vanno conficcati i profilati in relazione al tipo di terreno. In questo modo viene garantito un ottimale utilizzo dei profili e dei materiali. La struttura di supporto è garantita per 25-30 anni.

4.3.3 *Convertitori di potenza*

La conversione da corrente continua a corrente alternata sarà realizzata mediante convertitori statici trifase (inverter) tipo HUAWEI, modello SUN2000-215KTL-H0, agganciati alle strutture di sostegno dei moduli, in posizione opportuna. La potenza nominale dell'inverter è pari a 200 kWp @40°C; la ripartizione dei vari moduli su ognuno degli inverter utilizzati sarà effettuata sulla base delle caratteristiche tecniche riportate nella relazione tecnica.

4.3.4 *Trasformatore*

I trasformatori di elevazione BT/MT saranno di diverse taglie per ogni cabina di campo di ciascuna zona, di potenza pari a 3000, 4000 e 6000 kVA a doppio secondario. Essi saranno alloggiati all'interno delle cabine di campo e presenteranno le seguenti caratteristiche generali:

- -- frequenza nominale 50 Hz
- -- Rapporto di trasformazione $V1n/V2n/V3n = 33.000/800/800$ V
- -- campo di regolazione tensione maggiore $\pm 2,5\%$
- -- Tipologia di isolamento: olio
- -- livello di isolamento primario 1,1/3 kV
- -- livello di isolamento secondario 36/70/120
- -- simbolo di collegamento Dyn11yn11
- -- collegamento primario: triangolo
- -- collegamento secondario: stella+neutro
- -- classe ambientale E2
- -- classe climatica C2
- -- comportamento al fuoco F1
- -- classe di isolamento primarie e secondarie F/F
- -- temperatura ambiente max. 40 °C
- -- sovratemperatura avvolgimenti primari e secondari 100/100 K
- -- installazione Interna
- -- tipo raffreddamento ONAN
- -- altitudine sul livello del mare ≤ 1000 m
- -- impedenza di corto circuito a 75°C 6%
- -- livello scariche parziali ≤ 10 pC

4.3.5 Cavi e quadri di parallelo

CAVI

Per il cablaggio dei moduli e per il collegamento tra le stringhe e i quadri di campo sono previsti conduttori di tipo "SOLAR" in doppio isolamento o equivalenti appositamente progettati per l'impiego in campi FV per la produzione di energia.

La sezione dei cavi per i vari collegamenti è tale da assicurare una durata di vita soddisfacente dei conduttori e degli isolamenti sottoposti agli effetti termici causati dal passaggio della corrente elettrica per periodi prolungati e in condizioni ordinarie di esercizio e tali da garantire in ogni sezione una caduta di tensione non superiore al 2%. La portata dei cavi (Iz) alla temperatura di 60°C indicata dal costruttore è maggiore della corrente di cortocircuito massima delle stringhe.

QUADRO DI PARALLELO INVERTER

Ogni quadro di parallelo ha 10 ingressi ai quali sono collegate le uscite degli inverter che arrivano dal campo fotovoltaico. I suddetti quadri realizzano il sezionamento ed il parallelo degli inverter provenienti dal campo fotovoltaico.

Essi disporranno al loro interno dell'elettronica necessaria per il cablaggio nonché protezione contro scariche provocate da fulmini. Dagli inverter partiranno i cavi di collegamento (rivestiti in pvc o in gomma) fino alla cabina di campo nella quale sono alloggiati i due quadri di parallelo. Il collegamento verrà realizzato con cavi della sezione minima di 3x(1x95) mmq del tipo FG16R16 posati in tubi o canali per proteggerli dai raggi ultravioletti. Tutti i cavi utilizzati sono rispondenti alla norma CEI 20-22.

QUADRO MT

Saranno impiegati scomparti normalizzati di tipo protetto, che possono essere affiancati per formare quadri di trasformazione fino a 36 kV. Le dimensioni contenute consentono di occupare spazi decisamente ridotti, la modularità permette di sfruttare al massimo gli spazi disponibili. Opportuni dispositivi di interblocco meccanico e blocchi a chiave fra gli apparecchi impediscono errate manovre, garantendo comunque la sicurezza per il personale. Gli scomparti verranno predisposti completi di bandella in piatto di rame interna ed esterna per il collegamento dell'impianto di messa a terra, doppi oblò di ispezione che consentono un'agevole ispezione visiva.

4.3.6 Sistemi ausiliari

SISTEMI DI SORVEGLIANZA

Le aree occupate dall'impianto fotovoltaico saranno recintate e sottoposte a sorveglianza dal personale in loco o automaticamente dalla presenza di un sistema integrato anti-intrusione di cui sarà eventualmente dotata l'intera zona.

Tale sistema, se presente, sarà composto dalle seguenti apparecchiature principali:

- telecamere TVCC tipo fisso Day-Night, per visione diurna e notturna, con illuminatore a IR, ogni 35 m;
- cavo alfa con anime magnetiche, collegato a sensori microfonici, aggirato alle recinzioni a media altezza, e collegato alla centralina d'allarme in cabina;
- barriere a microonde sistemate in prossimità della muratura di cabina;
- n.1 badge di sicurezza a tastierino, per accesso alle cabine;
- n.1 centralina di sicurezza integrata installata in cabina.

I sistemi appena elencati funzioneranno in modo integrato. Il cavo alfa sarà in grado di rilevare le vibrazioni trasmesse alla recinzione esterna in caso di tentativo di scavalco o danneggiamento.

Le barriere a microonde rileveranno l'accesso in caso di scavalco o effrazione nelle aree del cancello e/o della cabina.

Le telecamere saranno in grado di registrare oggetti in movimento all'interno del campo, anche di notte; la centralina manterrà in memoria le registrazioni.

I badges impediranno l'accesso alle cabine elettriche e alla centralina di controllo ai non autorizzati.

Al rilevamento di un'intrusione da parte di qualsiasi sensore in campo, la centralina di controllo, alla quale saranno collegati tutti i sopradetti sistemi, invierà una chiamata alla più vicina stazione di polizia e al responsabile di impianto tramite un combinatore telefonico automatico e trasmissione via antenna gsm.

Parimenti, se l'intrusione dovesse verificarsi di notte, il campo verrà automaticamente illuminato a giorno dai proiettori.

ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione esterno sarà costituito dall'illuminazione esterna cabine di campo e cabine di impianto, che ha le seguenti caratteristiche:

- Tipo lampade: 24 led 1144 Litio - POWERLED;
- Tipo armatura: corpo Al pressofuso, con alettature di raffreddamento;
- Numero lampade: 4;
- Funzione: illuminazione piazzole per manovre e sosta.

4.3.7 Completamento opere di connessione cavidotti MT

L'elettrodotto in oggetto avrà una lunghezza complessiva di circa 8,6 km, sul territorio del comune di Portoscuso, in provincia del Sud Sardegna e Gonnese (SU). Sarà realizzato in cavo interrato con tensione nominale di 33 kV e collegherà l'impianto fotovoltaico con la stazione di utenza.

Il tracciato è costituito da più cavi MT, in quanto diramato dalle 3 macro-aree posizionate sul territorio comunale sopra detto.

In particolare, partendo dalla cabina di impianto del sottocampo più a Ovest dell'impianto, denominato Area A, il tracciato corre in direzione Sud verso la parte d'impianto denominata

Area B, proseguendo in direzione Sud verso l'area denominata Area C e poi verso Nord alla stazione di utenza.

I cavidotti MT di collegamento tra le cabine di campo rientrano nelle realizzazioni impiantistiche interne alle aree del parco fotovoltaico, pertanto i loro tracciati interessano la sola viabilità interna all'impianto o le aree sottostanti i pannelli. I cavi MT interni sono caratterizzati da sezioni più modeste ed hanno le stesse caratteristiche, modalità di protezione e di installazione dei cavi MT di collegamento alla stazione di utenza.

La linea elettrica interrata in media tensione 33kV dovrà rispondere alle caratteristiche di norma per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali utilizzati nonché la modalità di costruzione dei cavidotti e di posa dei cavi elettrici.

L'elettrodotto in oggetto, è composto da una linea in cavo interrato. La linea sarà posata all'interno di uno scavo opportunamente dimensionato.

La profondità minima di posa dei tubi, deve essere tale da garantire almeno 1 m, misurato dall'estradosso superiore del tubo. La posa della linea di cavo potrà avvenire su sede stradale o su sterrato.

Per quando riguarda la posa della linea in cavo su sede stradale, i cavi saranno interrati ed installati normalmente in una trincea della profondità massima di 1,6 m, con disposizione delle fasi a trifoglio e configurazione degli schermi *cross bonded*.

Tutti i cavi verranno alloggiati in terreno di riporto, la cui resistività termica, se necessario, verrà corretta con una miscela di sabbia vagliata.

La restante parte della trincea verrà ulteriormente riempita con materiale di risulta e di riporto, opportunamente compattato. Altre soluzioni particolari, quali l'alloggiamento dei cavi in cunicoli prefabbricati o gettati in opera od in tubazioni di PVC della serie pesante o di ferro, potranno essere adottate per attraversamenti specifici.

Per evitare danneggiamenti meccanici sul cavo, durante la posa, si dovrà tenere conto dello sforzo massimo del cavo e del raggio di curvatura minimo (0,9 m).

In caso di presenza di acqua occorrerà prestare particolare attenzione per evitare che possa entrare acqua o umidità alle estremità dei cavi: dovrà essere effettuata la spelatura del cavo per 30cm, la sigillatura mediante coni di fissaggio in corrispondenza dell'inizio dell'isolante e la sigillatura mediante calotte termo-restringenti in caso di interrimento del cavo prima della realizzazione di giunzioni o terminazioni.

La canalizzazione utilizzata è normalmente prevista per le strade di uso pubblico, per le quali il Nuovo Codice della Strada fissa una profondità minima di 1 metro dall'estradosso della protezione.

La canalizzazione ad altezza ridotta è prevista solo in casi eccezionali concordati con l'ente gestore della strada.

Il riempimento della trincea e il ripristino della superficie devono essere effettuati secondo le specifiche prescrizioni imposte dal proprietario del suolo.

Ricopertura e ripristini

Al termine delle fasi di posa e di rinterro si procederà alla realizzazione degli interventi di ripristino. La fase comprende tutte le operazioni necessarie per riportare il territorio attraversato nelle condizioni ambientali precedenti la realizzazione dell'opera.

Le opere di ripristino previste possono essere raggruppate nelle seguenti due tipologie principali:

- ripristini geomorfologici ed idraulici;
- ripristini della vegetazione.

Preliminarmente si procederà alle sistemazioni generali di linea, che consistono nella ri-profilatura dell'area interessata dai lavori e nella ri-configurazione delle pendenze preesistenti, ricostruendo la morfologia originaria del terreno e provvedendo alla riattivazione di fossi e canali irrigui, nonché delle linee di deflusso eventualmente preesistenti.

La funzione principale del ripristino idraulico è essenzialmente il consolidamento delle coltri superficiali attraverso la regimazione delle acque, evitando il ruscellamento diffuso e favorendo la ricrescita del manto erboso.

Successivamente si passerà al ripristino vegetale, avente lo scopo di ricostituire, nel più breve tempo possibile, il manto vegetale preesistente i lavori nelle zone con vegetazione naturale.

Il ripristino avverrà mediante:

- • ricollocazione dello strato superficiale del terreno se precedentemente accantonato;
- • inerbimento;
- • messa a dimora, ove opportuno, di arbusti e alberi di basso fusto.

Per gli inerbimenti verranno utilizzate specie erbacee adatte all'ambiente pedoclimatico, in modo da garantire il migliore attecchimento e sviluppo vegetativo possibile. Le aree agricole saranno ripristinate al fine di restituire l'originaria fertilità.

Per ulteriori approfondimenti in merito si rimanda alla relazione specialistica dedicata.

4.3.8 Opere di connessione RTN - Stazione elettrica di utenza e cavo AT

L'allacciamento di un campo fotovoltaico alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) è subordinato alla richiesta di connessione alla rete, da presentare al Gestore o in alternativa all'ente distributore qualora la rete non faccia parte della rete di trasmissione nazionale.

Per il campo fotovoltaico di Portoscuso, il Gestore (TERNA) prescrive che l'impianto debba essere collegato in antenna a 220 kV a una nuova Stazione Elettrica (SE) di Smistamento della RTN a 220 kV da inserire in entra – esce alla linea 220 kV "Sulcis - Oristano".

La connessione con la sezione a 220 kV della stazione elettrica di utente, nello stallo assegnato alla società proponente, avverrà in collegamento in cavo interrato per circa 100 m di lunghezza.

La linea sarà costituita da un cavo isolato in XLPE avente una sezione pari a 1600 mmq e conduttore in alluminio.

La stazione elettrica è ubicata nel comune di Gonnese (SU). L'impianto occupa un'area di circa 9800 m². Il collegamento dell'impianto alla viabilità ordinaria sarà garantito a partire dalla Strada Comunale Sandro Pertini, da adeguare, e da un tratto di nuova realizzazione.

Per l'ingresso alla stazione, sono previsti più cancelli carrabili di larghezza m 6,00 di tipo scorrevole e cancelli pedonali, ambedue inseriti fra pilastri e pannellature in conglomerato cementizio armato.

La recinzione perimetrale deve essere conforme alla norma CEI 99-3. La sezione in alta tensione a 220 kV è composta da n°1 stallo per la connessione della linea proveniente dalla stazione di rete e da 3 stalli di trasformazione, che si attestano su una sbarra comune. Ciascuno stallo è comprensivo di interruttore, scaricatore di sovratensione, sezionatori e trasformatori di misura (TA e TV) per le protezioni e le misure fiscali, secondo quanto previsto dagli standard e dalle prescrizioni Terna.

La stazione è predisposta per la condivisione con altri produttori della medesima soluzione di connessione, pertanto solo uno dei suddetti stalli sarà occupata dall'iniziativa in oggetto.

La stazione di utenza prevede le seguenti opere civili:

- Fabbricati

La stazione di utenza è composta da 3 fabbricati ciascuno costituito da un edificio quadri comando e controllo, composto da un locale comando e controllo e telecomunicazioni; un locale uso ufficio, una sala server, un locale per i quadri BT, un locale quadri MT, un locale gruppo elettrogeno, un locale Trasformatore TSA ed un locale misure. Oltre a ciò sono presenti i servizi igienici ed un locale a disposizione. Il pavimento potrà essere realizzato di tipo flottante con area sottostante adibita al passaggio cavi. Esso sarà realizzato in muratura e sarà a pianta rettangolare di dimensioni esterne 29,5 x 6,7 m circa, con altezza fuori terra di ca. 3,6 m. La superficie coperta sarà di ca. 198 m²/cadauno,

quindi per una superficie totale di circa 593 m² e una cubatura totale di circa 2.150 m³. La copertura dell'edificio sarà a tetto piano e opportunamente coibentata e impermeabilizzata; gli infissi saranno in alluminio anodizzato naturale. La superficie occupata dalla stazione elettrica è di circa 9.800 m².

- **Strade e piazzole**

Le strade interne all'area della stazione saranno asfaltate e con una larghezza non inferiore a 4 m, le piazzole per l'installazione delle apparecchiature saranno ricoperte con adeguato strato di ghiaione stabilizzato; tali finiture superficiali contribuiranno a ridurre i valori di tensione di contatto e di passo effettive in caso di guasto a terra sul sistema AT. L'ingresso carrabile alla stazione avrà una larghezza non inferiore ai 6 m.

- **Smaltimento acque meteoriche e fognarie**

Per la raccolta delle acque meteoriche sarà realizzato un sistema di drenaggio superficiale che convoglierà la totalità delle acque raccolte dalle strade e dai piazzali in appositi collettori (tubi, vasche di prima pioggia, pozzi perdenti, ecc.).

Per la raccolta delle acque nere provenienti dallo scarico dei servizi igienici sarà predisposto un apposito circuito di tubi ed eventuali pozzetti a tenuta che convoglierà

le acque nere in appositi collettori (serbatoi da vuotare periodicamente o fosse chiarificatrici tipo IMHOFF). Lo smaltimento delle acque, meteoriche o nere, è regolamentato dagli enti locali; pertanto, a seconda delle norme vigenti, si dovrà realizzare il sistema di smaltimento più idoneo, che potrà essere in semplice tubo, da collegare alla rete fognaria mediante sifone o pozzetti ispezionabili, da un pozzo perdente, da un sistema di sub-irrigazione o altro.

- **Ingressi e recinzioni**

Il collegamento dell'impianto alla viabilità ordinaria sarà garantito dalla vicina SP2 mediante un tratto di strada esistente, da adeguare ed un tratto di nuova realizzazione. Le caratteristiche della viabilità garantiranno l'accesso a qualsiasi tipo di mezzo di trasporto su strada.

Per l'ingresso alla stazione, sono previsti più cancelli carrabili di larghezza m 6,00 di tipo scorrevole e cancelli pedonali, ambedue inseriti fra pilastri e pannellature in conglomerato cementizio armato. La recinzione perimetrale deve essere conforme alla norma CEI 99-3

- **Illuminazione**

L'illuminazione della stazione sarà realizzata con pali da illuminazione stradale dotati di proiettori orientabili.

Per ulteriori approfondimenti in merito alle opere inerenti la stazione di utenza si rimanda alla relazione specialistica dedicata.

4.4 Descrizione dell'intervento

4.4.1 Preparazione e sistemazione dell'area

Nelle aree oggetto di intervento potrebbe essere necessaria una pulizia propedeutica dei terreni dalle graminacee e dalle piante selvatiche preesistenti.

L'adozione della soluzione con fori trivellati ridurrà significativamente la necessità di livellamenti localizzati, indispensabili invece in caso di soluzioni a plinto.

Saranno obbligati invece gli sbancamenti localizzati nelle sole aree previste per la posa delle cabine di campo BT/MT e per la realizzazione delle cabine di impianto.

La posa della recinzione sarà effettuata in modo da seguire l'andamento del terreno. La posa delle canale portacavi non necessiterà in generale di interventi di livellamento.

Il profilo generale del terreno non sarà comunque modificato, lasciando così intatto il profilo orografico preesistente del territorio interessato, né saranno necessarie opere di contenimento del terreno.

In generale gli interventi di spianamento e di livellamento, dovendo essere ridotti al minimo, saranno ottimizzati in fase di direzione lavori.

4.4.2 Movimenti di terra

Di seguito si riporta un quadro di sintesi delle voci di scavo e reinterro con relativi volumi di terra movimentata.

CALCOLO VOLUMI DI SCAVO						
	Lunghezza [m]	Larghezza [m]	Profondità [m]	N	m³	
STRADE INTERNE	3500	4	0.4	1	5600	
STRADA PERIMETRALE	16483	4	0.4	1	26372.8	
CAVIDOTTI CC	23350	0.5	1	1	11675	
CAVIDOTTI BT	18520	0.8	1	1	14816	
CAVIDOTTI MT	8510	0.8	1.2	1	8169.6	
FONDAZIONI CABINA DI CAMPO	21	3	0.8	3	151.2	
FONDAZIONI CABINA DI IMPIANTO	5	3	0.8	1	12	
TOTALE SCAVI					66,797	

CALCOLO VOLUMI DI REINTERRO						
	Lunghezza [m]	Larghezza [m]	Profondità [m]	N	m³	
CAVIDOTTI CC	23350	0.5	0.5	1	5837.5	
CAVIDOTTI BT	18520	0.8	0.5	1	7408	
CAVIDOTTI MT	8510	0.8	0.6	1	4084.8	
FONDAZIONI CABINA DI CAMPO	21	3	0.3	3	56.7	
FONDAZIONI CABINA DI IMPIANTO	5	3	0.3	1	4.5	
TOTALE REINTERRI					17,392	

Per quanto riguarda il cavidotto di collegamento tra impianto e RTN, il volume totale di scavo stimato è pari a circa 115 mc, mentre il volume totale di reinterro stimato è pari a circa 95 mc.

Si precisa che, trattandosi di un sito ubicato in zona agricola, il materiale di risulta degli scavi sarà in larga parte riutilizzato in sito, mentre eventuali residui saranno conferiti a idoneo impianto di trattamento.

Per quanto riguarda le modalità di gestione delle rocce da scavo da riutilizzare in sito si veda la relazione inerente il Piano di utilizzo terre e rocce da scavo.

4.4.3 *Fondazioni*

4.4.3.1 Cabine di campo e cabine di impianto

Per quanto riguarda le cabine di campo le fondazioni saranno costituite da una vasca prefabbricata in c.a.v. di altezza 50 cm per la raccolta di eventuali perdite di olio dai trasformatori, predisposte di forature a frattura prestabilita per passaggio cavi MT/BT. Sul fondo dello scavo verrà realizzato uno strato di "magrone" per garantire la stabilità della cabina stessa.

Per quanto riguarda cabine di impianto le fondazioni saranno costituite da una vasca prefabbricata in c.a.v. di altezza 57 cm per la raccolta di eventuali perdite di olio dai trasformatori, predisposte di forature a frattura prestabilita per passaggio cavi MT/BT; sul fondo dello scavo verrà realizzato uno strato di "magrone" per garantire la stabilità della cabina stessa.

Quando suddette fondazioni saranno impostate all'interno dei depositi continentali del Pleistocene, vista la natura sabbiosa degli stessi, si renderà necessario prevedere:

- un'adeguata bonifica attraverso l'asportazione e sostituzione del terreno;
- la regolarizzazione e stabilizzazione meccanica mediante compattazione del fondo così realizzato;
- la posa di telo geotessile per l'intera superficie di appoggio;
- la ricarica con terreni granulari aridi a granulometria assortita posti in opera a strati di spessore non superiore a 0,20 m e opportunamente compattati, costituiti da misti granulari frantumati con caratteristiche granulometriche tipiche dei terreni di classe A1-a o A1-b, con Limite liquido non determinabile ($LL = N. D.$) ed indice plastico pari a zero ($I_p = 0$).

4.4.3.2 Recinzioni

Le fondazioni costituite semplicemente da un profilato in acciaio zincato a caldo trivellato nel terreno disponibile in 6 lunghezze standard. La forma del profilo supporta ottimamente i carichi statici e dinamici. Rispetto ai profili laminati il risparmio di materiale è del 50%.

Fondazioni dei sostegni sbarre, delle apparecchiature e degli ingressi di linea in stazione di utenza

Le fondazioni sono realizzate in calcestruzzo armato gettato in opera; per le sbarre e per le apparecchiature, con l'esclusione degli interruttori, potranno essere realizzate anche fondazioni di tipo prefabbricato con caratteristiche, comunque, uguali o superiori a quelle delle fondazioni gettate in opera. Le caratteristiche delle fondazioni sono riportate nei disegni allegati.

Le coperture dei pozzetti e dei cunicoli facenti parte delle suddette fondazioni, saranno in PRFV con resistenza di 2.000 daN.

4.4.4 *Fondazioni delle strutture di supporto dei pannelli*

Le strutture di sostegno dei moduli saranno costituite da un profilato in acciaio zincato a caldo infisso nel terreno disponibile in 6 lunghezze standard e del diametro di circa 17cm, collegate al suolo tramite pali infissi direttamente nel terreno tramite la realizzazione di fori trivellati (in corrispondenza delle litologie ignimbriche) o tramite macchina battipalo quando gli spessori delle litologie sciolte lo permetteranno, per una profondità variabile tra 1,3 e 1,5 m, (in funzione della consistenza delle litologie di fondazione da valutare a seguito di adeguata campagna di indagini geognostiche). Qualora in corrispondenza dei depositi continentali sciolti gli spessori siano insufficienti a garantire la stabilità dell'opera si dovrà procedere anche in questo caso alla realizzazione di fori trivellati sulle litologie

ignimbriche sottostanti (il tutto da valutare a seguito di adeguata campagna di indagini geognostiche);

Per la messa in opera delle strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici, in coincidenza delle litologie ignimbriche (a causa della morfologia decisamente aspra ed accidentata), risulta da difficile ad impossibile l'utilizzo di macchinari standard (mezzi cingolati e/o gommati), pertanto si potrà procedere:

- attraverso un rimodellamento del profilo topografico in coincidenza delle aree più accidentate;
- facendo ricorso a tecniche particolari (manuali) sia per la realizzazione dei fori di fondazione sia per il trasporto e montaggio delle componenti dell'impianto;

La forma del profilo supporta ottimamente i carichi statici e dinamici. Rispetto ai profili laminati il risparmio di materiale è del 50%.

Grazie ai pochi componenti che costituiscono la struttura il tempo di montaggio è particolarmente ridotto. Il conficcamento dei profili in acciaio viene realizzato da ditte specializzate.

Per il dimensionamento viene svolta una perizia geologica per il calcolo ottimale della profondità a cui vanno conficcati i profilati in relazione al tipo di terreno. In questo modo viene garantito un ottimale utilizzo dei profili e dei materiali. La struttura di supporto è garantita per 25-30 anni.

4.4.5 *Scolo acque*

Si prevede la realizzazione di un sistema di raccolta e incanalamento delle acque piovane. Tale sistema avrà lo scopo di far confluire le acque meteoriche all'esterno del campo seguendo la pendenza naturale del terreno, in modo da prevenire possibili allagamenti.

Il sistema di raccolta sarà allacciato alla rete fognaria consortile esistente.

4.4.6 *Recinzioni*

Per garantire la sicurezza delle aree dell'impianto le singole aree di pertinenza saranno delimitate da una recinzione metallica integrata da un impianto di allarme antintrusione e di videosorveglianza.

La recinzione continua lungo il perimetro dell'area d'impianto sarà costituita da elementi modulari rigidi in tondini di acciaio elettrosaldati di diverso diametro che conferiscono una particolare resistenza e solidità alla recinzione. Essa offre una notevole protezione da eventuali atti vandalici, lasciando inalterato un piacevole effetto estetico e costituisce un sistema di fissaggio nel rispetto delle norme di sicurezza. La recinzione avrà altezza complessiva di circa 200 cm con pali di sezione 60x60 mm disposti ad interassi regolari di circa 1 m con 4 fissaggi su ogni pannello ed incastrati alla base su un palo tozzo in c.a. trivellato nel terreno fino alla profondità massima di 1,00 m dal piano campagna.

A distanze regolari di 4 interassi le piantane saranno controventate con paletti tubolari metallici inclinati con pendenza 3:1.

In prossimità dell'accesso principale saranno predisposti un cancello metallico per gli automezzi della larghezza di cinque metri e dell'altezza di due e uno pedonale della stessa altezza e della larghezza di un metro e mezzo.

4.5 Fasi di lavorazione

La realizzazione dell'impianto sarà divisa in varie fasi. Ogni fase potrà prevedere il noleggio di uno o più macchinari (muletti, escavatrici, gru per la posa della cabina prefabbricata, ecc.). A questo proposito è opportuno precisare che non sono previsti interventi di adeguamento della viabilità pubblica pre-esistente al fine di consentire il transito dei mezzi idonei al montaggio e alla manutenzione.

È previsto l'intervento di squadre di operai differenziate a seconda del tipo di lavoro da svolgere. È previsto l'intervento minimo di 2 squadre per ognuno dei cinque impianti durante la fase di esecuzione.

Verranno impiegati in prima analisi i seguenti tipi di squadre:

- Manovali edili
- Elettricisti
- Montatori meccanici
- Ditte specializzate

Si riporta di seguito una tabella con le fasi principali previste.

A fianco di ogni fase è specificato il tempo di esecuzione stimato ed il tipo di manodopera coinvolta. La realizzazione del solo impianto FV è prevista complessivamente in 14 mesi circa. La realizzazione del collegamento AT alla stazione di rete è prevista in circa 16 mesi.

FASE	Uomini- giorno	N° persone	Tempo [gg lav]	Operatore
AUTORIZZAZIONI				
Rilascio autorizzazioni secondarie	na	na	20,00	Ufficio
OPERE CIVILI				
Esecuzione recinzione provvisoria e allestimento cantiere	164,8	8	20,60	Manovali edili
Sistemazione e pulizia del terreno	498,2	8	62,28	Ditta specializzata
Sbancamento per le piazzole di cabina di campo	52,0	4	13,00	Manovali edili
Tracciamento delle strade interne e perimetrali	150,1	8	18,77	Manovali edili
Realizzazione dei canali per la raccolta delle acque meteoriche	500,4	16	31,28	Manovali edili
Installazione della recinzione definitiva	824,2	8	103,02	Manovali edili
Posa delle cabine prefabbricate	86,7	4	21,67	Ditta specializzata
Esecuzione scavi per cavidotti MT	202,4	24	8,43	Manovali edili
Esecuzione scavi per cavidotti BT e di segnale	740,8	28	26,46	Manovali edili
Esecuzione delle infissioni delle strutture di sostegno e livellamenti necessari	767,8	24	31,99	Manovali edili
Montaggio delle strutture di sostegno	1535,5	40	38,39	Montatori meccanici
Infissione e collegamento dei dispersori dell'impianto di terra	1535,5	40	38,39	Manovali edili
MONTAGGI ELETTROMECCANICI				
Esecuzione dell'impianto di terra e collegamento conduttori di protezione	622,8	30	20,76	Elettricisti
Posa dei cavi MT	101,2	16	6,33	Elettricisti
Posa dei cavi BT	370,4	16	23,15	Elettricisti
Installazione sostegni impianto illuminazione esterno	659,6	8	82,45	Manovali edili
Installazione e cablaggio corpi illuminanti	329,8	8	41,23	Elettricisti
Posa dei moduli FV sulle sottostrutture	2138,6	40	53,47	Elettricisti
Posa degli inverter	424,5	40	10,61	Ditta specializzata
Cablaggi dei moduli fotovoltaici	3421,8	50	68,44	Elettricisti
Posa dei cavi di segnale	185,2	16	11,58	Elettricisti
Montaggio trasformatori, quadri MT e BT cabina di campo e di impianto	173,3	6	28,89	Elettricisti
Cablaggi all'interno delle cabine	260,0	6	43,33	Ditta specializzata
Posa e cablaggio cancelli elettrici	58,0	3	19,33	Manovali edili
Completamento e verifica montaggi	25,0	6	4,17	Elettricisti
REALIZZAZIONE STAZIONE DI UTENZA				
Sbancamenti	82,50	3	27,50	Manovali edili
Scavi	37,50	4	9,38	Manovali edili
Fondazioni	75,00	6	12,50	Manovali edili
Montaggi meccanici	50,00	4	12,50	Ditta specializzata
Realizzazione fabbricato comando e controllo	125,00	6	20,83	Manovali edili
Installazione quadro generale MT	10,00	4	2,50	Elettricisti
Collegamenti di potenza	200,00	4	50,00	Elettricisti
Collegamenti di segnale	133,33	4	33,33	Elettricisti
Sistema comando e controllo	100,00	4	25,00	Elettricisti
Viabilità e sistemazioni esterne	660,00	4	165,00	Manovali edili
Recinzione	32,00	4	8,00	Manovali edili
REALIZZAZIONE COLL. AT ALLA STAZ. DI RETE				
Scavi	376,00	4	94,00	Manovali edili
Posa cavi	470,00	4	117,50	Elettricisti/edili
Reintenti e ripristini	626,67	4	156,67	Manovali edili
VERIFICHE, PROVE, COLLAUDI				
Verifiche sull'impianto di terra	124,6	8	15,6	Elettricisti
Collaudo degli impianti tecnologici e servizi ausiliari	222,4	8	27,8	Ditta specializzata
Primo collaudo funzionale e di sicurezza (prove in bianco)	80,0	12	6,7	Direzione lavori
Prova di produzione	80,0	12	6,7	Direzione lavori
Installazione dei gruppi di misura	15,0	4	3,8	TERNA
Intervento dell'UTF	10,0	4	2,5	UTF
Collaudo finale	60,0	12	5,0	Direzione lavori
Messa in esercizio	30,0	10	3,0	Ditta specializzata

4.6 Dettaglio fasi di cantiere

Di seguito sono descritte le principali fasi di lavorazione che possono incidere significativamente nella realizzazione dell'opera.

4.6.1 *Montaggio del cantiere*

I lavori per la realizzazione dell'opera non sono tali da comportare un allestimento di cantiere particolarmente complesso. In particolare le attrezzature e impianti da allestire in ciascuna delle tre aree saranno costituite da:

- 7 o 8 Container attrezzati per la funzione di uffici, uno per la Direzione Lavori e uno o due per le principali imprese appaltatrici

- 3 container uso magazzino per le imprese appaltatrici
- 8 bagni chimici
- N°2 depositi acqua da 1000 litri per acqua di cantiere
- Recinzione provvisoria di cantiere
- Allaccio provvisorio rete BT di cantiere
- Scarrabili per la raccolta degli imballaggi (rifiuti)

L'attrezzaggio del cantiere richiederà un minimo di preparazione dell'area di posizionamento dei container mediante eventuale spianatura del terreno realizzata con mezzi di movimento terra.

4.6.2 *Realizzazione recinzione definitiva*

La recinzione definitiva dell'impianto viene realizzata come prima opera in maniera tale da delimitare le aree di lavoro. La recinzione viene realizzata, previo picchettamento, mediante piccoli scavi di fondazione in cui vengono cementati i paletti di sostegno della recinzione tipo orso grill. Successivamente viene montata la recinzione di tamponamento mediante operazioni manuali.

Il lavoro viene realizzato con piccole carotatrici e cemento prodotto con betoniere da cantiere.

4.6.3 *Realizzazione strade*

Ciascuna strada sarà realizzata mediante rimozione di uno strato di circa 45 cm di terreno, formazione di una massiciata di spessore intorno ai 30 cm e successivo riempimento con breccia. La strada avrà una larghezza intorno ai 4 metri con degli slarghi in corrispondenza delle cabine per permettere le manovre dei mezzi utilizzati per la posa delle cabine stesse.

Inoltre lungo tutto il perimetro interno della recinzione è prevista la realizzazione di uno scavo di 30 cm con successivo riempimento con stabilizzato e breccia per permettere il passaggio di piccoli mezzi (furgoncini) per gli interventi di manutenzione ordinaria.

Per entrambe le tipologie di strade saranno utilizzati inerti vergini tali da garantire anche un aspetto visivo adeguato per i tracciati. La realizzazione delle strade richiede l'utilizzo di ruspe ed escavatori per l'esecuzione di scavi e del rullo compressore per il compattamento della strada.

4.6.4 *Approvvigionamento materiali*

L'attività di approvvigionamento dei materiali è significativa, soprattutto in riferimento a:

- Materiali per strutture di sostegno
- Cabine di campo e di impianto
- Moduli fotovoltaici

- Inerti per opere edili

La tabella seguente riporta, in funzione della singola tipologia di fornitura, il tipo di trasporto previsto e il numero di viaggi necessario al suo completamento.

Fornitura	Tipologia Trasporto	Provenienza	n. Viaggi
Strutture portanti	<p data-bbox="456 253 663 280">Con Autoarticolato</p> 	Estero	200
Cabine prefabbricate	<p data-bbox="456 669 997 831">Trasporto mediante rimorchio piatto. Un viaggio per ogni base e uno per ogni "set" per assemblaggio della cabina di impianto o di campo.</p> 	Italia/Estero	25

Fornitura	Tipologia Trasporto	Provenienza	n. Viaggi
Moduli	<p>Per i moduli si devono prevedere container da 12,2 x 2,45 x 2,6 metri di altezza.</p> <p>In questo modo per ogni viaggio vengono trasportati circa 700 moduli.</p> 	Estero	250
Inerti	<p>Gli inerti necessari per la realizzazione delle strade saranno approvvigionati da ditte locali e trasportati con mezzi specializzati.</p> <p>Si considera che un mezzo può trasportare circa 22 metri cubi di inerti. Nel calcolo del numero di viaggi occorre tenere conto che il materiale di risulta degli scavi verrà riutilizzato solo in parte; il rimanente verrà pertanto conferito ad idoneo impianto di trattamento.</p> 	Locale	1500

Partendo dal presupposto che per motivi di sicurezza il numero medio di viaggi/giorno dei mezzi pesanti non possa superare un valore di 35-40 viaggi/giorno per ciascuna delle 3 aree, si stima che la consegna dei materiali e la movimentazione terra occupi un periodo complessivo della durata di circa 45-50 giorni lavorativi.

Dei materiali approvvigionati solamente i moduli presentano degli imballaggi (box) di cui è necessaria la gestione ai sensi della normativa sui rifiuti. In particolare, i moduli sono imballati in cartoni del peso di circa 36 kg poggiati su un bancale di legno (12 kg) e fissati esternamente con un film termoretraibile.



Ipotizzando che il numero di box contenuti in ogni container sia pari a 10, gli imballaggi in cartone saranno dunque stimabili intorno a 6000 unità, per un peso complessivo di circa 216.000 kg di cartone e 72.000 kg di pancali di legno.

4.6.5 *Lavori preliminari elettrici*

I lavori preliminari elettrici sono essenzialmente costituiti dalla realizzazione dei cavidotti interrati. Vengono realizzati gli scavi per i cavidotti, posato uno strato di sabbia e sopra ad esso i tubi in PVC per il passaggio dei cavi. Quindi lo scavo viene riempito con inerti utilizzando piccoli escavatori.

Le materie prime utilizzate, oltre ai canali e ai cavi elettrici sono costituite dalla sabbia per la preparazione del fondo dello scavo. I quantitativi sono comunque molto ridotti.

4.6.6 *4.6.6 Cabine di campo e cabine di impianto*

Le cabine di campo e di impianto sono di tipo prefabbricato. Per il loro posizionamento vengono eseguiti degli scavi per l'alloggiamento della base della cabina integrata con una vasca per la raccolta di eventuali perdite di olio dai trasformatori.

Sul fondo dello scavo viene realizzato uno strato di "magrone" per garantire la stabilità della cabina stessa.

La posa delle cabine, sia nel caso che arrivino già assemblate che nell'ipotesi di assemblaggio sul posto avviene con due mezzi affiancati, quello di trasporto e quello munito di gru. Questo giustifica la necessità di ampi spazi di manovra di fronte alle varie cabine.



4.6.7 *Montaggio strutture e posa moduli*

Il montaggio delle strutture e dei moduli è la fase che ha una durata temporale maggiore.

Tale fase consta sostanzialmente di due attività principali di cui una basata sull'utilizzo di macchinari per il fissaggio nel terreno dei profili portanti dei pannelli e una prettamente manuale che prevede il montaggio delle strutture di sostegno dei moduli al disopra dei profili portanti e il fissaggio dei moduli stessi.

La fase che prevede l'utilizzo del macchinario per l'infissione è certamente quella a cui possono essere associati aspetti ambientali in quanto la macchina produce rumore ed è munita di un motore a scoppio con necessità di gasolio e presenza di oli idraulici.

4.6.8 *Lavori elettricista*

I lavori elettrici sono sostanzialmente legati al cablaggio dei moduli già montati sulle strutture e all'allestimento dei vari quadri elettrici e cabine di campo. Tali attività vengono svolte manualmente e dal punto di vista ambientale comportano solamente la produzione di modeste quantità di spezzoni di cavo e imballaggi derivanti dai materiali utilizzati.

4.6.9 *Smantellamento cantiere*

Lo smantellamento del cantiere consiste nell'eliminazione delle strutture provvisorie costituite dai container uffici e magazzino, da bagni chimici e dagli "scarrabili" per il deposito temporaneo dei rifiuti.

Verranno inoltre rimosse tutte le attrezzature e i materiali utilizzati per la fase di cantierizzazione e dismessi gli allacci temporanei di acqua e corrente.

Le attività richiedono l'accesso al cantiere dei mezzi per il carico delle attrezzature.

5 Manutenzione

Qui di seguito vengono riportate le operazioni di manutenzione, con relativa periodicità ed indicazione del personale richiesto per espletare tali attività, per ogni componente di rilievo dell'impianto fotovoltaico.

Apparecchiatura	Attività/impianto	Addetto	Frequenza
PANNELLI FOTOVOLTAICI	Ispezione visiva del campo fotovoltaico e verifica grado di opacizzazione dell'incapsulante	GENERICO	SEMESTRALE
	Controllo danni ai moduli (danneggiamento, incrinatura, shock termici ai vetri) e alle cornici di sostegno (usura, ecc.)		
	Verifica presenza di accumuli di sporcizia (foglie in autunno, neve d'inverno, escrementi di uccelli...)		
	Rimozione della sporcizia con getti di acqua		
	Misurazione del valore di tensione per ogni stringa di moduli e verifica uniformità	ELETRICISTA	
	Verifica dello stato della scatola di giunzione		
	Verifica del serraggio dei connettori stagni		
Verifica presenza cavi strappati o danneggiati da animali (compresi quelli dei moduli)			
INVERTERS	Verifica assenza di danneggiamenti all'eventuale armadio di contenimento	GENERICO	TRIMESTRALE
	Verifica assenza di infiltrazioni d'acqua e formazione di condensa all'interno		
	Controllo efficienza ed integrità sistemi di ventilazione forzata		
	Verifica dei parametri (tensione, corrente, potenza) ed il valore di produzione energetica	ELETRICISTA	
	Prove di simulazione del distacco dell'alimentazione di rete		
Ulteriori controlli specifici come da manuale costruttore			
STRUTTURE DI SOSTEGNO	Verifica assenza di deformazioni e/o particolari alterazioni, assicurandosi che l'azione del vento o della neve non abbia provocato modifiche o piegature anche lievi alla geometria dei profili.	GENERICO	SEMESTRALE
	Verifica dello stato di corrosione e della zincatura		
CAVI ELETTRICI E CAVIDOTTI	Verifica eventuale variazione di colorazione dei cavi, presenza bruciature o abrasioni per usura o stress termici	GENERICO	SEMESTRALE
	Verifica dell'integrità meccanica dei cavidotti e della colorazione delle condotte in PVC		
	Verifica del corretto fissaggio delle canalizzazioni e dei tubi agli ancoraggi		
IMPIANTO DI MESSA A TERRA	Controllo stato di ossidazione e continuità elettrica dei dispersori	ELETRICISTA	ANNUALE
	Ingrassaggio delle giunzioni meccaniche dei dispersori		
	Verifica strumentale della continuità dei conduttori di protezione principali		
	Misura del valore di resistenza di terra		BIENNALE

Apparecchiatura	Attività/impianto	Addetto	Frequenza	
DISPOSITIVI DI PROTEZIONE DALLE SOVRATENSIONI	Controllo strumentale della resistenza di isolamento degli SPD, dell'integrità delle cartucce e della loro corrente di dispersione	ELETTRICISTA	ANNUALE	
	Controllo strumentale della continuità dei conduttori di messa a terra degli SPD			
QUADRI ELETTRICI DI BASSA TENSIONE E CONTATORI	Controllo assenza anomalie e/o allarmi, compresa eventuale sostituzione lampade spia e segnalazione	ELETTRICISTA	MENSILE	
	Controllo e/o prova funzionamento e registrazione lettura apparecchiature di misura			
	Verifica assenza e rimozione parti estranee			
	Pulizia apparecchiature, carpenteria		SEMESTRALE	
	Controllo a vista connessioni elettriche, morsetti, teste dei cavi, connessioni dei PE, targhettature e simboli di identificazione, presenza di punti di riscaldamento localizzati			
	Controllo visivo sistema di messa a terra			
	Controllo efficienza ed integrità guarnizioni quadro elettrico			
	Contr. visivo protez. da contatti accidentali parti in tensione			
	Controllo efficienza ed integrità contatori			
	Verifica strumentale funzionamento/regolazione dispositivi di protezione differenziale			
	Verifica del corretto funzionamento della protezione e del dispositivo di interfaccia			
	Pulizia sbarre e contatti elettrici di comando ed ausiliari			ANNUALE
	Controllo serraggio morsetti			
	Controllo e/o prova funzionamento circuiti ausiliari			
	Prova meccanica dei dispositivi di manovra			
Verifica strumentale equilibratura carico				
CELLA DI MEDIA TENSIONE DI MISURA	Controllo efficienza ed integrità lampade illuminazione e spia interno box / celle	GENERICO	SEMESTRALE	
	Pulizia apparecchiature	ELETTRICISTA	ANNUALE	
	Controllo a vista teste di cavo			
	Controllo serraggio morsetti			
	Lubrificazione e/o ingrassaggio cinematismi degli organi di manovra			
Manutenzione programmata della cabina di campo, ai sensi della norma CEI 0-15				

6 Dismissione

Si prevede una vita utile dell'impianto non inferiore ai 35 anni.

A fine vita dell'impianto è previsto l'intervento sulle opere non più funzionali attraverso uno dei modi seguenti:

- totale o parziale sostituzione dei componenti elettrici principali (moduli, inverter, trasformatori, ecc.), oppure:
- smantellamento integrale del campo e riutilizzazione del terreno per altri scopi.

In caso di smantellamento dell'impianto, i materiali tecnologici elettrici ed elettronici verranno smaltiti secondo direttiva 2002/96/EC: WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment) – direttiva RAEE – recepita in Italia con il Dlgs 151/05 e modificato dalla legge 221, 28 dicembre 2015.

Il prodotto più tecnologicamente sviluppato e maggiormente presente in peso nel campo è il modulo fotovoltaico: è stata istituita un'associazione/progetto di produttori di celle e moduli fotovoltaici, chiamata PV-Cycle. L'associazione consta al momento più di 40 membri tra i maggiori paesi industrializzati, tra cui TOTAL, SHARP, REC e molti altri giganti del settore. Il progetto si propone

di riciclare ogni modulo a fine vita. Il costo dell'operazione è previsto da sostenersi a cura dei produttori facenti parte dell'associazione.

Maggiori informazioni sono disponibili all'URL: <http://www.pvcycle.org/>

Per le ragioni appena esposte lo smaltimento/riciclaggio dei moduli non rappresenterà un futuro problema. Prodotti quali gli inverter, i trasformatori BT/MT, ecc., verranno ritirati e smaltiti a cura del produttore.

Essendo prevista la completa sfilabilità dei cavi, a fine vita ne verrà recuperato il rame e smaltiti i rivestimenti in mescole di gomme e plastiche.

Le opere metalliche quali i pali di sostegno delle strutture, la recinzione, i pali perimetrali e le strutture in acciaio e Fe zincato verranno recuperate. Le strutture in alluminio saranno riciclabili al 100%.

I materiali edili (i plinti di pali perimetrali, la muratura delle cabine) in calcestruzzo, verranno frantumati e i detriti verranno riciclati come inerti da ditte specializzate.

Schematicamente le tappe fondamentali della fase di dismissione si riassumono in:

- smontaggio dei moduli e delle strutture di sostegno, con il recupero (per il riciclaggio) delle parti alluminio, rame e vetro;
- l'allontanamento dal sito, per il recupero o per il trasporto a rifiuto, di tutti i componenti dell'impianto;
- rinvenimento delle strutture di fondazione, il trasporto a rifiuto del materiale rinveniente dalla demolizione, la copertura con terra vegetale di tutte le cavità createsi con lo smantellamento delle medesime;
- il ripristino dello stato dei luoghi;
- la rimozione completa delle linee elettriche e conferimento agli impianti di recupero e trattamento secondo la normativa vigente al momento dello smantellamento.

Per ulteriori approfondimenti in merito alle opere di dismissione dell'impianto fotovoltaico si rimanda alla relazione specialistica dedicata.

7 Produzione e consumi

L'impianto fotovoltaico in progetto ha una producibilità totale annua pari a circa 180.775 MWh/anno al netto delle perdite d'impianto di generazione fotovoltaica e di conversione (inverter).

La messa in servizio e l'esercizio dell'impianto fotovoltaico potrà:

- consentire un risparmio di circa 39.775 tep (Tonnellate Equivalenti di Petrolio) all'anno;
- evitare l'immissione di circa 87.505 tonnellate di CO₂ all'anno.

Per ulteriori specifiche si veda la relativa relazione di producibilità.