

RELAZIONE TECNICA GENERALE

Realizzazione di un parco Agrivoltaico Avanzato di potenza nominale pari a 42 MWp, denominato "MACOMER 4" sito nel Comune di Macomer (NU).

Località "Nuraghe Solene"

PROPONENTE:



Energia Pulita Italiana 3 s.r.l.

| | | |
|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| Rev01 | <i>Integrazione documentale</i> | Data ultima elaborazione: 06/04/2023 |
| Redatto | | Approvato |
| <i>Ing. Emanuele Canterino</i> | | ENERLAND ITALIA s.r.l. |
| Codice Elaborato | | Oggetto |
| MACOMER4-PDR01-R1 | | INTEGRAZIONI |

TEAM ENERLAND:

Ing. Emanuele CANTERINO
Dott. Claudio BERTOLLO
Dott. Guglielmo QUADRIO
Ing. Annamaria PALMISANO
Dott.ssa Ilaria CASTAGNETTI



INDICE

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUZIONE..... | 1 |
| 1.1 Impianto Legislativo di Riferimento | 2 |
| 1.2 Impianto Normativo di riferimento..... | 4 |
| 1.3 Glossario dei Termini. | 6 |
| 1.4 Ubicazione e descrizione del sito. | 8 |
| 1.5 Dati di progetto e producibilità dell'impianto..... | 14 |
| 1.6 Parametri tecnici e requisiti dell'impianto agrivoltaico avanzato..... | 16 |
| 1.6.1 Scheda riassuntiva requisiti agrivoltaico..... | 20 |
| 2. DESCRIZIONE DEL SISTEMA E DELLE OPERE DA REALIZZARE..... | 23 |
| 2.1 Schema a blocchi impianto. | 23 |
| 2.2 Generatore fotovoltaico..... | 24 |
| 2.3 Gruppo di conversione..... | 25 |
| 2.4 Cabina di campo e di trasformazione BT/AT. | 25 |
| 2.5 Cavidotti interrati. | 27 |
| 2.6 Protezione contro i contatti diretti ed indiretti. | 27 |
| 2.7 Protezione delle condutture elettriche. | 28 |
| 2.8 Vincoli..... | 29 |
| 3. DISPOSITIVI DI PROTEZIONE UTENTE ATTIVO IN AT. | 30 |
| 3.1 Protezione della centrale fotovoltaica, utente AT attivo. | 30 |
| 3.2 Misura dell'energia elettrica prodotta..... | 31 |
| 3.3 Opere civili..... | 31 |
| 3.4 Sistema di monitoraggio e gestione..... | 31 |
| 3.5 Parallelo con la rete di trasmissione nazionale RTN..... | 32 |
| 4. COLLEGAMENTO TRA IMPIANTO FV E NUOVA STAZIONE SE AT TERNA..... | 33 |

4.1 Vincoli33

5. CARATTERISTICHE TECNICHE DELLA STAZIONE DI SMISTAMENTO TERNA..... 34

5.1 Disposizione elettromeccanica.....34

6. ASPETTI RELATIVI ALLA FASE DI CANTIERE 36

6.1 Elementi generali relativi al sistema di sicurezza per la realizzazione del progetto40

6.2 Modifica del profilo del terreno.....40

6.3 Scavi di sbancamento e scavi a sezione ristretta42

6.4 Trasporto e stoccaggio pannelli fotovoltaici.....43

6.5 Montaggio pannelli e strutture44

6.5.1 Misure Preventive e Protettive generali (imbracature):..... 45

6.5.2 Misure Preventive e Protettive generali (prefabbricati):..... 46

6.6 Getto in calcestruzzo per strutture di fondazione46

6.6.1 Misure Preventive e Protettive generali (strutture in elevazione):..... 47

6.7 Lavorazione e posa ferri di armatura per strutture di fondazione48

6.7.1 Misure Preventive e Protettive generali (apparecchi di sollevamento)..... 48

6.7.2 Misure Preventive e Protettive generali (ferraiolo in strutture di fondazione)..... 49

6.8 Realizzazione carpenteria per strutture di fondazione.....49

6.8.1 Misure Preventive e Protettive generali (apparecchi di sollevamento)..... 50

6.8.2 Misure Preventive e Protettive generali (carpenterie in fondazione)..... 50

6.9 Criteri generali per la scelta dei siti di cantiere.....51

6.9.1 Tipologia e caratteristiche dei cantieri..... 52

6.9.2 Cantiere base 52

6.9.3 Cantieri operativi..... 53

6.9.4 Cantiere "Mobile" 53

6.10 Approvvigionamento di cls e mezzi d'opera54

6.11 Viabilità di cantiere54

| | | |
|-------------|---|-----------|
| 6.11.1 | Preparazione dei siti..... | 54 |
| 6.11.2 | Strade di accesso ai cantieri operativi..... | 55 |
| 6.11.3 | Piazzole..... | 56 |
| 6.11.4 | Fabbisogni e movimentazione materiali..... | 56 |
| 6.11.5 | Le cave | 56 |
| 6.11.6 | Le discariche | 57 |
| 6.12 | Procedure di precauzione e salvaguardia per la fase di cantiere | 57 |
| 6.12.1 | Alterazione del ruscellamento/infiltrazione..... | 57 |
| 6.12.2 | Salvaguardia per la qualità delle acque sotterranee..... | 57 |
| 6.12.3 | Interventi a carattere atmosferico | 59 |
| 6.12.4 | Interventi a carattere acustico | 59 |
| 6.12.5 | Misure di protezione delle alberature in area di cantiere | 60 |
| 6.12.6 | Descrizione del ripristino dell'area di cantiere..... | 61 |
| 7. | RIEPILOGO DEGLI ASPETTI ECONOMICI E FINANZIARI DEL PROGETTO | 62 |
| 7.1 | Quadro economico..... | 62 |
| 7.2 | Sintesi delle forme di finanziamento per la copertura dei costi dell'intervento | 63 |
| 8. | CRONOPROGRAMMA RIPORTANTE STIMA DELLE ATTIVITÀ DA REALIZZARE..... | 64 |
| 9. | L'AGRIVOLTAICO: L'INTEGRAZIONE TRA AGRICOLTURA, AMBIENTE ED ENERGIA. | 65 |
| 9.1 | Progetto agronomico | 67 |
| 9.1.1 | Indirizzo produttivo..... | 67 |
| 9.1.2 | Resa agricola..... | 68 |
| 9.1.3 | Piano di monitoraggio agricolo | 70 |
| 10. | LE FONTI RINNOVABILI: UN'IMPRONTA AMBIENTALE CHE RIDUCE I GAS SERRA.... | 72 |
| 11. | CONCLUSIONI: I BENEFICI AMBIENTALI..... | 74 |



1. INTRODUZIONE

Con la presente relazione si propone la definizione e la descrizione di tutte le attività progettuali connesse alla futura realizzazione di impianto per la produzione di energia da fonte rinnovabile fotovoltaica, della potenza di picco di 42,00 MWp in località "Nuraghe Solene" e ricadente nell'agro del Comune di Macomer (NU) con una estensione complessiva di 72,27 ettari.

Tale iniziativa viene portata avanti dalla società denominata "Energia Pulita Italiana 3 s.r.l." con sede legale a Bologna (BO), Via Del Rondone civico 3, CAP 40122, nonché società controllata da Enerland Group.

Con tale documento si pone l'obiettivo di descrivere l'impianto, in modo esaustivo, ai fini delle comunicazioni agli enti preposti. Il progetto che qui si propone fonda le sue basi sugli indirizzi di politica energetica sia a livello nazionale che europeo, in merito alla produzione di energia elettrica da Fonti Energetiche Rinnovabili (FER). Tale scelta rientra nell'ottica di una progressiva sostituzione dei combustibili fossili quale fonte energetica e della riduzione di inquinanti atmosferici e gas clima-alteranti, secondo quanto previsto dagli accordi internazionali in materia (es. Protocollo di Kyoto).

La soluzione di connessione alla RTN qui descritta fa riferimento alla Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG), che la Società Terna ha elaborato per l'allacciamento alla RTN, ai sensi dell'art.21 dell'allegato A alla deliberazione ARG/ELT/99/08 dell'ARERA s.m.i. Essa prevede che il parco fotovoltaico, mediante trasformatori appositi BT/AT - 0.80/36 kV (Allegato A.2 Codice di trasmissione, dispacciamento, sviluppo e sicurezza della rete di Terna – del 18/11/21), venga connesso, mediante attestazione di questi ultimi ad un'unica cabina di consegna, e da questa ad una futura stazione elettrica di trasformazione (SE) 380/150/36 kV denominata "Macomer 380", con sezioni 380/150/36kV, da inserire entra – esci sulla linea esistente RTN a 380 kV "Ittiri-Selargius", di cui al Piano di Sviluppo Terna.

Ai sensi del Dlgs 387/2003 relativo alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili, ed in particolare all'articolo 12, ed alla deliberazione regionale n. 45/24 del 27-09-2017 ed ss.mm.ii., è previsto che il rilascio di autorizzazione per la realizzazione e l'esercizio degli impianti da fonti rinnovabili, nonché le opere connesse e le infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio degli impianti stessi, siano soggetti ad una autorizzazione unica, rilasciata dalla Regione competente.

Sono opere connesse al parco Agri-voltaico, o dir si voglia impianto fotovoltaico, la nuova stazione elettrica di trasformazione a 380 kV ed i raccordi all'elettrodotto futuro a realizzarsi (Impianto di Rete per la Connessione), il collegamento in antenna a 36 kV il quale parte dalla cabina di consegna (Impianto di Utenza per la Connessione). TERNA Spa si riserva di apportare modifiche di dettaglio, nel progetto esecutivo, dettate da esigenze tecniche ed economiche per quanto concerneranno le opere di rete e la connessione dell'utente attivo alla futura stazione RTN.

1.1 Impianto Legislativo di Riferimento

Si riportano qui di seguito le principali leggi nazionali e regolamenti inerenti il tema dell'oggetto del presente documento progettuale:

- D.lgs n. 37 del 22/01/08 – Regolamento sul riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici.
- Legge 10/91 per il contenimento dei consumi energetici e relativo regolamento di attuazione DPR 412/93 integrato dal 551/99, dal 192/05 e dal 311/06.
- Regio Decreto 11 dicembre 1933 n° 1775 "Testo Unico delle disposizioni di legge sulle acque e impianti elettrici".
- Legge 23 agosto 2004, n. 239 "Riordino del settore energetico, nonché delega al Governo per il riassetto delle disposizioni vigenti in materia di energia" e ss.mm.ii.
- Legge 22 febbraio 2001, n. 36, "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici";
- DPCM 8 luglio 2003, "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti";
- Decreto 29 maggio 2008, "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti";
- DPR 8 giugno 2001 n°327 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di Pubblica Utilità" e smi;
- Legge 24 luglio 1990 n° 241, "Norme sul procedimento amministrativo in materia di conferenza dei servizi" come modificato dalla Legge 11 febbraio 2005, n. 15, dal Decreto-legge 14 marzo 2005, n. 35 e dalla Legge 2 aprile 2007, n. 40;

- Decreto Legislativo 22 gennaio 2004 n° 42 "Codice dei Beni Ambientali e del Paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137";
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 12 dicembre 2005 "Individuazione della documentazione necessaria alla verifica della compatibilità paesaggistica degli interventi proposti, ai sensi dell'articolo 146, comma 3, del Codice dei beni culturali e del paesaggio di cui al decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42";
- D.lgs 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale" e ss.mm.ii.;
- Legge 5 novembre 1971 n. 1086. "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica. Applicazione delle norme sul cemento armato";
- Decreto Interministeriale 21 marzo 1988 n. 449 "Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee aeree esterne";
- Decreto Interministeriale 16 gennaio 1991 n. 1260 "Aggiornamento delle norme tecniche per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne";
- Decreto Interministeriale del 05/08/1998 "Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, esecuzione ed esercizio delle linee elettriche aeree esterne";
- D.M. 14.01.2008 Norme tecniche per le costruzioni;
- D.M. 03.12.1987 Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate;
- CNR 10025/98 Istruzioni per il progetto, l'esecuzione ed il controllo delle strutture prefabbricate in calcestruzzo;
- D.lgs n. 192 del 19 agosto 2005 Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia.
- D.Lgs. n° 81 del 2008 "Attuazione dell'articolo 1 della Legge 3 agosto 2007, n. 123 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro" (c.d. "Testo Unico sulla Sicurezza")
- D.Lgs. n° 106 del 3 agosto 2009 recante "Disposizioni integrative e correttive del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro"
- L 818 del 07.12.1984 e s.m.i.: Prevenzione incendi.

1.2 Impianto Normativo di riferimento.

Ai fini della stesura del progetto, oggetto del presente documento, si sono considerate le seguenti norme, guide e prescrizioni tecniche (comprese eventuali varianti, successive modificazioni ed integrazioni):

- Codice di trasmissione dispacciamento, sviluppo e sicurezza della rete - ex art. 1, comma 4, DPCM 11 maggio 1.2. Impianto Normativo di riferimento.
- Specifica tecnica TERNA - requisiti e caratteristiche di riferimento di stazioni e linee elettriche della RTN;
- Specifica tecnica TERNA - Guida Tecnica per la progettazione esecutiva, realizzazione, collaudo ed accettazione di Stazioni Elettriche di smistamento della RTN a tensione nominale 132÷220 kV di tipo AIS, MTS e GIS;
- CEI 0-2: "Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici";
- Norma CEI 0-16 (regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT e MT delle imprese distributrici di energia elettrica);
- Guida tecnica Terna allegato A.68;
- Norma CEI 82-25 (guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegate alle reti elettriche di media e bassa tensione);
- Norma CEI 11-1 (impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata);
- Norma C.E.I 11-37 (Guida per l'esecuzione degli impianti di terra nei sistemi utilizzatori di energia alimentati a tensione maggiore di 1kV);
- Norma CEI 11-4 (Esecuzione delle linee elettriche aeree esterne);
- Norma CEI 11-17 (Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica Linee in cavo);
- Norma CEI EN 62271-100 (Interruttori a corrente alternata ad alta tensione);
- Norma CEI EN 62271-102 (Sezionatori e sezionatori di terra a corrente alternata per alta tensione);
- Norma CEI EN 61009-1 (Interruttori differenziali con sganciatori di sovracorrente incorporati per installazioni domestiche e similari);
- Norma CEI EN 60898-1 (Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari);
- Norma CEI 33-2 (Condensatori di accoppiamento e divisori capacitivi);

- Norma CEI 36-12 (Caratteristiche degli isolatori portanti per interno ed esterno destinati a sistemi con tensioni nominali superiori a 1000 V);
- Norma CEI EN 60044-1 (Trasformatori di corrente);
- Norma CEI EN 60044-2 (Trasformatori di tensione induttivi);
- Norma CEI EN 60044-5 (Trasformatori di tensione capacitivi);
- Norma CEI EN 60076-1 (Trasformatori di potenza);
- Norma CEI EN 60137 (Isolatori passanti per tensioni alternate superiori a 1kV);
- Norma CEI EN 60099-4 (Scaricatori ad ossido di zinco senza spinterometri per reti a corrente alternata);
- Norma CEI EN 60099-5 (Scaricatori – Raccomandazioni per la scelta e l'applicazione);
- Norma CEI EN 60694 (Prescrizioni comuni per l'apparecchiatura di manovra e di comando ad alta tensione);
- Norma CEI EN 60529 (Gradi di protezione degli involucri Codice IP);
- Norma CEI EN 60168 (Prove di isolatori per interno ed esterno di ceramica e di vetro per impianti con tensione nominale superiore a 1000 V);
- Norme CEI EN 61284 (Linee aeree – Prescrizioni e prove per la morsettiera);
- Norma EN 12464-1 (Light and lighting-Lighting of workplaces- Part 1: Indoor work places);
- CEI EN 62305-1(Protezione delle strutture contro i fulmini. Parte 1: Principi Generali);
- CEI EN 62305-2 (Protezione delle strutture contro i fulmini. Parte 2: Gestione del rischio);
- CEI EN 62305-3 (Protezione delle strutture contro i fulmini. Parte 3: Danno fisico e pericolo di vita);
- CEI EN 62305-4 (Protezione delle strutture contro i fulmini. Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici interni alle strutture);
- Norma C.E.I. 81-3 (numero di fulmini/anno/km² nei comuni d'Italia);
- Norma UNI EN 1838 (illuminazione di sicurezza);
- Norma CEI 64-8 (impianti elettrici utilizzatori a tensione inferiore a 1kV in c.a. e 1,5kV in c.c.);
- Guida tecnica allegato A.70 e A.72 Terna.
- UNI EN ISO 14064-1:2012 Gas ad effetto serra - Parte 1: Specifiche e guida, al livello dell'organizzazione, per la quantificazione e la rendicontazione delle emissioni di gas ad effetto serra e della loro rimozione;

- UNI EN ISO 14064-2:2012 Gas ad effetto serra - Parte 2: Specifiche e guida, al livello di progetto, per la quantificazione, il monitoraggio e la rendicontazione delle emissioni di gas ad effetto serra o dell'aumento della loro rimozione;
- UNI EN ISO 14064-3:2012 Gas ad effetto serra - Parte 3: Specifiche e guida per la validazione e la verifica delle asserzioni relative ai gas ad effetto serra;
- UNI CEN ISO/TS 14067:2014 Gas ad effetto serra - Impronta climatica dei prodotti (Carbon Footprint dei prodotti) - Requisiti e linee guida per la quantificazione e comunicazione.

Di tutte le norme anche non espressamente citate sarà considerato valido l'ultimo aggiornamento, compresi gli eventuali supplementi, modifiche ed integrazioni.

1.3 Glossario dei Termini.

Ai fini esplicativi si riportano di seguito una serie di abbreviazioni ed acronimi utilizzati nella presente relazione (in ordine alfabetico):

- AT - acronimo per "Sistema di alta tensione in c.a." (a 36 kV nella fattispecie).
- BT – acronimo per "Sistema di bassa tensione in c.a."
- CEI - Comitato Elettrotecnico Italiano.
- MT - acronimo "Sistema di media tensione in c.a." (fino a 35kV).
- DC - Corrente continua.
- AC - Corrente alternata.
- RTN - Rete di Trasmissione Nazionale.
- STMG - Soluzione Tecnica Minima Generale.
- TRSA – trasformatore servizi ausiliari.
- SE – Stazione elettrica.
- Terna Spa - proprietario e gestore della Rete di Trasmissione Nazionale.
- S_{tot} – Superficie di un sistema agrivoltaico: area che comprende la superficie utilizzata per coltura e/o zootecnia e la superficie totale su cui insiste l'impianto agrivoltaico.
- S_{pv} – Superficie totale di ingombro dell'impianto agrivoltaico - Somma delle superfici individuate dal profilo esterno di massimo ingombro di tutti i moduli fotovoltaici costituenti l'impianto (superficie attiva compresa la cornice).

- LAOR (Land Area Occupation Ratio) - Rapporto tra la superficie totale di ingombro dell'impianto agrivoltaico (S_{pv}), e la superficie totale occupata dal sistema agrivoltaico (S_{tot}).

Rimandando ai punti successivi per i dettagli sull'impianto, nella presente relazione si farà riferimento a:

- "stazione Terna o SE" denominata "Macomer 380" indicando la futura stazione di trasformazione a 380/150/36 kV sulla RTN di proprietà e gestione di Terna Spa, che verrà inserita in entra-esce sulla terna esistente, con tensione 380 kV denominata "Ittiri - Selargius"
- "linea RTN a 380 kV" indicando la linea esistente "Ittiri – Selargius" che fa parte della RTN

1.4 Ubicazione e descrizione del sito.

Nel progetto si prevede l'ubicazione del parco Agrivoltaico su di un'area agricola in agro del comune di Macomer (NU), nella località denominata "Nuraghe Solene" (quota media di 510 m.s.l.m.). Infatti, la zona prevista per la realizzazione dell'impianto si sviluppa grossomodo intorno alla località appena citata; a Nord-Est è presente il centro abitato del Comune di Macomer, che dista circa 3,00 km. I dati relativi al sito di installazione dell'impianto sono i seguenti:

| Località "Nuraghe Solene" | |
|---------------------------------------|--------------------------|
| Latitudine | 40°13'06" N |
| Longitudine | 8°43'43" E |
| Potenza PV di picco (nominale) | 42.000 kW _p |
| Potenza PV in immissione | 35.000 kW _{ac} |
| Potenza Sistema di Storage | 10.0000 kW _{ac} |
| Potenza AC in immissione | 45.000kW _{ac} |

TABELLA 1

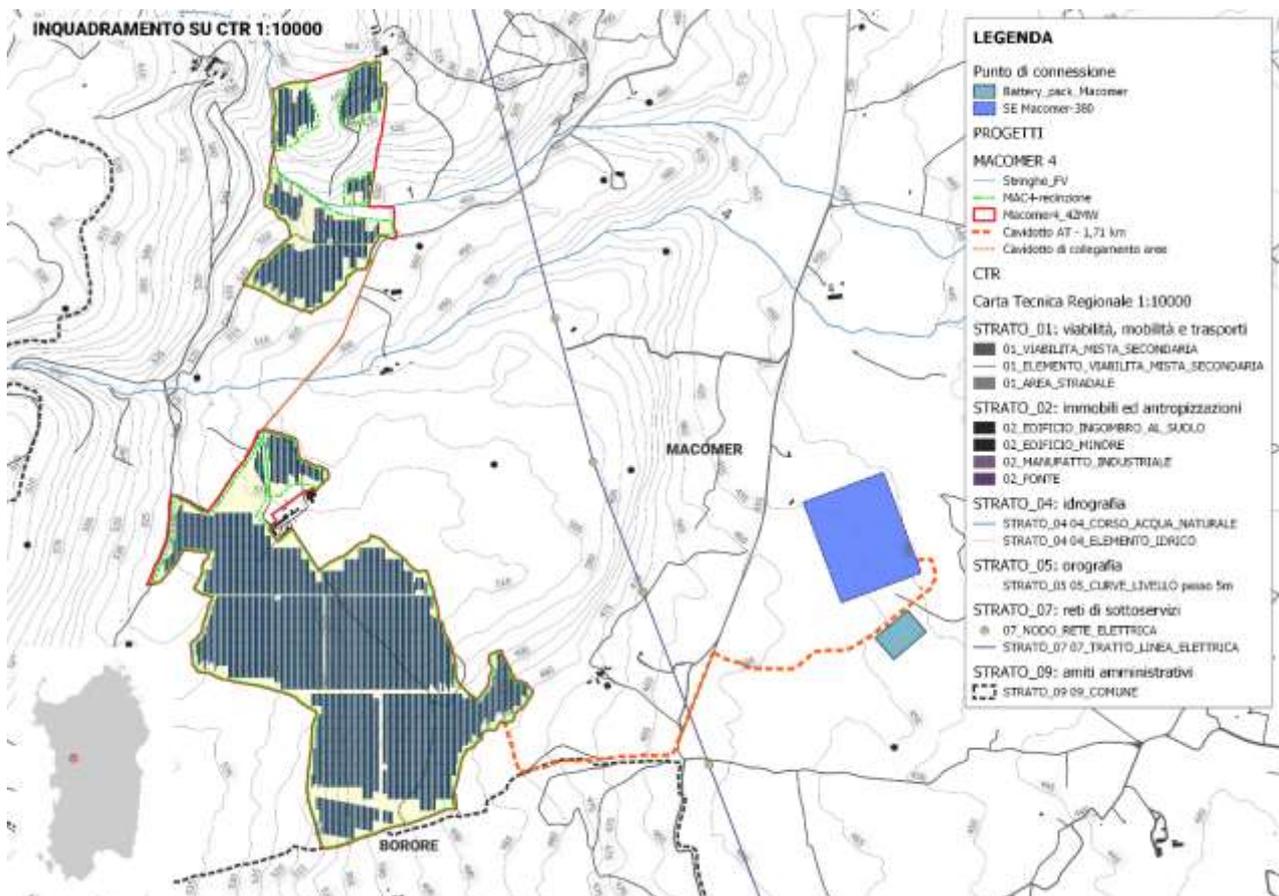


FIGURA 1: INQUADRAMENTO SU CTR IN SCALA 1:10000

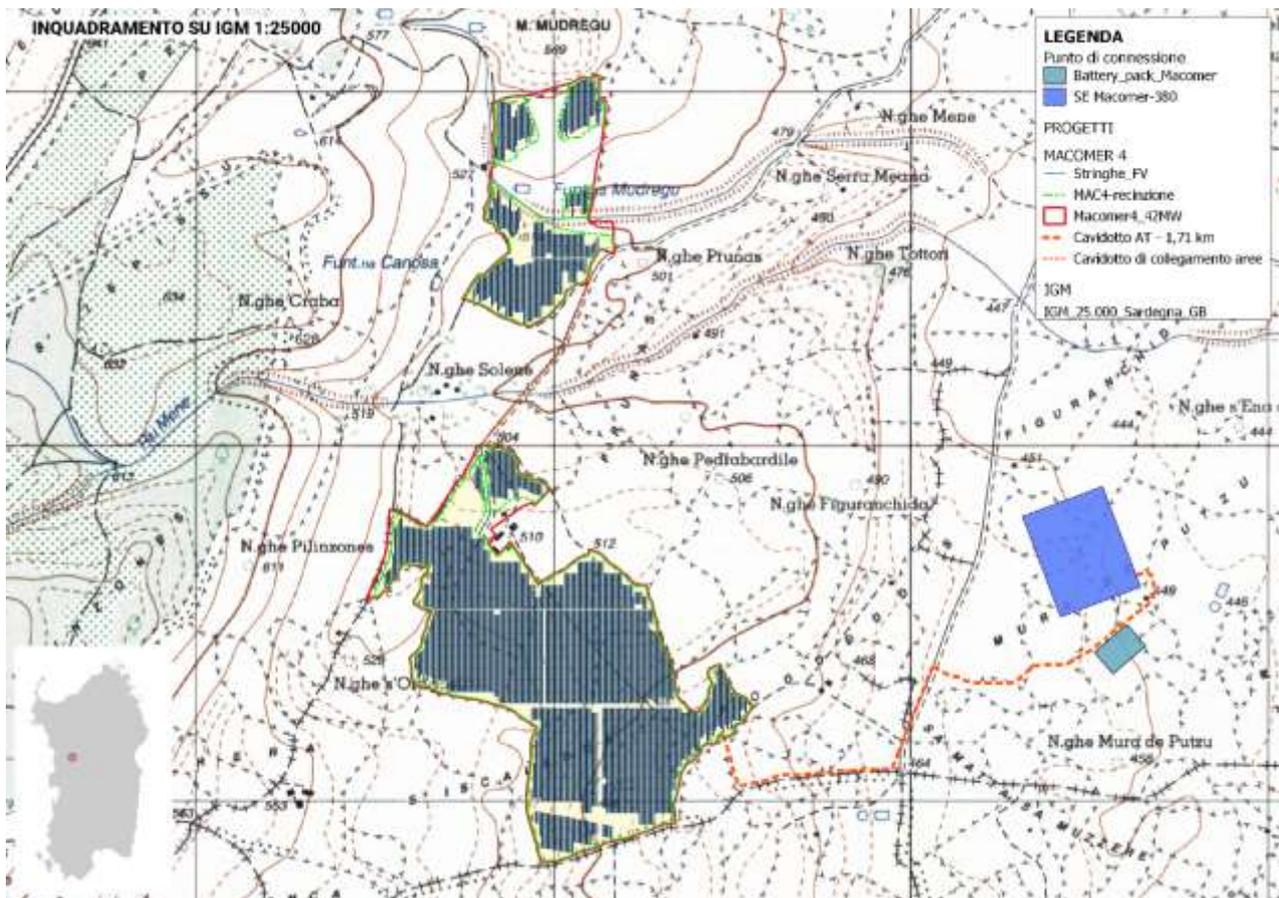


FIGURA 2: INQUADRAMENTO TERRITORIALE SU IGM IN SCALA 1:10000

In merito al progetto, il layout riportato nell'Allegato denominato "MACOMER4-PDT09_Schema elettrico unifilare generale impianto FV" a corredo del presente documento, individua:

- I generatori: I moduli fotovoltaici verranno alloggiati su tracker (in stringhe da 25 moduli) ad inseguimento solare;
- Sistema di condizionamento della potenza: gli inverters (n° 154 unità da 250 kW) saranno posizionati in diversi punti della superficie interessata (minimizzando le perdite, utilizzando le migliori soluzioni tecnologiche ed installative).
- Cabine di sottocampo: saranno installate 7 cabine le quali raggrupperanno 22 inverters cadauno e, le quali determineranno, mediante trasformatore BT/AT, l'innalzamento della tensione al fine di trasportare l'energia sino alla Cabina di consegna.
- Cabina di consegna: da quest'ultima installata nell'area che delimiterà il parco fotovoltaico, mediante cavidotto interrato esercito a 36 kV, l'energia verrà convogliata alla Cabina di consegna finale e da quest'ultima alla futura SE di smistamento e

trasformazione 36/150/380 kV "Macomer 380", nella sezione a 36 kV della stazione stessa, per una lunghezza complessiva di 1,71 km.

- Cabina consegna finale: questa cabina, situata all'interno dell'area Storage prevista nei pressi della SE Terna, rappresenterà il punto finale dell'impianto d'utenza per la connessione; infatti, rappresenterà l'elemento congiuntore tra la cabina di consegna appena descritta e la stazione SE Macomer 380. Infatti, essa permetterà l'attestazione dell'intero impianto Agrivoltaico alla SE. In tale cabina si determinerà quindi il controllo, la gestione e la protezione dell'impianto di rete d'utenza secondo le norme tecniche, gli allegati A.2 ed A.68 di Terna e le disposizioni di legge coerenti con l'ambito di pertinenza. All'interno di tale cabina saranno presenti scomparti dedicati per le diverse iniziative della società proponente.
- Punto di connessione in AT: sarà collocato nella cella AT della sezione a 36 kV della stazione SE di trasformazione Terna (MACOMER4-PDT09 _Schema elettrico unifilare generale impianto FV). Dalla Cabina di consegna finale, partirà un'unica linea a 36 kV che si atterrerà alle celle della SE di trasformazione e smistamento Terna, dove la tensione di esercizio verrà innalzata da 36 kV a 380 kV.
- Area Storage: Tale area, delle dimensioni all'incirca di 9600 mq, sarà sita nei pressi della futura di smistamento SE Terna. Essa conterrà il sistema di storage connesso a questa iniziativa della potenza pari a 10 MW e conterrà gli altri sistemi storage connessi ad altre iniziative della stessa società. In aggiunta sarà presente la Cabina di Consegna finale sopracitata con scomparti dedicati per le diverse iniziative della società. L'area sarà delimitata da una recinzione perimetrale, internamente saranno presenti container adibiti allo storage elettrochimico (Li-ion Battery) assieme alle componenti necessarie alla conversione e trasformazione dell'energia elettrica.

In Figura 3 il layout della battery pack, eventuali modifiche potrebbero occorrere in fase di progettazione esecutiva, in relazione aggiornamenti della normativa tecnica e sviluppi tecnologici.

LAYOUT AREA STORAGE "MACOMER" 80x120.

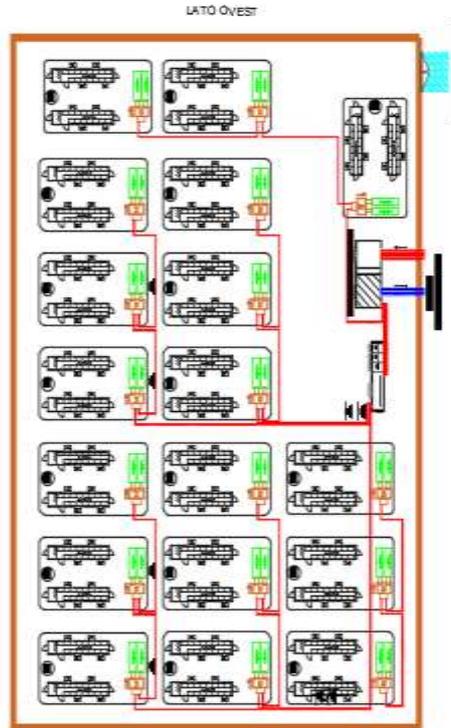


FIGURA 3: LAYOUT BATTERY PACK



FIGURA 4: INQUADRAMENTO AREA STORAGE E SE MACOMER 380

Sono previste nuove costruzioni ed infrastrutture elettromeccaniche a corredo di quanto su esposto, nei precedenti punti. In particolare, il sito della stazione di trasformazione è stato localizzato il più vicino possibile al tracciato dell'elettrodotto esistente, in questo modo i tracciati dei raccordi, quali risultano dalla tavola "MACOMER4-PDT02 _Inquadramento territoriale intervento su CTR", sono stati studiati in armonia con quanto dettato dall'art. 121 del T.U. 11/12/1933 n. 1775, comparando le esigenze della pubblica utilità delle opere con gli interessi pubblici e privati coinvolti, cercando in particolare di:

- contenere per quanto possibile la lunghezza del tracciato dei raccordi per occupare la minor porzione possibile di territorio;
- minimizzare l'interferenza con le zone di pregio ambientale, naturalistico, paesaggistico e archeologico;
- recare minor sacrificio possibile alle proprietà interessate, avendo cura di vagliare le situazioni esistenti sui fondi da asservire rispetto anche alle condizioni dei terreni limitrofi;
- evitare, per quanto possibile, l'interessamento di aree urbanizzate o di sviluppo urbanistico;
- assicurare la continuità del servizio, la sicurezza e l'affidabilità della Rete di Trasmissione Nazionale;
- permettere il regolare esercizio e manutenzione dell'elettrodotto.

Il comune interessato dalla costruzione della futura stazione AT, e dei relativi raccordi, è il comune di Macomer (NU); come è possibile verificare dalle tavole allegate, non sono presenti attraversamenti particolari su ponti, fiumi o altro ma solo un tracciato lungo strada extraurbana.

La Stazione Elettrica ipoteticamente interesserà un'area di circa 37.500 m² (area stazione RTN 150/380 kV), con a corredo circa 2.000 m² da destinare ai satelliti a 36 kV, tutti interamente recintati. L'area interessata può essere individuata mediante l'analisi dello studio portato avanti da Enel Engineering & Construction denominato "NUOVA SE RTN 380/150kV - Macomer 380" presentato a Terna, nel documento individuato dal codice GRE.EEC.R.24.IT.W.15066.16.001.00. L'accesso alla S.E. avverrà immettendosi su viabilità esistente, che si stacca dalla SP. 43, per circa 3,8 km in direzione sud (previo adeguamento) e successivamente mediante una nuova viabilità di collegamento che avrà una lunghezza di circa 110 m e larghezza di circa 10 m, la quale a sua volta prosegue in adiacenza alla SE su tutti i lati della stessa. Tale strada dovrà cadere nella disponibilità della società proponente il parco fotovoltaico, per cui si potrà configurare una servitù a favore di Terna per l'accesso alla

stazione.

- Lo schema di connessione è riportato nell'elaborato grafico seguente:
MACOMER4-PDT09 _Schema elettrico unifilare generale impianto FV.

1.5 Dati di progetto e producibilità dell'impianto

Il presente progetto prevede la realizzazione di un impianto con strutture ad inseguimento (trackers) su singolo asse con le caratteristiche di inclinazione riportate nella tabella 2 e datasheet allegati. Fondamentalmente sono previste strutture realizzate assemblando profili metallici commerciali in acciaio zincato a caldo piegati a sagoma. Queste strutture saranno affiancate in modo da costituire file di moduli, la distanza delle strutture dal confine catastale è di almeno 7 metri.



FIGURA 5: FOTO TIPO TRACKERS AD ASSE VARIABILE

Le strutture trackers (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) presentano le seguenti dimensioni: la tipologia 1Vx56 a singola vela con dimensioni di 2,278 metri per 65,08 metri, dove vengono alloggiati due serie da 28 moduli. Si opterà anche per la tipologia 1Vx28 con singola serie da 28 moduli, per l'ottimizzazione della producibilità in base alle irregolarità del sito, per tanto la stessa presenta le dimensioni di 2,278 metri per 32,77 metri. Il totale delle strutture tracker con tipologia 1Vx56 è pari a 1176, quelle della tipologia 1Vx28 è pari a 280.

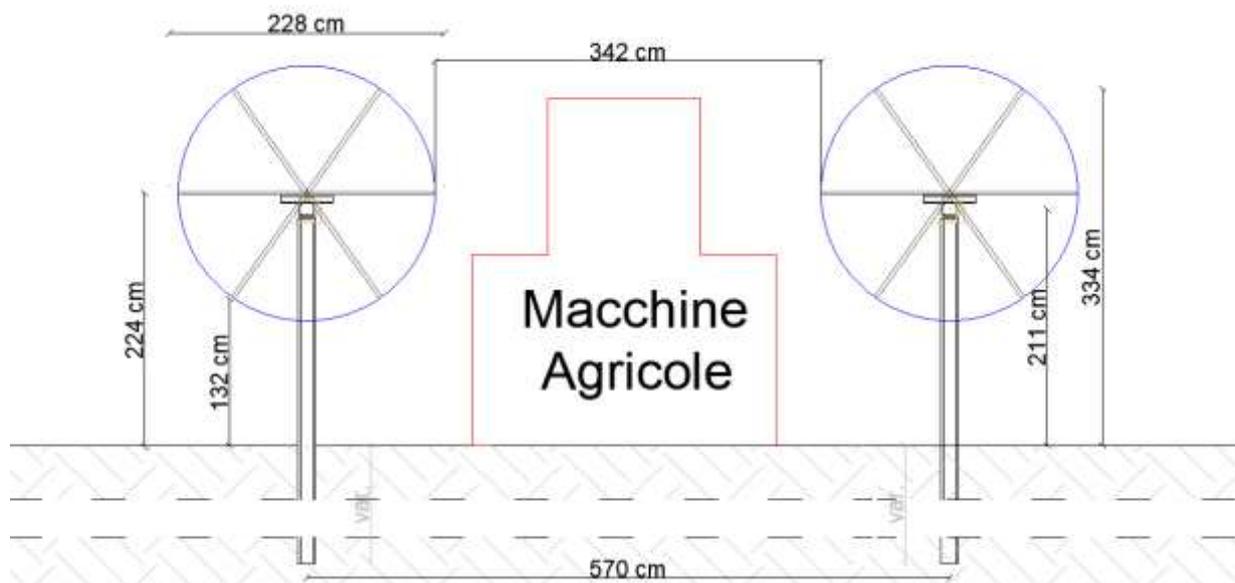


FIGURA 6: CONFIGURAZIONE STRUTTURE AD INSEGUIMENTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO

| Località "Nuraghe Solene" | |
|--|-------------|
| Asse di rotazione moduli sul sistema monoassiale (tracker) | Nord-Sud |
| Angolo ad inseguimento su singolo asse (tracker) | +55° a -55° |
| Azimut moduli su strutture fisse | 0° (sud) |

TABELLA 2

Nella Figura 7 sono riportati i valori di produzione mensile indicativi per il sito in oggetto. Il sistema, con una soluzione ad angolo variabile, atto questo ultimo a captare la massima energia nell'arco della giornata, raggiunge la produzione energetica annua di circa 79.465 MWh con una potenza complessiva nominale installata di 42.000,00 kWp. Il numero di moduli installati sarà della quantità pari a n° 73.696. Per la soluzione prevista con strutture tracker il numero totale di stringhe sarà di 2.632, considerando generalmente 28 moduli per stringa. Si ricorda che su ogni tracker tipo saranno alloggiati 28 moduli.

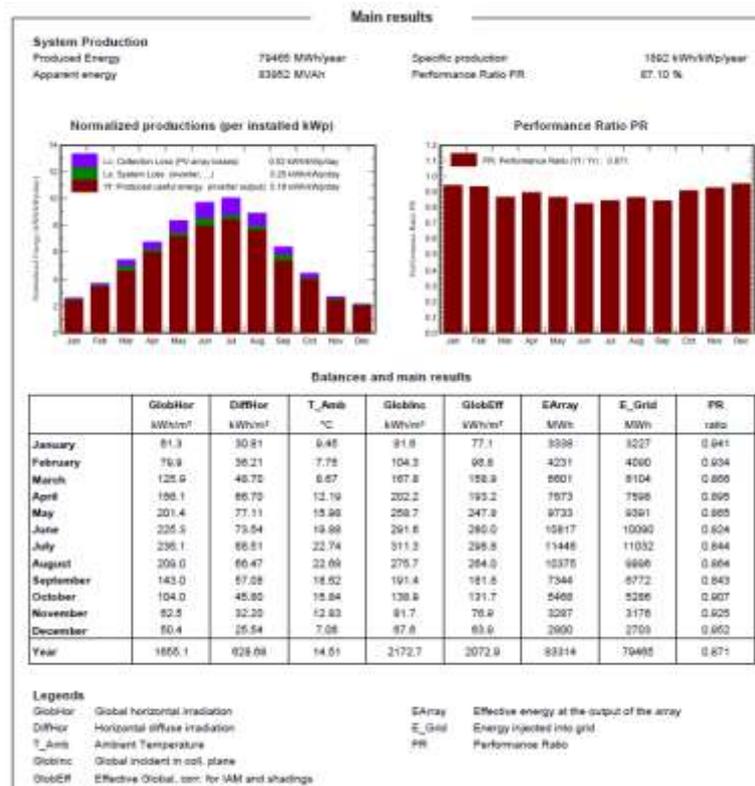


FIGURA 7: PRODUCIBILITA' ELETTRICA DELL'IMPIANTO AGRIVOLTAICO VALUTATA TRAMITE PVSYS

La tipologia di modulo impiegato avrà indicativamente una potenza di 570 Wp, implementando una tecnologia a celle monocristalline con soluzione bifacciale, in modo da ottenere il massimo della producibilità, puntando sull'elevata efficienza di conversione.

L'area di progetto è circa pari a 722.700,00 m² mentre l'area occupata dalle strutture risulta essere pari a 193.458,34 m² che è circa il 27% della superficie dell'impianto (per ulteriori dati vedere il documento MACOMER4-PDR14 _Piano preliminare di utilizzo delle terre e rocce da scavo). Le parti costituenti l'impianto sono:

1. Strutture tracker di sostegno mobile, in acciaio zincato per ancoraggio moduli fotovoltaici;
2. Moduli fotovoltaici bifacciali con Potenza di picco 570 Wp;
3. Manufatti in cemento armato (cabine elettriche prefabbricate) per alloggiamento di quadri elettrici, inverter e trasformatori;
4. Stazione elettrica ed edifici di gestione e comando per la conversione della tensione ed immissione nella RTN.

1.6 Parametri tecnici e requisiti dell'impianto agrivoltaico avanzato

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. In generale, la prestazione legata al fotovoltaico e quella legata alle attività agricole risultano in opposizione, poiché le soluzioni ottimizzate per la massima captazione solare da parte del fotovoltaico possono generare condizioni meno favorevoli per l'agricoltura e viceversa. 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.

Affinché un sistema agrivoltaico possa essere definito tale, deve rispettare delle condizioni strutturali e dei parametri tecnici predefiniti:

- La **superficie minima coltivata**, richiamata anche dal DL 77/2021, è un parametro fondamentale per qualificare un sistema agrivoltaico ed è stabilita con un valore pari o superiore al 70% della superficie agricola totale interessata dall'intervento.

$$S_{agricola} \geq 0,7 \cdot S_{tot}$$

Nel caso del progetto in esame, si ha una superficie agricola totale ($S_{agricola}$) pari **57,61 ha**.

Posto che la Superficie totale di ingombro del sistema agrivoltaico (S_{tot}) si attesta sui **72,27 ha**, si ottiene che la superficie agricola occuperà il **79,71%** rispetto al totale della superficie interessata dall'intervento e, dunque, è rispettato il primo requisito utile per definire un impianto "agri-voltaico" in quanto:

$$57,61 > 50,59$$

Dove, 57,61 ha rappresenta la superficie agricola calcolata ($S_{agricola}$) e 50,59 il parametro a cui far riferimento secondo le linee guida ($0,7 \cdot S_{tot}$).

- Il **LAOR** (*Land Area Occupation Ratio*) rappresenta la percentuale di superficie complessiva coperta dai moduli e ha un limite massimo pari al 40% della superficie totale di impianto.

$$LAOR = \frac{S_{pv}}{S_{tot}} \leq 40\%$$

Dati i valori di **19,35 ha** (S_{pv}) per la Superficie totale di ingombro dell'impianto agrivoltaico e **72,27 ha** che rappresenta la superficie totale del sistema agrivoltaico (S_{tot}), il **LAOR del presente progetto** si attesta intorno al **26,77%**, quindi al di sotto del limite imposto dalle linee guida. Anche se secondo le linee guida il LAOR viene calcolato considerando l'intera area di progetto S_{tot} , il requisito verrebbe rispettato anche considerando solamente l'Area d'impianto, ovvero la superficie delimitata dalla recinzione, pari a 62,55 ha

- La producibilità elettrica minima viene stabilita attraverso un rapporto tra la produzione specifica di un impianto agrivoltaico e la producibilità elettrica specifica di un impianto fotovoltaico standard, costituito da strutture fisse orientate a Sud. La producibilità dell'impianto agrivoltaico non deve essere inferiore al 60% della producibilità dell'impianto standard

$$FV_{agri} \geq 0,6 \cdot FV_{standard}$$

Grazie ad una simulazione sul software PVsyst è stato possibile ricavare che il valore di producibilità relativa dell'impianto agrivoltaico in oggetto si attesta a **1,27 GWh/ha/y** rispetto ai **1,87 GWh/ha/y** di un impianto fotovoltaico standard con un rapporto tra i due valori di

producibilità, corrispondente al **67,9%**, tale per cui è possibile far ricadere l'impianto del presente progetto nella definizione di sistema agrivoltaico.

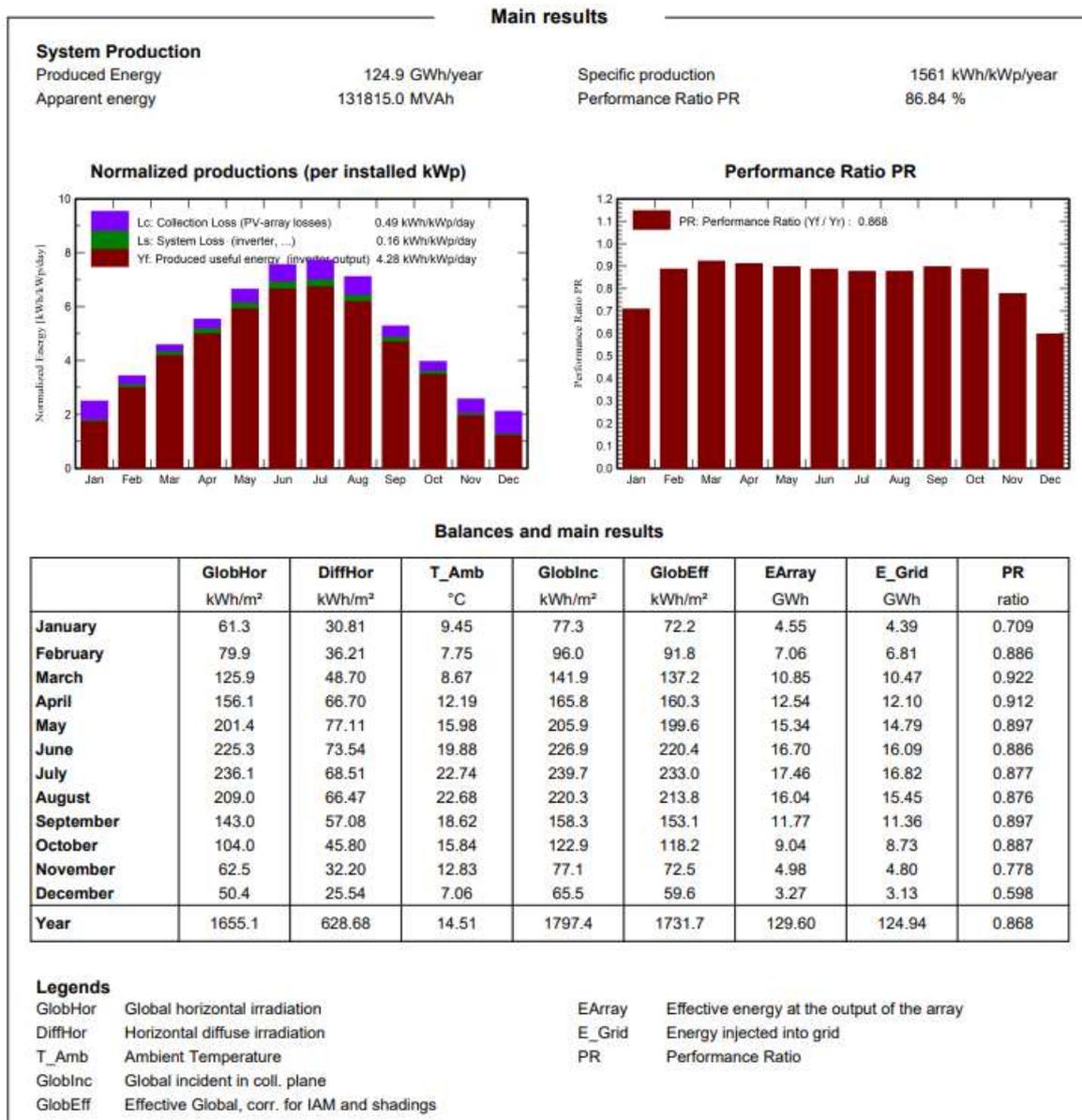


FIGURA 8: PRODUCIBILITA' ELETTRICA DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO STANDARD VALUTATA TRAMITE PVSYS

Il presente progetto è realizzato adottando una tecnologia su strutture mobili con configurazione a doppia vela che rispettano l'altezza media dei moduli su strutture mobili prescritte dalla Linee guida, limitatamente alle configurazioni in cui l'attività agricola è svolta anche al di sotto dei moduli stessi, rientrando nei seguenti 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).

In particolare, l'**altezza media** dei moduli installati nell'impianto di Macomer4 corrisponde a **2,24 m**, con un'**altezza minima** da terra dei moduli nel caso di massima inclinazione della struttura (55°) pari a **1,32 m**.

Il sistema agrivoltaico di Macomer 4 prevede un **sistema di monitoraggio** che consente di verificare l'impatto sulle colture, la produttività agricola per le diverse tipologie di colture e la continuità delle attività delle aziende agricole interessate, per cui può essere classificato come sistema agrivoltaico avanzato. Nello specifico, il sistema di monitoraggio agronomico viene presentato nel quadro ambientale dello Studio d'Impatto Ambientale (MACOMER4-IAR01-R1) al paragrafo 3.10.3 così come nella Relazione agronomica (MACOMER4-IAR05).

1.6.1 Scheda riassuntiva requisiti agrivoltaico

| Energia Pulita Italiana 3 s.r.l. | | | |
|---|--|-----------------------------|------------------------------|
| Progetto di un parco agrivoltaico avanzato denominato "MACOMER 4" potenza nominale pari a 42 MWp situato nel Comune di Macomer (NU) | | | |
| REQUISITO A.1 - Superficie minima per l'attività agricola | | ha | |
| S_{tot} | Area totale di progetto nella disponibilità della proponente: comprende la superficie utilizzata per coltura e/o zootecnia e la superficie totale su cui insiste l'impianto agrivoltaico. Quindi sono incluse anche tutte le aree che non ricadono all'interno della recinzione. | 72,27 | |
| S_{pv} | Somma delle superfici individuate dal profilo esterno di massimo ingombro di tutti i moduli fotovoltaici costituenti l'impianto (superficie attiva compresa la cornice) | 19,35 | |
| S_{impianto} | Somma delle superfici su cui insiste l'impianto agrivoltaico, comprese le piazzole, le cabine elettriche e la viabilità interna; corrisponde all'area recintata. | 62,55 | |
| S_{agricola} | Superficie minima coltivata: comprende l'area destinata a coltivazione di prato stabile tra e sotto le file dei pannelli e la mitigazione perimetrale destinata alla coltivazione ad ulivo. | 57,61 | |
| S_{agricola} ≥ 0,7 · S_{tot} | | 79,7% | |
| VERIFICATO | | | |
| REQUISITO A.2 - Percentuale di superficie complessiva coperta da moduli (LAOR) | | | |
| LAOR (Land Area Occupation Ratio) = S_{pv}/S_{tot} | Il LAOR (Land Area Occupation Ratio) rappresenta la percentuale di superficie complessiva coperta dai moduli e ha un limite massimo pari al 40% della superficie totale di impianto. | 26,77% | |
| LAOR ≤ 40% | | | |
| VERIFICATO | | | |
| REQUISITO B.1 - Continuità dell'attività agricola | | | |
| | Ante operam | Post operam | |
| Tipo di coltivazione/i | Prato magro | Prato permanente e pascolo | |
| Indirizzo produttivo | Seminativi | Seminativo pascolativo | |
| estensione seminativi [ha] | 72,11 | 57,61 | |
| a) coincidenza di indirizzo produttivo: valore medio della produzione agricola registrata sull'area [€/ha] | | | |
| PS (valori da tabelle RICA) | 132,44 € | 360,00 € | |
| PST - Produzione Standard Totale | 9.550,25 € | 20.739,60 € | |
| PS_{ante} ≤ PS_{post} | + 117% | | |
| VERIFICATO | | | |
| REQUISITO B.2 - Verifica della producibilità elettrica minima | | | |
| Modulo | Modulo FV in silicio monocristallino del tipo bifacciale JKM570N-72HL4-BDV della Jinko Solar® | Potenza nominale [W] | 570 |
| | | Dimensioni | L [mm] = 1134 |
| | | | P [mm] = 2278 |
| | | Sup. impianto | S _{pv} [ha] = 62,55 |
| Impianto agrivoltaico presentato in VIA Potenza = 42 MW | Producibilità elettrica annua dell'impianto agrivoltaico [GWh/anno] = | | 79,47 |
| | FV _{agri} = Producibilità elettrica annua per ha dell'impianto agrivoltaico [GWh/ha/anno] = | | 1,27 |

| | | | | |
|--|--|---|--|---------------|
| Impianto fotovoltaico standard* Potenza = 74,75 MW | Producibilità elettrica annua dell'impianto standard [GWh/anno] = | 124,94 | | |
| | $FV_{standard}$ = Producibilità elettrica annua per ha dell'impianto standard [GWh/ha/anno] = | 1,87 | | |
| *moduli con efficienza 22,07% su supporti fissi con inclinazione a Sud e un angolo pari alla latitudine meno 10° | | | | |
| $FV_{agri} \geq 0,6 \cdot FV_{standard}$ | | | | |
| 1,27 \geq 1,122 | | 67,9% | | |
| VERIFICATO | | | | |
| REQUISITO C - Adottare soluzioni integrate innovative con moduli elevati da terra | | | | |
| TIPO 1 | l'altezza minima dei moduli è studiata in modo da consentire la continuità delle attività agricole (o zootecniche) anche sotto ai moduli fotovoltaici | <i>doppio uso del suolo</i> | Attività Zootecnica | Hmin |
| | | <i>moduli fotovoltaici svolgono funzione sinergica alla coltura</i> | | 1,32 m |
| Attività zootecnica - Hmin = 1,3 m | | Attività colturale - Hmin = 2,1 m | | |
| VERIFICATO per ZOOTECCIA | | | | |
| REQUISITO D.1 - Monitoraggio del risparmio idrico | | | | |
| Aziende con colture in asciutta: analisi dell'efficienza d'uso dell'acqua piovana per evidenziare un miglioramento conseguente la diminuzione dell'evapotraspirazione dovuta all'ombreggiamento causato dalla presenza del sistema agrivoltaico | | Monitoraggio periodico dell'umidità di 2 tipologie di terreni attigui: - uno con prato stabile senza pannelli - uno con prato stabile con pannelli FV . L'analisi e la comparazione dei dati evidenzierà come, grazie alla minor evapotraspirazione legata alla presenza dei pannelli FV, il terreno con l'impianto presenti un contenuto d'acqua maggiore rispetto a quello senza l'impianto, con conseguente beneficio per le colture. | | |
| Redazione Relazione Triennale redatta da parte del proponente. | | | | |
| VERIFICATO | | | | |
| REQUISITO D.2 - Monitoraggio della continuità dell'attività agricola | | | | |
| Esistenza e resa della coltivazione | <i>Redazione di una relazione tecnica asseverata da un agronomo con una cadenza stabilita. Alla relazione potranno essere allegati i piani annuali di coltivazione, recanti indicazioni in merito alle specie annualmente coltivate, alla superficie effettivamente destinata alle coltivazioni, alle condizioni di crescita delle piante, alle tecniche di coltivazione (sesto di impianto, densità di semina, impiego di concimi, trattamenti fitosanitari).</i> | | Implementazione monitoraggio agricolo come riportato in Relazione Agronomica Par.3.6.2 | |
| Mantenimento dell'indirizzo produttivo | | | | |
| Redazione Relazione Tecnica Asseverata di un Agronomo | | | | |
| VERIFICATO | | | | |
| REQUISITO E.1 - Monitoraggio del recupero della fertilità del suolo | | | | |
| Par. 3.10.1 dello SIA: il miglioramento diretto della fertilità del suolo sarà garantito da un'opportuna scelta di essenze in grado di fissare l'azoto atmosferico per il miscuglio costituente il prato di leguminose e pascolamento controllato. | | | | |
| Redazione Relazione Tecnica Asseverata o Dichiarazione del proponente | | | | |
| VERIFICATO | | | | |
| REQUISITO E.2 - Monitoraggio del microclima | | | | |
| L'impatto di un impianto tecnologico fisso o parzialmente in movimento sulle colture sottostanti può alterare il normale sviluppo della pianta, favorire l'insorgere ed il diffondersi di fitopatie così come può mitigare gli effetti di eccessi termici estivi associati ad elevata radiazione solare determinando un beneficio per la pianta (effetto adattamento). | Monitoraggio tramite sensori per la misura di: - temperatura; - umidità relativa; - velocità dell'aria; - radiazione; posizionati al di sotto dei moduli fotovoltaici e, per confronto, nella zona immediatamente limitrofa ma non coperta dall'impianto. | | Temperatura ambiente esterno e retro-modulo misurata con sensore PT100 | |
| | | | Umidità dell'aria ambiente esterno e retro-modulo misurata con misurata con igrometri/psicrometri | |
| | | | Velocità dell'aria ambiente esterno e retro-modulo misurata con anemometri | |
| | | | Radiazione solare fronte e retro-modulo misurata con un solarimetro | |
| Relazione Triennale redatta dal Proponente | | | | |

| VERIFICATO | | |
|---|---|--|
| REQUISITO E.3 - Monitoraggio resilienza ai CC | | |
| <p><i>La produzione di elettricità da moduli fotovoltaici deve essere realizzata in condizioni che non pregiudichino l'erogazione dei servizi o le attività impattate da essi in ottica di cambiamenti climatici attuali o futuri</i></p> | <p>Valutazione di conformità dell'impianto agrivoltaico al principio del "Do No Significant Harm" (DNSH)</p> | <p>FASE DI PROGETTO: redazione di una Relazione DNSH in cui il proponente attesta il contributo che s'impegna a fornire per il raggiungimento dei 6 obiettivi ambientali.</p> <p>FASE DI MONITORAGGIO: il soggetto erogatore degli incentivi verifica l'attuazione delle soluzioni previste da progetto</p> |
| Relazione DNSH / Monitoraggio PO | | |
| VERIFICATO | | |

TABELLA 3: TABELLA DI SINTESI DEI REQUISITI RICHIESTI DALLE LINEE GUIDA MITE 2022

2. DESCRIZIONE DEL SISTEMA E DELLE OPERE DA REALIZZARE.

2.1 Schema a blocchi impianto.

Qui di seguito si riportano le varie sezioni che compongono l'impianto necessario alla produzione di energia da fonte solare fotovoltaica, con a corredo l'impianto di rete d'utenza e l'impianto di rete per la connessione.

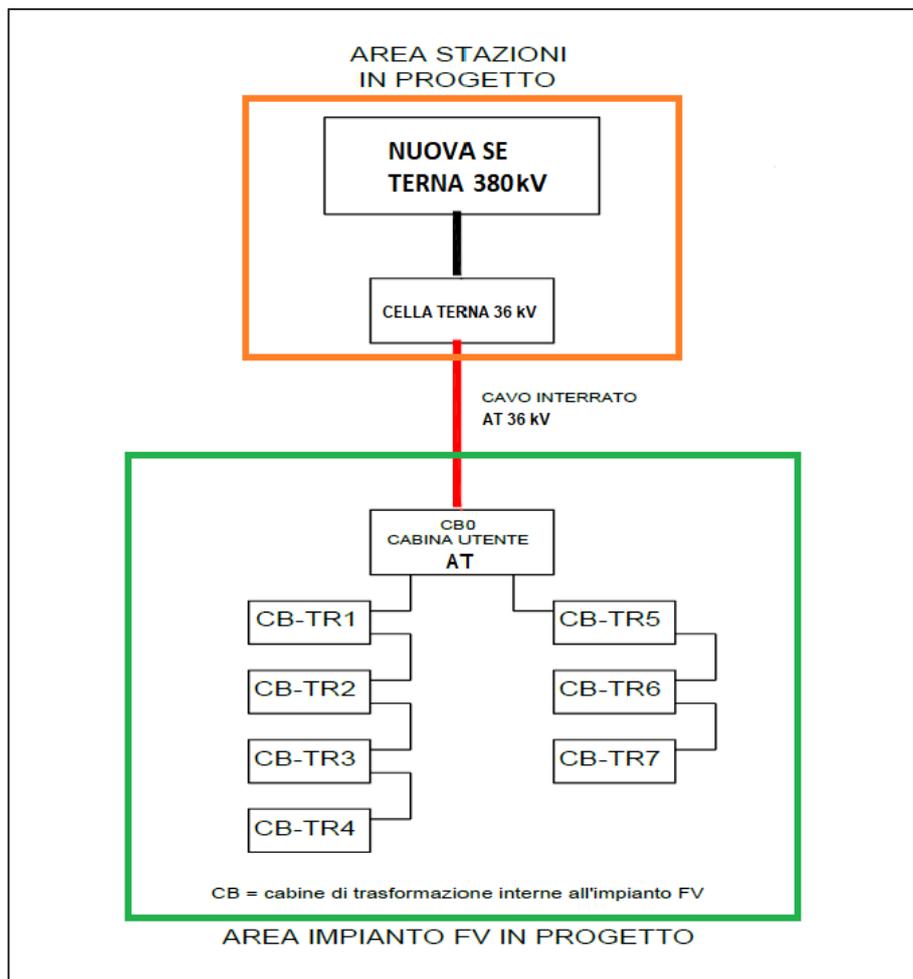


FIGURA 9: SCHEMA A BLOCCHI IMPIANTO

2.2 Generatore fotovoltaico

Per la realizzazione del generatore fotovoltaico (caratteristiche Figura 10 i moduli impiegati sono quelli già indicati con una potenza pari a 570 Wp aventi dimensioni 2278 × 1134 × 30 mm e con standard qualitativo conforme alla norma IEC 61215:2016 – IEC61730:2016 & Factory Inspection.

I pannelli fotovoltaici sopra descritti sono collegati in una serie di n°28 unità, in modo tale da formare una stringa con potenza complessiva di circa 15,96 kWp la quale sarà sorretta da un tracker del tipo 1Vx28; ciascun tracker vede dunque n°28 pannelli alloggiati e disposti secondo una serie, la quale si compone a sua volta di n.2 file; su ciascuna fila sono allocati n.14 pannelli. Si ricorda inoltre che per tale progetto si implementa la soluzione 1Vx56; essa potrà sorreggere il doppio dei pannelli previsti nella precedente soluzione descritta, con una potenza totale pari a 31,92 kWp. L'energia prodotta dalle stringhe fluisce attraverso un sistema collettore composto da cavi conduttori ubicati sul retro della struttura.

La scelta del pannello è puramente semplificativa per cui per maggiori dettagli a riguardo si rimanda in ogni caso alla fase di progettazione esecutiva.

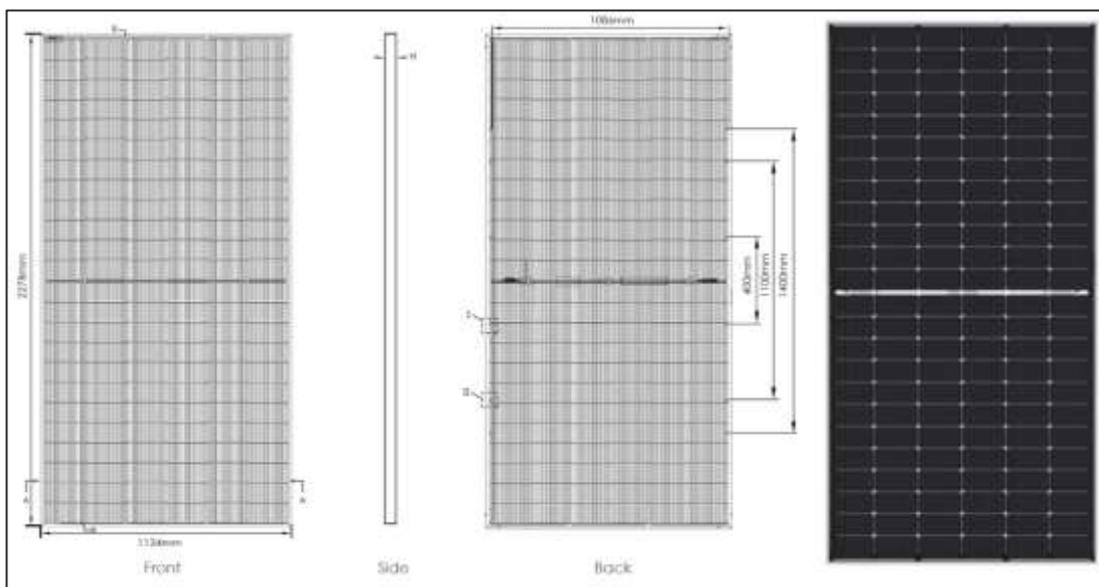


FIGURA 10: PANNELLO FV PARI A 570 WP CON DIMENSIONI 2278 X 1134 X 30 MM

2.3 Gruppo di conversione

L'inverter è un convertitore di tipo statico che viene impiegato per la trasformazione della CC prodotta dai pannelli in CA; esso esegue anche l'adeguamento in parallelo per la successiva immissione dell'energia in rete.

L'inverter possiede infatti una parte in continua in cui sono alloggiati gli ingressi in CC provenienti dai tracker (stringhe) e un sezionatore di protezione che a seguito della conversione dell'energia in CA vede l'uscita di linee di collegamento in BT verso la cabina di campo. Le linee di collegamento in BT di uscita appena menzionate andranno poi a confluire nelle platee attrezzate in cui saranno posizionati i quadri di parallelo per il collegamento alle cabine di trasformazione: a conversione avvenuta infatti, la tensione in BT a 800 V viene consegnata, a mezzo di cavidotto interrato in BT, alla cabina di trasformazione o di sottocampo dove il trasformatore provvede ad eseguire una elevazione a 36 kV.

I convertitori utilizzati per il campo fotovoltaico in esame sono gruppi statici trifase, costituiti da 12 ingressi (doppi) per stringhe e relativo monitoraggio.

Agli inverter sono collegati generalmente, nella configurazione tipo, n°17 stringhe, ciascun inverter sorregge generalmente n°476 pannelli fotovoltaici; ciascuno dei quali con potenza nominale pari a 570 Wp, in condizioni standard. La potenza complessiva nominale collegata a ciascun inverter è pari a quella delle 17 stringhe ossia pari a max 271,3 kWp, valore raggiungibile solo in casi particolari (ovvero nelle condizioni di picco).

L'inverter utilizzato ha una potenza di conversione di 250,0 kWp e presenta n.12 ingressi (doppi) (+ e -) con n.12 inseguitori indipendenti, aventi la funzione di ottimizzare, mediante un algoritmo interno, la produzione di energia da ciascun ingresso.

Per maggiori dettagli circa il funzionamento e le caratteristiche tecniche dell'inverter fare riferimento all'elaborato "MACOMER4-PDR02-R1_Relazione tecnica di dettaglio e calcoli preliminari"– paragrafo "INVERTER".

2.4 Cabina di campo e di trasformazione BT/AT.

L'energia prodotta in CC dalle stringhe di pannelli fotovoltaici, una volta trasformata in CA dagli inverter, viene veicolata da una rete di distribuzione interna in BT verso le cabine di trasformazione.

Le cabine di conversione e trasformazione altrimenti dette cabine di campo sono adibite ad allocare tutte le apparecchiature elettriche funzionali alla trasformazione dell'energia in CA, prodotta

dai pannelli fotovoltaici, in AT; nel dettaglio all'interno della cabina di campo sono allocati:

Quadri elettrici di parallelo inverter per il raggiungimento della potenza nominale di cabina e per la protezione con fusibile di ogni singolo arrivo; trasformatori di cabina necessari alla elevazione della tensione dai valori di uscita degli inverter (800 V) al valore di tensione di distribuzione (36 kV); quadri in AT per la protezione e il trasporto dell'energia d'impianto fino alla stazione Terna di trasformazione; armadi servizi ausiliari per alimentare i servizi di cabina; i servizi ausiliari dell'impianto sono derivati da un trasformatore dedicato connesso alla linea di trasmissione AT a 36 kV interna al campo; in caso di necessità può essere richiesta, ad E-Distribuzione, una connessione in prelievo in BT; armadi di misura dell'energia elettrica prodotta e armadi di controllo contenenti tutti le apparecchiature in grado di monitorare le sezioni di impianto; quadri di servizio, per la gestione dei segnali e il controllo delle varie sezioni di campo.

Per esigenze di conformazione orografica e per semplificazione nell'installazione dei cavi di cablaggio il campo fotovoltaico viene suddiviso in sotto-campi o sezioni ognuno dei quali avrà la propria cabina o box di campo.

La semplificazione nell'installazione dei cavi di cablaggio è possibile predisponendo la cabina di campo in corrispondenza del baricentro della sezione: in tal modo si riduce al minimo il sistema di cablaggio e si realizza poi un unico cavidotto in AT per il collegamento della cabina di campo alla cabina di consegna.

Per il progetto in esame si prevedono n°7 sezioni o sotto-campi, con potenza di 5 MWp; per ogni sezione è prevista una cabina di campo o trasformazione.

All'interno di ciascuna cabina di campo si trovano n°2 trasformatori della potenza nominale di 2500 kVA, per un totale di 5000 kVA, a cui sono collegati n°22 inverter per le sette cabina di campo qui previste.

La connessione alla rete elettrica da ogni sezione di campo è prevista in linea interrata, in entrata esce da ciascuna sezione di impianto attraverso il collegamento di n°1 cabina di trasformazione per una potenza complessiva generalmente di 5 MW/cadauna, fino alla cabina di consegna situata nel punto di ingresso al campo fotovoltaico (da cui parte la linea di consegna alla stazione SE). Si prevedono delle dimensioni in pianta di 9000 x 5000 mm.

Per maggiori dettagli circa la cabina di campo ed il funzionamento e le caratteristiche tecniche del trasformatore fare riferimento all' elaborato "MACOMER4-PDR02-R1_Relazione tecnica di dettaglio e calcoli preliminari" – paragrafo "CABINA DI TRASFORMAZIONE" e "MACOMER4-PDT10- _Opere architettoniche - cabine" – rif. "CABINA DI SOTTOCAMPO".

2.5 Cavidotti interrati.

I cavidotti interrati da utilizzare negli impianti di cui in oggetto, dovranno essere realizzati mediante tubi interrati direttamente nel suolo e pozzetti rompitratta o di derivazione. I tubi dovranno essere lisci all'interno e corrugati all'esterno, a doppia parete, in materiale termoplastico serie Media (Resistenza allo schiacciamento $R_s = 450N$) rispondenti alle Norme CEI EN 50086-2-4 / CEI 23-46 e Variante A1. Il diametro nominale dei tubi deve essere non inferiore ad 1,4 volte il diametro del cerchio circoscritto al fascio dei cavi in esso contenuto al fine di consentire l'infilaggio e lo sfilamento senza compromettere l'integrità dei cavi stessi e comunque non inferiore a quanto prescritto in progetto.

I tubi devono essere interrati ad una profondità di almeno 0,5m, a seconda dei luoghi e delle tensioni di esercizio, tra il piano di appoggio dei tubi stessi ed il piano di calpestio, entro scavo privo di spigolature e sporgenze. Ad ogni brusca deviazione resa necessaria dalla disposizione dei tubi, ad ogni derivazione da linea principale a secondaria e comunque ogni 10/15 m circa di tubazione rettilinea devono essere installati pozzetti in vetroresina o CLS completi di chiusino carrabile ($R > 12 \text{ kg/cm}^2$). Tali pozzetti saranno provvisti di fori predeterminati con anello di guida e fissaggio per tubi di diametro adeguato e dovranno essere interrati ad una profondità tale da mantenere il chiusino all'altezza del piano carrabile. Le eventuali giunzioni o le derivazioni dovranno essere eseguite entro i pozzetti a mezzo di adeguati connettori in rame stagnato, a crimpare, da isolare con nastro agglomerante e nastro isolante al fine di mantenere le stesse caratteristiche di isolamento elettrico e protezione meccanica dell'isolante dei cavi giuntati.

2.6 Protezione contro i contatti diretti ed indiretti.

La protezione delle persone contro i contatti diretti con parti attive in tensione sarà assicurata tramite isolamento delle parti medesime. L'isolamento dovrà essere in grado di sopportare una tensione di prova di 500V in c.a. per un minuto, così come certificato da istituto di controllo o dichiarato dal costruttore stesso. Per l'isolamento applicato durante l'installazione, si farà uso di nastri isolanti a marchio IMQ in quantità e nel modo più opportuno a conservare le caratteristiche di isolamento dei materiali costruiti in fabbrica. Tutte le parti in tensione dovranno essere contenute entro involucri aventi grado di protezione minimo IPXXB (Norma CEI 70-1) apribili solo mediante attrezzo.

Per quanto concerne la protezione contro i contatti indiretti, saranno protette contro i contatti indiretti tutte le parti metalliche accessibili dell'impianto elettrico e degli apparecchi utilizzatori,

normalmente non in tensione ma che, per cedimento dell'isolamento o per altre cause accidentali, potrebbero trovarsi sotto tensione.

L'impianto fotovoltaico in oggetto si configura come sistema TN-S ovvero sistemi che hanno il neutro collegato direttamente a terra (il centro stella dell'avvolgimento lato BT del trasformatore di potenza MT-BT del distributore) e tutte le masse dell'impianto collegate a terra per mezzo del conduttore di protezione. Pertanto, per la protezione contro i contatti indiretti, si farà ricorso ad una delle misure di seguito indicate, da scegliere caso per caso in funzione delle caratteristiche del circuito:

1. Protezione mediante doppio isolamento: la protezione delle persone dai contatti indiretti sarà assicurata con l'utilizzo di apparecchi e componenti aventi doppio isolamento delle parti attive (componenti in Classe II). Detti apparecchi saranno contrassegnati dal doppio quadrato concentrico e non dovranno avere nessuna loro parte collegata all'impianto di terra;
2. Interruzione automatica dell'alimentazione: subito a valle di ogni singolo inverter ovvero sul lato corrente alternata, sarà installato un interruttore automatico in grado di interrompere il parallelo dell'inverter con la rete in caso di cedimento dell'isolamento nella sezione in corrente continua.
3. Realizzazione dell'impianto di messa a terra: l'intero campo fotovoltaico sarà dotato di un proprio impianto di terra, al quale saranno collegate tutte le masse metalliche e le masse estranee. L'impianto deve soddisfare le prescrizioni delle vigenti Norme CEI 64-8 e CEI 11-1 dovrà essere realizzato in maniera da permettere le verifiche periodiche di efficienza;
4. Equipotenzialità delle masse estranee: tutte le masse estranee che possono introdurre o trasportare il potenziale di terra, entranti e/o presenti all'interno del campo fotovoltaico, devono essere elettricamente collegate all'impianto di messa a terra generale. Il conduttore equipotenziale principale che collega le tubazioni suddette deve avere una sezione non inferiore a metà di quella del conduttore di protezione di sezione più elevata presente nell'impianto, con un minimo di 6 mm².

2.7 Protezione delle condutture elettriche.

I conduttori che costituiscono gli impianti devono essere protetti contro le sovracorrenti causate da sovraccarichi e da corto circuiti. I_n (corrente nominale) particolare i conduttori devono essere scelti in modo che la loro portata (I_z) sia superiore o almeno uguale alla corrente di impiego (I_b) che è il

valore di corrente calcolato in funzione della massima potenza da trasmettere in regime permanente. Gli interruttori automatici magnetotermici da installare a loro protezione devono avere una corrente nominale (I_n) compresa fra la corrente di impiego del conduttore (I_b) e la sua portata nominale (I_z) ed una corrente di funzionamento (I_f) minore o uguale a 1.45 volte la portata (I_z). In tutti i casi devono essere soddisfatte le seguenti relazioni:

$$I_b < I_n < I_z \text{ and } I_f < 1,45 \cdot I_z$$

Il potere di interruzione degli interruttori è superiore a quello calcolato nel punto di installazione, in modo da garantire che nei conduttori non vengano mai a verificarsi valori di temperatura pericolosi. Gli interruttori sono dimensionati per garantire una buona selettività.

2.8 Vincoli

Il sito dove si prevede l'installazione della futura stazione SE, la stazione di Storage ed il tracciato dei cavidotti non ricadono in zone sottoposte a vincoli aeroportuali e non interessano le Zone Naturali Protette (SIC, ZPS, PNR, PNZ, ecc.). In particolare, l'area in cui si prevede ricada la stazione SE e la stazione di Storage sono aree agricole. La stazione stessa non è oggetto di relazione paesaggistica poiché ricade al di fuori della fascia di rispetto di 150 m dal corso d'acqua.

3. DISPOSITIVI DI PROTEZIONE UTENTE ATTIVO IN AT.

La guida tecnica di riferimento è l'allegato A.68 di TERNA spa "centrali fotovoltaiche: condizioni generali di connessione alle reti AT – Sistemi di protezione regolazione e controllo" per la connessione di Utenti attivi alle reti AT ed AAT, definisce i criteri tecnici per la connessione alle reti elettriche con la funzione di salvaguardare il funzionamento della rete nei confronti di guasti nel sistema di generazione elettrica. Si ricorda che quest'ultimo ha subito recenti modifiche secondo le disposizioni dell'allegato A.2 "CODICE DI TRASMISSIONE, DISPACCIAMENTO, SVILUPPO E SICUREZZA DELLA RETE DI TERNA" di TERNA spa, secondo quanto verificato e disposto dalla delibera 439/2021/R/EEL di Arera, il 18/11/21.

La Centrale sarà dotata di almeno un interruttore (interruttore generale), che realizzi la separazione funzionale fra le attività di competenza del Gestore e quelle di competenza del titolare della Centrale (in seguito Utente). Gli interruttori di linea AT saranno del tipo a comando unipolare per i montanti delle linee in modo da non impedire l'adozione di richiuse rapide automatiche unipolari.

3.1 Protezione della centrale fotovoltaica, utente AT attivo.

Le protezioni determinano il distacco del sistema dalla rete per guasti o funzionamenti anomali della RTN, o per apertura intenzionale del dispositivo della RTN (es. manutenzione). Le protezioni di interfaccia sono costituite da relè di massima e minima frequenza, relè di massima e minima tensione, relè di massima tensione omopolare, e sono inserite in un pannello polivalente conforme alle specifiche di TERNA.

Di seguito si riportano le tipologie di protezioni sensibili ai guasti esterni e alle perturbazioni di rete con i campi di regolazione ed i valori di taratura tipici da installare nella sezione AT della Centrale Fotovoltaica ed a bordo degli inverter.

- Protezione di minima tensione rete (27)
- Protezione di massima tensione rete (59)
- Protezione di minima frequenza rete (81<)
- Protezione di massima frequenza rete (81>)
- Protezione di massima tensione omopolare rete (59N)

Le protezioni minime che devono essere previste per il trasformatore elevatore BT/AT contro i guasti interni all'impianto sono le seguenti:

- Massima Corrente di fase del trasformatore lato AT a due soglie di intervento; una istantanea e una ritardata (50/51);
- Differenziale di trasformatore (87T);
- Massima Corrente di fase del trasformatore lato AT ad una o due soglie di intervento ritardato (51).

3.2 Misura dell'energia elettrica prodotta.

Il sistema di misura dell'energia prodotta è collocato in uscita dal trasformatore BT/AT ed è in grado di rilevare e registrare, per ciascuna ora, l'energia elettrica immessa e ricevuta nel punto di consegna. Il sistema di misura è conforme alle disposizioni dell'autorità ARERA ed alle norme CEI, in particolare sarà dotato di sistemi meccanici di sigillatura che garantiscano da manomissioni o alterazioni dei dati di misura. Il sistema di misura è idoneo a consentire la tele lettura dell'energia elettrica prodotta da parte del distributore da remoto. L'Utente è tenuto a mettere a disposizione del Distributore un locale per i complessi di misura sempre accessibili al Distributore con mezzi adatti ad effettuare gli interventi necessari, senza necessità di preavviso nei confronti dell'Utente e senza vincoli o procedure che regolamentino gli accessi. A tal fine è prevista la realizzazione di una stazione di consegna in CLS costituita da un locale misure, da un locale per gli scomparti di consegna del distributore e da stalli AT posta nelle immediate vicinanze dell'ingresso dell'impianto e che presenta caratteristiche statiche, meccaniche e strutturali (ad es., protezione dagli agenti atmosferici) adeguate al loro impiego, secondo quanto previsto dalle norme vigenti e dalle prescrizioni del Distributore da porre in prossimità della strada pubblica.

3.3 Opere civili.

E' prevista la realizzazione di edifici adibiti rispettivamente a comando e controllo dell'impianto fotovoltaico, per la posa dei quadri AT, BT e telecomunicazioni, alla posa dei trasformatori, servizi (ufficio, servizi igienici, magazzino), alla posa dei gruppi misura (locale misuratori), ed uno alla posa dei quadri MT del distributore (eventuali locali distributore).

3.4 Sistema di monitoraggio e gestione.

Il sistema di controllo dell'impianto avviene tramite due modalità di controllo: controllo locale e controllo remoto.

- Controllo locale e presidio dell'impianto fotovoltaico: monitoraggi tramite PC centrale, alloggiato in prossimità dell'impianto, tramite apposito software SCADA in grado di monitorare, gestire e controllare;
- Controllo remoto: conduzione a distanza dell'impianto tramite modem satellitare con scheda di rete montata a bordo degli inverter.

Le grandezze controllate da sistema sono: potenza dell'inverter, tensione di campo dell'inverter, Corrente di campo dell'inverter, irraggiamento solare, dati ambientali, letture dell'energia attiva e reattiva prodotte.

3.5 Parallelo con la rete di trasmissione nazionale RTN.

L'impianto agrivoltaico di cui in oggetto, è progettato per il funzionamento in parallelo con la rete pubblica di trasmissione nazionale di proprietà di TERNA spa (grid connected). In funzione della potenza nominale e del tipo di installazione è previsto il collegamento alla rete AT a 380 kV, mediante cella a 36 kV direttamente presente nella stazione SE Terna, stessa. La parte di impianto di utenza per la connessione deve essere realizzata secondo le prescrizioni tecniche previste da TERNA e dall'ARERA. Gli impianti d'utenza per la connessione debbono risultare collegati alla rete attraverso uno o più dispositivi di sezionamento e interruzione, così come indicato nella figura di seguito riportata (Allegato A.68 del 19 maggio 2022 - CENTRALI FOTOVOLTAICHE Condizioni generali di connessione alle reti AT Sistemi di protezione regolazione e controllo). In funzione del fatto che la centrale fotovoltaica verrà esercita col nuovo standard a 36kV qui di seguito riportiamo gli schemi generali e di dettaglio per la connessione con la RTN (vedere Figura 11). Si ricorda, che in fase di progetto esecutivo si potrebbero apportare modifiche e/o approfondimenti alle soluzioni progettuali sin qui descritte e riportate.

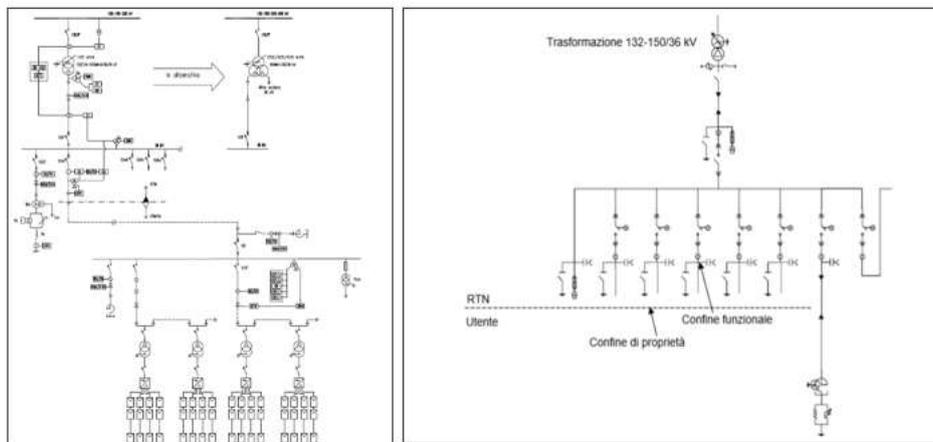


FIGURA 11: SCHEMA DI CONNESSIONE GENERALE CON PIÙ UTENTI ATTIVI (ESTRATTO DA ALLEGATO A.68 DEL 19 MAGGIO 2022)

4. COLLEGAMENTO TRA IMPIANTO FV E NUOVA STAZIONE SE AT TERNA

La connessione alla stazione elettrica di trasformazione SE Macomer 380 tramite la cabina di consegna a bordo campo della società proponente avverrà in linea interrata AT (si veda la tavola allegata "MACOMER4-PDT04-R1_Planimetria Catastale Impianto FV e Cavidotto").

Il collegamento avrà una lunghezza totale di circa 1,71 km e sarà esercito alla tensione di 36 kV. Questo sarà realizzato in particolare mediante l'uso di conduttori in alluminio con formazione minima $3 \times (3 \times 1 \times 400 \text{mm}^2)$.

In merito alle condizioni ambientali di riferimento vedasi la relazione studio ambientale MACOMER4-IAR04 _Relazione_Paesaggistica.

4.1 Vincoli.

Il tracciato dell'elettrodotto interrato di collegamento tra l'area di progetto con la stazione SE, relativa ai satelliti eserciti a 36 kV, non ricade in zone sottoposte a vincolo paesaggistico ed ambientale. In merito alle condizioni ambientali di riferimento vedasi la relazione studio ambientale MACOMER4-IAR04 _Relazione_Paesaggistica.

5. CARATTERISTICHE TECNICHE DELLA STAZIONE DI SMISTAMENTO TERNA.

5.1 Disposizione elettromeccanica.

La sezione a 380 kV sarà del tipo unificato TERNA con isolamento in aria e sarà costituita da:

- n° 1 sistema a doppia sbarra;
- n° 2 stalli linea disponibili;
- n° 2 stalli completamente attrezzati per l'entra-esci della linea "Ittri-Selargius";
- n° 2 stalli primario ATR per sezione 150 kV;
- n° 3 stalli primario ATR per sezione 36 kV;
- n° 1 stallo parallelo sbarre;

Ogni montante linea sarà equipaggiato con sezionatori di sbarra verticali, scaricatori ingresso linee, bobine di sbarramento, interruttore SF6, sezionatore di linea orizzontale con lame di terra, TV e TA per protezioni e misure. I montanti parallelo sbarre saranno equipaggiati con sezionatori di sbarra verticali, interruttore in SF6 e TA per protezione e misure. Le linee afferenti si attesteranno su sostegni portale di altezza massima pari a 21 m, l'altezza massima delle altre parti d'impianto (sbarre a 380 kV) sarà di 11,80 m.

La sezione a 150 kV sarà del tipo unificato TERNA con isolamento in aria e sarà dimensionata per:

- n° 1 sistema a doppia sbarra;
- n° 8 stalli linea disponibili (aereo, cavo e sbarra);
- n° 2 stalli secondari ATR;
- n° 1 stallo parallelo sbarre;

Ogni montante linea sarà equipaggiato con sezionatori di sbarra verticali, scaricatori ingresso linee, bobine di sbarramento, interruttore SF6, sezionatore di linea orizzontale con lame di terra, TV e TA per protezioni e misure. I montanti parallelo sbarre saranno equipaggiati con sezionatori di sbarra verticali, interruttore in SF6 e TA per protezione e misure. Le linee afferenti si attesteranno su sostegni portale di altezza massima pari a 15 m, l'altezza massima delle altre parti d'impianto (sbarre a 150 kV) sarà di 7,50 m. La sezione a 36 kV sarà del tipo unificato TERNA con

isolamento in SF6.

Nella tabella seguente si riportano le distanze principali di progetto per la stazione a 150kV e 380kV.

| PRINCIPALI DISTANZE DI PROGETTO | Sez. 380 kV (m) | Sez. 220 kV (m) | Sez. 150-150 kV (m) |
|--|--------------------|--------------------|------------------------|
| Distanza tra le fasi per le sbarre e le apparecchiature | 5,50 | 3,30 | 3,20 |
| Distanza tra le fasi nei conduttori in sospeso alle sbarre (se del caso) | 5,50 | 3,50 | 3,00 |
| Distanza tra le fasi per l'armato linea | 6,25 | 3,50 | 3,00 |
| Larghezza degli stadi | 22,00 | 14,00 | 11,00 |
| Larghezza complessiva dello stadio parallelo (del tipo ad U senza sovrapposizione stadi) | 44,00 | 28,00 | 22,00 |
| Distanza tra le fasi adiacenti di due sistemi di sbarre | 11,00 | 7,40 | 6,00 |
| Allineo dei conduttori di stadio (asse marcati accensione di sbarra) | 6,50 | 6,30 | 4,50 |
| Quota asse sbarre | 11,30 | 6,30 | 7,50 |
| Quota armato linea (ad estensione "stadi") | 14,00 (21,00) | 16,00 (12,00) | 15,00 |
| Sbarra sbarra per i TV di sbarra ⁽¹⁾ | 3,50 | 4,00 | 3,30 |
| Sbarra senza TV di sbarra | 4,00 | 3,00 | 2,00 |
| Distanza tra l'asse del TV di sbarra ed l'asse stadio (larghezza strada 4 metri) | 8,70 | 9,00 | 4,00 |
| DISTANZE LONGITUDINALI TRA LE PRINCIPALI APPARECCHIATURE AT DI STALLO | | | |
| Distanza tra le sbarre e l'interruttore | 10,00 | 7,00 | 6,50 |
| Distanza tra l'interruttore ed il TA ⁽¹⁾ | 10,00 | 8,00 | 7,50 |
| Distanza tra il TA ed il sezionatore di linea ⁽²⁾ | 5,10 | 5,00 | 3,50 |
| Distanza tra il sezionatore di linea ed il TV ⁽²⁾ | 5,90 (9,90) | 5,00 | 3,00 |
| Distanza tra il TV ed il braccio portante di armato ⁽³⁾ (caso di stadio senza scaricatore di arco linea) | - | - | 4,50 |
| Distanza tra TV e scaricatore di arco linea ⁽⁴⁾ | 2,50 | 3,50 | 1,50 |
| <p>(1) Le distanze sono da intendere tra le sezioni delle apparecchiature.</p> <p>(2) Il TV ed il braccio possono anche essere allineati.</p> <p>(3) Distanza da intendere tra l'asse dell'ultimo sostegno e l'asse del TV di sbarra.</p> <p>(4) Si veda il paragrafo 7.16.1.</p> <p>(5) Nel caso di stadio linea 380 kV con portate H21 invece sezionatori di arco linea, la BOC A parte su sostegni dedicati a 8,80 m dal sezionatore esistente ed a 4,00 m dal TV.</p> <p>(6) Nel caso di stadio linea 380 kV con portate H21 con sezionatori di arco linea, la BOC B parte su sostegni dedicati a 9,40 m dal sezionatore esistente ed a 3,50 m dal TV.</p> | | | |

TABELLA 4

Per maggiori dettagli circa la stazione di trasformazione fare riferimento all' elaborato "MACOMER4-PDR-R1_Relazione tecnica di dettaglio e calcoli preliminari".

6. ASPETTI RELATIVI ALLA FASE DI CANTIERE

I lavori necessari alla realizzazione del progetto hanno una durata massima prevista pari a circa 12 mesi (per maggiori dettagli fare riferimento a MACOMER4-PDR10_Cronoprogramma degli interventi): si fa comunque presente che la durata relativa alle opere di impianto sarà condizionata dall'approvvigionamento delle apparecchiature necessarie alla realizzazione dell'impianto (Principalmente Power Station, Moduli Fotovoltaici, strutture, Inverters ed apparecchiature BT/AT) e che quindi potrebbe variare rispetto a quanto stimato. Per quanto attiene l'impianto fotovoltaico, la sequenza logica delle attività necessarie per la realizzazione del Progetto è la seguente: si fa comunque presente che alcune di esse potrebbero essere effettuate in parallelo (ove possibile):

- **1° fase** - viabilità di accesso: l'accesso alle aree di cantiere verrà effettuata attraverso le strade comunali vicinali esistenti e verranno utilizzati gli accessi esistenti che non necessitano di aggiustamenti o allargamenti e risultano adeguati al transito dei mezzi di cantiere;
- **2° fase** - impianto del cantiere: questa fase riguarda tutte le operazioni necessarie per delimitare le aree di cantiere e per realizzare le piazzole di stoccaggio dei materiali, sosta delle macchine, nonché i punti in cui verranno installati le cabine di servizio per il personale addetto e i box per uffici, spogliatoi, servizi igienici, spazio mensa, depositi per piccola attrezzatura e minuterie, generatori elettrici e depositi di acqua, ecc. Verrà installata la necessaria Segnaletica secondo la Normativa di Riferimento e verrà delimitata l'Area di Cantiere;
- **3° fase** - picchettamento delle aree: i tecnici di cantiere, mediante l'impiego di strumentazioni topografiche con tecnologia GPS, individueranno i limiti e i punti significativi del progetto, utili al corretto posizionamento delle strutture di sostegno dei moduli FV, delle Power Stations, delle Cabine di Consegna, della viabilità interna di cantiere e della Recinzione Perimetrale;
- **4° fase** – realizzazione della viabilità interna di cantiere: al fine di garantire dei percorsi adatti alla distribuzione interna dei materiali nonché per permettere il posizionamento delle Power Stations (da effettuarsi con l'ausilio di gru) verranno costruite, secondo il Layout di Progetto, delle Strade Interne non asfaltate da realizzarsi con materiale di cava che verrà trasportato nel luogo di installazione con l'ausilio di camion; le Strade di Cantiere rimarranno in essere per tutta la vita dell'impianto e saranno utilizzate per espletare attività di manutenzione;

- **5° fase** – realizzazione delle recinzioni perimetrali e dei cancelli di accesso: le recinzioni perimetrali permetteranno di segregare le aree di cantiere e saranno realizzate senza cordolo continuo di fondazione, limitando in questo modo scavi, sbancamenti e l'utilizzo di calcestruzzo;
- **6° fase** - livellamenti locali del terreno: eventuali parti di terreno in cui si dovessero rilevare delle discontinuità puntuali incompatibili con l'allineamento delle strutture dei moduli verranno adeguatamente livellati. L'eliminazione delle asperità superficiali, al fine di rendere agevoli le operazioni successive, interesserà unicamente lo strato superficiale del terreno per una profondità di circa 10 – 20 cm: in questo modo si rispetterà l'andamento naturale del terreno che non verrà modificato da tale attività;
- **7° fase** - rifornimento delle aree di stoccaggio e transito degli addetti alle lavorazioni: tutti i materiali utili al completamento del progetto saranno approvvigionati in apposite aree di stoccaggio per mezzo di autocarri e/o autoarticolati. I trasporti verranno schedulati in modo da evitare la presenza in contemporanea di più mezzi pesanti i quali verranno così gestiti su base oraria/giornaliera/settimanale in modo da evitare un aggravio del traffico veicolare sulla Strada Statale di riferimento al cantiere. Gli operai giungeranno nelle aree di cantiere per mezzo di autovetture private, piccoli autocarri o pulmini.
- **8° fase** -movimentazione dei materiali e delle attrezzature all'interno del cantiere: tramite l'ausilio di mezzi meccanici idonei si procederà alla movimentazione dei materiali dalle aree di stoccaggio ai luoghi di installazione designati;
- **9° fase** - installazione delle fondazioni delle strutture di supporto dei moduli: tramite l'ausilio di macchine battipalo adatte allo scopo, verranno infissi nel terreno i pali di supporto delle strutture senza la necessità di scavi e/o utilizzo di calcestruzzo;
- **10° fase** - scavo trincee, posa cavidotti e rinterri: A seconda del tipo di intensità elettrica che percorrerà i cavi interrati, la profondità dello scavo potrà variare da un minimo di 60 cm, per i cavi BT, ad un massimo di 150 cm per i cavi AT. Effettuato lo scavo si provvederà, se necessario, alla pulizia del fondo al fine di garantire l'appianamento della superficie. Il fondo dello scavo sarà ricoperto da uno strato di sabbia (circa 10 cm) al fine di proteggere i cavi e/o i corrugati da eventuali tagli e danneggiamenti dovuti dalla presenza di pietre; un analogo strato di sabbia verrà poi predisposto per garantire la medesima protezione durante la fase di chiusura delle trincee da effettuarsi tramite il riutilizzo del materiale scavato all'interno della stessa opera. Le zone principalmente interessate da questa lavorazione saranno quelle in prossimità della viabilità interna all'impianto, anche in funzione della successiva manutenzione in caso di guasti.

- **11° fase** – realizzazione dell'impianto di terra ed equipotenziale: l'impianto sarà costituito da una corda di rame interrata lungo il perimetro dell'edificio ed integrata con picchetti, dai collettori di terra, dai conduttori di terra, di protezione ed equipotenziali e da tutti i collegamenti PE ed equipotenziali;
- **12° fase** – realizzazione delle fondazioni per le Cabine di trasformazione/Cabina di Consegna: tramite l'utilizzo di macchine escavatrici e betoniere verranno realizzate le fondazioni atte ad ospitare i basamenti delle Cabine Prefabbricate; per la realizzazione verranno approntati tutti gli accorgimenti per evitare la filtrazione del calcestruzzo nel terreno durante il getto delle fondazioni;
- **13° fase** - montaggio dei telai metallici di supporto dei moduli: una volta completata l'infissione nel terreno dei pali di fondazione delle strutture verrà effettuato il montaggio della sovrastruttura metallica su cui poi verranno fisicamente installati i moduli fotovoltaici tramite l'ausilio di idonei sistemi di fissaggio (clips, rivetti...);
- **14° fase** - posa delle cabine di trasformazione: mediante l'impiego di auto gru verranno posate le Cabine di Trasformazione BT/AT, e la Cabina di Consegna le quali, essendo strutture prefabbricate, verranno trasportate in campo con degli auto-articolati e quindi posizionate nelle fondazioni precedentemente approntate;
- **15° fase** – installazione inverter di stringa: gli inverter previsti per il presente progetto sono di tipo "di stringa" e verranno installati in maniera distribuita all'interno del campo al fine di ottimizzare i cablaggi previsti e minimizzare le cadute di tensione in Corrente Continua ed in Corrente Alternata;
- **16° fase** - montaggio dei moduli FV e Cablaggio Stringhe: i moduli fotovoltaici verranno distribuiti in campo dalle aree di stoccaggio con l'ausilio di mezzi meccanici e verranno poi installati da operai qualificati sulle strutture precedentemente completate. A seguito del montaggio meccanico dei moduli questi verranno cablati, attraverso i cavi forniti dal produttore ed installati sul retro dei pannelli, al fine di collegarli in serie da 28 moduli che poi andranno connesse agli Inverter di Stringa tramite Cavi posati nei tubi precedentemente interrati;
- **17° fase** – cablaggio degli Inverter di Stringa con le Power Stations: i cavi AC in Bassa Tensione in arrivo dagli Inverters di Stringa verranno convogliati alle rispettive Cabine di Trasformazione di riferimento dove verranno parallelati in idonei Quadri di Parallelo BT e poi connessi ai Trasformatori BT/AT per l'elevazione della Tensione fino a 36 kV;

- **18° fase** – Connessione delle Power Stations con le Cabine Utente: le linee in Alta Tensione dalle Cabine di Trasformazione saranno convogliate alla Cabina di Consegna; nello specifico si avranno n°7 Cabine di Trasformazione.
- **19° fase** – installazione e montaggio sistema di videosorveglianza, allarme e illuminazione perimetrale: la sorveglianza e l’antintrusione dell’impianto fotovoltaico sarà realizzata mediante sistema totalmente integrato ed automatizzato. Il sistema centralizza ed integra la gestione del controllo accessi, degli impianti di antintrusione e del sistema di videocontrollo previsti a protezione del sito fotovoltaico. L’illuminazione perimetrale viene attivata unicamente in caso di intrusione e limitatamente alla zona di rilevamento dell’evento in modo da scoraggiare eventuali intrusi;
- **20° fase** – installazione e montaggio sistema di monitoraggio: all’interno dell’impianto fotovoltaico verranno installati dei sensori di irraggiamento (orizzontali e complanari ai moduli), delle sonde di temperatura moduli e una stazione meteorologica con anemometro al fine di monitorare il rendimento dell’impianto rispetto alle condizioni climatiche riscontrate; gli Inverter saranno dotati di un sistema di monitoraggio integrato che permetterà la verifica di tutti i parametri elettrici e che permetterà di identificare eventuali anomalie;
- **21° fase** – attività di collaudo e commissioning: verranno effettuate tutte le attività e verifiche di collaudo “a freddo” prima della messa in funzione dell’Impianto Fotovoltaico e verranno commissionati e verificati tutti i componenti principali (Inverters, Trasformatori BT/AT, ecc...);
- **22° fase** - rimozione delle aree di cantiere secondarie: verranno ripristinate allo stato di fatto le aree utilizzate temporaneamente come aree temporanee di stoccaggio materiali e quelle utilizzate per accogliere le varie cabine di servizio per il personale addetto;
- **23° fase** - realizzazione delle opere di mitigazione: contemporaneamente alle fasi di rimozione del cantiere si inizieranno a realizzare le opere di mitigazione previste dal progetto e dal piano del verde: preparazione e trattamento del terreno e impianto delle nuove essenze arboree (arbusti e alberature);
- **24° fase** – fine lavori impianto di produzione.

6.1 Elementi generali relativi al sistema di sicurezza per la realizzazione del progetto

L'intervento oggetto della presente relazione è finalizzato alla realizzazione di una centrale per la produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica.

L'intervento consiste sostanzialmente nelle seguenti macro-aree di lavorazione: movimenti terra, installazione impianti elettrici, sollevamenti ed esecuzione opere edili.

In fase di progettazione esecutiva e di cantiere dovranno essere nominate le figure di cui al D.lgs. 81/2008 garanti del rispetto dei requisiti di sicurezza dei lavoratori sul cantiere; purtuttavia presentano di seguito alcune note generali in quanto le scelte di tipo logistico e funzionale fatte in questo momento influenzeranno l'andamento del cantiere, sia in termini di efficienza sia di sicurezza.

In questa fase le considerazioni che si sono fatte relativamente alla sicurezza dei lavoratori durante le operazioni di cantiere sono le seguenti:

- Collocare l'area di cantiere in zona centrale all'impianto e pianeggiante;
- Ubicare i pannelli in punti ove il terreno presenta una buona stabilità e quindi a ridotto rischio di smottamenti;
- Realizzare i piazzali per le cabine in posizioni il più pianeggianti possibili, di modo da ridurre i movimenti terra e facilitare le lavorazioni;
- Prediligere l'uso di strade esistenti.
- Di seguito si riassumono le principali lavorazioni che verranno eseguite, e vengono fornite alcune prime indicazioni circa gli accorgimenti da attuare per garantire la sicurezza.

6.2 Modifica del profilo del terreno

Modifica del profilo del terreno, eseguito con mezzi meccanici ed a mano, per addolcire declivi, eliminare asperità ecc. allo scopo di adattarlo alle specifiche necessità, anche attraverso la movimentazione di modesti volumi di terreno.

Macchine utilizzate:

- Autocarro;
- Escavatore;
- Pala meccanica;
- Grader.

Lavoratori impegnati:

- Addetto alla modifica del profilo del terreno;
- Addetto alla modifica del profilo del terreno eseguito con mezzi meccanici ed a mano.

Misure Preventive e Protettive generali, aggiuntive a quelle specifiche riportate nel successivo capitolo:

- DPI: Addetto alla modifica del profilo del terreno;

Prescrizioni Organizzative: Devono essere forniti ai lavoratori adeguati dispositivi di protezione individuale:

- casco;
- guanti;
- occhiali protettivi;
- mascherina antipolvere;
- otoprotettori;
- calzature di sicurezza con suola antisdrucchiolo e impermeforabile.

Rischi a cui è esposto il lavoratore:

- Inalazioni polveri, fibre, gas, vapori;
- Seppellimenti e sprofondamenti;
- Rumore: dBA 85 / 90.

Attrezzi utilizzati dal lavoratore:

- Andatoie e passerelle;
- Attrezzi manuali;
- Carriola;
- Compressore con motore endotermico;
- Scala semplice;
- Martello demolitore pneumatico.

6.3 Scavi di sbancamento e scavi a sezione ristretta

Gli scavi e sbancamenti a cielo aperto sono eseguiti con l'ausilio di mezzi meccanici (pala meccanica e/o escavatore) e/o a mano mentre gli scavi a sezione ristretta, eseguiti a cielo aperto o all'interno di edifici, a mano e/o con mezzi meccanici.

Il ciglio superiore dello scavo dovrà risultare pulito e spianato così come le pareti, che devono essere sgombre da irregolarità o blocchi.

Nei lavori di escavazione con mezzi meccanici deve essere vietata la presenza degli operai nel campo di azione dell'escavatore e sul ciglio o alla base del fronte di attacco.

Quando per la particolare natura del terreno o per causa di piogge, di infiltrazione, di gelo o disgelo, o per altri motivi, siano da temere frane o scoscendimenti, deve essere provveduto all'armatura o al consolidamento del terreno.

Macchine utilizzate:

- Autocarro (per scavi di sbancamento);
- Pala meccanica (per scavi di sbancamento);
- Dumper (per scavi a sezione ristretta);
- Escavatore (per entrambe le tipologie).

Lavoratori impegnati:

- Addetto alla scavo;
- Addetto alla scavo, eseguito a cielo aperto o all'interno di edifici, a mano e/o con mezzi meccanici.

Misure Preventive e Protettive generali, aggiuntive a quelle specifiche riportate nel successivo capitolo:

- DPI: Addetto alla scavo;

Prescrizioni Organizzative: Devono essere forniti ai lavoratori adeguati dispositivi di protezione individuale:

- casco;
- guanti;
- occhiali protettivi;
- mascherine;
- otoprotettori;

- calzature di sicurezza con suola antisdrucciolo e impermeabile.

Rischi a cui è esposto il lavoratore:

- Inalazioni polveri, fibre, gas, vapori;
- Caduta dall'alto;
- Incendi o esplosioni;
- Seppellimenti e sprofondamenti;
- Rumore: dBA 85 / 90.

Attrezzi utilizzati dal lavoratore:

- Andatoie e passerelle;
- Attrezzi manuali;
- Carriola;
- Compressore con motore endotermico;
- Scala semplice;
- Martello demolitore pneumatico.

6.4 Trasporto e stoccaggio pannelli fotovoltaici

Movimentazione e stoccaggio nel cantiere di elementi per assemblaggio dei pannelli.

Il carico, il trasporto e lo scarico degli elementi prefabbricati devono essere effettuati con i mezzi e le modalità appropriati in modo da assicurare la stabilità del carico e del mezzo in relazione alla velocità di quest'ultimo e alle caratteristiche del percorso. I percorsi su aree private e nei cantieri devono essere fissati previo controllo della loro agibilità e portanza da ripetere ogni volta che, a seguito dei lavori o di fenomeni atmosferici, se ne possa presumere la modifica. Nel caso di terreni in pendenza andrà verificata l'idoneità dei mezzi di sollevamento a sopportare il maggior momento ribaltante determinato dallo spostamento di carichi sospesi; andrà inoltre verificata l'idoneità del sottofondo a sopportare lo sforzo frenante soprattutto in conseguenza di eventi atmosferici sfavorevoli.

Su tutti gli elementi prefabbricati destinati al montaggio e di peso superiore a 2 tonnellate deve essere indicato il loro peso effettivo.

Macchine utilizzate:

- Autocarro;
- Autogrù.

Lavoratori impegnati:

- Addetto all'imbracatura [Apparecchi di sollevamento];
- Addetto all'imbracatura, all'avviamento ed alla ricezione del carico, e alle segnalazioni con l'operatore dell'apparecchio di sollevamento.

Misure Preventive e Protettive generali, aggiuntive a quelle specifiche riportate nel successivo capitolo:

- DPI: Addetto all'imbracatura [Apparecchi di sollevamento];

Prescrizioni Organizzative: Devono essere forniti ai lavoratori adeguati dispositivi di protezione individuale:

- casco;
- guanti;
- mascherine;
- calzature di sicurezza con suola antidrucciolo e imperforabile.

Rischi a cui è esposto il lavoratore:

- Caduta di materiale dall'alto o a livello;
- Elettrocuzione;
- Rumore: dBA 85 / 90.

Attrezzi utilizzati dal lavoratore:

- Attrezzi manuali.

6.5 Montaggio pannelli e strutture

Montaggio pannelli, travi, pilastri, ecc. realizzati in fabbrica e successivamente trasportati sul cantiere per la posa in opera.

Prima dell'inizio dell'opera deve essere messa a disposizione dei responsabili del lavoro, degli operatori e degli organi di controllo, la seguente documentazione tecnica:

- piano di lavoro sottoscritto dalla o dalle ditte e dai tecnici interessati che descriva chiaramente le modalità di esecuzione delle operazioni di montaggio e la loro successione;
- procedure di sicurezza da adottare nelle varie fasi di lavoro fino al completamento dell'opera;

- nel caso di più ditte operanti nel cantiere, cronologia degli interventi da parte delle diverse ditte interessate.

In mancanza di tale documentazione tecnica, della quale dovrà essere fatta esplicita menzione nei documenti di appalto, è fatto divieto di eseguire operazioni di montaggio.

Il fornitore dei prefabbricati e la ditta di montaggio, ciascuno per i settori di loro specifica competenza, sono tenuti a formulare istruzioni scritte corredate da relativi disegni illustrativi circa le modalità di effettuazione delle varie operazioni e di impiego dei vari mezzi al fine della prevenzione degli infortuni. Tali istruzioni dovranno essere compatibili con le predisposizioni costruttive adottate in fase di progettazione e costruzione.

Su tutti gli elementi prefabbricati destinati al montaggio e di peso superiore a 2 tonnellate deve essere indicato il loro peso effettivo.

- Macchine utilizzate:
- Grù a torre.

Lavoratori impegnati:

- Addetto all'imbracatura [Apparecchi di sollevamento];
- Addetto all'imbracatura, all'avviamento ed alla ricezione del carico, e alle segnalazioni con l'operatore dell'apparecchio di sollevamento.

6.5.1 Misure Preventive e Protettive generali (imbracature):

Addetto all'imbracatura [Apparecchi di sollevamento];

Prescrizioni Organizzative: Devono essere forniti ai lavoratori adeguati dispositivi di protezione individuale:

- casco;
- guanti;
- mascherine;
- calzature di sicurezza con suola antisdrucchiolo e impermeforabile.

Rischi a cui è esposto il lavoratore:

- Caduta di materiale dall'alto o a livello;
- Elettrocuzione;
- Rumore: dBA 85 / 90.

Attrezzi utilizzati dal lavoratore:

- Attrezzi manuali.

Lavoratori impegnati:

- Addetto al montaggio di prefabbricati;
- Addetto al montaggio pannelli, travi, pilastri, ecc. realizzati in fabbrica e successivamente trasportati sul cantiere per la posa in opera.

6.5.2 Misure Preventive e Protettive generali (prefabbricati):

Addetto al montaggio di prefabbricati;

Prescrizioni Organizzative: Devono essere forniti ai lavoratori adeguati dispositivi di protezione individuale:

- Elmetto;
- guanti;
- calzature di sicurezza con suola antidrucciolo e imperforabile.

Rischi a cui è esposto il lavoratore:

- Caduta dall'alto;
- Rumore: dBA 85 / 90.

Attrezzi utilizzati dal lavoratore:

- Attrezzi manuali;
- Avvitatore elettrico;
- Ponteggio metallico fisso;
- Ponteggio mobile o trabattello;
- Saldatrice elettrica;
- Scala doppia;
- Smerigliatrice angolare (flessibile);
- Trapano elettrico.

6.6 Getto in calcestruzzo per strutture di fondazione

Esecuzione di getti di cls per la realizzazione di strutture di fondazione, dirette (come plinti, travi rovesce, platee, ecc.) o indirette (come pali battuti gettati in opera, ecc.)

Macchine utilizzate:

- Autobetoniera;
- Autopompa per cls.

Lavoratori impegnati:

- Addetto al getto di cls per strutture di fondazione;
- Addetto all'esecuzione di getti di cls per la realizzazione di strutture di fondazione, dirette (come plinti, travi rovesce, platee, ecc.) o indirette (come pali battuti gettati in opera, ecc.).

6.6.1 Misure Preventive e Protettive generali (strutture in elevazione):

Addetto al getto di cls per strutture in elevazione;

Prescrizioni Organizzative: Devono essere forniti ai lavoratori adeguati dispositivi di protezione individuale:

- casco;
- guanti;
- mascherine;
- stivali di sicurezza;
- indumenti protettivi (tute).

Rischi a cui è esposto il lavoratore:

- Elettrocuzione;
- Rumore: dBA 85 / 90.

Attrezzi utilizzati dal lavoratore:

- Attrezzi manuali;
- Andatoie e passerelle;
- Ponteggio metallico fisso;
- Ponteggio mobile o trabattello;
- Scala doppia;
- Scala semplice;
- Vibratore elettrico per cls.

6.7 Lavorazione e posa ferri di armatura per strutture di fondazione

Lavorazione (sagomatura, taglio, saldatura) di tondini di ferro per armature di strutture in c.a. e posa nelle cassature, nel caso di fondazioni dirette, o all'interno dei fori eseguiti nel terreno per la realizzazione di pali di fondazione.

Macchine utilizzate:

- Grù a torre.

Lavoratori impegnati:

- Addetto all'imbracatura [Apparecchi di sollevamento];
- Addetto all'imbracatura, all'avviamento ed alla ricezione del carico, e alle segnalazioni con l'operatore dell'apparecchio di sollevamento.

6.7.1 Misure Preventive e Protettive generali (apparecchi di sollevamento)

Addetto all'imbracatura [Apparecchi di sollevamento];

Prescrizioni Organizzative: Devono essere forniti ai lavoratori adeguati dispositivi di protezione individuale:

- casco;
- guanti;
- mascherine;
- scarpe di sicurezza con suola antiscivolo e imperforabile.

Rischi a cui è esposto il lavoratore:

- Caduta di materiale dall'alto o a livello;
- Elettrocuzione;
- Rumore: dBA 85 / 90.

Attrezzi utilizzati dal lavoratore:

- Attrezzi manuali;

Lavoratori impegnati:

- Ferraiolo: strutture di fondazione;
- Addetto alla lavorazione e posa nelle cassature di tondini di ferro per armature di strutture di fondazione.

6.7.2 Misure Preventive e Protettive generali (ferraiolo in strutture di fondazione)

Ferraiolo in strutture di fondazione;

Prescrizioni Organizzative: Devono essere forniti ai lavoratori adeguati dispositivi di protezione individuale:

- casco;
- guanti;
- scarpe di sicurezza con suola antiscivolo e imperforabile;
- occhiali o schermi facciali paraschegge.

Rischi a cui è esposto il lavoratore:

- Elettrocuzione;
- Rumore: dBA 85 / 90.

Attrezzi utilizzati dal lavoratore:

- Attrezzi manuali;
- Ponteggio mobile o trabattello;
- Saldatrice elettrica;
- Scala doppia;
- Scala semplice;
- Trancia-piegaferri.

6.8 Realizzazione carpenteria per strutture di fondazione

Realizzazione di opere di carpenteria per strutture di fondazione diretta, come plinti, travi rovesce, travi portatompagno, ecc.

Macchine utilizzate:

- Grù a torre.

Lavoratori impegnati:

- Addetto all'imbracatura [Apparecchi di sollevamento];
- Addetto all'imbracatura, all'avviamento ed alla ricezione del carico, e alle segnalazioni con l'operatore dell'apparecchio di sollevamento.

6.8.1 Misure Preventive e Protettive generali (apparecchi di sollevamento)

Addetto all'imbracatura [Apparecchi di sollevamento];

Prescrizioni Organizzative: Devono essere forniti ai lavoratori adeguati dispositivi di protezione individuale:

- casco;
- guanti;
- scarpe di sicurezza con suola antiscivolo e imperforabile.

Rischi a cui è esposto il lavoratore:

- Caduta dall'alto;
- Caduta di materiale dall'alto o a livello;
- Elettrocuzione;
- Rumore: dBA 85 / 90.

Attrezzi utilizzati dal lavoratore:

- Attrezzi manuali.

Lavoratori impegnati:

- Carpenteriere: Strutture in fondazione;
- Addetto alla realizzazione di opere di carpenteria per strutture di fondazione diretta, come plinti, travi rovesce, travi portatompagno, ecc.

6.8.2 Misure Preventive e Protettive generali (carpenterie in fondazione)

Carpenterie in strutture di fondazione;

Prescrizioni Organizzative: Devono essere forniti ai lavoratori adeguati dispositivi di protezione individuale:

- casco;
- guanti;
- mascherine;
- grembiuli di cuoio;
- calzature di sicurezza con suola antisdrucchiolo e imperforabile;
- otoprotettori.

Rischi a cui è esposto il lavoratore:

- Elettrocuzione;
- Rumore: dBA 85 / 90.

Attrezzi utilizzati dal lavoratore:

- Attrezzi manuali;
- Ponteggio mobile o trabattello;
- Scala doppia;
- Scala semplice;
- Sega circolare.

Di seguito si riportano i principali rischi individuati per le lavorazioni sopra elencate:

- Elettrocuzione;
- Investimento e ribaltamento;
- Seppellimenti e sprofondamenti.

6.9 Criteri generali per la scelta dei siti di cantiere

Partendo da quanto definito nell'ambito degli elaborati progettuali, la selezione dei siti di cantiere è certamente obbligata e ricade in aree coincidenti con la zona di installazione degli impianti.

Nel corso di tale scelta sono stati contemplati sia parametri di ordine tecnico-funzionale, che parametri ambientali, oltre alle indicazioni fornite dal PEARS Sardegna. Secondo tali indicazioni, infatti, il cantiere deve occupare la minima superficie di suolo, aggiuntiva rispetto a quella occupata dall'impianto e deve interessare, ove possibile, aree degradate da recuperare o comunque suoli già disturbati ed alterati.

In via generale, quindi, la localizzazione delle aree di cantiere ha coinciso con le aree di installazione degli impianti, e per ciò che concerne il cantiere base ha tenuto conto delle seguenti finalità:

- posizione limitrofa alle aree dei lavori al fine di consentire il facile raggiungimento dei siti di lavorazione, limitando pertanto il disturbo determinato dalla movimentazione di mezzi;
- facile allaccio alla rete dei servizi (elettricità, rete acque bianche/nere);
- agevole accesso viario;
- minimizzazione dell'impegno della rete viaria per l'approvvigionamento/smaltimento dei materiali;
- massima riduzione dell'induzione al contorno di potenziali interferenze ambientali.

Nel caso in esame, la natura orografica del territorio non determina particolari difficoltà ai collegamenti tra le varie aree di lavoro ed al trasporto dei materiali, presentandosi sostanzialmente libero da ostacoli.

6.9.1 Tipologia e caratteristiche dei cantieri

I cantieri previsti per la realizzazione del nuovo parco fotovoltaico, si possono suddividere come segue:

- il “*Cantiere Base*”, contenente i baraccamenti per l'alloggiamento delle maestranze, le mense, gli uffici, gli impianti e tutti i servizi logistici necessari per il funzionamento del cantiere, fornendo nel contempo supporto logistico ai servizi operativi ubicati in vicinanza;
- i “*Cantieri Operativi*”, che sono direttamente al servizio della produzione, contengono essenzialmente i mezzi di cantiere utili alla realizzazione degli impianti ed aree per l'assemblaggio delle strutture prefabbricate che vengono qui trasferite.

6.9.2 Cantiere base

Sulla base della natura ed entità delle opere d'arte e dei manufatti da realizzare, nonché della valenza, vocazione e caratteristiche di fruibilità delle aree prospicienti le aree di lavorazione, è stata individuata la zona idonea per l'installazione dell'unico sito con tipologia di “cantiere base”.

Il cantiere base è stato individuato su un'area sostanzialmente libera da vegetazione, confinante con la sede stradale interna del parco, che potrà permettere un agevole collegamento con le aree di lavorazione (cantieri operativi – piazzole di installazione impianti) e con la rete stradale ordinaria, permettendo così un rapido trasferimento dei materiali da/per le aree di lavorazione e di stoccaggio definitivo.

Sulla base delle caratteristiche delle aree individuate è possibile prevedere che in corrispondenza del cantiere principale siano allestiti i servizi di base, quali:

- Locali uffici per la Direzione del Cantiere e per la Direzione Lavori;
- Locali mensa;
- Locali magazzino attrezzi;
- Alloggi per impiegati ed operai;
- Servizi igienici e sanitari;
- Locali spogliatoi con docce, infermeria e pronto soccorso;

- Serbatoi acqua;
- Tettoie per il ricovero mezzi d'opera;
- Area raccolta rifiuti;
- Parcheggi

Le costruzioni presenti nei cantieri di base, per il carattere temporaneo degli stessi, sono prevalentemente di tipo prefabbricato, con pannellature sia in legno che metalliche componibili o con struttura portante modulare (box singoli o accostabili); l'abitabilità interna degli ambienti deve garantire un adeguato grado di comfort.

Infine, in funzione della logistica propria degli eventuali singoli appaltatori e delle relative scelte circa la gestione della manodopera, potranno essere necessari baraccamenti comuni atti ad ospitare la mensa e gli alloggiamenti per il personale, soprattutto specializzato (di più difficile reperibilità locale).

6.9.3 Cantieri operativi

In considerazione delle necessità operative e della localizzazione del cantiere base, per la realizzazione delle opere in progetto sarà necessario predisporre delle aree da adibire a "cantieri operativi" per l'approntamento delle strutture da mettere in opera. Il collegamento funzionale tra le aree di lavorazione avviene mediante rete ordinaria, sfruttando parte della viabilità esistente.

Nelle aree adibite a cantiere operativo verranno utilizzati numerosi macchinari, quali autogrù idrauliche ed a traliccio, autobetoniere, pompe per calcestruzzo, pale meccaniche, bulldozers, escavatori, autocarri e dumpers, rulli compattatori gommati, martelli demolitori pneumatici ed elettrici ed infine martelli perforatori e perforatrici.

Inoltre è necessario prevedere una zona per la movimentazione e lo stoccaggio di materiali e strutture ed aree di manovra e operatività.

6.9.4 Cantiere "Mobile"

Il cantiere mobile sarà impiantato direttamente nelle aree dove saranno svolti i lavori che riguarderanno:

- la realizzazione delle nuove strade di collegamento agli impianti;
- l'adeguamento delle strade esistenti, interessate dal passaggio dei mezzi speciali per il trasporto delle strutture;
- la realizzazione del cavidotto che interesserà il tracciato di collegamento tra gli impianti ed il punto di consegna alla rete del gestore.

Per ognuno dei punti precedenti si avrà cura di disporre lungo la sede stradale, in prossimità del cantiere, cartelli segnalanti il pericolo per i lavori in corso, che indicheranno di rallentare e la velocità da tenere nel tratto interessato dai lavori.

6.10 Approvvigionamento di cls e mezzi d'opera

Le necessità operative per la realizzazione delle opere in progetto e le caratteristiche di offerta specifica presenti lungo il territorio comunale e nell'area circostante sono tali da aver determinato la soluzione che non vede l'installazione di una stazione di betonaggio nelle aree dei cantieri operativi e nell'area del cantiere base.

Per quanto riguarda il parco mezzi, in via del tutto preliminare, sulla base delle lavorazioni previste e prevedibili è possibile ipotizzare la presenza delle seguenti tipologie di mezzi:

- Grù
- Autocarro
- pala meccanica
- escavatore idraulico a cucchiaia rovescia
- perforatrice
- martellone
- livellatrice
- rullo compressore vibrante
- compressore

6.11 Viabilità di cantiere

6.11.1 Preparazione dei siti

La preparazione dei siti interessati dalle lavorazioni comporterà varie attività a seconda del tipo di cantiere.

L'apertura del cantiere base comporterà le seguenti attività:

- scotico del terreno vegetale (quando necessario), con relativa rimozione ed accatastamento sul margine del perimetro di cantiere (ottenendo così un primo effetto schermante e/o antirumore);
- formazione del piazzale da adibire a viabilità e parcheggio interno con materiali inerti;

- delimitazione dell'area con idonea recinzione e cancelli di ingresso;
- predisposizione degli allacciamenti alle reti di pubblici servizi;
- realizzazione delle reti di distribuzione interna la campo (energia elettrica, rete di terra e contro le scariche atmosferiche, impianto di illuminazione esterna, reti acqua potabile ed industriale, fognature, telefoni, gas, ecc.) e dei relativi impianti;
- costruzione dei basamenti dei prefabbricati;
- montaggio dei prefabbricati;

L'apertura dei cantieri operativi e di quelli mobili comporterà invece:

- scotico del terreno vegetale (quando necessario), con relativa rimozione ed accatastamento sul margine del perimetro di cantiere (ottenendo così un primo effetto schermante e/o antirumore);
- realizzazione dei piazzali per l'installazione e lo stoccaggio dei materiali e delle strutture;
- realizzazione di strade di collegamento da e per i piazzali (con scavi, sbancamenti e demolizioni);
- adeguamento delle strade esistenti ed interessate dal passaggio dei mezzi speciali (con scavi, sbancamenti e demolizioni).

6.11.2 Strade di accesso ai cantieri operativi

Sarà necessario, come detto, prima dell'inizio dei lavori, adeguare le strade esistenti e realizzare i nuovi collegamenti da e per i piazzali delle lavorazioni. Tali strade saranno interessate dal passaggio dei mezzi per il trasporto delle strutture e dovranno avere le seguenti caratteristiche geometriche e funzionali:

- larghezza utile di 5 m circa;
- pendenza massima ammissibile del 10%, potendo arrivare in alcuni casi al 12% per brevi tronchi lunghi circa 50m;
- raggio minimo interno di curvatura pari a 28 m con larghezza utile in curva della strada pari ad almeno 8m;
- carico massimo ammissibile pari a 120 t (12 t per asse, ipotizzando mezzi speciali con al massimo 10 assi);

La realizzazione di nuove sezioni stradali per la viabilità dovrà essere interessata da:

- Terreno selezionato: generalmente l'eliminazione dei primi strati di terreno è sufficiente per raggiungere uno strato di materiale compatto; successivamente il terreno deve

essere completato con zavorra artificiale. Se il terreno è sufficientemente morbido tale da non trovare materiale compatto, bisognerà usare uno strato alto 20 cm di zavorra compatta e ghiaia artificiale.

- Ghiaia artificiale: la miscela è costituita da un insieme di materiale secco, parzialmente o totalmente macinato, con granulometria continua. La compattazione del materiale va fatta strato per strato e sempre con acqua.

Nel caso non sia possibile ottenere terreno selezionato, si può utilizzare uno strato alto 30 cm di roccia più uno strato alto 30 cm di ghiaia.

6.11.3 Piazzole

Le dimensioni delle piazzole da utilizzare dovranno essere di almeno 55 x 40 m, dimensione utile all'installazione della gru di montaggio. Inoltre dovrà essere prevista in prossimità della strada di accesso, un'area per lo stoccaggio e l'assemblaggio delle strutture dell'impianto.

6.11.4 Fabbisogni e movimentazione materiali

La realizzazione delle opere in progetto non comporterà, considerata la tipologia dell'opera, una rilevante movimentazione di materiale sia in uscita che in entrata rispetto ai cantieri operativi. La movimentazione di inerti e terre sarà esclusivamente legata ai cantieri mobili, alle opere di adeguamento delle strade esistenti, ai lavori per la realizzazione delle nuove strade di accesso agli impianti ovvero ad opere come demolizioni, scavi e sbancamenti.

6.11.5 Le cave

Per le opere d'interesse progettuale, i materiali per l'approvvigionamento del calcestruzzo e l'acciaio per il cemento armato possono essere facilmente reperibili in loco e lavorati direttamente in cantiere. Rimane il problema dei materiali non riutilizzabili come ad esempio il terreno di scortico.

L'obiettivo fondamentale per la politica di gestione dei rifiuti è la sostanziale riduzione della quantità di rifiuti da smaltire e quindi il superamento della logica della discarica come unica possibilità di smaltimento. Pertanto il fine che si intende perseguire è quello di una selezione a valle della raccolta, finalizzata anche al recupero ed al riutilizzo di quelle materie prime che con l'accantonamento dei rifiuti vanno inesorabilmente perse.

Pertanto sarebbe auspicabile che i materiali non idonei al riutilizzo, vengano previamente trattati e recuperati (separati in famiglie di componenti omogenei e resi inerti, tramite biorimedi o per mezzo di idonei impianti) al fine di essere reinseriti in situ o in siti da ripristinare.

In estrema sintesi, per l'approvvigionamento delle materie prime utili alla fabbricazione delle opere in progetto non risultano particolari difficoltà; per quanto concerne, le eccedenze e/o i residui dismessi, qualora fosse accertato che non possono essere riutilizzati, si potrebbe provvedere al loro reimpiego per il recupero ambientale di aree dismesse come ad esempio siti estrattivi abbandonati.

6.11.6 Le discariche

Dal momento che sia le opere in progetto, sia il cantiere per i lavori necessari alla loro realizzazione non si trovano in ambito urbano, l'entità delle volumetrie provenienti dai lavori di demolizione e di scavo ed il relativo allontanamento a discarica non comportano aggravii alla componente ambientale, ma forse marginalmente alle necessità trasportistiche connesse con il transito dei camion sulla viabilità locale.

Il materiale proveniente dall'area di lavorazione, che non può essere in alcun modo riutilizzato, potrà essere conferito in discariche di inerti. La scelta puntuale non potrà che avvenire nell'ambito di successive fasi di approfondimento progettuale (anche in relazione agli effettivi costi di smaltimento e di trasporto).

6.12 Procedure di precauzione e salvaguardia per la fase di cantiere

6.12.1 Alterazione del ruscellamento/infiltrazione

Durante la fase di costruzione particolare importanza riveste la protezione dei cantieri da possibili allagamenti dovuti a fenomeni meteorologici di particolare intensità. Tali apporti idrici, a carattere saltuario e concentrati in determinati periodi dell'anno si vanno a sommare alle acque di falda i cui livelli interferiscono con continuità con quelli del piano di lavoro all'interno degli scavi.

Pertanto le protezioni da adottarsi potranno essere costituite da interventi di limitazione e circoscrizione delle superfici direttamente scolanti attraverso la realizzazione di arginelli provvisori e opportune profilature (contropendenza) degli accessi alle rampe e realizzazione di manufatti provvisori di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche.

6.12.2 Salvaguardia per la qualità delle acque sotterranee

Per minimizzare il rischio di inquinamento della falda sarà necessario adottare in fase di cantiere tutte le accortezze del caso. In particolare, sono state individuate le seguenti procedure di mitigazione:

- attento monitoraggio della sottrazione d'acqua;

- utilizzazione di fanghi polimerici biodegradabili e caratterizzati da bassi coefficienti di smaltibilità (dissolvenza sul medio-breve periodo) per prevenire la diffusione di sostanze inquinanti in falda durante le attività di trivellazione e restituire la permeabilità originaria al terreno interessato da trivellazioni;
- impermeabilizzazioni delle pareti dei fori di perforazione che andando a interessare la falda per uno spessore considerevole rappresentano una potenziale via di diffusione di inquinanti negli orizzonti profondi.

Per l'area di cantiere andrà inoltre previsto, se necessario, un impianto di depurazione delle acque reflue derivanti dall'uso industriale (lavaggio dei mezzi, acque miste a sostanze oleose) e dall'uso umano (acque nere, acque bianche).

L'impianto di depurazione consiste in una vasca di raccolta ed un decantatore a flusso verticale. Contemporaneamente la pompa dosatrice immette nella tubazione di mandata una soluzione di polielettrolita opportunamente dosata. Il risultato consente di ottenere una rapida precipitazione del fango nel decantatore mentre l'acqua depurata può ritornare in ciclo ed essere riutilizzata per il lavaggio delle autobetoniere e per gli altri impianti.

L'impianto è completato da un'apparecchiatura per il trattamento dei fanghi.

Di tali impianti ne esistono oggi numerosi modelli in commercio normalmente costruiti in forma modulare in funzione degli abitanti equivalenti serviti e ormai collaudati con esito positivo in parecchi anni di servizio.

Possono essere anche di tipo prefabbricato con il vantaggio che al momento di togliere il campo non ci sarà bisogno di demolirli, ma anzi li si potrà riciclare dopo opportuna revisione. Essi garantiscono il livello di depurazione previsto dalla normativa vigente e pertanto sono abilitati allo scarico in acque superficiali e in fogna.

Normalmente l'installazione può avvenire sia fuori che sotto terra ed in quest'ultima versione, la superficie è perfettamente carrabile poiché realizzata con griglie metalliche in grado di sopportare il peso di un autocarro.

Poiché l'impianto è attrezzato con pompe soffianti d'aria, esso richiede l'allacciamento alla rete elettrica. Inoltre dovrà essere spurgato dai fanghi 2-3 volte all'anno mediante ricorso ad autobotte provvista di aspiratore.

6.12.3 Interventi a carattere atmosferico

Le indicazioni che possono essere fornite riguardano attenzioni o opportunità la cui applicabilità ed efficacia dovrà essere verificata nel corso dell'avanzamento dei lavori rispettivamente dai tecnici incaricati della progettazione del cantiere e dagli organismi preposti al controllo dell'inquinamento dell'aria.

Si prevedono infatti:

- copertura dei carichi che possono essere dispersi in fase di trasporto;
- pulizia ad umido dei pneumatici degli autoveicoli in uscita dal cantiere tramite vasche d'acqua;
- programmazione di operazioni di innaffiamento delle aree con autobotti;
- riduzione delle immissioni;
- definizione del lay-out di dettaglio in modo da aumentare la distanza delle sorgenti potenziali dalle aree critiche, con particolare attenzione ai ricettori abitativi sottovento.

6.12.4 Interventi a carattere acustico

Le azioni di mitigazione del rumore indotto in fase di cantiere possono individuarsi nelle seguenti procedure:

- fermo di parte dei macchinari in condizioni di non utilizzo nel caso in cui tali condizioni dovessero perdurare per un tempo significativo;
- altre misure di carattere tecnico, ove possibile, o di ordine organizzativo-procedurale negli altri casi.

Dovranno essere previste misure di contenimento dell'impatto acustico da adottare nelle situazioni operative più comuni, misure che riguardano in particolar modo l'organizzazione del lavoro nel cantiere e l'analisi dei comportamenti delle maestranze per evitare rumori inutili. In particolare, è necessario garantire, in fase di programmazione delle attività di cantiere, che operino macchinari e impianti di minima rumorosità intrinseca.

Successivamente, ad attività avviate, sarà importante effettuare una verifica puntuale sui ricettori più vicini, mediante monitoraggio, al fine di identificare le eventuali criticità residue e di conseguenza individuare le tecniche di mitigazione più idonee.

La riduzione delle emissioni direttamente sulla fonte di rumore può essere ottenuta tramite una corretta scelta delle macchine e delle attrezzature, con opportune procedure di manutenzione dei

mezzi e delle attrezzature e, infine, intervenendo quando possibile sulle modalità operazionali e di predisposizione del cantiere.

In tale ottica, pur in presenza di un areale di lavorazione assolutamente non critico per la ridotta presenza di ricettori, gli interventi attivi sui macchinari e le attrezzature possono come di seguito essere sintetizzati:

- Scelta delle macchine, delle attrezzature e miglioramenti prestazionali;
- Selezione di macchine ed attrezzature omologate in conformità alle direttive della Comunità Europea e ai successivi recepimenti nazionali;
- Impiego di macchine movimento terra ed operatrici gommate piuttosto che cingolate;
- Installazione, se già non previsti e in particolare sulle macchine di una certa potenza, di silenziatori sugli scarichi;
- Utilizzo di gruppi elettrogeni e compressori di recente fabbricazione insonorizzati.

Le principali azioni di manutenzione dei mezzi e delle attrezzature volte al contenimento del rumore sono:

- Eliminazione degli attriti attraverso operazioni di lubrificazione;
- Sostituzione dei pezzi usurati e che lasciano giochi;
- Controllo e serraggio delle giunzioni;
- Bilanciatura delle parti rotanti delle apparecchiature per evitare vibrazioni eccessive;
- Verifica della tenuta dei pannelli di chiusura dei motori;
- Svolgimento di manutenzione alle sedi stradali interne alle aree di cantiere e sulle piste esterne, mantenendo la superficie stradale livellata per evitare la formazione di buche;
- Limitazione allo stretto necessario delle attività nelle prime/ultime ore del periodo diurno (6-8 e 20-22);
- Imposizione di direttive agli operatori tali da evitare comportamenti inutilmente rumorosi (evitare di far cadere da altezze eccessive i materiali o di trascinarli quando possono essere sollevati...).

6.12.5 Misure di protezione delle alberature in area di cantiere

Qualora all'interno o in prossimità di aree di ampliamento delle sedi stradali (curve soprattutto) fossero presenti alberature, si dovrà procedere al relativo asporto netto di parte delle radici interferenti con le aree di scavo. Nel caso, le radici dovranno essere asportate con taglio netto, senza rilascio di sfilacciamenti; inoltre sulla superficie di taglio delle radici più grosse dovrà essere applicato mastice antibiotico.

Nel caso in cui le interferenze con i lavori riguardassero le chiome, si potrà attuare un leggero taglio di contenimento o, se possibile, l'avvicinamento dei rami all'asse centrale del tronco tramite legatura.

Per tutti gli alberi notevoli eventualmente presenti all'interno dell'area di cantiere che non risultino da abbattere dovranno essere attuati opportuni interventi di protezione dei fusti e delle radici in modo tale da impedire danneggiamenti da parte delle macchine.

Dovranno essere evitati gli accatastamenti di attrezzature e/o materiali alla base o contro i fusti delle piante, nonché l'infissione di chiodi o appoggi e l'installazione di cavi elettrici sugli alberi.

Su tutte le essenze che avranno subito alterazioni della parte aerea dovranno essere eseguite una serie di lavorazioni, atte a ripristinare il più possibile l'integrità dell'impianto esistente, favorendo anche eventuali integrazioni del nuovo impianto senza che si creino squilibri.

Le principali operazioni di manutenzione che dovranno essere eseguite sono le seguenti:

- potatura di manutenzione, conservazione e rimodanatura della chioma delle essenze, di tutte le parti rovinata, da eseguirsi con idonei attrezzi meccanici quali potasiepi, forbici pneumatiche ed altro. Tale operazione ha lo scopo di ottimizzare la ripresa vegetativa dopo lo stress subito;
- spollonatura di tutti i ricacci che possono squilibrare lo sviluppo delle piante;
- eventuale somministrazione e spargimento di concimi ed ammendanti al piede della pianta, ricreando la conca di raccolta dell'acqua (lo spessore massimo di riporto non dovrà essere superiore a 8 - 10 cm).

6.12.6 Descrizione del ripristino dell'area di cantiere

Al termine dei lavori di costruzione, l'area sarà soggetta ad interventi di ripristino tese a riportare lo stato dei luoghi alla situazione ex-ante, fermo restando il mantenimento delle infrastrutture necessarie alla manutenzione e gestione dell'impianto, ed in particolare delle strade di accesso al sito e dei piazzali di accesso alle cabine (di trasformazione e di consegna), necessari in caso di manutenzioni straordinarie degli stessi. Per quanto riguarda l'area di cantiere, essa verrà completamente riportata allo stato antecedente: i container verranno rimossi, le infrastrutture di cantiere smantellate ed il materiale arido posto sulla superficie verrà rimosso e smaltito, ed al suo posto ricollocato il terreno che era stato accantonato e conservato a seguito dello scotico iniziale. Al termine di queste operazioni, il terreno verrà sottoposto a compattazione e pulito dalle eventuali impurità residui dell'attività di cantiere.

7. RIEPILOGO DEGLI ASPETTI ECONOMICI E FINANZIARI DEL PROGETTO

7.1 Quadro economico

Di seguito si riporta il quadro economico dell'intervento, con le voci di costo raggruppate per macroaree.

| QUADRO ECONOMICO GENERALE | | | |
|--|------------------------|-------|-------------------------|
| "Valore complessivo dell'opera "privata" | | | |
| DESCRIZIONE | IMPORTI IN € | IVA % | TOTALE € (IVA compresa) |
| A) COSTO DEI LAVORI | | | |
| A.1) interventi previsti | 16.686.596,00 € | 10 | 18.355.255,60 € |
| A.2) oneri di sicurezza | 250.000,00 € | 10 | 275.000,00 € |
| A.3) opere di mitigazione | 132.200,00 € | 10 | 145.420,00 € |
| A.4) per Studio di Impatto Ambientale, Studio Preliminare Ambientale e Progetto di Monitoraggio Ambientale | 30.000,00 € | 22 | 36.600,00 € |
| A.5) oneri potenzialmente previsti per l'archeologia preventiva come previsto dal punto 9, delle Linee Guida per la procedura di VIARC (DPCM del 14 febbraio 2022) | 140.000,00 € | 22 | 170.800,00 € |
| A.6) Sistema Storage | 4.000.000,00 € | 10 | 4.400.000,00 € |
| A.7) opere connesse | 158.250,00 € | 10 | 174.075,00 € |
| TOTALE A | 21.397.046,00 € | | 23.557.150,60 € |
| B) SPESE GENERALI | | | |
| B.1) Redazione progetto | 40.000,00 € | 22 | 48.800,00 € |
| B.2) direzione lavori | 30.000,00 € | 22 | 36.600,00 € |
| B.3) rilievi, accertamenti ed indagini (specificare: <i>monitoraggio ambientale,</i>) | 20.000,00 € | 22 | 24.400,00 € |
| B.4) imprevisti | 70.000,00 € | 10 | 77.000,00 € |
| B.5) consulenza e supporto | 17.000,00 € | 22 | 20.740,00 € |
| B.6) collaudo tecnico e amministrativo, collaudo statico ed altri eventuali collaudi specialistici | 17.000,00 € | 22 | 20.740,00 € |
| B.7) allacciamenti a Pubblici servizi | 25.000,00 € | 22 | 30.500,00 € |
| B.8) attività di consulenza o di supporto | 13.000,00 € | 22 | 15.860,00 € |
| B.9) interferenze | | | |
| B.10) arrotondamenti | | | |
| B.11) pubblicità e, ove previsto, per opere artistiche | | | |
| B.12) varie | | | |
| B.13) per accertamenti di laboratorio e verifiche tecniche | 8.000,00 € | 22 | 9.760,00 € |
| TOTALE B | 240.000,00 € | | 284.400,00 € |
| C) eventuali altre imposte e contributi dovuti per legge (...specificare) oppure indicazione della disposizione relativa l'eventuale esonero . | | | |
| "Valore TOTALE (A + B + C) | 21.637.046,00 € | | 23.841.550,60 € |

TABELLA 5: QUADRO ECONOMICO DELL'OPERA

7.2 Sintesi delle forme di finanziamento per la copertura dei costi dell'intervento

Per la realizzazione dell'intervento è previsto un finanziamento di tipo Project Financing che rappresenta una tecnica finanziaria volta a rendere possibile il finanziamento di iniziative economiche sulla base della valenza tecnico-economica del progetto oltre che sulla capacità autonoma di indebitamento dei soggetti promotori dell'iniziativa.

Il progetto viene valutato dai finanziatori per la sua capacità di generare flussi di cassa, che costituiscono la garanzia primaria per il rimborso del debito e per la remunerazione del capitale di rischio. Il focus di sponsor e finanziatori del progetto viene posto sulla valutazione dei rischi attinenti allo stesso, di ogni natura (tecnica, legale, ambientale, economico - finanziaria), e sulla definizione di una struttura contrattuale che delimiti chiaramente le obbligazioni delle parti che intervengono nell'operazione.

9. L'AGRIVOLTAICO: L'INTEGRAZIONE TRA AGRICOLTURA, AMBIENTE ED ENERGIA.

Con tale progetto ci si pone l'obiettivo di proiettare l'Azienda agricola, già presente sul fondo, verso una *Agricoltura 4.0*: tecnologica, naturale e sostenibile.

L'idea di fondo è quella di integrare i professionisti di Enerland Italia Srl in un team multidisciplinare di tecnici quali Prof. Universitari di Agronomia, Ingegneri provenienti da altri settori, Geologi e Architetti del paesaggio mirando ad implementare un'innovativa filiera agro-alimentare che si può definire "BIORENOVATIO", nella quale l'equilibrio tra uomo, agricoltura circolare, rispetto del suolo e della biodiversità, tipico dell'agricoltura contadina del passato, viene rivisto applicando le più moderne tecnologie dello stato dell'arte.

In concreto, il modello che si propone si basa su di una integrazione equilibrata sostenibile tra agricoltura, ambiente ed energia. In tale ottica i punti chiave si possono riassumere in quanto segue:

- Riutilizzo e riqualificazione dei manufatti, ove presenti in loco, da indirizzare all'allevamento di bestiame da carne, alimentato con foraggio e cereali prodotti localmente;
- Riconversione di un ampio appezzamento agricolo alla produzione del foraggio necessario per l'alimentazione equilibrata del bestiame;
- Incremento della biodiversità grazie alla flora, alla fauna e microfauna che sempre accompagnano l'impianto di un prato stabile di leguminose.
- Arricchimento della matrice organica del terreno, in contrasto col progressivo impoverimento per dilavamento, tipico della coltivazione estensiva attuale, caratterizzata da annuali arature profonde;
- Riduzione del consumo d'acqua per irrigazione;
- Utilizzo del letame come ammendante naturale, a chiusura del ciclo coltivazione/allevamento e contemporanea riduzione sostanziale di fertilizzanti chimici;
- Integrazione tra agricoltura e fotovoltaico, che sarà nel seguito oggetto di una trattazione specifica negli studi specialistici qui a corredo. Il progetto prevede di coltivare l'intera area agricola attraverso l'impianto di un prato stabile di leguminose, di durata illimitata destinato alla produzione di foraggio. In questo contesto, tale INTEGRAZIONE, successivamente definita AGRIVOLTAICA, apporta significativi vantaggi: Infatti essa integra la redditività della filiera agro-alimentare con un'attività, compatibile con la coltivazione del prato stabile di leguminose, che produce energia completamente rinnovabile e gratuita;

C'è da sottolineare l'effetto di schermatura e protezione con parziale ombreggiamento, da parte delle strutture fotovoltaiche che, nelle ore più assolate delle giornate estive, favorisce il mantenimento di condizioni ottimali di umidità e temperatura del terreno, con vantaggi in termini di resa agricola;

Si ritiene di sviluppare l'impianto solare tenendo conto della peculiarità dei terreni agricoli costituenti il fondo, eventualmente lasciando libera la parte dove determinate coltivazioni potrebbero rimanere comunque la componente importante dell'alimentazione bovina.

In questo modo la filiera agro-alimentare trova la sua completezza in loco, senza dover acquistare all'esterno la componente dei cereali. Nella parte coltivata a prato stabile di leguminose, la tecnologia solare scelta riprende il concetto, consolidato in agricoltura, delle fasce ombreggianti, nella fattispecie costituite da filari fotovoltaici con orientamento nord-sud, nei quali i pannelli fanno le veci delle fronde. L'ombreggiamento parziale comporta notevoli benefici ad alcune colture: il raffrescamento al suolo evita la stasi vegetativa per sovratemperatura che si avrebbe con la piena insolazione nelle ore più calde, riducendo al contempo l'evapotraspirazione. La tecnologia adottata, inseguitori monoassiali (Tracker: *foto sotto*), evita che ci siano zone stabilmente in ombra ed altre bruciate dal sole. Ruotando e mantenendo la migliore esposizione, questi moderni girasoli, realizzano una fascia ombreggiante che pennella con continuità l'intera superficie del terreno da est a ovest.



FIGURA 12: TRACKER MONOASSIALI

Il sistema di irrigazione a pioggia, installato per incrementare la produzione agricola di foraggio, sarà realizzato in stretto connubio coltivazione con il sistema solare, utilizzando come sostegni le medesime strutture dei tracker.

La potenza di circa 45.000 kW in immissione, ottenuta con l'installazione di moduli fotovoltaici bifacciali di ultima generazione, è tale da generare l'elettricità consumata da circa 29.200 famiglie, con riduzione della "Carbon Footprint" (emissioni evitate) pari a circa 35.300 Ton/ annue.

9.1 Progetto agronomico

La realizzazione di un parco fotovoltaico in aree agricole è un tema di grande attualità e spesso controverso. La controversia principale riguarderebbe l'impoverimento dell'area agricola ed un conseguente processo di desertificazione.

Configurandosi il progetto in esame come un agrivoltaico, eventuali aspetti negativi possono essere mitigati e resi sostenibili prevedendo un'integrazione compatibile tra uso agricolo con destinazione produttiva e produzione di energia rinnovabile con l'impianto.

Le scelte proposte basano il proprio fondamento sull'analisi oggettiva ex-ante ed ex-post dell'area. Si porrà particolare attenzione alle proprietà del terreno, analizzando i fattori principali quali la topografia del luogo, il tipo di suolo, il clima e l'eventuale disponibilità di acqua per uso irriguo, al fine di valutare l'indirizzo produttivo più idoneo.

Altro aspetto importante da analizzare riguarda le caratteristiche tecniche delle strutture, nello specifico, la loro altezza dal suolo, l'ingombro e distanze tra le singole strutture.

È previsto inoltre un sistema di monitoraggio dell'attività agricola, che monitorerà i fattori agro-ambientali.

Soluzione compatibile con il contesto territoriale è, il mantenimento del pascolo con "prato migliorato permanente".

A perimetro dell'intera area di progetto è prevista la realizzazione di una fascia di mitigazione a verde con piante appartenenti a specie autoctone e/o storicizzate, e che possano inserirsi bene nel contesto paesaggistico, ambientale ed agricolo. La scelta delle essenze da mettere a dimora lungo quest'area è ricaduta su: *Ulmus minor Mill.*, *Pyrus spinosa Forssk.*, *Crataegus monogyna Jacq.*, *Prunus spinosa L.*

9.1.1 Indirizzo produttivo

L'indirizzo produttivo proposto è perfettamente rispondente all'attuale legislazione in materia di Politica Agricola Comunitaria (P.A.C.), la quale prevede specifiche premialità per il settore.

È prevista la coltivazione di:

- Prati stabili di leguminose;

L'azione di **miglioramento diretto della fertilità del suolo**, in un orizzonte temporale di medio periodo, si raggiungerà attuando due tecniche agronomiche fondamentali: da un lato, nella composizione delle essenze costituenti il miscuglio da seminare per l'ottenimento del prato di leguminose, piante cosiddette "miglioratrici della fertilità del suolo" in quanto in grado di fissare l'azoto atmosferico per l'azione della simbiosi radicale con i batteri azotofissatori, a vantaggio diretto delle piante appartenenti alle graminacee; dall'altro lato, invece, le porzioni di cotico erboso che dopo la raccolta del fieno (avvenuta a maggio), sono ricresciute, verranno sottoposte al pascolamento controllato degli ovini durante i mesi di ottobre/novembre e nei successivi mesi invernali.

In particolare, si provvederà all'inserimento tra il miscuglio di leguminose del *Trifolium subterraneum*, capace oltretutto di autoriseminarsi e che, possedendo uno spiccato geocarpismo, contribuisce insieme alla copertura vegetale, diventata "permanente", ad arrestare l'erosione superficiale attualmente molto diffusa nella superficie oggetto di intervento.

Con questo indirizzo produttivo, si garantisce una copertura permanente del suolo, che favorisce la mitigazione dei fenomeni di desertificazione e di erosione per ruscellamento delle acque superficiali. Un prato stabile apporta una copertura perenne, per il quale dopo l'insediamento non sarà necessario effettuare semine, ma provvedere al suo mantenimento con l'apporto di concimazione e sfalci.

Per maggiori dettagli in merito alle schede botaniche e alla gestione delle colture si rimanda allo studio agronomico consultabile all'elaborato MACOMER4-IAR05.

9.1.2 Resa agricola

Le attività produttive di una azienda agricola sono costituite da diversi tipi di coltivazioni e/o allevamenti; per una qualsiasi classificazione di tipo economico è, quindi, necessario scegliere un denominatore comune ad entrambi i tipi di attività idoneo a rappresentare non soltanto la dimensione economica di ogni azienda ma anche ad evidenziare l'importanza economica delle singole produzioni agricole, al fine di attribuire a ciascuna azienda i caratteri di specializzazione produttiva (orientamento produttivo) e di redditività economica (dimensione economica). In pratica, per poter determinare la dimensione economica di un'azienda occorre poter sommare tutte le produzioni aziendali, che essendo espresse in unità di misura diverse, devono essere ricondotte ad un unico denominatore comune.

Per la determinazione sia dell'indirizzo produttivo che della dimensione economica, il criterio ritenuto più idoneo fino al 2009 era quello del Reddito Lordo Standard (RLS). Il concetto di RLS è legato a quello di produzione lorda e di costi specifici. A partire dal 2010 è stata introdotta una

valutazione basata sulle Produzioni Standard (PS) che sono basate su valori medi rilevati durante un periodo di riferimento quinquennale. Le produzioni standard, tuttavia, devono essere attualizzate periodicamente per tener conto dell'evoluzione economica, in modo che la tipologia conservi la sua validità. L'attuale versione della tipologia comunitaria è stata istituita con il Reg. CE n. 1242/2008 e s.m.i.

Lo scopo della tipologia comunitaria consiste nel fornire uno schema di classificazione che consenta un'analisi della situazione delle aziende agricole a livello comunitario fondata su criteri di natura economica, nonché permetta raffronti tra aziende appartenenti a varie classi e tra i risultati economici ottenuti nel tempo e nei diversi Stati membri e loro regioni.

Gli ambiti di applicazione della tipologia comunitaria riguardano, in particolare, i dati rilevati nell'indagine sulla struttura e le produzioni delle aziende agricole (SPA) e dalla Rete di informazione contabile agricola (RICA). Fino all'anno 2009 questo criterio è stato identificato nel Reddito Lordo Standard (RLS), mentre a partire dal 2010 è coinciso con la Produzione Standard (PS). L'attuale versione della tipologia comunitaria è stata istituita con il Reg. CE n. 1242/2008 e s.m.i.

Nel presente studio si è tenuto conto del dettaglio informativo sulla **Produzione Standard Totale PST della Sardegna¹**.

Si riportano i dati relativi a due epoche:

- Anno 2022 per lo stato ante;
- Anno 2027 per lo stato post-intervento (con la previsione delle nuove coltivazioni e la conversione del pascolo magro in prato di leguminose).

A seguire i risultati scaturenti dall'analisi delle **PS**:

TABELLA 7 – PRODUZIONE STANDARD STATO ANTE: PASCOLO MAGRO

| Regione P.A. | COD PRODUCT | Rubrica RICA | Descrizione Rubrica | SOC EUR | UM | Sup. coltivata [ha] | Prod. Parziale |
|---|-------------|--------------|---------------------|----------|------------|---------------------|-------------------|
| Sardegna | J2000T | F02 | Pascoli magri | 132,44 € | EUR_per_ha | 72,11 | 9.550,25 € |
| Produzione Standard pre-Intervento | | | | | | | 9.550,25 € |

¹ FONTE: <https://rica.crea.gov.it/produzioni-standard-ps-210.php>

TABELLA 8 – PRODUZIONE STANDARD STATO POST-INTERVENTO: PRATO PERMANENTE E PASCOLO

| Regione P.A. | COD PRODUCT | Rubrica RICA | Descrizione Rubrica | SOC EUR | UM | Sup. coltivata [ha] | Prod. Parziale |
|--|-------------|--------------|----------------------------|----------|------------|---------------------|--------------------|
| Sardegna | J1000T | F01 | Prati permanenti e pascoli | 360,00 € | EUR per ha | 57,61 | 20.739,60 € |
| Produzione Standard post-Intervento | | | | | | | 20.739,60 € |

Dai valori sopra riportati si può notare un **incremento percentuale dell'indice relativo alla Produzione Standard PS del 117% circa.**

9.1.3 Piano di monitoraggio agricolo

Per il monitoraggio delle colture da mettere a dimora è necessario dotare l'area di mezzi tecnologici in grado di recepire, elaborare e fornire dati d'ausilio alla coltivazione. I dati, quali ad esempio le temperature minime e massime, l'umidità del suolo, della coltura o dell'atmosfera, la direzione del vento, l'intensità della radiazione solare ed eventi meteorici, stoccati da remoto, permettono di elaborare un sistema di supporto decisionale per lo studio della migliore strategia colturale. Individuare il "giusto" momento per l'intervento irriguo consente di perseguire l'efficienza irrigua, cioè ridurre al minimo gli sprechi.

Prevenzione è sinonimo di previsione e, così, non solo efficienza, ma anche efficacia si è in grado di perseguire: la pianta riceve, utilizza ed assimila acqua e nutrienti in momenti in cui ne necessita realmente, evitando perdite. Con la raccolta dati è possibile seguire il "trend" di produzione nel medio-lungo termine, risparmiare acqua, ed individuare, in anticipo, i parassiti (es. insetti, funghi ecc.) che potrebbero attaccare le coltivazioni con vantaggi anche, e soprattutto, sull'abbattimento dei costi di gestione e sull'ambiente. Anticipare vuol dire ottimizzare, pertanto la raccolta dei dati rilevati consente all'azienda agricola, in maniera sinergica ed interconnessa, di avere a disposizione i dati raccolti e registrati.

GESTIONE DELLA VARIABILITÀ SPAZIO-TEMPORALE → OTTIMIZZAZIONE DEL RENDIMENTO GLOBALE

Monitorare a fini produttivi vuol dire rilevare digitalmente l'andamento delle variabili quantitative inter ed infra-campo che intervengono nell'ordinamento produttivo: in specie si vuole, con diverse stazioni meteorologiche dislocate in vaste aree delle zone di impianto, tenere sotto controllo le diverse variabili che intervengono nel processo produttivo (pioggia-direzione ed intensità del vento-umidità-radiazione solare-pressione atmosferica-bagnatura fogliare). L'obiettivo è quello di avere dei

modelli previsionali da consultare prima di intervenire, per esempio, con l'irrigazione o col trattamento fitosanitario. Tale dato consente di:

- analizzare grandi superfici in poco tempo;
- avere un dato puntuale e preciso, basato su un'analisi sui big data, e non empirico, basato sull'esperienza o sul "sentito dire";
- ridurre la quantità di sensori di campo che, dislocati in vari punti e profondità del terreno, non riuscirebbero a restituire un dato omogeneo.

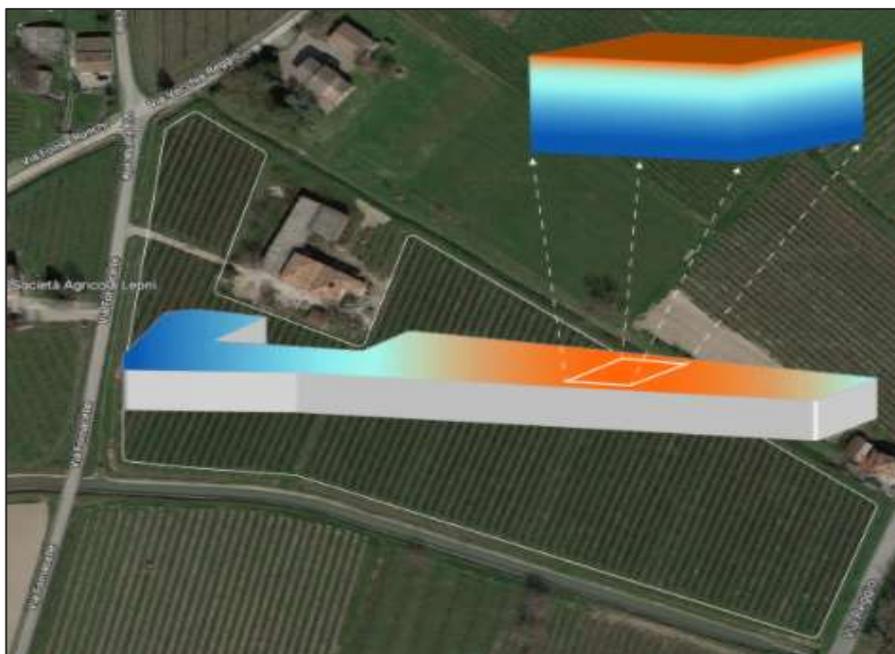


FIGURA 13 – ZONIZZAZIONE AREE IN BASE A VIGORE E/O STRESS IDRICO

Sopra è riportato un esempio di mappa 3D con l'individuazione di aree omogenee (zonizzazione) distinte per vigore vegetativo e/o stress idrico.

Dallo studio della mappa, interfacciabile via app tramite smartphone, è facile distinguere sia le zone di terreno in funzione dello stato idrico rilevato, sia il momento dell'intervento irriguo.

10. LE FONTI RINNOVABILI: UN'IMPRONTA AMBIENTALE CHE RIDUCE I GAS SERRA.

Con la conferenza ONU COP25, tenutasi a Madrid nel 2019, si sono stabilite delle priorità ambientali improrogabili. Infatti, i paesi membri sono tenuti a rispettare le seguenti linee programmatiche: energie rinnovabili; mobilità elettrica; estrazione mineraria volta ad un eco-assessment; economia circolare; oceani; foreste e agricolture resistenti al cambiamento climatico; città sostenibili e infrastrutture resistenti; finanza climatica. A livello europeo, l'Italia è tra i Paesi più impegnati sul clima e si propone, in modo virtuoso, di continuare una certa roadmap ambientale. Il nostro Paese, dal suo canto, ha raggiunto e superato gli obiettivi del pacchetto UE clima-energia 2020 e, con l'adozione delle misure previste dal Piano Nazionale Integrato Energia e Clima (PNIEC), saranno raggiunti anche gli obiettivi previsti dal Quadro clima-energia UE per il 2030 (v. infra).

In linea con quanto proposto dall'UE, l'Italia ha inoltre avviato una consultazione pubblica per definire la "Strategia di lungo termine" con orizzonte temporale al 2050. L'obiettivo indicato dal "pacchetto clima-energia" è stato perseguito mediante una serie di strumenti normativi. In particolare, si ricordano, per il loro impatto sul sistema produttivo nonché sulla finanza pubblica: la direttiva 2009/29/UE (recepita con il D.Lgs. 30/2013), che ha aggiornato la precedente direttiva 2003/87/UE che aveva disciplinato a partire dal 2005 il sistema europeo di scambio di quote d'emissione (EU Emission Trading System - EU ETS).

Si fa notare che la direttiva 2003/87/CE è stata di recente profondamente modificata dalla direttiva 2018/410/UE. Le principali modifiche sono volte a potenziare la capacità del sistema ETS (Emission Trading System) di contribuire efficacemente al raggiungimento dell'obiettivo del 40% di abbattimento delle emissioni di gas a effetto serra entro il 2030, in coerenza con il Quadro 2030 delle Politiche per il clima e l'energia dell'UE e come contributo all'Accordo di Parigi sul clima del 2015 (fonte camera dei deputati). Il termine per il recepimento della nuova direttiva da parte degli Stati membri è fissato (dall'art. 3 della stessa direttiva) al 9 ottobre 2019. La delega per il recepimento della direttiva 2018/410/UE è contenuta nell'art. 13 della legge di delegazione europea (L. 117/2019). Le citate Conclusioni prevedono, inoltre, obiettivi vincolanti a livello europeo per i consumi finali di energia da fonti rinnovabili ed un target indicativo di efficienza energetica e stabiliscono che l'obiettivo relativo ai gas-serra sia ripartito tra i settori ETS e non-ETS, rispettivamente, in misura pari al 43% e al 30% rispetto al 2005. Al fine di raggiungere tali obiettivi sono stati approvati numerosi provvedimenti legislativi, tra cui la revisione della direttiva ETS (Direttiva n. 2018/410/UE), il nuovo regolamento per i settori non-ETS (Regolamento n. 2018/842/UE), nonché il c.d. regolamento LULUCF (Regolamento

n. 2018/841/UE) relativo all'inclusione delle emissioni e degli assorbimenti di gas-serra risultanti dall'uso del suolo, dal cambiamento di uso del suolo e dalla silvicoltura.

Si ricordano altresì la direttiva (UE) 2018/2002 sull'efficienza energetica, che prevede un obiettivo di efficienza energetica al 2030 pari al 32,5%, nonché la direttiva (UE) 2018/2001 sulle fonti rinnovabili, che prevede che la quota di energia da fonti rinnovabili nel consumo finale lordo di energia dell'Unione nel 2030 sia almeno pari al 32%. La visione della Commissione, che auspica per l'Europa un ruolo guida a livello internazionale nell'azione per il clima, prevede l'azzeramento delle emissioni nette di gas-serra entro il 2050, prospetta una trasformazione profonda dell'economia e della società europee lungo sette direttrici strategiche: efficienza energetica; diffusione delle energie rinnovabili e aumento dell'elettrificazione; mobilità pulita, sicura e connessa; competitività industriale ed economia circolare; infrastrutture e interconnessioni; bioeconomia; cattura e stoccaggio del carbonio. La stessa strategia assegna un ruolo significativo ai piani nazionali integrati per il clima e l'energia presentati dagli Stati membri.

11. CONCLUSIONI: I BENEFICI AMBIENTALI

L'esercizio dell'impianto agri-fotovoltaico come configurato in tale progetto, oggetto di tale relazione, consentirà di contribuire al raggiungimento degli obiettivi stabiliti dalla politica energetica europea e nazionale, mantenendo una produzione agricola di tipo sostenibile destinata all'alimentazione umana ed animale.

Considerata la potenza complessiva dell'impianto di 42.000,00 kWp, la produzione media nei 30 anni risulta essere di circa 2.082.126 MWh. Ciò consentirà di raggiungere importanti benefici in termini di emissioni in atmosfera risparmiate, rispetto alla corrispettiva produzione di energia da combustibili fossili

Già considerando una produzione annua di 79.465.000,00 kWh si eviterà di emettere in atmosfera una quantità di CO₂ pari a 35.361.900,00 kg. Come fattore di conversione si è considerato il coeff. 0,445 kg CO₂/kWh (da ISPRA).

È infatti noto che se le attività antropiche producono ingenti quantità di gas serra, la natura provvede a mitigarne gli effetti grazie al sequestro di CO₂ svolto dalla flora. La flora sottrae naturalmente CO₂ all'atmosfera grazie al processo di fotosintesi e ne fissa il Carbonio all'interno delle sue fibre. Alla morte dell'organismo, questo Carbonio viene facilmente rilasciato nell'ambiente e nel caso in cui la flora sia poco strutturata (erba e fiori) la decomposizione avviene in fretta.

Analizzando alcune specie arboree che possano mitigare ed assorbire una tale quantità di CO₂ prodotta da fonti fossili ed inquinanti, che l'impianto fotovoltaico in esercizio evita di produrre, sarebbe necessario piantare un numero di specie arboree equivalenti riportate nella tabella seguente:

| Pianta | CO ₂ [t] prodotta annualmente | CO ₂ [t] assorbita annualmente | Numero alberi | Ettari equivalenti |
|-------------------|--|---|---------------|--------------------|
| Acero riccio | 2,245 | 0,19 | 115.789 | 185 |
| Betulla Verrucosa | 2,245 | 0,15 | 146.667 | 235 |
| Cerro | 2,245 | 0,155 | 141.935 | 227 |

TABELLA 9

Ipotizzando di piantare questi alberi ad una distanza media l'uno dall'altro di 4 metri, si otterrebbe una superficie in "ettari equivalenti" che annualmente dovrebbero essere piantati per assorbire una quantità pari a 35.300 tonnellate di CO₂ che verrebbe prodotta, in modo diretto, da un impianto di produzione di energia con fonti tradizionali a carbone.