

| | | |
|---|---|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) |  iat CONSULENZA E PROGETTI | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
| ELABORAZIONI I.A.T. Consulenza e progetti S.r.l. con socio unico - Via Giua s.n.c. – Z.I. CACIP, 09122 Cagliari (CA) Tel./Fax +39.070.658297 Web www.iatprogetti.it | | PAGINA 1 di 93 |

REGIONE SARDEGNA
PROVINCIA DEL SUD SARDEGNA

**PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO
IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU**

- COMUNE DI ISILI (SU) -



| | |
|--|---|
| OGGETTO PROGETTO DEFINITIVO | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA |
|--|---|

| | | |
|--|---|---|
| PROGETTAZIONE I.A.T. CONSULENZA E PROGETTI S.R.L. ING. GIUSEPPE FRONGIA | GRUPPO DI PROGETTAZIONE Ing. Giuseppe Frongia (coordinatore e responsabile) | CONTRIBUTI SPECIALISTICI Ing. Antonio Dedoni (acustica) Dott. Matteo Tatti e Dott.ssa Alice Nozza (archeologia) |
| | Ing. Marianna Barbarino Ing. Enrica Batzella Pian. Terr. Andrea Cappai Ing. Paolo Desogus Pian. Terr. Veronica Fais Ing. Gianluca Melis Dott. Fabrizio Murru Ing. Andrea Onnis Pian. Terr. Eleonora Re Ing. Elisa Roych Ing. Marco Utzeri | Dott. Geol. Maria Francesca Lobina (geologia) Dott. Nat. Maurizio Medda (Fauna) Dott. Forestale Maria Francesca Nonne e Dott. For. Carlo Poddi (agronomico-forestale) Ing. Gianfranco Corda (verifiche strutturali) |

| | |
|------------------------|---|
| Cod. pratica 2022/0339 | Nome File: SSEI-FVI-RP1_Relazione tecnica descrittiva R1.docx |
|------------------------|---|

| | | | | | |
|-------------|----------------|--------------------------------|--------------|---------------|--------------|
| | | | | | |
| 1 | Settembre 2023 | Emissione per procedura di VIA | IAT | GF | SSEI |
| 0 | Aprile 2023 | Emissione per PAS | IAT | GF | SSEI |
| REV. | DATA | DESCRIZIONE | ESEG. | CONTR. | APPR. |

Disegni, calcoli, specifiche e tutte le altre informazioni contenute nel presente documento sono di proprietà della I.A.T. Consulenza e progetti s.r.l. Al ricevimento di questo documento la stessa diffida pertanto di riprodurlo, in tutto o in parte, e di rivelarne il contenuto in assenza di esplicita autorizzazione.

| | | |
|--|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 1 di 93 |

INDICE

| | | |
|------------|---|-----------|
| 1 | PREMESSA GENERALE | 4 |
| 2 | DATI DEL PROPONENTE E CAPACITA' ECONOMICO/GESTIONALI E IMPRENDITORIALI..... | 6 |
| 3 | DEFINIZIONI | 7 |
| 4 | LO SCENARIO DI RIFERIMENTO | 9 |
| 4.1 | La strategia energetica europea e nazionale | 9 |
| 4.2 | Governance del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) | 13 |
| 4.3 | Stato dell'arte della tecnologia solare fotovoltaica per gli impianti "utility scale" | 16 |
| 4.3.1 | <i>Premessa.....</i> | 16 |
| 4.3.2 | <i>Aspetti generali</i> | 17 |
| 4.3.3 | <i>I moduli FV.....</i> | 19 |
| 4.3.4 | <i>Modalità di posa dei moduli.....</i> | 24 |
| 4.3.5 | <i>Gli inverter.....</i> | 25 |
| 4.4 | Impatto e sostenibilità ambientale..... | 26 |
| 5 | INQUADRAMENTO TERRITORIALE ED URBANISTICO | 27 |
| 5.1 | Ubicazione dell'area di intervento | 27 |
| 5.2 | Inquadramento urbanistico e norme di tutela del territorio | 32 |
| 5.2.1 | <i>Piano di Fabbricazione del Comune di Isili.....</i> | 32 |
| 5.2.2 | <i>Piano Regolatore dell'Area Industriale della Sardegna Centrale</i> | 34 |
| 5.2.3 | <i>Analisi dei vincoli di carattere paesaggistico-ambientale</i> | 36 |
| 5.3 | Inquadramento geologico generale..... | 39 |
| 6 | CONFIGURAZIONE GENERALE DELL'IMPIANTO FV..... | 43 |
| 6.1 | Criteri di scelta del sito..... | 43 |
| 6.2 | Criteri di inserimento territoriale e ambientale | 44 |
| 6.3 | Lay-out del sistema fotovoltaico e potenza complessiva | 45 |
| 6.4 | Potenzialità energetica del Sito ed analisi di producibilità dell'impianto FV .. | 48 |
| 6.4.1 | <i>Premessa.....</i> | 48 |
| 6.4.2 | <i>I risultati del calcolo.....</i> | 49 |
| 6.5 | Principali ricadute ambientali positive del progetto..... | 51 |
| 6.5.1 | <i>Premessa.....</i> | 51 |
| 6.5.2 | <i>Contributo alla riduzione delle emissioni di CO₂</i> | 51 |
| 6.5.3 | <i>Emissioni evitate di inquinanti atmosferici</i> | 53 |
| 6.5.4 | <i>Risparmio di risorse energetiche non rinnovabili</i> | 54 |
| 7 | DESCRIZIONE TECNICA DEI COMPONENTI DELL'IMPIANTO | 55 |
| 7.1 | Componenti principali e criteri generali di progettazione strutturale ed elettromeccanica..... | 55 |

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 2 di 93 |

| | | |
|-------------|---|-----------|
| 7.2 | Gli inseguitori monoassiali | 55 |
| 7.2.1 | <i>Caratteristiche principali</i> | 57 |
| 7.2.2 | <i>Durata e trattamento protettivo dei componenti in acciaio</i> | 58 |
| 7.2.3 | <i>I pali di sostegno</i> | 58 |
| 7.3 | Moduli fotovoltaici | 59 |
| 7.4 | Schema a blocchi impianto fotovoltaico | 61 |
| 7.5 | Quadri Elettrici MT – Collettori di impianto | 61 |
| 7.6 | Cavi di distribuzione dell'energia in Media Tensione (MT) | 64 |
| 7.7 | Linea di interconnessione cabina primaria - cabina consegna | 65 |
| 7.8 | Cavo fibra ottica..... | 68 |
| 7.9 | Cabine di trasformazione e inverter | 68 |
| 7.10 | Cabina Elettrica MT di consegna | 72 |
| 7.10.1 | <i>Cabina di connessione/consegna.....</i> | 72 |
| 7.11 | Cavi di distribuzione dell'energia in Bassa Tensione (BT) in c.a. e c.c..... | 73 |
| 7.11.1 | <i>Cavi lato c.a. bassa tensione.....</i> | 73 |
| 7.11.2 | <i>Cavi lato c.c. bassa tensione.....</i> | 74 |
| 7.11.3 | <i>Modalità di posa principale cavi b.t.....</i> | 74 |
| 7.12 | Quadri elettrici BT lato c.a..... | 74 |
| 7.13 | Quadri di campo e di parallelo stringhe lato c.c. | 75 |
| 7.14 | Misura dell'energia..... | 76 |
| 7.14.1 | <i>Aspetti generali</i> | 76 |
| 7.15 | Software per visualizzazione, monitoraggio, telesorveglianza..... | 76 |
| 7.16 | Impianto di videosorveglianza | 77 |
| 7.17 | Stazione meteorologica | 77 |
| 8 | OPERE ACCESSORIE | 79 |
| 8.1 | Sistemazione dell'area e viabilità..... | 79 |
| 8.2 | Recinzioni e cancelli..... | 79 |
| 8.3 | Movimenti di terra | 80 |
| 8.4 | Interventi di mitigazione e inserimento ambientale..... | 82 |
| 8.4.1 | <i>Misure di mitigazione.....</i> | 82 |
| 9 | DESCRIZIONE DEL PROCESSO COSTRUTTIVO | 83 |
| 9.1 | Indicazioni generali per l'esecutore dei lavori | 83 |
| 9.2 | Descrizione del contesto in cui è collocata l'area del cantiere | 83 |
| 9.3 | Principali lavorazioni previste..... | 83 |
| 9.4 | Impianto elettrico di cantiere | 85 |
| 9.5 | Precauzioni aggiuntive con impianti FV | 85 |

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 3 di 93 |

| | | |
|-------------|--|-----------|
| 9.6 | Tempi di realizzazione | 86 |
| 10 | POSSIBILI RICADUTE SOCIALI, OCCUPAZIONALI ED ECONOMICHE DELL'INTERVENTO A LIVELLO LOCALE..... | 87 |
| 10.1 | Ricadute occupazionali stimate | 87 |
| 11 | NORMATIVA DI RIFERIMENTO..... | 89 |
| 11.1 | Norme legislative generali, nazionali e regionali | 89 |
| 11.2 | Opere in cemento armato | 90 |
| 11.3 | Norme tecniche impianti elettrici | 91 |
| 11.4 | Norme ARERA..... | 92 |

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 4 di 93 |

1 PREMESSA GENERALE

La presente relazione tecnico-descrittiva costituisce parte integrante del progetto definitivo di una centrale fotovoltaica, da realizzarsi con moduli in silicio monocristallino installati su inseguitori solari monoassiali. L'intervento è ubicato entro l'area industriale del Sarcidano (ex Consorzio A.S.I. Sardegna Centrale) in Comune di Isili (Provincia del Sud Sardegna) in località "Perd'e Cuaddu".

La proponente, Sardinia Solar Energy Isili s.r.l. - avente sede in Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 Milano (MI) e detenuta da Futura S.r.l., appartenente al Gruppo Serramanna Energia - attraverso la realizzazione del proposto progetto intende incrementare il proprio portfolio di impianti energetici a fonte rinnovabile nel territorio della Regione Sardegna, attualmente di potenza complessiva pari a circa 60 MW tra impianti autorizzati e in esercizio.

L'impianto in progetto avrà una potenza complessiva AC di 20,98 MW (potenza nominale lato DC pari a 24,195 MW_P) data dalla somma delle potenze nominali dei singoli inverter e sarà costituito da n. 874 inseguitori solari monoassiali (n. 135 *tracker* da n. 2x12 pannelli FV e n. 739 *tracker* da n. 2x24 pannelli FV) la cui produzione di energia è stimata in circa 47,83 GWh/anno.

L'energia in bassa tensione, prodotta dal campo FV, sarà convogliata agli inverter e quindi alle cabine di trasformazione per l'elevazione della tensione al livello di media tensione a 15 kV prima del successivo vettoriamento dell'energia verso le rispettive cabine utente previste in progetto.

Il sistema fotovoltaico sarà suddiviso secondo la configurazione del "Lotto di impianti di produzione", di cui al punto B.8.9 della Guida per le connessioni alla rete elettrica di e-distribuzione, in n.5 lotti di impianto che saranno connessi alla Cabina Primaria AT/MT di E-distribuzione secondo le modalità prescritte dai preventivi di connessione con codice di rintracciabilità **335302199** (relativo ai lotti n.1, n.2, n.3 e n.4) e **380546508** (lotto n.5) rilasciati dal Gestore della rete di distribuzione.

In particolare, sulla base della menzionata soluzione, si prevede la realizzazione dei seguenti impianti:

335302199-1 - IMPIANTO LOTTO 1 (P_{DC}= 5,835 MW_p, P_{AC}= 5,25 MW) - POD IT001E109422835

- Realizzare nuova Cabina MT consegna utente;
- Realizzare nuova linea uscente MT in cavo interrato 3AL240 mm² connessa in entra-esce alla Cabina MT consegna utente del lotto n.4;
- Prevedere telecontrollo cabina Utente e posa fibra ottica.

335302199-2 - IMPIANTO LOTTO 2 (P_{DC}= 6,495 MW_p, P_{AC}= 5,50 MW) - POD IT001E109422801

- Realizzare nuova Cabina MT consegna utente;
- Realizzare nuova linea uscente MT in cavo interrato 3AL240 mm² connessa a CP Isili;
- Prevedere telecontrollo cabina Utente e posa fibra ottica.

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 5 di 93 |

335302199-3 - IMPIANTO LOTTO 3 ($P_{DC}= 6,075 MW_p$, $P_{AC}= 5,25 MW$) - POD IT001E109422789

- Realizzare nuova Cabina MT consegna utente;
- Realizzare nuova linea uscente MT in cavo interrato 3AL240 mm² connessa a CP Isili;
- Prevedere telecontrollo cabina Utente e posa fibra ottica.

335302199-4 - IMPIANTO LOTTO 4 ($P_{DC}= 2,31 MW_p$, $P_{AC}= 2,00 MW$) - POD IT001E109422819

- Realizzare nuova Cabina MT consegna utente;
- Realizzare nuova linea uscente MT in cavo interrato 3AL240 mm² connessa a CP Isili;
- Prevedere telecontrollo cabina Utente e posa fibra ottica.

380546508 - IMPIANTO LOTTO 5 ($P_{DC}= 3,48 MW_p$, $P_{AC}= 2,98 MW$) - POD IT001E113480076

- Installazione n.1 sezionatore (Telecontrollato) da Palo 1;
- Fornitura e Posa montaggi elettromeccanici DY900/1 (2L+T);
- Montante elettromeccanico Scomparto di Consegna Utente in Cabina nuova;
- Fibra ottica posa aerea e posa sotterranea;
- Realizzare nuova linea uscente MT in cavo interrato 3AL240 mm² (44 metri);
- Linea cavo aereo AL 150 mm² (848m).

Quanto segue è stato redatto ai fini del conseguimento del provvedimento di VIA ai sensi dell'art. 23 del D.Lgs.152/2006 nonché dell'Autorizzazione Unica alla costruzione ed esercizio dell'impianto ai sensi dell'art. 12 del D.Lgs. 387/2003, in accordo con quanto stabilito dalla D.G. Regione Sardegna n. 27/16 del 01/06/2011 come modificata dalla D.G.R. n. 3/25 del 23/01/2018.

| | | |
|--|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 6 di 93 |

2 DATI DEL PROPONENTE E CAPACITA' ECONOMICO/GESTIONALI E IMPRENDITORIALI

Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. è una società italiana interamente dedicata allo sviluppo di progetti fotovoltaici in Sardegna. Le partecipazioni nella società (costituita nel 2022) sono detenute interamente da Futura S.r.l., i cui soci godono di una esperienza decennale nello sviluppo, progettazione, costruzione e gestione di progetti per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili.

Futura S.r.l.: è una società appartenente al medesimo Gruppo Serramanna Energia, il Gruppo detiene in particolare l'impianto a combustione di biomasse vergini del comune di Serramanna da 49,5 MW termici (circa 13 MW elettrici), ha autorizzato impianti fotovoltaici per una potenza di circa 65 MW nei comuni di Sassari e Porto Torres e ha in fase di autorizzazione un impianto agrivoltaico in comune di Serramanna per una potenza di circa 40 MW.

La Società Futura controlla inoltre diverse realtà attive nel settore dell'economia circolare e partecipa per il tramite di Persea Holding SpA al capitale di **due aziende agricole** (Persea Ussana Srl e Persea Il Castello srl con estensione agricola **complessiva pari a 360ha**), classificate come **Start up innovative**, attive nella coltivazione con metodi innovativi e all'avanguardia (c.d. precision farming) di "Super Food" biologici coltivati secondo i dettami dell'**Agricoltura Rigenerativa**.

Il Gruppo Serramanna Energia è presente in Sardegna dal 2004 avendo acquisito in quegli anni la maggioranza azionaria della Società Fontenergia S.p.A, tuttora attiva nella costruzione e gestione di parte del mercato metanifero sardo. Ad oggi la Centrale di Serramanna è una dei più rappresentativi impianti alimentati a biomasse vergini in Italia, ed è tra i soci fondatori dell'Associazione da Biomasse Solide (<https://biomasseenergia.eu/>).

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 7 di 93 |

3 DEFINIZIONI

Per le finalità del presente documento si applicano le definizioni riportate nel Glossario del Codice di trasmissione, dispacciamento, sviluppo e sicurezza della rete (in seguito Codice di Rete). Nel seguente elenco si riportano alcune di esse, integrate secondo quanto riportato nella Guida Tecnica Terna recante “Condizioni generali di connessione alle reti AT” delle centrali fotovoltaiche.

Campo fotovoltaico: insieme di tutte le stringhe fotovoltaiche di un sistema dato.

Cella fotovoltaica: elemento minimo che manifesta l'effetto fotovoltaico, cioè che genera una tensione elettrica in corrente continua quando è sottoposto ad assorbimento di fotoni della radiazione solare.

Centrale Fotovoltaica (o impianto fotovoltaico): insieme di uno o più campi fotovoltaici e di tutte le infrastrutture e apparecchiature richieste per collegare gli stessi alla rete elettrica ed assicurarne il funzionamento.

Interruttore Generale: interruttore la cui apertura assicura la separazione dell'intera Centrale Fotovoltaica dalla rete del Gestore. Una Centrale Fotovoltaica può essere connessa alla rete anche con più di un Interruttore Generale.

Interruttore di Inverter: interruttore la cui apertura assicura la separazione del singolo inverter dalla rete.

Inverter (o convertitore di potenza c.c./c.a.): apparecchiatura impiegata per la conversione della corrente continua prodotta dai moduli fotovoltaici in corrente alternata monofase o trifase.

Linee di sottocampo: linee di media tensione che raccolgono la produzione parziale della Centrale Fotovoltaica sulla sezione MT dell'impianto d'utenza.

Maximum Power Point (MPP): punto di massima potenza. È il punto di funzionamento del pannello fotovoltaico in cui questo rilascia la potenza massima possibile, espressa in kWPICCO (kWp). Il massimo punto di potenza varia a seconda dell'irraggiamento e della temperatura dell'ambiente.

Modulo fotovoltaico: il più piccolo insieme di celle fotovoltaiche interconnesse e protette dall'ambiente circostante.

Pannello fotovoltaico: gruppo di moduli pre-assemblati, fissati meccanicamente insieme e collegati elettricamente.

Potenza nominale o di targa dell'inverter: potenza attiva massima alla tensione nominale che può essere fornita con continuità da ogni singolo inverter nelle normali condizioni di funzionamento. È riportata nei dati di targa. È espressa in kW.

Potenza apparente dell'inverter: potenza apparente del singolo inverter alla tensione nominale nelle normali condizioni di funzionamento. È riportata nei dati di targa. È espressa in kVA.

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 8 di 93 |

Potenza nominale della Centrale Fotovoltaica (Pn): Corrisponde alla somma delle potenze di targa degli inverter solari utilizzati per la conversione da DC a AC. È espressa in MW.

Potenza nominale dei moduli fotovoltaici: potenza attiva alla tensione nominale che può essere fornita con continuità in condizioni specificate da ogni singolo modulo. È riportata nei dati di targa ed è espressa in kWp.

Potenza nominale disponibile della Centrale Fotovoltaica (Pnd): somma delle potenze nominali degli inverter disponibili in un determinato momento. È espressa in MW.

Potenza erogabile dall'inverter: potenza massima erogabile dall'inverter nelle condizioni ambientali e irraggiamento correnti. È espressa in kW.

Potenza erogabile della Centrale Fotovoltaica: potenza che può essere erogata dalla centrale nelle condizioni ambientali correnti. È la somma delle potenze erogabili degli inverter disponibili in un determinato momento. È espressa in MW.

Potenza attiva immessa in rete dalla Centrale Fotovoltaica: potenza erogata dalla centrale fotovoltaica alla rete, misurata nel punto di connessione. È espressa in MW.

Potenza reattiva immessa in rete dalla Centrale Fotovoltaica: potenza erogata dalla Centrale Fotovoltaica alla rete, misurata nel punto di connessione. È espressa in MVar. Nel seguito sono utilizzate le seguenti convenzioni di segno: positiva se immessa in rete (effetto capacitivo), negativa se assorbita (effetto induttivo).

Punto di Connessione: (o Punto di Consegna): confine fisico tra la rete di trasmissione e l'impianto d'utenza attraverso il quale avviene lo scambio fisico dell'energia elettrica

Sottocampo fotovoltaico: le parti del campo fotovoltaico che si connettono in maniera distinta alla sezione di media tensione (sezione MT) attraverso le linee di sotto-campo. Il termine di sottocampo fotovoltaico ai fini della presente guida non rappresenta l'insieme delle stringhe connesse al singolo inverter ma fa riferimento alla parzializzazione della Centrale Fotovoltaica nella sezione MT dell'impianto d'utenza.

Stringa fotovoltaica: insieme di pannelli fotovoltaici collegati elettricamente in serie.

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 9 di 93 |

4 LO SCENARIO DI RIFERIMENTO

4.1 La strategia energetica europea e nazionale

Le politiche europee in materia di energia perseguono due principali obiettivi: quello della progressiva decarbonizzazione dell'economia e quello della piena realizzazione di un mercato unico.

Con specifico riguardo alle problematiche di maggiore interesse per il presente Studio, si evidenzia come negli ultimi anni l'Unione Europea abbia deciso di assumere un ruolo di *leadership* mondiale nella riduzione delle emissioni di gas serra. Il primo fondamentale passo in tale direzione è stato la definizione di obiettivi ambiziosi già al 2020.

Nel 2008, l'Unione Europea ha varato il "Pacchetto Clima-Energia" (cosiddetto "Pacchetto 20-20-20"), con i seguenti obiettivi energetici e climatici al 2020:

- un impegno unilaterale dell'UE a ridurre di almeno il 20% entro il 2020 le emissioni di gas serra rispetto ai livelli del 1990. Gli interventi necessari per raggiungere gli obiettivi al 2020 continueranno a dare risultati oltre questa data, contribuendo a ridurre le emissioni del 40% circa entro il 2050.
- un obiettivo vincolante per l'UE di contributo del 20% di energia da fonti rinnovabili sui consumi finali lordi entro il 2020, compreso un obiettivo del 10% per i biocarburanti.
- una riduzione del 20% nel consumo di energia primaria rispetto ai livelli previsti al 2020, da ottenere tramite misure di efficienza energetica.

Tale obiettivo, solo enunciato nel pacchetto, è stato in seguito declinato, seppur in maniera non vincolante, nella direttiva efficienza energetica approvata in via definitiva nel mese di ottobre 2012.

In una prospettiva di progressiva riduzione delle emissioni climalteranti, il Consiglio europeo del 23-24 ottobre 2014 ha approvato i nuovi obiettivi clima energia al 2030, di seguito richiamati:

- riduzione di almeno il 40% delle emissioni di gas a effetto serra nel territorio UE rispetto al 1990;
- quota dei consumi finali di energia coperti da fonti rinnovabili pari al 27%, vincolante a livello europeo, ma senza target vincolanti a livello di Stati membri;
- riduzione del 27% dei consumi finali di energia per efficienza energetica, non vincolante ma passibile di revisioni per un suo innalzamento al 30%.

Negli auspici del Consiglio d'Europa, un approccio comune durante il periodo fino al 2030 aiuterà a garantire la certezza normativa agli investitori e a coordinare gli sforzi dei paesi dell'UE.

Il quadro delineato al 2030 contribuisce a progredire verso la realizzazione di un'economia a basse

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 10 di 93 |

emissioni di carbonio e a costruire un sistema che:

- assicuri energia a prezzi accessibili a tutti i consumatori;
- renda più sicuro l'approvvigionamento energetico dell'UE;
- riduca la dipendenza europea dalle importazioni di energia e
- crei nuove opportunità di crescita e posti di lavoro.

Lo stesso, inoltre, apporta anche benefici sul piano dell'ambiente e della salute, ad esempio riducendo l'inquinamento atmosferico.

L'Italia ha stabilito i propri contributi agli obiettivi europei al 2030 attraverso la predisposizione della *Proposta di Piano Nazionale Integrato per l'energia e il clima*; relativamente all'energia rinnovabile, di particolare interesse per il presente studio, la Proposta di Piano fissa un obiettivo di copertura, nel 2030, del 30% del consumo finale lordo di energia da fonti rinnovabili. In particolare, si prevede che il contributo delle rinnovabili al soddisfacimento dei consumi finali lordi totali al 2030 sia così differenziato tra i diversi settori:

- 55,4% di quota rinnovabili nel settore elettrico;
- 33% di quota rinnovabili nel settore termico (usi per riscaldamento e raffrescamento);
- 21,6% per quanto riguarda l'incorporazione di rinnovabili nei trasporti.

Relativamente al settore elettrico, è prevista una forte penetrazione dell'eolico e del fotovoltaico attraverso la stimolazione di una nuova produzione, nonché promuovendo il *revamping* e il *repowering* degli impianti esistenti.

Tabella 4-1 – Obiettivi di crescita della potenza (MW) da fonte rinnovabile al 2030 (Fonte: PNIEC)

| Fonte | 2016 | 2017 | 2025 | 2030 |
|-------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Idrica | 18.641 | 18.863 | 19.140 | 19.200 |
| Geotermica | 815 | 813 | 919 | 950 |
| Eolica | 9.410 | 9.766 | 15.690 | 18.400 |
| <i>di cui off-shore</i> | 0 | 0 | 300 | 900 |
| Bioenergie | 4.124 | 4.135 | 3.570 | 3.764 |
| Solare | 19.269 | 19.682 | 26.840 | 50.880 |
| <i>di cui CSP</i> | 0 | 0 | 250 | 880 |
| Totale | 52.258 | 53.259 | 66.159 | 93.194 |

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 11 di 93 |

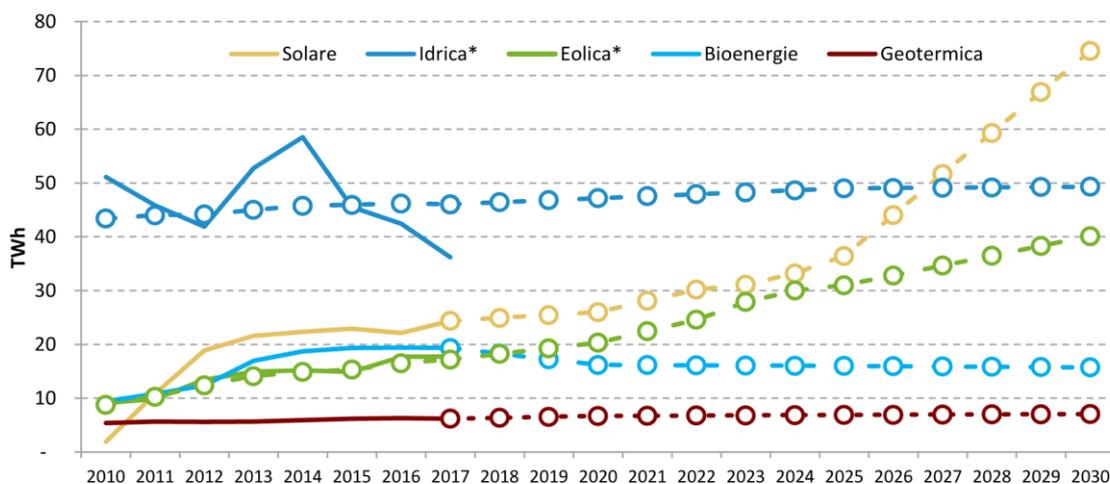


Figura 4.1 – Traiettorie di crescita dell'energia elettrica da fonti rinnovabili al 2030 (Fonte: PNIEC)

Tra le politiche e misure per realizzare il contributo nazionale all'obiettivo fissato al 2030, il Piano pone l'accento sulla ripartizione dello stesso fra le Regioni, attraverso l'individuazione, da parte di quest'ultime, delle aree da mettere a disposizione per la realizzazione degli impianti, privilegiando installazioni a ridotto impatto ambientale.

Nell'ambito dell'Unione Europea, inoltre, si è da alcuni anni iniziato a discutere sugli scenari e gli obiettivi per orizzonti temporali di lungo e lunghissimo termine, ben oltre il 2020.

Il 24 giugno 2021 il Parlamento ha approvato la legge europea sul clima, che rende giuridicamente vincolante l'obiettivo di ridurre le emissioni del 55% entro il 2030 e la neutralità climatica entro il 2050. Questo permetterà all'UE di avvicinarsi al raggiungimento dell'obiettivo di emissioni negative post-2050, confermando al tempo stesso la sua leadership nella lotta globale contro il cambiamento climatico.

Tali misure dovrebbero facilitare la trasposizione degli obiettivi in legge e comportando maggiori benefici per: aria, acqua e suolo più puliti, bollette energetiche più economiche, case restaurate, miglioramento dei trasporti pubblici e aumento di stazioni di ricarica per le automobili elettriche, diminuzione dei rifiuti, cibo più sano e un miglioramento della salute per le generazioni presenti e future.

La strategia a cui punta l'Europa per l'innalzamento degli standard globali e la creazione di opportunità, porterà vantaggi anche alle imprese in quelle aree. Si stima un aumento di posti di lavoro, ad esempio, nel settore delle energie rinnovabili o in quello della ricerca di soluzioni integrate per l'efficienza energetica degli edifici.

Per fare in modo che l'UE possa raggiungere l'obiettivo fissato per il 2030, la Commissione nel 2021 ha proposto un pacchetto di norme riviste e aggiornate noto come Fit for 55 (Pronti per il 55%) che comprende 13 riforme legislative correlata e 6 proposte di legge sul clima e l'energia.

Nel frattempo, i principali Paesi europei si stanno muovendo verso l'adozione di obiettivi di

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 12 di 93 |

strategia energetica in linea con quelli comunitari. Ne sono esempio le strategie energetiche di Germania, Regno Unito e Danimarca.

La Germania, con la “Energiewende”, si propone: una produzione da rinnovabili pari al 18% dei consumi finali al 2020, per arrivare fino al 60% al 2050 (con obiettivo di sviluppo rinnovabili nel settore elettrico pari al 35% al 2020, e fino all'80% al 2050); una riduzione dei consumi primari al 2020 del 20% rispetto ai valori del 2008 (in particolare, è attesa una riduzione dei consumi elettrici del 10% al 2020), per arrivare fino al 50% nel 2050; il progressivo phase-out delle centrali nucleari entro il 2022.

Il Governo del Regno Unito (“*Enabling the transition to a Green Economy*”) ha attivato una serie di strumenti di policy a supporto della transizione verso la green economy. Tra gli obiettivi del Governo inglese al 2020, vi è la riduzione delle emissioni di gas serra del 34% e la produzione del 15% dell'energia tramite fonti rinnovabili.

La Danimarca, con la "Strategia Energetica 2050", si propone un orientamento di lungo periodo flessibile, che punta a rendere il Paese indipendente dai combustibili fossili entro il 2050, fissando come punti chiave del percorso al 2020: la produzione da rinnovabili al 30% dei consumi finali e la riduzione dei consumi primari del 4% rispetto ai valori del 2006.

Rispetto alla cornice programmatica di riferimento, infine, si sottolinea il crescente impulso impresso alla diffusione delle Fonti Energetiche Rinnovabili dal Legislatore europeo con l'emanazione del Regolamento del consiglio 2022/2577 che istituisce il quadro per accelerare la diffusione delle energie rinnovabili; ciò in ragione, tra gli altri, dei seguenti “considerata”:

[...] per fare fronte all'esposizione dei consumatori e delle imprese europei a prezzi elevati e volatili che causano difficoltà economiche e sociali, per agevolare la riduzione necessaria della domanda di energia sostituendo le forniture di gas naturale con energia da fonti rinnovabili e per aumentare la sicurezza dell'approvvigionamento, l'Unione deve intraprendere ulteriori azioni immediate e temporanee per accelerare la diffusione delle fonti energetiche rinnovabili, in particolare mediante misure mirate suscettibili di accelerare il ritmo di diffusione delle energie rinnovabili nell'Unione nel breve termine;

[...] gli Stati membri dovrebbero poter introdurre deroghe a taluni obblighi di valutazione stabiliti dalla normativa ambientale dell'Unione per i progetti di energia rinnovabile nonché per i progetti di stoccaggio dell'energia e per i progetti di rete elettrica necessari per l'integrazione dell'energia rinnovabile nel sistema elettrico. Al fine di introdurre tali deroghe, dovrebbero essere soddisfatte due condizioni, segnatamente che il progetto sia ubicato in una zona dedicata alle energie rinnovabili o alla rete e tale zona sia stata oggetto di una valutazione ambientale strategica;

[...] il ruolo importante che le energie rinnovabili possono svolgere nella decarbonizzazione del sistema energetico dell'Unione, offrendo soluzioni immediate per sostituire l'energia basata sui combustibili fossili e contribuendo alla gestione della situazione deteriorata del mercato.

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 13 di 93 |

4.2 Governance del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR)

Il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) si inserisce all'interno del programma *Next Generation EU* (NGEU), concordato dall'Unione Europea in risposta alla crisi pandemica. La principale componente del programma NGEU è il Dispositivo per la Ripresa e Resilienza, che ha una durata di 6 anni (dal 2021 al 2026) e una dimensione totale di 672,5 miliardi di euro.

Il Piano si sviluppa intorno a tre assi strategici condivisi a livello europeo (digitalizzazione e innovazione, transizione ecologica e inclusione sociale) e lungo le seguenti missioni:

- 1) **Digitalizzazione, Innovazione, Competitività, Cultura**, con l'obiettivo di promuovere la trasformazione digitale del Paese, sostenere l'innovazione del sistema produttivo, e investire in turismo e cultura;
- 2) **Rivoluzione Verde e Transizione Ecologica**, con gli obiettivi principali di migliorare la sostenibilità e la resilienza del sistema economico e assicurare una transizione ambientale equa e inclusiva;
- 3) **Infrastrutture per una Mobilità Sostenibile**, il cui obiettivo primario è lo sviluppo di un'infrastruttura di trasporto moderna, sostenibile ed estesa a tutte le aree del Paese;
- 4) **Istruzione e Ricerca**, con l'obiettivo di rafforzare il sistema educativo, le competenze digitali e tecnico-scientifiche, la ricerca e il trasferimento tecnologico;
- 5) **Inclusione e Coesione**, per facilitare la partecipazione al mercato del lavoro, rafforzare le politiche attive del lavoro e favorire l'inclusione sociale;
- 6) **Salute**, con l'obiettivo di rafforzare la prevenzione e i servizi sanitari sul territorio, modernizzare e digitalizzare il sistema sanitario e garantire equità di accesso alle cure.

Il Piano prevede inoltre un ambizioso programma di riforme per facilitare la fase di attuazione e, più in generale, contribuire alla modernizzazione del Paese, rendendo il contesto economico più favorevole allo sviluppo dell'attività d'impresa.

Di particolare interesse, ai fini del presente Progetto, è la missione relativa alla rivoluzione verde e transizione ecologica, la quale consiste in:

- C1. Economia circolare e agricoltura sostenibile;
- C2. Energia rinnovabile, idrogeno, rete e mobilità sostenibile;
- C3. Efficienza energetica e riqualificazione degli edifici;
- C4. Tutela del territorio e della risorsa idrica.

In merito allo sviluppo dell'energia rinnovabile, il Piano prevede un incremento della quota di energia prodotta da FER, in linea con gli obiettivi europei e nazionali di decarbonizzazione, attraverso:

- lo sviluppo dell'agro-voltaico, ossia l'implementazione di sistemi ibridi agricoltura-

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 14 di 93 |

produzione di energia che non compromettano l'utilizzo dei terreni dedicati all'agricoltura, ma contribuiscano alla sostenibilità ambientale ed economica delle aziende coinvolte. L'obiettivo dell'investimento è installare a regime una capacità produttiva da impianti agro-voltaici di 1,04 GW, che produrrebbe circa 1.300 GWh annui, con riduzione delle emissioni di gas serra stimabile in circa 0,8 milioni di tonnellate di CO₂;

- la promozione delle rinnovabili per le comunità energetiche e l'auto-consumo, ipotizzando che riguardino impianti fotovoltaici con una produzione annua di 1.250 kWh per kW, ovvero circa 2.500 GWh annui, i quali contribuiranno a una riduzione delle emissioni di gas serra stimata in circa 1,5 milioni di tonnellate di CO₂ all'anno;
- la promozione impianti innovativi (incluso off-shore), che combinino tecnologie ad alto potenziale di sviluppo con tecnologie più sperimentali (come i sistemi che sfruttano il moto ondoso), in assetti innovativi e integrati da sistemi di accumulo. La realizzazione di questi interventi, per gli assetti ipotizzati in funzione delle diverse tecnologie impiegate, consentirebbe di produrre circa 490 GWh anno che contribuirebbero ad una riduzione di emissioni di gas climalteranti stimata intorno alle 286.000 tonnellate di CO₂;
- lo sviluppo del biometano.

Per rendere efficace l'implementazione di questi interventi nei tempi previsti, sono in fase di attuazione alcune riforme fondamentali, in parte contenute nel recente D.L. 77/2021 (Decreto Semplificazioni).

Con particolare riferimento al comma 2 dell'art. 31 del predetto D.L., inteso a facilitare la risoluzione dei potenziali conflitti tra i valori oggetto di tutela paesaggistica e la realizzazione degli impianti fotovoltaici, il Legislatore evidenzia la circostanza che, per rispettare gli obiettivi UE sul clima e l'energia entro il 2030, l'Italia deve raggiungere i 52 GWp di installazioni fotovoltaiche (circa 30 GWp in più rispetto ai circa 22 GWp attuali). Per raggiungere il suddetto obiettivo al 2030 a livello nazionale si dovrebbero garantire una media dell'installato di circa 3 GWp all'anno. Inoltre, occorre tener conto che, secondo il Politecnico di Milano, in vista del nuovo obiettivo di riduzione del 55% delle emissioni al 2030 posto dalla Commissione UE, le installazioni fotovoltaiche dovrebbero raggiungere i 68,4 GWp (pertanto circa 46 GW in più rispetto a quelli attuali). Alla luce degli obiettivi sopra esposti si avverte dunque, a livello di governance, una necessità impellente di imprimere un'accelerazione all'installazione di impianti fotovoltaici, anche in considerazione del fatto che, nonostante la disponibilità di strumenti di sostegno, stabiliti ai sensi del DM 4 luglio 2019 (il cd DM FER1), gli operatori non partecipano alle aste ivi definite in quanto privi di autorizzazioni, così come si evince dai risultati degli ultimi 3 bandi per aste e registri indetti dal GSE e già conclusi:

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 15 di 93 |

- III bando: il GSE ha reso noto l'esito a fine settembre 2020, da cui risulta che sono state inviate richieste per poco più di un terzo della potenza incentivabile (1.300 MW), con scarsa partecipazione in tutte le categorie;
- IV bando: come risulta dalle graduatorie pubblicate a fine gennaio 2021, sono state presentate richieste per meno di un terzo del contingente incentivabile e i progetti ammessi corrispondono ad appena un quarto della potenza ammissibile, con un divario particolarmente rilevante per le aste per i grandi impianti (356,8 MW richiesti a fronte dei 1.374,1 disponibili);
- V bando: il GSE ha reso noto l'esito a fine maggio 2021 e risulta che, rispetto a un contingente incentivabile di quasi 2.500 MW, sono state presentate domande per 358 MW, di cui in posizione utile per gli incentivi meno di 300 MW.

In coerenza con quanto previsto da specifiche disposizioni del DL 77/2021 in merito all'istituzione della Commissione VIA "PNRR-PNIEC" per la semplificazione dei procedimenti di valutazione ambientale di progetti la cui realizzazione si ponga alla base dell'attuazione del PNRR e del raggiungimento degli obiettivi del PNIEC, infine, il Legislatore ha inteso indicare espressamente, nell'Allegato 2, alla Parte seconda, del decreto legislativo n. 152 del 2006, anche gli impianti fotovoltaici per la produzione di energia elettrica con potenza complessiva superiore a 10 MW.

Con la conversione in legge del D.L. n. 13/2023, conseguente all'entrata in vigore della L. n. 41/2023, il Legislatore ha inteso semplificare e razionalizzare ulteriormente i procedimenti autorizzativi degli impianti fotovoltaici, ivi incluse le eventuali procedure paesaggistiche e ambientali.

Una delle previsioni normative maggiormente rilevanti è quella inerente alle soglie di potenza superate le quali, per i progetti di impianti fotovoltaici, si deve procedere ad espletare la verifica di assoggettabilità (screening) regionale e la valutazione di impatto ambientale statale, elevate rispettivamente a 10 MW e 20 MW per effetto dell'art. 47, comma 11 bis del predetto D.L.

La previsione trova applicazione nei seguenti casi:

- i. progetti nelle aree idonee individuate dall'art. 20, comma 8, del D. Lgs. n. 199/2021 (tra le quali rientrano, ad esempio, le aree industriali esterne a quelle soggette a tutela ai sensi della parte seconda del D. lgs. n. 42/2004);
- ii. progetti in aree industriali, artigianali e commerciali nonché in discariche o lotti di discarica chiusi e ripristinati ovvero in cave o lotti o porzioni di cava non suscettibili di ulteriore sfruttamento, vale a dire le stesse aree in cui adesso è prevista la possibilità di realizzare gli interventi in edilizia libera (aree di cui all'art. 22-bis del D.Lgs. 8 novembre 2021 n. 199);
- iii. in via residuale, tutti gli impianti che non si trovano in aree classificate come non idonee ai sensi dell'Allegato 3, lett. f, al D.M. del 10.9.2010.

Un'altra novità è quella che concerne la possibilità di realizzare in edilizia libera gli impianti ubicati in aree industriali, artigianali e commerciali nonché in discariche o lotti di discarica chiusi e ripristinati ovvero in cave o lotti o porzioni di cava non suscettibili di ulteriore sfruttamento,

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 16 di 93 |

riconosciuta dall'art. 47, comma 1, lett. b) del D.l. n. 13/23, che ha introdotto l'art. 22 bis al D.lgs. n. 199/2021.

4.3 Stato dell'arte della tecnologia solare fotovoltaica per gli impianti “utility scale”

4.3.1 Premessa

Con una capacità totale installata superiore a 580 GW¹ in tutto il mondo e incrementi annuali di circa 100 GW negli ultimi anni, la tecnologia solare fotovoltaica (FV) ha assunto un ruolo sempre più importante nel panorama della generazione elettrica a livello globale. Un sostanziale calo del costo delle centrali fotovoltaiche (riduzione dell'80% dal 2008) ha migliorato la competitività del solare fotovoltaico, riducendo la necessità di sussidi e consentendo alla tecnologia di competere, in alcuni mercati, con differenti opzioni di generazione di energia.

Sebbene l'energia prodotta dai sistemi FV rappresenti attualmente una piccola percentuale della generazione elettrica globale², la diffusione delle centrali solari fotovoltaiche sta crescendo rapidamente sia per le applicazioni di scala industriale (o “utility scale”) sia nella generazione distribuita. Come rappresentato dalla Figura 4.2, la crescita del solare FV è pienamente in linea con lo scenario di sostenibilità prefigurato dall'International Energy Agency per il 2030, nel quale la generazione elettrica da FV è attesa in circa 3.300 TWh.

¹ Dato riferito al 06/04/2020 – Fonte IRENA “Renewable capacity statistics” ([World now has 583.5 GW of operational PV – pv magazine International \(pv-magazine.com\)](https://www.irena.org/en/Newsroom/Press-releases/2020/04/World-now-has-583.5-GW-of-operational-PV-pv-magazine-International-(pv-magazine.com)))

² Oltre 570 TWh nel 2018, pari a circa il 2% della produzione energetica globale (Fonte IEA <https://www.iea.org/tcep/power/renewables/solarpv/>)

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 17 di 93 |

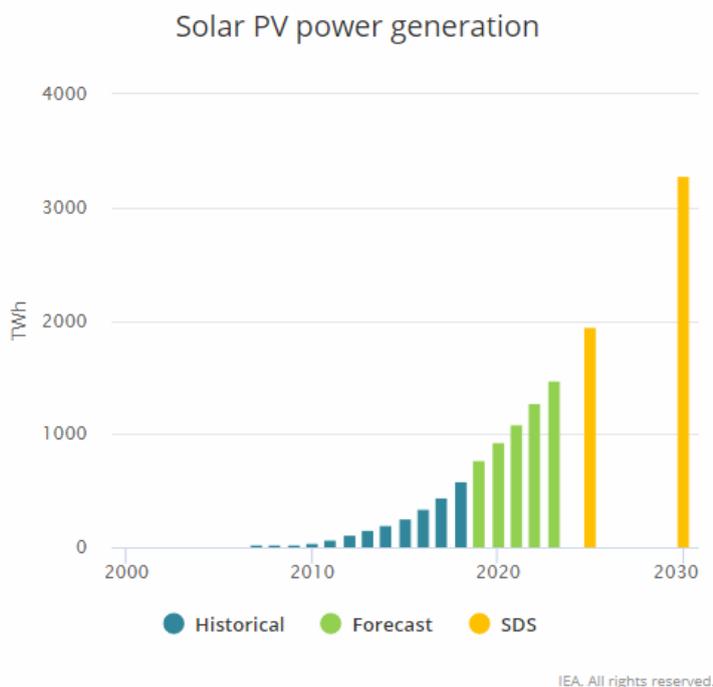


Figura 4.2 – Scenario di produzione elettrica da sistemi FV al 2030 (Fonte IEA)

La riduzione dei costi, spinta dai progressi tecnologici, le economie di scala nella produzione e le innovazioni nelle soluzioni di finanziamento hanno determinato il raggiungimento, per le moderne centrali FV, del cosiddetto regime di “grid parity”³ in un crescente numero di mercati. Progressi continui e ulteriori riduzioni dei costi amplieranno queste opportunità nel prossimo futuro, anche nei paesi in via di sviluppo in cui esistono condizioni solari favorevoli. La tecnologia del solare si sta rivelando applicabile in più luoghi e per più applicazioni di quanto molti esperti del settore avevano previsto anche pochi anni fa.

4.3.2 Aspetti generali

In questa sezione sono sinteticamente illustrati le tecnologie dei moduli FV, i sistemi di supporto dei moduli, gli inverter e i metodi di quantificazione delle prestazioni degli impianti fotovoltaici.

Al riguardo sarà fornita una panoramica delle attuali tecnologie disponibili in commercio, utilizzate nei progetti fotovoltaici di taglia industriale, al fine di fornire un quadro di informazioni utili a favorire il processo istruttorio del progetto.

³ In energetica la grid parity è il punto in cui l'energia elettrica prodotta per mezzo di impianti alimentati a fonti energetiche rinnovabili ha lo stesso prezzo dell'energia prodotta tramite fonti energetiche convenzionali cioè le fonti fossili, o fonti energetiche alternative come il nucleare.

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 18 di 93 |

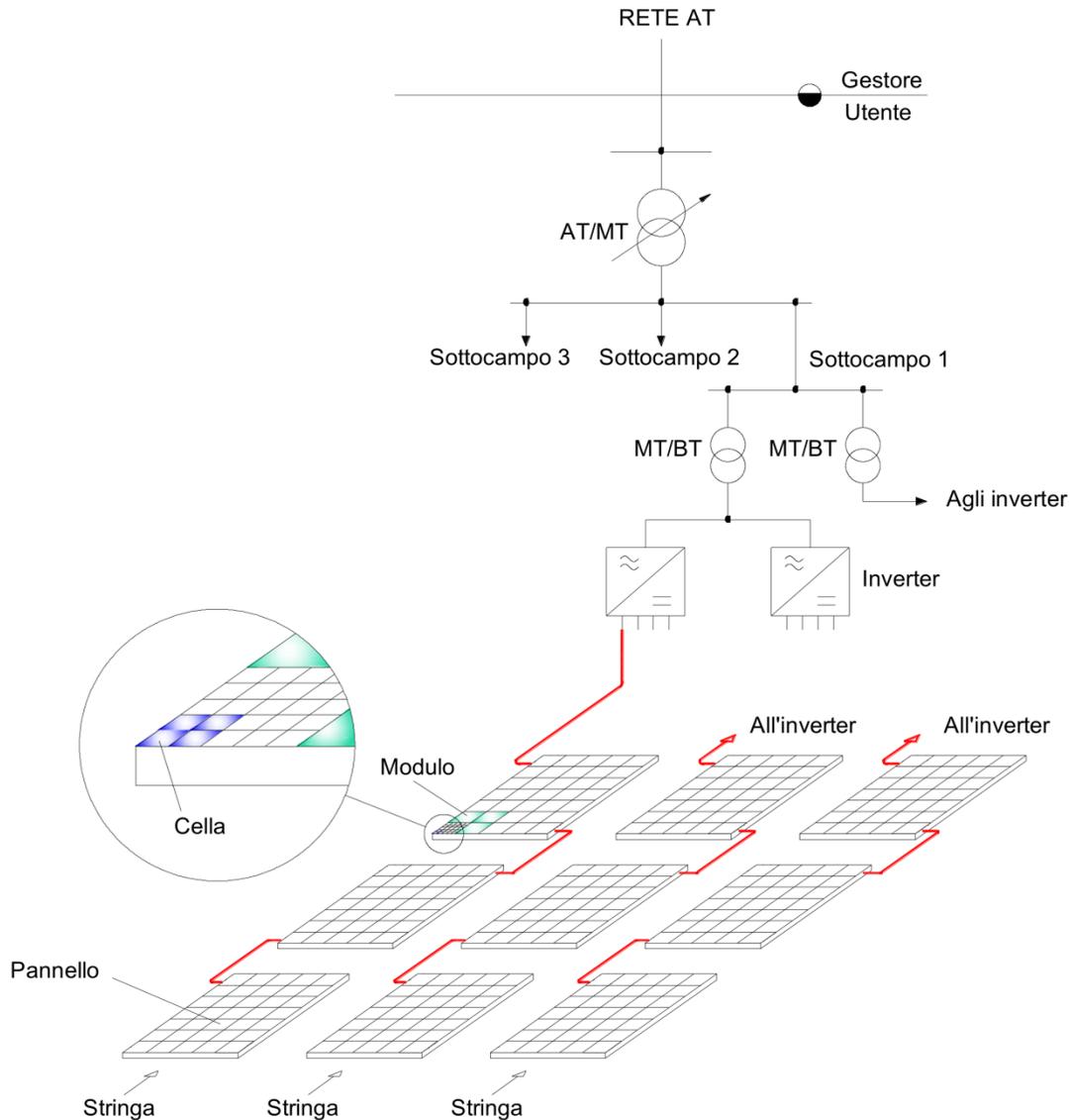


Figura 4.3 – Configurazione tipica di un impianto FV “utility scale” (Fonte Terna)

La Figura 4.3 fornisce un’illustrazione schematica della configurazione tipica di un impianto *grid connected* di potenza superiore al megawatt (soglia convenzionalmente indicata per la classificazione degli impianti c.d. “utility scale”). I componenti principali includono:

- **Moduli fotovoltaici:** convertono la radiazione solare incidente in elettricità attraverso l’effetto fotovoltaico, un processo non inquinante né rumoroso. L’effetto PV è un effetto associato alle proprietà dei materiali semiconduttori in base al quale la radiazione solare che incide sulle celle fotovoltaiche determina una variazione della distribuzione delle cariche ed una differenza di potenziale. Secondo questo principio, la cella fotovoltaica

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 19 di 93 |

solare produce elettricità in corrente continua (DC). Un impianto fotovoltaico si compone di numerose celle collegate tra loro in moduli e moduli collegati tra loro in stringhe⁴ per produrre la potenza richiesta.

- **Inverter:** sono necessari per convertire l'elettricità DC in corrente alternata (AC) per il collegamento alla rete pubblica. Ogni inverter è collegato elettricamente a numerosi moduli in serie e stringhe in parallelo;
- **Sistemi di sostegno (e/o orientazione) del modulo:** consentono di fissare saldamente i moduli fotovoltaici a terra con un angolo di inclinazione fisso o su inseguitori solari;
- **Trasformatori elevatori:** L'uscita dagli inverter richiede generalmente un'ulteriore elevazione in tensione per raggiungere il livello di tensione della rete AC. I sistemi di trasformazione portano la tensione in uscita dagli inverter alla tensione di rete richiesta (ad esempio 15kV, 150kV, 220 kV a seconda del punto di connessione alla rete e degli standard nazionali).
- **L'interfaccia di connessione alla rete:** qui l'elettricità prodotta viene trasferita nella rete pubblica. La tipica sottostazione elettrica è provvista anche dei quadri di interfaccia di rete richiesti, interruttori di circuito e sezionatori per la protezione e l'isolamento della centrale fotovoltaica, nonché delle apparecchiature di misurazione. La sottostazione e il punto di misurazione possono essere ubicati anche all'esterno del limite dell'impianto fotovoltaico.

4.3.3 I moduli FV

Nel seguito saranno sinteticamente individuate le opzioni tecnologiche disponibili in commercio per i moduli FV; si accennerà inoltre alla certificazione dei moduli ed al degrado delle prestazioni dei moduli FV solari nel tempo.

I materiali

Le proprietà specifiche dei semiconduttori richieste per il funzionamento delle celle FV limitano lo spettro delle materie prime da cui possono essere fabbricate. Il silicio è il materiale più comune, ma sono estremamente importanti anche le celle che impiegano CdTe e CIGS / CIS. Le tecnologie fotovoltaiche emergenti (le celle organiche) sono realizzate con polimeri, tuttavia, non sono ancora disponibili in commercio.

Ogni materiale ha caratteristiche uniche che incidono sulle prestazioni delle celle, sul metodo di produzione e sui costi. Le celle fotovoltaiche possono essere basate su "wafer" di silicio (prodotti tagliando "fette" di materiale (wafer) da un blocco di lingotto solido di silicio) o su tecnologie a "film sottile", nelle quali un sottile strato di materiale semiconduttore viene posto su substrati a basso costo.

⁴ I moduli possono essere collegati elettricamente in serie o in parallelo. Se collegati in serie, la tensione ai capi della stringa aumenta. Le stringhe di moduli collegati in parallelo sono viceversa attraversati da una corrente maggiore.

| | | |
|--|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 20 di 93 |

Le celle fotovoltaiche sono generalmente classificate come cristalline o a film sottile. Le celle di silicio cristallino (c-Si) forniscono moduli ad alta efficienza e sono suddivise in silicio monocristallino (mono-c-Si) o silicio multicristallino (multi-c-Si). Le celle mono-c-Si sono generalmente le più efficienti, ma sono anche più costose delle multi-c-Si. Le celle a film sottile offrono un'alternativa più economica, ma sono meno efficienti. Esistono tre tipi principali di celle a film sottile: cadmio tellururo (CdTe), rame indio (gallio) di-selenide (CIGS / CIS) e silicio amorfo (a-Si).

Allo stato attuale, la tecnologia c-Si comprende quasi l'80% della capacità solare installata a livello globale ed è verosimile che rimanga dominante nel prossimo futuro.

Il degrado e vita utile dei moduli

Le prestazioni di un modulo fotovoltaico diminuiscono nel tempo. Il degrado ha diverse cause, che possono includere effetti associati all'umidità, temperatura, irraggiamento solare e differenze di potenziale; questo è indicato come (PID – Potential Induced Degradation)⁵. Altri fattori che influenzano il degrado includono la qualità dei materiali utilizzati nella fabbricazione, il processo di fabbricazione e la qualità dell'assemblaggio e dell'imballaggio delle celle nel modulo.

La manutenzione influisce solo limitatamente sul degrado dei moduli, che dipende principalmente dalle caratteristiche specifiche del modulo utilizzato e dalle condizioni climatiche locali. È quindi decisiva la scelta di produttori di moduli affidabili.

L'entità e la natura del degrado variano a seconda delle tecnologie dei moduli. Per i moduli cristallini, il tasso di degrado è in genere più elevato nel primo anno dopo l'esposizione iniziale alla luce e quindi si stabilizza. Il LID⁶ si verifica a causa di difetti che si manifestano all'esposizione iniziale alla luce. Può essere causato dalla presenza di boro, ossigeno o altri prodotti chimici lasciati dal processo di stampa o incisione della produzione della cella. A seconda del wafer e della qualità della cella, il LID può variare dallo 0,5% al 2,0%.

Un ulteriore degrado delle tecnologie amorphe e cristalline si verifica a livello di modulo e può essere causato da:

- Effetto delle condizioni ambientali sulla superficie del modulo (ad esempio, inquinamento).
- Scolorimento o foschia dell'incapsulante o del vetro.
- Difetti di laminazione.
- Sollecitazioni meccaniche e umidità sui contatti.

⁵ Nei grandi impianti in cui le stringhe di moduli collegati in serie consentono di raggiungere livelli di tensione notevole (anche 1000 V) il verificarsi del PID è piuttosto frequente. Soprattutto verso l'estremità della stringa, verso il polo positivo o il negativo, l'elevata differenza di potenziale rispetto alla terra porta, a livello fisico, ad una migrazione delle cariche ioniche dalla cella verso la cornice del modulo frontale (che solitamente si trova al potenziale di terra per ragioni di sicurezza), attraverso il materiale di incapsulamento ed addirittura attraverso il vetro frontale. Sebbene il flusso elettrico sia dell'ordine dei micro Ampere, questa debole ma continua corrente di dispersione provoca nel medio periodo un veloce e continuo degrado del materiale che si traduce in una diminuzione consistente della corrente prodotta dal modulo.

⁶ Lid è l'acronimo di *Light Induced Degradation*, un difetto relativamente comune nelle celle solari di silicio cristallino di tipo p.

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 21 di 93 |

- Ripartizione del contatto cellulare.
- Degrado del cablaggio

I moduli fotovoltaici possono avere un tasso di degrado della potenza a lungo termine compreso tra lo 0,3% e l'1,0% all'anno. Per i moduli cristallini, un tasso di degrado generico dello 0,4% all'anno è spesso considerato applicabile. Alcuni produttori di moduli hanno condotto specifici test indipendenti che dimostrano che si possono ipotizzare con sicurezza tassi di degrado più bassi.

In generale, si prevede che i moduli fotovoltaici di buona qualità abbiano una vita utile compresa tra 25 e 30 anni. Oltre tale limite aumenta significativamente il rischio di un incremento dei tassi di degrado.

Certificazioni

La Commissione elettrotecnica internazionale (IEC) emette norme accettate a livello internazionale per i moduli fotovoltaici. Il Comitato Tecnico 82, "*Sistemi solari fotovoltaici*," è responsabile della stesura di tutti gli standard IEC relativi al fotovoltaico. In genere i moduli fotovoltaici devono essere testati per la durabilità e l'affidabilità secondo questi standard:

Le norme IEC 61215 (per moduli c-Si) e IEC 61646 (per moduli a film sottile) includono test per cicli termici, umidità e congelamento, sollecitazioni meccaniche e torsioni, resistenza alla grandine e prestazioni in condizioni di prova standard (STC). Si tratta di marchi di qualità minima accettati e certificano che i moduli possono resistere a un uso prolungato. Tuttavia, tali certificazioni sono molto meno rappresentative in merito alle prestazioni del modulo in condizioni di posa sul campo.

Uno standard IEC per la potenza e la classificazione energetica dei moduli fotovoltaici a diversa irradianza e condizioni di temperatura è diventato disponibile nel 2011. IEC 61853-1 "*Test delle prestazioni dei moduli fotovoltaici e classificazione energetica*" fornisce la metodologia per l'accertamento delle prestazioni dettagliate dei moduli. Si dispone quindi di un protocollo accurato per confrontare le prestazioni dei diversi modelli di modulo.

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 22 di 93 |

Tabella 4-2 – Standard di riferimento per i moduli fotovoltaici

| Test | Descrizione | Commento |
|-------------------------|---|---|
| IEC 61215 | Moduli FV terrestri in silicio cristallino (c-Si) - Qualificazione del progetto e omologazione | Comprende test per cicli termici, umidità e congelamento, sollecitazioni meccaniche e resistenza a torsione e grandine. La certificazione standard utilizza una pressione di 2.400 Pa. I moduli in luoghi con forti nevicate possono essere testati in condizioni 5.400 Pa più rigide. |
| IEC 61646 | Moduli fotovoltaici terrestri a film sottile- Qualificazione del progetto e omologazione | Molto simile alla certificazione IEC 61215, ma un test aggiuntivo considera specificamente il degrado aggiuntivo dei moduli a film sottile. |
| EN / IEC 61730 La | Qualifica di sicurezza del modulo fotovoltaico | parte 2 della certificazione definisce tre diverse classi di applicazione: – Classe di sicurezza O - Applicazioni ad accesso limitato. – Classe di sicurezza II - Applicazioni generali. – Classe di sicurezza III - Applicazioni a bassa tensione (BT). |
| IEC 60364-4-41 | Protezione contro le scosse elettriche | Sicurezza del modulo valutata in base a: – Durabilità. – Elevata rigidità dielettrica. – Stabilità meccanica. – Spessore e distanze dell'isolamento. |
| IEC 61701 | Resistenza alla nebbia salina e alla corrosione | Necessaria per i moduli installati vicino alla costa o per applicazioni marittime. |
| IEC 61853-1 | Test delle prestazioni dei moduli fotovoltaici e classificazione energetica | Descrive i requisiti per la valutazione delle prestazioni dei moduli fotovoltaici in termini di potenza nominale in un intervallo di irraggiamento e temperature. |
| IEC 62804 | Test di durabilità della tensione di sistema per moduli c-Si | Descrive la procedura di test e le condizioni per condurre un test PID. Il modulo fotovoltaico sarà considerato resistente al PID se la perdita di potenza è inferiore al 5% dopo il test. |
| Conformità europea (CE) | Il prodotto certificato è conforme ai requisiti di salute, sicurezza e ambiente dell'Unione Europea. | Obbligatorio nello Spazio economico europeo. |
| UL 1703 | Conformarsi al National Electric Code, alla Sicurezza sul lavoro e alla salute e alla National Fire Prevention Association. I moduli offrono almeno il 90% della potenza nominale del produttore. | Underwriters Laboratories Inc. (UL) è una società indipendente di certificazione dei test di sicurezza dei prodotti con sede negli Stati Uniti che è un laboratorio di test riconosciuto a livello nazionale (NRTL). La certificazione da parte di un NRTL è obbligatoria negli Stati Uniti. |

Sviluppi tecnologici

La tecnologia dei moduli fotovoltaici si sta sviluppando rapidamente. Mentre la ricerca e sviluppo è concentrata su un'ampia gamma di approcci tecnici diversi, gli effetti di questi approcci si concentrano sul miglioramento dell'efficienza del modulo o sulla riduzione dei costi di produzione.

Negli anni recenti sono stati apportati miglioramenti incrementali alle celle c-Si convenzionali. Uno di questi miglioramenti è l'incorporamento dei contatti frontali in scanalature microscopiche tagliate al laser al fine di ridurre l'area superficiale dei contatti, e quindi aumentare l'area della cella che è

| | | |
|--|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 23 di 93 |

esposta alla radiazione solare. Allo stesso modo, un altro approccio prevede il passaggio dei contatti frontali lungo il retro della cella e quindi direttamente attraverso la cella fino alla superficie anteriore.

Diversi tipi di celle solari hanno intrinsecamente prestazioni migliori in diverse parti dello spettro solare. Pertanto, un'area di interesse della ricerca applicata è la diversificazione di celle di diversi tipi. Con una specifica combinazione di celle solari impilate (sufficientemente trasparenti) può essere prodotta una cella "multi-giunzione" che offre prestazioni migliori su una gamma più ampia dello spettro solare. Questo approccio è portato all'estremo nelle celle III-V (che prendono il nome dai rispettivi gruppi di elementi nella tavola periodica) in cui vengono utilizzati i materiali ottimali per ciascuna parte dello spettro solare. Le celle III-V sono estremamente costose, ma hanno raggiunto efficienze superiori al 40 per cento. Approcci meno costosi basati sullo stesso concetto di base includono celle ibride (costituite da celle impilate di c-Si e film sottile) e celle a-Si multi-giunzione.

Altre tecnologie emergenti, che non sono ancora pronte per il mercato, ma potrebbero essere di interesse commerciale in futuro, includono le celle sferiche, celle a nastro e celle organiche o sensibili al colorante. Le celle solari sensibili alla tintura hanno recentemente attirato attenzione a causa dei loro bassi costi di produzione e della facilità di fabbricazione. Tuttavia, la loro bassa efficienza e la loro instabilità nel tempo rappresentano ancora un punto debole significativo.

La Figura 4.4 illustra lo sviluppo della ricerca nel campo delle celle FV dal 1975 all'epoca corrente. Va notato come le celle disponibili in commercio, in termini di efficienza, siano ancora significativamente indietro rispetto alle celle ancora in fase di ricerca.

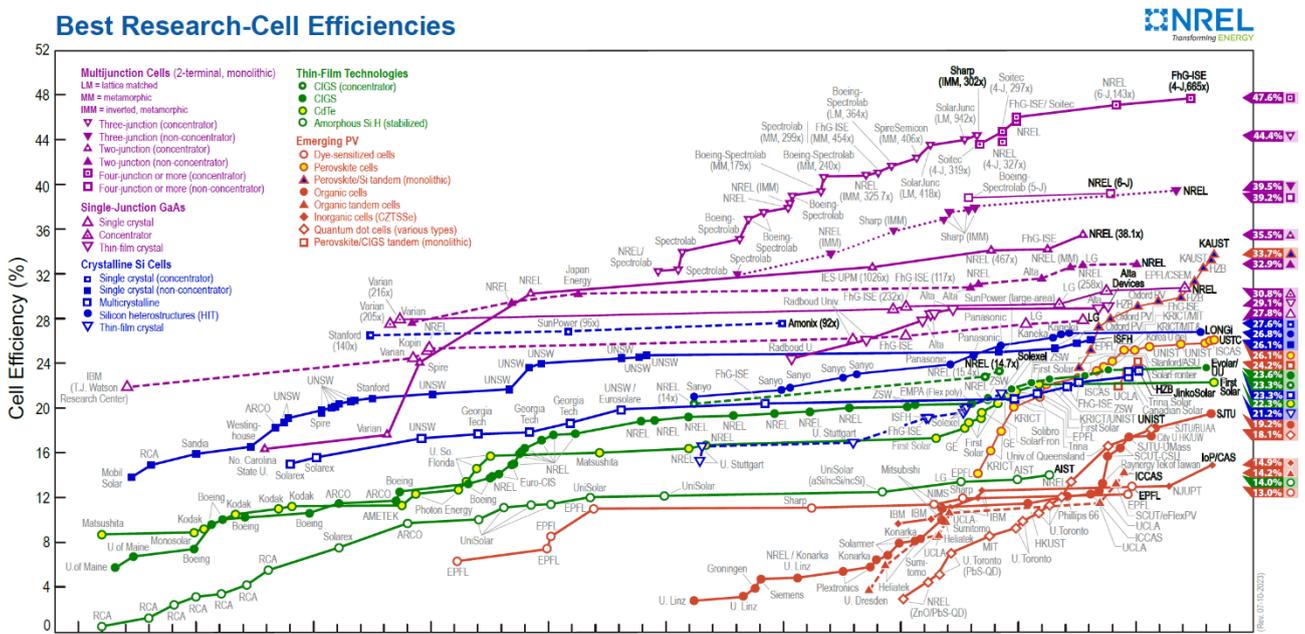


Figura 4.4 – Progressi della ricerca in termini di efficienza delle celle FV (fonte United States National Renewable Energy Laboratory <https://www.energy.gov/eere/solar/downloads/research-cell-efficiency-records>)

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 24 di 93 |

4.3.4 Modalità di posa dei moduli

I moduli fotovoltaici devono essere montati su una struttura che ne assicuri costantemente la corretta orientazione nonché in grado di fornire supporto e protezione strutturali. Gli elementi di ancoraggio possono essere ad orientazione fissa o variabile. Negli schemi a orientazione fissa i moduli sono in genere inclinati rispetto al piano orizzontale al fine di massimizzare la radiazione annuale che ricevono. L'angolo di inclinazione ottimale (tilt) dipende dalla latitudine della posizione del sito. La direzione verso cui è rivolto il sistema (azimut) nell'emisfero nord è convenzionalmente riferita al sud geografico.

In siti con un'alta percentuale di radiazione solare diretta, è possibile utilizzare inseguitori solari (*tracker*) monoassiali o biassiali per aumentare la captazione energetica annuale media totale. I *tracker* seguono il sole nei suoi movimenti giornalieri rispetto all'orizzonte. Queste sono generalmente le uniche parti mobili impiegate in un impianto solare fotovoltaico.

In funzione del sito e delle caratteristiche precise dell'irradiazione solare, i *tracker* possono aumentare il rendimento energetico annuo fino a 30/35 per cento per inseguitori monoassiali e 45 per cento per inseguitori biassiali. Il *tracking* produce anche un plateau di uscita di potenza più regolare. Ciò aiuta a soddisfare la domanda di picco nei pomeriggi, cosa comune nei climi caldi a causa dell'uso di unità di condizionamento dell'aria.

Quasi tutti gli impianti che impiegano sistemi ad inseguimento utilizzano moduli in silicio cristallino (c-Si). Gli aspetti da tenere in considerazione quando si prevede l'impiego di *tracker* includono i seguenti:

Finanziari:

- costi di capitale aggiuntivi per l'approvvigionamento e l'installazione dei *tracker*.
- superficie aggiuntiva necessaria per evitare l'ombreggiatura rispetto a un sistema di inclinazione fissa in campo libero della stessa potenza nominale.
- costi di manutenzione più elevati per la gestione delle parti mobili e dei sistemi di attuazione.

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 25 di 93 |

Operativi/gestionali:

- *range angolare di inseguimento solare:* tutti i *tracker* hanno limiti angolari, che variano tra i diversi tipi di prodotto. A seconda dei limiti angolari, le prestazioni energetiche potrebbero essere ridotte.
- *Elevata resistenza al vento e sistemi di sicurezza:* il sistema di controllo automatizzato dei *tracker*, oltre una data soglia di velocità del vento, attiva la modalità di sicurezza (*tracker* in posizione orizzontale) per offrire la minore resistenza al vento. Ciò può ridurre il rendimento energetico e quindi i proventi economici della vendita dell'energia nei siti ad alta velocità del vento.
- *Rapporto di irradiazione diretta / diffusa:* i sistemi ad inseguimenti solare offrono maggiori vantaggi in luoghi con una componente di irradiazione diretta più elevata.

4.3.5 *Gli inverter*

Gli inverter sono dispositivi elettronici che trasformano l'elettricità DC generata dai moduli fotovoltaici in elettricità AC, idealmente conforme ai requisiti della rete locale. Gli inverter possono anche svolgere una varietà di funzioni per massimizzare la produzione dell'impianto. Queste vanno dall'ottimizzazione della tensione tra le stringhe e dal monitoraggio delle prestazioni delle stringhe alla registrazione dei dati, nonché fornire protezione e isolamento in caso di disfunzioni della rete o dei moduli fotovoltaici.

Gli inverter funzionano utilizzando dispositivi di commutazione dell'alimentazione, come tiristori o Transistor bipolare a gate isolato (IGBT), per suddividere la corrente continua in impulsi che riproducano la forma d'onda sinusoidale in CA.

Esistono due grandi classi di inverter: inverter centrali e inverter di stringa. La configurazione dell'inverter centrale rimane la prima scelta per molti impianti fotovoltaici di media e grande scala. In questa soluzione, numerosi moduli sono collegati in serie per formare una stringa e le stringhe vengono quindi collegate in parallelo all'inverter.

Gli inverter centrali offrono alta affidabilità e semplicità di installazione. Tuttavia, presentano degli svantaggi: aumento delle perdite di disaccoppiamento dei moduli (*mismatching*) e incapacità di "seguire" il punto di massima efficienza energetica (MPPT⁷) per ogni stringa.

Ciò può causare problemi per le configurazioni che hanno angoli di inclinazione e orientamento multipli, o che soffrono di ombreggiatura o utilizzano tipi di modulo diversi.

⁷ Il rilevamento del punto di massima potenza è la capacità dell'inverter di regolare la sua impedenza in modo che la stringa sia a una tensione operativa che massimizza la potenza in uscita.

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 26 di 93 |

4.4 Impatto e sostenibilità ambientale

La tecnologia fotovoltaica ha un impatto ambientale molto contenuto se paragonato a quello delle fonti energetiche convenzionali (fonte ENEA-CNR). Le analisi di impatto legate alla produzione elettrica da fotovoltaico mostrano valori di gran lunga inferiori a quelli del ciclo combinato a gas naturale (che, dal punto di vista ambientale, rappresenta la migliore tecnologia fossile disponibile). Uno studio RSE sul *Life Cycle Assessment* degli impianti fotovoltaici, condotto secondo la ISO 14040, evidenzia che non esiste una combinazione tecnologia/installazione migliore per tutti gli impatti analizzati, ma che in generale l'utilizzo di fotovoltaico presenta dei vantaggi in termini ambientali rispetto alle tecnologie fossili. Il consumo di materie prime per la tecnologia fotovoltaica è relativo alla fase di costruzione di celle e moduli (soprattutto silicio) ed è tollerabile anche per installazioni fotovoltaiche molto più ampie di quelle attuali. La produzione di rifiuti invece è relativa: alla fase di costruzione di celle e moduli, ed è molto contenuta; alla fase di recupero e riciclaggio a fine vita, che è regolamentata dal D.Lgs. 49/2014 sui RAEE che ha recepito la Direttiva Europea 2012/19/UE sui rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche. Al fine di finanziare l'attività di recupero, trattamento e smaltimento dei RAEE da parte dei produttori di apparecchiature elettriche ed elettroniche, il prezzo di vendita dei pannelli fotovoltaici incorpora un eco-contributo che non costituisce voce di profitto e deve essere quindi applicato a tutta la filiera (Produttore, Importatore, Grossista, Venditore, Installatore, fino all'Utente Finale).

Inoltre, nell'impiego della tecnologia fotovoltaica non si fa ricorso all'utilizzo della risorsa idrica né vengono provocate emissioni di CO₂ o di altri inquinanti. La principale contropartita per la tecnologia fotovoltaica riguarda il consumo di suolo, nel caso delle installazioni a terra, peraltro mitigabile adottando adeguate scelte progettuali (criteri di localizzazione in aree antropizzate, preservazione del suolo agrario, adozione di opportune interdistanze tra le stringhe, salvaguardia della vegetazione erbacea, solo per citarne alcuni). Come più oltre indicato, l'impiego dei *tracker* monoassiali in luogo delle strutture fisse si rivela preferibile ai fini della salvaguardia delle caratteristiche agronomiche dei suoli.

Le emissioni CO₂/MWh evitate sono correlate alla mancata produzione energetica da fonti fossili, riferibile al mix del parco di generazione italiano, in conseguenza della produzione da fonte fotovoltaica.

| | | |
|--|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 27 di 93 |

5 INQUADRAMENTO TERRITORIALE ED URBANISTICO

5.1 Ubicazione dell'area di intervento

Il proposto impianto fotovoltaico ricade nella porzione centro-settentrionale del territorio comunale di Isili (SU), all'interno del perimetro della Zona Industriale sita nella località *Perd'e Cuaddu*. In particolare, le aree interessate dall'impianto fotovoltaico risultano collocate ad est, ad ovest e sud-ovest del perimetro dell'attuale agglomerato industriale. Risulta indicativamente compreso tra le località di *Baraxi* ad ovest, *Mauru Marras* a nord, *Monte Crabittu* ad est e *Bruncu s'Ollastu* a sud.

La localizzazione proposta per l'impianto fotovoltaico è stata individuata avendo riguardo dell'opportunità di favorire l'inserimento ambientale e paesaggistico delle opere, prevedendole all'interno di una importante una Zona Industriale ed a significativa distanza dai principali centri abitati.

Sotto il profilo urbanistico, in riferimento alla zonizzazione del territorio extraurbano, rinvenibile all'Elaborato F.4 del Piano adottato nel 2011, l'area interessata dal campo solare risulta inclusa nella zona omogenea D – “*Industriale, artigianale e commerciale*” sottozona D2 – “*Industriale del Sarcidano (ex Consorzio A.S.I. Sardegna Centrale)*”.

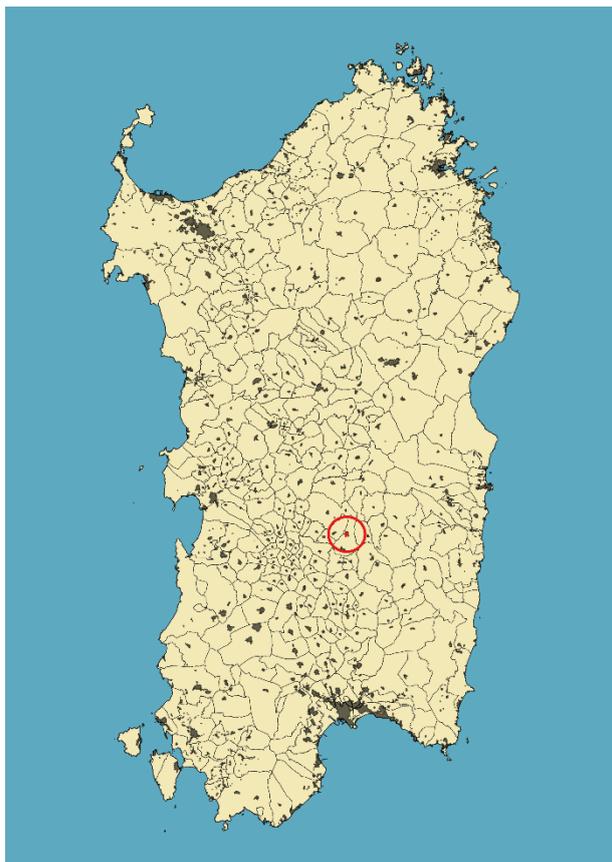


Figura 5.1 – Inquadramento geografico dell'intervento

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 28 di 93 |

Nella cartografia ufficiale, il Sito è individuabile nella Sezione in scala 1:25.000 della Carta Topografica d'Italia dell'IGMI Serie 25 Foglio 540 Sez. IV "Isili".

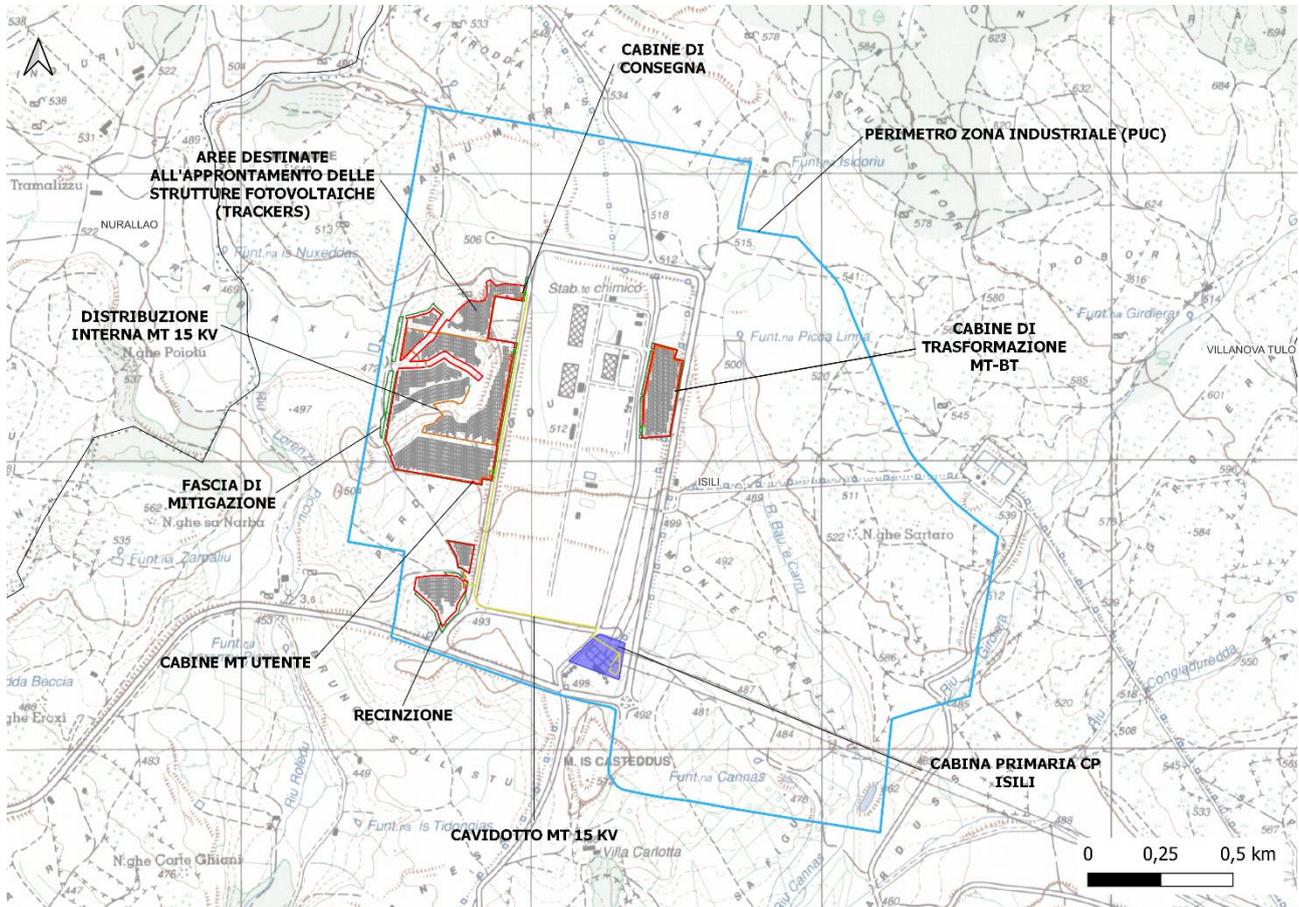


Figura 5.2 – Inquadramento territoriale dell'intervento su base I.G.M.I.

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 29 di 93 |

Nella Carta Tecnica Regionale Numerica in scala 1:10.000, lo stesso ricade nella sezione 540020 – “Stazione di Nurallao”.

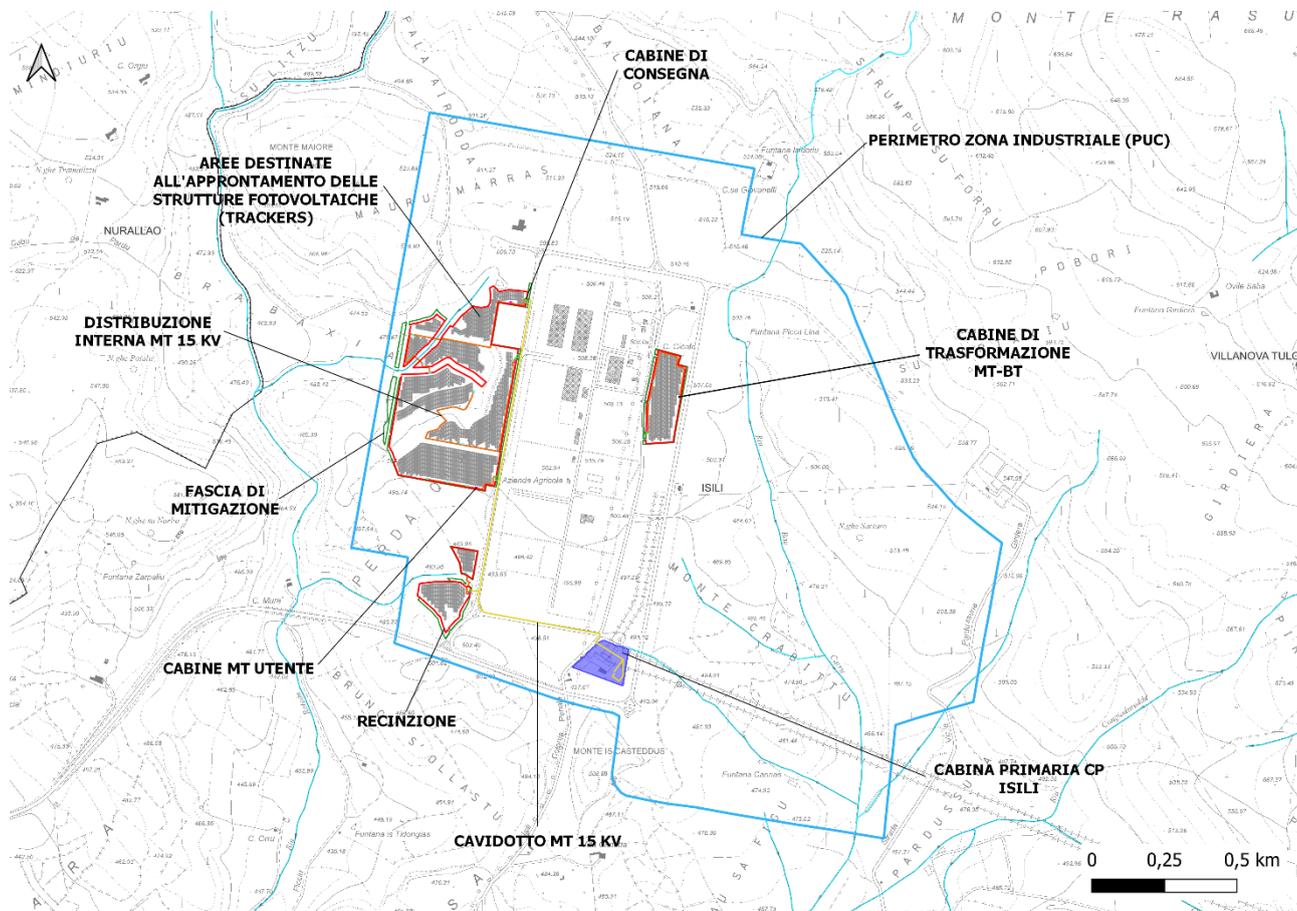


Figura 5.3 – Inquadramento territoriale intervento su base C.T.R.

La regione storica del *Sarcidano*, entro cui è inserito il Comune di Isili, si caratterizza, morfologicamente, per la presenza di un territorio collinare regolare ed uniforme, in cui risaltano i profili “a mesa” dei numerosi altopiani basaltici.

L’ambito collinare si è evoluto su formazioni geologiche di natura sedimentaria stratificata in giaciture sub-orizzontali, prevalentemente costituite da formazioni clastiche di deposizione fluviale, o costituenti antichi depositi di versante ascrivibili alla Formazione di Ussana.

La zona in esame presenta una morfologia collinare con quota media di circa 500 m s.l.m.

Con riferimento ai caratteri idrografici il *Sarcidano* ricade all’interno di due bacini idrografici: quello del *Flumini Mannu* ad ovest e quello del *Flumendosa* ad est. L’area di impianto si trova all’interno del bacino idrografico del *Flumini Mannu* e, in particolare, nella lingua di territorio a nord che culmina con il tacco calcareo dolomitico di Laconi. Il *Flumini Mannu* è il quarto fiume della

| | | |
|--|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 30 di 93 |

Sardegna per ampiezza di bacino e con una lunghezza dell'asta principale di circa 96 km e rappresenta il più importante fiume della Sardegna Meridionale. Il suo corso, che si svolge in direzione NE-SO, ha origine da molti rami sorgentiferi dall'altipiano calcareo del *Sarcidano*, si sviluppa attraverso la *Marmilla* e, costituitosi in un unico corso, sbocca nella piana del *Campidano* sfociando in prossimità di Cagliari nelle acque dello *Stagno di S. Gilla*. Il *Flumini Mannu di Cagliari* si differenzia notevolmente dagli altri corsi d'acqua dell'Isola per i caratteri topografici del suo bacino imbrifero. L'asta principale per quasi metà del suo sviluppo si svolge in pianura, al contrario della maggior parte dei corsi d'acqua sardi aventi come caratteristica la brevità del corso pianeggiante rispetto a quello montano.

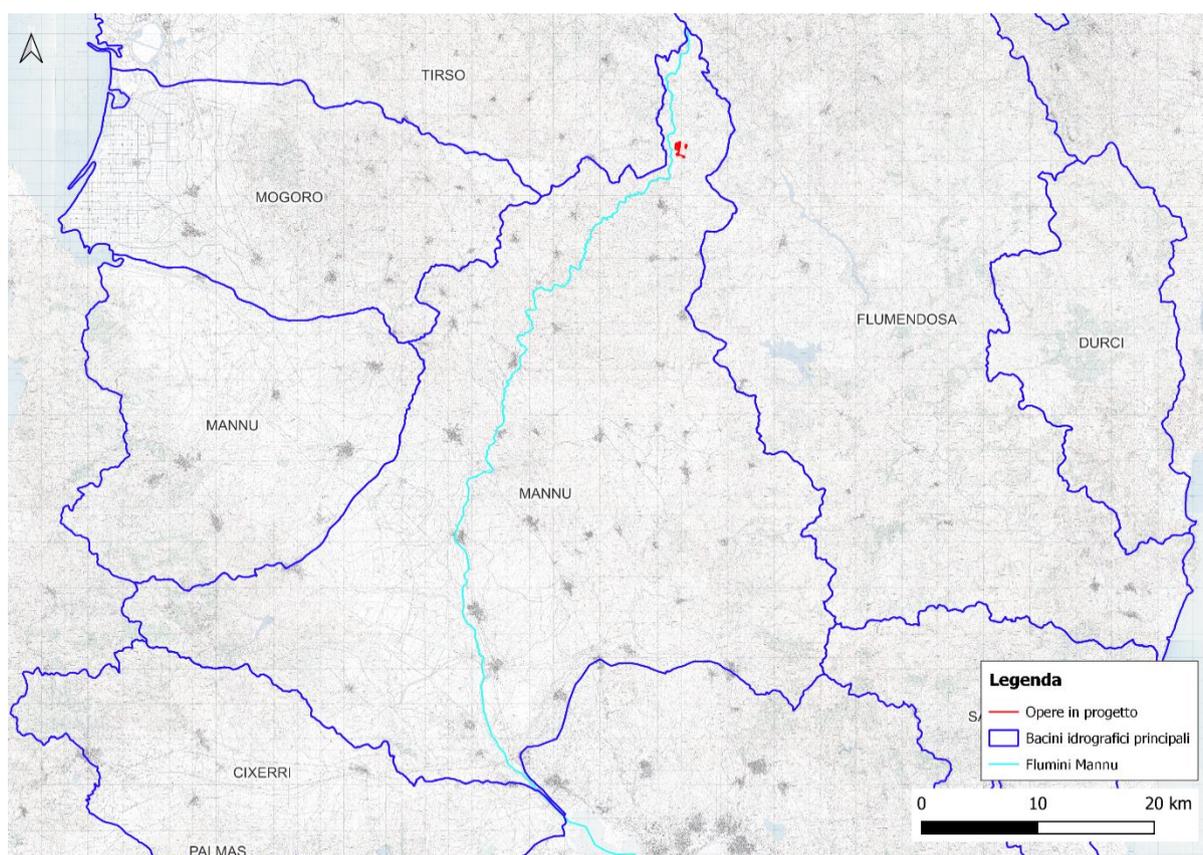


Figura 5.4 – Bacini idrografici di riferimento

| | | |
|--|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 31 di 93 |

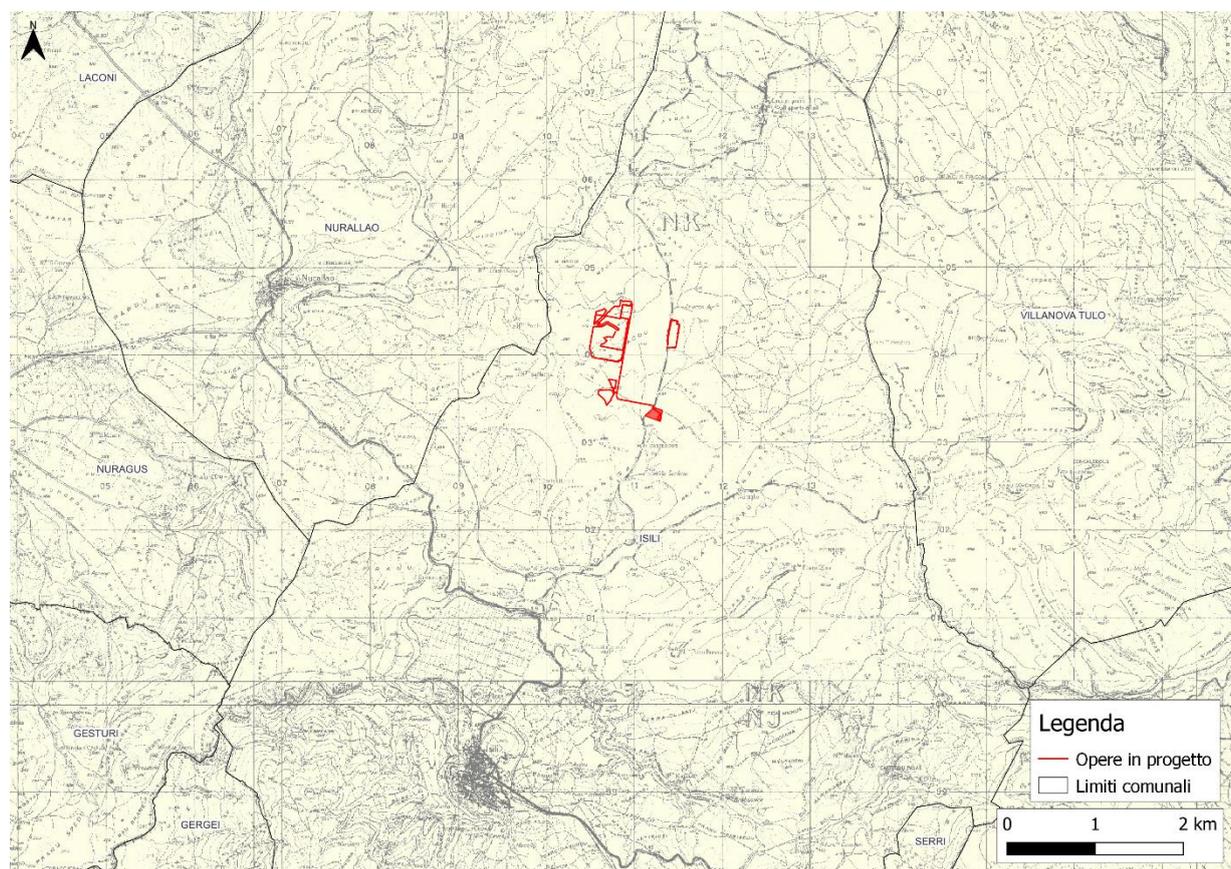


Figura 5.5 – Ubicazione del sito di impianto in progetto su IGM storico

Rispetto al tessuto edificato degli insediamenti abitativi più vicini, il sito di intervento presenta, indicativamente, la collocazione indicata in Tabella 5.1.

Tabella 5.1 – Distanze dell'impianto rispetto ai più vicini centri abitati

| Centro abitato | Posizionamento rispetto al sito | Distanza dal sito (km) |
|----------------|---------------------------------|------------------------|
| Nurallao | O | 2,9 |
| Isili | S | 3,7 |
| Villanovatulo | E | 6,5 |
| Nuragus | S-O | 6,8 |
| Serri | S-E | 8,3 |
| Escolca | S | 8,6 |
| Gergei | S | 8,6 |
| Laconi | N-O | 8,8 |
| Gesturi | S-O | 9,7 |
| Nurri | S-E | 11,3 |

| | | |
|--|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 32 di 93 |

Sotto il profilo delle infrastrutture viarie, l'ambito di riferimento è caratterizzato dal passaggio ad ovest della SS 128 "Centrale Sarda", della SP 52 ad est, dalla viabilità di collegamento della Zona Industriale di "Perd'e Cuaddu" e della Colonia Penale di Isili – ubicata a circa 1.500 metri nord della zona industriale – e dalla Strada comunale Ruina Ponti, entrambe collegate ai due assi principali citati.

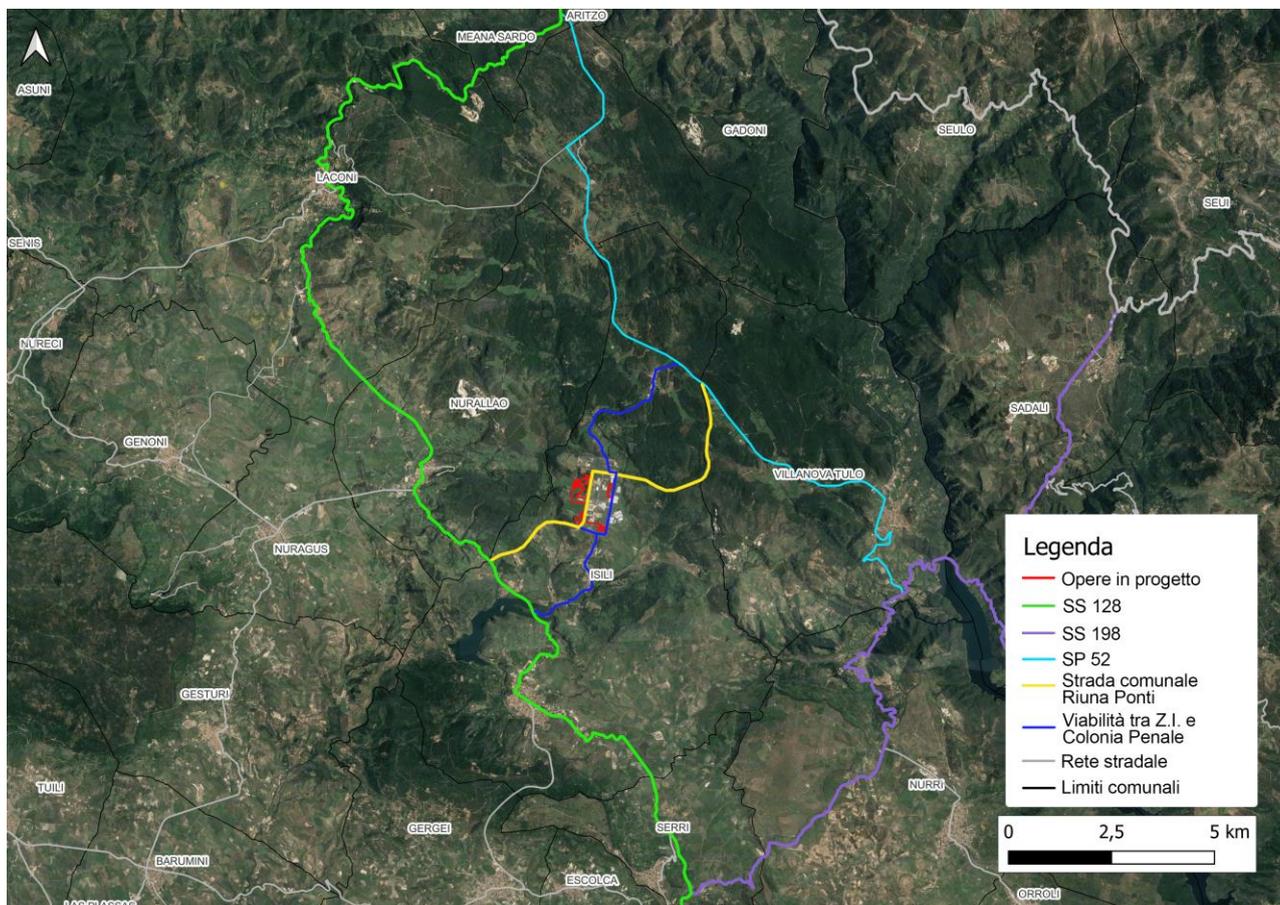


Figura 5.6 - Ubicazione delle opere in progetto rispetto ai principali assi viari

Al Nuovo Catasto terreni del Comune di Isili l'area è individuata in base ai riferimenti indicati nell'Elaborato SSEI-FVI-RP8.

5.2 Inquadramento urbanistico e norme di tutela del territorio

5.2.1 Piano di Fabbricazione del Comune di Isili

Alla pagina web di SardegnaTerritorio, sezione "anagrafica" si rinvengono l'insieme di date e di eventi che hanno scandito l'iter di approvazione di uno strumento urbanistico e di ogni sua variante, così come i riferimenti ufficiali delle delibere ed altri atti amministrativi collegati.

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 33 di 93 |

Riguardo al Comune di Isili ⁸, si riporta che lo strumento urbanistico vigente è il Piano di Fabbricazione (PdF) la cui ultima variante risulta adottata definitivamente con Del. C.C. N. 37 del 19/12/2013 vigente a far data dalla pubblicazione sul BURAS N. 15 del 02/04/2015.

Al vecchio sito istituzionale del Comune di Isili⁹ si riporta che “*con Deliberazione del Consiglio Comunale n.1 del 14.04.2014 è stato adottato il nuovo Piano Urbanistico Comunale i cui atti sono depositati presso l’ufficio tecnico comunale per 30 giorni consecutivi a far data dal 28.04.2013.*”. In riferimento a tali elaborati si segnala l’assenza di questi nel sito ufficiale del Comune e l’impossibilità di consultazione. Gli elaborati rinvenibili al sito web del Comune sono adottati con la deliberazione del Consiglio Comunale n.9 del 24/03/2011.

In riferimento alla zonizzazione del territorio extraurbano, rinvenibile all’Elaborato F.4 del Piano adottato nel 2011, l’intero impianto fotovoltaico ricade in zona D, sottozona D2 – “Industriale, del Sarcidano (ex Consorzio A.S.I. Sardegna Centrale)”.

⁸ http://webgis.regione.sardegna.it/puc_serviziconsultazione/ElencoStrumentiUrbanistici.eib

⁹ https://www.comune.isili.ca.it/isili/oldsite/www.comune.isili.ca.it/index6b71.html?option=com_content&view=article&id=54&Itemid=182

| | | |
|--|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 34 di 93 |

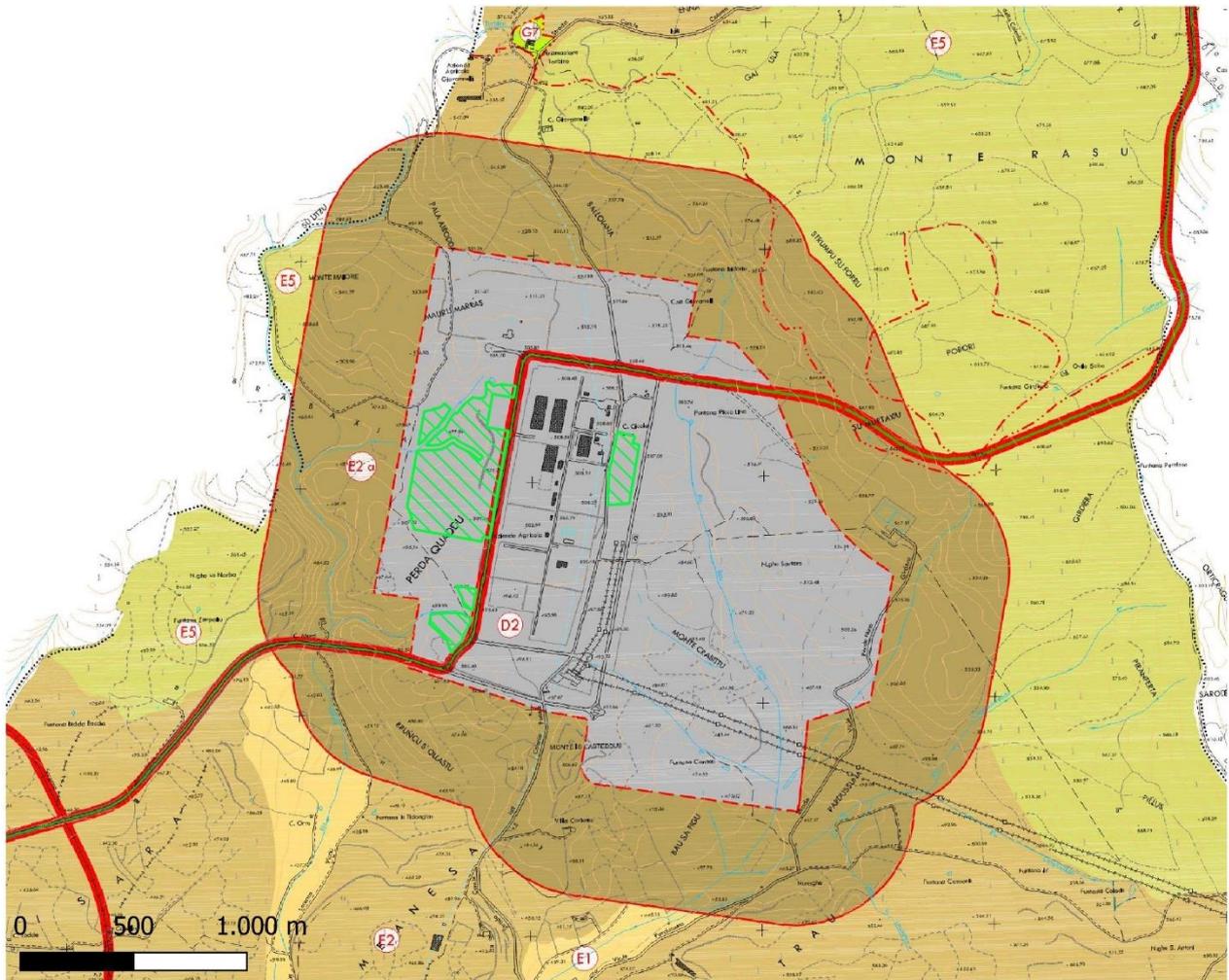


Figura 5.7: Area in progetto (in verde) ubicata nell' Agglomerato industriale del Sarcidano in località "Perd'e Cuaddu" e Stralcio "Zonizzazione del territorio comunale"

5.2.2 Piano Regolatore dell'Area Industriale della Sardegna Centrale

L'impianto ricade all'interno dell'Agglomerato industriale del Sarcidano in località "Perd'e Cuaddu" la cui competenza, in passato in capo al "Consorzio per l'area di sviluppo industriale della Sardegna Centrale" (Consorzio A.S.I. - Sardegna Centrale) con sede a Nuoro, è stata recentemente trasferita al Comune di Isili. Gli interventi edificatori e industriali sono normati dal Piano Regolatore Consortile che produce gli stessi effetti giuridici del Piano Territoriale di Coordinamento di cui agli articoli 5 e 6 della Legge 17 agosto 1942, n. 1150, ai sensi e per gli effetti dell'art. 21 del testo coordinato delle leggi 29 luglio 1957, n. 634 e 18 luglio 1959, n. 555." (NTA PUC Isili). L'impianto ricade nelle zone omogenee "Zona per insediamenti produttivi" e "Zona per servizi, attrezzature consortili e verde attrezzato".

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 35 di 93 |



Legenda

 Aree interessate dal progetto dell'impianto fotovoltaico

| | | | |
|---|---|-----|-----------|
|  | Zona per gli insediamenti produttivi | Ha. | 217.07.00 |
|  | Zona per servizi, attrezzature consorziali e verde attrezzato | Ha. | 40.97.00 |
|  | - Cabina primaria ENEL - Stazione ESAP | Ha. | 3.56.00 |
|  | - Area per servizi ambientali | Ha. | 9.69.00 |
|  | Zona verde consortile di rispetto | Ha. | 40.43.00 |
|  | Fasce di rispetto e per infrastrutture (Comprese strade interne) | Ha. | 26.98.00 |
|  | Zona verde agricolo di rispetto | | |
| TOTALE SUPERFICIE AGGLOMERATO INDUSTRIALE | | Ha. | 325.45.00 |

LEGENDA INFRASTRUTTURE

| | |
|---|-------------------------------------|
|  | CONDOTTA IDRICA ESISTENTE |
|  | CONDOTTA REFLUI ESISTENTE |
|  | LINEA FERROVIARIA ESISTENTE |
|  | LINEA FERROVIARIA PROGRAMMATA |
|  | VIABILITA' ESISTENTE E DI PROGRAMMA |

Figura 5.8: Area in progetto (in verde) ubicata nell' Agglomerato industriale del Sarcidano in località "Perd'e Cuaddu" e Planimetria zonizzazione zona industriale

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 36 di 93 |

5.2.3 Analisi dei vincoli di carattere paesaggistico-ambientale

L'analisi degli atti di pianificazione territoriale e della normativa vigente in materia di beni culturali e ambientali, nonché l'esame del quadro dei vincoli, ha portato ad escludere l'esistenza di elementi urbanistico-territoriali preclusivi alla realizzazione della proposta centrale fotovoltaica.

L'intervento è pienamente coerente con gli indirizzi specifici stabiliti dalla Regione Sardegna relativamente all'ubicazione degli impianti fotovoltaici (Deliberazione della Giunta Regionale n. 59/90 del 27/11/2020). L'impianto risulta infatti ubicato all'esterno delle aree non idonee individuate ai sensi della D.G.R. 59/90 e all'interno delle cosiddette aree brownfield, individuate come **"aree preferenziali dove realizzare gli impianti, la cui occupazione a tale scopo costituisce di per sé un elemento per la valutazione positiva del progetto"** (paragrafo 5, Allegato b) alla Delib.G.R. n. 59/90 del 27.11.2020).

L'intero impianto fotovoltaico ricade all'interno della zona D, sottozona D2 – "Industriale, del Sarcidano (ex Consorzio A.S.I. Sardegna Centrale)" cartografata dallo strumento urbanistico comunale del Comune di Isili.

In fase di progettazione sono stati osservati i seguenti distacchi degli inseguitori solari dalla viabilità esistente; in particolare:

- per le zone per insediamenti produttivi – distacchi dei fabbricati o degli impianti di qualsiasi tipo dai confini del lotto stesso non inferiori all'altezza massima della facciata del fabbricato che su di esso prospetta e, in ogni caso, non inferiore a m 8,00;
- per le zone per servizi, attrezzature consortili e verde attrezzato – distacchi delle costruzioni di almeno 6 m dai confini interni.

Relativamente alle possibili relazioni tra l'intervento in progetto e la disciplina di tutela paesistica introdotta dal Codice Urbani (D.Lgs. 42/04) e dal Piano Paesaggistico Regionale, approvato con Decreto del Presidente della Regione n. 82 del 7 settembre 2006, si può affermare quanto segue:

- Riguardo al settore d'intervento, salva diversa interpretazione degli enti preposti, non si rilevano interferenze dirette e materiali tra le aree di sedime dei moduli fotovoltaici e le opere di rete con aree sottoposte a tutela ai sensi degli artt. 136-142-143 del D. Lgs.42/04.
- Le opere NON ricadono all'interno di ambiti di paesaggio costieri del P.P.R., per i quali la disciplina del Piano è immediatamente efficace;
- L'intervento, incluso nel sistema delle infrastrutture (centrali, stazioni e linee elettriche, artt. 102, 103, 104 N.T.A. P.P.R.), non interessa beni paesaggistici di cui all'Art. 17 comma 3 lettera h) delle N.T.A. del P.P.R.;
- Con riferimento all'assetto insediativo, l'intervento ricade all'interno del perimetro di aree classificate come "grandi aree industriali" (artt. 91÷93 N.T.A. del P.P.R.);
- Relativamente all'Assetto Ambientale, le aree interessate dalle opere insistono su ambiti

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 37 di 93 |

cartografati come “Aree ad utilizzazione agro-forestale” (artt. 28-30 N.T.A. P.P.R) nella fattispecie di “colture erbacee specializzate”, aree seminaturali (artt. 25, 26 e 27 N.T.A.) nella fattispecie “praterie” e aree naturali e subnaturali (artt. 22, 23 e 24 N.T.A.) nella fattispecie “boschi”.

A questo riguardo, come più diffusamente argomentato nell’elaborato SSEI-FVI-RP12, corre l’obbligo sottolineare come la realizzazione dell’opera all’interno dell’area industriale, espressamente destinata all’insediamento di attività produttive, al di là dei presupposti di coerenza con il contesto paesaggistico, delinei una generale armonia con le funzioni ed i caratteri urbanistico-territoriali propri dell’area stessa, antropizzati o comunque intrinsecamente vocati ad interventi di trasformazione.

- Non si segnalano interferenze con Beni paesaggistici di interesse storico-culturale ed in particolare con beni identitari di cui agli artt. 6 e 9 delle N.T.A., questi ultimi individuati secondo i criteri di cui all’art. 47 comma 3 delle N.T.A. Più precisamente il progetto non interferisce con aree caratterizzate da edifici e manufatti di valenza storico-culturale di cui all’art. 48 comma 1 lettera b delle N.T.A., reti ed elementi connettivi di cui all’art. 54 o aree di insediamento produttivo di interesse storico-culturale di cui all’art. 57.
- In relazione alla presenza di aree tutelate sotto il profilo ecologico-naturalistico, si segnala come le stesse risultino esterne rispetto all’area di intervento. In particolare, le opere non ricadono all’interno di Zone Speciali di Conservazione, individuate ai sensi della Direttiva 92/43/CEE (“Direttiva Habitat”), Zone di Protezione Speciale proposte o istituite ai sensi della direttiva 79/409/CEE (“Direttiva Uccelli”), Oasi permanenti di protezione faunistica e cattura (L.R. n. 23/98) o aree di interesse naturalistico di cui alla L.R. 31/89.
- Riguardo alle possibili interazioni dell’opera con il Piano stralcio per l’Assetto Idrogeologico (P.A.I.), non si segnala l’interessamento di aree individuate come a rischio frana o a rischio idraulico.
- Dall’analisi del settore d’interesse, non si rilevano eventuali interferenze tra le opere in progetto e le fasce fluviali perimetrate dal Piano Stralcio Fasce Fluviali.

Rispetto alla scelta localizzativa di Isili – *Perd’e Cuaddu*, di preminente importanza risulta essere la disciplina recata dal D.Lgs. n. 199 del 8/11/2021 che, in riferimento alle aree considerate idonee ai fini della realizzazione di impianti energetici a fonte rinnovabile di cui all’articolo 20, comma 8 lettera c-ter) riporta come debbano considerarsi tali: “*esclusivamente per gli impianti fotovoltaici, anche con moduli a terra, in assenza di vincoli ai sensi della parte seconda del codice dei beni culturali e del paesaggio, di cui al decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42:*

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 38 di 93 |

1. *le aree classificate agricole, racchiuse in un perimetro i cui punti distino non più di 500 metri da zone a destinazione industriale, artigianale e commerciale, compresi i siti di interesse nazionale, nonché le cave e le miniere⁽¹⁰⁾;*
2. *le aree interne agli impianti industriali e agli stabilimenti, questi ultimi come definiti dall'articolo 268, comma 1, lettera h), del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, nonché le aree classificate agricole racchiuse in un perimetro i cui punti distino non più di 500 metri dal medesimo impianto o stabilimento⁽¹⁾. [omissis]"*

Nel caso in esame, potendosi escludere la presenza di vincoli *ai sensi della parte seconda del codice dei beni culturali e del paesaggio* le aree di progetto, ricadendo all'interno di un'area urbanisticamente destinata ad ospitare attività industriali, sono da considerarsi idonee all'installazione di impianti fotovoltaici.

¹⁰ Il presente numero è stato così modificato dall'art. 7 sexies, D.L. 21.03.2022, n. 21, così come inserito dall'allegato alla legge di conversione, L. 20.05.2022, n. 51 con decorrenza dal 21.05.2022

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 39 di 93 |

5.3 Inquadramento geologico generale

L'area in studio ricade nella Sardegna centro-meridionale, nella regione del Sarcidano, lungo il bordo orientale del Rift Sardo ("Fossa Sarda" Auct.), notoriamente identificata come una zona particolarmente importante nel quadro dell'evoluzione geodinamica della Sardegna.

L'ossatura geologica dell'areale designato per ospitare il parco fotovoltaico vede la presenza di depositi sedimentari mesozoici e terziari a cui si sovrappongono, nel settore sud-occidentale, i prodotti vulcanici pliocenici delle Giare e tutti i depositi quaternari dei fondivalle (depositi alluvionali) e delle pendici (corpi di frana antichi, depositi detritici, eluvio-colluviali) derivanti dall'erosione dei rilievi al contorno. Durante il Mesozoico, infatti, dopo il passaggio dagli ambienti continentali permiani a quelli transizionali e marini triassici, l'Isola faceva parte del margine passivo sud-europeo, probabilmente legato al Dominio Brianzonese, di cui costituiva un alto strutturale che è stato sommerso solo dal Giurassico Medio, ed ovunque la successione arrivi al Cretacico Superiore è presente una lacuna al Cretacico medio.

La sedimentazione marina si interrompe nell'Eocene medio per riprendere alla fine dell'Oligocene e soprattutto all'inizio del Miocene con lo sviluppo, tra il Golfo di Cagliari e quello dell'Asinara, di diversi bacini in cui si sono depositati oltre 1.000 m di sedimenti ("Fossa sarda" Auct.). Il Rift Sardo (CHERCHI & MONTEPART, 1982), che attraversa la Sardegna in senso meridiano unendo il *Golfo dell'Asinara* con quello di *Cagliari*, deve la sua formazione ad un'intensa tettonica transtensiva sviluppatasi durante il Terziario che ne ha provocato lo sprofondamento mediante un complesso sistema di faglie dirette e trascorrenti impostate probabilmente su linee di debolezza erciniche, che localmente ha dato origine a rigetti dell'ordine anche dei 2.000 m. Le evidenze di queste faglie, orientate prevalentemente in direzione N-S e NNW-SSE e talora dislocate da lineazioni NE-SW, sono osservabili nell'area cagliaritano e a nord di essa dove hanno dato luogo ad un complesso sistema di "horst" e "graben" minori che ne giustificano l'attuale configurazione morfologica.

Le faglie più importanti, per continuità e per l'entità del movimento crostale verticale, sono quelle che delimitano ad est e ad ovest, i bordi dell'attuale piana campidanese. A tale attività tettonica ha conseguito un intenso vulcanismo, sia effusivo che esplosivo, a prevalente affinità calcalina (e localmente peralcalina nelle fasi finali) che ha interessato tutta la Sardegna centro-occidentale.

La colmata della depressione oligo-miocenica si esplica con la messa in posto di un insieme eterogeneo di rocce sedimentarie (continentali e marine) e vulcaniche di età miocenica e rocce sedimentarie continentali di età quaternaria che, in corrispondenza del Campidano (dove i movimenti tettonici sono proseguiti nel Plio-Quaternario), raggiunge lo spessore di qualche migliaio di metri.

Parallelamente alle lineazioni tettoniche che delimitano questa estesa pianura, un fitto sistema di faglie dirette orientate N-S e NNW-SSE interessa le regioni della Trexenta, la Marmilla e il Sarcidano che rappresentano le aree marginali orientali del rift: per via della morfologia dei luoghi le coperture quaternarie hanno spessori più limitati e poco estesi, principalmente confinate alle valli

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 40 di 93 |

fluviali.

Nello specifico, l'area di intervento vede la presenza dei sedimenti mesozoici, afferenti alla Formazione di Dorgali [**DOL**], rappresentati, a partire dal basso da calcari marnosi e marne da giallastri a grigi, con locali intercalazioni arenacee e siltitico-argillitiche grigio-verdastre, a cui seguono dolomie e calcari dolomitici di colore da biancastro a nocciola a rossastri, fossiliferi in banchi da decimetrici a metrici.

In discordanza una successione di terreni sedimentari marnoso-arenacei e conglomeratici di età miocenica riconducibili dal basso verso l'alto alla Formazione di Ussana [**USS**], alla Formazione di Nurallao [**NLL**] ed i calcari di Villagreca [**VLG**]: trattasi di litologie tipiche di ambiente marino a bassa energia che presentano al loro interno un importante contributo di materiale vulcanico. Tali formazioni sono dislocate da un sistema di faglie dirette a rigetto limitato, con andamento approssimativamente parallelo al graben campidanese.

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 41 di 93 |

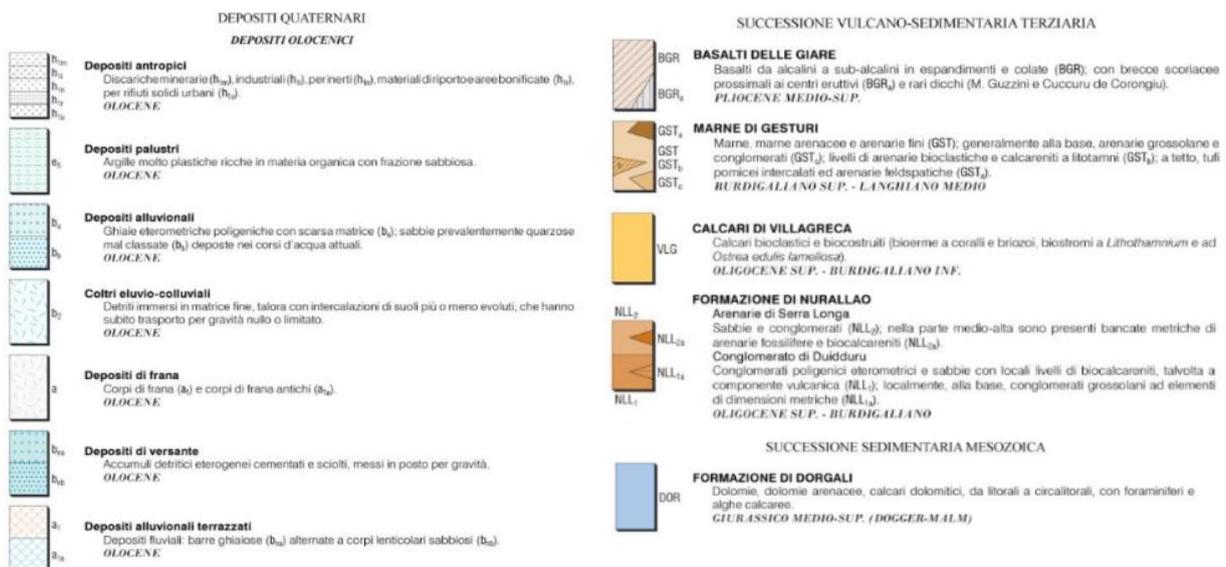
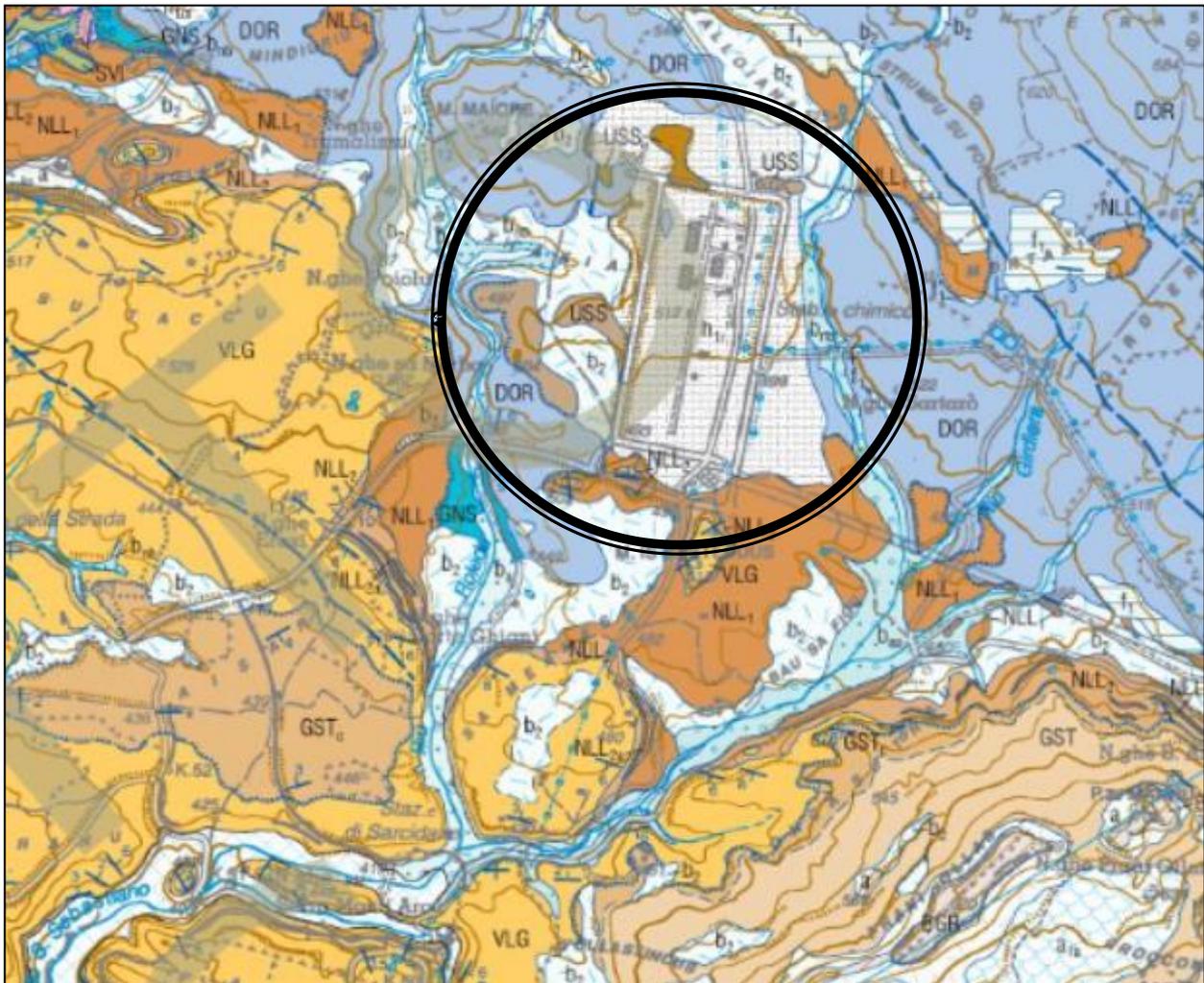


Figura 5.9 – Inquadramento geologico di contesto, tratta da “Carta Geologica di Italia” Progetto CARG edita dall’ISPRA in scala 1:50.000, fuori scala, modificata.

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 42 di 93 |

Ad ovest dell'areale di intervento affiorano estese coperture basaltiche di età pliocenica, i cosiddetti "basalti delle giare di Gesturi" [**BGR**], messe in posto su una superficie erosiva che taglia a quote diverse la Formazione delle Marne di Gesturi [**GST**]. Immediatamente a sud e ad ovest dell'abitato di Isili è visibile il basamento paleozoico che rappresenta uno scoglio tettonico affiorante dalle formazioni mioceniche.

In corrispondenza dei principali rilievi miocenici si rinvencono sovente le coltri detritiche di versante e colluviali [**b2**] riferibili perlopiù all'Olocene, prodotto del disfacimento dei rilievi marnoso arenacei.

Lungo i corsi d'acqua dominano le successioni alluvionali prevalentemente sabbiosa [**bnb**] ed in subordine ghiaioso-sabbiose [**bna**], di età più antica ("Alluvioni Terrazzate") o recente-attuale [**ba** e **bb**] ("Alluvioni Attuali").

Chiudono la successione stratigrafica i depositi antropici [**h1**], rappresentati dai rilevati stradali, argini fluviali, discariche per inerti e materiali derivanti dalle opere di realizzazione dell'aggregato industriale di "Perd'e Cuaddu".

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 43 di 93 |

6 CONFIGURAZIONE GENERALE DELL'IMPIANTO FV

6.1 Criteri di scelta del sito

I principali criteri di scelta perseguiti per l'individuazione del sito, in coerenza con il quadro normativo nazionale e regionale, sono stati i seguenti:

- Individuazione di zone del territorio esterne ad ambiti di particolare rilevanza sotto il profilo paesaggistico-ambientale;
- compatibilità delle pendenze del terreno rispetto ai canoni richiesti per l'installazione di impianti fotovoltaici che impiegano la tecnologia degli inseguitori monoassiali o, ove richiesto, positiva verifica circa la possibilità di procedere ad opportune regolarizzazioni morfologiche;
- opportuna distanza da zone di interesse turistico e dai centri abitati;
- rispondenza del sito alle seguenti caratteristiche richieste dalla tipologia di impianto in progetto:
 - a. **Radiazione solare diretta al suolo.** È la grandezza fondamentale che garantisce la produzione di energia durante il periodo di funzionamento dell'impianto.
 - b. **Area richiesta.** La dimensione dell'area richiesta per un impianto da 24,195 MWp è essenzialmente determinata dal numero di *tracker* da installare poiché le unità di conversione e trasformazione e i vari sistemi ausiliari occupano un'area relativamente modesta se paragonata a quella del "*solar field*". Nel caso specifico, l'interdistanza tra le file di *tracker* è stata ottimizzata in accordo con le indicazioni fornite dalla casa costruttrice degli inseguitori monoassiali;
 - c. **Pendenza del terreno massima accettabile.** Sotto il profilo generale, la pendenza massima accettabile del terreno deve valutarsi sia nell'ottica di minimizzare gli ombreggiamenti reciproci tra le file di *tracker* sia in rapporto alle stesse esigenze di un'appropriata installazione degli inseguitori;
 - d. **Connessione alla rete elettrica nazionale.** Sulla base della soluzione impiantistica essere connesso alla rete elettrica nazionale da una linea a media tensione. Per evitare ingenti costi di connessione, che si ripercuoterebbero direttamente sul costo di produzione dell'energia elettrica, la distanza del sito dalla più prossima Cabina Primaria di e-distribuzione dovrebbe essere ridotta al minimo.

I terreni in agro del Comune di Isili (SU), rispondono pienamente ai criteri sopra individuati. Se ne riportano di seguito le caratteristiche peculiari:

- **Superficie.** L'estensione complessiva è pari a circa 26 ettari (comprensiva delle opere elettriche, civili e di inserimento paesaggistico ambientale) e risulta omogenea sotto il profilo delle condizioni di utilizzo.
- **Ostacoli per la radiazione solare.** L'assenza di rilievi significativi nell'area di interesse

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 44 di 93 |

consente di ipotizzare un orizzonte libero nella modellizzazione del sistema FV per il calcolo dell'energia prodotta attesa.

- **Strade di collegamento.** Il sito è raggiungibile dalla S.S. 128 direzione Nurallao-Isili, svoltando a sinistra in località “*Concale Maria*”, lungo una strada di penetrazione rurale, per circa 2,5km in direzione N-E sino all’area industriale di “*Perd’e Cuaddu*”.
- **Vegetazione.** Si tratta di terreni con destinazione urbanistica industriale con adiacenti importanti opere di infrastrutturazione e, pertanto, intrinsecamente destinati ad una trasformazione per finalità produttive.
- **Presenza di zone di interesse naturalistico.** Il sito è abbondantemente distante da aree di interesse naturalistico.
- **Pendenze del terreno.** Ove necessario il progetto ha previsto di intervenire localmente con appropriate operazioni di scavo e riporto per conferire alle superfici opportune pendenze.
- **Distanza linea elettrica.** Il proposto impianto energetico si trova a breve distanza dalla più prossima Cabina Primaria di e-distribuzione, ubicata a circa 1.5 km.
- **Altre caratteristiche.** L’opera ricade entro l’agglomerato industriale del Sarcidano, in località “*Perd’e Cuaddu*” di competenza del Comune di Isili. L’ubicazione è all’interno:
 - delle cosiddette aree brownfield, individuate come “**aree preferenziali dove realizzare gli impianti, la cui occupazione a tale scopo costituisce di per sé un elemento per la valutazione positiva del progetto**” (paragrafo 5, Allegato b) alla Delib.G.R. n. 59/90 del 27.11.2020);
 - delle aree idonee all’installazione di impianti fotovoltaici di cui all’art. 20 del D.Lgs. 199/2021.

6.2 Criteri di inserimento territoriale e ambientale

Le scelte adottate ai fini della localizzazione e progettazione della centrale fotovoltaica in esame non contrastano con gli indirizzi normativi emanati dalla Regione Sardegna ai fini di un ottimale inserimento degli impianti nel territorio.

Sotto questo profilo, il progetto si uniforma ai seguenti criteri:

- Il sito individuato non ricade entro ambiti a particolare vulnerabilità sotto il profilo paesaggistico-ambientale; è esclusa in particolare l’interferenza con aree potenzialmente instabili sotto il profilo idrogeologico e/o di interesse sotto il profilo ecologico e naturalistico;
- I terreni, sono ubicati all’interno dell’area industriale in località “*Perd’e Cuaddu*”, nello specifico entro le seguenti sub-aree: “Zona per insediamenti produttivi” e “Zona per servizi, attrezzature consortili e verde attrezzato”.

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 45 di 93 |

- La tecnologia prescelta, i moduli, i componenti e le modalità di installazione sono pienamente in linea con lo stato dell'arte e le migliori pratiche rispetto all'installazione di centrali FV “*utility scale*”.
- Le superfici asservite all'installazione dei moduli FV osservano i distacchi dai confini e dalle fasce stradali previste dallo strumento urbanistico vigente (Piano Regolatore Consortile);
- Le modalità di installazione dei *tracker*, in rapporto alle caratteristiche geologiche-geotecniche del sito, escludono la necessità di realizzare opere di fondazione permanente in cls., minimizzando la perdita di suolo, il consumo di materiali naturali e le esigenze dei trasporti in fase di cantiere;
- Il progetto incorpora mirate misure di mitigazione visiva, da realizzarsi attraverso la creazione di una barriera verde lungo il perimetro dell'area d'impianto interessata, costituita da specie arbustive coerenti con il contesto vegetazionale locale;
- Piena sintonia con le strategie energetiche delineate dai protocolli internazionali per assicurare un adeguato contrasto alle emissioni di CO₂ ed ai cambiamenti climatici in atto.
- Coerenza con le esigenze strategiche nazionali di diversificazione degli approvvigionamenti energetici.
- Grado di innovazione tecnologica, con particolare riferimento alle elevate prestazioni energetiche dei componenti impiantistici adottati.
- Ricadute economiche ed occupazionali sul tessuto produttivo locale.

6.3 Lay-out del sistema fotovoltaico e potenza complessiva

Nell'ottica di massimizzare la potenza di immissione, si è proceduto, in primo luogo, alla scelta di moduli FV con caratteristiche di potenza di picco in linea con lo stato dell'arte ed alla successiva definizione del layout d'impianto. Quest'ultimo è stato ottimizzato in funzione dell'orientamento dei confini dei terreni interessati e delle soluzioni tipologico-costruttive dei *tracker* monoassiali.

I *tracker*, disposti secondo un allineamento Nord-Sud, consentono la rotazione dei moduli fotovoltaici da Est a Ovest, per un angolo complessivo di circa 270°.

Ogni *tracker* sarà mosso da un motore elettrico comandato da un sistema di controllo che regolerà la posizione più corretta al variare dell'orario e del periodo dell'anno, seguendo il calendario astronomico solare.

L'intera struttura rotante del *tracker* sarà sostenuta da pali IPE infissi nel terreno, costituenti l'unica impronta a terra della struttura. Non è prevista pertanto la realizzazione di fondazioni o basamenti in calcestruzzo, fatte salve diverse indicazioni che dovessero scaturire dalle indagini geologico-geotecniche da eseguirsi in sede di progettazione esecutiva.

L'interdistanza N-S prevista tra gli assi dei *tracker*, al fine di ridurre convenientemente le perdite energetiche per ombreggiamento, sarà di circa 0,35 m, mentre, l'interdistanza W-E prevista tra i *tracker* assumerà, su disposizione del Proponente, i seguenti valori:

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 46 di 93 |

- Lotti 1, 2, 3 e 4: pitch di 6,5 m con una fascia libera tra gli inseguitori sarà di circa 1,6 m.
- Lotto 5: pitch di 7,3 m con una fascia libera tra gli inseguitori di circa 2 m.

L'altezza delle strutture, misurata al mozzo di rotazione, sarà di circa 3,00 m dal suolo. La profondità di infissione dei profilati in acciaio di sostegno è stimabile in circa 1,50 metri.

L'impianto fotovoltaico sarà composto dall'insieme dei moduli ad alta efficienza contenenti celle al silicio, in grado di trasformare la radiazione solare in corrente elettrica continua, dagli inverter e dai trasformatori elevatori di tensione, che saranno collegati tra di loro e, per ultimo, alla rete mediante dispositivi di misura e protezione.

I pannelli, con tecnologia bifacciale, avranno dimensioni indicative 2465 x 1134 mm e saranno incapsulati in una cornice di alluminio anodizzato dello spessore di circa 35 mm, per un peso totale di circa 30,6 kg ciascuno.

Tenuto conto della superficie utile all'installazione degli inseguitori monoassiali e delle dimensioni standard dei *tracker*, l'impianto di produzione presenta le caratteristiche principali riportate in Tabella 6.1.

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 47 di 93 |

Tabella 6.1 – Dati principali impianto

| | |
|---|---------------------------------------|
| Modello moduli FV | Jinko Solar Tiger Neo “JKM625N-78HL4” |
| Potenza moduli [W _p] | 625 |
| Numero trackers da 2x12 moduli | 135 |
| Numero trackers da 2x24 moduli | 739 |
| Numero totale trackers | 874 |
| Numero totale moduli | 38.712 |
| Numero stringhe da 24 moduli | 1613 |
| Configurazione lotti n.1,2,3 e 4 | |
| Modello inverter | Sungrow – SG250HX |
| Potenza inverter [kW] | 250 |
| Numero inverter | 72 |
| Distanza E-W tra le file [m] | 6,5 |
| Distanza N-S tra le file [m] | 0,35 |
| Configurazione lotto n.5 | |
| Modello inverter | Ingecon SUN 160TL |
| Potenza inverter [kW] | 149 |
| Numero inverter | 20 |
| Distanza E-W tra le file [m] | 7,3 |
| Distanza N-S tra le file [m] | 0,35 |
| Totale | |
| Potenza DC [kWp] | 24.195 |
| Potenza nominale AC [kW] | 20.980 |
| Potenza apparente AC [kVA] | 20.980 |
| Rapporto DC/AC | 1,15 |

La potenza complessiva nominale dell'impianto, considerando n. 38.712 moduli da 625 Wp, sarà pertanto di 24,195 MWp mentre la potenza in AC sarà pari a 20,98 MW, con un rapporto AC/DC di circa 1,15.

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 48 di 93 |

6.4 Potenzialità energetica del Sito ed analisi di producibilità dell'impianto FV

6.4.1 Premessa

La stima della potenzialità energetica dell'impianto è stata condotta avuto riguardo dei seguenti aspetti:

- disponibilità della fonte solare;
- fattori morfologici, urbanistici e insediativi;
- disposizione sul terreno delle superfici captanti.

Ai fini del calcolo preliminare della potenzialità dell'impianto è stato utilizzato il software commerciale PV_{SYST} (versione 7.1.8), in grado di calcolare l'irraggiamento annuale su una superficie assegnata e la producibilità d'impianto, essendo noti:

1. posizione del sito (coordinate geografiche);
2. serie storiche dei dati climatici del sito da differenti sorgenti meteo (Meteonorm, PVGIS, NASA-SEE, ecc);
3. modelli tridimensionali del terreno e delle strutture in elevazione presenti nel sito;
4. modelli e caratteristiche tecniche dei componenti d'impianto (moduli, inverter, ecc.);
5. tipologia e planimetria dello specifico impianto fotovoltaico.

Il risultato dell'analisi è rappresentato da:

- a) modelli tridimensionali con l'analisi dell'ombreggiamento nell'anno;
- b) mappe di irraggiamento solare e producibilità annuale e specifica;
- c) diagramma delle perdite relative ad ogni singola parte costituente l'impianto FV.

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 49 di 93 |

6.4.2 I risultati del calcolo

Ai fini del calcolo della potenzialità dell'impianto, e in particolare per la simulazione, sono stati considerati i dati di irraggiamento orario sul piano orizzontale (kWh) e quelli di irraggiamento diretto (DNI) relativi al database meteorologico PVGIS.

Il calcolo dell'energia producibile dall'impianto fotovoltaico è stato condotto considerando tutti gli elementi che influiscono sull'efficienza di produzione a partire dalle caratteristiche dei pannelli FV, dalla disposizione e dal numero dei *tracker* e dalle loro caratteristiche tecnologiche. Il diagramma delle perdite complessive tiene conto di tutte le seguenti voci:

- radiazione solare effettiva incidente sui concentratori, legata alla latitudine del sito di installazione, alla riflettanza della superficie antistante i moduli fotovoltaici;
- eventuali ombreggiamenti (dovute ad elementi circostanti l'impianto o ai distanziamenti degli inseguitori);
- temperatura ambiente e altri fattori ambientali e meteorologici;
- caratteristiche dei moduli: potenza nominale, coefficiente di temperatura;
- perdite per disaccoppiamento o mismatch, ecc.;
- caratteristiche del BOS¹¹: efficienza inverter, perdite nei cavi e nei diodi di stringa.

La Figura 6.1 riporta le percentuali delle perdite di sistema che sono state considerate nella simulazione, per arrivare a stimare l'effettiva producibilità annuale d'impianto a partire dal valore dell'irraggiamento globale.

Il valore di irraggiamento effettivo sui collettori, conseguente alle modalità di captazione previste (impiego di inseguitori solari monoassiali), è pari a circa 2200 kWh/m² anno.

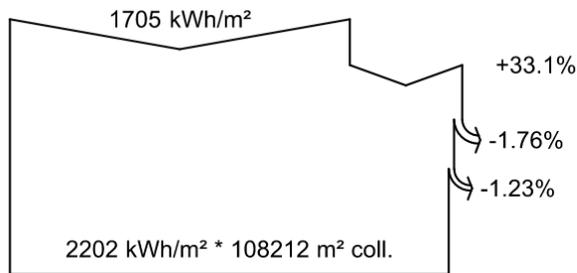
I bilanci ed i risultati principali delle simulazioni sono riportati nella Tabella 6-2.

La produzione energetica totale stimata per la centrale in progetto è di seguito riportata.

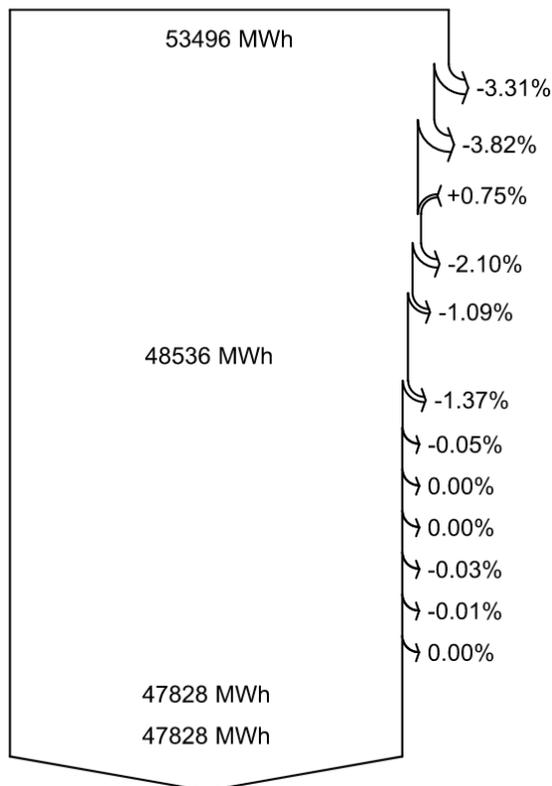
| | |
|---|---------------|
| Produzione totale impianto [MWh/anno] | 47.828 |
| Potenza nominale totale [kW] | 20.98 |
| Produzione specifica (media pesata) [kWh/kWp/a] | 1.977 |

¹¹ BOS (Balance Of System o Resto del sistema): Insieme di tutti i componenti di un impianto fotovoltaico, esclusi i moduli fotovoltaici

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 50 di 93 |



efficienza a STC = 22.45%



Irraggiamento orizzontale globale

Globale incidente piano coll.

Ombre vicine: perdita di irraggiamento

Fattore IAM su globale

Irraggiamento effettivo su collettori

Conversione FV

Energia nominale campo (effic. a STC)

Perdita FV causa livello d'irraggiamento

Perdita FV causa temperatura

Perdita per qualità modulo

Perdita disadattamento moduli e stringhe

Perdite ohmiche di cablaggio

Energia apparente impianto a MPPT

Perdita inverter in funzione (efficienza)

Perdita inverter per superamento P_{max}

Perdita inverte a causa massima corrente in ingresso

Perdita inverter per superamento V_{max}

Perdita inverter per non raggiungimento P_{min}

Perdita inverter per non raggiungimento V_{min}

Consumi notturni

Energia in uscita inverter

Energia immessa in rete

Figura 6.1 – Diagramma delle perdite energetiche

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 51 di 93 |

Tabella 6-2 - Principali parametri del bilancio energetico

| | GlobHor kWh/m ² | DiffHor kWh/m ² | T_Amb °C | GlobInc kWh/m ² | GlobEff kWh/m ² | EArray MWh | E_Grid MWh | PR ratio |
|-----------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------|
| Gen. 16 | 67.5 | 25.87 | 4.80 | 91.1 | 86.5 | 1965 | 1931 | 0.876 |
| Feb. 16 | 81.4 | 33.10 | 5.62 | 108.4 | 103.8 | 2357 | 2317 | 0.884 |
| Mar. 16 | 128.2 | 50.72 | 6.80 | 169.8 | 164.2 | 3729 | 3678 | 0.895 |
| Apr. 16 | 174.6 | 58.26 | 12.09 | 228.8 | 222.4 | 4965 | 4900 | 0.885 |
| Mag. 16 | 208.4 | 61.14 | 14.71 | 270.7 | 264.2 | 5840 | 5762 | 0.880 |
| Giu 16 | 217.3 | 57.81 | 21.28 | 286.8 | 280.1 | 6072 | 5992 | 0.864 |
| Lug. 16 | 232.3 | 50.73 | 24.14 | 309.8 | 303.2 | 6505 | 6420 | 0.856 |
| Ago 16 | 210.0 | 44.55 | 22.88 | 283.3 | 277.1 | 5974 | 5900 | 0.861 |
| Sett. 16 | 140.9 | 42.29 | 17.91 | 187.7 | 182.5 | 3997 | 3941 | 0.868 |
| Ott. 16 | 113.0 | 34.85 | 13.72 | 153.6 | 148.3 | 3290 | 3243 | 0.872 |
| Nov. 16 | 70.2 | 25.88 | 8.82 | 94.4 | 89.8 | 2011 | 1974 | 0.864 |
| Dic. 16 | 61.4 | 21.47 | 5.79 | 84.9 | 79.9 | 1804 | 1771 | 0.862 |
| Anno | 1705.3 | 506.67 | 13.23 | 2269.2 | 2202.0 | 48509 | 47828 | 0.871 |

Legenda

| | | | |
|---------|--|--------|-----------------------------------|
| GlobHor | Irraggiamento orizzontale globale | EArray | Energia effettiva in uscita campo |
| DiffHor | Irraggiamento diffuso orizz. | E_Grid | Energia immessa in rete |
| T_Amb | Temperatura ambiente | PR | Indice di rendimento |
| GlobInc | Globale incidente piano coll. | | |
| GlobEff | Globale "effettivo", corr. per IAM e ombre | | |

6.5 Principali ricadute ambientali positive del progetto

6.5.1 Premessa

Nel rimandare all'allegato Studio preliminare ambientale per approfondimenti sui riflessi ambientali e paesistici del progetto, si riepilogano di seguito le principali ricadute ambientali positive dell'iniziativa, misurabili in termini di contributo alla riduzione delle emissioni di gas serra, emissioni evitate di composti inquinanti in atmosfera e risparmio di risorse fossili non rinnovabili.

6.5.2 Contributo alla riduzione delle emissioni di CO₂

Come sottolineato in precedenza, la produzione di energia attraverso sistemi fotovoltaici non richiede consumo di combustibili fossili e non determina emissioni di gas serra.

Tale affermazione, tuttavia, può ritenersi del tutto corretta se ci si riferisce esclusivamente alle emissioni imputabili all'energia prodotta dall'impianto durante la sua vita utile. In realtà, un bilancio completo delle emissioni di anidride carbonica imputabili alla realizzazione di un impianto fotovoltaico dovrebbe tenere in considerazione anche le emissioni di CO₂ attribuibili all'energia spesa per la realizzazione dell'impianto, con riferimento al suo intero ciclo di vita, sintetizzabile nelle fasi di realizzazione dei manufatti, trasporto in situ, installazione dell'impianto, esercizio e dismissione al termine della sua vita utile. Sotto questo profilo, peraltro, è acclarato che i sistemi fotovoltaici generano, nel loro arco di vita, una quantità di energia ben superiore a quella necessaria alla produzione, installazione e rimozione.

Un indicatore adeguato ad esprimere questo bilancio e frequentemente utilizzato per valutare i

| | | |
|--|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 52 di 93 |

bilanci di energia di sistemi di produzione energetici, è quello che viene definito “tempo di ritorno dell’investimento energetico” (TRIE) calcolato come rapporto tra la somma dei fabbisogni energetici imputabili alle singole fasi del ciclo di vita di un impianto e la produzione energetica annua erogabile dall’impianto stesso. Tuttavia, spesso, a causa dell’indisponibilità di informazioni relative ai fabbisogni energetici imputabili soprattutto alle fasi di trasporto, installazione e dismissione, il TRIE viene semplicisticamente calcolato con riferimento alla sola energia di fabbricazione del sistema. In tal caso il TRIE coincide col cosiddetto *energy payback time* ovvero il tempo richiesto dall’impianto per produrre tanta energia quanta ne è stata spesa durante le fasi di produzione industriale dei pannelli fotovoltaici che lo costituiscono.

Numerosi studi dimostrano che il periodo di *pay back time* è sostanzialmente lo stesso sia per le installazioni su edifici che per quelle a terra, e dipende prevalentemente dalla tecnologia e dal tipo di supporto impiegato. Nel caso di moduli cristallini tale tempo è di circa 4 anni per sistemi a tecnologia recente, mentre è di circa 2 anni per sistemi a tecnologia avanzata. Relativamente ad i cosiddetti moduli a “membrana sottile” il *payback* è di circa 3 anni impiegando tecnologie recenti e solamente di un anno circa per le tecnologie più avanzate (Figura 6.2).

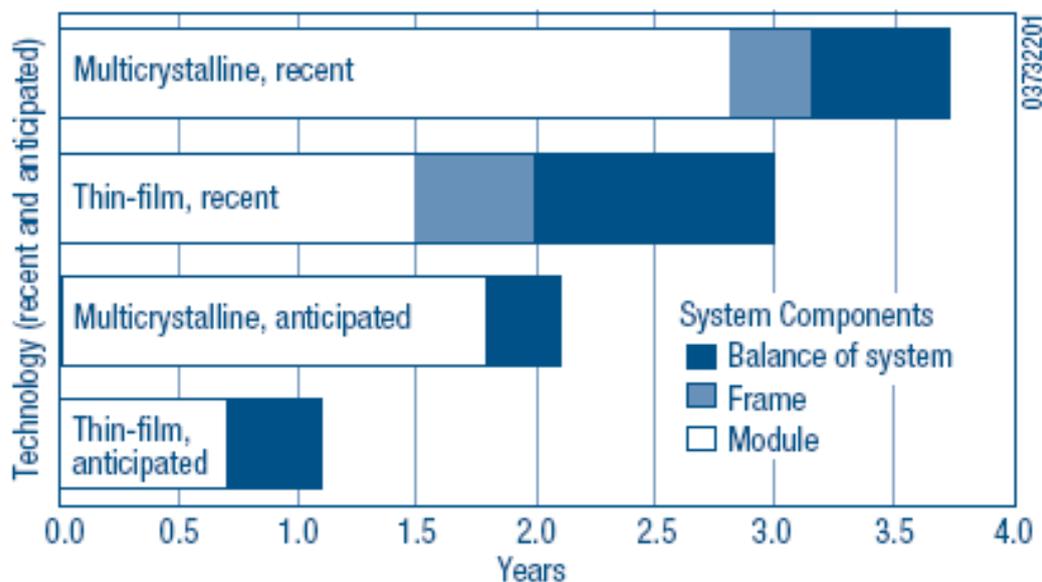


Figura 6.2 – Variazione dell’Energy payback per le diverse tecnologie di sistemi fotovoltaici (Fonte, U.S. Dep. Of Energy)

Per quanto sopra, assumendo realisticamente un’aspettativa di vita dell’impianto di circa 30 anni e supponendo un *pay-back time* pari a 4 anni e una producibilità al primo anno di 47.828 MWh, nell’arco della sua vita utile l’impianto in esame sarebbe in grado di produrre all’incirca $47.828 \times (30 - 4) = 1.243.528$ MWh di energia netta, a meno delle perdite di efficienza.

Assumendo conservativamente una perdita di efficienza pari a 1% ogni anno, tale produzione ammonterebbe a circa 1.038.346 MWh.

Di estrema rilevanza, nella stima delle emissioni evitate da una centrale a fonte rinnovabile, è la

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 53 di 93 |

scelta del cosiddetto “emission factor”, ossia dell’indicatore che esprime le emissioni associate alla produzione energetica da fonti convenzionali nello specifico contesto di riferimento. Tale dato risulta estremamente variabile in funzione della miscela di combustibili utilizzati e dei presidi ambientali di ciascuna centrale da fonte fossile.

Sulla base di uno studio ISPRA pubblicato nel 2015¹², potrebbe ragionevolmente assumersi come dato di calcolo delle emissioni di anidride carbonica evitate il valore di 0,45 kg CO₂/kWh, attribuito alla produzione termoelettrica lorda nazionale. Tale dato, risulterebbe peraltro sottostimato se l’impianto fotovoltaico sottraesse emissioni direttamente alle centrali termoelettriche sarde, per le quali l’“emission factor” è valutato in 648 gCO₂/kWh¹³.

In base a quest’ultima assunzione, le emissioni di CO₂ evitate a seguito dell’entrata in esercizio dell’impianto possono valutarsi secondo le stime riportate in Tabella 6-3.

Tabella 6-3 – Stima delle emissioni di CO₂ evitate a seguito della realizzazione del proposto impianto fotovoltaico

| Energia totale prodotta al netto del TRIE (MWh) | Emissioni specifiche evitate (*) (tCO ₂ /MWh) | Emissioni evitate nell’arco della vita utile (tCO ₂) |
|---|--|--|
| 1.038.346 | 0,648 | 672.848 |

(*) dato regionale

6.5.3 Emissioni evitate di inquinanti atmosferici

Come espresso in precedenza, il funzionamento degli impianti fotovoltaici non origina alcuna emissione in atmosfera. La fase di esercizio non prevede, inoltre, significative movimentazioni di materiali né apprezzabili incrementi della circolazione di automezzi che possano determinare l’insorgenza di impatti negativi a carico della qualità dell’aria a livello locale.

Per contro, l’esercizio degli impianti FV, al pari di tutte le centrali a fonte rinnovabile, oltre a contribuire alla riduzione delle emissioni responsabili del drammatico progressivo acuirsi dell’effetto serra su scala planetaria, concorre apprezzabilmente al miglioramento generale della qualità dell’aria su scala territoriale. Al riguardo, con riferimento ai fattori di emissione riferiti alle caratteristiche emissive medie del parco termoelettrico Enel¹⁴, la realizzazione dell’impianto potrà determinare la sottrazione di ulteriori emissioni atmosferiche, associate alla produzione energetica da fonte convenzionale, responsabili del deterioramento della qualità dell’aria a livello locale e globale, ossia di Polveri, SO₂ e NO_x (Tabella 6-4).

¹² ISPRA, 2015. Fattori di emissione atmosferica di CO₂ e sviluppo delle fonti rinnovabili del settore elettrico

¹³ PEARS 2016 (https://www.regione.sardegna.it/documenti/1_274_20160129120346.pdf)

¹⁴ Rapporto Ambientale Enel 2013

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 54 di 93 |

Tabella 6-4 - Stima delle emissioni evitate a seguito della realizzazione della centrale fotovoltaica

| Producibilità dell'impianto [kWh/anno] | Parametro | Emissioni specifiche evitate (*) [g/kWh] | Emissioni evitate [t/anno] |
|---|-----------------|---|-------------------------------|
| 47.828.000 | PTS | 0,045 | 2,2 |
| | SO ₂ | 0,969 | 46,3 |
| | NOx | 1,22 | 58,4 |

(*) dato regionale

A questo proposito, peraltro, corre l'obbligo di evidenziare come gli impatti positivi sulla qualità dell'aria derivanti dallo sviluppo degli impianti alimentati da fonti energetiche rinnovabili, sebbene misurati a livello locale possano ritenersi non significativi, acquistino una rilevanza determinante se inquadrati in una strategia complessiva di riduzione progressiva delle emissioni a livello globale, come evidenziato ed auspicato nei protocolli internazionali di settore, recepiti dalle normative nazionali e regionali.

6.5.4 Risparmio di risorse energetiche non rinnovabili

Al pari degli altri impianti alimentati da fonte rinnovabile, l'esercizio della centrale FV in progetto sarà in grado di assicurare un risparmio di fonti fossili quantificabile in circa 8.944 TEP (tonnellate equivalenti di petrolio/anno), assumendo una producibilità dell'impianto pari a 47.828 MWh/anno ed un consumo di 0,187 TEP/MWh (Fonte Autorità per l'energia elettrica ed il gas, 2008).

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 55 di 93 |

7 DESCRIZIONE TECNICA DEI COMPONENTI DELL'IMPIANTO

7.1 Componenti principali e criteri generali di progettazione strutturale ed elettromeccanica

I componenti principali delle opere elettromeccaniche sono i seguenti:

- Moduli fotovoltaici e strutture di sostegno;
- Inverter;
- Interruttori, trasformatori e componenti per la protezione elettrica per la sezione MT e BT;
- Cavi elettrici per le varie sezioni in corrente alternata e continua.

I criteri seguiti per la definizione delle scelte progettuali degli elementi suddetti sono principalmente riconducibili ai seguenti:

- dimensionare le strutture di sostegno in grado di reggere il peso proprio più il peso dei moduli e di resistere alle due principali sollecitazioni di norma considerate in questi progetti, per il calcolo delle sollecitazioni agenti sulle strutture;
- definire una configurazione impiantistica tale da garantire il corretto funzionamento dell'impianto FV nelle diverse condizioni di potenza generata e nelle varie modalità previste dal gruppo di condizionamento e controllo della potenza (accensione, spegnimento, mancanza rete del distributore, ecc.);
- limitare le emissioni elettromagnetiche generate dalle parti d'impianto che funzionano in MT mediante l'utilizzo di apparecchiature conformi alla normativa CEI e l'eventuale installazione entro locali chiusi (e.g. trasformatore BT/MT);
- limitare le emissioni elettromagnetiche generate dalle parti di cavidotto percorse da corrente in BT mediante l'interramento degli stessi di modo che l'intensità del campo elettromagnetico generato possa essere considerata sotto i valori soglia della normativa vigente
- limitare le emissioni elettromagnetiche generate dalle parti di cavidotto percorse da corrente in MT mediante l'utilizzo di cavi di tipo elicordato di modo che l'intensità del campo elettromagnetico generato possa essere considerata sotto i valori soglia della normativa vigente;
- ottimizzare il layout dell'impianto e dimensionare i vari componenti al fine di massimizzare lo sfruttamento degli spazi disponibili e minimizzare le perdite di energia per effetto Joule;
- definire il corretto posizionamento dei sistemi di misura dell'energia elettrica generata dall'impianto fotovoltaico.

7.2 Gli inseguitori monoassiali

Di seguito sono descritte le principali caratteristiche tecniche ed i componenti degli inseguitori solari (*tracker*) monoassiali che verranno installati presso l'impianto FV in progetto.

Tutti i componenti e gli elementi strutturali saranno progettati avuto riguardo delle specifiche

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 56 di 93 |

condizioni ambientali del sito, secondo le disposizioni della normativa vigente, inclusi i requisiti di resistenza strutturale richiesti per le specifiche condizioni di ventosità.

I moduli FV verranno installati su inseguitori monoassiali con caratteristiche tecniche assimilabili a quelle sviluppate dalla tecnologia Comal o similare.

La tecnologia dell'inseguimento solare lungo la direttrice Est-Ovest è stata sviluppata al fine di conseguire l'obiettivo di massimizzazione della produzione energetica e le prestazioni tecnico-economiche degli impianti FV sul terreno che impiegano pannelli in silicio cristallino.

Il *tracker* monoassiale, utilizzando particolari dispositivi elettromeccanici, orienta i pannelli FV in direzione del sole lungo l'arco del giorno, nel suo percorso da Est a Ovest, ruotando attorno ad un asse (mozzo) allineato in direzione nord-sud.

I layout sul terreno che impiegano questa particolare tecnologia sono piuttosto flessibili. La più semplice configurazione degli inseguitori è quella che prevede di assicurare che tutti gli assi di rotazione dei *tracker* siano paralleli affinché gli stessi siano posizionati reciprocamente in modo appropriato.

La tecnologia del *backtracking* verifica ed assicura che ciascuna stringa nord-sud di pannelli non crei ombreggiamento sulle stringhe adiacenti. Peraltro, è inevitabile che quando l'altezza del sole sull'orizzonte sia estremamente bassa, all'inizio ed al termine di ciascuna giornata, l'ombreggiamento reciproco tra le file di pannelli possa potenzialmente incidere sulla produzione energetica del campo solare.

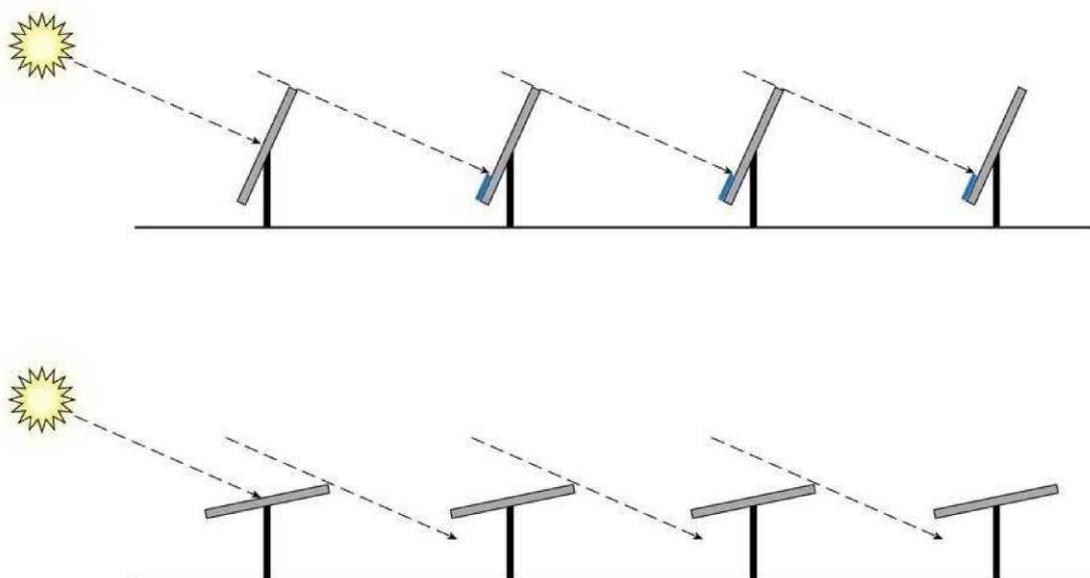


Figura 7.1 – Schema di funzionamento del sistema backtracking

Il *backtracking* agisce “allontanando” la superficie captante dai raggi solari, eliminando gli effetti negativi dell'ombreggiamento reciproco delle stringhe e consentendo di massimizzare, in tal modo,

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 57 di 93 |

il rapporto di copertura del terreno (GCR). Grazie a questa tecnologia, infatti, si può prevedere di ridurre convenientemente l'interdistanza tra i filari. La configurazione semplificata del sistema, rispetto a quella ad inseguimento biassiale, assicura comunque un significativo incremento della produzione energetica (valutabile nel *range* 15÷35%) rispetto ai tradizionali sistemi con strutture fisse ed ha contribuito significativamente alla diffusione di impianti FV “*utility scale*”.

7.2.1 Caratteristiche principali

I principali punti di forza della tecnologia sono di seguito individuati:

- modularità e perfetto bilanciamento delle strutture, tale da non richiedere l'intervento di personale specializzato per l'installazione, assemblaggio o lavori di manutenzione;
- semplicità di configurazione della scheda di controllo: il GPS integrato comunica costantemente la corretta posizione geografica al sistema di controllo per consentire l'inseguimento automatico del sole;
- presenza di snodi sferici autolubrificati a cuscinetti per compensare inesattezze ed errori nell'installazione di strutture meccaniche;
- adozione di sistemi di protezione antipolvere dei motori;
- basso consumo elettrico;
- migliori prestazioni ambientali rispetto alle strutture fisse, assicurando maggiore luce e ventilazione al terreno sottostante.

Nel caso dell'impianto in progetto si prevede l'impiego delle seguenti strutture:

- Struttura 2x12 moduli fotovoltaici da 625 W disposti in portrait (15,00 kWp);
- Struttura 2x24 moduli fotovoltaici da 625 W disposti in portrait (30,00 kWp);

Ciascun inseguitore (vedasi Elaborato SSEI-FVI-TP11) sarà composto dei seguenti elementi:

- Componenti meccanici della struttura in acciaio: pali di sostegno (altezza circa 4 m compresa la porzione interrata) e profili tubolari (le specifiche dimensionali variano in base alle caratteristiche geologico-geotecniche terreno e al vento e sono incluse nelle specifiche tecniche stabilite durante la progettazione esecutiva del progetto). Supporto del profilo Omega e ancoraggio del pannello.
- Componenti asserviti al movimento:
 - teste di palo (per montanti finali e intermedi di cui una supportante il motore).
 - n.1 scheda di controllo elettronica per il movimento (una scheda può servire 10 strutture).
 - n.1 motore (attuatore elettrico lineare (mandrino) AC).
- L'interdistanza Est-Ovest tra gli assi di rotazione dei tracker sarà pari a 6,5 metri per i lotti n.1, 2, 3 e 4, mentre per il lotto n.5 verrà assunto un valore di pitch pari a 7,3 m.

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 58 di 93 |

7.2.2 Durata e trattamento protettivo dei componenti in acciaio

Considerando la tabella seguente e la classificazione dell'ambiente corrosivo e considerando una vita utile minima del progetto di 25 anni, i pali della fondazione saranno zincati a caldo secondo EN ISO 1461: 2009, altre parti saranno zincate a caldo o pregalvanizzato (Sendzmir) in funzione delle specifiche definite dal costruttore a seguito degli esiti della progettazione esecutiva.

| Categorie ambientali | Possibilità di corrosione | Tipo di ambiente | Perdita del rivestimento $\mu\text{m} / \text{anno}$ |
|----------------------|---------------------------|---|--|
| C1 | Molto basso | Interno: secco | 0,1 |
| C2 | Basso | interno: condensa occasionale Esterno: zone rurali | 0,7 |
| C3 | Medio | interno: umidità Esterno: aree urbane | 2,1 |
| C4 | Alto | interno: piscine, impianti chimici Esterno: atmosfera industriale o marina | 3,0 |
| C5 | Molto alto | Esterno: atmosfera marina altamente salina o area industriale con climi umidi | 6.0 |

7.2.3 I pali di sostegno

I pali di sostegno non richiedono fondazione in calcestruzzo. Il palo è rappresentato da un profilato ad omega in acciaio per massimizzare la superficie di contatto con il terreno; la profondità dipende dal tipo di terreno interessato. Una flangia, tipicamente da 5 cm, viene utilizzata per guidare il palo con un infissore al fine di mantenere la direzione di inserimento entro tolleranze minime.

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 59 di 93 |



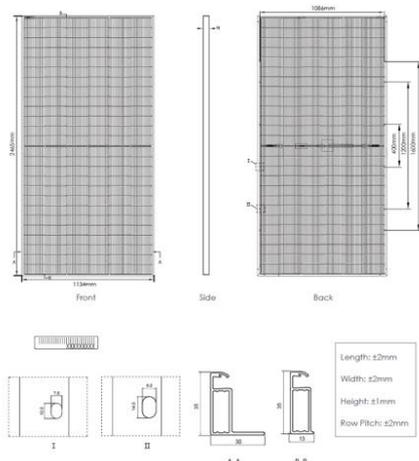
Figura 7.2 – Fase di infissione dei pali con profilo omega (fonte Convert)

7.3 Moduli fotovoltaici

Tenuto conto della tipologia di impianto fotovoltaico in oggetto, ai fini della definizione delle scelte progettuali sono stati assunti come riferimento i moduli FV con tecnologia bifacciale commercializzati dalla Jinko Solar, società leader nel settore del fotovoltaico.

Ciascun modulo, realizzato con n. 156 celle [2x(78)], presenta le caratteristiche tecniche e dimensionali indicate in Figura 7.3.

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 60 di 93 |



Mechanical Characteristics

| | |
|---------------|--|
| Cell Type | N type Mono-crystalline |
| No. of cells | 156 (2×78) |
| Dimensions | 2465×1134×35mm (97.05×44.65×1.38 inch) |
| Weight | 34.6kg (76.38 lbs) |
| Front Glass | 2.0mm, Anti-Reflection Coating |
| Back Glass | 2.0mm, Heat Strengthened Glass |
| Frame | Anodized Aluminium Alloy |
| Junction Box | IP68 Rated |
| Output Cables | TUV 1×4.0mm ² (+): 400mm , (-): 200mm or Customized Length |

Figura 7.3 - Modulo Fotovoltaico Jinko Solar JKM-625N78HL4-BDV

Le caratteristiche tecniche dei moduli prescelti sono riportate in Tabella 7-1, riferite alle seguenti condizioni ambientali:

- Condizioni Test Standard (STC): Irraggiamento 1000 W/m² con spettro di AM 1,5 e temperatura delle celle di 25 °C.

Tabella 7-1: Dati tecnici Modulo fotovoltaico Jinko Solar JKM-625N78HL4-BDV

| | |
|--|------------------|
| Potenza massima (P _{max}) [W _p] | 625 |
| Tolleranza sulla potenza [W _p] | 0 ~ + 3% |
| Tensione alla massima potenza (V _{mpp}) [V] | 46.1 |
| Corrente alla massima potenza (I _{mpp}) [A] | 13.56 |
| Tensione di circuito aperto (V _{oc}) [V] | 55.72 |
| Corrente di corto circuito (I _{sc}) [A] | 14.27 |
| Massima tensione di sistema [V _{dc}] | 1500 |
| Coefficiente termico αP _{mpp} [%/°C] (NOCT 45 ± 2°) | -0.30%/°C |
| Coefficiente termico αV _{oc} [%/°C] (NOCT 45 ± 2°) | -0.25%/°C |
| Coefficiente termico αI _{sc} [%/°C] (NOCT 45 ± 2°) | +0.046%/°C |
| Efficienza modulo [%] | 22,36% |
| Dimensioni principali [mm] | 2465 x 1134 x 35 |
| Numero di celle per modulo | 156 (2 x 78) |

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 61 di 93 |

Relativamente agli aspetti concernenti la scelta dei moduli e degli inseguitori monoassiali, atteso che il settore degli impianti fotovoltaici è attualmente caratterizzato da un'elevata e continua innovazione tecnologica, in grado di creare nuovi sistemi con efficienze e potenze nominali sempre crescenti; considerato altresì che la durata complessiva delle procedure autorizzative è, di regola, superiore ai sei mesi, nella fase di progettazione esecutiva dell'impianto è possibile che la scelta ricada su moduli differenti.

È da escludere, peraltro, che dette eventuali varianti determinino sostanziali modifiche al progetto. In questo senso, l'intervento realizzato dovrà risultare coerente con il progetto autorizzato e, relativamente alla potenza nominale complessiva, questa non potrà subire modifiche in aumento rispetto a quella dichiarata in sede di autorizzazione unica.

7.4 Schema a blocchi impianto fotovoltaico

La connessione in lotti di impianto può essere rappresentata in modo semplificato secondo lo schema a blocchi in Figura 7.4.

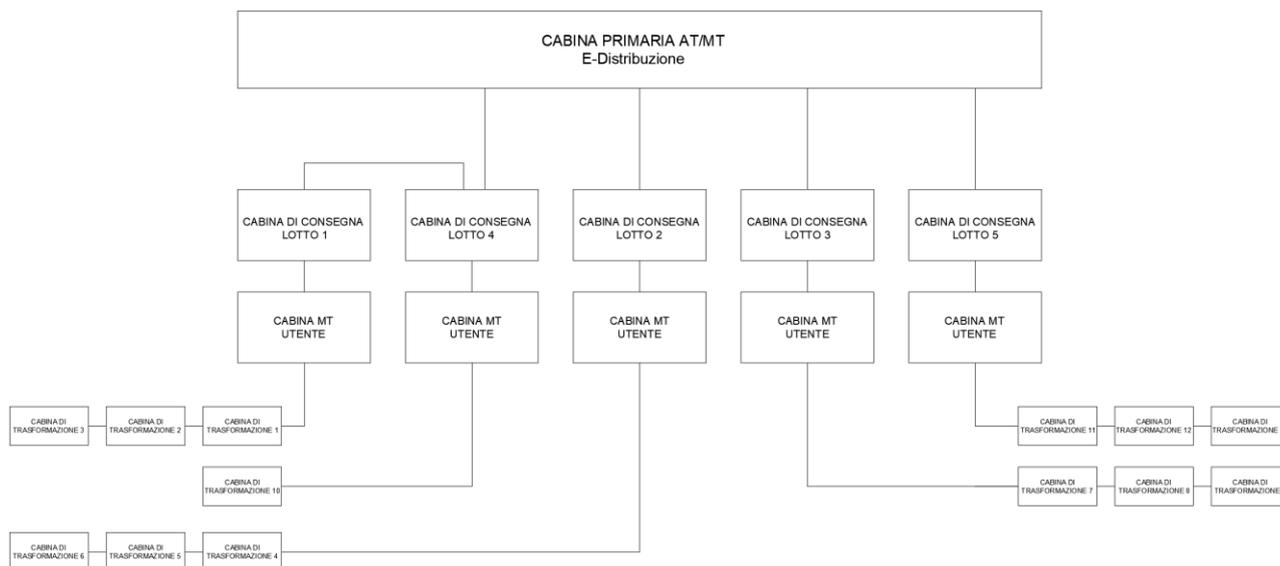


Figura 7.4 - Schema a blocchi impianto

Per maggiori dettagli si rimanda alle planimetrie riportate negli Elaborati SSEI-FVI-TP13÷14 ed allo schema unifilare di impianto (Elaborato SSEI-FVI-TP12).

7.5 Quadri Elettrici MT – Collettori di impianto

Il progetto prevede l'installazione di n. 5 quadri MT ("QMT-Utente"), posizionati ai confini dei lotti di intervento, che raccolgono le linee in arrivo a 15 kV dalle cabine di trasformazione oltre a fornire i Servizi Ausiliari della cabina.

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 62 di 93 |

Le caratteristiche tecniche del quadro MT sono le seguenti:

- Tensione nominale/esercizio: 15 kV
- Frequenza nominale: 50 Hz
- N° fasi: 3
- Corrente nominale delle sbarre principali: fino a 630 A
- Corrente di corto circuito: 12.5 kA
- Potere di interruzione degli interruttori alla tensione nominale: 16-25 kA
- Tenuta arco interno: 20kA/1s

I quadri MT e le apparecchiature posizionate al loro interno dovranno essere progettati, costruiti e collaudati in conformità alle Norme CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano), IEC (*International Electrotechnical Commission*) in vigore.

Il singolo quadro elettrico MT sarà formato da unità affiancabili, ognuna costituita da celle componibili e standardizzate, in esecuzione senza perdita di continuità d'esercizio secondo IEC 62271-200, destinato alla distribuzione d'energia a semplice sistema di sbarra.

Ciascun quadro sarà realizzato in esecuzione protetta e sarà adatto per installazione all'interno in accordo alla normativa CEI/IEC. La struttura portante dovrà essere realizzata con lamiera d'acciaio di spessore non inferiore a 2 mm.

Ciascun quadro dovrà garantire la protezione contro l'arco interno sul fronte del quadro fino a 31.5kA per 0.5secondi (CEI-EN 60298).

Le celle saranno destinate al contenimento delle apparecchiature di interruzione automatica con 3 poli principali indipendenti, meccanicamente legati e aventi ciascuno un involucro isolante, di tipo "sistema a pressione sigillato" (secondo definizione CEI 17.1, allegato EE), che realizza un insieme a tenuta riempito con esafluoruro di zolfo (SF6) a bassa pressione relativa, delle parti attive contenute nell'involucro e di un comando manuale ad accumulo di energia tipo RI per versione SF1, (tipo GMH elettrico per SF2). Gli interruttori avranno una piastra anteriore equipaggiata con gli organi di comando e di segnalazione dell'apparecchio. Ogni interruttore potrà ricevere un comando elettrico.

Gli interruttori MT saranno ad interruzione in SF6 con pressione relativa del SF6 di primo riempimento a 20 °C uguale a 0,5 bar. Il gas impiegato sarà conforme alle norme IEC 376 e norme CEI 10-7. Il potere di corto circuito non dovrà essere inferiore a 16 kA.

Gli interruttori saranno predisposti per ricevere l'interblocco previsto con il sezionatore di linea, e potranno essere dotati dei seguenti accessori:

- comando a motore carica molle;

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 63 di 93 |

- comando manuale carica molle;
- sganciatore di apertura;
- sganciatore di chiusura;
- contamanovre meccanico;
- contatti ausiliari per la segnalazione di aperto - chiuso dell'interruttore.

Il comando degli interruttori sarà del tipo ad energia accumulata a mezzo molle di chiusura precaricate tramite motore, ed in caso di emergenza con manovra manuale.

Le manovre di chiusura ed apertura saranno indipendenti dall'operatore.

Il comando sarà a sgancio libero assicurando l'apertura dei contatti principali anche se l'ordine di apertura è dato dopo l'inizio di una manovra di chiusura, secondo le norme CEI 17-1 e IEC 56.

Il sistema di protezione associato a ciascun interruttore sottocampo è composto da:

- trasduttori di corrente di fase e di terra (ed eventualmente trasduttori di tensione) con le relative connessioni al relè di protezione;
- relè di protezione con relativa alimentazione;
- circuiti di apertura dell'interruttore.

Il sistema di protezione sarà costituito da opportuni TA di fase, TO (ed eventualmente TV) che forniscono grandezze ridotte a un relé che comprende la protezione di massima corrente di fase almeno bipolare a tre soglie, una a tempo dipendente, le altre due a tempo indipendente definito. Poiché la prima soglia viene impiegata contro il sovraccarico, la seconda viene impiegata per conseguire un intervento ritardato e la terza per conseguire un intervento rapido, nel seguito, per semplicità, ci si riferirà a tali soglie con i simboli:

- I> (sovraccarico);
- I>> (soglia 51, con ritardo intenzionale);
- I>>> (soglia 50, istantanea);
- 67 protezione direzionale.

La regolazione della protezione dipende dalle caratteristiche dell'impianto dell'Utente. I valori di regolazione della protezione generale saranno impostati dall'Utente in sede di progetto esecutivo

Sono previste inoltre le seguenti protezioni:

- massima tensione (senza ritardo intenzionale) (soglia 59);
- minima tensione (ritardo tipico: 300 ms) (soglia 27);
- massima frequenza (senza ritardo intenzionale) (soglia 81>);

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 64 di 93 |

- minima frequenza (senza ritardo intenzionale) (soglia 81<);
- massima tensione omopolare V0 (ritardata) (soglia 59N).

7.6 Cavi di distribuzione dell'energia in Media Tensione (MT)

Per l'interconnessione del quadro MT e tra le cabine di trasformazione verranno usati cavi tripolari del tipo ARG7H1RX 12/20kV forniti nella versione tripolare riunito ad elica visibile (Figura 7.5).



Figura 7.5 - Cavi del tipo ARG7H1RX tripolare riunito ad elica visibile

I cavi sono isolati in gomma HEPR di qualità G7, sotto guaina di PVC, con le seguenti caratteristiche:

- Cavi unipolari isolati in gomma HEPR di qualità G7, sotto guaina di PVC.
- Conduttore: alluminio, formazione rigida compatta, classe 2
- Strato semiconduttore: estruso (solo cavi $U_0/U \geq 6/10$ kV)
- Isolamento: gomma HEPR, qualità G7 senza piombo
- Strato semiconduttore: estruso, pelabile a freddo (solo cavi $U_0/U \geq 6/10$ kV)
- Schermo: fili di rame rosso con nastro di rame in controspirale
- Guaina: mescola a base di PVC, qualità Rz
- Colore: rosso

La tipologia di posa prevalente prevista è quella a trifoglio con cavi direttamente interrati in trincea schematizzata in Figura 7.6.

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 65 di 93 |

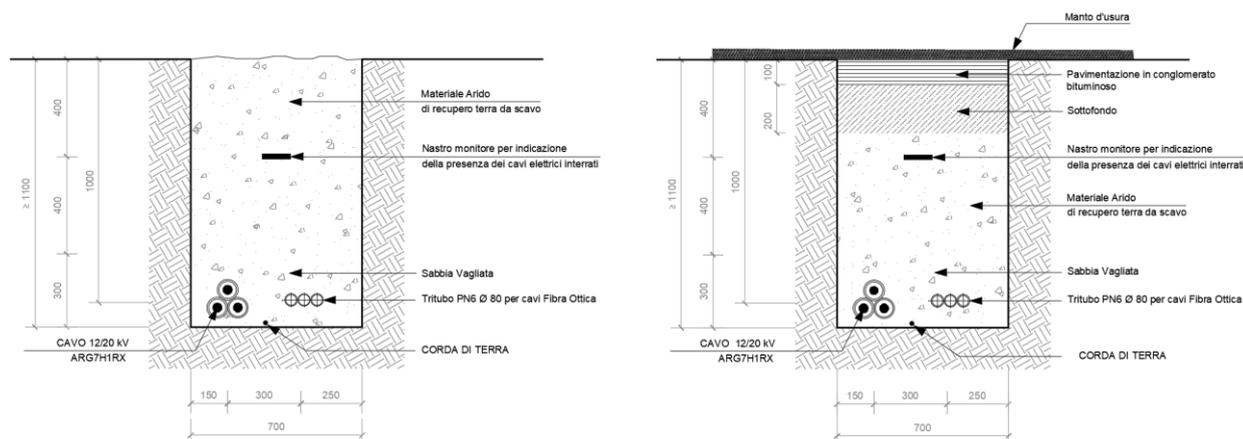


Figura 7.6 – Tipico modalità di posa Cavo MT 15 kV

La profondità media di interramento (letto di posa) sarà di 1,1 / 1,2 metri sotto il suolo; tale profondità potrà variare in relazione al tipo di terreno attraversato. Saranno inoltre previsti opportuni nastri di segnalazione. Normalmente la larghezza dello scavo della trincea è limitata entro 1 metro salvo diverse necessità riscontrabili in caso di terreni sabbiosi o con bassa consistenza. Il letto di posa può essere costituito da un letto di sabbia vagliata o da un piano in cemento magro.

Nello stesso scavo, potrà essere posato un cavo con fibre ottiche e/o telefoniche per trasmissione dati.

Tutti i cavi verranno alloggiati in terreno di riporto, la cui resistività termica, se necessario, verrà corretta con una miscela di sabbia vagliata o con cemento 'mortar' e saranno protetti e segnalati superiormente da una rete in PVC e da un nastro segnaletico, ed ove necessario anche da una lastra di protezione in cemento armato dello spessore di 6 cm. La restante parte della trincea verrà ulteriormente riempita con materiale di risulta e di riporto e le aree interessate saranno risistemate nella condizione preesistente.

Altre soluzioni particolari, quali l'alloggiamento dei cavi in cunicoli prefabbricati o gettati in opera od in tubazioni di PVC della serie pesante o di ferro, potranno essere adottate per attraversamenti specifici.

Per eventuali incroci e parallelismi con altri servizi (cavi di telecomunicazione, tubazioni etc.), saranno rispettate le distanze previste dalle norme, tenendo conto delle prescrizioni che saranno dettate dagli Enti proprietari delle opere interessate e in accordo a quanto previsto dalla Norma CEI 11-17.

7.7 Linea di interconnessione cabina primaria - cabina consegna

Le linee in cavo sotterraneo di interconnessione tra le cabine di consegna dei lotti n.1 e n.4 ed il collegamento delle cabine relative ai lotti n.2, n.3 e n.4 con la Cabina Primaria 15/150 kV "Isili"

| | | |
|--|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 66 di 93 |

saranno realizzate mediante cavi 12/20kV di tipo unipolare ad elica visibile con conduttori in alluminio (aventi isolamento estruso) con schermo in rame avvolto a nastro sulle singole fasi.

In particolare, la connessione alla rete sarà effettuata mediante cavi del tipo ARE4H5EX-12/20kV - Matricola ENEL 332285 - con formazione 3x1x240 con le seguenti caratteristiche:

- Costruzione e requisiti: ENEL DC 4385/1 | ENEL DC 4384
- Conduttore: Al classe 2 Norma CEI EN 60228
- Isolamento: XLPE tipo DX3 o DX8 secondo tabella 2A della HD 620-1
- Guaina esterna: PE tipo DMP2 o DMZ1 come da tabella 4B e 4C della HD621 parte 1
- Caratteristiche funzionali
- Tensione nominale U_0/U : 12/20 kV
- Tensione massima di esercizio U_m : 24 kV
- Temperatura massima di esercizio: 90°C
- Temperatura massima di corto circuito: 250°C
- Temperatura minima di posa: -25 °C.



Figura 7.7 – Cavo ARE4H5EX 12/20 kV

Il cavidotto, il cui percorso interessa la strada consortile dell'area industriale Perd'e Cuaddu, sarà posato ad una profondità maggiore di 1,20 m all'interno di tubi in PVC da 160 mm su un letto in sabbia vagliata. Le condutture interrate saranno rese riconoscibili mediante un nastro per segnalazione cavi elettrici.

In Figura 7.8 si riporta la tipologia di posa adoperata per n.3 cavi MT interrati su strada asfaltata.

| | | |
|--|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 67 di 93 |

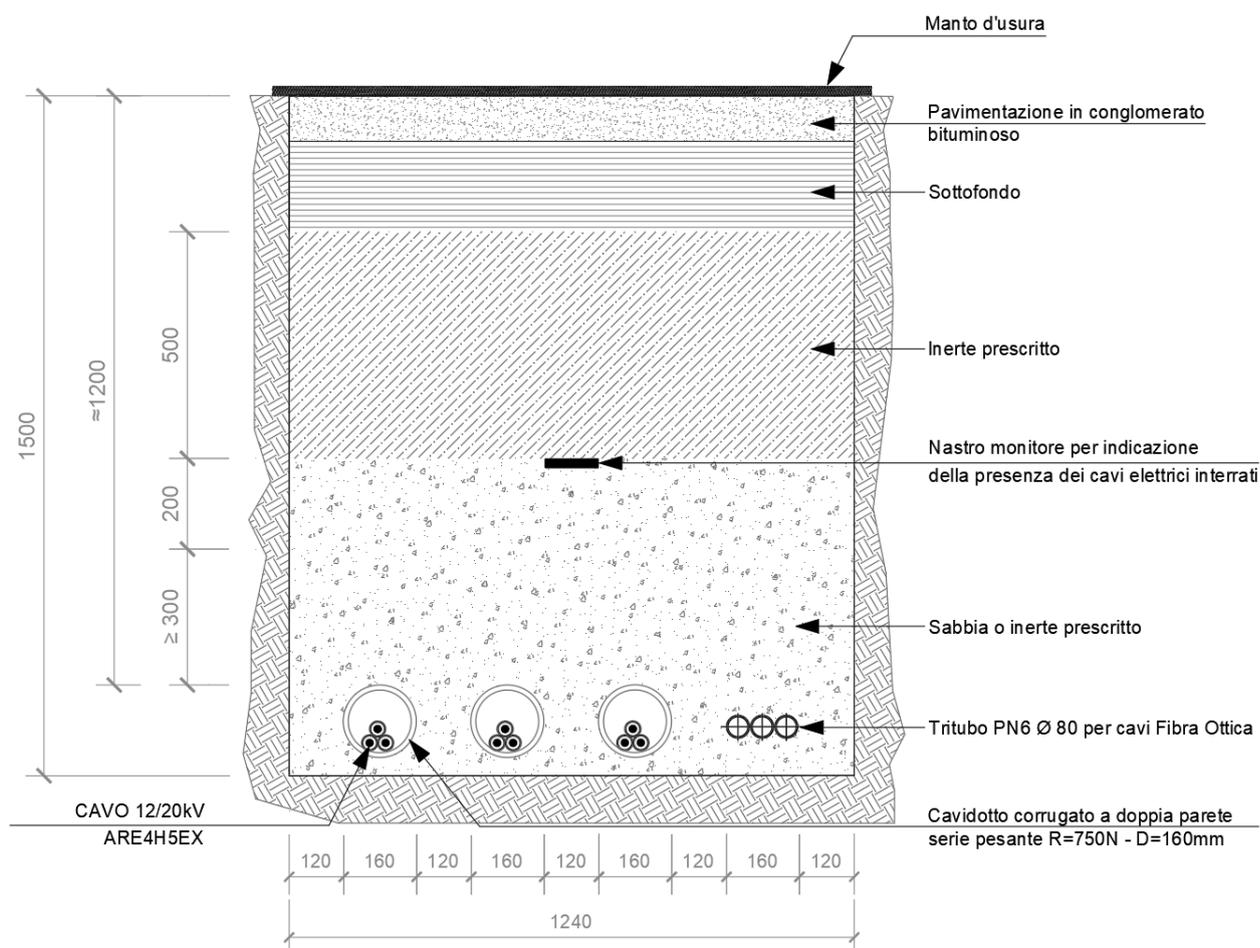


Figura 7.8 – Canalizzazione per posa di n° 3 cavi MT e n° 1 cavo in fibra ottica in tritubo su strada asfaltata

I cavidotti saranno del tipo con tubazione in corrugato PEAD a doppia parete. Dimensioni e proprietà meccaniche dovranno essere rispondenti alle prescrizioni della norma CEI EN 50086-2-4/A1 (CEI 23-46/V1), variante della CEI EN 50086-2-4 (CEI 23-46), classe di prodotto serie N con resistenza allo schiacciamento 750 N con marchio IMQ di sistema (tubi e raccordi) e dotati di marcatura CE.

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 68 di 93 |

7.8 Cavo fibra ottica

Sulla linea MT in progetto dovrà essere installato un cavo ottico dielettrico costituito da n. 24 fibre ottiche per posa in tubazione rispondente alla tabella di unificazione Enel DC 4677.

In alternativa a quanto prescritto nella tabella contenuta nella DC 4677, possono anche essere installati cavi ottici le cui caratteristiche costruttive prevedano l'alloggiamento delle fibre ottiche costituenti il cavo in tubetti anziché in cave aventi caratteristiche dimensionali e fisiche dei cavi; le caratteristiche dimensionali, trasmissive e costruttive delle singole fibre ottiche devono comunque essere conformi a quanto previsto dalla DC 4677.

Il cavo in fibra ottica sarà posato in canalizzazione realizzata sul tracciato del cavo elettrico mediante l'impiego di tritubo in PEHD e, dove necessario, di pozzetti in cls. per consentire il tiro ed il cambio di direzione del cavo e l'alloggiamento dei giunti e della ricchezza di scorta del cavo.

Le suddette prescrizioni permetteranno al gestore della rete nazionale di installare adeguati strumenti che consentano la misurazione in tempo reale e la visibilità, da parte del sistema di controllo della rete, dell'energia immessa attraverso la cabina primaria, nonché l'interrompibilità istantanea delle immissioni di produzione.

7.9 Cabine di trasformazione e inverter

La realizzazione dell'impianto fotovoltaico prevede l'impiego di n. 10 cabine di trasformazione BT/MT di potenza AC 2000 kVA e di n. 3 cabine di trasformazione BT/MT di potenza AC 1000 kVA.

Le principali caratteristiche tecniche del trasformatore sono riportate in Tabella 7-2.

Tabella 7-2 - Dati tecnici trasformatore

| | |
|------------------------------------|-------------------|
| Potenza nominale [kVA] | 2000 / 1000 |
| Tensione nominale [kV] | 15 |
| Regolazione della Tensione lato AT | ± 2,5% |
| Raffreddamento | ONAN |
| Isolamento | resina epossidica |
| Gruppo vettoriale | Dy11 |
| Tensione corto circuito [Vcc%] | 6 |

I dati tecnici principali del quadro MT previsto nella cabina sono riportati in Tabella 7-3.

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 69 di 93 |

Tabella 7-3 - Dati tecnici quadro MT cabina di trasformazione

| | |
|--|------|
| Tensione nominale [kV] | 15 |
| Tensione di esercizio [kV] | 15 |
| Frequenza nominale [Hz] | 50 |
| N° fasi | 3 |
| Corrente nominale delle sbarre principali [A] | 630 |
| Corrente nominale max delle derivazioni [A] | 630 |
| Corrente nominale ammissibile di breve durata [kA] | 12.5 |
| Corrente nominale di picco [kA] | 62,5 |
| Potere di interruzione [kA] | 16 |
| Durata nominale del corto circuito [s] | 1 |

Gli inverter, saranno del tipo sinusoidale IGBT autoregolati a commutazione forzata con modulazione a larghezza di impulsi (PWM - *Pulse Width Modulation*), in grado di operare in modo completamente automatico con MPPT (*Maximum Power Point Tracker*) indipendenti.

In particolare, su richiesta della Proponente, è previsto l'impiego di due differenti modelli di inverter secondo quanto di seguito riportato:

- Lotti n.1, 2, 3 e 4: Inverter della Sungrow modello SG250HX da 250 kW (Figura 7.9) i cui dati tecnici sono riportati in Tabella 7-4;
- Lotto n.5: Inverter della Ingeteam modello Ingecon SUN 160TL da 149 kW (Figura 7.8) i cui dati tecnici sono riportati in Tabella 7.5.

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 70 di 93 |



Figura 7.9 – Inverter Sungrow SG250HX

Tabella 7-4 - Dati tecnici SG250HX

| | |
|--|---------------------------|
| Marca e Modello Tipo ¹⁵ | Sungrow – SG250HX |
| Potenza nominale [kVA] | 250 |
| Potenza nominale [kW] $\cos \varphi=1$ | 250 |
| Potenza nominale [kW] $\cos \varphi=0.8$ | 250 |
| Corrente massima DC [A] | 360 |
| Corrente massima AC [A] | 180,5 |
| Intervallo Tensione MPPT - V_{mpp} [V] | 500-1500 |
| Tensione Max DC- V_{max} DC [V] | 1500 |
| N° di ingressi lato DC | 24 |
| Connessione di rete AC | 0.80 kV, 50 Hz, 3F |
| Fattore di potenza $\cos \varphi$ | >0.99 / ± 0.8 IND/CAP |
| Dimensioni (A x L x P) mm | 1051x660x363 |
| Efficienza Europea | 98.8 % |
| Efficienza Inverter max | 99,00 % |

¹⁵ Non vincolante per le scelte esecutive

| | | |
|--|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 71 di 93 |



Figura 7.10 - Inverter Ingecon SUN 160 TL - 149 kW

Tabella 7.5 - Dati tecnici Ingecon SUN 160TL -149 kW

| | |
|--|---------------------------|
| Marca e Modello Tipo ¹⁶ | Ingecon SUN 160TL -149 kW |
| Potenza nominale [kVA] | 149 |
| Potenza nominale $\cos \varphi=1$ [kW] | 149 |
| Corrente massima DC [A] | 168 |
| Corrente massima AC [A] | 121 |
| Intervallo Tensione MPPT (V_{mpp}) [V] | 936-1250 |
| Tensione massima DC (V_{maxDC}) [V] | 1500 |
| Numero ingressi lato DC | 20 |
| Connessione di rete AC | 0.65 kV, 50 Hz, 3F |
| Fattore di potenza $\cos\varphi$ | >0.99 / ± 0.8 IND/CAP |
| Dimensioni (A x L x P) [mm] | 905x720x315 |
| Efficienza Europea [%] | 98,7 |
| Efficienza massima [%] | 99,1 |

¹⁶ Non vincolante per le scelte esecutive

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 72 di 93 |

7.10 Cabina Elettrica MT di consegna

7.10.1 Cabina di connessione/consegna

In prossimità degli ingressi di ciascun lotto, secondo quanto indicato negli elaborati grafici di progetto, saranno ubicate le cabine elettriche di connessione alla rete MT di e-distribuzione con accesso dalla strada pubblica.

La struttura della cabina sarà del tipo monoblocco scatolare costituito dal pavimento e quattro pareti con tetto rimovibile; viene realizzata con calcestruzzo confezionato in stabilimento mediante centrale di betonaggio automatica e additivato con idonei fluidificanti e impermeabilizzanti.

La cabina rispetta la specifica DG2061 ed. 9 - STANDARD BOX CONSEGNA CLIENTE con tetto a due falde e copertura in coppi, dalle dimensioni di ingombro 6,70m x 2,50m x 2,60m.

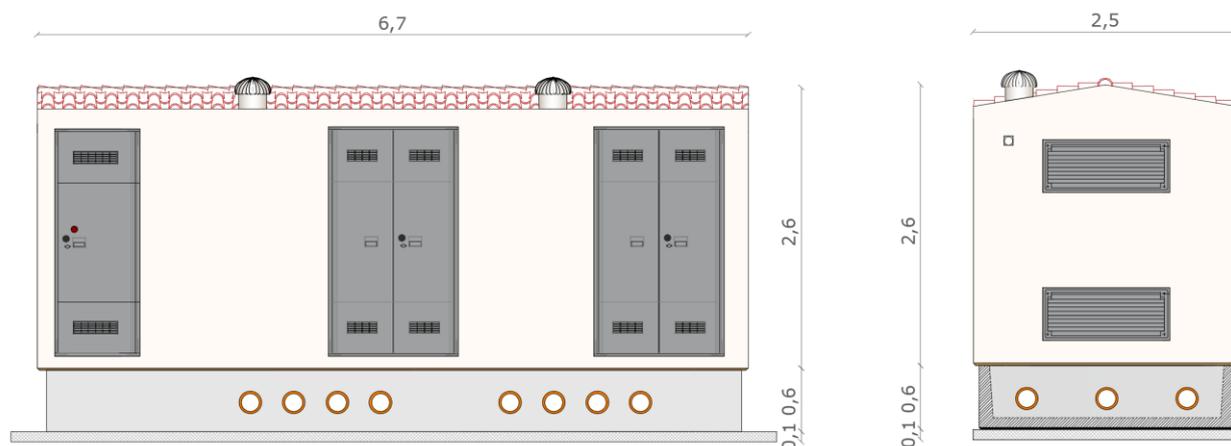


Figura 11 – Cabina consegna tipo ENEL DG2061 ed. 9

La cabina sarà costituita da un vano predisposto per la posa degli scomparti MT. Detto box, viene fornito completo di:

- N°1 Plotta di copertura removibile per accesso alla vasca 1000x600 (locale consegna);
- N°1 Plotta di copertura removibile per accesso alla vasca 500x500;
- N°2 Porte in VTR omologate Enel DS DS 919 (locale consegna) complete di serratura DS988;
- N°3 lampade di illuminazione installate nel vano consegna con plafoniera stagna (tabella DY3021)
- N°1 passante per cavi temporaneo Ø 80 mm
- N°1 passante per cavi temporaneo Ø150 mm
- N°1 Quadro elettrico per servizi ausiliari - omologato ENEL - tipo DY3016/3
- N°2 aspiratori eolici in acciaio inox approvati da Enel;
- N°6 elementi di copertura cunicolo 650 x 250;
- N°2 griglie di areazione omologate Enel 1200x500;

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 73 di 93 |

- N°1 targa di identificazione;
- N°1 targa con indicato Schema di sollevamento;
- manto impermeabilizzante prefabbricato costituito da membrana bitume-polimero flessibilità a freddo -10°C armata in filo di poliestere e rivestita superiormente con ardesia, spessore 4 mm (esclusa ardesia), sormontato dalla canaletta;
- N°4 canaletta uscita acqua piovana.
- Telaio porta quadri BT DS3055
- Armadio Rack omologato Enel – tipo DY3005
- Supporto quadro BT DS3055

La cabina sarà costituita da un vano a disposizione dell'Ente distributore dell'energia con ingresso interdetto all'utente (vano consegna), tale vano consegna comprenderà al suo interno le seguenti apparecchiature:

- n. 1 quadro MT a 15kV per l'interfacciamento dell'impianto con la rete MT con le funzioni di sezionamento, comando e protezione;
- Cavi MT per la connessione alla cabina utente in MT
- Eventuali circuiti di distribuzione in BT per servizi ausiliari;
- Mezzi antinfortunistici in dotazione alla cabina.

Il locale per l'impianto di rete per la consegna (locale di consegna) ed il locale per i complessi di misura (locale di misura) saranno 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.

Le dimensioni del locale sono di ampiezza tale da consentire l'installazione di un eventuale trasformazione MT/BT e il relativo scomparto protezione trasformatore. Infatti, qualora non sia presente in loco una trasformazione MT/BT del Distributore, l'Utente dovrà fornire al locale di competenza del Distributore e al locale di misura un'alimentazione monofase BT, derivata dai propri impianti, consistente in una presa 2P+T 16 A – 230 V con fusibili.

La messa a terra del neutro BT deve essere realizzata mediante connessione allo stesso impianto di terra dell'impianto di rete per la consegna.

7.11 Cavi di distribuzione dell'energia in Bassa Tensione (BT) in c.a. e c.c.

7.11.1 Cavi lato c.a. bassa tensione

Per la distribuzione in BT saranno utilizzati cavi aventi le seguenti caratteristiche: cavo unipolare/multipolare FG16R16 per energia isolato in gomma etilenpropilenica ad alto modulo di qualità G16 Tensione nominale U₀/U: 0,6/1 k, sotto guaina di PVC, ovvero cavi del tipo FG7OR Tensione nominale U₀/U: 0.6/1kV con conduttore in rame, isolamento in gomma EPR e guaina in PVC, conforme a norma CEI 20-22 e CEI 20-34.

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 74 di 93 |

I circuiti di sicurezza saranno realizzati mediante cavi FTG10(O)M1 0,6/1 KV - CEI 20-45 CEI 20-22 III / 20-35 (EN50265) / 20-37 resistenti al fuoco secondo IEC 331 / CEI 20-36 EN 50200, direttiva BT 73/23 CEE e 93/68 non propaganti l'incendio senza alogeni a basso sviluppo di fumi opachi con conduttori flessibili in rame rosso con barriera antifuoco.

7.11.2 Cavi lato c.c. bassa tensione

Per collegamenti in c.c. verranno impiegati cavo unipolari adatti al collegamento dei vari elementi degli impianti fotovoltaici e solari, sigla H1Z2Z2-K con tensione nominale di esercizio: 1.0kV C.A. - 1.5kV C.C. (anche verso terra), colore guaina esterna Nero o Rosso (basato su RAL 9005 o 3000).

7.11.3 Modalità di posa principale cavi b.t.

Tutte le linee di BT verranno posate con interrimento a una quota massima di 60 cm dal piano di calpestio, entro tubo corrugato in PVC posato su un letto in sabbia vagliata. Le condutture interrato saranno rese riconoscibili mediante un nastro per segnalazione cavi elettrici.

7.12 Quadri elettrici BT lato c.a.

I quadri elettrici saranno realizzati con struttura in robusta lamiera di acciaio con un grado di protezione IP55. I quadri elettrici di BT c.a. dovranno avere le caratteristiche riportate in Tabella 7-6.

Tabella 7-6 - Dati tecnici Quadri Elettrici BT c.a.

| | |
|---|---------|
| Tensione nominale [V] | 690 |
| Tensione esercizio [V] | 400 |
| Numero delle fasi | 3F + PE |
| Livello nominale di isolamento tensione di prova a frequenza industriale per 1 min verso terra e tra le fasi [kV] | 2,5 |
| Frequenza nominale [Hz] | 50 |
| Corrente nominale sbarre principali. | 3200 A |

Ciascun quadro elettrico dovrà essere realizzato a regola d'arte nel pieno rispetto delle norme CEI EN 60439-1 (CEI 17-13), la direttiva BT e la direttiva sulla Compatibilità Elettromagnetica.

Ogni quadro dovrà essere munito di un'apposita targa contenente i suoi dati di identificazione, come richiesto dal punto 5.1 della norma 17-13/1.

La funzione degli apparecchi deve essere contraddistinta da apposite targhette. Le linee sulla morsettiere d'uscita devono essere numerate per una più agevole individuazione.

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 75 di 93 |

7.13 Quadri di campo e di parallelo stringhe lato c.c.

I quadri di campo assicureranno il collegamento elettrico fra le stringhe provenienti dal generatore fotovoltaico ed il gruppo di conversione c.c./a.c. ed includeranno protezioni di stringa e per le sovratensioni atmosferiche.

I quadri saranno dotati di:

- Sezionatore con la funzione di sezionamento sottocarico (IMS).
- Fusibili di stringa con la funzione di protezione dalle sovracorrenti e correnti inverse;
- Eventuali diodi di blocco per la protezione dalle correnti inverse se il fusibile di stringa non ha taglia adeguata a svolgere questa funzione;
- Dispositivo SPD con la funzione di protezione dalle sovratensioni.
- Elementi per il monitoraggio produzione e guasti nelle stringhe.

I quadri elettrici di BT c.c. dovranno avere le caratteristiche riportate in Tabella 7-7.

Tabella 7-7 - Dati tecnici Quadri Elettrici BT c.c.

| | |
|---|-----------|
| Tensione nominale [V] | 1500V |
| Tensione esercizio [V] | 800-1500V |
| Numero delle fasi | +/- |
| Livello nominale di isolamento tensione di prova a frequenza industriale per 1 min verso terra e tra le fasi [kV] | 2,5 |
| Frequenza nominale [Hz] | 0 |
| Corrente nominale sbarre principali | 3200 A |

Il montaggio di ogni componente sarà tale da impedire contatti accidentali con parti in tensione come richiesto dalle norme CEI 17-13. I quadri saranno con grado di protezione esterno IP 66.

La disposizione dei cavi elettrici in arrivo ai suddetti quadri dovrà permettere la facile sostituzione di ogni pannello con il sezionamento di ciascuna stringa, realizzato con sezionatori adatti all'uso fotovoltaico nel numero di uno per ogni stringa. Il fissaggio al suolo sarà tramite supporto dedicato.

I quadri saranno dotati di strumenti per la misura della corrente e della tensione delle stringhe e la temperatura media dei moduli che saranno inviate al sistema di controllo e monitoraggio dell'impianto.

Il collegamento elettrico tra i sottogruppi di moduli fotovoltaici e i rispettivi gruppi di conversione c.c./c.a. verrà realizzato tramite i quadri di parallelo stringhe (QPS) opportunamente dislocati nell'area oggetto dell'intervento fino al collegamento con gli ingressi agli inverter.

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 76 di 93 |

7.14 Misura dell'energia

7.14.1 Aspetti generali

La delibera AEEG 88/09, "Disposizioni in materia di misura dell'energia elettrica prodotta da impianti di generazione", stabilisce che il responsabile del servizio di misura dell'energia elettrica prodotta da impianti di potenza nominale superiore a 20 kW è il produttore.

Per misurare ai fini fiscali e tariffari l'energia, nell'impianto fotovoltaico si adotteranno sistemi di misura in grado di conteggiare:

- l'energia elettrica prelevata dalla rete;
- l'energia elettrica immessa in rete;
- l'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico.

Se l'utente produttore dovesse prendersi la responsabilità dell'installazione e manutenzione del sistema di misura dell'energia prodotta/immessa si dovrà assicurare la conformità ai requisiti indicati nella Norma CEI 0-16.

Il sistema di misura sarà composto da un contatore statico per la misura dell'energia attiva e reattiva trifase, collegato in inserzione indiretta (mediante TV e TA).

I componenti del sistema di misura dovranno essere conformi alle norme CEI di prodotto e garantire il rispetto dei seguenti requisiti funzionali:

1. misura dell'energia attiva e reattiva e della potenza attiva immessa in rete e prelevata dalla rete;
2. rilevazione delle 6 curve di carico (potenza media nei 15') attiva assorbita, reattiva induttiva per energia attiva entrante, reattiva capacitiva per energia attiva uscente, attiva erogata, reattiva induttiva per energia attiva uscente e reattiva capacitiva per energia attiva entrante, con la risoluzione minima di 1 intero e 3 decimali;
3. unità di misura per l'energia attiva (reattiva): kWh (kVARh);
4. unità di misura per la potenza attiva: kW;
5. gestione automatica dell'ora legale;
6. orologio interno del contatore avente i requisiti indicati nella Norma CEI EN 62054-21 per i commutatori orari;
7. Interfaccia ottica per la lettura e/o programmazione locale (conforme alla Norma CEI EN 62056-21) che assicuri una velocità di trasmissione minima di 9600 bit/sec.

7.15 Software per visualizzazione, monitoraggio, telesorveglianza

Sarà previsto un sistema software per la visualizzazione, il monitoraggio, la messa in servizio e la gestione dell'impianto FV. Mediante un PC collegato direttamente o tramite modem si potrà

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 77 di 93 |

disporre di una serie di funzioni che informano costantemente sullo stato e sui parametri elettrici e ambientali relativi all'impianto fotovoltaico.

In particolare, sarà possibile accedere alle seguenti funzioni:

- Schema elettrico del sistema;
- Pannello di comando;
- Oscilloscopio;
- Memoria eventi;
- Dati di processo;
- Archivio dati e parametri d'esercizio;
- Analisi dati e parametri d'esercizio.

La comunicazione tra l'impianto fotovoltaico e il terminale di controllo e supervisione avverrà tramite protocolli Industrial Ethernet o PROFIBUS.

L'impianto fotovoltaico sarà dotato infine di un sistema di monitoraggio per l'analisi e la visualizzazione dei dati ambientali costituito da:

- n. 1 sensore temperatura moduli;
- n. 1 sensore irradiazione solare;
- n. 1 sensore anemometrico;
- schede di comunicazione integrate per l'acquisizione dei dati.

7.16 Impianto di videosorveglianza

L'impianto FV sarà dotato di sistema di videosorveglianza dimensionato per coprire l'intera area di pertinenza dell'impianto e composto da barriere perimetrali a fasci infrarossi, telecamere e combinatori telefonici GSM con modulo integrato.

7.17 Stazione meteorologica

L'impianto verrà dotato di una stazione meteorologica montata ad un'altezza di almeno 10 m, dotata di strumentazione in grado di monitorare:

- temperatura ambiente;
- umidità relativa aria;
- pressione barometrica;
- direzione vento e velocità vento;
- intensità precipitazioni;
- misura scariche atmosferiche con polarità e tipologia della stessa.

I dati rilevati saranno trasmessi al sistema di monitoraggio dell'impianto ed elaborati per verificarne

| | | |
|--|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 78 di 93 |

la producibilità.

Inoltre, verranno memorizzati nel lungo periodo al fine di costituire una serie storica di dati utile ai fini assicurativi in caso di malfunzionamento o danneggiamento dell'impianto a causa di eventi atmosferici.

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 79 di 93 |

8 OPERE ACCESSORIE

8.1 Sistemazione dell'area e viabilità

Il terreno asservito alla realizzazione dell'impianto FV in progetto presenta una conformazione morfologica tale da richiedere interventi di livellamento delle superfici funzionali all'installazione degli inseguitori solari (Elaborati SSEI-FVI-TP5÷6÷7). Gli interventi di movimento terra che si prevede di condurre saranno simili a quanto già attuato in passato nell'area industriale di *Perd'e Cuaddu*. Il volume del materiale sbancato sarà pressoché interamente recuperato in sito per operazioni di riempimento in accordo con quanto rappresentato negli elaborati grafici di progetto.

Ai fini di assicurare un'ottimale costruzione e gestione della centrale fotovoltaica, il progetto ha previsto la realizzazione *ex novo* di una viabilità di servizio funzionale alle operazioni di costruzione ed ordinaria gestione dell'impianto, come mostrato negli elaborati grafici allegati.

L'area sarà accessibile da ingressi posizionati in corrispondenza della viabilità vicinale esistente, come indicato nell'Elaborato SSEI-FVI-TP10.

La carreggiata stradale della viabilità di impianto presenterà una larghezza di 4,0 metri. La massiciata stradale sarà formata da una soprastruttura in materiale arido dello spessore indicativo di 0,30/0,40 m (Elaborato SSEI-FVI-TP7). Lo strato di fondazione sarà composto da un aggregato che potrà essere costituito da pietrisco e detriti di cava o di frantoio o materiale reperito in sito oppure da una miscela di materiali di diversa provenienza, in proporzioni da stabilirsi in sede di progettazione esecutiva.

Le carreggiate saranno conformate trasversalmente conferendo una pendenza dell'ordine del 1,5% per garantire il drenaggio ed evitare ristagni delle acque meteoriche.

8.2 Recinzioni e cancelli

Al perimetro dell'impianto FV è prevista la realizzazione di una recinzione in rete metallica a maglia romboidale sostenuta da pali infissi (vedasi particolari nell'Elaborato SSEI-FVI-TP10).

I sostegni saranno costituiti da pali in ferro zincato dell'altezza di circa 2,5 metri; gli stessi verranno conficcati nel terreno per una profondità pari a 0,6 m. Questi presenteranno giunti di fissaggio laterale della rete sul palo e giunti in metallo per il fissaggio di angoli retti e ottusi.

Per l'accesso entro i siti di impianto dovranno realizzarsi dei cancelli realizzati in profilati di acciaio, assiemati per elettrosaldatura, verniciati e rete metallica in tondini di diametro 6 mm con passo della maglia di 15 cm, come da disegno di progetto. Il cancello è costituito da due ante a bandiera di altezza 2,40 m e di larghezza di 2,5 m, per una luce totale di 5 m, completo di paletto di fermo centrale e chiusura a lucchetto.

In alternativa alla tipologia sopra descritta, ove richiesto dalla D.L., i cancelli potranno essere realizzati in profilati scatolari di acciaio, assiemati per elettrosaldatura e successivamente zincati a caldo, con tamponamento delle ante in pannelli grigliati elettrofusi di acciaio zincato (a maglia

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 80 di 93 |

quadrata di 60 x 60 mm ca costituita da piatti verticali di 25 x 3 mm collegati orizzontalmente da tondi del diametro 5 mm) solidarizzati al telaio mediante bulloneria inamovibile.

In ogni caso le cerniere dovranno essere in acciaio inox ed andranno opportunamente applicate ai pilastri di sostegno (in c.a. o in acciaio).

8.3 Movimenti di terra

Le operazioni di scavo da attuarsi nell'ambito della costruzione del campo solare devono riferirsi all'approntamento degli elettrodotti interrati per la distribuzione BT ed MT di impianto ed alle opere di sistemazione del terreno.

La fase di scavo prevede l'utilizzo di un escavatore a braccio rovescio dotato di benna, che scaverà e deporrà il materiale a bordo trincea; previa verifica positiva dei requisiti stabiliti dal D.M. 120/2017 (*Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164*), il materiale sarà successivamente messo in opera per il riempimento degli scavi, assicurando un recupero pressoché integrale dei terreni asportati.

In riferimento all'approntamento dei cavidotti, il materiale in esubero stazionerà provvisoriamente ai bordi dello scavo e, al procedere dei lavori di realizzazione, sarà caricato su camion per essere trasportato all'esterno del cantiere presso centri di recupero/smaltimento autorizzati.

I volumi di scavo complessivamente stimati nell'ambito della fase di costruzione dell'opera sono pari a circa 134.300 m³, pressoché interamente riutilizzati in sito per operazioni di riempimento a meno di una quota marginale stimata in circa 2.200 m³, come si evince dai prospetti di calcolo di seguito riportati.

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 81 di 93 |

| OPERE DI SISTEMAZIONE DEL TERRENO | | | | |
|---|--------------|--------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| Lunghezza (m) | Larg. (m) | Prof. (m) | Volume scavo (m ³) | Volume rinterro (m ³) |
| - | - | - | 124.297,00 | 122.080,00 |
| TOTALE | | | 124.297,00 | 122.080,00 |
| ECCEденENZE A RECUPERO/SMALTIMENTO | | | 2.217,00 | |

| DISTRIBUZIONE ELETTRICA BT IMPIANTO | | | | |
|---|--------------|--------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| Lunghezza (m) | Larg. (m) | Prof. (m) | Volume scavo (m ³) | Volume rinterro (m ³) |
| 22080,00 | 0,3 | 0,6 | 3.974,40 | 3.974,40 |
| TOTALE | | | 3.974,40 | 3.974,40 |
| ECCEденENZE A RECUPERO/SMALTIMENTO | | | 0,00 | |

| DISTRIBUZIONE ELETTRICA MT IMPIANTO | | | | |
|---|--------------|--------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| Lunghezza (m) | Larg. (m) | Prof. (m) | Volume scavo (m ³) | Volume rinterro (m ³) |
| 2.800,00 | 0,7 | 1,1 | 2.156,00 | 2.156,00 |
| TOTALE | | | 2.156,00 | 2.156,00 |
| ECCEденENZE A RECUPERO/SMALTIMENTO | | | 0,00 | |

| CAVIDOTTO MT IMPIANTO FV – CABINA PRIMARIA AT/MT | | | | |
|--|--------------|--------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| Lunghezza (m) | Larg. (m) | Prof. (m) | Volume scavo (m ³) | Volume rinterro (m ³) |
| 1.900,00 | 1 | 1,5 | 2.850,00 | 2.280,00 |
| 1.700,00 (asfalto) | 1 | 0,2 | | |
| TOTALE | | | 2.850,00 | 2.280,00 |
| ECCEденENZE A SMALTIMENTO | | | 570,00 | |

| CANALETTE ACQUE METEO | | | | |
|---|--------------|--------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| Lunghezza (m) | Larg. (m) | Prof. (m) | Volume scavo (m ³) | Volume rinterro (m ³) |
| 4.039,00 | 0,5 | 0,5 | 1.009,75 | 1.009,75 |
| TOTALE | | | 1.009,75 | 1.009,75 |
| ECCEденENZE A RECUPERO/SMALTIMENTO | | | 0,00 | |

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 82 di 93 |

8.4 Interventi di mitigazione e inserimento ambientale

8.4.1 Misure di mitigazione

- Fascia perimetrale di mitigazione
 - Per la realizzazione delle fasce verdi perimetrali, finalizzate a mitigare l'impatto visivo, sono state selezionate essenze alto-arbustive autoctone, altamente coerenti con il contesto di inserimento. Per la scelta delle specie si è tenuto inoltre conto delle evidenze riscontrate sul campo, in particolare della presenza di esemplari spontanei che vegetano su incolti e margini stradali, i quali suggeriscono in maniera inequivocabile le reali potenzialità floristiche dell'area. Previa analisi dei suddetti elementi e fattori, si ritiene opportuno l'utilizzo delle seguenti specie:
 - *Pistacia lentiscus* L. (lentisco)
 - *Olea europaea var. sylvestris* Brot. (olivastro)

Sesto d'impianto: monofila, con distanza sulla fila di 1,2 m. Disposizione casuale delle varie specie sulla fila.

- Durante le fasi di cantiere verrà imposta una limitazione della velocità di transito dei mezzi e si provvederà alla bagnatura periodica delle superfici sulla viabilità interna. Si provvederà inoltre alla copertura dei cumuli di materiale polverulento temporaneamente stoccato.
- Dopo sei mesi dalla chiusura del cantiere, tutte le aree interessate dai lavori verranno accuratamente ispezionate da un esperto botanico al fine di verificare la presenza di eventuali plantule di specie aliene invasive accidentalmente introdotte durante i lavori. Se presenti, esse verranno tempestivamente eradicare e correttamente smaltite. La verifica sarà ripetuta dopo due anni dalla chiusura del cantiere.
- Durante la fase di esercizio sarà rigorosamente vietato l'impiego di diserbanti e disseccanti.

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 83 di 93 |

9 DESCRIZIONE DEL PROCESSO COSTRUTTIVO

Nel seguito, in accordo con i disposti della D.G.R. 3/25 del 23/01/2018, sarà fornita una sintetica descrizione delle attività costruttive finalizzate alla realizzazione dell'impianto fotovoltaico in oggetto.

9.1 Indicazioni generali per l'esecutore dei lavori

I lavori dovranno essere eseguiti a regola d'arte da impresa abilitata secondo i criteri di sicurezza individuati dal testo unico della sicurezza e nella legislazione vigente in materia di sicurezza degli impianti.

L'impresa esecutrice dovrà disporre in organico di personale adeguatamente qualificato per l'esecuzione di lavorazioni che comportano rischio elettrico secondo la norma CEI 11-27.

9.2 Descrizione del contesto in cui è collocata l'area del cantiere

Il cantiere per la realizzazione dell'impianto FV è situato in Zona Industriale di Isili (SU), in località *Perd'e Cuaddu*.

La disponibilità di adeguate superfici per l'allestimento dei baraccamenti di cantiere, la delimitazione di aree di deposito e lavorazione potranno essere individuati all'interno delle aree di sedime dell'impianto FV in progetto.

L'accesso al cantiere è assicurato dalla presenza della SS 128, dalle esistenti strade locali a servizio della zona industriale e dalla viabilità interpodereale che, per le finalità del cantiere e di esercizio dell'impianto, sarà oggetto, ove necessario, di manutenzione con ricarica di materiale arido di cava.

9.3 Principali lavorazioni previste

L'individuazione, analisi e valutazione delle lavorazioni e dei rischi ad esse correlati sarà oggetto di specifica analisi in sede di progettazione esecutiva; in tale fase si procederà, inoltre, alla definizione delle procedure organizzative e misure preventive e protettive in materia di sicurezza.

In questa sede possono comunque individuarsi le seguenti fasi lavorative principali:

1) allestimento cantiere: l'allestimento del cantiere costituisce la prima fase lavorativa della costruzione. L'allestimento e l'organizzazione di un cantiere edile comportano una serie di attività, quali, a titolo esemplificativo:

- la costruzione di recinzione;
- l'individuazione e allestimento degli accessi (sia pedonali che carrabili);
- il picchettamento;
- l'individuazione e allestimento degli spazi di lavorazione (banco del ferraiolo, betoniera, molazza, ecc.).

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 84 di 93 |

Durante i lavori dovrà essere assicurato che il movimento di mezzi d'opera e personale avvenga in condizioni di sicurezza. A questo scopo, all'interno del cantiere dovranno essere approntate adeguate vie di circolazione carrabile e pedonale, corredate di appropriata segnaletica.

2) Realizzazione dell'impianto elettrico del cantiere: tale fase prevede la posa in opera dell'impianto elettrico del cantiere per l'alimentazione di tutte le apparecchiature elettriche, compresi quadri, interruttori di protezione, cavi, prese e spine, ecc.

3) Scarico/Installazione di macchine varie di cantiere (tipo betoniera, molazza, piegaferri/tranciatrice, sega circolare, ecc.): durante le fasi di scarico dei materiali sarà necessario vietare l'avvicinamento del personale e di terzi al mezzo di trasporto e all'area di operatività della gru idraulica del medesimo, mediante avvisi e sbarramenti. L'operatività del mezzo di trasporto dovrà essere segnalata tramite il girofaro. Gli autocarri in manovra devono essere assistiti da terra.

4) L'eliminazione di vegetazione interferente con la posa dei moduli FV e la preparazione morfologica delle aree da eseguirsi attraverso operazioni di scavo e riporto.

5) Montaggio pannelli FV su inseguitori monoassiali e collegamento agli inverter: l'attività comprende l'infissione dei sostegni verticali dei *tracker*, l'approvvigionamento, il sollevamento ed il montaggio dei componenti degli inseguitori fotovoltaici, e il loro fissaggio ai sostegni verticali; il montaggio di supporti per pannelli fotovoltaici costituiti da elementi idonei al fissaggio su piano inclinato; il sollevamento dei pannelli fotovoltaici e loro fissaggio ai supporti precedentemente montati; l'installazione delle cabine di trasformazione BT/MT, degli inverter e il collegamento delle stringhe di pannelli fotovoltaici. Data l'impossibilità pratica di porre il sistema fuori tensione alla presenza di luce solare si indicherà con opportuna segnaletica tale situazione di potenziale pericolo.

6) Montaggio di cabine prefabbricate per l'alloggiamento dei quadri elettrici BT e MT: durante le fasi di scarico dei materiali occorrerà vietare l'avvicinamento del personale e di terzi al mezzo di trasporto e all'area di operatività della gru idraulica del medesimo, mediante avvisi e sbarramenti. Il passaggio dei carichi sopra i lavoratori durante il sollevamento e il trasporto dei carichi dovrà essere vietato. Tutti i collegamenti elettrici dovranno essere eseguiti "fuori tensione".

7) Realizzazione canalizzazioni e posa cavidotti: prevede la posa e montaggio delle canale passacavi e delle tubazioni metalliche e disposizione dei cavi in BT per il collegamento tra l'impianto FV, gli inverter e le cabine di trasformazione e, dei cavi in MT per la connessione alle cabine MT utente.

8) Collaudo e messa in servizio: La fase di collaudo prevede l'esecuzione di verifiche tecniche funzionali da effettuarsi al termine dei lavori di installazione (corretto funzionamento dell'impianto nelle diverse condizioni di potenza generata e nelle varie modalità previste dal gruppo di conversione, continuità elettrica e connessioni tra moduli, messa a terra di masse e scaricatori, ecc.).

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 85 di 93 |

9) Smobilizzo del cantiere: consiste nella rimozione del cantiere realizzata attraverso lo smontaggio delle postazioni di lavoro fisse, di tutti gli impianti di cantiere, delle opere provvisorie e di protezione, della recinzione posta in opera all'insediamento del cantiere stesso ed il caricamento di tutte le attrezzature, macchine e materiali eventualmente presenti, su autocarri per l'allontanamento.

9.4 Impianto elettrico di cantiere

All'origine dell'impianto deve essere previsto un quadro contenente i dispositivi di sezionamento, di comando e di protezione. L'impianto elettrico di cantiere dovrà essere dotato di interruttore generale magnetotermico differenziale con $I_{dn} = 0,03A$ e $P.I. = 6kA$. Deve essere previsto un dispositivo per l'interruzione di emergenza dell'alimentazione per tutti gli utilizzatori per i quali è necessario interrompere tutti i conduttori attivi per eliminare il pericolo.

La protezione contro i contatti diretti può essere assicurata da:

- protezione mediante isolamento delle parti attive, involucri o barriere (rimovibili solo con l'uso di una chiave o di un attrezzo), ostacoli che impediscono l'avvicinamento non intenzionale con parti attive;
- uso dell'interruttore differenziale con $I_{dn} \leq 30mA$ (protezione addizionale contro i contatti diretti in caso di insuccesso delle altre misure di protezione).

La protezione contro i contatti indiretti sarà assicurata da:

- protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione. Per i cantieri la tensione limite di contatto (UL) è limitata a 25V c.a.;
- protezione mediante componenti elettrici di classe II o con isolamento equivalente.

Le prese e spine previste per i cantieri saranno a norma CEI 23-12/1 e approvate da IMQ, il grado di protezione minimo deve essere IP43.

Le prese a spina devono essere protette da un interruttore differenziale da 30mA (non più di 6 prese per interruttore), secondo quanto prescritto dalla CEI 64-8/7

I cavi flessibili degli apparecchi utilizzatori (p.es. avvolgicavi e tavolette multiple) devono essere del tipo H07RN-F, oppure di tipo equivalente ai fini della resistenza all'acqua e all'abrasione.

9.5 Precauzioni aggiuntive con impianti FV

Dal punto di vista della sicurezza il generatore fotovoltaico è una fonte energetica non interrompibile, data l'impossibilità pratica di porre il sistema fuori tensione alla presenza di luce solare, sia in fase di costruzione del generatore fotovoltaico, sia in occasione della sua manutenzione.

In caso di intervento delle protezioni, comandando i dispositivi di apertura lato c.c, si determina l'innalzamento della tensione del generatore fotovoltaico e il mantenimento di eventuali archi

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 86 di 93 |

elettrici che si fossero creati sui circuiti c.c.

È necessario indicare con opportuna segnaletica (Figura 9.1) tale situazione di pericolo durante l'installazione e manutenzione degli impianti FV.



Figura 9.1 - Segnaletica da utilizzare per i lavori sugli impianti FV

9.6 Tempi di realizzazione

La durata complessiva dei lavori è indicativamente stimata in circa 12 mesi a decorre dall'apertura del cantiere (Elaborato SSEI-FVI-RP8_Cronoprogramma degli interventi). Si precisa, peraltro, come il cronoprogramma effettivo delle operazioni di cantiere potrà scaturire solo a seguito dell'elaborazione del Piano di Sicurezza e Coordinamento allegato al Progetto Esecutivo dell'impianto.

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 87 di 93 |

10 POSSIBILI RICADUTE SOCIALI, OCCUPAZIONALI ED ECONOMICHE DELL'INTERVENTO A LIVELLO LOCALE

10.1 Ricadute occupazionali stimate

Di seguito vengono individuate le attività funzionali allo sviluppo e realizzazione del progetto che sono state, o verranno, realizzate facendo ricorso ad operatori e maestranze locali, secondo le distinte fasi di attuazione dell'intervento.

Fase di Progettazione e Autorizzatoria

Tale fase si riferisce al conferimento di incarichi professionali ed all'affidamento di servizi per il conseguimento del titolo abilitativo alla costruzione ed esercizio dell'impianto, la direzione lavori e il coordinamento della sicurezza. Le attività comprendono le spese di progettazione ed i costi per le indagini.

Importo complessivo: € 200.000 ca, pari a circa 6 anni x uomo.

Fase di Costruzione

Verranno eseguite con maestranze locali, come peraltro di prassi nel settore, tutte le attività non strettamente specialistiche oltreché la Direzione Lavori ed il coordinamento per la sicurezza.

Incidenza della manodopera locale: 2.140.000,00 € ca (pari al 15% circa sul totale lavori), equivalenti a circa 78 addetti coinvolti nell'ambito del processo costruttivo.

Fase di Gestione Operativa

Si tratta di attività continuative lungo il ciclo di vita dell'impianto (25 anni indicativamente) con coinvolgimento di maestranze locali per: ispezione e manutenzione elettrica di primo intervento, assistenza agli interventi di manutenzione programmata e straordinaria, lavaggio pannelli, manutenzione verde, sorveglianza. A tale riguardo la proponente ha in programma di far riferimento ad una struttura operativa che preveda il coinvolgimento delle seguenti figure professionali stabilmente assunte: n. 1 operaio manutentore.

Costo del personale locale stabilmente coinvolto: € 750.000,00 ca (30.000 €/anno ca).

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 88 di 93 |

Valutata, inoltre, la prospettiva di instaurare un contratto di O&M con ditta specializzata ed assumendo un costo medio annuo di 20.000,00 €/MW_P¹⁷, si stima un costo medio indicativo di circa **464.600,00 €/anno per i 25 anni di vita economica dell'iniziativa**.

L'incidenza della manodopera sull'ammontare stimato dei suddetti costi di manutenzione si stima pari al 30%.

Valutando che le suddette attività manutentive sono di norma svolte da personale residente in Sardegna, la ricaduta sul territorio per attività di O&M è stimata mediamente in circa **139.380,00 €/anno**, valutabile nel contributo di circa 5 addetti locali/anno.

¹⁷ Renewable Energy Report 2018 (Politecnico di Milano)

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 89 di 93 |

11 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Di seguito è riportato un elenco, certamente non esaustivo, dei principali riferimenti di legge e delle norme tecniche applicabili per la progettazione e la realizzazione dell'intervento in esame. L'elenco normativo è riportato soltanto a titolo di promemoria informativo; esso non è esaustivo per cui eventuali leggi o norme applicabili, anche se non citate, andranno comunque applicate.

Infine, qualora le sopra elencate norme tecniche siano modificate o aggiornate, si dovranno applicare le norme più recenti.

11.1 Norme legislative generali, nazionali e regionali

- Decreto Legislativo 387/03 “Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità”; pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 25 del 31 gennaio 2004 - Supplemento Ordinario n. 17;
- D.G.R. N. 24/23 del 23.04.2008 della Regione Autonoma della Sardegna recante “Direttive per lo svolgimento delle procedure di valutazione di impatto ambientale e di valutazione ambientale strategica”;
- D.G.R. N. 30/2 del 23.4.2008 della Regione Autonoma della Sardegna. Linee guida per l'individuazione degli impatti potenziali degli impianti fotovoltaici e loro corretto inserimento nel territorio;
- D.G.R. N. 59/12 del 29.10.2008 della Regione Autonoma della Sardegna. Modifica ed aggiornamento delle linee guida per l'individuazione degli impatti potenziali degli impianti fotovoltaici e loro corretto inserimento nel territorio;
- D.G.R. N. 10/3 del 12.03.2010 della Regione Autonoma della Sardegna. Applicazione della L.R. n. 3/2009, art. 6, comma 3 in materia di procedure autorizzative per la realizzazione degli impianti di produzione di energia da fonti rinnovabili. Atto di indirizzo e linee guida;
- D.G.R. n. 25/40 del 01.07.2010 della Regione Autonoma della Sardegna. Allegato “Procedimento di autorizzazione unica per l'installazione di impianti per la produzione di energia da fonti rinnovabili - linee guida”;
- D.G.R. N. 27/16 del 01.06.2011 della Regione Autonoma della Sardegna. Linee guida attuative del DM dello Sviluppo Economico del 10 settembre 2010, “Linee guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili”. Modifica del D.G.R. n. 25/40 del 01.07.2010;
- D.G.R. N. 59/9 del 27.11.2020 della Regione Autonoma della Sardegna. Individuazione delle aree non idonee all'installazione di impianti alimentati da fonti energetiche rinnovabili;
- Decreto 22 gennaio 2008, n. 37 – (sostituisce Legge 46/90) - Regolamento concernente

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 90 di 93 |

l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici. (G.U. n. 61 del 12-3-2008);

- Decreto Legislativo 09/04/2008 n. 81 - Attuazione dell'art. 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro (Suppl. Ordinario n.108) – (sostituisce e abroga tra gli altri D. Lgs. 494/96, D.Lgs. n. 626/94, D.P.R. n. 547/55);
- Decreto FER1. Decreto 4 luglio 2019 Incentivazione dell'energia elettrica prodotta dagli impianti eolici on shore, solari fotovoltaici, idroelettrici e a gas residuati dei processi di depurazione. (19A05099) (GU Serie Generale n.186 del 09-08-2019).

11.2 Opere in cemento armato

- Legge n. 1086 del 5/11/1971. “Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”;
- Legge n. 64 del 2/2/1974. “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”;
- Circ. M. LL.PP. 14 febbraio 1974, n. 11951, “Applicazione delle norme sul cemento armato”;
- Circ. M. LL.PP. 9 gennaio 1980, n. 20049. “Legge 5 novembre 1971, n. 1086 - Istruzioni relative ai controlli sul conglomerato cementizio adoperato per le strutture in cemento armato”;
- D. M. 11/3/1988. “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”;
- Circolare Ministero LL.PP. 24/9/1988 n. 30483: “Legge n.64/1974 art. 1 - D.M. 11/3/1988. Norme tecniche su terreni e rocce, stabilità di pendii e scarpate, progettazione, esecuzione, collaudo di opere di sostegno e fondazione”;
- D.M. del 14/2/1992. “Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche”;
- D.M. del 9/1/1996. “Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche”;
- D.M. del 16/1/1996. “Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche”;
- D.M. 16/1/1996. “Norme tecniche relative ai “Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi””;
- Circolare M.LL.PP. 04/07/1996 n. 156 AA.GG./STC. “Istruzioni per l'applicazione delle “Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi” di cui al D.M. 16/1/1996”;

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 91 di 93 |

- Circolare M. LL.PP. 15/10/1996, n. 252. “Istruzioni per l’applicazione delle “Norme tecniche per il calcolo, l’esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato ordinario e precompresso e per strutture metalliche” di cui al D.M. 9/1/1996”;
- Circolare 10/4/1997 n. 65 AA.GG. “Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. del 16/1/1996;
- Ordinanza del Presidente del Consiglio n. 3274 del 20/03/2003. “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”;
- Ordinanza del Presidente del Consiglio n. 3431 del 03/05/2005 – Ulteriori modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003;
- UNI-EN 1992-1-1 2005: Progettazione delle strutture in calcestruzzo. Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;
- UNI-ENV 1994-1-1 1995: Progettazione delle strutture composte acciaio calcestruzzo. Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;
- D.M. 14 gennaio 2008 “Norme tecniche per le costruzioni”.

11.3 Norme tecniche impianti elettrici

- CEI 0-16. Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica;
- CEI EN 61936-1 (Classificazione CEI 99-2). Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata;
- CEI EN 50522 (Classificazione CEI 99-3). Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in corrente alternata;
- CEI 11-37. Guida per l'esecuzione degli impianti di terra nei sistemi utilizzatori di energia alimentati a tensione maggiore di 1 kV;
- CEI 64-8. Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua;
- CEI 11-17. Impianti elettrici di potenza con tensioni nominali superiori a 1 kV in corrente alternata. Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica – Linee in cavo;
- CEI 82-25. Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa Tensione;
- UNI 10349. Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici.

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| COMMITTENTE Sardinia Solar Energy Isili S.r.l. Vicolo Santa Maria alla Porta, 1 – Milano (MI) | OGGETTO PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN ZONA INDUSTRIALE DI PERD'E CUADDU | COD. ELABORATO SSEI-FVI-RP1 |
|  iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it | TITOLO RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA | PAGINA 92 di 93 |

11.4 Norme ARERA

- Delibera AEEG 90/07. Attuazione del decreto del Ministro dello Sviluppo Economico, di concerto con il Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del mare 19 febbraio 2007, ai fini dell'incentivazione della produzione di energia elettrica mediante impianti fotovoltaici;
- Delibera AEEG 161/08. Modificazione della deliberazione dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas 13 aprile 2007, n. 90/07, in materia di incentivazione della produzione di energia elettrica da impianti fotovoltaici;
- Delibera AEEG 88/07. Disposizioni in materia di misura dell'energia elettrica prodotta da impianti di generazione;
- Delibera ARG/elt 33/08 dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas “Regola tecnica di riferimento per la connessione di utenti attivi e passivi alle reti AT e MT delle imprese distributrici di energia elettrica”;
- Delibera ARG/elt 99/08 dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas (nel seguito Delibera 99/08), recante in Allegato A il “Testo integrato connessioni attive” (TICA);
- Delibera ARG/elt 179/08 dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas. Modifiche e integrazioni alle deliberazioni dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas ARG/elt n. 99/08 e n. 281/05 in materia di condizioni tecniche ed economiche per la connessione alle reti elettriche con obbligo di connessione di terzi degli impianti di produzione di energia elettrica;
- Delibera ARG/elt 125/10 dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas. Modifiche e integrazioni alla deliberazione dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas ARG/elt 99/08 in materia di condizioni tecniche ed economiche per la connessione alle reti con obbligo di connessione di terzi degli impianti di produzione (TICA).