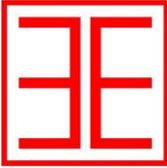


REGIONE: LAZIO
PROVINCIA: VITERBO
COMUNI: TUSCANIA

ELABORATO: 097.19.03.R01	OGGETTO: IMPIANTO AGRIVOLTAICO "TUSCANIA" 31,865 MWp PROGETTO DEFINITIVO
--	--

PROPONENTE:	GIERRE SOLARE S.R.L.
-------------	-----------------------------

PROGETTO DEFINITIVO	 ENERGY ENVIRONMENT ENGINEERING	3E Ingegneria S.r.l. Via G. Volpe n.92 – cap 56121 – Pisa (PI) 3eingegneria@pec.it www.3eingegneria.it info@3eingegneria.it
--------------------------------	--	--

Relazione Tecnica Descrittiva



Note:

DATA	REV	DESCRIZIONE	ELABORATO da:	APPROVATO da:
Gen. 24	0	Emissione	3E Ingegneria Srl	GIERRE SOLARE S.R.L.

PROPRIETÀ ESCLUSIVA DELLE SOCIETÀ SOPRA INDICATE,
UTILIZZO E DUPLICAZIONE VIETATE SENZA AUTORIZZAZIONE SCRITTA



S O M M A R I O

1	PREMESSA.....	4
2	FINALITA' DELL'OPERA	6
3	GENERALITÀ	7
3.1	Dati generali identificativi della società proponente.....	7
3.2	Dati generali del progetto.....	7
4	NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO	11
5	DATI DI PROGETTO	13
5.1	Riferimenti catastali	13
5.2	Riferimenti cartografici.....	13
5.3	Consistenza impianto.....	14
6	LAYOUT DELL'IMPIANTO	15
7	CARATTERISTICHE TECNICHE.....	16
7.1	Moduli Fotovoltaici.....	16
7.2	Convertitori di Potenza	17
7.3	Trasformatore.....	18
7.4	Strutture di supporto.....	20
7.5	Cavi e quadri.....	22
7.5.1	Cavi.....	22
7.5.2	Quadro AT.....	23
7.6	Sistemi ausiliari.....	23
7.6.1	Sorveglianza.....	23
7.6.2	Illuminazione	25
8	SISTEMA ANTINCENDIO E RISCHIO INCIDENTI	26
8.1	Sistema antincendio – Impianto Fotovoltaico	26
8.2	Rischio incidenti – Sicurezza dei lavoratori	26
9	CALCOLO DELLA PRODUCIBILITÀ	27
9.1	Benefici ambientali	34
10	SCHEMA DI COLLEGAMENTO	35
11	COLLEGAMENTO ALLA RETE AT.....	36
11.1	Premessa.....	36
11.2	Elettrodotto AT di connessione alla RTN.....	36
11.2.1	Descrizione del Tracciato.....	36
11.2.2	Aree Impegnate e fasce di rispetto	38
11.2.3	Progetto dell'elettrodotto	38
11.3	Fasi di costruzione	46
11.3.1	Realizzazione delle infrastrutture temporanee di cantiere per la posa del cavo	46
11.3.2	Apertura della fascia di lavoro e scavo della trincea.....	46
11.3.3	Posa del cavo.....	47
11.3.4	Ricopertura e ripristini	47
11.3.5	Scavo della trincea in corrispondenza dei tratti lungo percorso stradale.....	48
11.3.6	Trivellazione orizzontale controllata.....	49
12	OPERE CIVILI	52
12.1	Strutture di supporto dei moduli.....	52

097.19.03.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Gen. 2024	2	73



12.2	Cabine elettriche	52
12.3	Recinzioni	55
12.4	Livellamenti.....	57
12.5	Movimenti di terra.....	57
12.6	Scolo acque	58
13	GESTIONE IMPIANTO.....	59
14	FASI DI LAVORAZIONE	60
14.1	Dettaglio fasi di cantiere.....	62
14.1.1	Montaggio del cantiere.....	62
14.1.2	Realizzazione recinzione definitiva	63
14.1.3	Approvvigionamento materiali	63
14.1.4	Lavori preliminari elettrici	66
14.1.5	Cabine di campo e cabine di impianto	66
14.1.6	Montaggio strutture e posa moduli.....	67
14.1.7	Lavori elettricista	67
14.1.8	Smantellamento cantiere	67
15	MANUTENZIONE.....	68
16	DISMISSIONE	70

097.19.03.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Gen. 2024	3	73

1 PREMESSA

La presente relazione descrive le opere principali e la configurazione scelta per l'installazione e messa in esercizio di un Impianto Agrivoltaico di potenza pari a circa 31.865 kW, denominato "Tuscania" e connesso alla R.T.N. attraverso la nuova sezione a 36 kV già autorizzata e in fase di realizzazione, della stazione elettrica (SE) 380/150 kV di Tuscania, finalizzato alla produzione di energia elettrica rinnovabile. L'impianto verrà realizzato nel territorio comunale di Tuscania in provincia di Viterbo (VT) come le opere di rete per la connessione dell'impianto alla R.T.N.

Si evidenzia che nell'area di impianto agrivoltaico in progetto verrà condotta la coltivazione di:

- nell'Area FV-1: per 10 ha della SAU (Superficie Agricola Utile), coltivazione di olivo super-intensivo (sesto di impianto 6x1,5), per 2 ha coltivazione di asparago, per 5 ha lavandeto; la restante superficie continuerà, nel rispetto del disciplinare biologico, ad essere coltivata considerando una suddivisione di un terzo della SAU per ciascuna delle seguenti colture: pomodori da industria, cereali e favino. In corrispondenza del lavandeto verranno inoltre collocati apiari mobili;
- nell'Area FV-2: coltivazione di erba medica (già presente nell'area interessata dal progetto) e di seminativo per la produzione di cereali come l'orzo.

L'impianto agrivoltaico "Tuscania" è stato ideato in modo tale da poter essere rispondente alla definizione di "Impianto agrivoltaico" come da Linee Guida Ministeriali del Giugno 2022 secondo cui:

"l'impianto agrivoltaico, in conformità a quanto stabilito dall'articolo 65, comma 1-quater e 1-quinquies, del decreto-legge 24 gennaio 2012, n. 1, e ss. mm.:

- adotta soluzioni integrative innovative con montaggio dei moduli elevati da terra, anche prevedendo la rotazione dei moduli stessi, comunque in modo da non compromettere la continuità delle attività di coltivazione agricola e pastorale, anche eventualmente consentendo l'applicazione di strumenti di agricoltura digitale e di precisione;*
- prevede la contestuale realizzazione di sistemi di monitoraggio che consentano di verificare l'impatto dell'installazione fotovoltaica sulle colture, il risparmio idrico, la produttività agricola per le diverse tipologie di colture, la continuità delle attività delle*

097.19.03.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Gen. 2024	4	73



ENERGY
ENVIRONMENT
ENGINEERING

**Impianto Agrivoltaico
"Tuscania" da 31,865 MWp
Relazione tecnica descrittiva**

OGGETTO / SUBJECT

GIERRE SOLARE S.R.L.

CLIENTE / CUSTOMER

aziende agricole interessate, il recupero della fertilità del suolo, il microclima, la resilienza ai cambiamenti climatici."

097.19.03.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Gen. 2024	5	73



2 FINALITA' DELL'OPERA

Il progetto contribuirà al raggiungimento degli ambiziosi obiettivi in materia energetica stabiliti dal PNIEC che porterebbero la produzione complessiva di energia da fonti rinnovabili a +40 GW entro il 2030.

La realizzazione dell'impianto permette di evitare emissioni di anidride carbonica e di inquinanti derivanti dalla combustione (es. ossidi di azoto) altrimenti prodotti da impianti per la produzione di energia elettrica alimentati da fonti non rinnovabili.

Inoltre il progetto in questione, che risponde alla definizione di impianto agrivoltaico secondo le Linee Guida ministeriali, prevede l'integrazione dell'attività agricola alla tecnologia fotovoltaica, permettendo di produrre energia e, al contempo, di continuare la conduzione delle colture agricole sui terreni interessati.

Lo sviluppo del fotovoltaico in agricoltura rappresenta lo strumento con cui le aziende agricole potranno mantenere o migliorare la produttività e la sostenibilità delle produzioni e la gestione del suolo.

In sintesi la soluzione progettuale proposta risponde pienamente all'esigenza rappresentata dal PNIEC come obiettivi al 2030 in termini di produzione di energia da fonti rinnovabili e al contempo costituisce un'opportunità concreta per la sostenibilità del sistema agricolo.

097.19.03.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Gen. 2024	6	73

3 GENERALITÀ

3.1 Dati generali identificativi della società proponente

La società proponente è Gierre Solare s.r.l., che si qualifica quale Soggetto Titolare e Soggetto Responsabile dell'impianto, ha sede legale in Corso San Rocco 11, 20022 Castano Primo (MI), P.IVA 12673570961. L'impianto è progettato per funzionare in parallelo alla rete 36 kV di trasmissione, cedendo totalmente alla rete tutta l'energia prodotta, al netto degli autoconsumi di impianto.

3.2 Dati generali del progetto

L'impianto Agrivoltaico "TUSCANIA" ha una potenza lato corrente continua di circa **31,865 MW_p**.

L'impianto sarà realizzato esclusivamente nel comune di Tuscania in provincia di Viterbo, regione Lazio e occuperà aree agricole poste a circa 6 km a Ovest del centro abitato di Tuscania. L'inquadramento dell'intero layout è riportato nella "097.19.03.W01 - Impianto Agrivoltaico – Corografia".

Per tale impianto è previsto un collegamento in antenna con l'ampliamento a 36 kV della stazione elettrica 380/150 kV esistente di Tuscania, mediante un nuovo cavo interrato in Alta Tensione AT a 36 kV, di lunghezza pari a circa 3,9 km.

Nel presente documento vengono illustrate le attività ed i processi che saranno posti in essere sul sito, le caratteristiche costruttive, funzionali e prestazionali dell'impianto nel suo complesso e nelle sue componenti elementari, la sua producibilità annua e le modalità impiantistiche con cui si intende effettuare il collegamento di parallelo con la rete del Gestore. La tecnologia con cui sarà realizzato l'impianto si contraddistingue sia per una elevata affidabilità e per una facile manutenzione e gestione durante la fase di esercizio, che per rapido e completo recupero dei terreni a fine ciclo di vita dell'impianto.

Il progetto in questione, prevede la realizzazione di un impianto solare fotovoltaico in regime Agrivoltaico nel comune di Tuscania con una potenza pari a 31.865 MW su un'area di circa 54,14.

Il progetto agronomico che verrà realizzato nell'area dell'impianto agrivoltaico "Tuscania" è riportato nel dettaglio nell'elaborato Allegato C_Relazione agronomica.

097.19.03.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Gen. 2024	7	73



L'impianto agrivoltaico in progetto è conforme a quanto riportato nelle seguenti Linee guida e Norme Tecniche:

- "Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici" pubblicate il 27/06/2022 dal MITE (ora MASE), prodotto nell'ambito di un gruppo di lavoro composto dal Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (Crea), dal GSE, da Enea e dalla società Ricerca sul sistema energetico (RSE);
- Norma CEI PAS 82-93 che fornisce indicazioni riguardanti la caratterizzazione degli impianti agrivoltaici, anche rispetto agli impianti fotovoltaici. Tratta inoltre la classificazione delle varie tipologie di impianti agrivoltaici e i relativi requisiti base, nonché il monitoraggio e la valutazione della produzione elettrica;
- Prassi di Riferimento UNI/PdR 148:2023 entrata in vigore dal 03/08/2023 ed elaborata dal Tavolo "Sistemi agrivoltaici: integrazione di attività agricole e impianti fotovoltaici" condotto da UNI, costituito da esperti CEI, ENEA, Università Cattolica Sacro Cuore e REM Tec s.r.l.. Tale Prassi si propone di fornire requisiti relativi ai sistemi agrivoltaici partendo dal contesto tecnico normativo esistente in materia di impianti fotovoltaici e attività agricole, con particolare attenzione agli aspetti specifici correlati all'ambito di applicazione degli impianti agrivoltaici e sviluppo della tecnologia associati a tali impianti e relativi progetti.

La verifica della conformità dell'Impianto ai requisiti fissati dalle Linee guida e dalle Norme Tecniche sopracitate per essere classificato come impianto agrivoltaico è riportata di seguito.

In particolare nel progettare l'impianto si è cercato di creare le condizioni necessarie per non compromettere la continuità dell'attività agricola e pastorale, garantendo, al contempo, una sinergica ed efficiente produzione energetica. Il rispetto dei seguenti parametri porta a definire l'impianto di generazione fotovoltaica come "agrivoltaico":

1. Superficie minima coltivata ($S_{agricola}$): è prevista una superficie minima dedicata alla coltivazione $S_{agricola} \geq 0,7 \times S_{tot}$ dove S_{tot} è la superficie totale del sistema agrivoltaico;
2. LAOR (*Land Area Occupation Ratio*) massimo: è previsto un rapporto massimo fra la superficie dei moduli e quella agricola **LAOR ≤ 40%**.

097.19.03.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Gen. 2024	8	73

3. Producibilità elettrica minima (FV_{agri}): è previsto che la produzione elettrica specifica di un impianto agrivoltaico (FV_{agri}) correttamente progettato, paragonata alla producibilità elettrica specifica di riferimento di un impianto fotovoltaico di riferimento (FV_{rif}) debba essere:

$$FV_{agri} \geq 0,6 FV_{rif}$$

La superficie dedicata all'agricoltura del compendio è pari a circa 46,25ha, mentre quella recintata dell'impianto agrivoltaico è pari a 54,14ha. Considerando inoltre che l'altezza minima delle strutture sarà di 2,1 m in modo da destinare la superficie al di sotto dei moduli, l'unica superficie non utile alla attività agricola è costituita dalla viabilità interna, ove presente, dalle cabine di campo, dalla fascia di mitigazione e di impianto presenti e dai pali di sostegno delle strutture. Si ottiene dunque un valore di superficie non utilizzata pari a circa 3ha, per cui la superficie agricola è di circa 46,25ha > 0,7 x 54,14ha.

Per il calcolo del LAOR, si deve considerare la superficie proiettata a terra dei moduli, che risulta pari a circa 14,14ha che risulta minore del 40% della superficie totale.

Infine, la producibilità dell'impianto fotovoltaico di riferimento può essere calcolata secondo quanto stabilito all'art. 3.14 della Norma CEI 82-93, attraverso l'uso del software di calcolo PVGIS, liberamente disponibile. Il risultato del calcolo è riportato sotto.

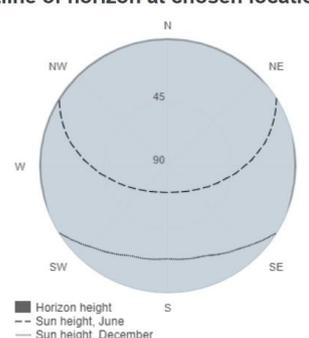
PVGIS-5 estimates of solar electricity generation:

Provided inputs:

Latitude/Longitude: 42.386,11.817
Horizon: Calculated
Database used: PVGIS-SARAH2
PV technology: Crystalline silicon
PV installed: 31865 kWp
System loss: 14 %

Simulation outputs

Slope angle: 10 °
Azimuth angle: 0 °
Yearly PV energy production: 43683921.6 kWh
Yearly in-plane irradiation: 1771.34 kWh/m²
Year-to-year variability: 1346392.70 kWh
Changes in output due to:
Angle of incidence: -3.27 %
Spectral effects: 0.85 %
Temperature and low irradiance: -7.75 %
Total loss: -22.61 %

Outline of horizon at chosen location:


La producibilità dell'impianto agrivoltaico è di circa 58,5 GWh/anno (FV_{agri}), quindi rispetta la condizione riguardante la producibilità, visto che la producibilità dell'impianto di riferimento è di 43,68 GWh/anno (FV_{rif})

$$FV_{agri} \geq 0,6 FV_{rif}$$

$$58,5(FV_{agri}) \geq 26,21 (0,6 FV_{rif})$$

097.19.03.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Gen. 2024	9	73



E N E R G Y
E N V I R O N M E N T
E N G I N E E R I N G

**Impianto Agrivoltaico
"Tuscania" da 31,865 MWp
Relazione tecnica descrittiva**

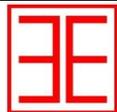
OGGETTO / SUBJECT

GIERRE SOLARE S.R.L.

CLIENTE / CUSTOMER

Si può dunque concludere che l'impianto rispetta le condizioni geometriche e spaziali imposte dalle linee guida.

097.19.03.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Gen. 2024	10	73



4 NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO

La normativa e le leggi di riferimento da rispettare per la progettazione e realizzazione degli impianti fotovoltaici sono:

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 11-20: Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria;

CEI EN 60904-1: Dispositivi fotovoltaici Parte 1: Misura delle caratteristiche fotovoltaiche corrente-tensione;

CEI EN 60904-2: Dispositivi fotovoltaici - Parte 2: Prescrizione per i dispositivi fotovoltaici di riferimento;

CEI EN 60904-3: Dispositivi fotovoltaici - Parte 3: Principi di misura per dispositivi solari fotovoltaici (FV) per uso terrestre, con spettro solare di riferimento;

IEC 61727: Photovoltaic (PV) systems - Characteristics of the utility interface;

CEI EN 61215-1: Moduli fotovoltaici (FV) per applicazioni terrestri - Qualifica del progetto e omologazione del tipo Parte 1: Prescrizioni per le prove

CEI EN 61215-2: Moduli fotovoltaici (FV) per applicazioni terrestri - Qualifica del progetto e omologazione del tipo Parte 2: Procedure di prova

CEI EN 61000-3-2: Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 3-2: Limiti - Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso ≤ 16 A per fase);

CEI EN 60555-1: Disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili -Parte 1: Definizioni;

CEI EN 60439: Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione (quadri BT);

CEI EN 60445: Principi base e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, marcatura e identificazione - Identificazione dei morsetti degli apparecchi, delle estremità dei conduttori e dei conduttori;

CEI EN 60529: Gradi di protezione degli involucri (codice IP);

CEI EN 60099: Scaricatori

CEI 20-19: Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V;

CEI 20-20: Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750

CEI 81-10/1/2/3/4 : Protezione contro i fulmini;

097.19.03.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Gen. 2024	11	73

CEI 0-2: Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici;

UNI 10349: Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici.;

CEI EN 61724: Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici. Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati;

IEC 60364-7-712: Electrical installations of buildings - Part 7-712: Requirements for special installations or locations Solar photovoltaic (PV) power supply systems.

D. Lgs. 81/2008 Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro

DM 37/2008 Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2 dicembre 2005.

CEI 0-16 Regola tecnica di riferimento per la connessione di utenti attivi e passivi alle reti AT e MT delle imprese distributrici di energia elettrica

CEI 82-25 Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica e collegati alle reti elettriche di Media e Bassa Tensione

CEI PAS 82-93 Impianti Agrivoltaici

UNI/PdR 148:2023 Sistemi agrivoltaici – Integrazione di attività agricole e impianti fotovoltaici

Allegato A alla deliberazione ARG/elt99/08 valido per le richieste di connessione presentate a partire dall'1 gennaio 2011 –Versione integrata e modificata dalle deliberazioni ARG/elt79/08, ARG/elt205/08, ARG/elt130/09, ARG/elt125/10, ARG/elt51/11,ARG/elt148/11,ARG/elt187/11,226/2012/R/eel,328/2012/R/ee I,578/2013/R/eel,574/2014/R/eel,400/2015/R/eel,558/2015/R/eel,424/2016 /R/eel,581/2017/R/eel, 564/2018/R/eele 592/2018/R/eel Testo integrato delle condizioni tecniche ed economiche per la connessione alle reti con obbligo di connessioni di terzi degli impianti di produzione (testo integrato delle connessioni attive – **TICA**)

097.19.03.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Gen. 2024	12	73

5 DATI DI PROGETTO

5.1 Riferimenti catastali

L'impianto sarà realizzato nella provincia di Viterbo, comune di Tuscania (VT), sui seguenti fogli e particelle catastali:

- Comune di Tuscania
 - o Foglio 77
 - Mappale 31
 - o Foglio 89
 - Mappali 42, 31, 32, 33, 41
 - o Foglio 90
 - Mappali 3, 28, 43

La superficie complessiva occupata dall'area di impianto (comprensiva della stazione d'utenza) è di circa **54,14 ha**.

5.2 Riferimenti cartografici

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

Nome Impianto	Comune	Provincia	Coordinate UTM33 – WGS84	Altitudine media (m s.l.m.m.)
Area F_V1	Tuscania	Viterbo	236.892 E 4.696.575 N	141
Area F_V2	Tuscania	Viterbo	237.432 E 4.696.990 N	137

Tabella 1: Caratteristiche geografiche impianto

L'area dove verrà realizzato l'impianto ha accesso per l'area FV1 dalla strada provinciale "SP4", mentre per l'area FV2 sarà possibile accedere tramite la strada vicinale adiacente all'impianto

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



Figura 1 – Inquadramento su ortofoto dell’impianto fotovoltaico

L’inquadramento delle opere in progetto su CTR 1:10000 è riportato nell’elaborato 097.19.03.W02.

L’inquadramento delle opere in progetto su ortofoto è riportato nell’elaborato 097.19.03.W03.

5.3 Consistenza impianto

L’impianto Agrivoltaico occupa una superficie di 54,14 ha, suddiviso in 2 sottocampi, ed è costituito da 45.522 pannelli fotovoltaici, della potenza di 700 W ciascuno, montati su strutture ad inseguimento di tipo monoassiale e da cinque cabine di campo , per una potenza di picco di 31,865 kWp.

In ciascuna cabina di campo avverrà la trasformazione a 36 kV dell’energia proveniente dagli inverter di stringa; ciascuna linea AT a 36 kV uscente dalla rispettiva cabina di campo sarà collegata alla cabina di impianto o ad un'altra cabina di campo in entra esce per poi attestarsi nella cabina di impianto. Dalla cabina di impianto partirà un cavidotto AT a 36 kV da collegare in antenna con il nuovo ampliamento a 36kV della stazione elettrica esistente 380/150 kV della RTN di Tuscania.

097.19.03.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Gen. 2024	14	73



6 LAYOUT DELL'IMPIANTO

Per il layout di dettaglio dell'impianto, si rimanda allo specifico elaborato grafico (097.19.03.W02), oltre alla corografia (097.19.03.W01) e alla planimetria catastale (097.19.03.W04) che individuano in dettaglio le aree destinate ai moduli fotovoltaici dell'impianto oggetto del presente documento.

097.19.03.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Gen. 2024	15	73



7 CARATTERISTICHE TECNICHE

7.1 Moduli Fotovoltaici

Il dimensionamento dell'impianto è stato realizzato con una tipologia di modulo fotovoltaico composto da 132 celle in silicio monocristallino, ad alta efficienza e connesse elettricamente in serie, per una potenza complessiva di una stringa è pari a 12600 Wp.

L'impianto sarà costituito da un totale di 45.522 moduli per una conseguente potenza di picco pari a 31.865 kWp.

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

Marca: **Da definire**

Modello: **Da definire**

Caratteristiche geometriche e dati meccanici

Dimensioni (LxAxP):	2384x1303X33 mm
Tipo celle:	in silicio monocristallino
Telaio:	alluminio anodizzato
Peso:	38 kg

Caratteristiche elettriche (in STC)

Potenza di picco (Wp) [W]:	700
Tensione a circuito aperto (Voc) [V]:	47,1
Tensione al punto di massima potenza (Vmp) [V]:	39,5
Corrente al punto di massima potenza (Imp) [A]:	17,73
Corrente di corto circuito (Isc) [A]:	18,82

Le perdite per riflessione rappresentano un importante fattore nel determinare l'efficienza di un modulo fotovoltaico e ad oggi la tecnologia fotovoltaica ha individuato soluzioni in grado di minimizzare tale fenomeno. Con l'espressione "perdite di riflesso" si intende l'irraggiamento che viene riflesso dalla superficie di un collettore o di un pannello, oppure dalla superficie di una cella solare, e che quindi non può più contribuire alla produzione di corrente elettrica.

097.19.03.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Gen. 2024	16	73

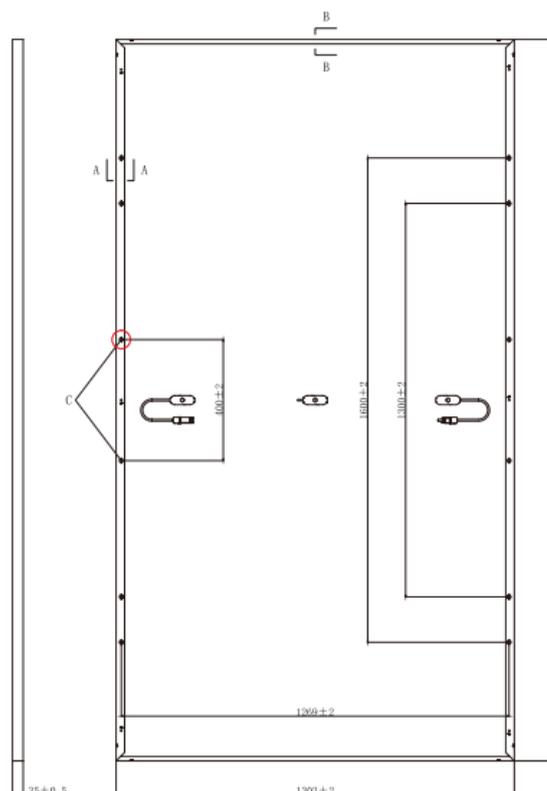


Strutturalmente il componente di un modulo fotovoltaico a carico del quale è principalmente imputabile la riflessione della radiazione luminosa è il rivestimento anteriore del modulo e delle celle solari.

L'insieme delle celle solari costituenti i moduli fotovoltaici di ultima generazione è protetto frontalmente da un vetro temprato anti-riflettente ad alta trasmittanza, il quale dà alla superficie del modulo un aspetto opaco che non ha nulla a che vedere con quello di comuni superfici vetrate.

La cromatizzazione della superficie captante non è invece pratica corrente (essa viene usata solo in casi particolari di piccoli impianti su tetti) poiché diminuendo la capacità di captazione dei raggi solari viene diminuito fortemente il rendimento del modulo stesso.

Figura 2 – Dimensione modulo fotovoltaico



7.2 Convertitori di Potenza

La conversione da corrente continua a corrente alternata sarà realizzata mediante convertitori statici trifase (inverter) tipo HUAWEI, modello SUN2000-215KTL-H0, agganciati alle strutture di sostegno dei moduli, in posizione opportuna. La potenza nominale

097.19.03.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Gen. 2024	17	73



dell'inverter è pari a 200 kWp @40°C; la ripartizione dei vari moduli su ognuno degli inverter utilizzati sarà effettuata sulla base delle caratteristiche tecniche sotto riportate.

Efficiency	
Max. Efficiency	99.00%
European Efficiency	98.00%
Input	
Max. Input Voltage	1,500 V
Max. Current per MPPT	30 A
Max. Short Circuit Current per MPPT	50 A
Start Voltage	550 V
MPPT Operating Voltage Range	500 V ~ 1,500 V
Nominal Input Voltage	1,080 V
Number of Inputs	18
Number of MPP Trackers	9
Output	
Nominal AC Active Power	200,000 W
Max. AC Apparent Power	215,000 VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)	215,000 W
Nominal Output Voltage	800 V, 3W + PE
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60 Hz
Nominal Output Current	144.4 A
Max. Output Current	155.2 A
Adjustable Power Factor Range	0.8 LG ... 0.8 LD
Max. Total Harmonic Distortion	< 3%
Protection	
Input-side Disconnection Device	Yes
Anti-islanding Protection	Yes
AC Overcurrent Protection	Yes
DC Reverse-polarity Protection	Yes
PV-array String Fault Monitoring	Yes
DC Surge Arrester	Type II
AC Surge Arrester	Type II
DC Insulation Resistance Detection	Yes
Residual Current Monitoring Unit	Yes
Communication	
Display	LED indicators, WLAN + APP
USB	Yes
MBUS	Yes
RS485	Yes
General	
Dimensions (W x H x D)	1,035 x 700 x 365 mm (40.7 x 27.6 x 14.4 inch)
Weight (with mounting plate)	≤86 kg (189.6 lb.)
Operating Temperature Range	-25°C ~ 60°C (-13°F ~ 140°F)
Cooling Method	Smart Air Cooling
Max. Operating Altitude without Derating	4,000 m (13,123 ft.)
Relative Humidity	0 ~ 100%
DC Connector	Staubli MC4 EVO2
AC Connector	Waterproof Connector + OT/DT Terminal
Protection Degree	IP66
Topology	Transformerless

Tabella 2: Caratteristiche tecniche Inverter modello SUN2000-185KTL-H1

7.3 Trasformatore

I trasformatori di elevazione BT/AT saranno per ogni cabina di campo, di potenza pari a 6000 kVA a doppio secondario. Essi saranno alloggiati all'esterno delle cabine di campo e presenteranno le seguenti caratteristiche generali:

097.19.03.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Gen. 2024	18	73



- -- frequenza nominale 50 Hz
- -- Rapporto di trasformazione $V_{1n}/V_{2n}/V_{3n} = 36.000/640/640$ V
- -- campo di regolazione tensione maggiore $\pm 2 \times 2,5\%$
- -- Tipologia di isolamento: olio
- -- quantità di olio: > 1 m³
- -- livello di isolamento primario 1,1/3 kV
- -- livello di isolamento secondario 36/70/120
- -- simbolo di collegamento Dyn11yn11
- -- collegamento primario: triangolo
- -- collegamento secondario: stella+neutro
- -- classe ambientale E2
- -- classe climatica C2
- -- comportamento al fuoco F1
- -- classe di isolamento primarie e secondarie F/F
- -- temperatura ambiente max. 40 °C
- -- sovratemperatura avvolgimenti primari e secondari 100/100 K
- -- installazione Interna
- -- tipo raffreddamento ONAN
- -- altitudine sul livello del mare ≤ 1000 m
- -- impedenza di corto circuito a 75°C 6%
- -- livello scariche parziali ≤ 10 pC

Nella figura sottostante un esempio tipico di trasformatore in olio.

097.19.03.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Gen. 2024	19	73

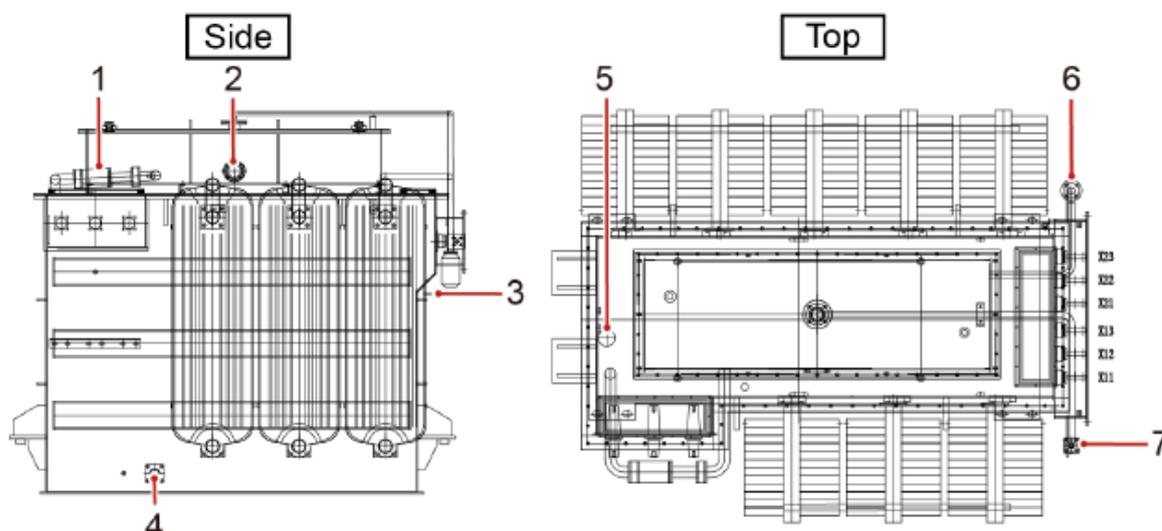


Figura 3 – Tipico trasformatore in olio

7.4 Strutture di supporto

Le strutture di supporto dei moduli fotovoltaici impiegati sono di tipo tracker monoassiale, costituiti da matrici di pannelli FV 1x18

Le strutture sono caratterizzate da un sistema di montaggio innovativo sviluppato in base a conoscenze scientifiche e normative. Il montaggio modulare offre possibilità quasi illimitate di assemblaggio per i moduli maggiormente in circolazione sul mercato.

Per mezzo dello sviluppo di particolari morsetti di congiunzione si riducono al minimo i tempi di montaggio.

La struttura metallica è costituita essenzialmente da:

- Il corpo di sostegno disponibile come sostegno singolo o articolato a seconda del numero di moduli da applicare. La leggerezza dell'alluminio e la robustezza dell'acciaio raggiungono un'ottima combinazione e attraverso il profilo monoblocco vengono evitate ulteriori giunzioni suscettibili alla corrosione e alla maggiore applicazione.
- Le traverse sono rapportate alle forze di carico. Tutti i profili sono integrati da scanalature che permettono un facile montaggio. Le traverse sono fissate al sostegno con particolari morsetti.
- Le fondazioni costituite semplicemente da un profilato in acciaio zincato a caldo conficcato nel terreno disponibile in 6 lunghezze standard. La forma del profilo supporta ottimamente i carichi statici e dinamici. Rispetto ai profili laminati il risparmio di materiale è del 50%.

097.19.03.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Gen. 2024	20	73



Grazie ai pochi componenti che costituiscono la struttura il tempo di montaggio è particolarmente ridotto. Il conficcamento dei profili in acciaio viene realizzato da ditte specializzate. Il dimensionamento dei profili di fondazione viene svolto in fase esecutiva a seguito di una perizia geologica per determinare il calcolo ottimale della profondità di infissione dei profilati, in relazione al tipo di terreno. In questo modo viene garantito un ottimale utilizzo dei profili e dei materiali. La struttura di supporto è garantita per 25-30 anni.

Sinteticamente i vantaggi della struttura utilizzata si possono così riassumere:

Logistica:

- Alto grado di prefabbricazione;
- Montaggio facile e veloce;
- Componenti del sistema perfettamente integrati.

Materiali:

- Materiale interamente metallico (alluminio/inox) con notevole aspettativa di durata;
- Materiali altamente riciclabili;
- Aspetto leggero dovuto alla forma dei profili ottimizzata.

Costruzione:

- Nessun tipo di fondazioni per la struttura;
- Facilità di installazione di moduli laminati o con cornice;
- Possibilità di regolazione per terreni accidentati;
- Facile e vantaggiosa integrazione con un sistema parafulmine;

Calcoli statici:

- Forza di impatto del vento calcolata sulla base delle più recenti e aggiornate conoscenze scientifiche e di innovazione tecnologiche;
- Traverse rapportate alle forze di carico;
- Ottimizzazione di collegamento fra i vari elementi.

097.19.03.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Gen. 2024	21	73



7.5 Cavi e quadri

7.5.1 Cavi

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

Caratteristiche tecniche:

- Conduttore: rame elettrolitico, stagnato, classe 5 secondo IEC 60228
- Isolante: HEPR 120 °C
- Max. tensione di funzionamento 1,5 kV CC Tensione di prova 4kV, 50 Hz, 5 min.
- Intervallo di temperatura Da - 50°C a + 120°C
- Durata di vita attesa pari a 30 anni in condizioni di stress meccanico, esposizione a raggi UV, presenza di ozono, umidità, particolari temperature.
- Verifica del comportamento a lungo termine conforme alla Norma IEC 60216
- Resistenza alla corrosione
- Ampio intervallo di temperatura di utilizzo
- Resistenza ad abrasione
- Ottimo comportamento del cavo in caso di incendio: bassa emissione di fumi, gas tossici e corrosivi
- Resistenza ad agenti chimici
- Facilità di assemblaggio
- Compatibilità ambientale e facilità di smaltimento.

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

Cavo di collegamento dei moduli di stringa

$$S=6 \text{ mm}^2 \quad I_z (60 \text{ C}^\circ) = 443\text{A (TECSUN (PV) PV1-F 0,6/1 kV AC (1,5 kV DC))}$$

097.19.03.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Gen. 2024	22	73

Per il BUS in corrente continua saranno usati cavi in alluminio da 240mm² fino alla cabina inverter, collegando le stringhe in parallelo (fino a un massimo di 15).

Tutti i componenti in CC saranno dimensionati per un esercizio continuo in corrente continua e una tensione massima di 1500Vcc considerando le massime correnti di corto circuito. I componenti saranno scelti adottando un criterio di minimizzazione dei guasti a terra e dei corto circuiti.

Altri cavi

Cavi di alta tensione: ARE4H1R 26/45 kV

Cavi di bassa tensione: FG16R16, FG16OR16 0,6/1 kV

Cavi di bassa tensione: ARE4R, ARE4OR 0,6/1 kV

Cavi di bus: speciale MOD BUS / UTP CAT6 ethernet

7.5.2 Quadro AT

Saranno impiegati scomparti normalizzati di tipo protetto, che possono essere affiancati per formare quadri di trasformazione fino a 40,5 kV. Le dimensioni contenute consentono di occupare spazi decisamente ridotti, la modularità permette di sfruttare al massimo gli spazi disponibili. Opportuni dispositivi di interblocco meccanico e blocchi a chiave fra gli apparecchi impediscono errate manovre, garantendo comunque la sicurezza per il personale. Gli scomparti verranno predisposti completi di bandella in piatto di rame interna ed esterna per il collegamento dell'impianto di messa a terra, doppi oblò di ispezione che consentono un'agevole ispezione visiva.

7.6 Sistemi ausiliari

7.6.1 Sorveglianza

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

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

- telecamere TVCC tipo fisso Day-Night, per visione diurna e notturna, con illuminatore a IR, ogni 35 m;
- cavo alfa con anime magnetiche, collegato a sensori microfonici, aggraffato alle recinzioni a media altezza, e collegato alla centralina d'allarme in cabina;
- barriere a microonde sistemate in prossimità della muratura di cabina;

097.19.03.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Gen. 2024	23	73



- n.1 badge di sicurezza a tastierino, per accesso alle cabine;
- n.1 centralina di sicurezza integrata installata in cabina.

I sistemi appena elencati funzioneranno in modo integrato.

Il cavo alfa sarà in grado di rilevare le vibrazioni trasmesse alla recinzione esterna in caso di tentativo di scavalco o danneggiamento.

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

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

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

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

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

Lo schema a blocchi dell'impianto è il seguente.

097.19.03.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Gen. 2024	24	73

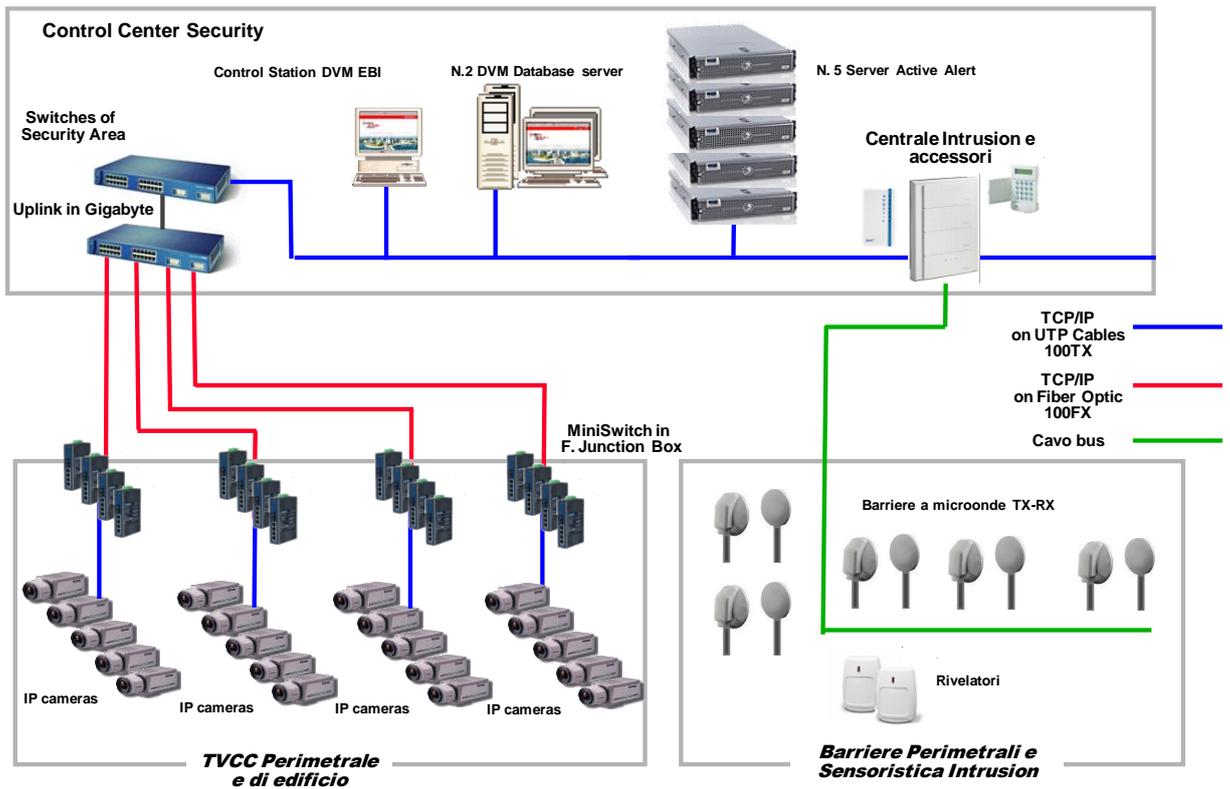


Figura 4 – Schema del sistema di sorveglianza

7.6.2 Illuminazione

L'impianto di illuminazione esterno sarà costituito da un solo sistema:

- Illuminazione esterna cabine di campo e cabine di impianto.

Tali sistemi sono di seguito brevemente descritti.

Illuminazione esterna cabine di campo e cabine di impianto

- Tipo lampade: 24 led 1887 Rodio - POWERLED;
- Tipo armatura: corpo Al pressofuso, con alettature di raffreddamento;
- Numero lampade: 4;
- Funzione: illuminazione piazzole per manovre e sosta.

097.19.03.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Gen. 2024	25	73

8 SISTEMA ANTINCENDIO E RISCHIO INCIDENTI

8.1 Sistema antincendio – Impianto Fotovoltaico

L'Impianto Agrivoltaico, ai sensi del DPR 151/2011, sarà soggetto ai controlli dei Vigili del Fuoco per quanto attiene:

AREA DI GENERAZIONE

- **Attività 48:** Centrali termoelettriche, macchine elettriche fisse con presenza di liquidi isolanti combustibili in quantitativi superiori a 1 m³ (**Nota:** per quanto attiene l'olio isolante contenuto nei trasformatori BT/AT);

Saranno rispettate le fasce di rispetto previste dalla normativa vigente e le indicazioni sugli accessi alle aree, nonché le prescrizioni del Comando provinciale dei Vigili del Fuoco.

Per gli interventi di prima necessità, in prossimità delle strumentazioni elettriche quali inverter, quadri, e trasformatori, verranno localizzati/installati estintori adatti, catalogati secondo la classe E, caricati con estinguente del tipo non tossico.

Per gli interventi di prima necessità nell'intera area dell'Impianto Agrivoltaico verranno inoltre localizzati/installati estintori adatti per classe A-B-C con capacità estinguente non inferiore a 13A - 89B, caricati con polveri o fluidi del tipo non tossico.

8.2 Rischio incidenti – Sicurezza dei lavoratori

In relazione alla presenza di lavoratori si sottolinea come l'Impianto Agrivoltaico in fase di esercizio preveda attività di carattere saltuario.

Il personale addetto alla manutenzione dell'impianto sarà esclusivamente rappresentato da personale addestrato e abilitato a operare su impianti elettrici, ed avrà il compito di supervisione e controllo delle apparecchiature elettriche. Tutti i lavoratori saranno informati – formati ed equipaggiati di D.P.I. in linea con le disposizioni del D.Lgs 81/2008 e successive modificazioni e/o integrazioni.

097.19.03.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Gen. 2024	26	73



9 CALCOLO DELLA PRODUCIBILITÀ

Facendo riferimento ai dati radiometrici della provincia di Viterbo e con riferimento al Comune di Tuscania, si è proceduto al calcolo della producibilità per l'impianto Agrivoltaico "Tuscania" in oggetto mediante apposito software PVSYST 7.4.

Di seguito il report di calcolo effettuato.

Yearly sum of solar electricity generated by 1kWp photovoltaic system with optimally-inclined modules
ITALY

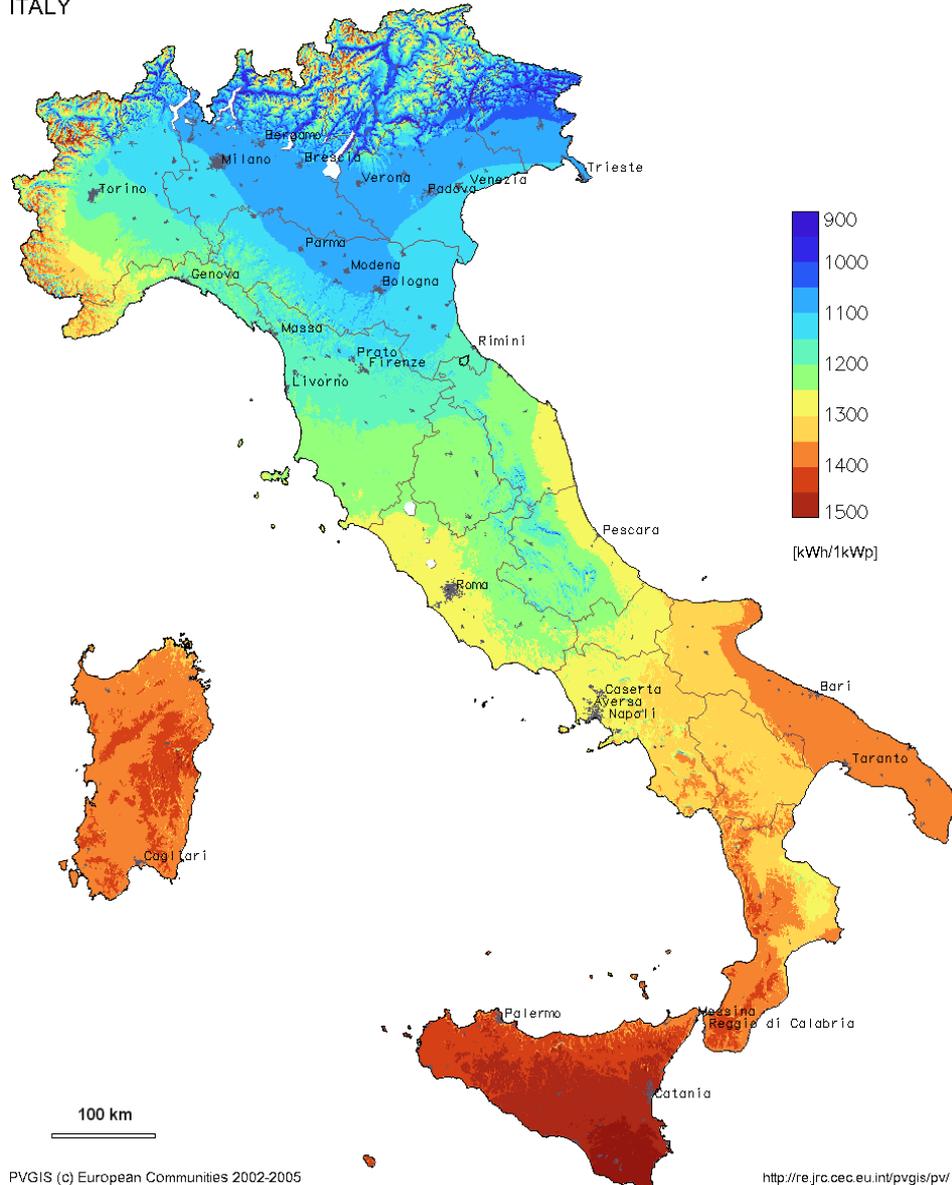


Figura 5 – diagramma della producibilità attesa media annua in Italia con strutture tracker ad inclinazione ottimale (fonte: <http://sunbird.jrc.it>)

097.19.03.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Gen. 2024	27	73



ENERGY
ENVIRONMENT
ENGINEERING

Impianto Agrivoltaico
"Toscana" da 31,865 MWp
Relazione tecnica descrittiva

OGGETTO / SUBJECT

GIERRE SOLARE S.R.L.

CLIENTE / CUSTOMER



Versione 7.4.0

PVsyst - Rapporto di simulazione

Sistema connesso in rete

Progetto: Toscana

Variante: Nuova variante di simulazione

Nessuna scena 3D, nessuna ombreggiatura

Potenza di sistema: 31.87 MWc

Toscana - Italy

Autore
3e Ingegneria (Italy)

097.19.03.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Gen. 2024	28	73



PVsyst V7.4.0
VCO, Simulato su
22/09/23 17:27
con v7.4.0

Progetto: Tuscania

Variante: Nuova variante di simulazione

3e ingegneria (Italy)

Sommario del progetto

Luogo geografico Tuscania Italia	Ubicazione Latitudine 42.39 °N Longitudine 11.82 °E Altitudine 142 m Fuso orario UTC+1	Parametri progetto Albedo 0.20
Dati meteo tuscania Meteonorm 8.1 (1991-2014), Sat=58% - Sintetico		

Sommario del sistema

Sistema connesso in rete	Nessuna scena 3D, nessuna ombreggiatura		
Orientamento campo FV Orientamento Piano d'inseguimento, asse ortozon. N-S Asse dell'azimut 0 °	Algoritmo dell'inseguimento Calcolo astronomico	Ombre vicine Senza ombre	
Informazione sistema Campo FV		Inverter	
Nr. di moduli	45522 unità	Numero di unità	145 unità
Pnom totale	31.87 MWc	Pnom totale	29.00 MWac
		Rapporto Pnom	1.099
Bisogni dell'utente Carico illimitato (rete)			

Sommario dei risultati

Energia prodotta	58495125 kWh/anno	Prod. Specific.	1836 kWh/kWp/anno	Indice rendimento PR	87.10 %
------------------	-------------------	-----------------	-------------------	----------------------	---------

Indice dei contenuti

Sommario del progetto e dei risultati	2
Parametri principali, Caratteristiche campo FV, Perdite sistema	3
Risultati principali	4
Diagramma perdite	5
Grafici predefiniti	6
Schema unifilare	7



PVsyst V7.4.0
VCO, Simulato su
22/09/23 17:27
con v7.4.0

Progetto: Tuscania

Variante: Nuova variante di simulazione

3e ingegneria (Italy)

Parametri principali

Sistema connesso in rete		Nessuna scena 3D, nessuna ombreggiatura	
Orientamento campo FV			
Orientamento		Algoritmo dell'inseguimento	Configurazione inseguitori
Piano d'inseguimento, asse orizzont. N-S		Calcolo astronomico	Nessuna scena 3D
Asse dell'azimut 0°			
Modelli utilizzati			
Trasposizione		Perez	
Diffuso Perez, Meteorom			
Circumsolare separare			
Orizzonte		Ombre vicine	Bisogni dell'utente
Orizzonte libero		Senza ombre	Carico illimitato (rete)

Caratteristiche campo FV

Modulo FV		Inverter	
Costruttore	Jolywood	Costruttore	Huawei Technologies
Modello	JW-HD132N	Modello	SUN2000-215KTL-H0
(Definizione customizzata del parametri)		(Definizione customizzata del parametri)	
Potenza nom. unit.	700 Wp	Potenza nom. unit.	200 kWac
Numero di moduli FV	45522 unità	Numero di inverter	145 unità
Nominale (STC)	31.87 MWc	Potenza totale	29000 kWac
Moduli	2529 Stringhe x 18 in serie	Voltaggio di funzionamento	550-1500 V
In cond. di funz. (50°C)		Rapporto Pnom (DC:AC)	1.10
Pmpp	29.33 MWc	Power sharing within this inverter	
U mpp	646 V		
I mpp	45425 A		
Potenza PV totale		Potenza totale inverter	
Nominale (STC)	31865 kWp	Potenza totale	29000 kWac
Totale	45522 moduli	Numero di inverter	145 unità
Superficie modulo	141407 m²	Rapporto Pnom	1.10

Perdite campo

Fatt. di perdita termica		Perdite DC nel cablaggio		Perdita di qualità moduli				
Temperatura modulo secondo irraggiamento		Res. globale campo	0.23 mΩ	Fraz. perdite	-0.2 %			
Uc (cost)	20.0 W/m²K	Fraz. perdite	1.5 % a STC					
Uv (vento)	0.0 W/m²K/m/s							
Perdite per mismatch del modulo		Perdita disadattamento Stringhe						
Fraz. perdite	2.0 % a MPP	Fraz. perdite	0.2 %					
Fattore di perdita IAM								
Effetto d'incidenza, profilo definito utente (IAM): Vetro Fresnel levigato, n = 1.526								
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.998	0.981	0.948	0.862	0.776	0.636	0.403	0.000



PVsyst V7.4.0
VCO, Simulato su
22/09/23 17:27
con V7.4.0

Progetto: Toscana

Variante: Nuova variante di simulazione

3e ingegneria (Italy)

Risultati principali

Produzione sistema
Energia prodotta

58495125 kWh/anno

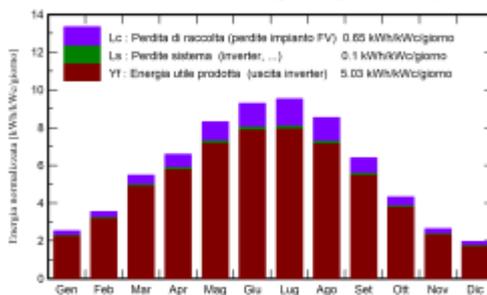
Prod. Specif.

1836 kWh/kWp/anno

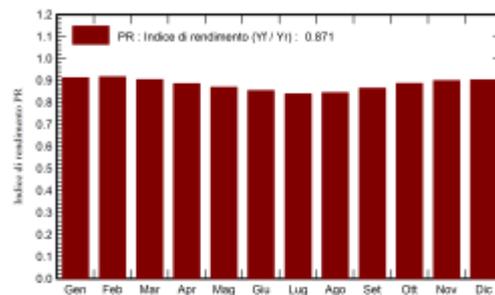
Indice rendimento PR

87.10 %

Produzione normalizzata (per kWp installato)



Indice di rendimento PR



Bilanci e risultati principali

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray kWh	E_Grid kWh	PR ratio
Gennaio	52.7	23.58	7.30	78.5	75.7	2330030	2282413	0.912
Febbraio	71.7	32.81	8.18	99.2	96.8	2954215	2897337	0.916
Marzo	121.5	51.21	11.09	170.0	167.3	4987162	4892322	0.903
Aprile	145.4	65.59	14.29	197.5	195.0	5686441	5575888	0.886
Maggio	190.4	78.09	18.66	257.7	255.2	7280118	7139567	0.869
Giugno	206.3	83.28	23.43	278.7	276.0	7733186	7586615	0.854
Luglio	214.7	73.67	26.65	295.2	292.8	8051106	7896302	0.839
Agosto	188.5	65.29	26.39	264.6	262.4	7255175	7117760	0.844
Settembre	134.2	50.88	21.15	191.9	189.6	5394098	5290951	0.865
Ottobre	94.2	42.48	17.23	134.2	131.5	3866554	3793340	0.887
Novembre	55.4	25.73	12.01	79.3	76.9	2321831	2273624	0.899
Dicembre	43.8	24.35	8.51	60.8	58.1	1786875	1749006	0.902
Anno	1518.9	616.98	16.29	2107.6	2077.2	59646791	58495125	0.871

Legenda

GlobHor Irraggiamento orizzontale globale
DiffHor Irraggiamento diffuso ortzz.
T_Amb Temperatura ambiente
GlobInc Globale Incidente piano coll.
GlobEff Globale "effettivo", corr. per IAM e ombre

EArray Energia effettiva in uscita campo
E_Grid Energia immessa in rete
PR Indice di rendimento



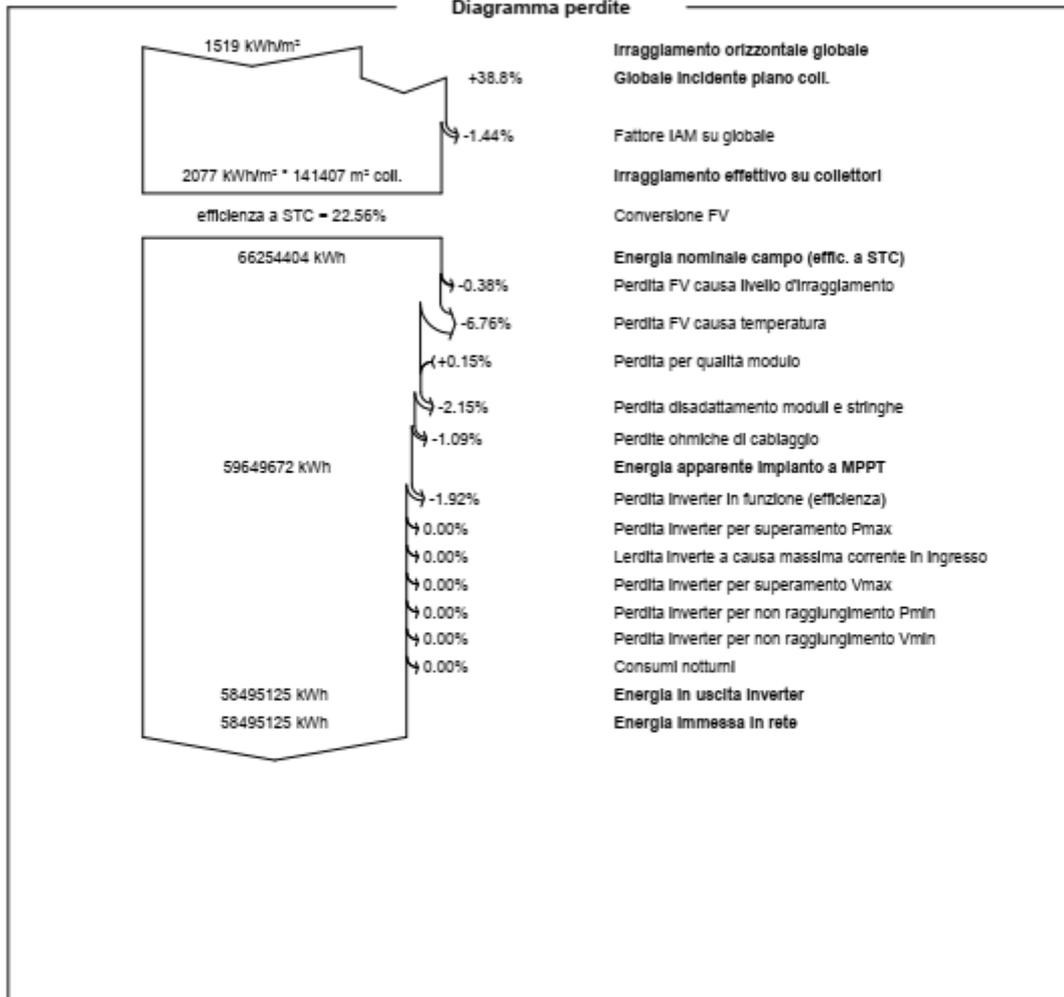
PVsyst V7.4.0
VCO, Simulato su
22/09/23 17:27
con V7.4.0

Progetto: Tuscania

Variante: Nuova variante di simulazione

3e ingegneria (Italy)

Diagramma perdite



097.19.03.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Gen. 2024	32	73



PVsyst V7.4.0
VCO, Simulato su
22/09/23 17:27
con v7.4.0

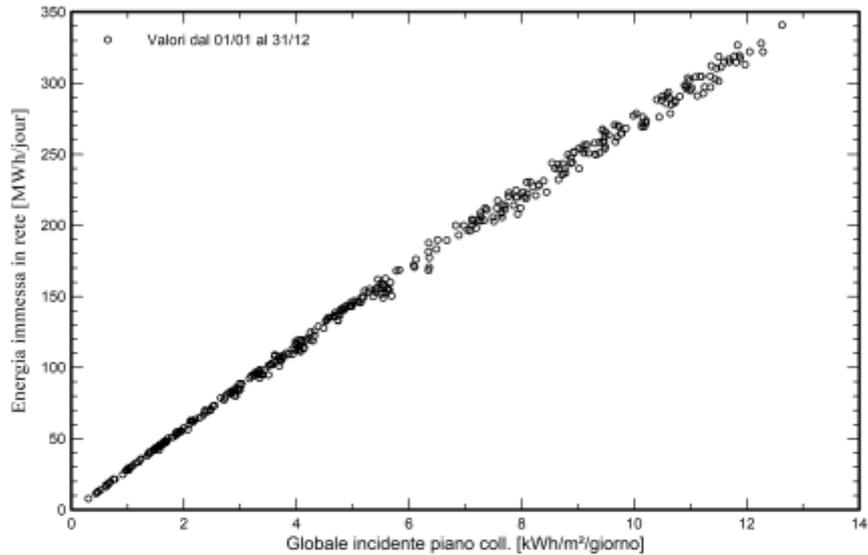
Progetto: Tuscania

Variante: Nuova variante di simulazione

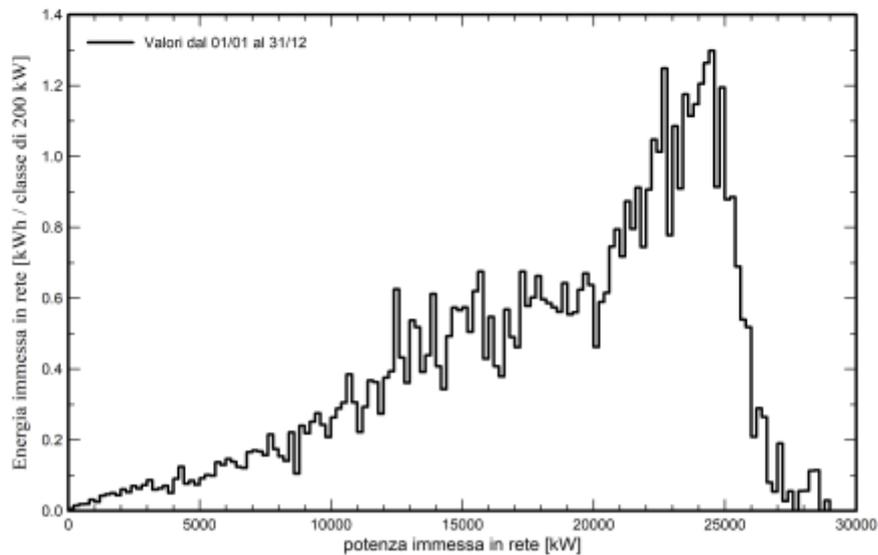
3e ingegneria (Italy)

Grafici predefiniti

Diagramma giornaliero entrata/uscita



Distribuzione potenza in uscita sistema



La produzione elettrica netta immessa nella rete elettrica nazionale è pari a circa:

58,5 GWh/anno.

097.19.03.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Gen. 2024	33	73



9.1 Benefici ambientali

Sulla base della producibilità annua stimata nel paragrafo precedente si può affermare che la messa in servizio e l'esercizio dell'impianto Agrivoltaico "Tuscania" potrà:

- consentire un risparmio di circa 12.87 tep* (Tonnellate Equivalenti di Petrolio) all'anno;
- evitare l'immissione di circa 28.314 tonnellate di CO₂** all'anno.

* TERNA S.p.a dichiara che 1 tonnellata equivalente di petrolio (1 tep) genera 4545 kWh di energia utile; valore standard fornito come consumo specifico medio lordo convenzionale del parco termoelettrico italiano.

** Valore cautelativo calcolato sulla base dell'indicatore chiave fornito dalla commissione europea per il territorio europeo (e approssimato per difetto): intensità di CO₂: 2,2 tCO₂/tep.

097.19.03.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Gen. 2024	34	73



10 SCHEMA DI COLLEGAMENTO

La configurazione utilizzata per il collegamento dei moduli, compatibile con le caratteristiche dei componenti riassunte nei precedenti paragrafi, è riportata nello schema unifilare dell'impianto (097.19.03.W06).

Tale configurazione prevede che a ciascun inverter siano collegate fino ad un massimo di 18 stringhe in parallelo, ciascuna composta da 18 pannelli in serie per stringa.

I cavi provenienti da ciascun inverter di stringa saranno poi convogliati verso la cabina di campo più prossima, attestandosi ai quadri BT a 800 V di quest'ultima.

All'interno della cabina di campo sarà alloggiato il trasformatore BT/AT che permette l'elevazione della tensione al livello 36 kV, con il quale viene effettuata la distribuzione principale di ciascuna area.

Le cabine di campo saranno collegate con schema di tipo radiale alla cabina di impianto AT a 36 kV situata sempre all'interno dell'area più a sud dell'impianto. Per i dettagli dei collegamenti si rimanda all'elaborato relativo al già citato schema elettrico unifilare (097.19.03.W06).

097.19.03.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Gen. 2024	35	73



11 COLLEGAMENTO ALLA RETE AT

11.1 Premessa

I criteri e le modalità per la connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale a 36 kV saranno conformi a quanto prescritto dal codice di rete (Allegato A.68), relative ai clienti produttori dotati di generatori fotovoltaici che entrano in parallelo continuativo con la rete elettrica. L'energia prodotta dall'impianto "Tuscania" verrà trasferita dalla cabina di impianto, ubicata a circa 6 km a Ovest rispetto al centro abitato di Tuscania e distante circa 1,5 km dall'ampliamento a 36kV della stazione di rete esistente indicata per il collegamento alla RTN. Da ciascuno dei due sottocampi partirà un cavo interrato a 36 kV fino alla cabina d'impianto, avente la seguente lunghezza:

- da Sottocampo 1 a cabina di impianto: circa 1469 m
- da Sottocampo 2 a cabina di impianto: circa 180 m

Dalla cabina di impianto avrà origine il collegamento in cavidotto AT a 36kV fino all'ampliamento a 36kV dell'esistente stazione di rete Terna 380/150 kV, avente circa 3.850 m di lunghezza.

11.2 Elettrodotto AT di connessione alla RTN

11.2.1 Descrizione del Tracciato

Il tracciato dell'elettrodotto in cavo interrato, quale risulta dalla corografia allegata, è stato studiato in armonia con quanto dettato dall'art.121 del T.U. 11/12/1933 n° 1775, comparando le esigenze della pubblica utilità delle opere con gli interessi sia pubblici che privati coinvolti.

Esso interessa esclusivamente il territorio comunale di Tuscania e consiste in una linea interrata della lunghezza complessiva di circa 3.880 m che, uscendo dalla cabina di impianto dell'impianto agrivoltaico, prosegue in direzione sud-est lungo la strada vicinale per circa 1.280 m per poi svoltare a sinistra e immettersi sulla S.P.3 in direzione nord per circa 1.700 m e infine svoltare in direzione est su terreno agricolo per circa 900 m fino ad attestarsi al locale 36kV dell'ampliamento della stazione di rete. Il tracciato si sviluppa pertanto su sede sterrata, in sede asfaltata e in aree totalmente agricole.

097.19.03.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Gen. 2024	36	73



Figura 6 – Inquadramento su ortofoto dell'Elettrodotto AT interrato

097.19.03.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Gen. 2024	37	73

11.2.2 Aree Impegnate e fasce di rispetto

Le aree interessate da un elettrodotto interrato sono individuate dal Testo Unico sugli espropri come Aree Impegnate, cioè le aree necessarie per la sicurezza dell'esercizio e manutenzione dell'elettrodotto; nel caso specifico, per il cavo interrato, esse hanno un'ampiezza di 3 m per parte dall'asse linea.

Il vincolo preordinato all'esproprio sarà invece apposto sulle "aree potenzialmente impegnate", che equivalgano alle zone di rispetto di cui all'art. 52 quater, comma 6, del Testo Unico sugli espropri n. 327 del 08/06/2001 e successive modificazioni, all'interno delle quali poter inserire eventuali modeste varianti al tracciato dell'elettrodotto senza che le stesse comportino la necessità di nuove autorizzazioni. L'ampiezza delle zone di rispetto (ovvero aree potenzialmente impegnate) sarà di circa 3 m dall'asse linea per parte per il tratto in cavo interrato (ma corrispondente a quella impegnata nei tratti su sede stradale), come meglio indicato nella planimetria catastale allegata.

Pertanto, ai fini dell'apposizione del vincolo preordinato all'esproprio, le "aree potenzialmente impegnate" coincidono con le "zone di rispetto"; di conseguenza i terreni ricadenti all'interno di dette zone risulteranno soggetti al suddetto vincolo. In fase di progetto esecutivo dell'opera si procederà alla delimitazione delle aree effettivamente impegnate dalla stessa con conseguente riduzione delle porzioni di territorio soggette a vincolo preordinato all'esproprio e servitù.

Le "fasce di rispetto" sono quelle definite dalla Legge 22 febbraio 2001 n. 36, all'interno delle quali non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario, ovvero un uso che comporti una permanenza superiore a 4 ore, da determinare in conformità alla metodologia di cui al D.P.C.M. 08/07/2003, emanata con Decreto MATT del 29 Maggio 2008.

Le simulazioni di campo magnetico riportate nell'elaborato specifico 097.19.03.R02 contengono le informazioni circa l'estensione di tali fasce.

11.2.3 Progetto dell'elettrodotto

L'elettrodotto sarà costituito da due terne composte da tre cavi unipolari ciascuna realizzati con conduttore in alluminio, isolante in XLPE, schermatura in alluminio e guaina esterna in polietilene. Ciascuna fase di energia sarà della sezione di 400 mm² (2x3x1x400) mm².

Il progetto dei cavi e le modalità per la loro messa in opera rispondono alle norme contenute nel D.M. 21.03.1988, regolamento di attuazione della Legge n. 339 del 28.06.1986, per quanto applicabile, ed alle Norme CEI 11-17.

097.19.03.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Gen. 2024	38	73



11.2.3.1 Caratteristiche elettriche del collegamento in cavo

Il collegamento dovrà essere in grado di trasportare la potenza massima in immissione dell'impianto Agrivoltaico in oggetto. La potenza in immissione dell'impianto FV "Tuscania" è pari a 31.865 MW.

Considerando un funzionamento a $\cos \varphi$ pari a 0.90, si ha:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}V\cos\varphi} = 568 \text{ A}$$

Per due cavi in parallelo di sezione pari a 400 mm² e per le condizioni standard di posa, considerando una resistività termica del terreno di 1,5 K m/W si ha un valore di portata pari a circa 691 A, pertanto ampiamente idonea anche in previsione di futuri ampliamenti dell'impianto fotovoltaico.

Le caratteristiche elettriche principali del collegamento.

Frequenza nominale	50	Hz
Tensione nominale	36	kV
Potenza di picco dell'impianto da collegare	31.8	MW
Intensità di corrente nominale (per fase)	568	A
Intensità di corrente massima ammessa nelle condizioni di posa	691	A

11.2.3.2 Composizione del collegamento

Per l'elettrodotto in oggetto sono previsti i seguenti componenti:

- n. 6 conduttori di energia;
- n. 12 terminali cavo per interno;
- n. 1 sistema di telecomunicazioni.

11.2.3.3 Modalità di posa e di attraversamento

I cavi saranno interrati ed installati normalmente in una trincea della profondità di 1.5 m, con disposizione delle fasi a trifoglio.

Nello stesso scavo, a distanza di almeno 0,3 m dai cavi di energia, sarà posato un cavo con fibre ottiche e/o telefoniche per trasmissione dati.

097.19.03.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Gen. 2024	39	73



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'.

Saranno protetti e segnalati superiormente da una rete in PVC e da un nastro segnaletico, ed ove necessario anche da lastre di protezione in cemento armato dello spessore di 6 cm.

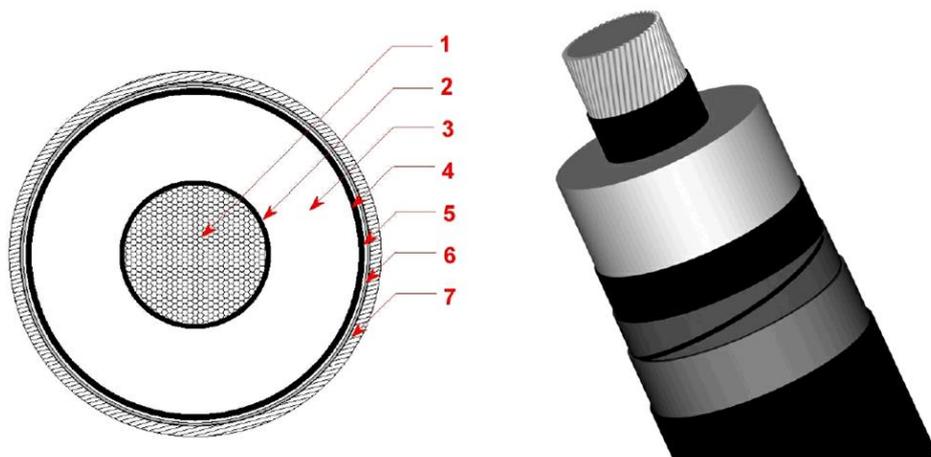
La restante parte della trincea verrà ulteriormente riempita con materiale di risulta e di riporto.

Gli attraversamenti di eventuali opere interferenti saranno eseguiti in accordo a quanto previsto dalla Norma CEI 11-17.

097.19.03.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Gen. 2024	40	73

11.2.3.4 Caratteristiche elettriche/meccaniche del conduttore di energia

Ciascun cavo d'energia a 36kV sarà costituito da un conduttore in alluminio compatto di sezione pari a 240 e 400 mm² tamponato (1), schermo semiconduttivo sul conduttore (2), isolamento in polietereicolato (XLPE) (3), schermo semiconduttivo sull'isolamento (4), nastri in materiale igroespandente (5), guaina in alluminio longitudinalmente saldata (6), rivestimento in polietene con grafitatura esterna (7).



1	Conduttore compatto di Alluminio
2	Schermo del conduttore (Strato semiconduttivo interno)
3	Isolante
4	Schermo dell'isolante (Strato semiconduttivo esterno)
5	Barriera igroscopica
6	Schermo metallico
7	Guaina esterna termoplastica

Figura 7 Schema tipico del cavo



DATI TECNICI DEL CAVO

Tipo di conduttore	Unipolare in XLPE (polietilene reticolato)
Sezione	1x400 mm ²
Materiale del conduttore	Corde di alluminio compatta
Schermo semiconduttore interno	A base di polietilene drogato
Materiale isolamento	Polietilene reticolato
Schermo semiconduttore esterno (sull'isolante)	A base di polietilene drogato
Materiale della guaina metallica	Rame corrugato
Materiale della blindatura in guaina anticorrosiva	Polietilene, con grafite refrigerante (opzionale)
Materiale della guaina esterna	Polietilene
Tensione di isolamento	45 kV

Tali dati potranno subire adattamenti comunque non essenziali dovuti alla successiva fase di progettazione esecutiva e di cantierizzazione, anche in funzione delle soluzioni tecnologiche adottate dai fornitori e/o appaltatori.

DATI CONDIZIONI DI POSA E DI INSTALLAZIONE

Posa	Interrata in letto di sabbia a bassa resistività termica
Messa a terra degli schermi	"Cross bonding" o "single point bonding"
Profondità di posa del cavo	Minimo 1,50 m
Formazione	Una terna a trifoglio
Tipologia di riempimento	Con sabbia a bassa resistività termica o letto di cemento magro h 0,50 m
Profondità del riempimento	Minimo 1,10 m
Copertura con piastre di protezione in C.A. (solo per riempimento con sabbia)	Spessore minimo 5 cm
Tipologia di riempimento fino a piano terra	Terra di riporto adeguatamente selezionata
Posa di nastro monitor in PVC – profondità	1,00 m circa

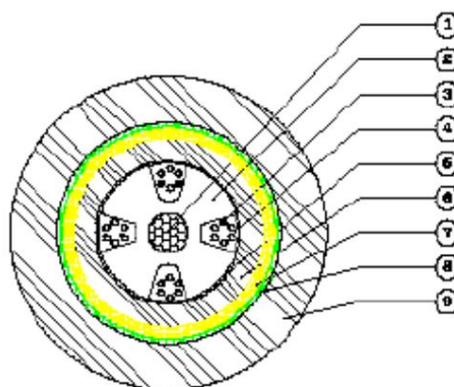
11.2.3.5 Giunti di transizione XLPE/XLPE

La fornitura del cavo avverrà in bobine con pezzatura variabile; poiché i due elettrodotti interrati avranno una lunghezza corrispettivamente di circa 6441 m e 2031 m si prevede l'esecuzione per il primo elettrodo in 11 pezzature, per il secondo elettrodotto di 4, utilizzando giunzioni intermedie, buche giunti, distanziate di circa 500/600,00 m l'una dall'altra.

11.2.3.6 Sistema di Telecomunicazioni

Il sistema di telecomunicazioni sarà realizzato per la trasmissione dati alla stazione di rete. Sarà costituito da un cavo con 12 o 24 fibre ottiche.

Nella figura seguente è riportato lo schema del cavo f.o. che potrà essere utilizzato per il sistema di telecomunicazioni.



- 1 - Elemento centrale dielettrico
- 2 - Fianco metallico in materiale plastico
- 3 - Fibra ottica
- 4 - Tampone
- 5 - Fasciatura con nastri sintetici
- 6 - Guaina di polietilene nero
- 7 - Filati aramidici
- 8 - Fasciatura con nastri sintetici
- 9 - Guaina di polietilene nero

Cavo ottico a 24 fibre TOS4 24 4(6SMR)

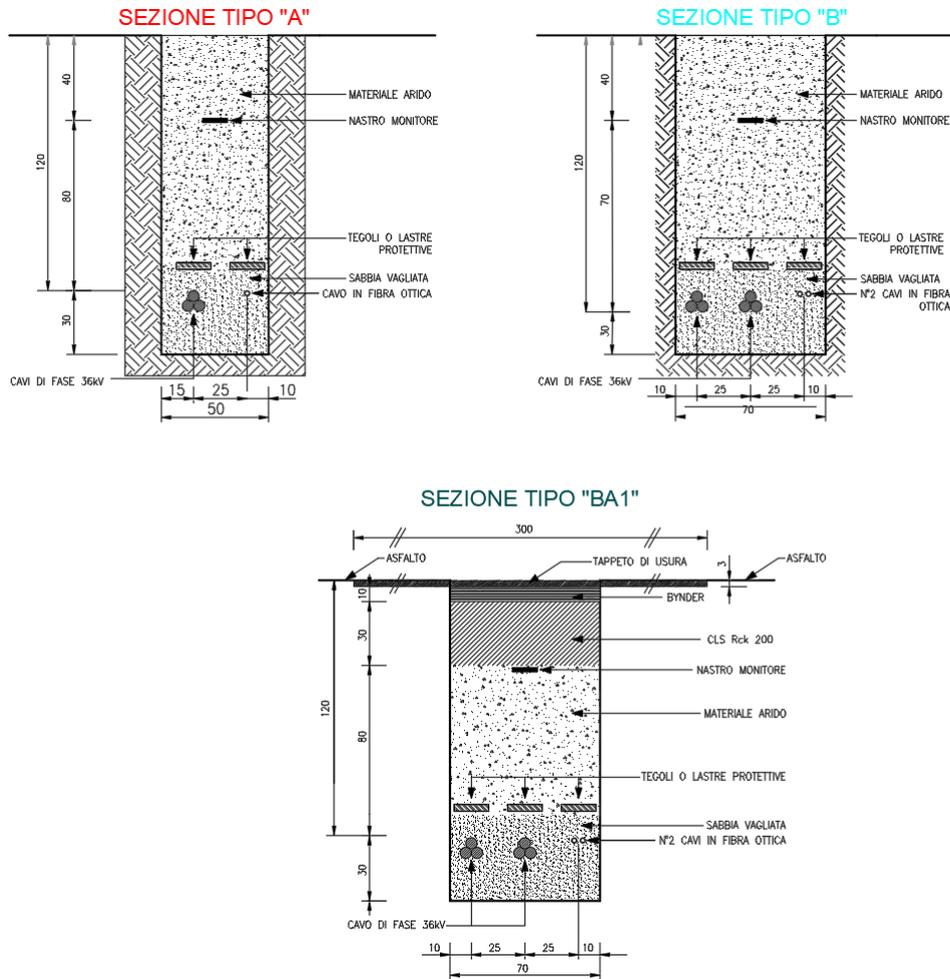
Diametro esterno 13.5 mm

Peso 130 kg/km

Figura 8 Schema tipico fibra ottica

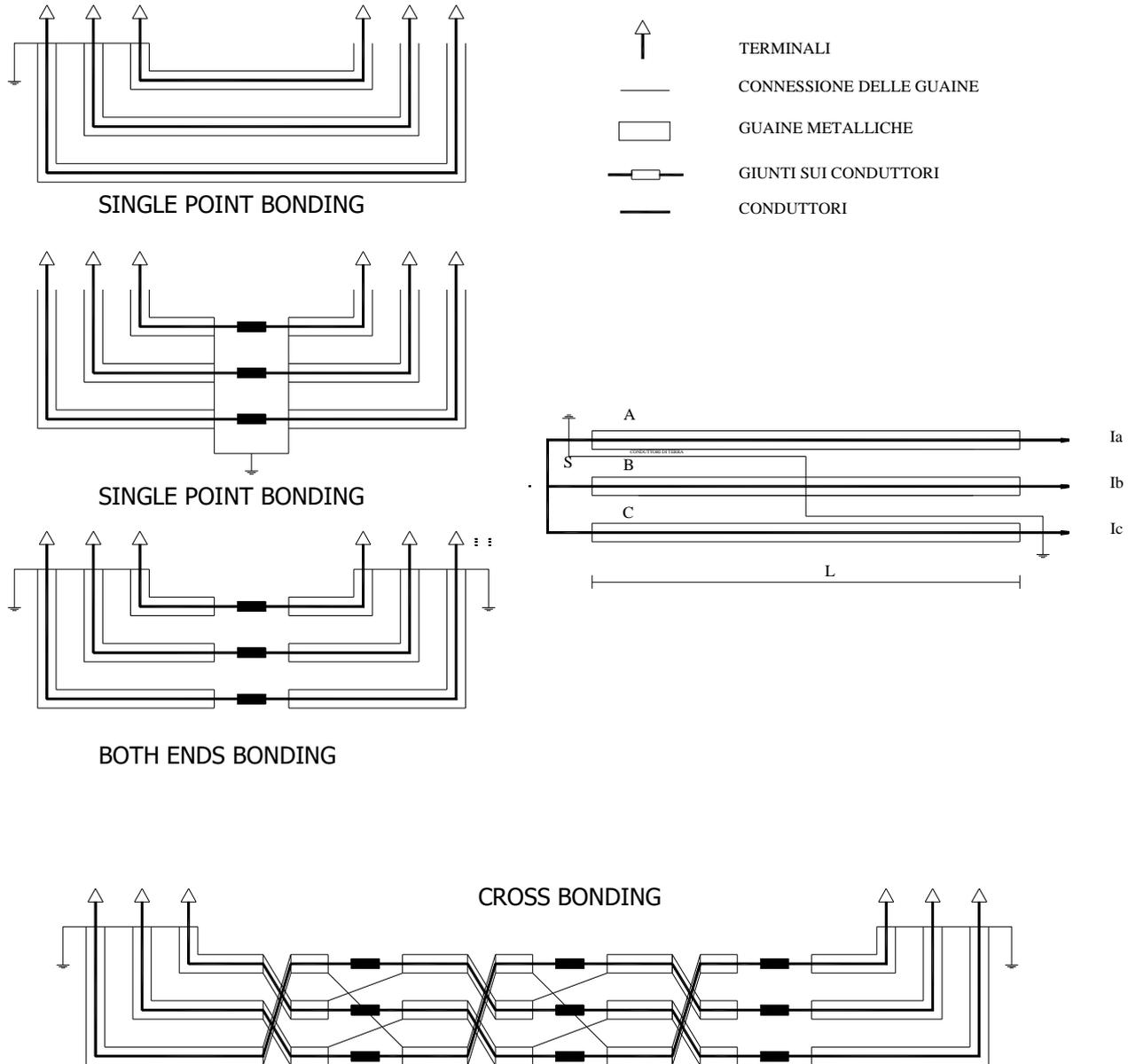


11.2.3.7 Sezioni di posa su terreno vegetale e viabilità asfaltata



097.19.03.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Gen. 2024	44	73

11.2.3.8 Schema di connessione delle guaine metalliche



11.3 Fasi di costruzione

La realizzazione dell'opera avverrà per fasi sequenziali di lavoro che permettano di contenere le operazioni in un tratto limitato della linea in progetto, avanzando progressivamente sul territorio.

In generale le operazioni si articoleranno secondo le fasi elencate nel modo seguente:

- realizzazione delle infrastrutture temporanee di cantiere;
- apertura della fascia di lavoro e scavo della trincea;
- posa dei cavi e realizzazione delle giunzioni;
- ricopertura della linea e ripristini;

In alcuni casi particolari e comunque dove si renderà necessario, in particolare per tratti in corrispondenza di attraversamenti, si potrà procedere anche con modalità diverse da quelle su esposte.

In particolare si evidenzia che in alcuni casi specifici potrebbe essere necessario procedere alla posa del cavo con:

- Perforazione teleguidata
- Posa del cavo in tubo interrato;
- Realizzazione manufatti per attraversamenti corsi d'acqua

Al termine dei lavori civili ed elettromeccanici sarà effettuato il collaudo della linea.

11.3.1 Realizzazione delle infrastrutture temporanee di cantiere per la posa del cavo

Prima della realizzazione dell'opera sarà necessario realizzare le piazzole di stoccaggio per il deposito delle bobine contenenti i cavi; di norma vengono predisposte piazzole circa ogni 500-800 metri.

Tali piazzole sono, ove possibile, realizzate in prossimità di strade percorribili dai mezzi adibiti al trasporto delle bobine e contigue alla fascia di lavoro, al fine di minimizzare le interferenze con il territorio e ridurre la conseguente necessità di opere di ripristino.

Si eseguiranno, se non già presenti, accessi provvisori dalla viabilità ordinaria per permettere l'ingresso degli autocarri alle piazzole stesse.

11.3.2 Apertura della fascia di lavoro e scavo della trincea

Le operazioni di scavo e posa dei cavi richiedono l'apertura di un'area di passaggio, denominata "fascia di lavoro". Questa fascia dovrà essere la più continua possibile ed avere una larghezza tale da consentire la buona esecuzione dei lavori ed il transito dei mezzi di servizio.

097.19.03.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Gen. 2024	46	73



11.3.3 Posa del cavo

In accordo alla normativa vigente, l'elettrodotto interrato sarà realizzato in modo da escludere, o rendere estremamente improbabile, la possibilità che avvenga un danneggiamento dei cavi in tensione provocato dalle opere sovrastanti (ad esempio, per rottura del sistema di protezione dei conduttori).

Una volta realizzata la trincea si procederà con la posa dei cavi, che arriveranno nella zona di posa avvolti su bobine. La bobina viene comunemente montata su un cavalletto, piazzato ad una certa distanza dallo scavo in modo da ridurre l'angolo di flessione del conduttore quando esso viene posato sul terreno. Durante le operazioni di posa o di spostamento dei cavi saranno adottate le seguenti precauzioni:

- si opererà in modo che la temperatura dei cavi, per tutta la loro lunghezza e per tutto il tempo in cui essi possono venire piegati o raddrizzati, non sarà inferiore a 0°C;
- i raggi di curvatura dei cavi, misurati sulla generatrice interna degli stessi, non saranno mai inferiori a 15 volte il diametro esterno del cavo.

11.3.4 Ricopertura e ripristini

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

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

- ripristini geomorfologici ed idraulici;
- ripristini della vegetazione.

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

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

Successivamente si passerà al ripristino vegetale, avente lo scopo di ricostituire, nel più breve tempo possibile, il manto vegetale preesistente.

097.19.03.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Gen. 2024	47	73



Il ripristino avverrà mediante:

- ricollocazione dello strato superficiale del terreno se precedentemente accantonato;
- inerbimento;

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

Nel caso in cui i cavi attraverseranno tratti su sede stradale o in banchina, le opere di ripristino saranno da eseguire nel rispetto delle prescrizioni degli enti gestori delle strade interessate

11.3.5 Scavo della trincea in corrispondenza dei tratti lungo percorso stradale

Tenendo conto che il tracciato si sviluppa interamente su percorso stradale si nota che quando la strada lo consenta (cioè nel caso in cui la sede stradale permetta lo scambio di due mezzi pesanti) sarà realizzata, come anticipato, la posa in scavo aperto, mantenendo aperto lo scavo per tutto il tratto compreso tra due giunti consecutivi e istituendo per la circolazione stradale un regime di senso unico alternato mediante semafori iniziale e finale, garantendo la opportuna segnalazione del conseguente restringimento di corsia e del possibile rallentamento della circolazione. In casi particolari e solo quando si renderà necessario potrà essere possibile interrompere al traffico, per brevi periodi, alcuni tratti stradali particolarmente stretti, segnalando anticipatamente ed in modo opportuno la viabilità alternativa e prendendo i relativi accordi con i comuni e gli enti interessati.

Per i tratti su strade strette o in corrispondenza dei centri abitati, tali da non consentire l'istituzione del senso unico alternato, ovvero laddove sia manifesta l'impossibilità di interruzione del traffico si potrà procedere con lo scavo di trincee più brevi (30÷50 m) all'interno delle quali sarà posato il tubo di alloggiamento dei cavi, da ricoprire e ripristinare in tempi brevi, effettuando la posa del cavo tramite sonda nell'alloggiamento sotterraneo e mantenendo aperti tratti di scavo in corrispondenza di eventuali giunti.

097.19.03.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Gen. 2024	48	73



11.3.6 Trivellazione orizzontale controllata

Questo tipo di perforazione consiste essenzialmente nella realizzazione di un cavidotto sotterraneo mediante il radio-controllo del suo andamento plano-altimetrico, senza scavo a cielo aperto: questa tecnica sarà utilizzata in particolare per tutti gli attraversamenti dei corpi idrici. Il controllo della perforazione è reso possibile dall'utilizzo di una sonda radio montata in cima alla punta di perforazione, questa sonda dialogando con l'unità operativa esterna permette di controllare e correggere in tempo reale gli eventuali errori.

Indagine del sito e analisi dei sottoservizi esistenti

L'indagine del sito e l'attenta analisi dell'eventuale presenza di sottoservizi e/o qualsiasi impedimento alla realizzazione della perforazione, è una fase fondamentale per la corretta progettazione di una perforazione orizzontale. Per analisi dei sottoservizi, e per la mappatura degli stessi, soprattutto in ambiti urbani fortemente compromessi, è consigliabile l'utilizzo del sistema "Georadar". Mentre in ambiti suburbani, dove la presenza di sottoservizi è minore è possibile, mediante indagini da realizzare c/o gli enti proprietari dei sottoservizi, saperne anticipatamente l'ubicazione.

Realizzazione del foro pilota

La prima vera e propria fase della perforazione è la realizzazione del "foro pilota", in cui il termine pilota sta ad indicare che la perforazione in questa fase è controllata ossia "pilotata". La "sonda radio" montata sulla punta di perforazione emette delle onde radio che indicano millimetricamente la posizione della punta stessa. I dati rilevabili e sui quali si può interagire sono:

- Altezza;
- Inclinazione;
- Direzione;
- Posizione della punta.

Il foro pilota viene realizzato lungo tutto il tracciato della perforazione da un lato all'altro dell'impedimento che si vuole attraversare (strada, ferrovia, canale, pista aeroportuale ecc.). La punta di perforazione viene spinta dentro il terreno attraverso delle aste cave metalliche, abbastanza elastiche così da permettere la realizzazione di curve altimetriche. All'interno delle aste viene fatta scorrere dell'aria ad alta pressione ed eventualmente dell'acqua. L'acqua contribuirà sia al raffreddamento della punta che alla lubrificazione

097.19.03.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Gen. 2024	49	73



della stessa, l'aria invece permetterà lo spurgo del materiale perforato ed in caso di terreni rocciosi, ad alimentare il martello "fondo-foro".

Generalmente la macchina teleguidata viene posizionata sul piano di campagna ed il foro pilota emette geometricamente una "corda molla" per evitare l'intercettazione dei sottoservizi esistenti. In alcuni casi però, soprattutto quando l'impianto da posare è una condotta fognaria non in pressione, è richiesta la realizzazione di una camera per il posizionamento della macchina alla quota di perforazione desiderata.

Allargamento del foro pilota

La seconda fase della perforazione teleguidata è l'allargamento del "foro pilota", che permette di posare all'interno del foro, debitamente aumentato, un tubo camicia o una composizione di tubi camicia generalmente in PEAD.

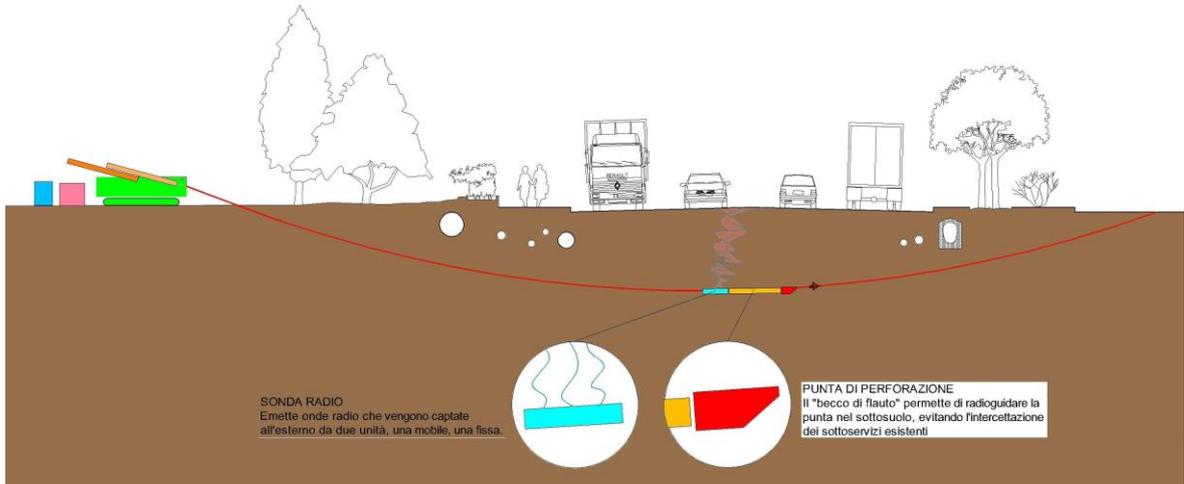
L'allargamento del foro pilota avviene attraverso l'ausilio di strumenti chiamati "Alesatori" che sono disponibili in diverse misure e adatti ad aggredire qualsiasi tipologia di terreno, anche rocce dure. Essi vengono montati al posto della punta di perforazione e tirati a ritroso attraverso le aste cave, al cui interno possono essere immesse aria e/o acqua ad alta pressione per agevolare l'aggressione del terreno oltre che lo spurgo del materiale.

Posa in opera del tubo camicia

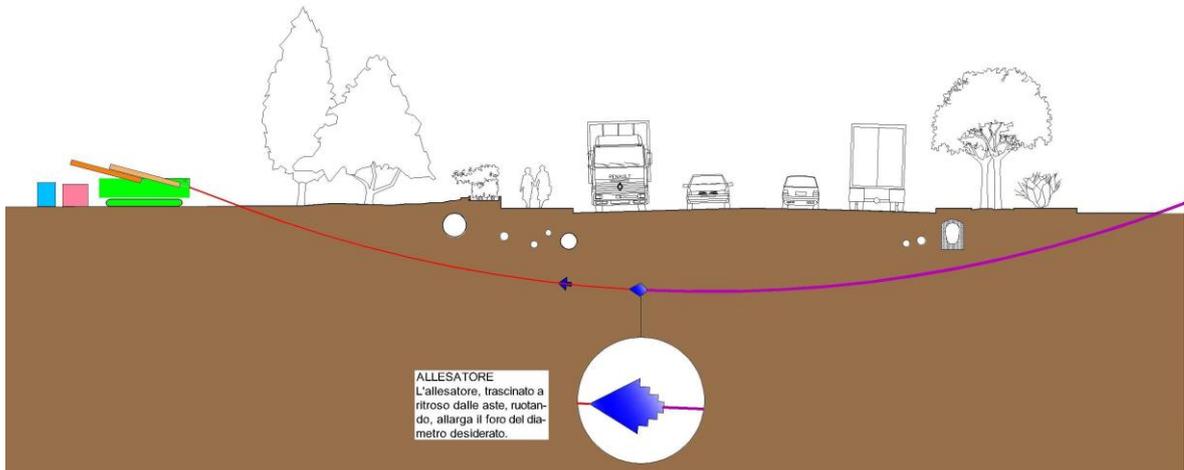
La terza ed ultima fase che in genere, su terreni morbidi e/o incoerenti, avviene contemporaneamente a quella di "alesaggio", è l'infilaggio del tubo camicia all'interno del foro alesato.

La tubazione camicia generalmente in PEAD, se di diametro superiore ai 110 mm, viene saldata a caldo preventivamente, e ancorata ad uno strumento di collegamento del tubo camicia all'asta di rotazione. Questo strumento, chiamato anche "girella", evita durante il tiro del tubo camicia che esso ruoti all'interno del foro insieme alle aste di perforazione.

097.19.03.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Gen. 2024	50	73



fase 1: REALIZZAZIONE FORO PILOTA CON CONTROLLO ALTIMETRICO



fase 2: ALESAGGIO DEL FORO PILOTA E TIRO TUBO CAMICIA

097.19.03.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Gen. 2024	51	73

12 OPERE CIVILI

12.1 Strutture di supporto dei moduli

Ciascuna struttura di sostegno dei moduli di conversione fotovoltaica è sostenuta da pali del diametro adeguato infissi a terra, senza fondazioni. La lunghezza dei pali e la profondità di infissione potrà variare in funzione del tipo di terreno, ma ha generalmente il valore di 1,3-1,5m.

A tal fine saranno rispettate norme, leggi e disposizioni vigenti in materia.

I moduli fotovoltaici saranno imbullonati alla barella di sostegno tramite bulloni in acciaio inox delle dimensioni opportune. Le barelle ed i telai saranno di altezza circa pari a 3m e distribuiti uniformemente sul terreno in modo da minimizzare l'impatto visivo.

12.2 Cabine elettriche

Le cabine elettriche svolgono la funzione di edifici tecnici adibiti a locali per la posa dei quadri, del trasformatore, e delle apparecchiature di telecontrollo e di consegna e misura.

Esse verranno realizzate con struttura prefabbricata con vasca di fondazione.

La **cabina elettrica di campo** è composta da tre sezioni e contiene:

- 1 vano trasformatore AT/BT;
- 1 vano quadri AT, trasformatore servizi ausiliari;
- 1 vano quadri BT;

La cabina elettrica di campo sarà costituita da un edificio dalla superficie complessiva di circa 22,8 mq (6,9 x 3,3 metri) per una cubatura complessiva di circa 66mc. L'accesso alla cabina elettrica di campo avviene tramite la viabilità interna.

La struttura prevista sarà prefabbricata in c.a.v. monoblocco costituita da pannelli di spessore 80 mm e solaio di copertura di 100 mm realizzati con armatura in acciaio FeB44K e calcestruzzo classe Rck 400 kg/cmq. La fondazione sarà costituita da una vasca prefabbricata in c.a.v. di altezza 50 cm predisposta con forature a frattura prestabilita per passaggio cavi AT/BT. In alternativa potrà essere realizzata in materiale metallico, tipo container.

La rifinitura della cabina, nel caso essa sia prefabbricata, comprende:

097.19.03.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Gen. 2024	52	73



- impermeabilizzazione della copertura con guaina di spessore 4 mm;
- imbiancatura interna con tempera di colore bianco;
- rivestimento esterno con quarzo plastico;
- impianto di illuminazione;
- impianto di terra interno realizzato con piattina in rame 25x2 mm;
- fornitura di 1 kit di Dispositivi di Protezione Individuale;
- porte e serrande metalliche di mm 1200x2200, 2000x2300 e 2400x2600 con serratura.

La cabina sarà costituita da 3 locali compartimentali adibiti rispettivamente a locale quadri BT, trasformazione in AT e quadri AT.

Il primo locale conterrà 2 quadri BT; il locale di trasformazione conterrà un trasformatore 800/36000 V da 6000 kVA con doppio secondario, il terzo locale conterrà i quadri AT.

Le pareti esterne del prefabbricato verranno colorate in tinta adeguata, per un miglior inserimento ambientale, salvo diversa prescrizione degli Enti preposti, mentre le porte d'accesso e le finestre di aerazione saranno in lamiera zincata verniciata.

La cabina sarà dotata di un adeguato sistema di ventilazione per prevenire fenomeni di condensa interna e garantire il corretto raffreddamento delle macchine elettriche presenti.

La sicurezza strutturale dei manufatti dovrà essere garantita dal fornitore. I relativi calcoli strutturali sono stati eseguiti in conformità alla normativa vigente sui manufatti in calcestruzzo armato.

Per la descrizione particolareggiata del manufatto si rimanda all'elaborato specifico cabina di campo: pianta e sezioni.

La **cabina di impianto** raccoglie tutti i cavi provenienti dalle cabine di campo e convoglia l'energia prodotta dall'impianto, tramite un elettrodotto interrato in alta tensione (AT), alla stazione elettrica di "Tuscania".

La costruzione della cabina verrà realizzata in calcestruzzo armato o in metallo (tipo container) e questa sarà posizionata nell'area più a sud dell'impianto in prossimità dell'accesso al sito, come si evince dalla planimetria dell'impianto allegata alla presente (097.19.03.W03).

L'accesso alla cabine elettrica di impianto avviene tramite la viabilità interna. La sistemazione di tale viabilità (percorsi di passaggio tra le strutture), sarà realizzata in materiale stabilizzato permeabile. La dimensione delle strade è stata scelta per consentire il passaggio di mezzi idonei ad effettuare il montaggio e la manutenzione dell'impianto.

097.19.03.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Gen. 2024	53	73



I cavi elettrici BT dell'impianto e i cavi di collegamento AT della cabina di campo alla cabina di impianto saranno sistemati in appositi cunicoli e cavidotti interrati.

Nessuna nuova viabilità esterna sarà realizzata essendo l'area già servita da infrastrutture viarie adeguate.

Per l'accesso all'impianto dalla viabilità pubblica (accesso principale realizzato a partire dalla S.P. sul lato Nord-Ovest dell'impianto) sarà realizzato un breve tratto di strada in materiale misto stabilizzato.

La cabina di impianto è situata all'interno dell'area più a sud ed è costituita dai seguenti vani:

- 1 locale TSA
- 1 locale AT;
- 1 Sala quadri controllo e protezioni
- 1 locale ufficio
- 1 Sala contatori

La cabina di impianto sarà costituita da un edificio della superficie complessiva di circa 142mq (26 x 6,7 metri) per una cubatura complessiva di circa 524mc. Come detto, l'accesso al locale misure della cabina elettrica di consegna avviene dall'esterno.

L'edificio suddetto sarà dotato di impianto elettrico realizzato a norma della legge 37/08 e suo regolamento di attuazione.

097.19.03.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Gen. 2024	54	73

12.3 Recinzioni



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

La recinzione continua lungo il perimetro dell'area d'impianto sarà costituita da elementi modulari rigidi in tondini di acciaio elettrosaldati di diverso diametro che conferiscono una particolare resistenza e solidità alla recinzione.

Essa offre una notevole protezione da eventuali atti vandalici, lasciando inalterato un piacevole effetto estetico e costituisce un sistema di fissaggio nel rispetto delle norme di sicurezza.

Per consentire il passaggio della fauna selvatica di piccola taglia si prevede la realizzazione a non più di 20 metri l'uno dall'altro, di varchi nelle recinzioni della dimensione minima di 30x30 cm, a livello del terreno, per consentire il passaggio della piccola fauna.

La recinzione avrà altezza complessiva di circa 200 cm con pali di sezione 60x60 mm disposti ad interassi regolari di circa 1 m con 4 fissaggi su ogni pannello ed incastrati alla base su un palo tozzo in c.a. trivellato nel terreno fino alla profondità massima di 1,00 m dal piano campagna.

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

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

La recinzione presenta le seguenti caratteristiche tecniche:

PANNELLI

Zincati a caldo, elettrosaldati con rivestimento protettivo in Poliestere.

Larghezza mm 2000.

Maglie mm 150 x 50.

Diametro dei fili verticali mm 5 e orizzontali mm 6.

097.19.03.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Gen. 2024	55	73



PALI

Lamiera d'acciaio a sezione quadrata.

Sezione mm 60 x 60 x 1,5.

Giunti speciali per il fissaggio dei pannelli.

Fornibili con piastra per tassellare.

COLORI

Verde Ral 6005 e Grigio Ral 7030, altri colori a richiesta.

CANCELLI

Cancelli autoportanti e cancelli scorrevoli.

Cancelli a battente carrai e pedonali.

RIVESTIMENTI

Pannelli

Zincati a caldo con quantità minima di zinco secondo norme DIN 1548 B.

Plastificazione con Poliestere spessore da 70 a 100 micron.

Pali

Zincati a caldo.

Plastificazione con Poliestere spessore da 70 a 100 micron.

Di seguito si sintetizzano le caratteristiche dimensionali della gamma di prodotti scelti.

Pannelli larghezza 2000			Pali 60x60	
Altezza nominale recinzione	Altezza reale pannello	Numero fissaggi	Altezza pali da cementare	Altezza pali su Piastre speciali
1000	1080	3	1300	1100
1400	1380	3	1700	1400
1700	1680	4	2000	1700
2000	1980	4	2300	2000
Dimensioni espresse in mm.				

Tabella 3: – Caratteristiche dimensionali della recinzione



12.4 Livellamenti

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

L'adozione della soluzione a palo infisso senza fondazioni ridurrà praticamente a zero la necessità di livellamenti localizzati, necessari invece in caso di soluzioni a plinto.

Saranno necessari degli sbancamenti localizzati nelle sole aree previste per la posa delle cabine di campo BT/AT e per la realizzazione della cabina di impianto.

La posa della recinzione sarà effettuata in modo da seguire l'andamento del terreno.

La posa delle canalette portacavi non necessiterà in generale di interventi di livellamento.

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

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

12.5 Movimenti di terra

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

CALCOLO VOLUMI DI SCAVO					
	Lunghezza [m]	Larghezza [m]	Profondità [m]	N	m ³
STRADA PERIMETRALE	6400	4	0.4		10240
CAVIDOTTI BT	40000	0.3	1		12000
CAVIDOTTI AT SEZIONE "A"	2730	0.5	1.5		2048
CAVIDOTTI AT SEZIONE "B"	3888	0.7	1.5		4082
FONDAZIONI CABINA DI CAMPO	6.88	3.28	1.2	5	135
FONDAZIONI CABINA DI IMPIANTO	26	6.7	1.35	1	235
TOTALE					28740

Tabella 4: – Volumi di scavo

Si precisa che, trattandosi di un sito ubicato in zona agricola, il materiale di risulta degli scavi sarà in parte riutilizzato in sito, mentre il rimanente dovrà essere conferito come rifiuto a idoneo impianto di recupero/smaltimento.

097.19.03.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Gen. 2024	57	73



12.6 Scolo acque

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

097.19.03.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Gen. 2024	58	73



13 GESTIONE IMPIANTO

L'impianto Agrivoltaico non richiederà, di per sé, il presidio da parte di personale preposto. L'impianto, infatti, verrà esercito, a regime, mediante il sistema di supervisione che consentirà di rilevare le condizioni di funzionamento e di effettuare comandi sulle macchine ed apparecchiature da remoto, o, in caso di necessità, di rilevare eventi che richiedano l'intervento di squadre specialistiche.

Il sistema di controllo dell'impianto avverrà tramite due tipologie di controllo: controllo locale e controllo remoto.

- Controllo locale: monitoraggi tramite PC centrale, posto in prossimità dell'impianto, tramite software apposito in grado di monitorare e controllare gli inverter;
- Controllo remoto: gestione a distanza dell'impianto tramite modem GPRS con scheda di rete Data-Logger montata a bordo degli inverter.

Il sistema di controllo con software dedicato, permetterà l'interrogazione in ogni istante dell'impianto, al fine di verificare la funzionalità degli inverter installati, con la possibilità di visionare le funzioni di stato, comprese le eventuali anomalie di funzionamento.

Le principali grandezze controllate dal sistema saranno:

- Potenze dell'inverter;
- Tensione di campo dell'inverter;
- Corrente di campo dell'inverter;
- Radiazioni solari;
- Temperatura ambiente;
- Velocità del vento;
- Letture dell'energia attiva e reattiva prodotte.

La connessione tra gli inverter e il PC avverrà tramite un box acquisizione (convertitore USB/RS485 MODBUS).

097.19.03.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Gen. 2024	59	73

14 FASI DI LAVORAZIONE

La realizzazione dell’impianto sarà divisa in varie fasi.

Ogni fase potrà prevedere il noleggio di uno o più macchinari (muletti, escavatrici, gru per la posa della cabina prefabbricata, ecc.)

A questo proposito è opportuno precisare che non sono previsti interventi di adeguamento della viabilità pubblica pre-esistente al fine di consentire il transito dei mezzi idonei al montaggio e alla manutenzione.

È previsto l’intervento di squadre di operai differenziate a seconda del tipo di lavoro da svolgere.

È previsto l’intervento minimo di 2 squadre per ognuno dei 2 sottocampi durante la fase di esecuzione.

Verranno impiegati in prima analisi i seguenti tipi di squadre:

- Manovali edili
- Elettricisti
- Montatori meccanici
- Ditte specializzate

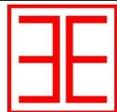
Le tipologie principali di mezzi che si prevede potranno essere utilizzate per le attività di costruzione sono:

- mezzi cingolati;
- autocarri;
- escavatori;
- pale meccaniche;
- merli;
- autobetoniere;
- battipalo;
- autogru.

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

A fianco di ogni fase è specificato il tempo di esecuzione stimato ed il tipo di manodopera coinvolta.

097.19.03.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Gen. 2024	60	73

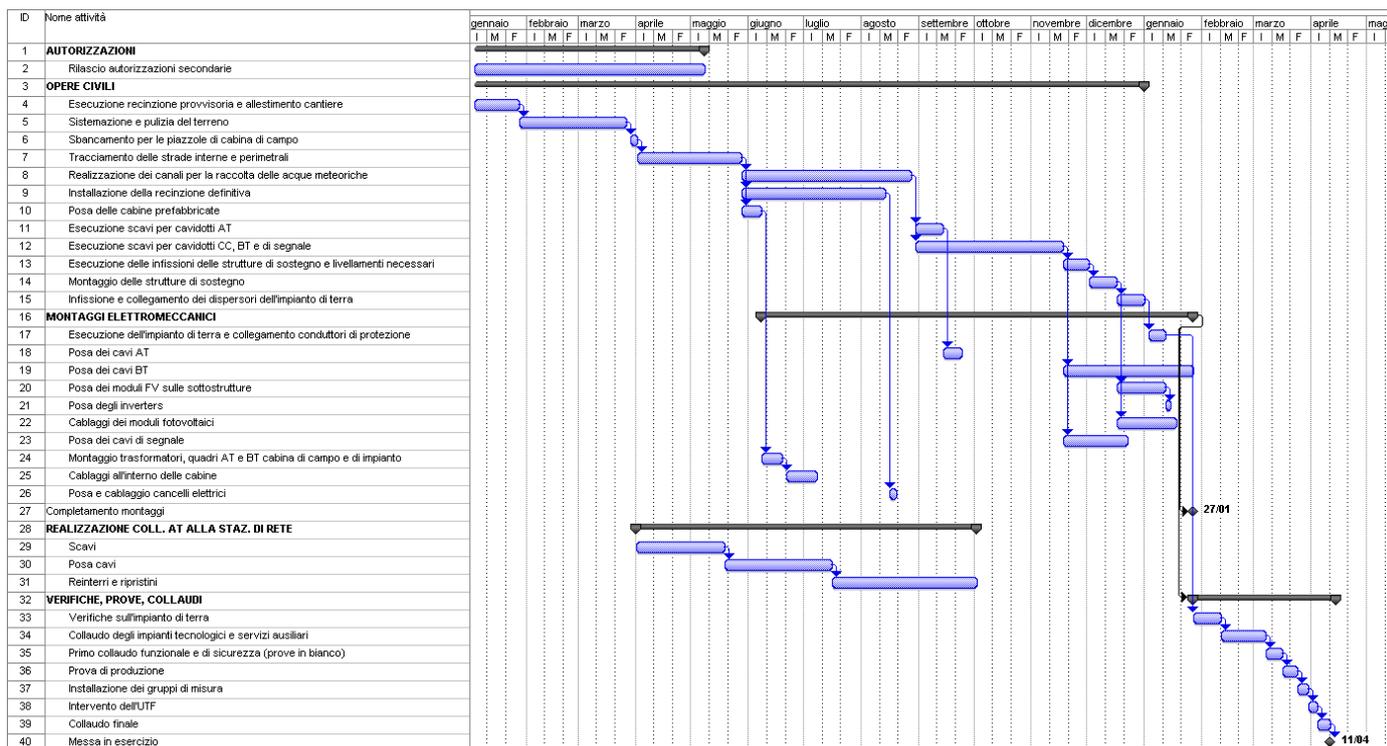


FASE	Uomini-giorno	N° persone	Tempo [gg lav]	Operatore
AUTORIZZAZIONI				
Rilascio autorizzazioni secondarie	na	na	20.00	Ufficio
OPERE CIVILI				
Esecuzione recinzione provvisoria e allestimento cantiere	150.0	8	18.75	Manovali edili
Sistemazione e pulizia del terreno	341.7	8	42.71	Ditta specializzata
Sbancamento per le piazzole di cabina di campo	16.0	4	4.00	Manovali edili
Tracciamento delle strade interne e perimetrali	320.0	8	40.00	Manovali edili
Realizzazione dei canali per la raccolta delle acque meteoriche	1066.7	16	66.67	Manovali edili
Installazione della recinzione definitiva	450.0	8	56.25	Manovali edili
Posa delle cabine prefabbricate	26.7	4	6.67	Ditta specializzata
Esecuzione scavi per cavidotti AT	262.4	24	10.93	Manovali edili
Esecuzione scavi per cavidotti BT e di segnale	1600.0	28	57.14	Manovali edili
Esecuzione delle infissioni delle strutture di sostegno e livellamenti necessari	217.0	24	9.04	Manovali edili
Montaggio delle strutture di sostegno	434.0	40	10.85	Montatori meccanici
Infissione e collegamento dei dispersori dell'impianto di terra	434.0	40	10.85	Manovali edili
MONTAGGI ELETTROMECCANICI				
Esecuzione dell'impianto di terra e collegamento conduttori di protezione	205.0	30	6.83	Elettricisti
Posa dei cavi AT	131.2	16	8.20	Elettricisti
Posa dei cavi BT	800.0	16	50.00	Elettricisti
Posa dei moduli FV sulle sottostrutture	675.0	40	16.88	Elettricisti
Posa degli inverters	25.5	10	2.55	Ditta specializzata
Cablaggi dei moduli fotovoltaici	1080.0	50	21.60	Elettricisti
Posa dei cavi di segnale	400.0	16	25.00	Elettricisti
Montaggio trasformatori, quadri AT e BT cabina di campo e di impianto	53.3	6	8.89	Elettricisti
Cablaggi all'interno delle cabine	80.0	6	13.33	Ditta specializzata
Posa e cablaggio cancelli elettrici	12.0	3	4.00	Manovali edili
Completamento e verifica montaggi	25.0	6	4.17	Elettricisti
REALIZZAZIONE COLL. AT ALLA STAZ. DI RETE				
Scavi	133.40	4	33.35	Manovali edili
Posa cavi	166.75	4	41.69	Elettricisti/edili
Reinterri e ripristini	222.33	4	55.58	Manovali edili
VERIFICHE, PROVE, COLLAUDI				
Verifiche sull'impianto di terra	41.0	8	5.1	Elettricisti
Collaudo degli impianti tecnologici e servizi ausiliari	69.9	8	8.7	Ditta specializzata
Primo collaudo funzionale e di sicurezza (prove in bianco)	80.0	12	6.7	Direzione lavori
Prova di produzione	80.0	12	6.7	Direzione lavori
Installazione dei gruppi di misura	15.0	4	3.8	TERNA
Intervento dell'UTF	10.0	4	2.5	UTF
Collaudo finale	60.0	12	5.0	Direzione lavori
Messa in esercizio	30.0	10	3.0	Ditta specializzata

La realizzazione del solo impianto FV è prevista complessivamente in circa 16 mesi.

La realizzazione del collegamento AT all'ampliamento della SE "Tuscania" è prevista complessivamente in circa 10 mesi.

097.19.03.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Gen. 2024	61	73



14.1 Dettaglio fasi di cantiere

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

14.1.1 Montaggio del cantiere

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

- 7 Container attrezzati per la funzione di uffici, uno per la Direzione Lavori e uno per le principali imprese appaltatrici
- 3 container uso magazzino per le imprese appaltatrici
- 8 bagni chimici
- N°2 depositi acqua da 1000 litri per acqua di cantiere
- Recinzione provvisoria di cantiere
- Allaccio provvisorio rete BT di cantiere
- Scarrabili per la raccolta degli imballaggi (rifiuti)

097.19.03.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Gen. 2024	62	73

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

14.1.2 Realizzazione recinzione definitiva

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

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

14.1.3 Approvvigionamento materiali

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

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

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

Fornitura	Tipologia Trasporto	Provenienza	n. Viaggi
Strutture portanti	Con Autoarticolato 	Estero	100



Fornitura	Tipologia Trasporto	Provenienza	n. Viaggi
Cabine prefabbricate	<p>Trasporto mediante rimorchio piatto. Un viaggio per ogni base e uno per ogni "set" per assemblaggio della cabina di impianto o di campo.</p> 	Italia/Estero	20
Moduli	<p>Per i moduli si devono prevedere container da 12,2 x 2,45 x 2,6 metri di altezza.</p> <p>In questo modo per ogni viaggio vengono trasportati circa 700 moduli.</p> 	Estero	80

Fornitura	Tipologia Trasporto	Provenienza	n. Viaggi
Inerti	<p>Gli inerti necessari per la realizzazione delle strade saranno approvvigionati da ditte locali e trasportati con mezzi specializzati.</p> <p>Si considera che un mezzo può trasportare circa 22 metri cubi di inerti. Nel calcolo del numero di viaggi occorre tenere conto che il materiale di risulta degli scavi verrà riutilizzato solo in parte; il rimanente verrà pertanto conferito ad idoneo impianto di trattamento.</p> 	Locale	2000

Partendo dal presupposto che per motivi di sicurezza il numero medio di viaggi/giorno dei mezzi pesanti non possa superare un valore di 35-40 viaggi/giorno, si stima che la consegna dei materiali e la movimentazione terra occupi un periodo complessivo della durata di circa 50-60 giorni lavorativi.

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



Ipotizzando che il numero di box contenuti in ogni container sia pari a 18, gli imballaggi in cartone saranno dunque stimabili intorno a 1800 unità, per un peso complessivo di circa 64.800 kg di cartone e 21.600 kg di pancali di legno.

14.1.4 Lavori preliminari elettrici

I lavori preliminari elettrici sono essenzialmente costituiti dalla realizzazione dei cavidotti interrati.

Vengono realizzati gli scavi per i cavidotti, posato uno strato di sabbia e sopra ad esso i tubi in PVC per il passaggio dei cavi. Quindi lo scavo viene riempito con inerti utilizzando piccoli escavatori.

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

14.1.5 Cabine di campo e cabine di impianto

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

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

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



097.19.03.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Gen. 2024	66	73

14.1.6 Montaggio strutture e posa moduli

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

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



Il rumore emesso dalla battipali raggiunge normalmente valori intorno ai 90 dBA ad un metro di distanza dalla macchina.

14.1.7 Lavori elettricista

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

14.1.8 Smantellamento cantiere

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

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

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

097.19.03.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Gen. 2024	67	73



15 MANUTENZIONE

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

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



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

16 DISMISSIONE

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

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

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

In caso di smantellamento dell’impianto, questo avverrà nel rispetto delle norme di sicurezza presenti e future, attraverso una sequenza di fasi operative che sinteticamente sono riportate di seguito:

- disconnessione dell’intero impianto dalla rete elettrica;
- messa in sicurezza dei generatori fotovoltaici (inverter);
- smontaggio delle apparecchiature elettriche in campo;
- smontaggio dei quadri string box, delle cabine di trasformazione di campo e della cabina di raccolta;
- smontaggio dei moduli fotovoltaici nell’ordine seguente:
 - smontaggio dei pannelli;
 - smontaggio delle strutture di supporto e delle fondazioni;
- recupero dei cavi elettrici BT ed AT di collegamento tra i moduli, inverter e le cabine;
- demolizione delle opere in calcestruzzo a servizio dell’impianto;
- demolizione di strade e opere di recinzione;
- rimozione dell’impianto di irrigazione (se non più utile ai fini agricoli)
- ripristino dell’area.

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

Il prodotto più tecnologicamente sviluppato e maggiormente presente in peso nel campo è il modulo fotovoltaico: è stata istituita un’associazione/progetto di produttori di celle e moduli fotovoltaici, chiamata PV-Cycle. L’associazione consta al momento più di 40 membri tra i maggiori paesi industrializzati, tra cui TOTAL, SHARP, REC e molti altri giganti del settore. Il progetto si propone di riciclare ogni modulo a fine vita. Il costo dell’operazione è previsto da sostenersi a cura dei produttori facenti parte dell’associazione.

097.19.01.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Gen. 2024	70	73

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

Per le ragioni appena esposte lo smaltimento/riciclaggio dei moduli non rappresenterà un futuro problema.

Prodotti quali gli inverter, i trasformatori BT/AT, ecc., verranno ritirati e smaltiti a cura del produttore.

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

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

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

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

Le azioni da intraprendersi sono le seguenti:

Rimozione dei pannelli fotovoltaici

Per quanto riguarda lo smaltimento dei pannelli fotovoltaici l'obiettivo è quello di riciclare pressoché totalmente i materiali impiegati.

Infatti circa il 90–95 % del peso del modulo è composto da materiali che possono essere riciclati attraverso operazioni di separazione e lavaggio; i principali componenti di un pannello fotovoltaico sono:

- silicio;
- componenti elettrici;
- metalli;
- vetro.

Le operazioni previste per la demolizione e successivo recupero/smaltimento dei pannelli fotovoltaici consisteranno nello smontaggio dei moduli ed invio degli stessi ad idonea piattaforma che effettuerà le seguenti operazioni di recupero:

- recupero cornice di alluminio;
- recupero vetro;
- recupero integrale della cella di silicio o recupero del solo wafer;

097.19.01.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Gen. 2024	71	73



- o invio a smaltimento del materiale non recuperabile.

La tecnologia per il recupero e riciclo dei materiali, valida per i pannelli a silicio cristallino è una realtà industriale che va consolidandosi sempre più. A titolo di esempio l'Associazione PV CYCLE, che raccoglie il 70% dei produttori europei di moduli fotovoltaici (circa 40 aziende) ha un programma per il recupero dei moduli e ha attivato un impianto di riciclo; i produttori First Solar e Solar World hanno già in funzione due impianti per il trattamento dei moduli con recupero del 90% dei materiali e IBM ha già messo a punto e sperimentato una tecnologia per il recupero del silicio dai moduli difettosi.

Rimozione delle strutture di sostegno

Le strutture di sostegno dei pannelli saranno rimosse tramite smontaggio meccanico, per quanto riguarda la parte aerea, e tramite estrazione dei pali infissi nel terreno.

I materiali ferrosi ricavati verranno inviati ad appositi centri di recupero.

Impianti ed apparecchiature elettriche

Le linee elettriche e gli apparati elettrici e meccanici saranno rimossi, conferendo il materiale di risulta agli impianti all'uopo deputati dalla normativa di settore per il loro recupero/smaltimento.

Il rame/alluminio degli avvolgimenti e dei cavi elettrici e le parti metalliche verranno inviati ad aziende specializzate nel loro recupero e riciclaggio.

Prodotti quali gli inverter, i trasformatori BT/AT, ecc., verranno ritirati e smaltiti a cura del produttore.

Le polifere ed i pozzetti elettrici verranno rimossi tramite scavo a sezione obbligata che verrà poi nuovamente riempito con il materiale di risulta.

Le colonnine prefabbricate di distribuzione elettrica saranno smantellate ed inviate anch'esse a recupero/smaltimento.

Cabine e opere in calcestruzzo

Per quanto attiene alle cabine elettriche e alle opere in calcestruzzo si procederà alla loro demolizione e all'invio dei materiali di risulta presso impianti di recupero/smaltimento.

097.19.01.R01	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Gen. 2024	72	73



Strade e opere di recinzione

Le strade dell'Impianto e la recinzione saranno smantellate e i materiali di risulta, separati per tipologia (metallo, inerti, ecc.) saranno conferiti a impianti di recupero/smaltimento.

Ripristino dell'area

Alla fine l'area sarà arata per restituirla all'uso agricolo.

Nella tabella seguente sono indicate le modalità di smaltimento dei principali materiali risultanti dalle attività di dismissione dell'impianto.

Materiale	Destinazione finale
Acciaio	Recupero
Materiali metallici	Recupero
Rame	Recupero
Inerti da costruzione	Recupero/smaltimento
Materiali provenienti dalla demolizione delle strade	Recupero/smaltimento
Materiali compositi in fibre di vetro	Recupero/smaltimento
Materiali elettrici e componenti elettromeccanici	Separazione dei materiali pregiati da quelli meno pregiati. Ciascun materiale verrà venduto/recuperato/smaltito in funzione delle esigenze del mercato alla data di dismissione dell'impianto fotovoltaico
Materiali plastici	A recupero/smaltimento