



PROVINCIA  
DI SASSARI



REGIONE  
SARDEGNA



COMUNE DI  
CODRONGIANOS



COMUNE DI  
SILIGO



COMUNE DI  
PLOAGHE

## REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA R.T.N. DELLA POTENZA DI PICCO 63.146,16 kWp

Denominazione Impianto: **IMPIANTO AGROVOLTAICO "PLOAGHE MORES AGR 2"**

Ubicazione: **Comuni di Ploaghe, Codrongianos, Siligo**

**ELABORATO**

**RELAZIONE TECNICA**

**DOC\_R\_06**



CLEAN ENERGY NATURALLY

*Project - Commissioning - Consulting*

CEN SRL  
STRADA DI GUINZA GRANDE  
1 INT. 2 CAP 01014  
MONTALTO DI CASTRO (VT)

Scala: N.A.

PROGETTO

Data:  
**30/11/23**

PRELIMINARE	DEFINITIVO	ESECUTIVO
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Il Richiedente:**

**CCEN PLOAGHE MORES AGR 2 srl**  
PIAZZA WALTHER VON VOGELWEIDE 8  
39100 BOLZANO  
KANZLEI ROEDL & PARTNER  
P IVA 03083040216

**Tecnici:**

Ing. Mauro Marchino - Albo Ingegneri Viterbo n° A666  
Prof. Giuseppe Scanu - Ordine dei Geologi della Sardegna n. 32

Revisione	Data	Descrizione	Redatto	Approvato	Autorizzato
01					
02					
03					
04					

**Firma Produttore**

**Firme**



## Indice generale

PREMESSA.....	2
NORMATIVE E LEGGI DI RIFERIMENTO.....	2
NORMATIVA FOTOVOLTAICA.....	2
ALTRA NORMATIVA SUGLI IMPIANTI ELETTRICI.....	3
NORMATIVA A CARATTERE GENERALE.....	4
CARATTERISTICHE GENERALI.....	5
PRESTAZIONI ED EMISSIONI EVITATE.....	7
ARCHITETTURA DELL'IMPIANTO.....	9
SOTTOCAMPO SC-2.....	10
SOTTOCAMPO SC-3.....	13
SOTTOCAMPO SC-4.....	15
SOTTOCAMPO SC-5.....	16
SOTTOCAMPO SC-6.....	17
COMPONENTI IMPIANTO DI PRODUZIONE.....	19
MODULI FOTOVOLTAICI.....	19
STRINGHE.....	22
INVERTER.....	23
TRACKER.....	24
POWER STATION O CENTRI DI TRASFORMAZIONE CT.....	26
TRASFORMATORI.....	28
ILLUMINAZIONE E VIDEOSORVEGLIANZA.....	29
VIABILITÀ INTERNA.....	30
CABINA ELETTRICA DI PARALLELO O CABINE DI UTENZA.....	30
CONTROL ROOM.....	31
RECINZIONE E CANCELLI DI INGRESSO.....	31
SISTEMA DI ACCUMULO.....	32
DEFINIZIONE POTENZE IMPIANTO AGROVOLTAICO " <i>Ploaghe Mores AGR 2</i> ".....	33
CONNESSIONE ALLA RETE.....	34
OPERE DI CONNESSIONE DI UTENZA.....	35
ELETTRODOTTO MT.....	35
OPERE DI CONNESSIONE DI RETE.....	41
NUOVA SE DI ELEVAZIONE TERNA 36 KV/150 KV " <i>CODRONGIANOS</i> ".....	41

## PREMESSA

La presente relazione tecnica ha come fine illustrare dal punto di vista tecnico l'impianto fotovoltaico denominato impianto agrovoltaiico "*Ploaghe Mores AGR 2*" e le relative opere di connessione alla RTN da realizzare nel Comune di Codrongianos, Siligo e Ploaghe.

In particolare verranno illustrate le seguenti opere da autorizzare:

- Impianto di generazione da fonte solare fotovoltaica;
- Elettrodotto di connessione in media tensione interrato tra l'impianto di generazione e la nuova Stazione Elettrica di elevazione 36 kV/380 kV di Codrongianos
- Elettrodotto di connessione in alta tensione tra l'ampliamento della Stazione TERNA "Tuscania " e la porzione di stazione esistente;

La potenza di picco dell'impianto è pari a **63.146,16** kWp come somma delle potenze nominali dei singoli pannelli fotovoltaici che compongono l'impianto.

## NORMATIVE E LEGGI DI RIFERIMENTO

L'impianto fotovoltaico oggetto della presente relazione sarà realizzato in conformità alle vigenti Leggi/Normative tra le quali si segnalano le seguenti principali:

### **NORMATIVA FOTOVOLTAICA**

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

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

UNI 8477: Energia solare – Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia – Valutazione dell'energia raggiante ricevuta;

CEI EN 60904: Dispositivi fotovoltaici – Serie;

CEI EN 61215 (CEI 82-8): Moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo;

CEI EN 61646 (CEI 82-12): Moduli fotovoltaici (FV) a film sottile per usi terrestri - Qualifica del progetto e approvazione di tipo;

CEI EN 61724 (CEI 82-15): Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici - Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati;

CEI EN 61730-1 (CEI 82-27) Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) - Parte 1: Prescrizioni per la costruzione;

CEI EN 61730-2 (CEI 82-28) Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) - Parte 2: Prescrizioni per le prove;

CEI EN 62108 (CEI 82-30): Moduli e sistemi fotovoltaici a concentrazione (CPV) - Qualifica di progetto e approvazione di tipo;

CEI EN 62093 (CEI 82-24): Componenti di sistemi fotovoltaici - moduli esclusi (BOS) – Qualifica di progetto in condizioni ambientali naturali;

EN 62116 Test procedure of islanding prevention measures for utility-interconnected photovoltaic inverters;

CEI EN 50380 (CEI 82-22): Fogli informativi e dati di targa per moduli fotovoltaici;

CEI EN 50521 (CEI 82-31) Connettori per sistemi fotovoltaici - Prescrizioni di sicurezza e prove;

CEI EN 50524 (CEI 82-34) Fogli informativi e dati di targa dei convertitori fotovoltaici;

CEI EN 50530 (CEI 82-35) Rendimento globale degli inverter per impianti fotovoltaici collegati alla rete elettrica;

EN 62446 (CEI 82-38) Grid connected photovoltaic systems - Minimum requirements for system documentation, commissioning tests and inspection;

CEI 20-91 Cavi elettrici con isolamento e guaina elastomerici senza alogeni non propaganti la fiamma con tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua per applicazioni in impianti fotovoltaici.

### **ALTRA NORMATIVA SUGLI IMPIANTI ELETTRICI**

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

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

CEI-UNEL 35027: Dimensionamento cavi in Media Tensione

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

CEI EN 50438 (CEI 311-1) Prescrizioni per la connessione di micro-generatori in parallelo alle reti di distribuzione pubblica in bassa tensione;

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 EN 60099-1 (CEI 37-1): Scaricatori - Parte 1: Scaricatori a resistori non lineari con spinterometri per sistemi a corrente alternata;

CEI EN 60439 (CEI 17-13): Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT), serie;

CEI EN 60445 (CEI 16-2): Principi base e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, marcatura e identificazione - Individuazione dei morsetti e degli apparecchi e delle estremità dei conduttori designati e regole generali per un sistema alfanumerico;

CEI EN 60529 (CEI 70-1): Gradi di protezione degli involucri (codice IP);

CEI EN 60555-1 (CEI 77-2): Disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili - Parte 1: Definizioni;

CEI EN 61000-3-2 (CEI 110-31): Compatibilità elettromagnetica (EMC) - Parte 3: Limiti - Sezione 2: Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso  $\leq 16$  A per fase);

CEI EN 62053-21 (CEI 13-43): Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) – Prescrizioni particolari - Parte 21: Contatori statici di energia attiva (classe 1 e 2);

CEI EN 62053-23 (CEI 13-45): Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) – Prescrizioni particolari - Parte 23: Contatori statici di energia reattiva (classe 2 e 3);

CEI EN 50470-1 (CEI 13-52) Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Parte 1: Prescrizioni generali, prove e condizioni di prova - Apparat di misura (indici di classe A, B e C)

CEI EN 50470-3 (CEI 13-54) Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Parte 3: Prescrizioni particolari - Contatori statici per energia attiva (indici di classe A, B e C);

CEI EN 62305 (CEI 81-10): Protezione contro i fulmini, serie;

CEI 81-3: Valori medi del numero di fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato;

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 V;

CEI 13-4: Sistemi di misura dell'energia elettrica - Composizione, precisione e verifica;

CEI UNI EN ISO/IEC 17025:2008 Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e di taratura.

## **NORMATIVA A CARATTERE GENERALE**

DM 81/08 sulla sicurezza nei cantieri mobili

D.Lgs. 380/01 Testo Unico sull'edilizia

D.Lgs. 285/92 Codice della Strada e Regolamento attuativo

D.Lgs. 152/01 Testo Unico sull'ambiente

Per quanto riguarda il collegamento alla rete e l'esercizio dell'impianto, le scelte progettuali devono essere conformi alle seguenti normative e leggi:

I riferimenti di cui sopra possono non essere esaustivi. Ulteriori disposizioni di legge, norme e deliberazioni in materia, anche se non espressamente richiamati, si considerano applicabili.

## CARATTERISTICHE GENERALI

Il progetto dell'impianto agrovoltaiico "*Ploaghe Mores AGR 2*" dalle caratteristiche agrovoltaiiche si sviluppa su più siti presentando nel contempo un unico punto di connessione alla rete.

L'impianto è costituito da cinque sottocampi siti nei Comuni di Codrongianos, Siligo e Ploaghe nella provincia di Sassari.

Di seguito le posizioni geografiche dei sei siti di installazione:

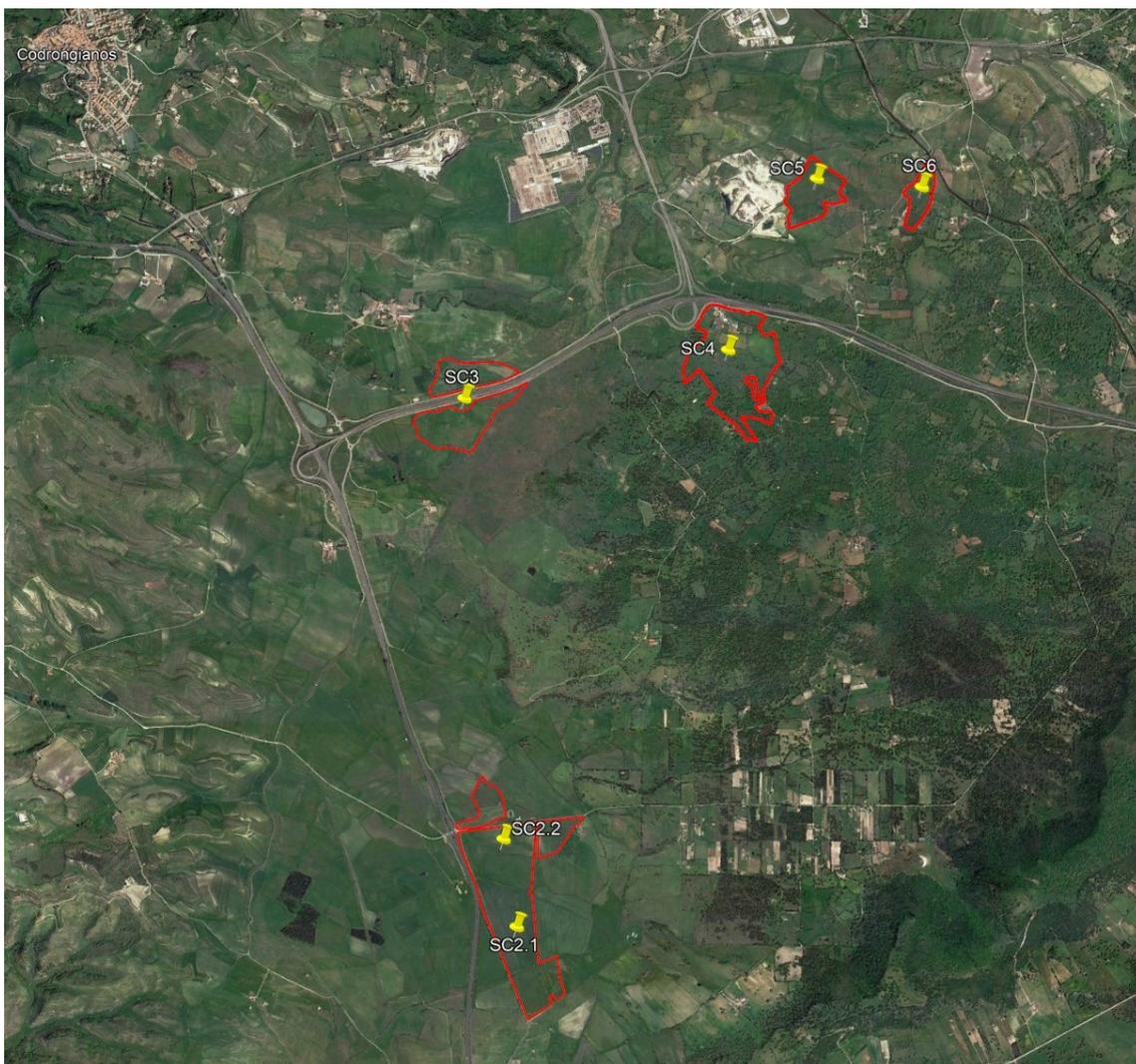
	Denominazione	Comune	Latitudine	Longitudine	Superficie utile
Sottocampo 2	SC-2.1	Codrongianos	40°36'59.90"N	8°42'32.98"E	15 ha 50 a
	SC-2.2	Siligo	40°36'48.82"N	8°42'35.16"E	19 ha 11 a
Sottocampo 3	SC-3	Codrongianos	40°38'22.00"N	8°42'22.58"E	14 ha 68 a
Sottocampo 4	SC-4	Ploaghe	40°38'31.41"N	8°43'26.51"E	20 ha 09 a
Sottocampo 5	SC-5	Ploaghe	40°39'3.51"N	8°43'47.71"E	8 ha 12 a
Sottocampo 6	SC-6	Ploaghe	40°39'1.87"N	8°44'12.99"E	4 ha 10 a
					81 ha 60 a

Tabella 1: Localizzazione impianto agrovoltaiico "*Ploaghe Mores AGR 2*"

La potenza di picco (o di generazione) intesa come somma delle potenze dei moduli fotovoltaici è pari a 63,14616 MW.

La potenza di immissione richiesta e concessa da TERNA è pari a 58,1 MW pari alla stessa potenza nominale come definita dalla CEI 0-16.

In termini di superficie l'impianto si estende per un totale di circa 81,6 ha.



*Illustrazione 1: Impianto su ortofoto*

## PRESTAZIONI ED EMISSIONI EVITATE

L'impianto agrovoltaiico "*Ploaghe Mores AGR 2*" si compone di cinque sottocampi racchiusi in un raggio di circa 2 km e con caratteristiche orografiche simili. Sulla base di ciò si valutano le prestazioni dell'impianto come se i cinque siti fossero concentrati in posizione baricentrica.

Predendo a riferimento i dati forniti dal sito ufficiale PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM ([re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/it/](http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/it/)) della commissione europea relativo all'analisi prestazionale degli impianti fotovoltaici, in considerazione dell'architettura dell'impianto di tipo ad inseguimento monoassiale ad asse orizzontale nord-sud, si ottiene una produzione, normalizzata a 1 kW di potenza fotovoltaica installata, pari a:

Valori inseriti:		
Luogo	[Lat/Lon]:	40.642 N; 8.724 E
Orizzonte:		Calcolato
Database solare:		PVGIS-SARAH2
Tecnologia FV:		Silicio cristallino
FV installato	[kWp]:	<b>1</b>
Perdite di sistema	[%]:	14
Slope angle	[°]:	0
Produzione annuale FV	[kWh]:	<b>1819.8</b>
Irraggiamento annuale	[kWh/m2]:	2312.31
Variazione interannuale	[kWh]:	66.9
Variazione di produzione a causa di:		
Angolo d'incidenza	[%]:	-1.72
Effetti spettrali	[%]:	0.8
Temperatura e irradianza bassa	[%]:	-7.63
Perdite totali	[%]:	-21.3

Tabella 2: Prestazioni

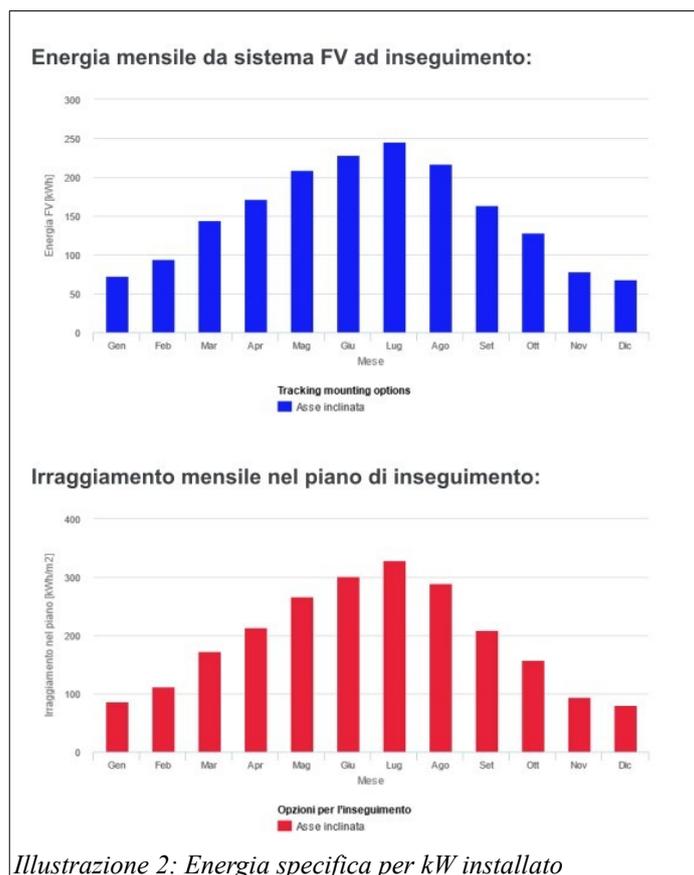


Illustrazione 2: Energia specifica per kW installato

Sulla base di ciò, considerando una potenza installata pari a 63.146,12 kW si può stimare una produzione annua dell'impianto agrovoltaiico "*Ploaghe Mores AGR 2*" di circa:

$$E = 1.820 * 63.146 = 114.926.000 \text{ kWh}$$

In termini di TEP (Tonnellate Equivalenti di Petrolio) risparmiate, considerando un fattore di correlazione pari a 0,23 TEP/MWh indicato nell'allegato n. 3, "Tabella di conversione TEP", del decreto direttoriale 19 marzo 2014 come modificato dal Decreto del Ministero Sviluppo Economico del 27 marzo 2014 si ottiene un risparmio annuo in tal senso pari a:

$$114.926 * 0,23 = 26.432 \text{ TEP}$$

In termini di emissioni in atmosfera, considerando i valori specifici per kWh prodotto da energia termoelettrica, secondo il rapporto Ispra 2021, la sostituzione di un kWh prodotto da fonti fossili con uno prodotto da fonti rinnovabili **consente di evitare l'emissione di 462,2 g CO<sub>2</sub>** con il mix di combustibili fossili del 2019. Ne consegue che la produzione di circa 114.926.000 kWh da fonte fotovoltaica equivale ad una minore emissione in atmosfera di 53.119 tonnellate di CO<sub>2</sub> ogni anno.

Inquinanti	Emissioni specifiche in atmosfera [g/kWh]	Energia Elettrica rinnovabile prodotta dall'impianto agrovoltaiico " <i>Ploaghe Mores AGR 2</i> " [kWh]/anno	Emissioni evitate in un anno [t]	Emissioni evitate in 30 anni [t]
CO <sub>2</sub>	462,200	114.926.000	53.119 t/anno	53.119 x 30 = 1.593.570

Tabella 3: Emissioni CO<sub>2</sub> evitate

## ARCHITETTURA DELL'IMPIANTO

L'impianto agrovoltaiico "*Ploaghe Mores AGR 2*" si compone di cinque sottocampi. Ognuno di questi presenta la stessa architettura di seguito descritta:

- moduli fotovoltaici monocristallini bifacciali a tecnologia della potenza PERC ciascuno di 660 W connessi in serie da 28 moduli;
- strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici ad inseguimento monoassiale nord-sud (o tracker) fondati su profili in acciaio zincato infissi direttamente al suolo di due tipologie:
  - Tipo 1: tracker da due stringhe con due file parallele di moduli fotovoltaici disposti in verticale (28 + 28)
  - Tipo 2: tracker da una stringa con due file parallele di moduli fotovoltaici disposti in verticale (14 + 14)
- inverter della potenza nominale di 300 kW ciascuno distribuiti all'interno dell'impianto (inverter di stringa);
- Cabine di campo prefabbricate costituite da:
  - Cabine di parallelo degli inverter di stringa;
  - cabine di trasformazione alla tensione di connessione 36 kV
  - cabine di media tensione
- Una cabina prefabbricata con la funzione di control room;

A servizio dell'impianto viene poi realizzata una illuminazione perimetrale con faretti posti su pali che sostengono anche le telecamere per la videosorveglianza. Nell'area di ciascun impianto viene poi realizzata una viabilità interna costituita da inerti. Tale viabilità viene utilizzata sia per la fase di costruzione dell'impianto sia per la fase di manutenzione durante la fase operativa.

La cabine di ciascun campo sono fra loro connesse a livello di media tensione con un'architettura di tipo ad anello (RING) in modo tale da ridurre il numero di cavi in media tensione da utilizzare e nel contempo, a secondo dell'assetto assunto (anello chiuso o anello aperto), consentire fuori servizio per ragioni di manutenzione di una delle cabine senza interrompere il funzionamento delle altre.

Di seguito per ogni sottocampo si riportano nel dettaglio le caratteristiche elencate:

## **SOTTOCAMPO SC-2**

Il sottocampo SC-2 ricade in parte sul territorio comunale di Siligo e in parte sul Comune di Codrongianos. Al fine di agevolare la lettura del presente progetto da parte dei Comuni interessati le due aree sono denominate SC2-1 ed SC2.2 anche se dal punto di vista impiantistico non esistono discontinuità.



*Illustrazione 3: Sottocampo SC-2 su ortofoto*

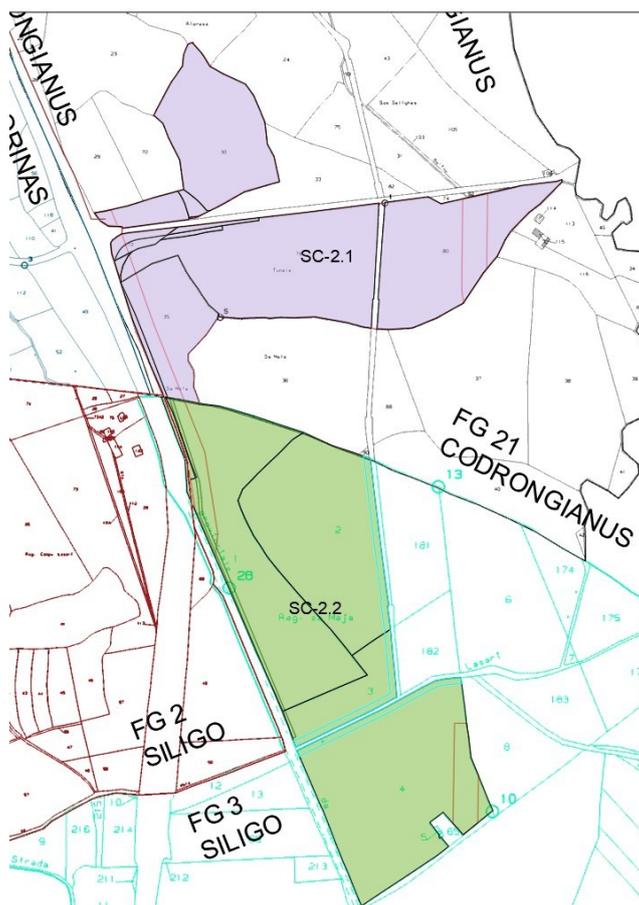


Illustrazione 4: Sottocampo SC-2 su catastale

La sezione SC-2 si compone di:

	SC-2.1	SC-2.2	SC-2
Comune	Codrongianos	Siligo	Codrongianos/Siligo
Numero di moduli	17892	24024	41916
Numero di inverter	35	49	84
Numero di telai T14/T28	69/285	72/393	141/678
Power Station (Cabina TR; Cabina MT; Cabina bt)	4; 4; 4	6; 6; 6	10; 10; 10
Cabina di utenza di media tensione		1	1
Control room		1	1
Superficie recintata	130770 m <sup>2</sup>	166970 m <sup>2</sup>	297740 m <sup>2</sup>
Superficie di mitigazione visiva perimetrale (fascia di 5 metri)	12091 m <sup>2</sup>	10087 m <sup>2</sup>	22178 m <sup>2</sup>
Viabilità interna	3884 m	4800 m	8684 m

Tabella 4: Organizzazione della sezione SC-2

Riepilogando, il sottocampo SC-2 presenta le seguenti caratteristiche

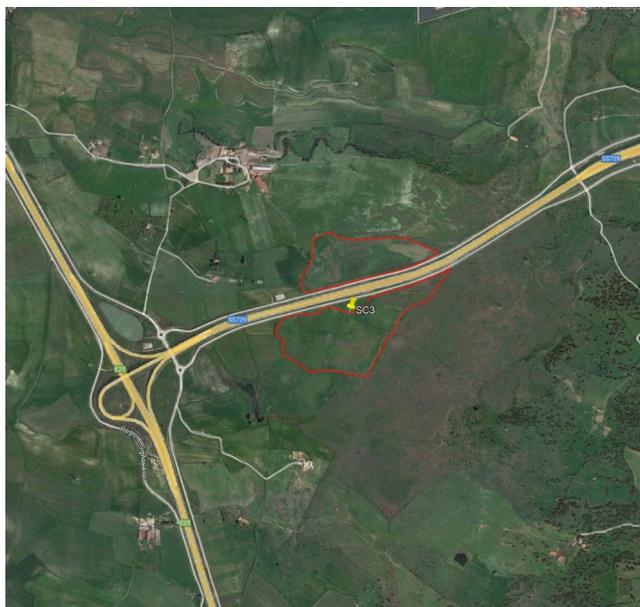
	Comune	No.	T14	T28	Moduli	Max. pitch, m	Min. pitch, m	Area copertura %	Potenza di picco kWp	GCR
SC-2.1	Codrongianos	1	16	62	3920	7.500	7.500	49.64	2587.200	0.63
		2	25	48	3388	38.788	7.500	43.9	2236.080	0.63
		3	28	175	10584	12.788	7.500	54.82	6985.440	0.63
SC-2.2	Siligo	4	48	275	16744	12.788	7.500	52.69	11051.040	0.63
		5	24	118	7280	34.683	7.500	47.41	4804.800	0.63
		<b>Totale</b>	<b>141</b>	<b>678</b>	<b>41916</b>	<b>38.788</b>	<b>7.500</b>	<b>49.692</b>	<b>27664.560</b>	<b>0.63</b>

Tabella 5

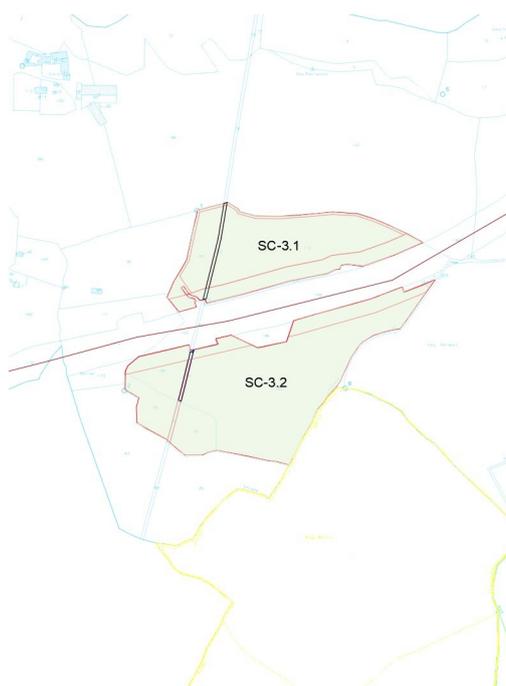
Dalla cabina di parallelo parte l'elettrodotto di media tensione a 36 kV che si sviluppa per circa 7 km in soluzione interamente interrata fino all'area prevista per la realizzazione della nuova Stazione TERNA 36 kV/150 kV di Codrongianos.

### **SOTTOCAMPO SC-3**

Il sottocampo SC-3 si trova localizzato nel Comune di Codrongianos. In particolare si trova ai due lati della SS729 in prossimità dello svincolo con la E25.



*Illustrazione 5: Ortofoto SC-3*



*Illustrazione 6: Sottocampo SC-3 su catastale*

Il sottocampo SC-3 presenta le seguenti caratteristiche:

	SC-3.1	SC-3.2	SC-3
Comune	Codrongianos		
Numero di moduli	5432	12264	<b>17696</b>
Numero di inverter	11	25	<b>36</b>
Numero di telai T14/T28	28/83	52/193	<b>80/276</b>
Power Station (Cabina TR; Cabina MT; Cabina bt)	2; 2; 2	3; 3; 3	<b>5; 5; 5</b>
Cabina di utenza di media tensione	1		<b>1</b>
Control room	1		<b>1</b>
Superficie recintata	44497 m <sup>2</sup>	89101 m <sup>2</sup>	<b>133598 m<sup>2</sup></b>
Superficie di mitigazione visivaperimetrale (fascia di 5 metri)	5386 m <sup>2</sup>	7853 m <sup>2</sup>	<b>13239 m<sup>2</sup></b>
Viabilità interna	1016 m	2650 m	<b>3666 m</b>

Tabella 6: Organizzazione della sezione SC-3

	Comune	No.	T14	T28	Modules	Max. pitch, m	Min. pitch, m	Area coverage, %	Capacity, kWp	GCR
SC-3.1	Codrongianos	1	28	83	5432	12.788	7.500	45.92	3585.120	0.63
SC-3.2		2	52	193	12264	12.788	7.500	49.76	8094.240	0.63
		Total	80	276	17696	12.788	7.500	47.84	11679.360	0.63

Tabella 7

## SOTTOCAMPO SC-4

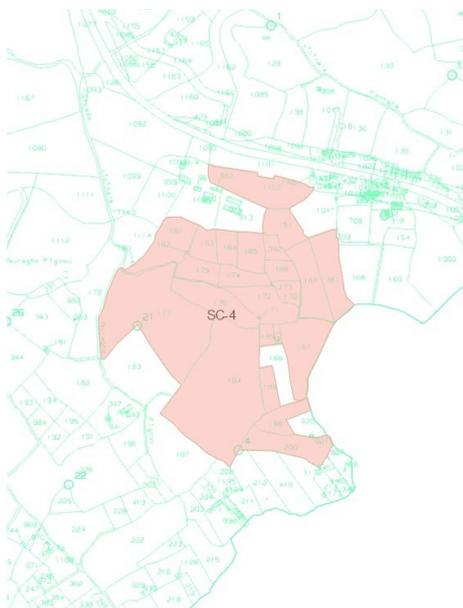


Illustrazione 7: Sottocampo SC-4 su catastale

	SC-4
Comune	Codrongianos
Numero di moduli	23632
Numero di inverter	48
Numero di stringhe	844
Numero di telai T14/T28	64/390
Power Station (Cabina TR; Cabina MT; Cabina bt)	5;5;5
Cabina di utenza di media tensione	1
Control room	1
Superficie recintata	182864
Superficie di mitigazione visiva perimetrale (fascia di 5 metri)	11979 m <sup>2</sup>
Viabilità interna	8530 m

Tabella 8 Organizzazione della sezione SC-4

	Comune	No.	T14	T28	Moduli	Max. pitch, m	Min. pitch, m	Area copertura %	Potenza di picco kWp	GCR
SC-4	Ploaghe	1	21	58	3836	7.500	7.500	50.34	2531.760	0.63
		2	43	332	19796	14.788	7.500	51.85	13065.360	0.63
		<b>Totale</b>	<b>64</b>	<b>390</b>	<b>23632</b>	<b>14.788</b>	<b>7.500</b>	<b>51.095</b>	<b>15597.120</b>	<b>0.63</b>

Tabella 9

## SOTTOCAMPO SC-5

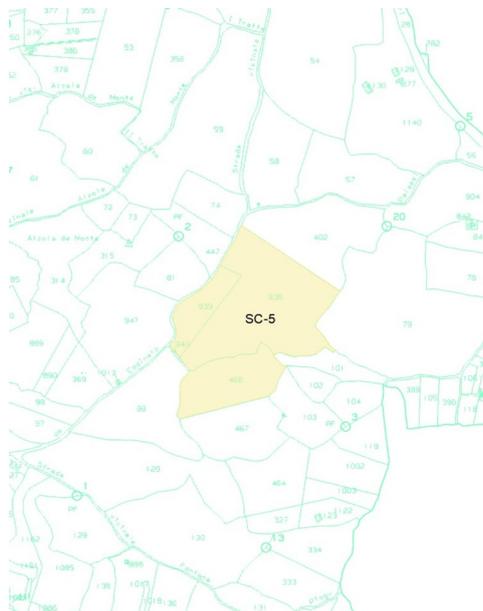


Illustrazione 8: Sottocampo SC-5 su catastale

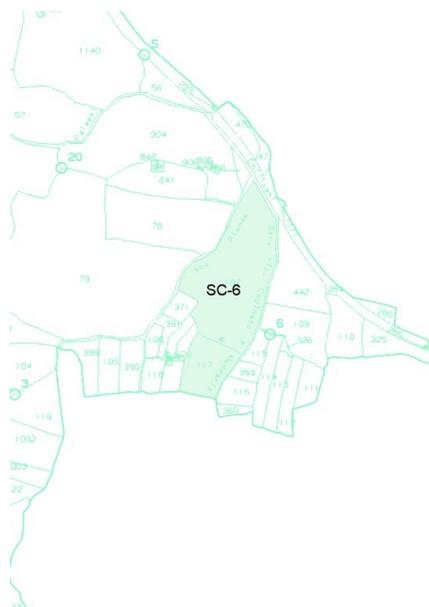
	SC-6
	Codrongianos
Numero di moduli	7924
Numero di inverter	16
Numero di telai T14/T28	53/115
Power Station (Cabina TR; Cabina MT; Cabina bt)	2; 2; 2
Cabina di utenza di media tensione	1
Control room	1
Superficie recintata	76500 m <sup>2</sup>
Superficie di mitigazione visivaperimetrale (fascia di 5 metri)	4760 m <sup>2</sup>
Viabilità interna	2425 m

Tabella 10: Organizzazione della sezione SC-5

	Comune	No.	T14	T28	Moduli	Max. pitch, m	Min. pitch, m	Area copertura %	Potenza di picco kWp	GCR
SC-5	Ploaghe	1	53	115	7924	18,129	7.500	43,05	5229,84	0.63
		<b>Totale</b>	<b>53</b>	<b>115</b>	<b>7924</b>	<b>18,129</b>	<b>7.500</b>	<b>43,05</b>	<b>5229,84</b>	<b>0.63</b>

Tabella 11

## SOTTOCAMPO SC-6



*Illustrazione 9: Sottocampo SC-6 su catastale*

	SC-6
Comune	Ploaghe
Numero di moduli	4508
Numero di inverter	9
Numero di telai T14/T28	19/71
Power Station (Cabina TR; Cabina MT; Cabina bt)	1; 1; 1
Cabina di utenza di media tensione	1
Control room	1
Superficie recintata	36390 m <sup>2</sup>
Superficie di mitigazione visivaperimetrale (fascia di 5 metri)	4714 m <sup>2</sup>
Viabilità interna	1000 m

Tabella 12: Organizzazione della sezione SC-6

	Comune	No.	T14	T28	Moduli	Max. pitch, m	Min. pitch, m	Area copertura %	Potenza di picco kWp	GCR
SC-6	Plaghe	1	19	71	4508	7.500	7.500	46.83	2975.280	0.63

<b>Totale</b>	<b>19</b>	<b>71</b>	<b>4508</b>	<b>7.500</b>	<b>7.500</b>	<b>46.83</b>	<b>2975.280</b>	<b>0.63</b>
---------------	-----------	-----------	-------------	--------------	--------------	--------------	-----------------	-------------

Tabella 13

Riepilogando l'impianto di produzione effettivo si estende su una superficie di terreno agricola di circa 81 ha

	<b>SC-2</b>	<b>SC-3</b>	<b>SC-4</b>	<b>SC-5</b>	<b>SC-6</b>	<b>TOTALE</b>
Totale superficie impianto m <sup>2</sup>	346100	146800	200900	81200	41000	<b>816.000,00 (81,6 ha)</b>
Area recintata totale m <sup>2</sup>	297740	133598	182864	76500	36390	<b>727.092,00 (72,7 ha)</b>
Numero totali pannelli	41916	17696	23632	7924	4508	<b>95.676,00</b>
Potenza kW	27664,56	11679,36	15597,12	5229,84	2975,28	<b>63.146,16</b>
Superficie pannelli fotovoltaici ( $\alpha = 0^\circ$ ) m <sup>2</sup>	130.205,85	54.970,00	73.409,31	24.614,73	14.003,43	<b>297.203,33 (29,7 ha)</b>
Superficie pannelli fotovoltaici ( $\alpha = 55^\circ$ ) m <sup>2</sup>	74.683,09	31.529,54	42.105,90	14.118,45	8.032,05	<b>170.469,03 (17,5 ha)</b>
Mitigazione visiva con siepe m <sup>2</sup>	22178	13239	11979	4760	4714	<b>56.870,00 (5,7 ha)</b>
Viabilità di servizio m	8684	3666	8530	2425	1000	<b>24.305,00</b>
Sedime area sistema di accumulo m <sup>2</sup>						<b>1.262,40</b>

Tabella 14: Caratteristiche geometriche

## COMPONENTI IMPIANTO DI PRODUZIONE

Le componenti fondamentali dell'impianto agrovoltaiico "*Ploaghe Mores AGR 2*" sono:

- MODULI FOTOVOLTAICI
- INVERTER
- POWER STATION
- STRUTTURE DI SOSTEGNO AD INSEGUIMENTO MONOASSIALE (TRACKER)
- ELETTRODOTTI DI CONNESSIONE

### **MODULI FOTOVOLTAICI**

Il presente progetto è stato sviluppato sulla base di una tipologia di moduli bifacciali della potenza di 600 W in grado cioè di captare la radiazione solare anche dalla faccia non direttamente esposta alla radiazione solare. L'utilizzo della tecnologia dei moduli bifacciali associa l'affidabilità e la sicurezza sia in termini impiantistici sia in termini ambientali dei classici moduli fotovoltaici a tecnologia a silicio cristallino, sia le più recenti applicazioni connesse alla ricerca di ottimizzazioni delle prestazioni delle celle. In particolare la tecnologia PERC (Passivated Emitter and Rear Cell) viene impiegata per le celle fotovoltaiche al fine di aumentare le prestazioni e l'efficienza delle stesse e consiste nell'applicazione di uno strato posteriore passivante in grado di riflettere e recuperare la luce non assorbita dalla cella. In questo modo è possibile ottimizzare la cattura degli elettroni, sfruttandone il maggior numero possibile per ogni cella e trasformando in elettricità una maggiore quantità di energia solare. L'efficienza della tecnologia PERC si somma poi al fatto di usare moduli bifacciali che sono costituiti da celle in grado di "trasformare" l'energia solare sia frontalmente che posteriormente. L'energia catturata dal retro dei moduli è quella resa possibile dal fattore di albedo della superficie su cui i moduli si trovano.

Il "coefficiente di Albedo", che indica la capacità riflettente di un oggetto o di una superficie, viene espresso con un valore da 0 a 1, che può variare a seconda dei singoli casi. Ad esempio:

Neve e ghiaccio	Alto potere riflettente	0,75
Superfici chiare di edifici (in mattoni o vernici chiare)	Medio potere riflettente	0,6
Superfici scure di edifici (in mattoni o vernici scure)	Basso potere riflettente	0,27

Tabella 15: Coefficiente di albedo

Maggiore è l'albedo di una superficie, maggiore è la quantità di luce che è in grado di riflettere: di conseguenza, anche la produzione di energia dei pannelli fotovoltaici bifacciali sarà più o meno elevata.

In questo modo si sfrutta la radiazione diffusa e riflessa per albedo, aumentando il rendimento di trasformazione

dell'energia solare in elettrica.

Nelle silmulazione prestazionali del progetto è stato utilizzato un coefficiente di albedo pari a 0,3.

Il tipologico del modulo utilizzato è il seguente:

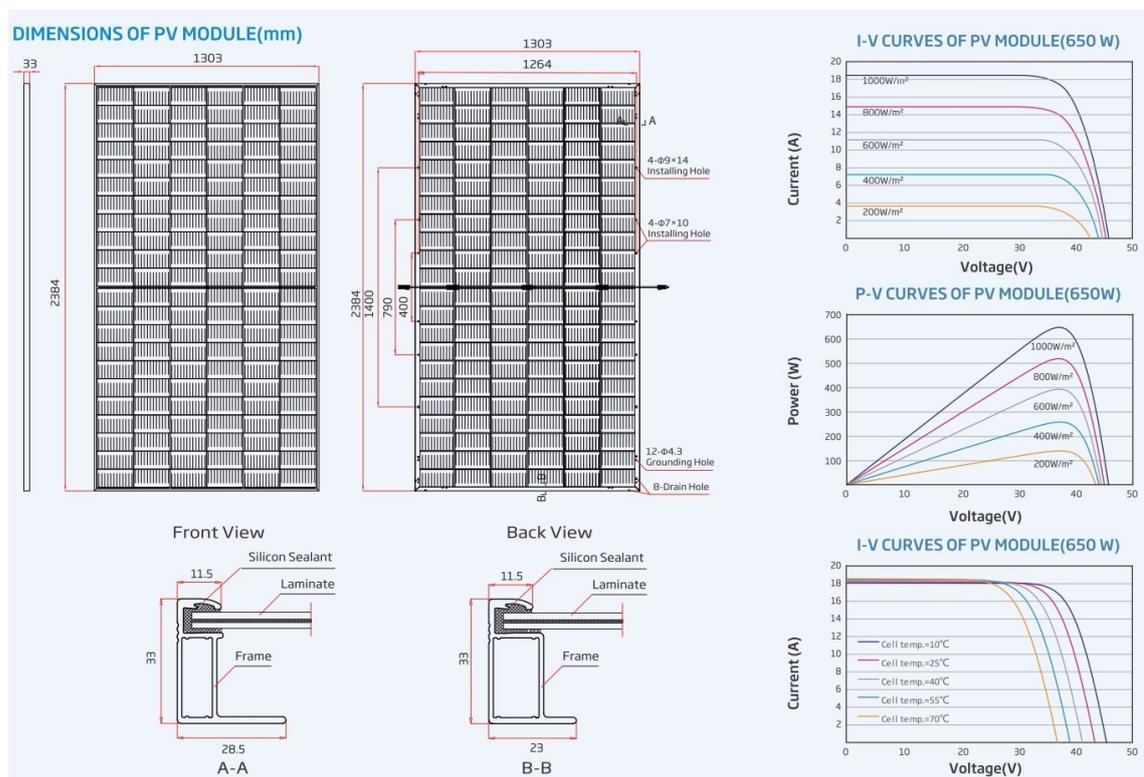


Illustrazione 10: Tipologico del modulo da 660 W

Dal punto di vista elettrico il tipologico di modulo utilizzato nel progetto presenta le seguenti caratteristiche:

#### ELECTRICAL DATA (STC)

Peak Power Watts- $P_{MAX}$ (Wp)*	660
Power Tolerance- $P_{MAX}$ (W)	
Maximum Power Voltage- $V_{MPP}$ (V)	38.1
Maximum Power Current- $I_{MPP}$ (A)	17.35
Open Circuit Voltage- $V_{OC}$ (V)	45.9
Short Circuit Current- $I_{SC}$ (A)	18.45
Module Efficiency $\eta_m$ (%)	21.2

STC: Irradiance 1000W/m<sup>2</sup>, Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5. \*Measuring tolerance:  $\pm 3\%$ .

#### Electrical characteristics with different power bin (reference to 10% Irradiance ratio)

Total Equivalent power - $P_{MAX}$ (Wp)	706
Maximum Power Voltage- $V_{MPP}$ (V)	38.1
Maximum Power Current- $I_{MPP}$ (A)	18.56
Open Circuit Voltage- $V_{OC}$ (V)	45.9
Short Circuit Current- $I_{SC}$ (A)	19.74
Irradiance ratio (rear/front)	10%

Power Bifaciality: 70 $\pm$ 5%.

#### ELECTRICAL DATA (NOCT)

Maximum Power- $P_{MAX}$ (Wp)	499
Maximum Power Voltage- $V_{MPP}$ (V)	35.4
Maximum Power Current- $I_{MPP}$ (A)	14.10
Open Circuit Voltage- $V_{OC}$ (V)	43.2
Short Circuit Current- $I_{SC}$ (A)	14.87

NOCT: Irradiance at 800W/m<sup>2</sup>, Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1m/s.

*Illustrazione 11: Caratteristiche elettriche del tipologico del modulo utilizzato*

Infine dal punto di vista meccanico e prestazionale, il tipologico di modulo in progetto si caratterizza con i seguenti valori:

#### MECHANICAL DATA

Solar Cells	Monocrystalline
No. of cells	132 cells
Module Dimensions	2384×1303×33 mm (93.86×51.30×1.30 inches)
Weight	38.3 kg (84.4 lb)
Front Glass	2.0 mm (0.08 inches), High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Encapsulant material	POE/EVA
Back Glass	2.0 mm (0.08 inches), Heat Strengthened Glass (White Grid Glass)
Frame	33mm(1.30 inches) Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP 68 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mm <sup>2</sup> (0.006 inches <sup>2</sup> ), Portrait: 350/280 mm(13.78/11.02 inches) Length can be customized
Connector	MC4 EVO2 / TS4*

\*Please refer to regional datasheet for specified connector.

#### TEMPERATURE RATINGS

NOCT (Nominal Operating Cell Temperature)	43°C (±2°C)
Temperature Coefficient of P <sub>MAX</sub>	- 0.34%/°C
Temperature Coefficient of Voc	- 0.25%/°C
Temperature Coefficient of Isc	0.04%/°C

#### MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature	-40~+85°C
Maximum System Voltage	1500V DC (IEC) 1500V DC (UL)
Max Series Fuse Rating	35A

*Illustrazione 12: Caratteristiche dimensionali, meccaniche e prestazionali del tipologico di modulo in progetto*

## STRINGHE

I moduli fotovoltaici sono collegati fra di loro in serie in modo da formare delle stringhe. Tutte le stringhe sono composte da 28 moduli. In termini elettrici, il collegamento in serie dei moduli fa sì che la corrente di uscita della singola stringa rimanga pari al valore della corrente del singolo modulo, mentre la tensione di stringa è data dalla somma delle tensioni dei singoli moduli.

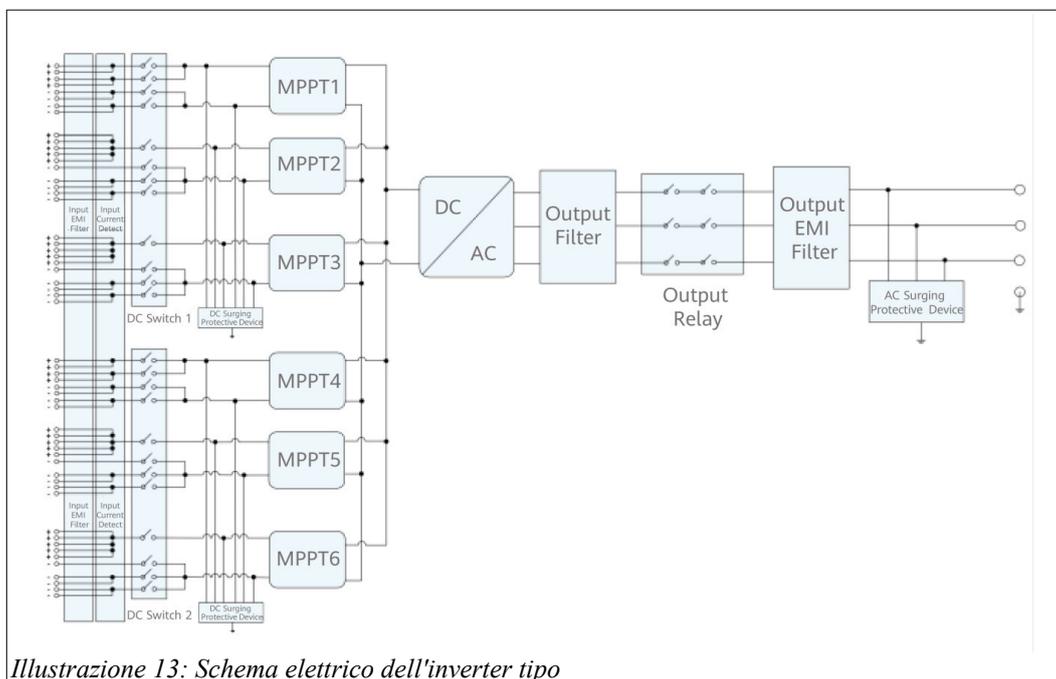
CARATTERISTICHE ELETTRICHE DI UNA SINGOLA STRINGA TIPO IN CONDIZIONI STC	
Numero di moduli per stringa	28
Potenza singola stringa (kW)	18,480 kW
Tensione di stringa V <sub>mp</sub> (V)	1066,8 V
Corrente di stringa I <sub>mp</sub> (A)	17,35 A
Tensione di stringa Voc (V)	1285,2 V
Corrente di stringa Isc (A)	18,45 A

Tabella 16: Caratteristiche elettriche di una stringa tipo

## INVERTER

Gli inverter utilizzati sono di stringa, ossia le stringhe sono connesse direttamente agli inverter senza quadri di parallelo di stringa. In questo modo gli inverter sono posizionati direttamente sul campo, in prossimità dei tracker stessi.

Di seguito lo schema elettrico del tipologico dell'inverter scelto per il progetto del presente impianto.



Dal punto di vista elettrico, gli inverter presentano le seguenti caratteristiche.

	Input (DC)				Output (AC)			
	Numero di MPP indipendenti	Mpp range di tensione VDC	Max tensione in ingresso VDC,max	Max input corrente in ingresso per singolo MPP	Potenza nominale AC (CEI 0-16)	Max corrente in uscita IAC	Tensione nominale AC in uscita	AC power frequency
INVERTER TIPO	6	500 - 1500 V	1500 V	65 A	300 kW	238,2 A	800 V	50/60 Hz

Tabella 17: Grandezze elettriche dell'inverter tipo

General	
Dimensions (W x H x D)	1,048 x 732 x 395 mm
Weight (with mounting plate)	≤ 112 kg
Operating Temperature Range	-25°C ~ 60°C
Cooling Method	Smart Air Cooling
Max. Operating Altitude without Derating	4,000 m
Relative Humidity	0 ~ 100% (Non-condensing)
DC Connector	HH45MM4TMSPA / HH45FM4TMSPA
AC Connector	Support OT / DT Terminal (Max. 400 mm²)
Protection Degree	IP 66
Anti-corrosion Protection	C5-Medium
Topology	Transformerless

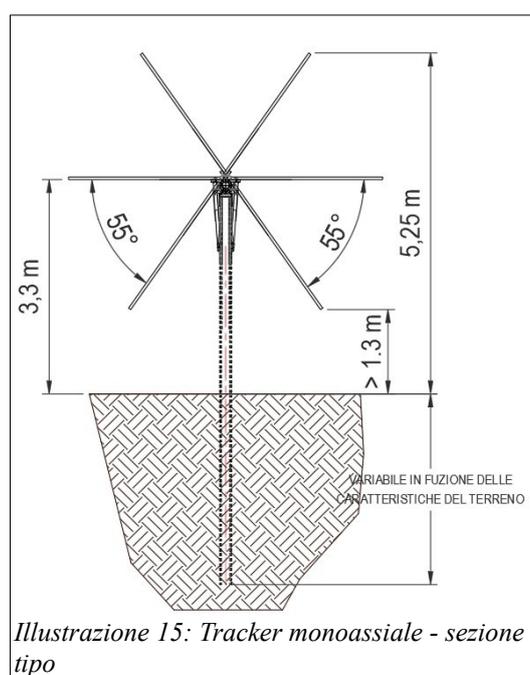
*Illustrazione 14: Caratteristiche meccaniche e dimensionali dell'inverter tipo*

In questo caso, così come per i moduli fotovoltaici indicati, le caratteristiche riportate sono dell'inverter tipo e possono essere oggetto di variazioni al momento della realizzazione dell'impianto. Tali caratteristiche tuttavia non influiscono sul resto delle grandezze identificative del progetto (superfici occupate, potenza di picco, tensioni di esercizio, ecc ecc).

## TRACKER

Nel caso dell'impianto agrovoltaiico "*Ploaghe Mores AGR 2*" vengono utilizzati dei sistemi di ancoraggio dei moduli di tipo ad inseguimento mono-assiali in grado cioè di orientare il moduli fotovoltaici in modo tale da avere sempre il piano dei moduli il più possibile perpendicolare ai raggi solari.

Nello specifico viene utilizzato un sistema ad inseguimento mono-assiale ad asse nord-sud tipo quello descritto nella figura seguente:



I tracker sono fissati al suolo tramite pali in acciaio zincato a caldo mediante macchina battipalo senza utilizzo di ancoranti di tipo cementizio o altro. La portanza e la resistenza allo sfilaggio sono assicurate dall'attrito fra terreno e palo che viene infisso ad una profondità che dipende dalle caratteristiche del terreno: solitamente la profondità di infissione varia da 1 m fino ad un massimo di 3 m.

I tracker utilizzati per il progetto dell'impianto agrovoltaiico "*Ploaghe Mores AGR 2*" sono di due tipologie caratterizzate dal numero di stringhe di moduli che ciascun tracker è in grado di movimentare. Le dimensioni tipo di tali tracker sono riportate nella tabella seguente.

Tipo	Numero di Stringhe	Numero di Moduli per fila	Disposizione dei moduli	File di moduli	Lunghezza
T28	1	14	Portrait (verticale)	2	19,53 m
T56	2	28	Portrait (verticale)	2	38,45 m

Tabella 18: Caratteristiche geometriche dei tracker tipo

I tracker sono posizionati con un passo (*pitch*) di 7,5 m fra una fila e l'altra. Si tenga presente che, visto il sistema di inseguimento monoassiale ad asse nord sud, gli ombreggiamenti fra i vari tracker si hanno essenzialmente all'alba e al tramonto, quando i moduli si trovano nella posizione di massima inclinazione. Tipicamente, alle ore 12 quando il sole è allo zenit, i moduli sono posti orizzontalmente e pertanto non presentano ombreggiamenti reciproci, anche in virtù della superficie perfettamente pianeggiante dell'area.

Il tracker tipo è in grado di orientare i moduli in un range da +/-45° a +/- 60° a seconda della velocità del vento. I singoli tracker sono dotati di un PLC in grado di autorientarsi, basandosi su orologio astronomico, oltre ad essere programmato con un software in grado di ottimizzare gli ombreggiamenti reciproci dei tracker, tipicamente la mattina e la sera.



Posizione Tracker 55°

Illustrazione 16: Posizione inclinata a 55° del tracker tipo



Posizione Tracker 0°

Illustrazione 17: Posizione orizzontale del tracker tipo

Tutti i tracker sono poi azionabili da remoto e consentono di essere posti nella posizione di massima inclinazione quando necessario.

## POWER STATION O CENTRI DI TRASFORMAZIONE CT

L'elevazione della tensione di uscita degli inverter di stringa alla tensione di connessione a 36 kV avviene nelle Power Station (o centri di trasformazione).

Le power Station di fatto sono costituite da tre cabine all'interno della quale si trova installato:

1. Trasformatore elevatore da bassa tensione di uscita degli inverter alla media tensione a 36 KV;
2. Scomparti di connessione e di protezione in media tensione;
3. Quadri di parallelo di bassa tensione e trasformatore per servizi ausiliari di cabina e di monitoraggio

Dal punto di vista costruttivo le Power Station si compongono di un basamento in cemento armato che funge da platea di fondazione sulla quale vengono posizionate le cabine che alloggianno le componenti sopra elencate. Dal punto di vista geometrico presentano tutte le stesse dimensioni in pianta secondo il seguente schema tipo:

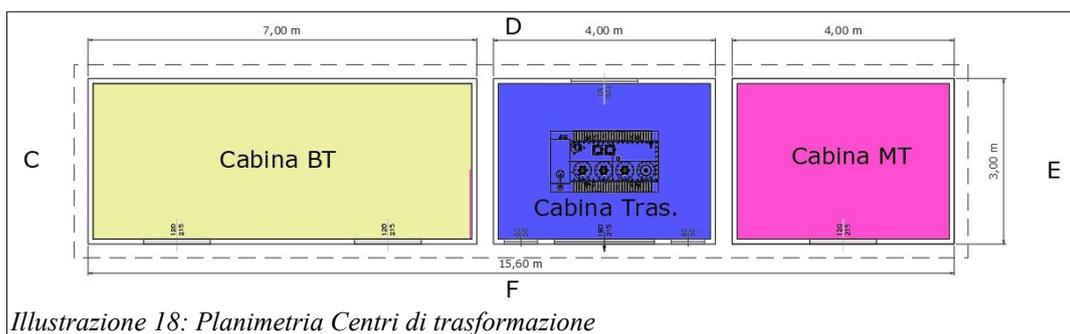


Illustrazione 18: Planimetria Centri di trasformazione

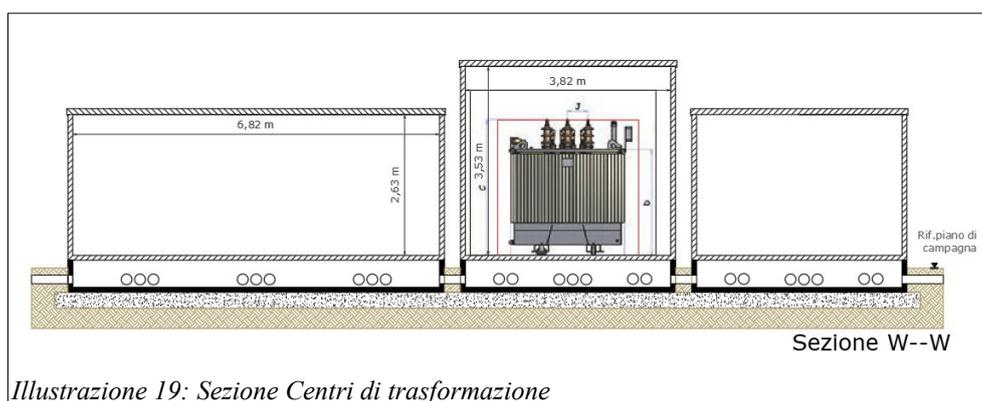
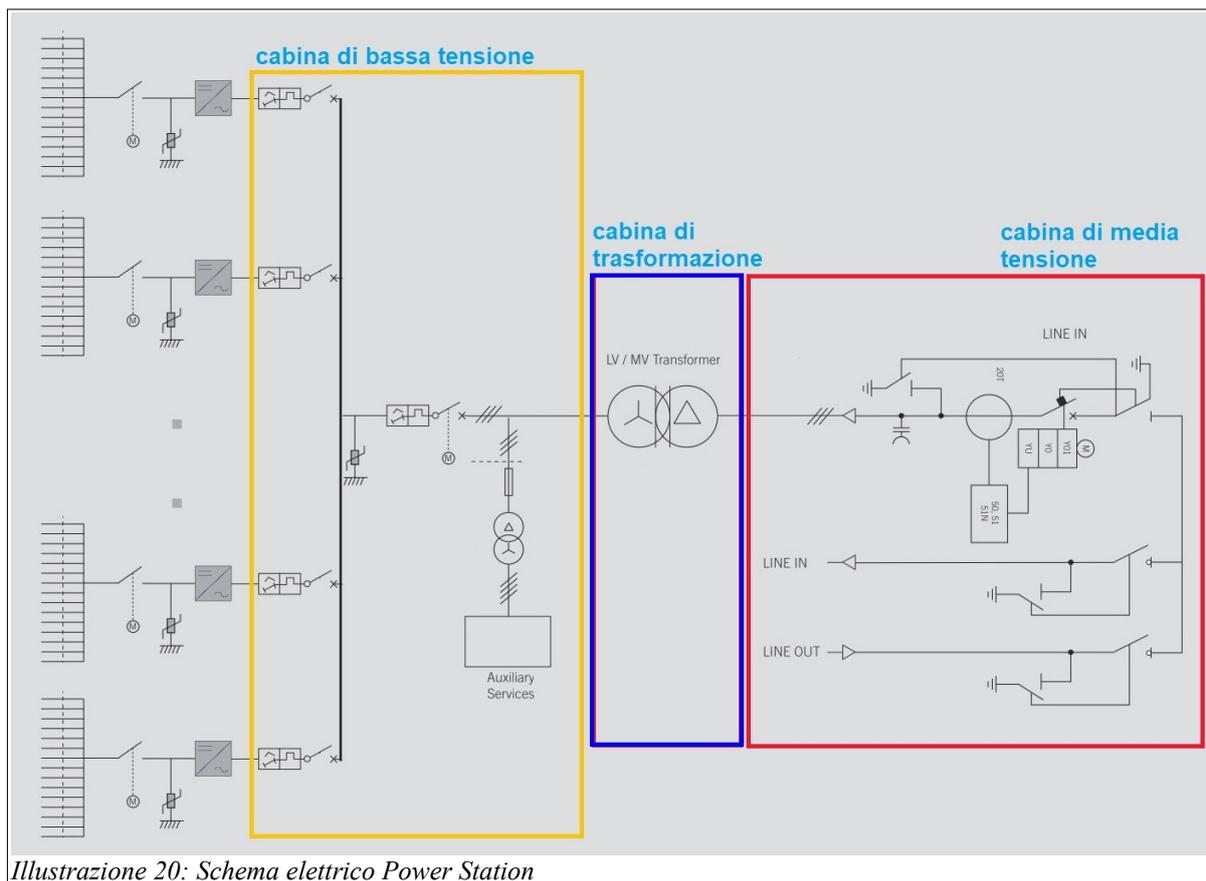


Illustrazione 19: Sezione Centri di trasformazione

Il trasformatore di media tensione è in olio, sigillato ermeticamente, è comunque fornito di vasca di ritenzione per le eventuali perdite dello stesso olio.

Dal punto di vista ambientale presentano un range di funzionamento compreso fra -20 °C e +60 °C. Dal punto di vista della potenza, si differenziano a seconda del numero di inverter di cui sono forniti.



La potenza nominale è funzione della potenza del singolo inverter installato. Nella tabella seguente sono riportate le caratteristiche in tal senso:

TRASFORMATORI	Numero inverter per SC	Potenza nominale singolo inverter	Potenza nominale SC
SC-2	84	300 kW	25.200 kW
SC-3	36	300 kW	10.800 kW
SC-4	48	300 kW	14.400 kW
SC-5	16	300 kW	4.800 kW
SC-6	9	300 kW	2.700 kW
<b>TOTALE</b>	<b>193</b>		<b>57.900 kW</b>

Tabella 19: Caratteristiche di potenza delle PS

Le dimensioni massime del tipologico PS sono indicate nella relativa tavola.

## TRASFORMATORI

Ogni CT è dotata di un trasformatore di media tensione che innalza la tensione di uscita degli inverter, alla media tensione di 36.000 V.



*Illustrazione 21: Trasformatore tipo di Media Tensione*

I trasformatori sono di tipo trifase a perdite ridotte con avvolgimenti in alluminio ed isolamento in olio minerale di potenza in funzione della tipologia di CT. Il volume di olio contenuto in ciascun trasformatore è superiore a 1000 litri.

I trasformatori sono classificati secondo lo standard IEC 60076, che offre perdite di potenza ridotte, minori esigenze di manutenzione oltre ad essere adatto sia per uso interno che esterno.

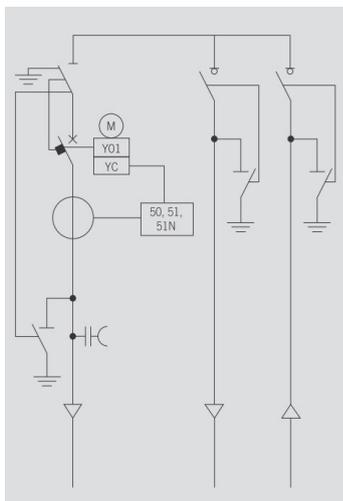
Le caratteristiche del trasformatore tipo sono riportate nelle tabelle seguenti:

Classe di isolamento	Avvolgimento primario	36 kV: 36 / 70 / 170 kV
	Avvolgimento secondario	800 V
Primario/Secondario materiale	Alluminio/Alluminio (Rame opzionale)	
Gruppo vettoriale	Dyn11	
Schema connessione primario	Triangolo	
Schema connessione secondario	Stella + neutro	
Massima sovratemperatura	+75°/ +60° K	
No load current	< 1%	
Max. peak starting current	< 15 x I <sub>n</sub>	
Istallazione	Interna/Esterna	
Tipo di raffreddamento	ONAN	
Max. altitudine sul livello del mare	4500 m	
Impedenza di corto circuito a 75 °C	8,00%	
Frequenza nominale	50 / 60Hz	
Efficienza alla potenza nominale	99,00%	
Regolazione della tensione al primario	± 2 x 2.5 %	

Tabella 20: Caratteristiche del trasformatore tipo

Le caratteristiche dei trasformatori sono funzione del numero di inverter connessi allo stesso. In generale è previsto l'uso di trasformatori di potenza nominale compresa fra 1600 kVA e 3600 kVA.

L'uscita del trasformatore è collegata allo scomparto MT di protezione trafo. Lo scomparto di protezione è poi completato da altri due scomparti che fungono da entra-esce per le PS adiacenti secondo lo schema seguente:



*Illustrazione 22: schema MT della PS*

Tale soluzione impiantistica si articola in:

1. ingresso linea con sezionatore e sezionatore di terra;
2. uscita linea con sezionatore e sezionatore di terra;
3. interruttore automatico con protezione 50/51 e 50N/51N e sezionatore di terra;

Questa soluzione consente di poter isolare qualunque PS mettendola fuori servizio per le normali o straordinarie operazioni di manutenzione senza per questo mettere fuori tensione il resto dell'impianto. In condizioni di normale funzionamento l'anello è gestito in modalità aperto.

Dal punto di vista costruttivo, gli scomparti di MT sono rispondenti alla norma IEC 62271-200 e presentano una protezione con interruttore automatico con funzione 50/51 - 50N/51N (massima corrente di fase e omopolare, I e II soglia) e relè di protezione autoalimentato disponibile nell'intero intervallo di potenza IP65 per le parti isolate a gas.

## **ILLUMINAZIONE E VIDEOSORVEGLIANZA**

Il sistema di illuminazione e di videosorveglianza è montato su pali in acciaio zincato fissati al suolo con plinto di fondazione in cls armato, ed è esteso lungo tutto il perimetro. I pali, di altezza massima di 3,5 m, sono dislocati circa

ogni 40-50 m di recinzione, e sostengono sia le videocamere di sorveglianza che i corpi illuminanti. E' bene sottolineare che l'illuminazione è realizzata solo per motivi di anti-intrusione e di sicurezza, pertanto essa si attiverà solo in caso di allarme/intrusione, mentre nelle normali condizioni di esercizio sarà sempre spenta durante tutto l'anno. L'illuminazione e le telecamere sono alimentate direttamente dalle cabine di anello nelle quali è presente un trasformatore per i servizi ausiliari. Il particolare del palo di sostegno, dei faretti e delle telecamere è indicato nella relativa tavola.

## VIABILITÀ INTERNA

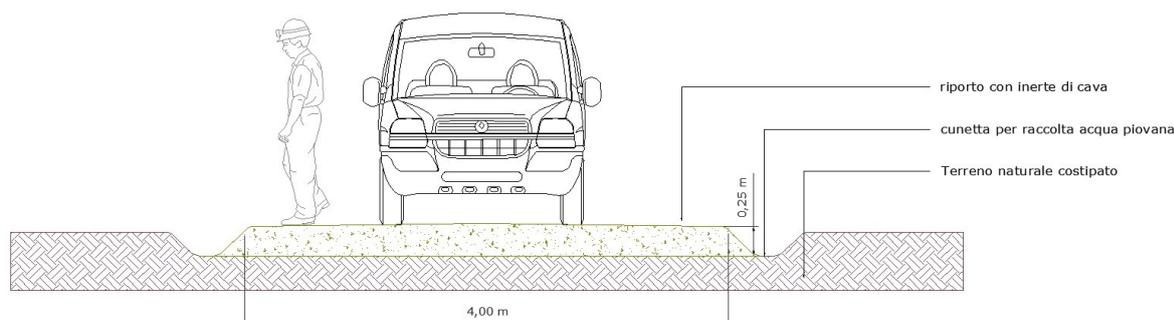


Illustrazione 23: Sezione tipo viabilità interna

La viabilità interna all'impianto, come descritta in planimetria nella tavola del layout dell'impianto e nella sezione tipo riportata nella figura precedente è realizzata in terra battuta ed inerte di cava ove necessario per consentire una adeguata portanza al transito dei mezzi eventualmente necessari per la manutenzione dell'impianto. La larghezza è di 4 metri.

## CABINA ELETTRICA DI PARALLELO O CABINE DI UTENZA

L'impianto è dotato di cabine elettriche di media tensione, denominate di anello o cabine RING che fungono da collettore per i vari settori di ogni sottocampo. All'interno di queste sono alloggiati gli scomparti di media tensione a 36 kV e un trasformatore per i servizi ausiliari. Per i dettagli dimensionali si veda la tavola allegata.

Una cabina, chiamata cabina parallelo dei RING è invece dedicata al parallelo elettrico dei vari settori.

Nella cabina di parallelo sono presenti:

- Scomparti MT
- Trasformatore servizi ausiliari
- Contatori di energia

I rami dei ring confluiscono nella cabina di parallelo posta all'interno dell'area di impianto.

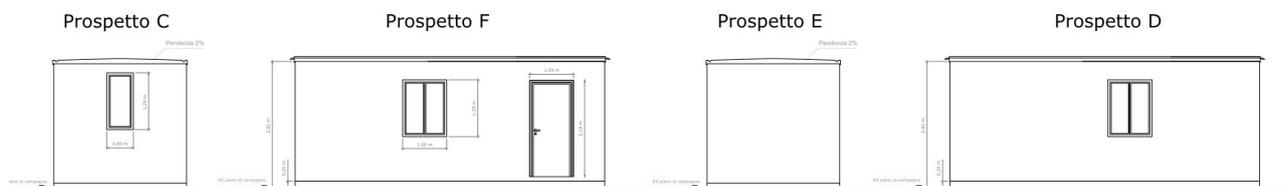
Nella cabina sono alloggiati:

1. Scomparti media tensione di arrivo e scomparto di partenza del Ring
2. Scomparto per il trasformatore dei servizi ausiliari di cabina;
3. Scomparto per trasformatori di tensione per protezioni (67N) e misure;
4. Trasformatore per servizi ausiliari;

Le cabine sono costruite in CAV a pannelli prefabbricati.

## **CONTROL ROOM**

Per la gestione dell'impianto agrovoltaiico "*Ploaghe Mores AGR 2*" per ogni sottocampo è realizzata una struttura di controllo denominata control room nella quale sono ricavati anche i servizi e i locali per i pezzi di ricambio. Le dimensioni e le destinazioni d'uso dei vari locali sono descritte nella relativa tavola allegata.



*Illustrazione 24: Tipologico Control room*

Relativamente ai servizi igienici del quale è dotata la control room gli scarichi delle acque reflue sono trattate da apposita vasca Imhoff. Le acque chiarificate verranno poi convogliate sul terreno per subirrigazione. Il dimensionamento della vasca è effettuato sulla base di una presenza di 10 persone e pertanto avrà una capacità di comparto di sedimentazione > 600 l e per quella di digestione > 2000 l.

## **RECINZIONE E CANCELLI DI INGRESSO**

L'area di impianto risulta interamente recintata tramite rete metallica di altezza 2,0 m sormontata da filo spinato fino ad un'altezza massima di 2,5 m. I pali sono metallici mentre lungo la recinzione sono praticati dei fori a livello del terreno di dimensioni 25 cm x 100 cm per consentire il passaggio della fauna selvatica. Il dettaglio è descritto nella relativa tavola allegata.

I tipologici della recinzione utilizzata e dei cancelli di ingresso sono dettagliati nella tavola allegata.

## SISTEMA DI ACCUMULO

L'impianto agrovoltaiico *Ploaghe Mores AGR 2* presenta una sezione dedicata all'accumulo dell'energia prodotta dall'impianto stesso. La potenza del sistema di accumulo è di 12 MW realizzata tramite l'installazione di 60 inverter dedicati all'accumulo, ciascuno di potenza pari a 200 kW.

La capacità del sistema di accumulo è pari a 12 MWh ed è realizzata tramite batterie agli ioni di litio, che utilizza il litio-ferro-fosfato come materiale catodico.

Il sistema di accumulo viene installato sull'area del Sottocampo SC-5 che si trova adiacente alla nuova sezione a 36 kV della stazione TERNA di "Codrongianos" dove è prevista la connessione dell'impianto *Ploaghe Mores AGR 2*.

Il sistema di accumulo si compone di:

- 6 container per le batterie: ognuno per una capacità di 2.064 kWh;
- 6 CT composte ciascuna da:
  - 1 cabina di bassa tensione di alloggiamento degli inverter dedicati al sistema di accumulo;
  - 1 cabina per la trasformazione MT/bt;
  - 1 cabina di media tensione;

L'area sul quale viene installato il sistema di accumulo presenta le dimensioni in pianta 24 m x 52,6 m.

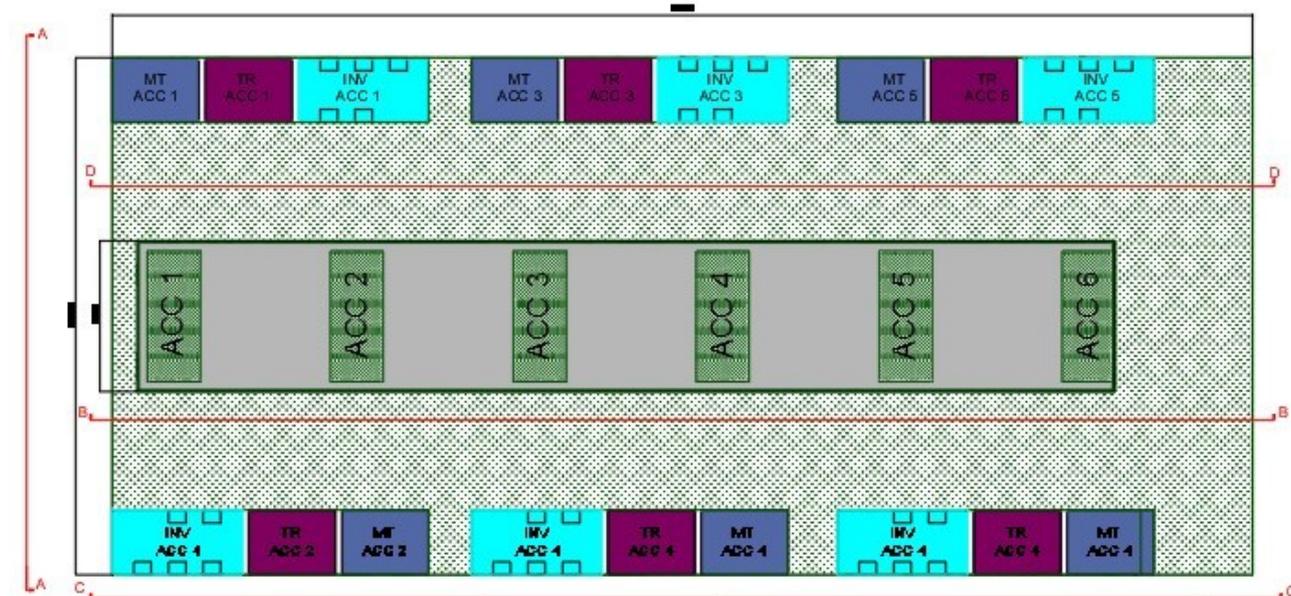


Illustrazione 25: Area sistema di accumulo

I particolari del sistema di accumulo sono meglio descritti nella tavola allegata.

## DEFINIZIONE POTENZE IMPIANTO AGROVOLTAICO "*PLOAGHE MORES AGR 2*"

La norma tecnica CEI 0-16 ed. 2022-03 in vigore al momento della redazione della presente relazione tecnica, definisce, per gli impianti di produzione di energia elettrica, le seguenti potenze caratteristiche:

### Potenza massima

Secondo l'art. 2 punto 16 del Regolamento UE 2016/631 "Potenza attiva massima erogata in modo continuativo da un gruppo di generazione, escludendo l'eventuale assorbimento necessario a facilitare il funzionamento del gruppo e non immesso in rete, come specificato nel contratto di connessione o concordato tra il gestore di sistema pertinente e il titolare dell'impianto di generazione"

Per l'impianto fotovoltaico si assume questa come la potenza somma delle potenze dei singoli moduli fotovoltaici e pertanto la potenza massima o di picco dell'impianto agrovoltaiico "*Ploaghe Mores AGR 2*" è pari a **63.146,160 kW**.

### Potenza nominale

Potenza apparente massima a cui un generatore elettrico o un trasformatore possono funzionare con continuità in condizioni specificate (kVA). Nel caso di generatori FV, la potenza attiva massima erogabile è limitata dalla potenza nominale dell'inverter, qualora questa sia minore della somma delle potenze STC dei moduli FV.

Nel caso specifico dell'impianto agrovoltaiico "*Ploaghe Mores AGR 2*" la somma delle potenze nominali lato AC di ogni singolo inverter è pari a 57900 kW.

### Potenza immessa nella rete

Potenza attiva che transita sul collegamento o sui collegamenti fra l'impianto di produzione e la rete. Detta potenza può essere inferiore alla potenza efficiente dell'impianto di produzione.

Nel caso dell'impianto agrovoltaiico "*Ploaghe Mores AGR 2*" tale potenza è pari a 57,9 MW.

Riepilogando l'impianto agrovoltaiico "*Ploaghe Mores AGR 2*" presenta le seguenti potenze caratteristiche:

POTENZA MASSIMA O DI PICCO	63146,16 kW
POTENZA NOMINALE	57900,00 kW
POTENZA IN IMMISSIONE	57900,00 kW

Tabella 21

**Dal punto di vista autorizzativo la potenza di interesse è la potenza di picco ossia 63.146,16 kW**

## CONNESSIONE ALLA RETE

La connessione dell'impianto agrovoltaiico "*Ploaghe Mores AGR 2*" alla rete elettrica nazionale avviene sulla base di quanto previsto nella Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG) rilasciata da TERNA ed identificata con il Codice Pratica: **202200019**. Tale STMG prevede come opere di connessione prevede che l'impianto venga collegato in antenna a 36 kV sulla sezione a 36 kV del futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) a 380/220/150 kV della RTN denominata "Codrongianos". Dal punto di vista delle competenze, le opere di connessione si dividono in:

- opere di utenza: elettrodotto MT a 36 kV che una volta realizzato rimane nella disponibilità del produttore;
- opere di rete: ampliamento della Stazione Elettrica (SE) a 380/220/150 kV della RTN denominata "Codrongianos";

Entrambe le opere di connessione (di utenza e di rete) sono da ritenersi come opere connesse e infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio degli impianti alimentati da fonti rinnovabili ai sensi dell'art 12 del D.Lgs 387/03 di pubblica utilità ed indifferibili ed urgenti, alla stessa stregua dell'impianto stesso.

Al fine di azzerare gli impatti paesaggistici gli elettrodotti di connessione sono realizzati in soluzione interrata e si sviluppano lungo la viabilità esistente.

La stazione di TERNA "Codrongianos" dove è prevista la connessione alla rete elettrica nazionale, è situata nel Comune di Codrongianos e precisamente alle seguenti coordinate geografiche:

NUOVA STAZIONE TERNA "Codrongianos"		
LATITUDINE	40°39'2.14"N	40.650595°
LONGITUDINE	8°44'1.08"E	8.733633°
QUOTA MEDIA SLM	360 m	

Tabella 22: Localizzazione della esistente Stazione TERNA "Codrongianos"

Catastralmente la porzione di area destinata all'ampliamento della stazione "Codrongianos" è identificata da:

AMPLIAMENTO SOTTOSTAZIONE TERNA "Codrongianos"			
Comune	Foglio	Particella	Superficie
Ploaghe (SS)	25	79	~28500 m <sup>2</sup>

Tabella 23: Dati catastali dell'area prevista per la nuova stazione TERNA di Codrongianos



Illustrazione 26: Ipotesi posizione nuova stazione a 36k V TERNA

## OPERE DI CONNESSIONE DI UTENZA

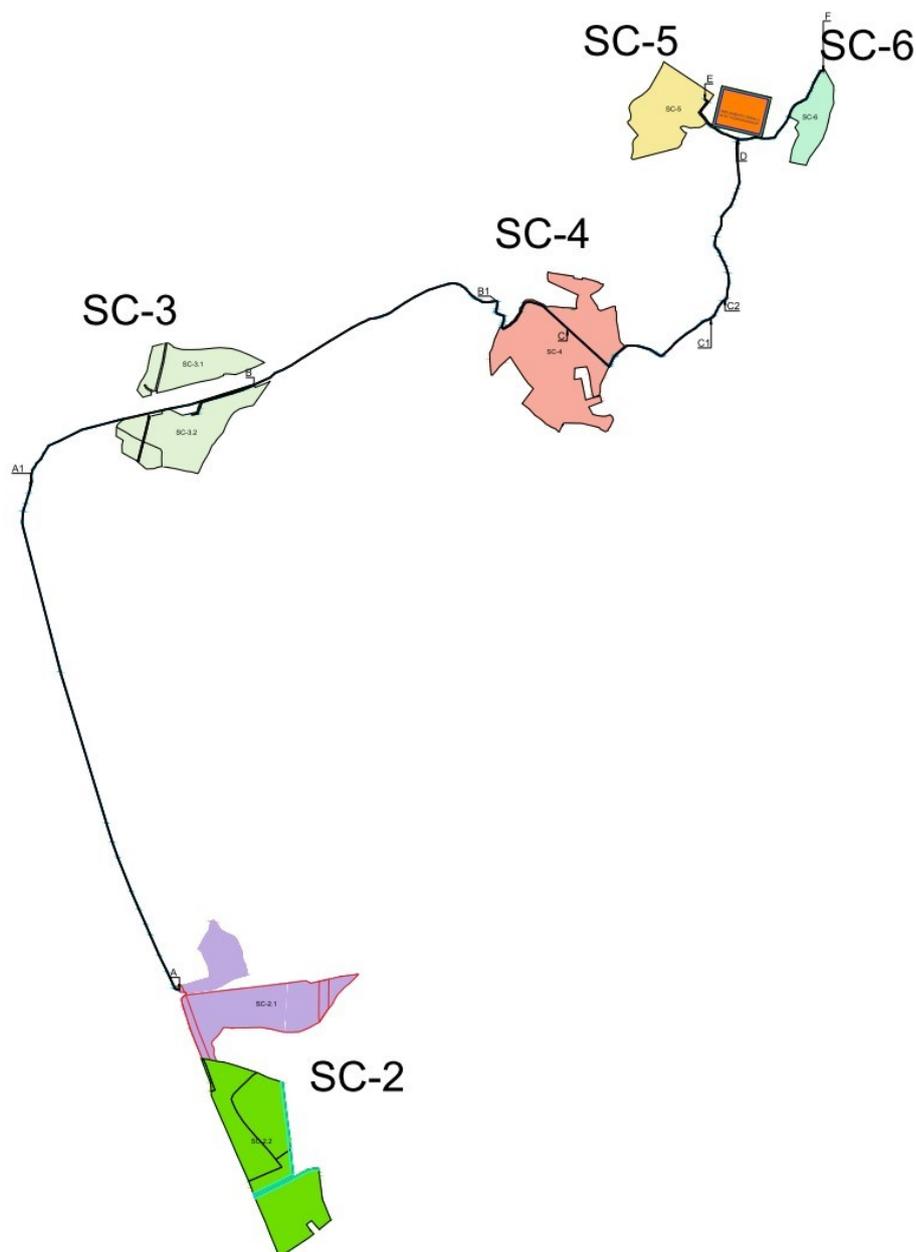
### ELETTRODOTTO MT

Da ciascuno dei 5 sottocampi cui si compone l'impianto agrovoltaiico "*Ploaghe Mores AGR 2*" parte un elettrodotto in media tensione a 36 kV interamente interrato per arrivare alla cabina di parallelo posizionata all'interno dell'area del sottocampo 5. La scelta di effettuare il parallelo elettrico dei sottocampi all'interno del sottocampo 5 deriva dalla vicinanza dello stesso all'area destinata ad accogliere l'amplimento a 36 kV della stazione TERNA "Codrongianos".

La posizione assunta dai sottocampi è tale da consentire la condivisione dello scavo per la posa delle terne di cavi dicui si compone ciascun elettrodotto minimizzando in questo modo il volume delle terre e rocce da scavo e i tempi di realizzazione. Lo scavo avviene su viabilità esistente sterrata o asfaltata, in gran parte pubblica, e dove possibile sulla banchina laterale

L'elettrodotto di media tensione a 36 kV si sviluppa per una lunghezza di circa 18 km e viene realizzato tramite terne di cavi ad elica visibile interrate ad una profondità di circa 110 cm.

Il tracciato dell'elettrodotto, come indicato nella tavola di inquadramento su catastale, risulta sempre in interrato per la quasi totalità su strade e, per una porzione ridotta, su terreni privati. In particolare segue il seguente percorso meglio dettagliato nella tavola allegata:



*Illustrazione 27: Riepilogo generale impianto Ploaghe Mores AGR 2*

TRATTO		AREA INTERESSATA	LUNGHEZZA TRATTO (m)	SOTTOCAMPO INTERESSATO	TECNICA COSTRUTTIVA	SOLUZIONE TIPOLOGICA
A - A1	Strada sterrata	Sede stradale	2218	SC-2	SCAVO	TIPO 1
A1 - B	Strada asfaltata	In banchina dove possibile	1082	SC-2	SCAVO	TIPO 2
B - B1	Strada asfaltata	In banchina dove possibile	1142	SC-2 + SC3	SCAVO	TIPO 3
B1 - C	Strada sterrata	Sede stradale	508	SC-2 + SC-3	SCAVO	TIPO 4
C - C1	Strada sterrata	Sede stradale	760	SC-2 + SC-3 + SC-4	SCAVO	TIPO 5
C1 - C2	Sottopassaggio		100	SC-2 + SC-3 + SC-4	TOC	TIPO 6
C2 - D	Strada sterrata	Sede stradale	715	SC-2 + SC-3 + SC-4	SCAVO	TIPO 7
D - E	Strada sterrata	Sede stradale	275	SC-2 + SC-3 + SC-4 + SC-6	SCAVO	TIPO 8
D - F	Strada sterrata	Sede stradale	508	SC-6	SCAVO	TIPO 9
			6800 + 508 = 7308			

Tabella 24: Tratti degli elettrodotti di connessione alla rete

Relativamente alla specifica linea dedicata al singolo sottocampo, la tabella sottostante riepiloga la situazione:

SOTTOCAMPO	LUNGHEZZA ELETTRODOTTO (m)	LINEE ELETTRICA
SC-2	6800	2 x (3 X 1 X 500 mm <sup>2</sup> ) cavo MT a 36 kV in Al (ARE4H1R)
SC-3	3800	3 X 1 X 500 mm <sup>2</sup> cavo MT a 36 kV in Al (ARE4H1R)
SC-4	1850	3 X 1 X 630 mm <sup>2</sup> cavo MT a 36 kV in Al (ARE4H1R)
SC-5	10 (trafo – cella MT)	3 X 1 X 185 mm <sup>2</sup> cavo MT a 36 kV in Al (ARE4H1R)
SC-6	790	3 X 1 X 185 mm <sup>2</sup> cavo MT a 36 kV in Al (ARE4H1R)

Su strada sterrata e lungo la strada asfaltata il reinterro avviene con la stessa terra di scavo posta sopra l'inerte che viene usato anche per ricoprire le terne, come dai tipologici riprotati nelle figure sottostanti.

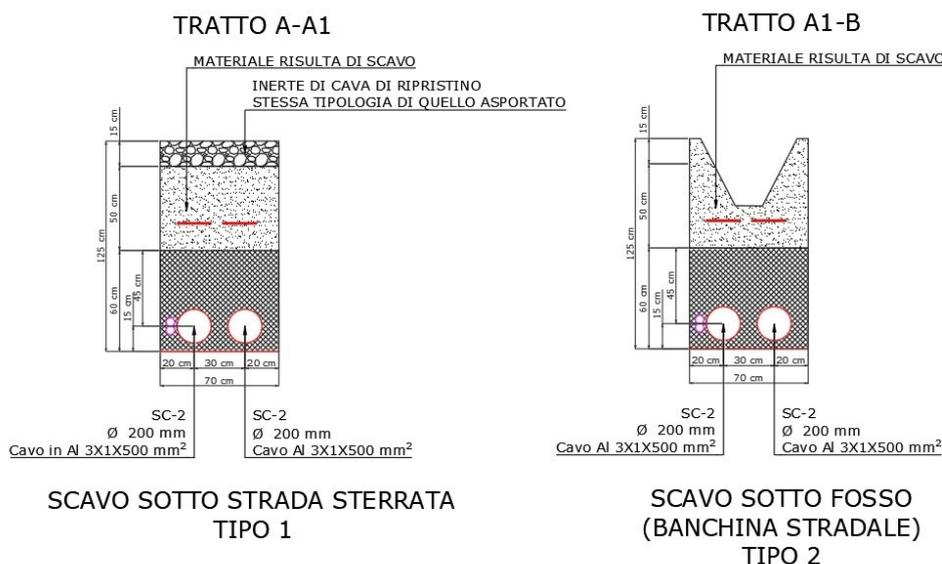


Illustrazione 28: Sezioni tipologiche 1 e 2 di scavo per elettrodotto

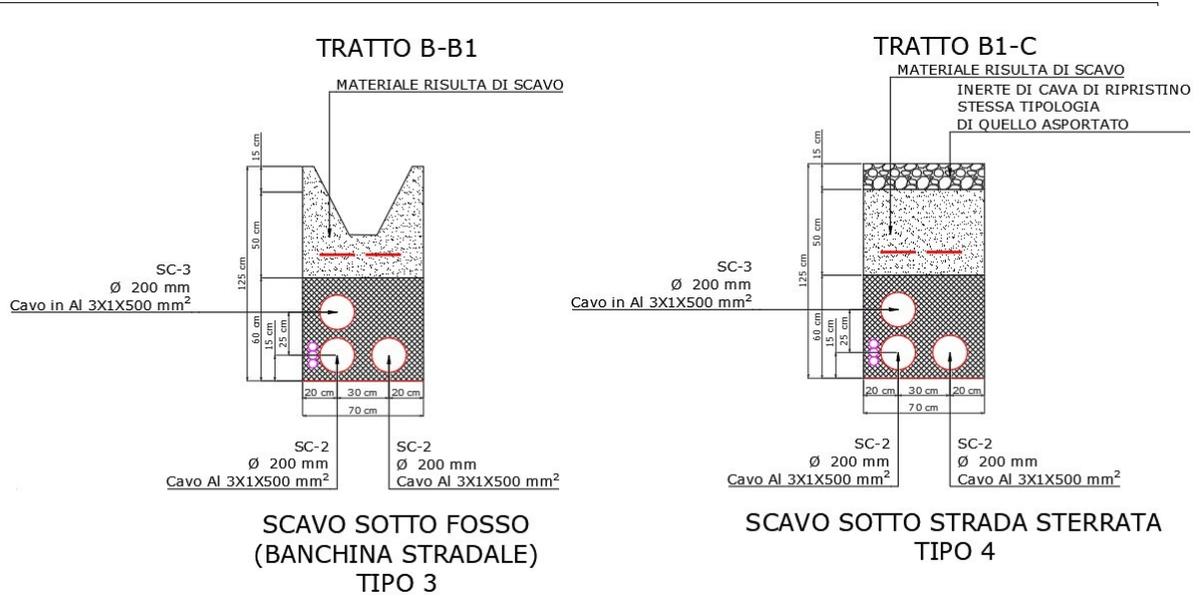


Illustrazione 29: Sezioni tipologiche 3 e 4 di scavo per elettrodotto interrato MT

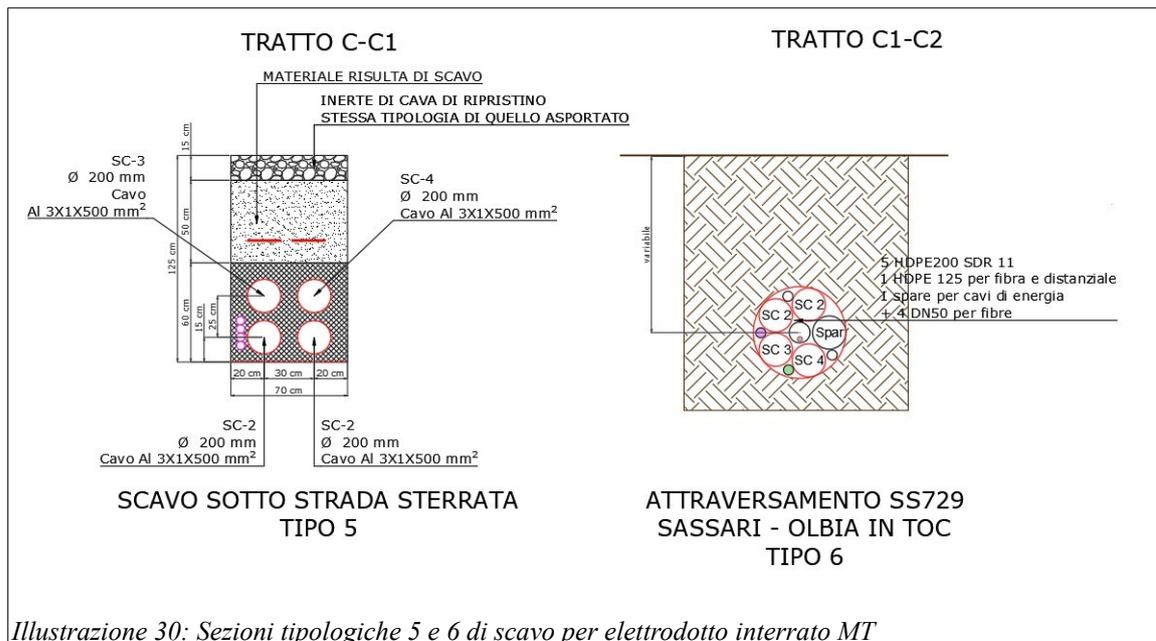


Illustrazione 30: Sezioni tipologiche 5 e 6 di scavo per elettrodotto interrato MT

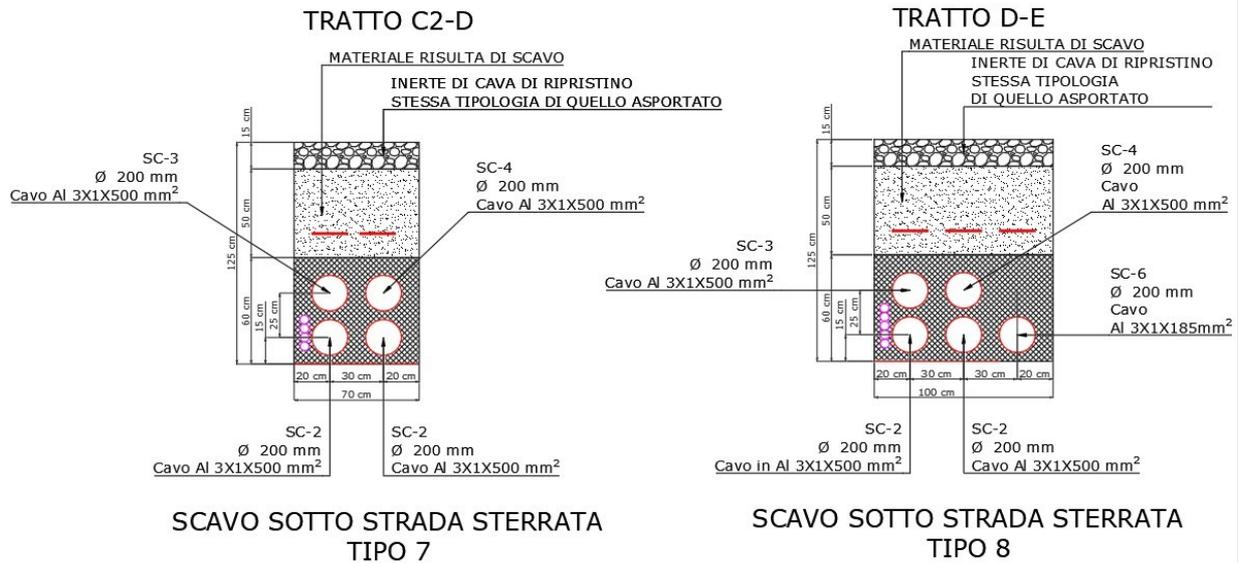


Illustrazione 31: Sezioni tipologiche 7 e 8 di scavo per elettrodotto interrato MT

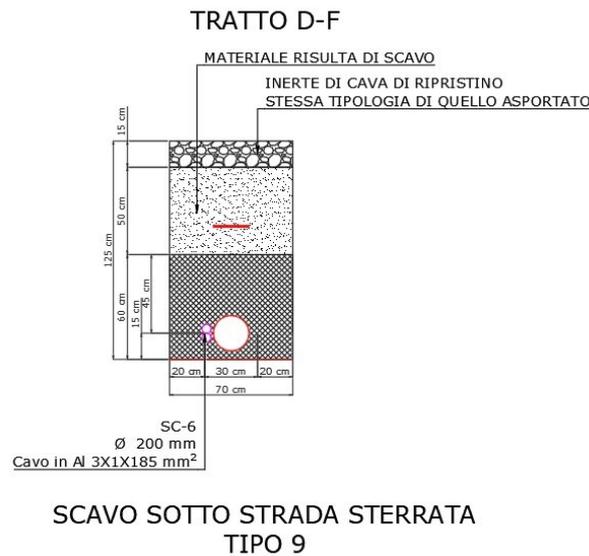


Illustrazione 32: Sezione tipologica 9 di scavo per elettrodotto interrato MT

Il dimensionamento della sezione e del numero di conduttori viene effettuato cautelativamente sulla base della potenza massima o di generazione di ogni sottocampo, sulla base della relazione seguente.

Stante che:

$$P = V \cdot I \cdot \cos(\varphi) \cdot \sqrt{3}$$

con:

- $V = 36 \text{ kV}$
- $\cos(\varphi) = 0,944$  (Capability minima richiesta dall'allegato A68 al CdR rev. 03 dicembre 2019 prevista per gli impianti con punto di connessione in AT. Per questa verifica è utilizzato anche a livello di rete a 36 kV di impianto)

Al fine di minimizzare il numero di conduttori si è scelto di usare cavi in alluminio di sezione 185 mm<sup>2</sup>, 500 mm<sup>2</sup> e 630 mm<sup>2</sup>.

Sulla base dei coefficienti sotto riportati si ottengono le portate dei relativi conduttori

	Pn	Coefficiente Alluminio	Coefficiente per posa E6 (QUATTRO CIRCUITI Cavi unipolari ad elica interrati in tubo	Coefficiente Ktt Temperatura terreno (25%)	Coefficiente Kp Profondità di posa (1,25 m)	
Portata 185 mm <sup>2</sup> Cu	440	0,78	0,6	0,94	0,95	183,88656
Portata 500 mm <sup>2</sup> Cu	735	0,78	0,6	0,94	0,95	307,17414
Portata 630 mm <sup>2</sup> Cu	835	0,78	0,6	0,94	0,95	348,96654

Tabella 25: Calcolo portate dei cavi

	Potenza di picco (kw)	Corrente massima (A)	Linea elettrica	Portata della linea (A)
SC 2	27.664,56	470	2 x (3 x 1 x 500 mm <sup>2</sup> )	614
SC 3	11.679,36	200	3 x 1 x 500 mm <sup>2</sup>	307
SC 4	15.597,12	265	3 x 1 x 630 mm <sup>2</sup>	348
SC 5	5.229,84	89	3 x 1 x 185 mm <sup>2</sup>	183
SC 6	2.975,28	51	3 x 1 x 185 mm <sup>2</sup>	183

Tabella 26: Verifica in termini di portata

L'uso degli inerti di ricoprimento differenti dalla terra di scavo (tipo sabbia o pozzolana) si rende necessario per una uniforme distribuzione della pressione intorno ai cavi.

L'elettrodotto di connessione in MT rimane di proprietà del produttore e viene rispettata una fascia di asservimento di 4 metri (2 metri per lato dall'asse dello scavo).

### **OPERE DI CONNESSIONE DI RETE**

Le opere di connessione di rete sono quelle opere funzionali a poter connettere l'impianto di produzione che rimangono poi nella disponibilità del distributore, in questo caso TERNA.

### **NUOVA SE DI ELEVAZIONE TERNA 36 KV/150 KV "CODRONGIANOS"**

La STMG rilasciata ed accettata dal produttore CCEN srl, identificata con il Codice Pratica 202200019, prevede come opere di rete la realizzazione di un ampliamento della stazione TERNA di "Codrongianos". Tale ampliamento viene realizzato per consentire alla CCEN *Ploaghe Mores AGR 2* srl ed altri produttori che condividono la stessa opera di rete la connessione in Media Tensione a 36 kV.

La posizione dell'ampliamento e il relativo progetto autorizzativo, in carico al capofila Enel Green Power, è in fase di validazione da parte di TERNA.