



Regione Puglia  
Città Metropolitana di Bari  
Comune di Gravina in Puglia



Progetto per la realizzazione di un **impianto agrivoltaico** della potenza massima installata pari a 39,195 MWp, potenza di immissione pari a 33,5 MW denominato “Macinale” con relative opere di connessione alla RTN nel Comune di Gravina in Puglia (BA)

Titolo:

OK6NK25\_CalcoliPrelimpianti  
Calcoli preliminari degli impianti del progetto definitivo

Numero documento:

Commessa						Fase	Tipo doc.	Prog. doc.	Rev.
2	3	4	3	0	3	D	R	0 1 7 1	0 0

Proponente:

**ALERIONSERVIZITECNICIE SVILUPPO**

**Alerion Servizi Tecnici e Sviluppo S.r.l.**

Via Renato Fucini 4  
20122 – Milano (MI)

PROGETTO DEFINITIVO

Progettazione:



**PROGETTO ENERGIA S.R.L.**

Via Cardito, 202 | 83031 | Ariano Irpino (AV)  
Tel. +39 0825 891313  
www.progettoenergia.biz | info@progettoenergia.biz



**SERVIZI DI INGEGNERIA INTEGRATI**  
INTEGRATED ENGINEERING SERVICES

Progettista:

Ing. Massimo Lo Russo



Sul presente documento sussiste il DIRITTO di PROPRIETA'. Qualsiasi utilizzo non preventivamente autorizzato sarà perseguito ai sensi della normativa vigente

REVISIONI	N.	Data	Descrizione revisione	Redatto	Controllato	Approvato
	00	18.05.2023	EMISSIONE PER AUTORIZZAZIONE	C.ELIA	D. LO RUSSO	M. LO RUSSO

## INDICE

1.	PREMESSA .....	3
2.	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	3
3.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	3
4.	DESCRIZIONE DEL PROGETTO .....	4
5.	CARATTERISTICHE TECNICHE DEL PROGETTO .....	8
5.1.	MODULI FOTOVOLTAICI .....	8
5.2.	STRUTTURE DI SUPPORTO .....	9
5.3.	CONVERTITORI DI POTENZA .....	9
5.4.	TRASFORMATORE .....	10
5.5.	CABINE ELETTRICHE DI TRASFORMAZIONE e CABINA DI IMPIANTO .....	11
5.6.	STAZIONE ELETTRICA DI UTENZA .....	11
5.7.	Cavi BT, MT e AT .....	15
5.8.	IMPIANTO DI UTENZA PER LA CONNESSIONE .....	15
5.9.	IMPIANTO DI RETE PER LA CONNESSIONE .....	15
6.	DIMENSIONAMENTO PRELIMINARE CAVI MT .....	15
6.1.	DORSALE ESTERNA DI COLLEGAMENTO DALLA CABINA DI IMPIANTO ALLA STAZIONE ELETTRICA DI UTENZA	16
6.1.1.	Generalità .....	16
6.1.2.	Caratteristiche tecniche del cavidotto di collegamento alla SSE (dorsale esterna) .....	16
6.1.3.	Cavidotto interno (rete elettrica interna al parco fotovoltaico per il collegamento delle cabine di trasformazione alla Cabina di Impianto) .....	16
6.2.	VARIAZIONE DELLA TENSIONE LATO CC .....	17
6.3.	PORTATA DEI CAVI IN REGIME PERMANENTE .....	17
6.4.	COLLEGAMENTO IN SERIE TRA MODULI .....	18
6.5.	COLLEGAMENTO TRA STRINGHE E CASSETTA DI STRINGA (CDS) .....	18
6.6.	COLLEGAMENTO TRA CDS E QUADRO DI SEZIONAMENTO .....	18
6.7.	TRASFORMATORE TRIFASE BT/MT .....	18

## 1. PREMESSA

Scopo del presente documento è quello di fornire indicazioni sul dimensionamento degli impianti finalizzato all'ottenimento dei permessi necessari alla costruzione ed esercizio di un Impianto Agrivoltaico, denominato "Macinale", da realizzarsi nel comune di Gravina in Puglia (BA), collegato alla Rete Elettrica Nazionale mediante connessione su uno stallo a 150 kV in antenna alla nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN 380/150 kV ubicata a Gravina in Puglia (BA).

## 2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Si riporta, di seguito, l'elenco documenti di riferimento per la presente relazione:

- OK6NK25\_ElaboratoGrafico\_0\_01-Corografia di inquadramento;
- OK6NK25\_ElaboratoGrafico\_1\_03-Planimetria dei tracciati principali delle reti impiantistiche;
- OK6NK25\_ElaboratoGrafico\_1\_04-Particolari costruttivi;
- OK6NK25\_ElaboratoGrafico\_2\_01-Planimetria cavidotto MT su CTR - tratto 1;
- OK6NK25\_ElaboratoGrafico\_2\_02-Planimetria cavidotto MT su CTR - tratto 2;
- OK6NK25\_ElaboratoGrafico\_2\_03-Planimetria cavidotto MT su CTR - tratto 3;
- OK6NK25\_ElaboratoGrafico\_3-Stazione elettrica di utenza, impianto di utenza per la connessione, impianto di rete per la connessione - Planimetria catastale di progetto;
- OK6NK25\_ElaboratoGrafico\_1\_06-Schema elettrico unifilare d'impianto Fotovoltaico;
- OK6NK25\_ImpiantiDiRete\_02-Schema elettrico unifilare degli impianti di utenza e di Rete;
- OK6NK25\_ImpiantiDiUtenza\_01-Stazione elettrica di utenza - Planimetria e Sezione elettromeccanica;
- OK6NK25\_ImpiantiDiUtenza\_02-Stazione elettrica di utenza - disegni architettonici edificio quadri.

## 3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le fasi di analisi e verifica delle strutture saranno condotte in accordo alle seguenti disposizioni normative:

- CEI 0-13 "Protezione contro i contatti elettrici - Aspetti comuni per gli impianti e le apparecchiature"
- CEI 0-16 "Regole tecniche di connessione (RTC) per utenti attivi ed utenti passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica"
- CEI EN 61215-1-1 - CEI: 82-55 Moduli fotovoltaici (FV) per applicazioni terrestri - Qualifica del progetto e omologazione del tipo Parte 1-1: Prescrizioni particolari per le prove di moduli fotovoltaici (FV) in silicio cristallino
- CEI EN 61829 - CEI: 82-16 Schiere di moduli fotovoltaici (FV) in silicio cristallino - Misura sul campo delle caratteristiche I-V
- CEI EN 50618 - CEI: 20-91 Cavi elettrici per impianti fotovoltaici CEI EN 60904-2 - CEI: 82-2 Dispositivi fotovoltaici - Parte 2: Prescrizioni per i dispositivi fotovoltaici di riferimento
- CEI EN 61730-1/A11 - CEI: 82-27; Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici
- CEI EN 60904-8 - CEI: 82-19 Dispositivi fotovoltaici
- CEI EN 50539-11 - CEI: 37-16 Limitatori di sovratensioni di bassa tensione - Limitatori di sovratensioni di bassa tensione per applicazioni specifiche inclusa la c.c. Parte 11: Prescrizioni e prove per SPD per applicazioni negli impianti fotovoltaici

- CEI 81-28 - CEI:81-28 Guida alla protezione contro i fulmini degli impianti fotovoltaici
- CEI EN 50530/A1 - CEI: 82-35; V1 Rendimento globale degli inverter per impianti fotovoltaici collegati alla rete elettrica
- CEI EN 62446 - CEI:82-38 Sistemi fotovoltaici collegati alla rete elettrica – Prescrizioni minime per la documentazione del sistema, le prove di accettazione e prescrizioni per la verifica ispettiva
- CEI EN 61853-1 - CEI:82-43 Misura delle prestazioni e dell'energia nominale erogata da moduli fotovoltaici (FV) Parte 1: Misura delle prestazioni e della potenza nominale erogata da moduli fotovoltaici (FV) in funzione dell'irraggiamento e della temperatura
- CEI EN 62109-2 - CEI: 82-44 Sicurezza dei convertitori di potenza utilizzati negli impianti Fotovoltaici
- CEI 82-25; Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa Tensione e relative Varianti
- CEI EN 50530 - CEI:82-35 Rendimento globale degli inverter per impianti fotovoltaici collegati alla rete elettrica
- CEI EN 62109-1 - CEI: 82-37 Sicurezza degli apparati di conversione di potenza utilizzati in impianti fotovoltaici di potenza Parte 1: Prescrizioni generali
- CEI 50524 - CEI: 82-34 Fogli informativi e dati di targa dei convertitori fotovoltaici
- CEI EN 61215 - CEI: 82-8 Moduli fotovoltaici (FV) in silicio cristallino per applicazioni Terrestri
- CEI EN 62093 - CEI: 82-24 Componenti di sistemi fotovoltaici - moduli esclusi (BOS) - Qualifica di progetto in condizioni ambientali naturali
- CEI EN 61277 - CEI: 82-17 Sistemi fotovoltaici (FV) di uso terrestre per la generazione di energia elettrica Generalità e guida
- 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 61727 - CEI: 82-9 Sistemi fotovoltaici (FV) Caratteristiche dell'interfaccia di raccordo alla rete
- CEI 82-25 Guida realizzazione sistemi e fotovoltaici

#### 4. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

L'intervento consiste nella realizzazione di un Impianto Agrivoltaico, denominato "Macinale", in località "Piano S. Felice" nel comune di Gravina in Puglia (BA), e del relativo cavidotto M.T. di collegamento alla Stazione Elettrica di Utenza, connessa in A.T. 150 kV sulla futura Stazione Elettrica di Trasformazione (SE) della RTN 380/150 kV ubicata nello stesso comune. L'Impianto Agrivoltaico ha potenza di 39.195,00 kWp (tenuto conto del rapporto di connessione DC / AC = 1,17 e della potenza di connessione pari 33.500,00 kWp).

L'impianto in oggetto, nel seguito, è definito "**Progetto**". Si ricorda che con il termine "Progetto" si fa riferimento all'insieme di: Impianto Fotovoltaico, cavidotto M.T., Stazione Elettrica di Utenza, Impianto d'Utenza per la Connessione ed Impianto di Rete per la Connessione.

Si riporta di seguito stralcio della corografia di inquadramento:

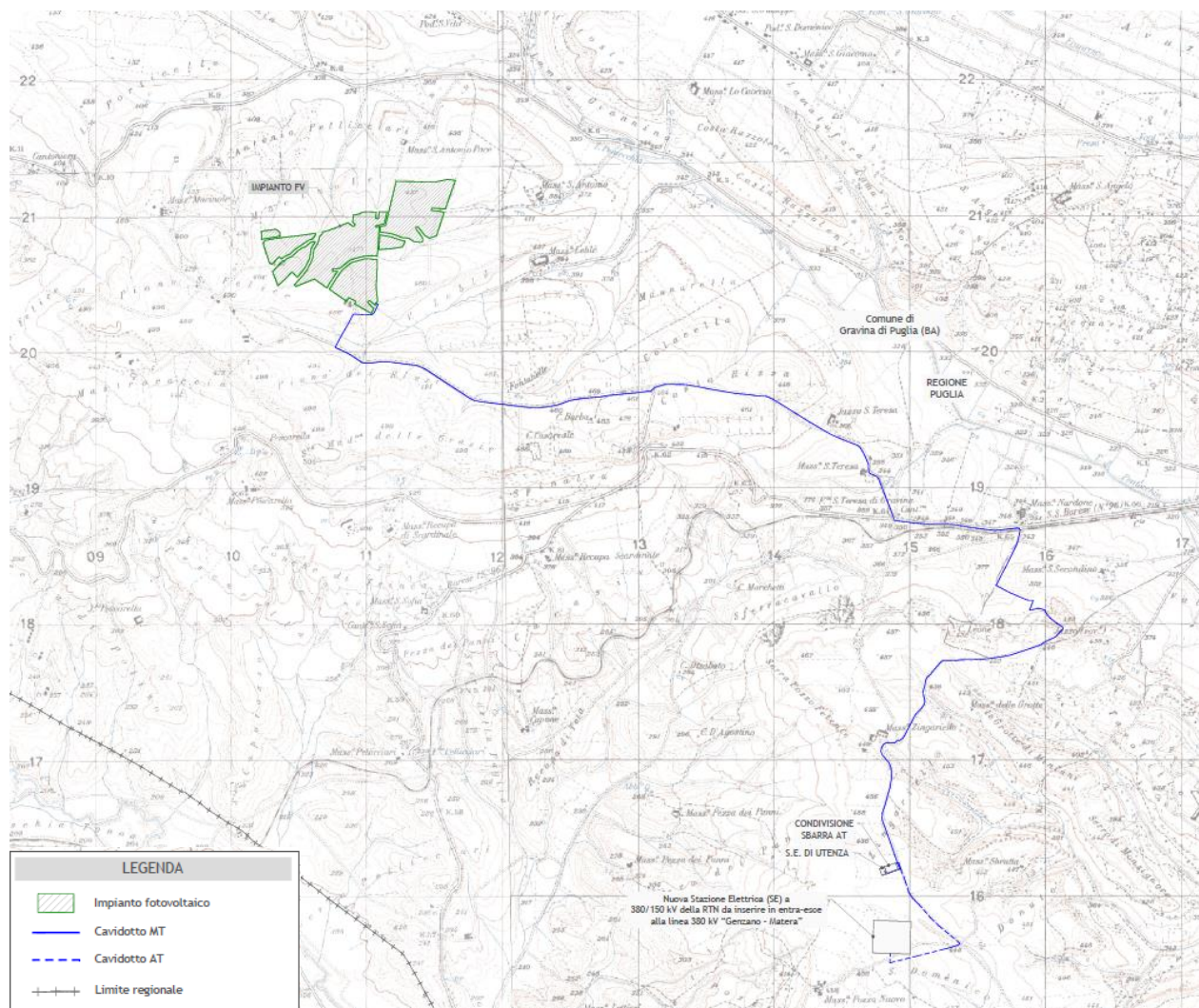


Figura 1 -Corografia di inquadramento

Al Parco Fotovoltaico si accede tramite viabilità comunale (strada Contrada S. Felice), alla Stazione Elettrica d'Utenza invece tramite la strada provinciale (SP193).

L'impianto fotovoltaico, il cavidotto MT, Stazione Elettrica di Utenza, l'impianto di utenza per la connessione e l'impianto di rete per la connessione risultano ubicati nel Comune di Gravina in Puglia (BA), all'interno di strade comunali e provinciali e sulle seguenti particelle catastali:

- Comune di Gravina di Puglia (BA) : Foglio 71, Particelle :682-345-274-617-623; Foglio 72, Particelle :120-121-146-510-145-140-150-139-493-117-144-491-499-358-360-70-67-391-66-69-68-65-361; Foglio 93, Particelle : 284-285; Foglio 94, Particelle. 125-126-127-748-726-727-749-798-742-743-137-752-753-138-763-131-699-140-718-719-141-776-221-143-222-751-211-212-792-712-597-433-715-434-389-391-109-388-419-423-469-111-110-425-115-426-61-614-616-617-716-716-20-171-36-186-187-37-188-193-192-191-26-166-101-100-99-53 ; foglio 113, particelle: 341-248-249-250-252-247-117;Foglio112, Particelle 28-30-71-69; Foglio 111, particelle:234-238-25; Foglio 138, particella:28.

Di seguito si riportano i dati relativi all'ubicazione ed alle caratteristiche climatiche dell'area interessata dall'impianto in oggetto (tabelle 2-3).

- Parco Fotovoltaico

Latitudine	40°49'42.00"N
Longitudine	16°18'55.88"E
Altitudine [m]	464 m s.l.m.
Zona Climatica	D
Gradi Giorno	1.746

Tabella 1 - Caratteristiche climatico – territoriali del Parco Fotovoltaico

- Stazione Elettrica d'Utenza

Latitudine	40°47'13.12"N
Longitudine	16°21'35.75"E
Altitudine [m]	453 m s.l.m.
Zona Climatica	D
Gradi Giorno	1.746

Tabella 2 - Caratteristiche climatico – territoriali della Stazione Elettrica d'Utenza

L'impianto fotovoltaico in progetto può schematizzarsi nel seguente modo:

- **Cabina di Trasformazione CT1 (potenza tot. installata: 3236,10 KWp)**  
n° moduli installati: 4.830,  
stringhe (1x30 mod.): 161.
- **Cabina di Trasformazione CT2 (potenza tot. installata: 3236,10 KWp)**  
N° moduli installati: 4.830,  
stringhe (1x30 mod.): 161.
- **Cabina di Trasformazione CT3 (potenza tot. installata: 3517,50 KWp)**  
n° moduli installati: 5.250,  
stringhe (1x30 mod.): 175.
- **Cabina di Trasformazione CT4 (potenza tot. installata: 3497,40 KWp)**  
n° moduli installati: 5.220,  
stringhe (1x30 mod.): 174.
- **Cabina di Trasformazione CT5 (potenza tot. installata: 3236,10 KWp)**  
n° moduli installati: 4.830,  
stringhe (1x30 mod.): 161.
- **Cabina di Trasformazione CT6 (potenza tot. installata: 3256,20 KWp)**  
n° moduli installati: 4.860,  
stringhe (1x30 mod.): 162.
- **Cabina di Trasformazione CT7 (potenza tot. installata: 3195,90 KWp)**  
n° moduli installati: 4.770,  
stringhe (1x30 mod.): 159.

- **Cabina di Trasformazione CT8 (potenza tot. installata: 3195,90 KWp)**  
N° moduli installati: 4.770,  
stringhe (1x30 mod.): 159.
- **Cabina di Trasformazione CT9 (potenza tot. installata: 3216,00 KWp)**  
N° moduli installati: 4.800,  
stringhe (1x30 mod.): 160.
- **Cabina di Trasformazione CT10 (potenza tot. installata: 3216,00 KWp)**  
n° moduli installati: 4.800,  
stringhe (1x30 mod.): 160.
- **Cabina di Trasformazione CT11 (potenza tot. installata: 3195,90 KWp)**  
N° moduli installati: 4.770,  
stringhe (1x30 mod.): 159.
- **Cabina di Trasformazione CT12 (potenza tot. installata: 3195,90 KWp)**  
n° moduli installati: 4.770,  
stringhe (1x30 mod.): 159.

I moduli fotovoltaici verranno installati su aree la cui estensione totale è pari a circa 79,00 ha.

Di seguito, si riporta la planimetria dell'Impianto Agrivoltaico.



Moltiplicando il numero di pannelli per la potenza erogabile dal singolo si ottiene la **massima potenza installabile presunta**:

$$58.500 * 0,670 = 39.195 \text{ kWp}$$

I moduli fotovoltaici verranno fissati su delle strutture in tubolari metallici opportunamente dimensionate e fissate in modo da sostenere il peso proprio dei pannelli fotovoltaici e resistere alla spinta ribaltante del vento.

Nello specifico, il **modulo fotovoltaico** da **670 W**, per il quale si prevede una connessione (in corrente continua a bassa tensione) in stringhe da **30** elementi in maniera da ottenere una tensione massima di stringa pari a 1.383 V.

Per tali stringhe si prevede, a valle, il collegamento agli **inverter** (deputati alla conversione della corrente in continua in alternata).

A valle degli inverter, è previsto lo **stadio di trasformazione** che eleverà la tensione da Bassa a Media.

I trasformatori verranno alloggiati nelle cosiddette **Cabine di Trasformazione (CT)**, gli inverter in corrispondenza delle strutture. Nelle stesse cabine elettriche sono previsti i relativi interruttori magnetotermici sia lato B.T. che M.T.

Le linee M.T. provenienti dalle Cabine di Trasformazione saranno indirizzate alla **Cabina di Impianto (CI)** destinata alla connessione dell'impianto alla Stazione Elettrica di Utenza. L'impianto di utenza per la connessione avverrà tramite elettrodotto interrato A.T. che collegherà la Stazione Elettrica di Utenza all'impianto di rete per la connessione (stallo A.T.) in antenna sulla Stazione Elettrica (SE) della RTN 380/150 kV ubicata a Gravina in Puglia (BA).

Il Progetto è così composto:

- Impianto Fotovoltaico:
  - 58.500 pannelli fotovoltaici (da 670 Wp, disposti su due file con orientamento Est-Ovest);
  - 1.950 stringhe (composte da 30 moduli);
  - distanza tra gli assi delle file di pannelli: 5 m;
  - 12 Cabine di Trasformazione;
  - 1 Cabina di Impianto.
- Cavidotto M.T.;
- Stazione Elettrica di Utenza;
- Impianto di Utenza per la Connessione (elettrodotto A.T.);
- Impianto di Rete per la Connessione (stallo A.T.).

## 5. CARATTERISTICHE TECNICHE DEL PROGETTO

### 5.1. MODULI FOTOVOLTAICI

I moduli fotovoltaici saranno in silicio policristallino provvisti di cornici in alluminio, realizzati con 132 celle di tipo policristallino con tensione massima di isolamento pari a 1500 V, e di potenza 670 Wp della marca "Trina Solar", modello "TSM-DE21.W".

I pannelli saranno conformi alla norma IEC 61215 ed avranno le seguenti caratteristiche operative:

Dimensione massima modulo [mm]	2384 x 1303 x 33
Temperatura operativa	-40°C e +85°C

Tabella 3 - Caratteristiche operative dei pannelli

L'impianto sarà costituito da un totale di 58.500 **pannelli** per una conseguente potenza di picco pari a **39.195 kWp**.

Ciascun modulo sarà accompagnato da un foglio-dati e da una targhetta in materiale duraturo, applicato al modulo fotovoltaico, dove saranno riportate le principali caratteristiche, secondo la Norma CEI EN 50380.



## 5.2. STRUTTURE DI SUPPORTO

Le strutture a supporto dei moduli saranno in acciaio zincato a caldo ed ancorata al terreno tramite infissione diretta nel terreno ad una profondità idonea a sostenere l'azione del vento. Le strutture saranno del tipo tracker monoassiali, con distanza minima da terra pari a 130 cm ed altezza massima di 337 cm circa.

Le strutture sono fissate al terreno mediante fondazioni costituite da profilati in acciaio zincato a caldo infissi nel terreno.

I moduli costituenti la stringa saranno alloggiati in modo tale da essere interessati dallo stesso irraggiamento. Ogni struttura permetterà l'installazione di 30 moduli costituenti una stringa.

## 5.3. CONVERTITORI DI POTENZA

I gruppi di conversione della corrente continua in corrente alternata (inverter) saranno idonei al trasferimento della potenza generata alla rete del distributore, in conformità ai requisiti normativi tecnici di sicurezza applicabili. In particolare saranno rispondenti alle norme contenute nella direttiva EMC (2004/108/CE) e alla Direttiva Bassa Tensione (2014/35/UE).

Il convertitore opererà in modo completamente automatico l'inseguimento del punto di massima potenza (MPPT) del campo FV, in modo da far lavorare l'impianto sempre nelle condizioni di massima resa, anche durante i periodi di basso irraggiamento (alba e tramonto).

L'inverter consentirà la programmazione della curva di rendimento ottimale in funzione della distribuzione dei valori di irraggiamento solare del sito durante le stagioni dell'anno, al fine di ottenere un intervallo di rendimento massimo in corrispondenza del livello di potenza con la maggior disponibilità attesa.

Nel progetto in esame sono state inserite due tipologie di inverter di marca "SMA", ovvero i modelli "SC-2750-EV-10" e "SC-3000-EV-10". Tali inverter saranno di tipo outdoor con potenza AC pari rispettivamente a 2750 kW e 3000 kW con tensione di isolamento massima pari o superiore a 1500V lato DC.

Gli inverter devono essere in grado di funzionare indifferentemente con il generatore fotovoltaico isolato da terra, oppure con una qualunque delle polarità DC collegate a terra (soft grounding /hard grounding)

La separazione dalla rete sarà garantita dal trasformatore bassa – media tensione (TR B.T. / M.T.) non compreso nell'inverter.

I due tipi di inverter soddisferanno i seguenti requisiti minimi:

Requisiti	Caratteristiche
Potenza di picco	limitata elettronicamente al valore di impianto
Potenza nominale	2750 kVA
Tensione massima Vdc	1500 Vdc
Tensione Nominale Uscita AC:	600 V / 480 V to 720 V
Rendimento Massimo	98,7 %
Temperatura di esercizio	-25 + 60 °C
Compatibilità EMC	EN55011:2017, IEC/EN 61000-6-2, FCC Part 15 Class A

Tabella 4 - Requisiti e caratteristiche dell'inverter

Requisiti	Caratteristiche
Potenza di picco	limitata elettronicamente al valore di impianto
Potenza nominale	3000 kVA
Tensione massima Vdc	1500 Vdc
Tensione Nominale Uscita AC:	655 V / 524 V to 721 V
Rendimento Massimo	98,8 %
Temperatura di esercizio	-25 + 60 °C
Compatibilità EMC	EN55011:2017, IEC/EN 61000-6-2, FCC Part 15 Class A

Tabella 5 - Requisiti e caratteristiche dell'inverter

#### 5.4. TRASFORMATORE

Il trasformatore M.T. / B.T. sarà del tipo a due avvolgimenti in olio con raffreddamento ONAN.

Le tensioni primario e secondario saranno stabilite in base al valore della tensione di uscita dell'inverter e di quella della rete a cui l'impianto è connesso.

Le tabelle seguenti riassumono le caratteristiche dei trasformatori che verranno utilizzati nell'impianto.

I trasformatori di potenza saranno:

- ✓ 10 da 3.000 kVA:

Potenza	3.000 kVA
Livello isolamento	36kV a perdite ridotte
Tensione di fase del primario	30.000 Vac
Caratteristiche del secondario	singolo
Tensione di fase del secondario	400 Vac

Tabella 6 - Caratteristiche dei trasformatori da 3000 kVA previsti nell'impianto in progetto

- ✓ 2 da 3.500 kVA:

Potenza	2.000 kVA
Livello isolamento	36kV a perdite ridotte
Tensione di fase del primario	30.000 Vac
Caratteristiche del secondario	singolo
Tensione di fase del secondario	400 Vac

Tabella 7 - Caratteristiche dei trasformatori da 3500 kVA previsti nell'impianto in progetto

## 5.5. CABINE ELETTRICHE DI TRASFORMAZIONE e CABINA DI IMPIANTO

Le Cabine di Trasformazione (C.T.) saranno così suddivise:

- 10 C.T. da 2.750 kW per una potenza in uscita AC pari a 27.500 kW;
- 2 C.T. da 3.000 kW per una potenza in uscita AC pari a 6.000 kW.

La potenza totale in uscita AC è pertanto pari a 33,500 MWp.

Ciascuna delle 12 aree di conversione previste saranno costituite da un trafo M.T./B.T. in olio all'aperto delle dimensioni 4x4x4 m e da un container shelter box delle dimensioni 12,9x4,88x4,80 m contenente l'inverter.

La cabina di impianto sarà costituita da un edificio di dimensioni 12,20 m x 2,40 m x 3,00 m suddiviso in due sezioni:

- una sezione contenente il locale MT;
- una sezione contenente il locale misure.
- una sezione contenente il locale G.E.

## 5.6. STAZIONE ELETTRICA DI UTENZA

La Stazione Elettrica di Utenza, completa di relative apparecchiature ausiliarie (quadri, sistemi di controllo e protezione, trasformatore ausiliario), risulta ubicata sulle particelle n. 234-238 del foglio 111 del comune di Gravina in Puglia (BA).

L'energia prodotta prima di essere immessa in rete viene elevata alla tensione di 150 kV mediante un trasformatore trifase di potenza A.T. / M.T. 150/30 kV; Pn = 40 MVA.

Il quadro all'aperto della SE A.T. / M.T. è composto da:

- stallo A.T.;
- trasformatore A.T. / M.T.;
- un edificio quadri comandi e servizi ausiliari;
- Sbarra di condivisione comprensivo di stallo destinato alla connessione verso la RTN (condivisa con altri produttori).

La posizione dell'edificio quadri consente di agevolare l'ingresso dei cavi M.T. nella stazione e sarà di dimensione adeguate nel rispetto delle leggi vigenti e rispettive regole tecniche.

### ✓ Disposizione elettromeccanica

Sbarra di condivisione comprensivo di stallo destinato alla connessione verso la RTN (condivisa con altri produttori):

- ✓ Nr. 3 trasformatori di corrente;
- ✓ Nr. 1 interruttore tripolare;
- ✓ Nr. 1 sezionatore tripolare orizzontale con lame di terra;
- ✓ Nr. 3 trasformatori di tensione induttivi;
- ✓ Nr. 3 scaricatori;
- ✓ Nr. 3 terminali cavo AT;
- ✓ Nr. 13 Portali sbarre.

Nr. 1 montante trafo A.T. / M.T.:

- Nr. 3 isolatori,
- Nr. 1 sezionatore tripolare orizzontale con lame di terra,
- Nr. 3 trasformatori di corrente,
- Nr. 1 interruttore tripolare,
- Nr. 3 trasformatori di corrente,
- Nr. 3 scaricatori di sovratensione A.T.,
- Nr. 1 trasformatore ONAN/ONAF – 30/150 kV – 40 MVA – con isolamento in olio minerale.

La Stazione Elettrica di Utenza è inoltre dotata di:

- Sistema di Protezione Comando e Controllo – SPCC,
- Servizi Ausiliari di Stazione,
- Servizi Generali,
- Sezione M.T., sino alle celle M.T. di partenza verso il campo fotovoltaico.

Si riporta in figura 6 la planimetria elettromeccanica con relative sezioni della soluzione tecnica innanzi generalizzata.

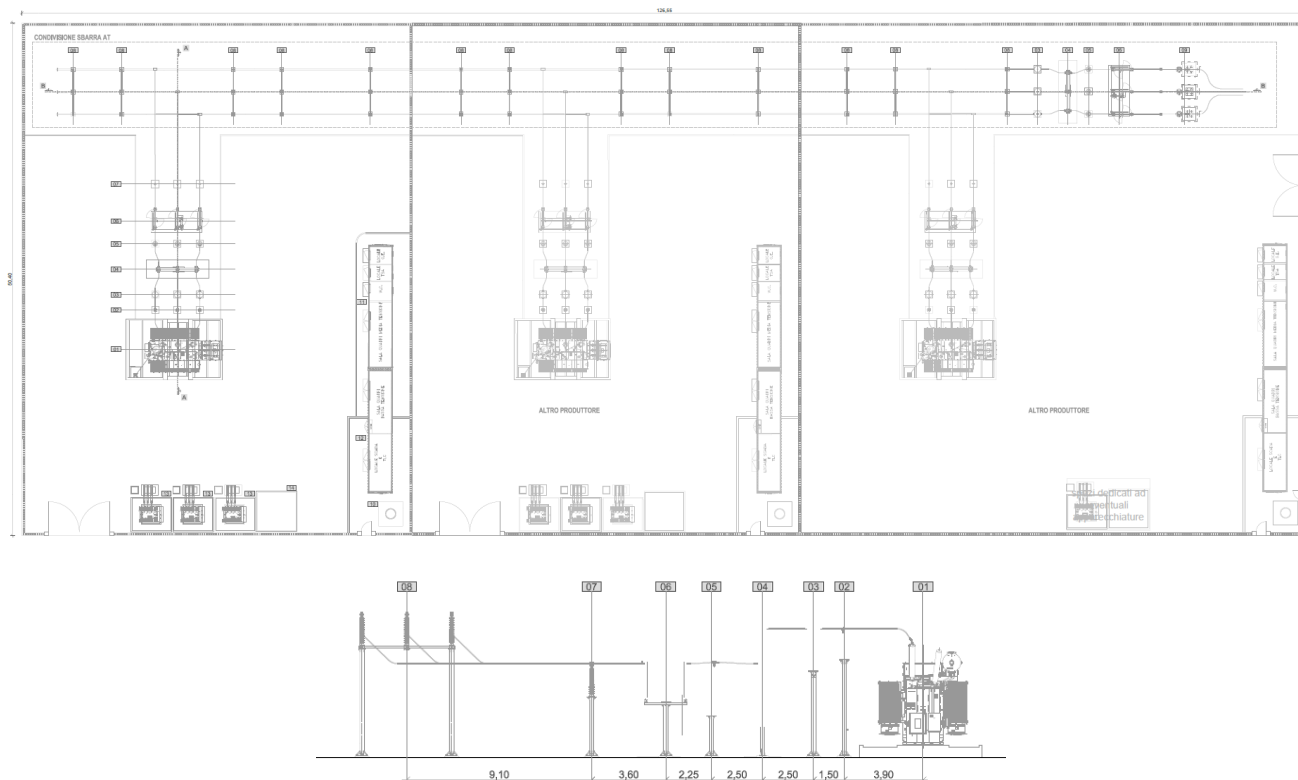


Figura 3 - Planimetria elettromeccanica della Stazione Elettrica di Utenza

### Caratteristiche tecniche civili

Gli interventi e le principali opere civili, realizzate preliminarmente all'installazione delle apparecchiature in premessa descritte, sono stati i seguenti:

- Sistemazione dell'area interessata dai lavori mediante sbancamento per l'ottenimento della quota di imposta della stazione;
- Realizzazione di recinzione di delimitazione area sottostazione e relativi cancelli di accesso;
- Edificio BT + SCADA e TLC;
- Edificio quadri;
- Realizzazione della rete di drenaggio delle acque meteoriche costituita da tubazioni, pozzetti e caditoie. L'insieme delle acque meteoriche sono convogliate in un sistema di trattamento prima di essere smaltite in subirrigazione, tramite i piazzali drenanti interni alla stessa stazione;
- Formazione della rete interrata di distribuzione dei cavi elettrici sia a bassa tensione BT che a media tensione MT, costituita da tubazioni e pozzetti, varie dimensioni e formazioni;
- Costruzione delle fondazioni in calcestruzzo armato, di vari tipi e dimensioni, su cui sono state montate le apparecchiature e le macchine elettriche poste all'interno dello stallo;
- Realizzazione di strade e piazzali.

**Edificio BT + SCADA e TLC**

La cabina sarà preassemblata, composta da struttura in acciaio e pannelli in lamiera sandwich ancorata a plinti di fondazioni in cls tramite struttura in acciaio.

Si riportano di seguito pianta e prospetti.

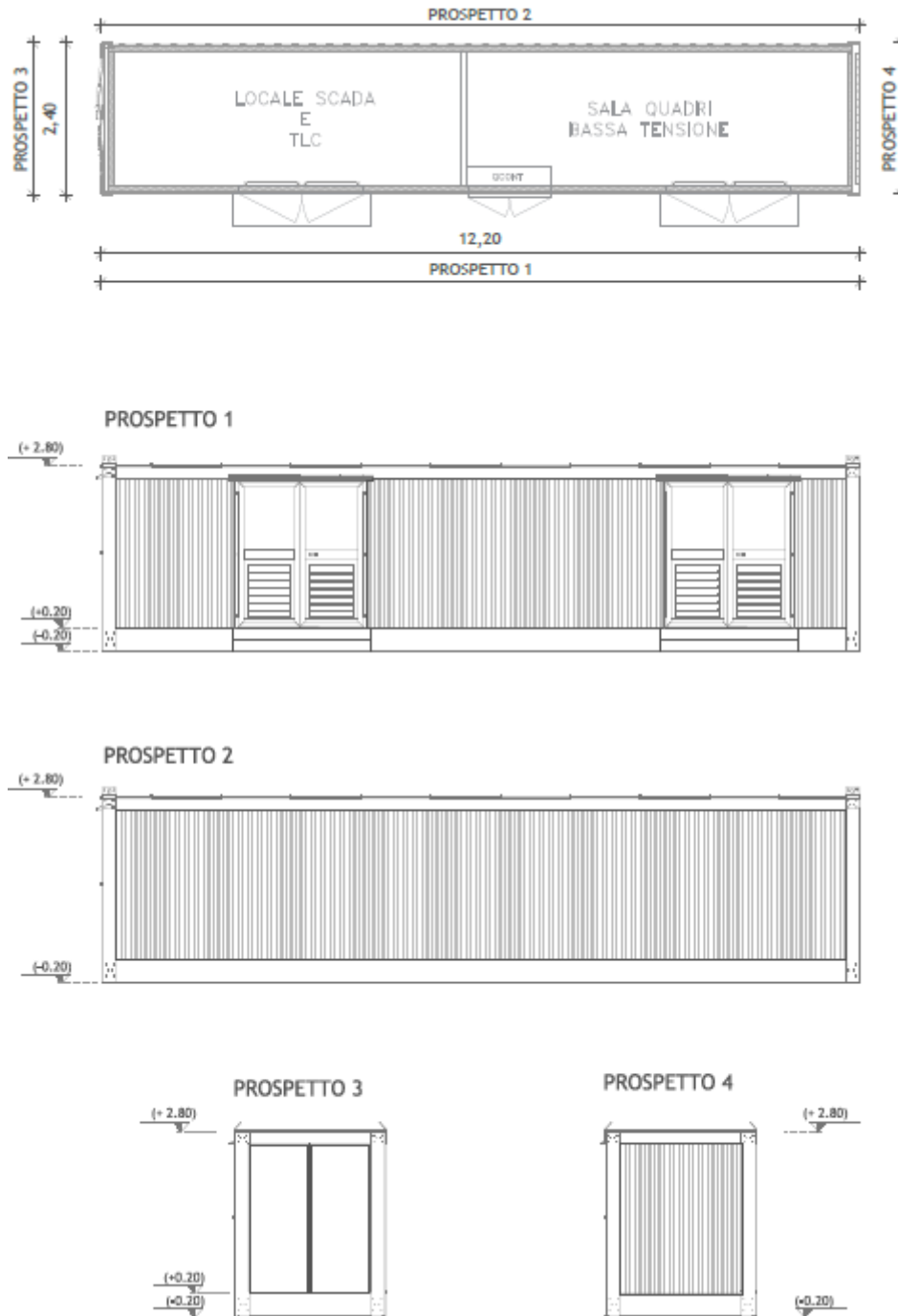


Figura 4 – Planimetria e prospetti dell'Edificio BT + SCADA e TLC

Si rimanda per ulteriori approfondimenti al documento "OK6NK25\_ImpiantiDiUtenza\_02".

### Edificio Quadri

Anche tale cabina sarà preassemblata, composta da struttura in acciaio e pannelli in lamiera sandwich ancorata a plinti di fondazioni in cls tramite struttura in acciaio.

Si riportano di seguito pianta e prospetti.

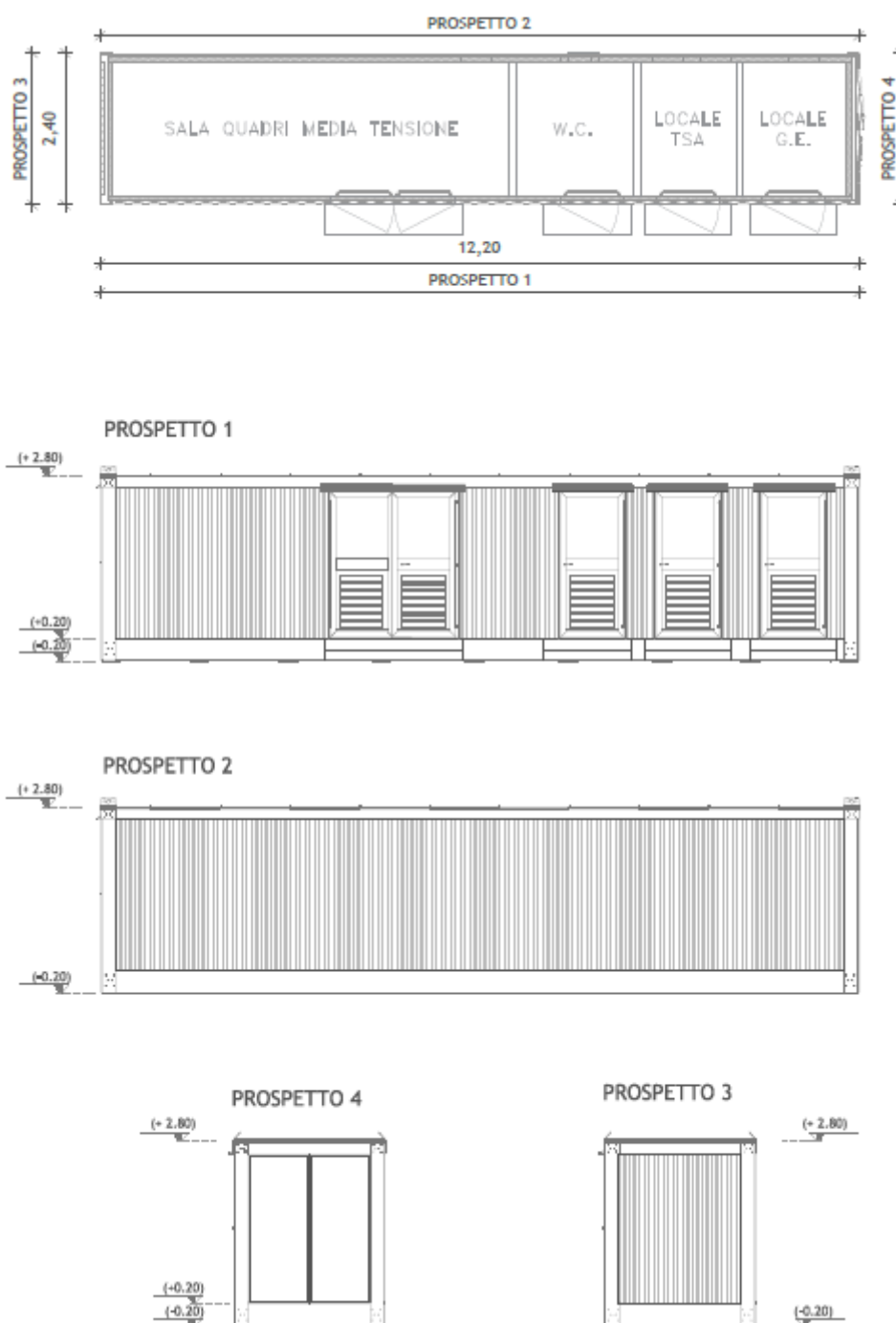




Figura 5 – Planimetria e prospetti dell'Edificio Quadri

Si rimanda per ulteriori approfondimenti al documento "OK6NK25\_ImpiantiDiUtenza\_02"

	<p style="text-align: center;">OK6NK25_CalcoliPrelimpianti</p> <p style="text-align: center;"><i>Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico della potenza massima installata pari a 39,195 MWp, potenza di immissione pari a 33,5 MW denominato "Macinale" con relative opere di connessione alla RTN nel Comune di Gravina in Puglia (BA)</i></p>	
Codifica Elaborato: <b>234303_D_R_0171</b> Rev. 00		

### 5.7. Cavi BT, MT e AT

I Cavi saranno posati all'interno di cavidotti in PEAD posati a quota  $-50 \div -70$  cm e raccordati tra loro mediante pozzetti di ispezione. I cavi BT di collegamento tra cassette di parallelo stringa e i quadri di campo saranno:

- ARG7 R
- Sezione minima calcolata tenendo conto di una caduta di tensione massima ammissibile  $< 1\%$ .

Nel caso le stringhe provenienti da una fila si dovranno attestare in una cassetta di stringa presente nella fila successiva o precedente, i cavi di tipo FG21M21 dovranno essere posati entro tubo corrugato di tipo pesante aventi caratteristiche meccaniche DN450  $\varnothing$ 200mm.

I cavi MT saranno:

- In alluminio con formazione ad elica visibile del tipo ARE4H5EX;
- conformi alla specifica tecnica ENEL DC4385;
- Sezione minima calcolata tenendo conto di una caduta di tensione massima ammissibile  $< 0,5\%$ .

La posa sarà prevista direttamente interrata a  $-100 \div -120$  cm con protezione anti sfondamento da escavazione senza corrugati o manufatti di posa interposti con il terreno.

Tutte le operazioni per loro messa in opera dovranno saranno eseguite secondo le norme CEI 20-13, 20-14, 20-24.

I cavi AT saranno:

- In alluminio del tipo ARE4H1H5E;
- conformi alla CEI 60840;
- Sezione minima calcolata tenendo conto di una caduta di tensione massima ammissibile  $< 0,5\%$ .

La posa sarà prevista direttamente interrata a  $-120 \div -150$  cm con protezione anti sfondamento da escavazione senza corrugati o manufatti di posa interposti con il terreno.

### 5.8. IMPIANTO DI UTENZA PER LA CONNESSIONE

L'Impianto di Utente per la Connessione sarà costituito dallo stallo di trasformazione allocato all'interno della nuova Stazione Elettrica di Utente, da un elettrodotto interrato a 150 kV e dallo stallo arrivo cavo A.T. per il collegamento di quest'ultimo alle sbarre che insieme allo stallo utente (sezionatore + TA + TV) di collegamento all'Impianto di Rete per la Connessione saranno condivisi con altri produttori.

### 5.9. IMPIANTO DI RETE PER LA CONNESSIONE



L' Impianto di rete per la connessione sarà ubicato all'interno della nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN 380/150 kV ubicata a Gravina in Puglia (BA).

## 6. DIMENSIONAMENTO PRELIMINARE CAVI MT

Il cavidotto MT può essere suddiviso in:

- dorsale esterna di collegamento dalla cabina di impianto CI e la stazione elettrica di utente, realizzata con terna di cavi MT a 30 KV;
- cavidotto interno di collegamento in MT tra le Cabine di Trasformazione CT e la Cabina di impianto CI;

All'interno delle stesse trincee così realizzate, sarà posato anche un tubo in polietilene ad alta densità PEAD all'interno del quale sarà posato il cavo di fibra ottica per la trasmissione dei segnali tra il Parco Fotovoltaico e la e la stazione elettrica di utente.

	<p style="text-align: center;">OK6NK25_CalcoliPrelimpianti</p> <p style="text-align: center;"><i>Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico della potenza massima installata pari a 39,195 MWp, potenza di immissione pari a 33,5 MW denominato "Macinale" con relative opere di connessione alla RTN nel Comune di Gravina in Puglia (BA)</i></p>	
Codifica Elaborato: <b>234303_D_R_0171</b> Rev. 00		

## 6.1. DORSALE ESTERNA DI COLLEGAMENTO DALLA CABINA DI IMPIANTO ALLA STAZIONE ELETTRICA DI UTENZA

### 6.1.1. Generalità

Il percorso del tracciato dell'elettrodotto di collegamento alla SSE (dorsale esterna), è stato studiato tenendo conto dei seguenti criteri progettuali:

- contenere per quanto possibile la lunghezza del tracciato sia per occupare la minor porzione possibile di territorio, sia per non superare certi limiti di convenienza tecnico economica;
- mantenere il tracciato del cavo il più possibile all'interno delle strade esistenti, soprattutto in corrispondenza dell'attraversamento di nuclei e centri abitati, tenendo conto di eventuali trasformazioni ed espansioni urbane future;
- evitare per quanto possibile di interessare case sparse e isolate, rispettando le distanze minime prescritte dalla normativa vigente;
- minimizzare l'interferenza con le eventuali zone di pregio naturalistico, paesaggistico e archeologico;

Inoltre, per quanto riguarda l'esposizione ai campi magnetici, in linea con il dettato dell'art. 4 del DPCM 08-07-2003 di cui alla Legge n° 36 del 22/02/2001, i tracciati sono stati eseguiti tenendo conto dell'obiettivo di qualità di 3  $\mu$ T.

### 6.1.2. Caratteristiche tecniche del cavidotto di collegamento alla SSE (dorsale esterna)

Il cavidotto costituisce l'elemento di collegamento tra la Cabina di Impianto, situata all'interno dell'impianto fotovoltaico e la nuova stazione di utenza AT/MT che consentirà di innalzare la tensione da 30 kV a 150 kV e quindi di smistare l'energia elettrica prodotta dall'impianto alla Rete di Trasmissione Nazionale.

L'elettrodotto dovrà assicurare una portata di 33,50 MW, pari cioè alla potenza nominale dell'impianto in oggetto.

L'elettrodotto consisterà in due linee in cavo, ripartendo equamente la potenza nominale totale contenendo così la sezione del cavo stesso.

Si riporta di seguito tabella con indicazione delle linee, lunghezza, tipologia, sezione e cadute di tensione:

TRATTO CAVIDOTTO		LUNGHEZZA (m)	TIPOLOGIA	SEZIONE	CADUTA DI TENSIONE (%)
da	a				
CABINA DI IMPIANTO	STAZIONE ELETTRICA DI UTENZA	10.160	ARE4H5E	2X(3x1x630)	3,03

### 6.1.3. Cavidotto interno (rete elettrica interna al parco fotovoltaico per il collegamento delle cabine di trasformazione alla Cabina di Impianto)

Il cavidotto interno di collegamento in MT sarà di tipo ad anello con il collegamento tra le Cabine di trasformazione e da queste alla Cabina di impianto così come di seguito riportato:

#### ➤ LINEA 1

- CT1 → CT2 → CT3 → CT4 → CT5 → CT6 → Cabina di impianto;
- CT1 → Cabina di impianto.

#### ➤ LINEA 2

- CT7 → CT8 → CT9 → CT10 → CT11 → CT12 → Cabina di impianto;
- CT7 → Cabina di impianto.

Si riporta di seguito tabella con indicazione delle linee, lunghezza, tipologia, sezione e cadute di tensione



LINEA	LUNGHEZZA ANELLO (m)	TIPOLOGIA	SEZIONE	CADUTA DI TENSIONE (%)
<b>LINEA 1</b> (CT1, CT2, CT3, CT4, CT5, CT6 e CABINA DI IMPIANTO)	2.156	ARE4H5E	3x1x300	0,48
<b>LINEA 2</b> (CT7, CT8, CT9, CT10, CT11, CT12 e CABINA DI IMPIANTO)	2.886	ARE4H5E	3x1x300	0,64

## 6.2. VARIAZIONE DELLA TENSIONE LATO CC

In corrente continua la tensione del sistema elettrico non deve superare 1,5 volte la tensione nominale dei cavi. Per la scelta dei componenti dell'impianto fotovoltaico, in particolare dei cavi, si assume prudenzialmente una tensione del generatore fotovoltaico pari a 1.2 Vmp. Si sono scelti cavi con tensione nominale pari a  $(0,6 \div 1)$ [kV]:

$$V_{sist.} = 1.5 * (0,6 \div 1) \text{ [kV]} \leq 900 \div 1500 \text{ [V] c.c.}$$

Per un corretto funzionamento tra il sistema fotovoltaico e l'inverter, occorre accertare che, in corrispondenza dei valori minimi di temperatura esterna e dei valori massimi di temperatura raggiungibili dai moduli fotovoltaici per riscaldamento, risultino verificate le seguenti disuguaglianze:

$$V_{m \text{ min}} > V_{inv \text{ MPPT min}} \quad V_{m \text{ max}} < V_{inv \text{ MPPT max}} \quad V_{oc \text{ max}} < V_{inv \text{ max}}$$

nelle quali  $V_{inv \text{ MPPT min}}$  e  $V_{inv \text{ MPPT max}}$  rappresentano i valori minimo e massimo della finestra di tensione utile per la ricerca del punto di massima potenza (MPP) in cui lavora l'inverter, mentre la  $V_{inv \text{ max}}$  rappresenta il valore massimo di tensione in CC ammissibile ai morsetti dell'inverter.

Considerando una variazione della tensione a circuito aperto di ogni modulo in dipendenza dei limiti di temperatura estremi pari a -10°C e +70°C,  $V_m$  e  $V_{oc}$  assumono valori differenti rispetto a quelli misurati a STC (25°C).

Partendo dalla ipotesi che tali grandezze varino linearmente con la temperatura, le precedenti disuguaglianze risultano essere soddisfatte e quindi verificati i limiti di tensione all'ingresso degli inverter.

Pertanto si può concludere che ci sia compatibilità tra le stringhe di moduli e gli inverter scelti.

## 6.3. PORTATA DEI CAVI IN REGIME PERMANENTE

Le sezioni dei cavi per i collegamenti delle diverse parti dell'impianto devono essere tali da assicurare una durata di vita soddisfacente dei conduttori e degli isolamenti sottoposti agli effetti termici dovuti al passaggio della corrente elettrica per periodi prolungati ed in condizioni ordinarie di esercizio.

La portata del cavo deve essere maggiore o uguale alla corrente di impiego del circuito elettrico. Si assume prudenzialmente una corrente di impiego pari a 1,25 ISC da cui:

$$I_Z > 1,25 \text{ ISC}$$

dove

- $I_Z$  è la portata in regime permanente della conduttura (funzione del tipo di cavo scelto).
- ISC è la corrente di corto circuito della stringa.

Per la protezione dal sovraccarico, i cavi dell'impianto fotovoltaico sono stati scelti con una portata maggiore o uguale alla massima corrente che li può interessare nelle condizioni più severe, ad esempio 1,25 ISC.

#### 6.4. COLLEGAMENTO IN SERIE TRA MODULI

L'interconnessione in serie tra i moduli verrà realizzata con cavi solari unipolari in gomma e posati entro tubi corrugati o guaine spiralate opportunamente fissate sulle strutture. Il diametro dei tubi o corrugati dovrà essere di valore almeno uguale ad 1.3 volte quello dei cavi di conduzione. Il criterio utilizzato per il dimensionamento dei cavi è quello della massima caduta di tensione ammissibile. Dopo aver determinato e scelto la sezione commerciale del cavo da utilizzare, è stata effettuata la verifica con la condizione che la massima densità di corrente (e quindi la massima sovratemperatura rispetto all'ambiente circostante) non superasse determinati valori di sicurezza per i cavi.

La caduta di tensione percentuale relativa alla linea di collegamento dei moduli è inferiore all'1%.

#### 6.5. COLLEGAMENTO TRA STRINGHE E CASSETTA DI STRINGA (CDS)

L'impianto fotovoltaico è stato suddiviso in 12 sottocampi. Ogni stringa è formata da 30 moduli in serie. Tutte le stringhe verranno collegate in parallelo tramite cavo solare unipolare in gomma alle cassette di stringa. Tali quadri sono dotati di 16 o 8 ingressi protetti da fusibile. Si prevede l'utilizzo di cavi solari di collegamento tra le stringhe e la propria cassetta di parallelo da 10mmq al fine di garantire un  $\Delta V$  meno dell'0,2%

#### 6.6. COLLEGAMENTO TRA CDS E QUADRO DI SEZIONAMENTO

Tutti e 12 i sottocampi costituenti l'impianto sono stati previsti le relative CDS. Tali quadri saranno connessi in parallelo al quadro di sezionamento del relativo inverter di campo. La connessione al quadro di sezionamento avverrà attraverso cavi unipolari FG7(O)R 0,6/1[kV] posati entro tubi o canali interrati. Le sezioni di tali conduttori variano al variare della distanza tra i vari CDS e il quadro di sezionamento a valle. Il dimensionamento è stato effettuato tenendo conto della massima distanza di collegamento tra i quadri e l'inverter all'interno di ogni sottocampo. Le sezioni dei cavi da utilizzare sono state scelte pari a: 50, 70, 95, 120 [mm<sup>2</sup>].

La caduta di tensione percentuale massima sul lato corrente continua dell'impianto fotovoltaico  $\Delta V\%_{tot}$  sarà inferiore all' 1%.

#### 6.7. TRASFORMATORE TRIFASE BT/MT

Il trasformatore MT/BT sarà del tipo a due avvolgimenti in olio con raffreddamento ONAN. Le tensioni primario e secondario saranno stabilite in base al valore della tensione di uscita dell'inverter e di quella della rete a cui l'impianto è connesso.

I trasformatori di potenza saranno da:

- ✓ 3.000 kVA;
- ✓ 3.500 kVA.

A valle del quadro elettrico di protezione del trasformatore e sezionamento della linea in MT, verrà installato un ulteriore quadro di sezionamento del circuito ad anello. Infatti, le cabine di Trasformazione e smistamento sono collegate ad anello tra di loro e con la cabina di consegna MT.

