


**PROCEDURA ABILITATIVA SEMPLIFICATA - P.A.S.**  
(art. 8, Allegato B) D.L.gs. 25 novembre 2024, n° 190

**IMPIANTO FOTOVOLTAICO DA 1.310,40 kWp A TERRA E RELATIVE  
OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA,  
LOCALIZZATO NEL COMUNE DI MAGNAGO (MI)  
IN VIA FILZI**


Oggetto	PROGETTO DEFINITIVO	R02
Titolo	RELAZIONE ELETTRICA	
		Cod.elab.

Data	Rev.	Descrizione	Eseguito	Verificato	Approvato
Ottobre 2025	00	Emissione	Giuseppe Esposito	Giuseppe Esposito	Giuseppe Esposito

Progettazione:



**Studio Tecnico ing. Esposito**  
Viale Kennedy, 11 - 81040 Curti (CE)  
e-mail: [ing.esposito.giuseppe@gmail.com](mailto:ing.esposito.giuseppe@gmail.com)  
Tel. 0823 1875114 - Cell. 3939354887  
Responsabile di progetto: Ing. Giuseppe Esposito  
[www.ingesp.it](http://www.ingesp.it)



GRUPPO di PROGETTAZIONE

Ing. Giuseppe Esposito  
Dott. Antonella Pellegrino  
Ing. Enzo Luca Arcella  
Ing. Antonio Cotena  
Ing. Salvatore d'Aiello  
Ing. Giovanni Scarciglia  
Ing. Maria Simioli  
Ing. Mario Luca Piccolo  
Ing. Michele De Raggi  
Ing. Marco Palazzo

Richiedente:

**ARGOSOLAR 01 S.R.L.**  
P.IVA 13419250967  
Via Podgora, 13 - 20122, Milano ( MI)

## Sommario

<b>1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>2</b>
<b>2. PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>3. DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA .....</b>	<b>3</b>
<b>4. DESCRIZIONE DI DETTAGLIO DELL'OPERA .....</b>	<b>4</b>
4.1 POTENZA E TENSIONE NOMINALE DEL SISTEMA .....	4
4.2 CARATTERISTICHE DEI MODULI E DELLE STRUTTURE .....	4
4.3 CARATTERISTICHE GRUPPO DI CONVERSIONE.....	4
<b>5. SCHEDA TECNICA DELL'IMPIANTO E DELLE APPARECCHIATURE.....</b>	<b>4</b>
5.1 CARATTERISTICHE DEI TRASFORMATORI .....	6
<b>6. CORRENTI DI CORTO CIRCUITO E CONTRIBUTO DELL'IMPIANTO .....</b>	<b>7</b>
6.1 CORRENTI DI CORTO CIRCUITO.....	7
6.2 CONTRIBUTO DELL'IMPIANTO ALLE CORRENTI DI CORTO CIRCUITO .....	7
<b>7. DATI DI IMPIANTO ED OSSERVANZA DELLA SPECIFICA TECNICA .....</b>	<b>7</b>
7.1 MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLE PRESCRIZIONI NORMATIVE TECNICHE .....	7
7.2 SINTESI DELLE MODALITÀ DI ESECUZIONE DELL'IMPIANTO PER IL RISPETTO DELLE NORMATIVE VIGENTI .....	8
7.3 PRODUZIONE ANNUA ATTESA DI ENERGIA ELETTRICA E RENDIMENTI.....	8
<b>8. IMPIANTO ELETTRICO LATO CORRENTE CONTINUA .....</b>	<b>9</b>
<b>9. IMPIANTO ELETTRICO LATO CORRENTE ALTERNATA BT .....</b>	<b>9</b>
<b>10. IMPIANTO ELETTRICO LATO CORRENTE ALTERNATA MT .....</b>	<b>9</b>
<b>11. DIMENSIONAMENTO DEI CAVI E PROTEZIONE DA SOVRACORRENTI .....</b>	<b>10</b>
11.1 DIMENSIONAMENTO CAVI PER PORTATE DI CORRENTE E SOVRACCARICO .....	10
11.2 DIMENSIONAMENTO CAVI PER CADUTE DI TENSIONE.....	10
11.3 DIMENSIONAMENTO CAVI PER CORTOCIRCUITO.....	11
<b>12. IMPIANTO DI TERRA E PROTEZIONE DAI CONTATTI INDIRETTI .....</b>	<b>33</b>
<b>13. CLASSIFICAZIONE DEGLI AMBIENTI E NORMATIVA ANTINCENDIO.....</b>	<b>33</b>
<b>14. PROTEZIONE DA SOVRATENSIONE .....</b>	<b>34</b>

## **1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Per la realizzazione dell'impianto in oggetto sono state rispettate principalmente le seguenti normative:

- CEI 64 – 8 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua;
- CEI 99 – 2 Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata;
- CEI 99 – 3 Messa a terra degli impianti elettrici con tensione superiore a 1kV in corrente alternata;

CEI 20-20 Cavi isolati in polivinilcloruro con tensione nominale non a 450/750V;

- CEI 20-22 Prova dei cavi non propaganti l'incendio;
- CEI 0 – 16 / 2019-04 Regola tecnica di riferimento per la connessione di utenti attivi e passiviale reti AT ed MT delle Imprese distributrici di energia elettrica;
- CEI 60947-2 Apparecchiature a bassa tensione
- CEI 82 – 25 Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di media e bassa tensione;
- CEI EN 61000-3-2 Compatibilità elettromagnetica;
- CEI 11-20 Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria
- CEI 11- 17 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – linee in cavo;
- CEI 0 – 2 Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici;
- D. Lgs 09/04/08 n.81 Testo unico sulla sicurezza del lavoro;
- Guida per le connessioni alla rete elettrica E-distribuzione;
- DPR 151/11 Nuovo regolamento di protezione incendi.

## **2. PREMESSA**

Il soggetto responsabile dell'impianto, di seguito definito Produttore, Committente o Utente, è Argosolar01 S.r.l. con sede in Milano (MI) via Sismondi 5 Cap 20133, la quale intende realizzare un impianto fotovoltaico a terra, di potenza nominale pari a 999 kW, sulla superficie di un terreno agricolo nella Regione Lombardia, nel Comune di Magnago (MI), lungo Via Filzi.

Il terreno in oggetto essendo totalmente pianeggiante gode di ottima esposizione a Sud e all'irraggiamento solare durante tutto l'anno, non essendoci ombreggiamenti nei dintorni. L'intero terreno, per il quale la società ha stipulato un contratto preliminare di compravendita, è individuato al catasto al foglio 22 particelle 340, 5 e 6 del Comune di Magnago (MI). L'area nella disponibilità del proponente si estende per una superficie totale 25.613,75 mq e dall'analisi ambientale svolta risulta priva di vincoli ostativi alla realizzazione dell'opera, come esplicitato dalla relativa documentazione. La presente documentazione comprensiva degli allegati costituisce progetto definitivo ai sensi della normativa vigente e della norma tecnica CEI 0-21. Prima dell'esecuzione dell'opera dovrà essere tassativamente elaborato un progetto esecutivo comprensivo dei dettagli costruttivi che dovrà conservare una linea di coerenza con il progetto approvato e rispettare tutte le normative tecniche vigenti e le eventuali prescrizioni degli enti interessati. Qualunque variante in corso d'opera dovrà essere conforme alla normativa vigente e coordinata e compatibile con il complesso di tutto l'impianto.

A seguito di realizzazione secondo progetto esecutivo farà fede la dichiarazione di conformità ai sensi del DM 37/08 rilasciata dalla ditta installatrice che effettuerà i lavori.

La scelta dei materiali trattati nella presente relazione è un dato che scaturisce dalle richieste specifiche del committente per motivazioni economiche, così come le configurazioni geometriche dei moduli fotovoltaici e tipologie di inverter e trasformatori.

Sarà comunque obbligatoria da parte del committente una costante e periodica manutenzione nel tempo dell'impianto a norma di legge, con relativo controllo periodico in tutti i componenti, affinché vengano conservate le condizioni ammissibili di funzionamento dello stesso in sicurezza. Sarà cura e responsabilità del Committente e delle ditte di esecuzione lavori e manutenzione garantire l'adeguatezza e la conformità a norma di legge di tutte le componenti contenenti l'impianto elettrico in oggetto, nonché la corretta aerazione, pulizia e protezione da acqua ed intemperie degli stessi, curandone la dovuta manutenzione ordinaria e straordinaria nel tempo, nonché effettuare i dovuti controlli ordinari e periodici di legge come a titolo informativo quelli previsti dal DPR 462/01 o quelli eventuali antincendio che potranno essere modificati nel tempo, nonché i controlli periodici dei relè di interfaccia e generale. La protezione dai contatti diretti dovrà essere garantita dall'integrità degli involucri certificati e idonei ai livelli di tensione, mantenuti in buono stato.

## **3. DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA**

L'installazione avverrà su terreno agricolo e sarà circondata da recinzione perimetrale con rete zincata a rombi e pali di sostegno ad infissione diretta nel terreno. L'area è pressoché pianeggiante, e l'altitudine sul livello del mare è tra i 210 e 185 m s.l.m.

I pannelli saranno disposti su apposita struttura solare posti verticalmente a due a due, con orientamento di azimuth Sud. Dato il tipo di installazione, non si rientra nella classificazione di impianto su edifici. L'impianto di produzione sarà allacciato alla rete di distribuzione mediante la realizzazione di una nuova cabina di consegna collegata in entra-esce su linea MT esistente di Duereti, uscente dalla cabina primaria AT/MT DU102-135762. Tale soluzione è stata comunicata da Duereti S.r.l. con preventivo avente codice di rintracciabilità P05T7471.

Tutte le cabine e i basamenti previsti per l'impianto saranno del tipo di produzione in serie prefabbricato monoblocco, e la relativa progettazione statica e documentazione inerente il possesso dei requisiti richiesti dal p.to 11.8.4 delle Norme Tecniche di cui al D.M. 14.1.2008 in relazione al processo produttivo ed al controllo di

produzione in stabilimento finalizzati alla produzione dei componenti prefabbricati in c.a. e/o c.a.p., inviata dal costruttore, deve essere stata depositata ed accettata presso il Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. I locali messi a disposizione del distributore dovranno essere conformi anche alle sue eventuali prescrizioni, ed alla CEI 17-103.

#### **4. DESCRIZIONE DI DETTAGLIO DELL'OPERA**

##### **4.1 Potenza e tensione nominale del sistema**

La potenza nominale dell'impianto fotovoltaico è pari a 999 kW ed esso sarà collegato alla rete elettrica di media tensione a 15.000 V.

Si è previsto un valore di tensione alla massima potenza in corrente continua in ingresso al gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata, di 1,35 kV, ed un valore di tensione in corrente alternata in uscita dal gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata pari 800 V trifase, mentre in uscita al trasformatore il livello di tensione nominale è quello dell'ente erogatore, ovvero sistema trifase a 15.000 V.

##### **4.2 Caratteristiche dei moduli e delle strutture**

Per il raggiungimento della potenza e delle tensioni su indicate si farà uso di moduli fotovoltaici di marca JINKO SOLAR Tiger Neo 78HL4-BDV da 650 Wp nominali cad. in tecnologia monocristallino. La tensione di massima potenza di tali moduli è 48,33V e le dimensioni di riferimento sono 2.465 x 1.134 x 30mm.

Per gli inverter dal n.1 al n.3, per ognuno dei n. 6 MPPT, saranno collegate differenti stringhe, vedi tavola "Schema Unifilare".

La struttura di sostegno prevista per i moduli è di tipo fissa, essa verrà ancorata al terreno tramite pali profilati ad infissione, e su di essa saranno posti due pannelli, come da planimetria e sezioni allegate.

##### **4.3 Caratteristiche gruppo di conversione**

Per la conversione da corrente continua a corrente alternata saranno utilizzati inverter di stringa SUN2000-330KTL-H1 da 330kW fissati alle sottostrutture. Essi saranno collegati elettricamente in parallelo tra loro e saranno collegati ad un trasformatore 0,8/15 kV. Le connessioni, lo stato del neutro ed il coordinamento con le protezioni sono adempienti alle prescrizioni normative vigenti ed alla CEI 0-16, CEI 99-2 e CEI 99-3 come si può evincere dagli elaborati grafici.

#### **5. SCHEDA TECNICA DELL'IMPIANTO E DELLE APPARECCHIATURE**

La configurazione utilizzata viene riportata di seguito nella tabella con le caratteristiche di pannelli, inverter e configurazione di impianto.

Ubicazione	Magnago (MI)	
Tensione in continua a NOCT	Vdc	1.264,14 V
Tensione alternata	Vac	800 V

<b><u>Caratteristiche modulo fotovoltaico</u></b>		
Potenza nominale	P <sub>n</sub>	650 W
Tipo	JinkoSolar 650Wp bifacciale monocristallino	
Tensione di Massima Potenza	V <sub>mp</sub>	41,95 V
Tensione a Vuoto	V <sub>oc</sub>	57,7 V
Corrente di Corto Circuito	I <sub>sc</sub>	13,99 A
Corrente di Massima Potenza	I <sub>mp</sub>	13,12 A
Massima tensione ammissibile	V <sub>Ma</sub> x	1500 V
Dimensioni del modulo	mm	2,278 x 1,134 x 0,035 m
Peso del modulo	kg	32,6 kg

<b><u>Caratteristiche gruppo di conversione</u></b>		
Tipo inverter	SUN2000-330KTL-H1 kW	
Potenza nominale in uscita per inverter	P <sub>n</sub>	330,00 kW
Massima tensione input	V <sub>Max</sub>	1.500,00 V
Massima corrente input	I <sub>Max</sub>	65 A
Numero MPPT totale	N	6
Potenza nominale massima totale in uscita inverter	P <sub>n</sub>	225,00 kW

Tensione nominale lato rete interna	V <sub>n</sub>	800 V
Frequenza di funzionamento normale	f <sub>n</sub>	50 Hz
Fattore di distorsione	THD	conforme 61000-6-2/6-4
Rendimento massimo	<b>h</b>	98,8%
Sistema di inseguimento del punto di massima potenza	MPPT	Presente
Trasformatore	esterno	Trasformazione da 800 V a 15.000V
Protezione e dispositivo di interfaccia integrati		Non previsto
Dispositivo di interfaccia unico esterno		Presente

## 5.1 Caratteristiche dei trasformatori

Tipo

EATON in resina Classe F - D-Yn5

Potenza apparente nominale	1.000	kVA
Tensione primaria nominale	0,8	kV
Tensione secondaria nominale	20	kV
Livello isolamento in AC/impulsivo	50/125	kV
Tensione di corto circuito	6%	
N. trasformatori	1	
Perdite a vuoto	2,6	kW
Perdite sotto carico	16,0	kW

**Produzione annua attesa**

800,00 MWh/anno

## **6. CORRENTI DI CORTO CIRCUITO E CONTRIBUTO DELL'IMPIANTO**

### **6.1 Correnti di corto circuito**

Per il calcolo delle correnti di corto circuito provenienti dalla rete si è considerata in prima approssimazione un potenza di corto circuito infinita, un calcolo più dettagliato sarà possibile a valle della comunicazione da parte del distributore dei valori reali e delle tarature da impostare in MT. Tutte le apparecchiature di protezione previste dovranno essere scelte in modo da avere una capacità di rottura non inferiore al valore della I<sub>cc</sub> insito nel punto della loro installazione, così come da schema unifilare allegato. Gli apparecchi di manovra e sezionamento, nonché eventuali differenziali puri, devono essere invece protetti in back up da idonei dispositivi di protezione da corto circuito posti a monte, secondo le indicazioni dei vari costruttori degli apparecchi. L'energia passante prevista degli interruttori e/o fusibili deve sempre essere inferiore all'energia specifica K<sub>2S2</sub> sopportabile dai cavi connessi, così come da schema unifilare allegato.

A seguito della comunicazione delle caratteristiche di rete e delle correnti di corto circuito con relativi tempi di estinzione, nonché delle tarature obbligatorie dei sistemi di protezione Utente, e quindi delle curve degli interruttori di protezione MT e BT, il sistema di protezione generale e di interfaccia, nonché la sezione dei cavi correlati, dovranno e potranno essere modificati di conseguenza nel progetto esecutivo.

### **6.2 Contributo dell'impianto alle correnti di corto circuito**

Contributo max alla corrente di corto circuito per guasto  
trifase in MT

180 A

Contributo max alla corrente di corto circuito per guasto trifase  
in BT interno

3,8 kA

Max corrente di corto circuito per guasto trifase in BT  
proveniente dal lato rete

30,1 kA

Max corrente di corto circuito per guasto trifase in BT totale

28,8 kA

## **7. DATI DI IMPIANTO ED OSSERVANZA DELLA SPECIFICA TECNICA**

### **7.1 Modalità di esecuzione delle prescrizioni normative tecniche**

L'impianto è stato progettato e dimensionato nel rispetto di tutte le normative riportate al capitolo 1 ed in particolar modo alla CEI 0-16 / 2019-04.

Saranno adottate dunque appropriate misure per ridurre la distorsione armonica delle tensioni e delle correnti, e gli altri eventuali tipi di disturbi.

Saranno rispettate integralmente la norma CEI 64-8, CEI 99-2, CEI 0-16 e la norma CEI 11-20.

L'impianto è composto essenzialmente dai seguenti elementi riportati negli schemi e nei disegni planimetrici:

- 1) Un campo fotovoltaico, Tutte le protezioni /necessarie in DC saranno contenute all'interno degli inverter, come da schede tecniche allegate;
- 2) Un sistema di condizionamento di potenza formato da 4 inverter di stringa;
- 3) Dispositivi di Generatore "DDG" costituiti da interruttori automatici magnetotermici differenziali, uno per ogni inverter, con in uscita il parallelo degli inverter.



- 4) Dispositivi in cabina trasformatore per n. 3 Inverters totali;
- 5) Dispositivo di Interfaccia “DDI” esterno unico motorizzato nel Quadro Generale 15 kV;
- 6) Dispositivo Generale “DG” esterno unico nel Quadro Generale 15 kV;
- 7) Un interruttore di macchina 15 kV per il trasformatore di potenza;
- 8) Un quadro servizi ausiliari servito da apposita linea con trasformatore 400/800 da 30kVA;
- 9) 1 cabina contenente il trasformatore BT/MT 0,8/15 kV contenente il quadro 15 kV e BT e contenente il Dispositivo e la protezione Generale e di Interfaccia DG e PG + SPI;

Tutti i sezionatori di linea e di terra, nonché le porte di accesso ai locali, celle o vani 15 kV, dovranno essere adeguatamente interbloccate tramite sistemi meccanici interne o chiavi comuni o saldate su anello chiuso, in un'unica copia e/o comunque di responsabilità esclusiva del gestore dell'impianto.

L'assorbimento di potenza reattiva è limitato dai dispositivi di conversione che assicurano un fattore di potenza maggiore di 0,99.

Sono e saranno rispettati tutti i principi di sicurezza necessari dettati dalle norme vigenti.

Per avere un quadro più dettagliato delle caratteristiche tecniche della strumentazione adottata e degli schemi di collegamento previsti, si allegano gli elaborati grafici rappresentanti lo schema elettrico dell'impianto.

Per quanto concerne la protezione da scariche atmosferiche, a fini cautelativi e di interesse economico sono presenti limitatori di sovratensione su entrambi i poli in corrente continua di ogni inverter, integrati nello stesso.

Le masse metalliche delle strutture di sostegno saranno collegate a terra solo per motivi funzionali, ovvero per agevolare la funzione del misuratore continuo di isolamento. La messa a terra per motivi di sicurezza non è prevista perché i pannelli e i cavi sono di classe II.

L'aerazione delle cabine sarà assicurata da apposite aperture ed estrattori d'aria appositamente dimensionati, dotati di sensori di temperatura e umidità, quest'ultimo per contrastare la creazione di condensa nelle ore più critiche.

## **7.2 Sintesi delle modalità di esecuzione dell'impianto per il rispetto delle normative vigenti**

Sistema non adibito a funzionamento in isola,  $\cos\phi > 0,99$ , sistema di tipo isolato lato DC con apparecchiature in classe II e floating point, impianto di terra lato AC TN-S con neutro non distribuito (esigenza tecnica specifica degli inverter). Sistema TN-S per i servizi ausiliari, e IT sul lato MT. I dati tecnici di dettaglio relativi sono riportati nella presente relazione, nella planimetria dell'impianto e negli schemi unifilari.

## **7.3 Produzione annua attesa di energia elettrica e rendimenti.**

La produzione annua attesa di energia elettrica, in base al posizionamento geografico, alle inclinazioni, all'orientamento verso Sud, ai valori statistici della radiazione solare ed ai valori medi di efficienza dei moduli fotovoltaici e del gruppo di conversione legati agli agenti climatici, può essere stimata di circa 1.400 MWh/anno nelle ordinarie condizioni atmosferiche rilevate per il sito in esame. Ovviamente tale dato è suscettibile di possibili modifiche in conseguenza della aleatorietà dei fenomeni atmosferici.

Tale produzione è ottimizzata dai cavi di collegamento DC e AC, aventi sezioni sovradimensionate al fine di limitare le cadute di tensione e abbattere le perdite di potenza, e dalla presenza di un trasformatore unico per cabina a perdite ridotte, lato AC.

## 8. IMPIANTO ELETTRICO LATO CORRENTE CONTINUA

Il sistema sul lato corrente continua è di tipo isolato con apparecchiature in doppio isolamento, le cui masse sono messe a terra solo per agevolare il funzionamento del monitoraggio di isolamento da parte dei dispositivi integrati negli inverter. Tutte le protezioni lato DC, quali protezione da sovratensione, sezionamento sotto carico e controllo inversione polarità, sono integrate nell'ingresso DC degli inverter, come da schede tecniche. Essendo il parallelo effettuato al massimo con due stringhe non sono richieste ulteriori protezioni di sovracorrente.

Da ogni stringa di moduli fotovoltaici partirà una coppia di cavi, polo positivo e negativo, che arriverà su un apposito connettore del relativo inverter di stringa, dove viene effettuato il parallelo con una sola altra stringa. Ogni inverter è dotato di due ingressi per ogni canale MPPT, e 12 canali MPPT indipendenti che ne ottimizzano i rendimenti. I cavi in uscita dalle singole stringhe saranno in rame di tipo solare predisposti per tensione massima di 1.500Vdc e di sezione di 6mmq, dotati di appositi connettori MC4 per gli inverter. Essi potranno anche non essere di tipo CPR dal momento che non entreranno in alcun edificio. Come si evince dalle apposite tabelle la massima lunghezza di tali cavi sarà inferiore a 200 m per evitare cadute di tensione e perdite eccessive.

Nel configurare l'impianto si è tenuto conto della tensione massima a vuoto di 1.416 V, alla temperatura di -10°C, che è inferiore ai 1.500 V consentiti dagli inverter e dai pannelli. Le correnti di funzionamento in DC per singolo MPPT degli inverter sono di 18,7 A; dunque, rientrano nei limiti massimi degli stessi.

## 9. IMPIANTO ELETTRICO LATO CORRENTE ALTERNATA BT

I cavi di corrente continua provenienti dal quadro DC si attestano sui connettori degli inverter, in cui la corrente continua viene convertita in corrente alternata trifase con sistema TN-S a 800 V, cosfi maggiore di 0,99 e distorsione armonica in tensione inferiore al 1%. I cavi uscenti dagli inverter arrivano al quadro in BT della cabina trasformazione, dove sono installati i 6 dispositivi di generatore, interruttori magnetotermici differenziali aventi le caratteristiche indicate negli schemi allegati.

Il sistema BT è di tipo TN-S ma gli inverter non richiedono il cavo di Neutro, sarà presente solo il PE che sarà distribuito assieme alle fasi, essendo essi di categoria I.

In uscita dall'interruttore Trafo BT, che funge da parallelo tra gli inverter, vi sono i cavi in MT che giungono al trasformatore di potenza 15/0,8 kV, tipo D-Yn11 da 1.000kVA cad., avente neutro distribuito solo per le utenze che lo richiedano.

## 10. IMPIANTO ELETTRICO LATO CORRENTE ALTERNATA MT

I cavi a 15.000 V in uscita dal trasformatore arriveranno al sezionatore di terra e a quello rotativo di linea sotto carico, interbloccati con le porte di ingresso ai rispettivi vani trasformatore, delimitati da una griglia metallica invalicabile LxH=2,30x2 m, maglia 20x20 mm.

Tra sezionatore di terra e di linea è dunque previsto un interruttore MT in SF1 da 630A e tensione nominale di 15kV che funge da Dispositivo Generale (DG) ed uno di Interfaccia unico (DDI) motorizzato per richiusura automatica secondo i criteri consentiti, in accoppiamento con un relè di Protezione Generale ed un Sistema di Protezione di Interfaccia.

Le tarature del Dispositivo e Protezione di Interfaccia in MT saranno conformi alla CEI 0-16, e rispondenti alle prescrizioni del distributore di rete locale, salvo modifiche o particolari prescrizioni dello stesso:

Di seguito la tabella che indica Tipo, Sogli e Tempo per il Sistema di Protezione d'Interfaccia come da CEI 0-16:

	A	B	C
--	---	---	---

1	Protezione di interfaccia SPI - tab.8 CEI 0-16		
2	Tipo	soglia	tempo
3	59.S1	1,10 Un	<603 s
4	59.S2	1,20 Un	0,60 s
5	27.S1	0,85 Un	1,5 s
6	27.S2	0,15 Un	0,20 s
7	59V0	5% Un	25 s
8	59Vi	15%Un/En	
9	27Vd	70% Un/En	
10	81>.S2	51,5 Hz	1,0 s
11	81<.S2	47,5 Hz	4,0 s
12	81>.S1	50,2 Hz	0,15 s
13	81<.S1	49,8 Hz	0,15 s
14	Segnale Distributore		

## 11. DIMENSIONAMENTO DEI CAVI E PROTEZIONE DA SOVRACORRENTI

Il dimensionamento dei cavi dell'impianto nelle diverse sezioni è stato effettuato nel rispetto dei diversi criteri normativi, cioè per portata di corrente nelle modalità di posa, per limitare la caduta di tensione e/o perdite sui cavi, resistenza al sovraccarico e/o corto circuito. Inoltre, le modalità di posa e le tipologie dei materiali sono conformi alle prescrizioni meccaniche e di sicurezza relative. Per i cavi interrati ogni 30 m o ad ogni curva dovrà essere presente apposito pozzetto rompitratta, suddivisi per livello di tensione. Tali pozzetti dovranno essere posizionati in aree già coperte dai moduli, oppure perimetralmente nei pressi della recinzione al fine di evitare danneggiamenti durante le attività di sfalcio. La posa dei cavi unipolari in AC sarà in tubo interrato distanziati di almeno 25 cm a profondità superiore a 0,8 m, ed eventualmente meccanicamente protetto, per evitare danneggiamenti in concomitanza delle attività di sfalcio. Le tubazioni dei cavi AC in BT passeranno sotto le sottostrutture dei pannelli, sarà dunque cura della ditta esecutrice riportare nelle tavole esecutive l'esatto posizionamento finale di tali tubazioni e dei pali delle sottostrutture, e quindi utilizzare durante l'esecuzione dei lavori idonei sistemi di posizionamento e tracciamento reciproco degli stessi. Per motivi di sicurezza si è evitato nel presente progetto di far passare le tubazioni ed i cavi BT sotto le strutture dei pannelli. Ovviamente la ditta esecutrice dovrà rendere disponibile al Committente ed alle ditte di manutenzione tali tavole esecutive, e porre i nastri rossi di segnalazione sopra la tubazione dei cavi elettrici, come da normativa tecnica.

### 11.1 Dimensionamento cavi per portate di corrente e sovraccarico

In dettaglio, il campo fotovoltaico è composto essenzialmente da cavi solari di stringa a doppio isolamento da 6 mm in aria, e cavi a doppio isolamento in alluminio tipo CPR in posa interrata a 0,8 m in tubo protettivo da 450 N uscenti dagli inverter. Per il lato in AC saranno sempre in doppio isolamento. Per i cavi in DC le portate sono sovrabbondanti poiché il criterio predominante è quello della caduta di tensione e delle perdite di distribuzione. I cavi di stringa hanno portate di gran lunga superiori a 40 A per correnti di impiego molto inferiori a condizioni ambientali usuali (c.a. 14 A), mentre i cavi uscenti dagli inverter sono riportati nelle tabelle di seguito del dimensionamento per caduta di tensione, di portata e di cortocircuito (quest'ultimo variabile con la scelta delle curve caratteristiche dei relativi interruttori), congruenti con quanto riportato negli schemi allegati.

### 11.2 Dimensionamento cavi per cadute di tensione

La caduta di tensione percentuale rispetto alla tensione nominale di sistema della parte di campo in corrente continua, considerata alla NOCT di 1.045 V, sarà inferiore al 2% al fine di contenere l'abbassamento della tensione

e soprattutto le perdite energetiche. Ciò sarà possibile utilizzando cavi solari in rame da 6mmq per ogni singola stringa e contenendo la distanza ad un massimo di 200m.

Il limite di caduta di tensione in corrente alternata BT sarà inferiore a circa l'1% per le stesse motivazioni già indicate.

### **11.3 Dimensionamento cavi per cortocircuito**

Nel dimensionamento dei cavi, affinché siano protetti in caso di cortocircuito, bisogna distinguere il lato di corrente continua CC da quello in corrente alternata AC. Il primo, infatti, è soggetto a correnti di cortocircuito prossime a quelle nominali di funzionamento, che per sicurezza sono state già considerate come correnti di impiego nel paragrafo relativo al sovraccarico, per cui i cavi in CC soddisfano già le prescrizioni di protezione da cortocircuito con gli apparecchi descritti nel suddetto paragrafo, e con le portate di corrente per cui sono stati dimensionati.

Per quanto riguarda invece il lato AC, bisogna distinguere la sezione in BT da quella in MT.

La prima è soggetta, nel peggiore dei casi, ad una corrente di cortocircuito trifase data come somma di quella proveniente dalla rete a potenza considerata cautelativamente infinita ed a valle del trasformatore, con il contributo degli inverter, che sarà calcolato in base ai dati della rete, i quali saranno comunicati dal gestore di rete con il regolamento di esercizio in fase di esecuzione dei lavori. In base ai valori che saranno ottenuti verranno definiti i valori finali, tali da rispettare la prescrizione normativa della CEI 11-17. Negli elaborati allegati si indicano dati verosimilmente utilizzabili, da convalidare solo in fase esecutiva alla luce delle succitate informazioni che saranno fornite dal gestore di rete.

Per quanto concerne il lato MT valgono le stesse considerazioni fatte pocanzi, relative ai dati che saranno comunicati dal gestore di rete.

**Tabelle dati tecnici DC**

**Tipo 1 - Inverters da: 1 a 3**

inverter	N cavi	lunghezza min [m]	lunghezza max [m]	caduta tensione DC min	caduta tensione DC max	sezione cavo [mmq]	tipo cavo
Tipo 1	26	50	200	0,50%	2,00%	6	H1Z2Z2-K

**Tabelle dati tecnici AC BT**

**MT/BT**

Inverter	Lunghezza cavo [m]	Potenza [kW]	Corrente [A]	Cosfi	Tensione Uscita [V]	Portata max cavo [A]	Portata effettiva cavo [A]	Caduta tensione locale	Sezione cavo fase [mmq]	Sezione cavo PE [mmq]	Tipologia cavo unipolare	Caduta tensione totale
1	200	300	220	0,99	800	331	231,70	0,96%	240	150	ARG16R16	1,10%
2	175	300	220	0,99	800	331	231,7	0,79%	240	150	ARG16R16	0,93%
3	150	300	220	0,99	800	331	231,7	0,77%	240	150	ARG16R16	0,91%

**Tabelle dati tecnici AC trasformatore lato BT**

Trafo	Lunghezza cavi [m]	Potenza [kW]	Corrente [A]	Cosfi	Tensione Uscita [V]	Portata max cavi [A]	Portata effettiva cavi [A]	Caduta tensione locale	dimensioni cavi [mm]	Sezione cavo PE [mmq]	Caduta tensione totale
1	10	1.000	650	0,99	800	3.000	2.550	0,06%	3x(3x120x10)	185	0,93%

## **12. IMPIANTO DI TERRA E PROTEZIONE DAI CONTATTI INDIRETTI**

L'impianto disperdente per la messa a terra è comune all'impianto in MT e BT, ed è costituito da:

- un anello di terra del locale consegna distributore ed utente in corda di rame da 35mmq, a contatto con il terreno a profondità compresa tra 0,5 e 1 m, collegato a 4 dispersori di terra a croce da 1 m in ferro zincato.
- Un anello di terra del locale trasformatore in corda di rame da 35 mmq, a contatto con il terreno a profondità compresa tra 0,5 e 1 m, collegato a 4 dispersori di terra a croce da 1 m in ferro zincato.
- Un anello di terra in corda di rame da 35 mmq perimetrale, a contatto con il terreno di c.a. 750 m a profondità compresa tra 0,5 e 1 m.
- dispersori di fatto costituiti dai basamenti delle cabine, dalle strutture dei pannelli fotovoltaici e dai pali delle videocamere.

Laddove dovessero passare linee elettriche aeree preesistenti saranno previsti collegamenti equipotenziali anche per le recinzioni.

In ogni cabina sono previsti i nodi equipotenziali, collegati al sistema disperdente in almeno due punti, e tutte le giunzioni saranno effettuate con morsetti a pettine ben serrati.

Anche la recinzione sarà collegata in più punti nel caso in cui cavi elettrici preesistenti la sovrastino. Le masse metalliche delle strutture di sostegno saranno collegate a terra solo per motivi funzionali, ovvero per agevolare la funzione del misuratore continuo di isolamento, e per le scariche atmosferiche. La messa a terra per motivi di sicurezza non è prevista perché i pannelli e i cavi sono di classe II.

Per la parte AC, i conduttori di protezione PE di colore giallo-verde saranno di sezione idonea di modo che in caso di guasto monofase valgano le stesse considerazioni fatte per le fasi, al precedente capitolo 11.

Essendo il sistema AC BT di tipo TN-S la protezione dai contatti indiretti sarà effettuata tramite connessione delle masse al neutro dei relativi trasformatori, e quest'ultimo collegato a terra, e interruzione automatica dell'alimentazione tramite interruttori magnetotermici differenziali. Tali differenziali saranno di Tipo A coerentemente con la prescrizione degli inverter, e aventi  $I_d=300\text{mA}$  per gli stessi.

## **13. CLASSIFICAZIONE DEGLI AMBIENTI E NORMATIVA ANTINCENDIO**

Dovranno essere attuate tutte le precauzioni al fine di contenere il rischio di incendio, come ad esempio la predisposizione in ogni cabina di estintori a polvere per utilizzo su impianti elettrici in quantità sufficienti, ed eventuali sistemi di rilevamento incendi e sensori di temperatura per allarme remoto alle squadre di manutenzione. Per il piano di prevenzione incendi si rimanda al futuro piano di sicurezza che sarà redatto dalla committenza assieme ai tecnici qualificati delle ditte che si occuperanno della realizzazione e manutenzione dell'impianto.

A livello progettuale sarà previsto un pulsante di sgancio di emergenza, posto all'interno di ogni cabina dell'utente, che agirà sul DG su lato BT, con un leggero ritardo sul sezionatore generale. Laddove fosse espressamente richiesto dai VVF potranno "eventualmente" essere previsti dei relè di sgancio sui sezionatori di manovra sotto carico dei singoli inverter in campo, in questo modo tutti i circuiti che possono portare potenzialmente tensione saranno sezionati dall'esterno, salvo la cabina di consegna utente dove la tensione a 36kV continuerà ad arrivare dalla cella di consegna fino a monte del DG interno alla relativa cella AT. Se consentito dalle autorità lo sgancio automatico sarà affidato solo ai sistemi interni degli inverter

trascinati dalla mancanza rete dovuta al distacco del DG, oppure previsto solo sui DDG o su Interruttore Trafo BT, e quindi non più sui sezionatori inverter esterni. Ad ogni modo ogni trasformatore sarà dotato del suo relè di protezione termica, ed ogni inverter effettuerà in automatico lo sgancio del contattore in AC per trascinamento in caso di mancanza di tensione a monte.

Saranno previsti adeguati estrattori d'aria forzata nel caso in cui l'aerazione naturale delle cabine non sia sufficiente.

#### **14. PROTEZIONE DA SOVRATENSIONE**

Secondo quanto disposto dal committente l'impianto a regime di funzionamento non sarà presidiato; dunque, la presenza di persone sarà limitata ad un numero estremamente esiguo sia in termini di ore che di affollamento. Successivamente a quando sarà redatto il piano di manutenzione della ditta che riceverà l'incarico, ed a quando sarà redatto il piano di sicurezza ed antincendio, sarà possibile effettuare, da parte del progettista esecutivo, la valutazione del rischio scariche

atmosferiche ai sensi della norma CEI EN 62305-2, ma in questa fase è facilmente prevedibile che le valutazioni perseguiranno esclusivamente fini economici data l'assenza di personale sul posto.

In base a questo principio si prevede una protezione da scariche atmosferiche che limiti i danni economici in caso di fulminazione diretta o indiretta, limitando la spesa entro i limiti accettabili del rischio che il committente dovrà approvare. Si sfrutteranno dunque gli scaricatori di sovratensione interni agli inverter lato DC e AC per proteggere inverter e moduli fotovoltaici, inoltre sarà previsto un adeguato scaricatore di sovratensione sul lato BT dei trasformatori BT/MT, protetto da adeguato fusibile, per proteggere il trasformatore da eventuali sovratensioni provenienti dal campo.

Ai fini della limitazione di correnti indotte da fulminazione sarà di fondamentale importanza limitare al massimo possibile la superficie delle spire formate dai singoli circuiti. Le strutture metalliche infisse nel terreno fungeranno da dispersore di eventuali correnti indotte.

L'eventuale protezione con scaricatori di sovratensione lato MT, od altre protezioni da sovratensione per motivi economici, dovranno essere valutate in base ad un'analisi e valutazione prettamente economica del rapporto costi/benefici