



Proponente

FLUORITE NEW ENERGY S.r.l.

Piazza Cavour n.19 - 00193 Roma (RM)

Coordinamento



TECNOPROJECT SRL
TECNOPROJECT S.r.l.
 Via R. Valentino n.24
 74011 Castellana (TA)
 (TANZARELLA Giovanni)

Progettazione
Civile - Elettrica**STUDIO INGEGNERIA****Ing. Roberto Montemurro**

Via Ignazio Ciaia n.9 - 74016 Massafra (TA)

Tel. +39 3505796290

e-mail: ing.roberto.montemurro@gmail.comStudio Ambientale e
PaesaggisticoStudio
AcusticoStudio Incidenza Ambientale
Flora fauna ed ecosistemaStudio
Geologico-GeotecnicoProgettazione
Civile - ElettricaStudio
Idrologico - Idraulico

Studio Agronomico

Opera

Progetto per la realizzazione di un parco "agrivoltaico" per produzione d' energia elettrica da fonte solare fotovoltaica di potenza di picco pari a 69,75 MWp e potenza di immissione pari a 62,00 MW, delle opere connesse e delle infrastrutture indispensabili.
 Comune di Troia (FG) – Località "Piano di Napoli" – "I Bellini" – "San Pietro" – "Colazze" – "Pianerile".

Oggetto

Folder:

Calcoli preliminari delle strutture e degli impianti del progetto definitivo

Sez.

F

Nome Elaborato:

A9HBFX5_CalcoliPrellimpianti

Codice Elaborato:

F2

Descrizione Elaborato:

Calcoli preliminari degli impianti e relazione di verifica

00

Dicembre 2023

Progetto definitivo

R. Montemurro

R. Montemurro

R. Montemurro

Rev.

Data

Oggetto della revisione

Elaborazione

Verifica

Approvazione

Scala:

Formato:

Codice Pratica: **A9HBFX5**

Sommario

1.	Dati generali e anagrafica	3
2.	Premessa	4
2.1.	Presentazione del proponente del progetto	4
2.2.	Scenario e Normativa di riferimento	4
3.	Stato di fatto.....	7
3.1.	Localizzazione e caratteristiche del sito. Inquadramento urbanistico.	7
3.2.	Descrizione sintetica del progetto di impianto	11
4.	Requisiti di rispondenza a Norme, Leggi e Regolamenti	13
5.	Normativa tecnica di riferimento	13
6.	Definizioni e terminologia	16
7.	Dimensionamento degli impianti elettrici	18
7.1.	Calcolo delle correnti di impiego.....	18
7.2.	Dimensionamento dei cavi.....	18
7.3.	Integrale di Joule	21
7.4.	Dimensionamento dei conduttori di neutro	22
7.5.	Dimensionamento dei conduttori di protezione.....	23
7.6.	Calcolo della temperatura dei cavi.....	23
7.7.	Cadute di tensione	24
7.8.	Tensione di collegamento alla rete elettrica	25
7.9.	Trasformatori	25
7.10.	Determinazione dei parametri sulle linee in media e alta tensione	27
7.11.	Calcolo dei guasti	28
7.12.	Scelta delle protezioni.....	31
7.12.1.	Verifica della protezione a cortocircuito delle condutture	32
7.12.2.	Verifica di selettività	33
7.13.	Impianto di terra	33
7.13.1.	Impianto di terra SSE 150/36 kV	33
7.13.1.1.	Dati geometrici e scelte progettuali dell'impianto di terra.....	34
7.13.1.2.	Valutazione della corrente di terra.....	34
7.13.1.3.	Tempo di eliminazione del guasto	34
7.13.1.4.	Verifica di massima del dimensionamento.....	35
7.13.1.5.	Condizioni per il rispetto delle tensioni di contatto ammissibili.....	36
7.13.1.6.	Verifica sezione conduttori di terra e dispersori.....	37
7.13.1.7.	Prescrizioni aggiuntive	38
7.13.2.	Impianto di terra impianto fotovoltaico	38
7.14.	Protezione dai contatti diretti.....	39
7.15.	Protezione dai contatti indiretti.....	39
8.	Progetto di impianto e scelta dei componenti elettrici	40
8.1.	Stazione elettrica di trasformazione utente AAT/AT.....	40
8.1.1.	Impianto di terra	42
8.1.2.	Trasformatori AAT/AT	43
8.1.3.	Vie cavi.....	43
8.1.4.	Tubazioni per cavi	43
8.1.5.	Pozzetti	43
8.1.6.	Edificio	43

8.1.7.	Servizi ausiliari.....	44
8.1.7.1.	Caratteristiche generali	44
8.1.7.2.	Collegamenti in cavo.....	45
8.1.7.3.	Principali componenti dell'impianto ausiliario	45
8.1.8.	Sistema di protezione comando e controllo (SPCC).....	45
8.1.8.1.	Caratteristiche generali	45
8.1.8.2.	Descrizione del sistema	45
8.1.8.3.	Sala comando locale	46
8.1.8.4.	Teleconduzione e automatismo di impianto	46
9.	Impiantistica elettrica.....	47
9.1.	Sezione in corrente continua DC.....	47
9.1.1.	Moduli fotovoltaici.....	47
9.1.2.	Cablaggio dei moduli fotovoltaici.....	50
9.1.3.	Cavi elettrici per fotovoltaico.....	50
9.2.	Sezione in corrente alternata in bassa tensione (BT-AC)	51
9.2.1.	Convertitori statici AC/DC – Inverter	51
9.2.2.	Cavi elettrici BT	53
9.2.3.	Connessioni e giunzioni.....	54
9.2.4.	Quadri di bassa tensione in corrente alternata	55
9.2.5.	Interruttori di bassa tensione	55
9.3.	Sezione in alta tensione – AT 36 kV.....	57
9.3.1.	Cabine di trasformazione AT/bt.....	57
9.3.2.	Quadri di protezione in alta tensione 36 kV.....	61
9.3.3.	Cavi per alta tensione	67
9.3.4.	Giunzioni e terminazioni dei cavi AT	67
9.4.	Impianti speciali	69
9.4.1.	Impianto di illuminazione	69
9.4.2.	Impianto di video sorveglianza e antintrusione.....	69
9.4.3.	Pali per illuminazione e videosorveglianza	71
9.4.4.	Impianto di monitoraggio	72
9.5.	Impianto di terra – impianto agrivoltaico	73
10.	Opere edili.....	74
10.1.	Scavi in genere	74
10.2.	Cavidotti per cavi interrati	74
10.3.	Plinti e fondazioni	75
10.4.	Strutture di sostegno – inseguitori fotovoltaici	75
10.5.	Cabine elettriche monoblocco.....	78
11.	Note conclusive per il calcolo degli impianti	80

1. Dati generali e anagrafica

Ubicazione impianto	
Nome Impianto	TROIA 1 - 116
Comune	Troia (FG)
Località	Piano di Napoli – I Bellini – San Pietro – Colazze - Pianerile
CAP	70020
Coordinate Geografiche (gradi decimali)	Lat. 41.360505° - 41.327816° - Long. 15.253786° - 15.403697°
Catasto dei terreni	
Troia:	
Foglio	6
Particelle	348-349
Foglio	7
Particelle	534-535-558
Foglio	24
Particelle	42-112-113
Foglio	26
Particelle	207-208-210-211-212-352-363-364-365
Foglio	30
Particelle	655-656-657-658-660-662-664
Foglio	59
Particelle	30-36-37-38-40-41-74-89-125-337-342-343-487
Foglio	60
Particelle	19-32-195-320
Troia (opere di connessione AT e AAT):	
Foglio	6
Particelle	26-29-30-32-80-81-103-134-272
CTR	Regione Puglia e Regione Basilicata
Proponente	
Ragione Sociale	FLUORITE NEW ENERGY S.r.l.
Indirizzo	Piazza Cavour n.19, 00193 Roma (RM)
P.IVA	16240241006
Terreni	
Destinazione	Agricola (E1)
Estensione	Circa 131,19 ha
Caratteristiche dell'impianto	
Potenza di picco complessiva DC	69,751 MWp
Potenza AC complessiva richiesta in immissione	62,000 MW
Potenza unitaria singolo modulo fotovoltaico	690 Wp
Numero di moduli fotovoltaici (tot)	101088
Numero di moduli per stringa	26
Numero di stringhe (tot)	3888
Numero di inverter	207
Numero di sottocampi	7
Numero di cabine di trasformazione	13
Potenza trasformatori BT/AT	3300 kVA – 6600 kVA - 9000 kVA
Tipologia di strutture di sostegno	Ad inseguimento monoassiale
Posa delle strutture di sostegno	Direttamente infisse nel terreno
Layout impianto	
Interasse tra le strutture	9 m
Distanza di rispetto da confine	10 m
Distanza di rispetto da limite SIC/ZPS	>3,5 km
Staff e professionisti coinvolti	
Progetto a cura di	Tecnoproject S.r.l.
Project Manager	Ing. Roberto Montemurro
Responsabile elaborato	Ing. Roberto Montemurro

2. Premessa

La presente relazione è parte integrante del procedimento di **Valutazione d'Impatto Ambientale** ai sensi del Decreto Legislativo numero 152 del 2006, e agli artt. 20 e successivi del D.L. 31 maggio 2021, n. 77 e **Autorizzazione Unica** ai sensi dell'art.12 del D.Lgs. 387/2003.

Il progetto prevede la realizzazione di un **parco agrivoltaico**, e relative opere di connessione in alta e altissima tensione (AT e AAT), per la produzione di energia elettrica da fonte solare, con potenza di picco nominale pari a 69,751 MWp da localizzarsi su terreni Agricoli (E1) nel Comune di Troia (FG). L'impianto immetterà energia nella Rete Elettrica Nazionale attraverso una connessione interrata in alta tensione a 36 kV che collegherà lo stesso impianto di produzione alla futura Stazione Elettrica di Trasformazione AAT/AT 380/150/36 kV di ampliamento Terna S.p.A.; infatti, quest'ultima, sarà connessa, mediante nuovi raccordi, sull'elettrodotto aereo RTN in AAT 380 kV Troia-Foggia.

I moduli fotovoltaici, di tipo bifacciale, che costituiscono l'impianto di generazione, saranno montati su inseguitori (o *trackers*) monoassiali da 52, 78 e 104 moduli cadauno, che ottimizzeranno l'esposizione dei generatori solari permettendo di sfruttare al meglio la radiazione solare.

I moduli saranno montati ad un'altezza da terra in modo da non compromettere la continuità delle attività agricole e pastorali, anche consentendo l'applicazione di strumenti di agricoltura digitale e di precisione.

Potranno essere previsti anche sistemi di monitoraggio che consentano di verificare l'impatto sulle colture, il risparmio idrico, la produttività agricola per le diverse tipologie di colture e la continuità delle attività delle aziende agricole interessate.

Tra le file di inseguitori solari sarà prevista la coltivazione di ortaggi e verdure tipiche del posto, con rotazione nell'arco dell'anno in base alle migliori condizioni stagionali e di mercato. Lungo le aree perimetrali di impianto, invece, saranno posizionati alberi di ulivo tradizionali o da frutto tipici del paesaggio agrario, con fusto e chioma di medio-piccole dimensioni, tali da permettere sia la produzione agricola, che la mitigazione visiva dell'impianto stesso.

Si stima che l'impianto produrrà 109,08 GWh all'anno di elettricità, equivalenti al fabbisogno medio annuo di circa 36.360 famiglie di 4 persone, permettendo un risparmio di CO2 equivalente immessa in atmosfera pari a circa 57.921 tonnellate all'anno (fattore di emissione: 531 gCO₂/kWh, fonte dati: Ministero dell'Ambiente).

2.1. Presentazione del proponente del progetto

Il proponente del progetto è la società **Fluorite New Energy S.r.l.**, una società del gruppo **Progressum**. Fondato in Spagna nel 2012, il gruppo Progressum si è rapidamente sviluppato fino a divenire uno dei principali attori mondiali nel settore della tecnologia solare fotovoltaica.

Fin dalla sua nascita, l'azienda si è basata su valori di eccellenza e professionalità con l'obiettivo di essere un'azienda 'Tailor Made' per chi voleva sviluppare e investire in progetti di energia rinnovabile. Tutto ciò ha portato alla creazione di un team che oggi si occupa di gestire tutti i processi di studio per garantire la fattibilità tecnico-economica di ogni progetto, dall'elaborazione della documentazione richiesta al funzionamento e manutenzione dell'impianto.

Con sede a Madrid e a Roma, attualmente Progressum sta realizzando impianti in Messico, Spagna, Italia e Regno Unito con un portfolio complessivo di circa 5,7 GWp.

2.2. Scenario e Normativa di riferimento

Le necessità sempre più pressanti legate a fabbisogni energetici in continuo aumento spingono il progresso quotidiano verso l'applicazione di tecnologie innovative, atte a sopperire alla domanda energetica in modo sostenibile, limitando l'impatto che deriva da queste ultime e richiedendo un uso consapevole del territorio.

In quest'ottica, con il Decreto Legislativo 29 dicembre 2003, n. 387, il Parlamento italiano ha proceduto all'attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità.

Il presente impianto in progetto, per il DECRETO-LEGGE 31 maggio 2021, n.77 (definito Decreto Semplificazioni), è stato annesso alla procedura di VIA ministeriale, nella tipologia elencata nell'Allegato II alla Parte Seconda del D.Lgs. 152/2006 alla lettera paragrafo 2), denominata "impianti fotovoltaici per la produzione di energia elettrica con potenza complessiva superiore a 10 MW" come aggiunta dall'art. 31, comma 6, del decreto-legge n. 77 del 2021.

Premesso che la Valutazione di Impatto Ambientale, ai sensi del Dlgs. 152/2006, è *il procedimento mediante il quale vengono preventivamente individuati gli effetti sull'ambiente di un progetto*, il presente Studio, redatto ai sensi dell'art. 22 del Dlgs. 152 e s.m.i., e dell'Allegato VII del suddetto decreto, è volto ad analizzare l'impatto, ossia *l'alterazione qualitativa e/o quantitativa, diretta e indiretta, a breve e a lungo termine, permanente e temporanea, singola e cumulativa, positiva e negativa dell'ambiente*, che le opere, di cui alla procedura autorizzativa, potrebbero avere sulle diverse componenti ambientali.

L'ambiente, ai sensi del Dlgs 152, è inteso come *sistema di relazioni fra i fattori antropici, naturalistici, chimico-fisici, climatici, paesaggistici, architettonici, culturali, agricoli ed economici*.

Inoltre, come definito dal decreto legislativo 8 novembre 2021, n. 199 ("Attuazione della direttiva (UE) 2018/2001 del Parlamento europeo e del Consiglio, dell'11 dicembre 2018, sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili", pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n.285 del 30 novembre 2021, e in vigore dal 15 dicembre 2021) di recepimento della direttiva RED II, l'Italia si pone come obiettivo quello di accelerare il percorso di crescita sostenibile del Paese, al fine di raggiungere gli obiettivi europei al 2030 e al 2050.

L'obiettivo suddetto è perseguito in coerenza con le indicazioni del Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC) e tenendo conto del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR).

In tale ambito, risulta di particolare importanza individuare percorsi sostenibili per la realizzazione delle infrastrutture energetiche necessarie, che consentano di coniugare l'esigenza di rispetto dell'ambiente e del territorio con quella di raggiungimento degli obiettivi di decarbonizzazione.

Fra i diversi punti da affrontare vi è certamente quello dell'integrazione degli impianti a fonti rinnovabili, in particolare fotovoltaici, realizzati su suolo agricolo.

Una delle soluzioni emergenti è quella di realizzare impianti c.d. "agrivoltaici", ovvero impianti fotovoltaici che consentano di preservare la continuità delle attività di coltivazione agricola e pastorale sul sito di installazione, garantendo, al contempo, una buona produzione energetica da fonti rinnovabili.

A riguardo, è stata anche prevista, nell'ambito del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza, una specifica misura, con l'obiettivo di sperimentare le modalità più avanzate di realizzazione di tale tipologia di impianti e monitorarne gli effetti.

La proposta in progetto si pone come soluzione di integrazione di produzione energetica con produzione agricola, nel rispetto dei requisiti richiesti dal suddetto D.Lgs. 199/2021.

Il tema è rilevante e merita di essere affrontato in via generale, anche guardando al processo di individuazione delle c.d. "aree idonee" all'installazione degli impianti a fonti rinnovabili, previsto dal decreto legislativo n. 199 del 2021 e, dunque, ai diversi livelli possibili di realizzazione di impianti fotovoltaici in area agricola, ivi inclusa quella prevista dal PNRR. In tutti i casi, gli impianti agrivoltaici costituiscono possibili soluzioni virtuose e migliorative rispetto alla realizzazione di impianti fotovoltaici standard.

Il presente studio, dunque, basato su una verifica oggettiva della compatibilità degli interventi a realizzarsi con le predette componenti, intende verificare e studiare i prevedibili effetti che l'intervento potrà avere sull'ambiente e il suo habitat naturale.

Con la nuova normativa introdotta dal d.lgs. 30 giugno 2016, n. 127 (legge Madia), la conferenza dei servizi si potrà svolgere in modalità "Sincrona" o "Asincrona", nei casi previsti dalla legge.

Nel 2008 inoltre l'Unione Europea ha varato il "Pacchetto Clima-Energia" (meglio conosciuto anche come "Pacchetto 20/20/20") che prevede obiettivi climatici sostanziali per tutti i Paesi membri dell'Unione, tra cui l'Italia, a) di ridurre del 20% le emissioni di gas serra rispetto ai livelli registrati nel 1990, b) di ottenere almeno il 20% dell'energia consumata da fonti rinnovabili, e c) ridurre del 20% i consumi previsti. Questo obiettivo è stato successivamente rimodulato e rafforzato per l'anno 2030, portando per quella data al 40% la percentuale di abbattimento delle emissioni di gas serra, al 27% la quota di consumi generati da rinnovabili e al 27% il taglio dei consumi elettrici.

L'Italia ha fatto propri questi impegni redigendo un "Piano Nazionale Integrato per l'Energia e per il Clima". Riguardo alle energie rinnovabili in particolare, l'Italia prevede arrivare al 2030 con un minimo di 55,4% di energia prodotta da fonti rinnovabili, promuovendo la realizzazione di nuovi impianti di produzione e il revamping o repowering di quelli esistenti per tenere il passo con le evoluzioni tecnologiche.

Con la realizzazione dell'impianto, si intende conseguire gli obiettivi sopra esposti, aumentando la quota di energia prodotta da fonte rinnovabile senza emettere gas serra in atmosfera, con un significativo risparmio energetico mediante il ricorso alla fonte energetica rinnovabile rappresentata dal Sole.

Il ricorso a tale tecnologia nasce dall'esigenza di coniugare:

- la compatibilità con esigenze paesaggistiche e di tutela ambientale;
- nessun inquinamento acustico;
- il risparmio di combustibile fossile;
- la produzione di energia elettrica senza emissioni di sostanze inquinanti.

Il progetto mira, pertanto, a contribuire al soddisfacimento delle esigenze di "Energia Verde" e allo "Sviluppo Sostenibile" invocate dal Protocollo di Kyoto, dalla Conferenza sul clima e l'ambiente di Copenaghen 2009 e dalla Conferenza sul clima di Parigi del 2015.

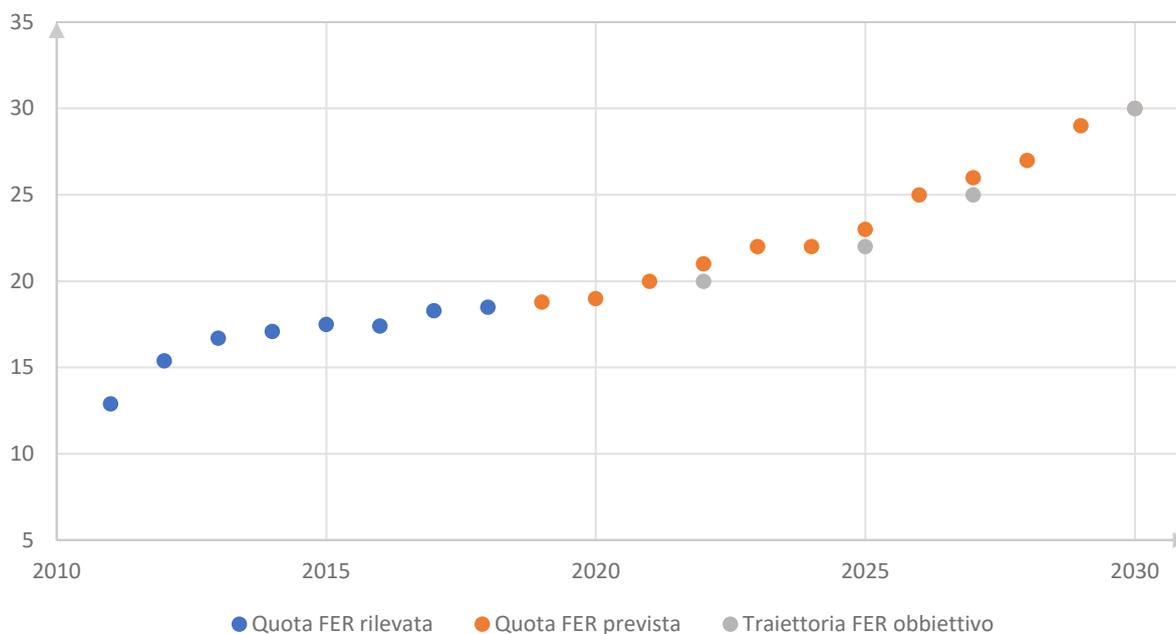


Figura 1- Traiettorie della quota FER complessiva (Fonte GSE – febbraio 2020)

Tra le politiche introdotte e necessarie per il raggiungimento degli obiettivi prefissati, è stato dato incarico alle Regioni di individuare le aree idonee per la realizzazione di questi impianti, stabilendo criteri di priorità e di tutela del paesaggio e dell'ambiente.

In conclusione, si evidenzia che in base all'art. 1 della legge 9 gennaio 1991 n. 10, l'intervento in progetto è opera di pubblico interesse e pubblica utilità "ex lege" ad ogni effetto e per ogni conseguenza, giuridica, economica, procedimentale, espropriativa, come anche definito dall'art. 12 del D.LGS. N. 387 del 29 dicembre 2003.

3. Stato di fatto

3.1. Localizzazione e caratteristiche del sito. Inquadramento urbanistico.

L'area di intervento ricade nell'agro del Comune di Troia, in Provincia di Foggia, identificata catastalmente al catasto dei terreni del Comune di Troia (FG):

Foglio	6
Particelle	348-349
Foglio	7
Particelle	534-535-558
Foglio	24
Particelle	42-112-113
Foglio	26
Particelle	207-208-210-211-212-352-363-364-365
Foglio	30
Particelle	655-656-657-658-660-662-664
Foglio	59
Particelle	30-36-37-38-40-41-74-89-125-337-342-343-487
Foglio	60
Particelle	19-32-195-320

Le aree sono classificate come "Zona E" e quindi aree di tipo agricolo.

Geograficamente l'area è individuata tra la Latitudine 41.360505° e 41.327816°, e Longitudine 15.253786° e 15.403697°, a 305 metri circa sul livello del mare; ha un'estensione di circa 131,19 ettari di cui meno del 30% sarà interessato dall'installazione dell'impianto fotovoltaico. Le restanti aree saranno interessate da coltivazione di essenze ortofrutticole di tipo stagionale e, lungo il perimetro di impianto, dalla piantumazione di nuove colture quali alberi di olivi a basso fusto del tipo per la produzione di olive, e alberi da frutto tipici del paesaggio agrario.

L'impianto sarà connesso mediante elettrodotto interrato in alta tensione a 36 kV su futura Stazione Elettrica di Trasformazione AAT/AT 380/150/36 kV di ampliamento Terna S.p.A.; quest'ultima, sarà connessa, mediante nuovi raccordi, sull'elettrodotto aereo RTN in AAT 380 kV Troia-Foggia.

Le aree di progetto sono raggiungibili percorrendo:

- A ovest la Strada Provinciale n.123 Troia-Orsara di Puglia e la Contrada Serra dei Bisi - Cancarro;
- A sud la Strada Provinciale n.111 e Via S. Lorenzo intercettando la Contrada San Francesco;
- A est percorrendo le Strade Provinciali n.109 – 112 – 113.

La Stazione Elettrica RTN Terna S.p.A., e il futuro ampliamento della stessa, si raggiungono percorrendo la Strada Provinciale n.123 Troia-Orsara di Puglia e la Contrada Serra dei Bisi – Cancarro.

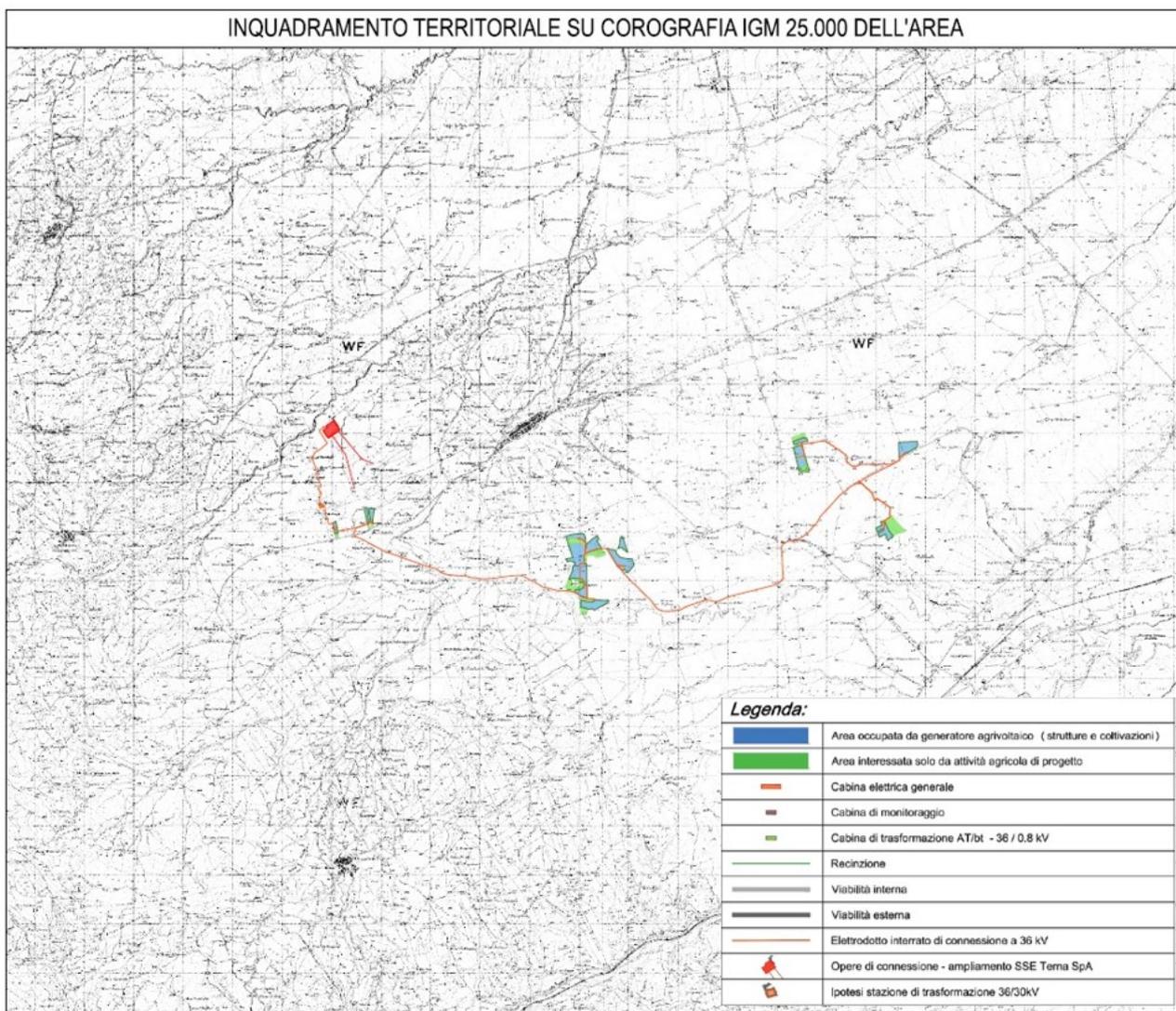


Figura 2 – Inquadramento dell'area di progetto su Cartografia IGM

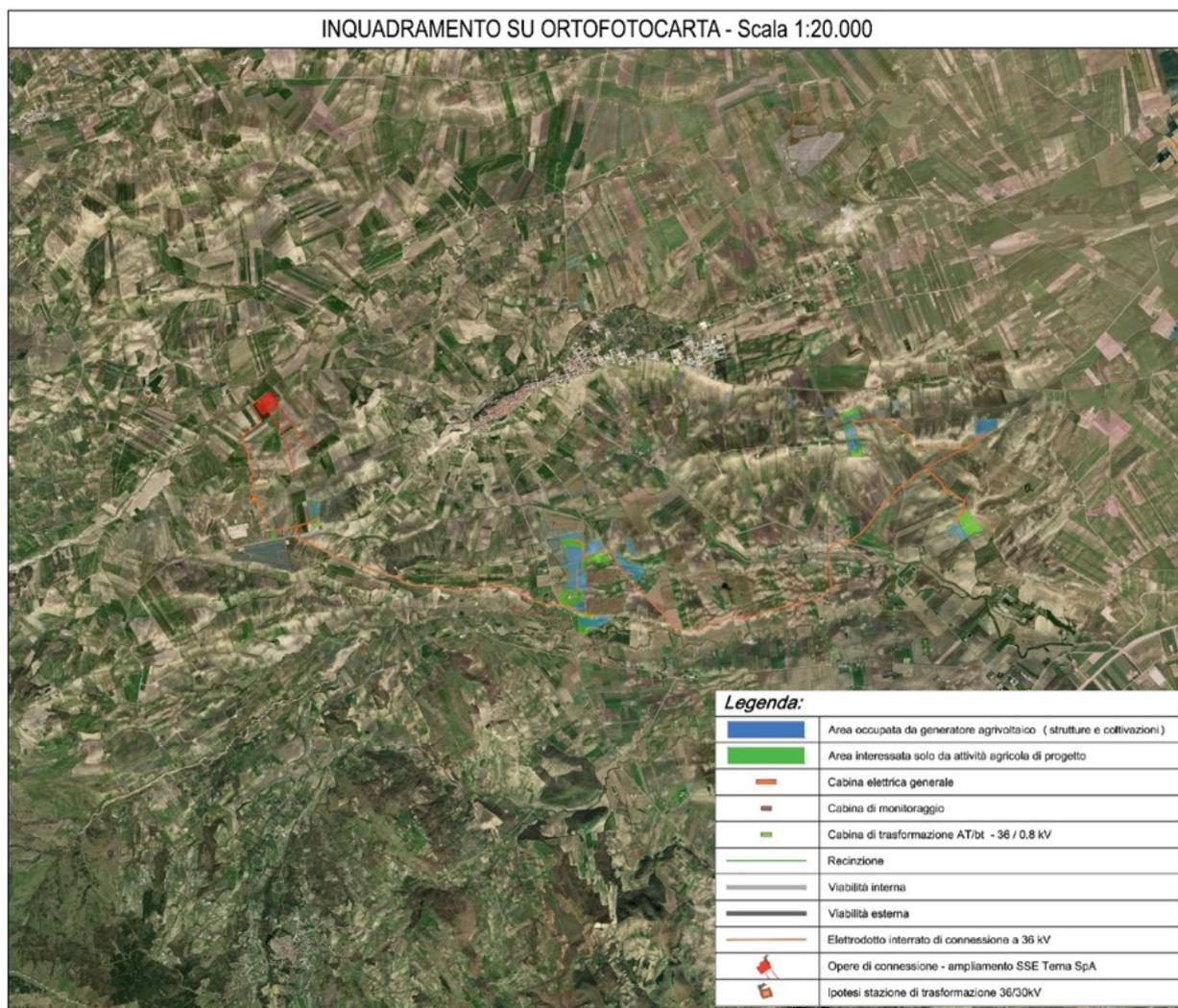


Figura 3 – Inquadramento dell'area di progetto su Ortofoto



Figura 4 - Area di ampliamento SSE RTN Terna S.p.A.



Figura 5 - Dettaglio area di progetto



Figura 6 - Dettaglio area di progetto

3.2. Descrizione sintetica del progetto di impianto

La realizzazione dell'impianto avrà come obiettivo il minimo impatto sul territorio, sia dal punto di vista visivo che ambientale, e pertanto si ricorrerà alle migliori tecnologie disponibili (BAT, "Best Available Technologies") e alle opportune opere di mitigazione di tipo naturalistico valutate in relazione all'ambiente circostante.

In primo luogo, essendo gli impianti fotovoltaici realizzati su terreno vegetale, il progetto dovrà garantire il mantenimento della permeabilità dell'area, limitando la realizzazione di nuove superfici pavimentate impermeabili. La viabilità di accesso e interna prevista rispetterà, per tipologia e materiali, il reticolo delle strade rurali esistenti; in particolare sarà realizzata esclusivamente con materiali drenanti naturali. Con gli stessi materiali saranno realizzati gli eventuali spazi di manovra e circolazione interna strettamente necessaria ai mezzi funzionali all'esercizio dell'impianto medesimo.

Al fine di non modificare la naturale conformazione del terreno, né il normale deflusso delle acque piovane, i moduli fotovoltaici, incluse le strutture di supporto e gli impianti collegati, saranno posizionati a terra naturalmente, mediante battitura meccanica dei pali di sostegno (e/o pre-drilling se richiesto) seguendo per quanto più possibile l'andamento del terreno.

L'impianto agrivoltaico in progetto si estende su un'area catastale di circa 130,19 ettari, di cui solamente il 30% circa sarà interessato dalle opere di impianto. Come si evince dalle tavole di inquadramento catastale e su ortofoto, il perimetro della zona di installazione, coincidente con la recinzione di delimitazione, delimita solamente parte della superficie catastale. Tutte le aree esterne a tale perimetro, così come le aree interposte tra le file di moduli fotovoltaici, saranno utilizzate per i fini agricoli, con coltivazione di prodotti ortofrutticoli. Le fasce perimetrali recintate saranno interessate da piantumazione di alberi a medio fusto, tipo alberi da frutto tipici del paesaggio agrario e/o alberi di ulivo del tipo Leccina e/o Favolosa. Tali essenze, oltre al loro

naturale contribuito in termini di produzione agricola, contribuiranno a mitigare visivamente le opere di progetto.

L'intero generatore fotovoltaico si compone di 101.088 moduli fotovoltaici "bifacciali" in silicio monocristallino da 690 W di picco, connessi tra di loro in stringhe da 26 moduli per un totale di 3.888 stringhe e una potenza di picco installata pari a 69.750,72 kWp.

I moduli fotovoltaici sono posizionati su strutture ad inseguimento solare (trackers) di tipo "monoassiale", a doppia fila di moduli, infisse direttamente nel terreno, eventualmente con l'ausilio di predrilling, con angolo di inclinazione pari a 0° e angolo di orientamento est-ovest variabile tra +55° e -55°. I trackers saranno multistringa, da 2 stringhe (52 moduli fotovoltaici), da 3 stringhe (78 moduli fotovoltaici) e da 4 stringhe (104 moduli fotovoltaici).

La conversione dell'energia da componente continua DC (generatore fotovoltaico) in componente alternata AC (tipicamente utilizzata dalle utenze e distribuita sulla rete elettrica nazionale) avviene per mezzo di convertitori AC/DC, comunemente chiamati "inverter": in impianto saranno posizionati n°207 inverter di stringa con potenza nominale in AC pari a 300,00 kW e potenza massima 330,00 kW. Su ogni inverter saranno connesse 18, 19 o 20 stringhe a seconda della disposizione degli inseguitori per ogni area di progetto.

Ogni inverter sarà connesso sul rispettivo quadro di protezione in bassa tensione (800 V) in cabine di trasformazione AT/bt - 36/0,8 kV.

Nell'area di impianto saranno disposte n.13 cabine di trasformazione AT/bt, con trasformatori di potenza nominale 3300 kVA – 6600 kVA – 9000 kVA. Le stesse saranno connesse in "entra-esci" sul lato alta tensione a 36 kV a formare un'unica linea di connessione interrata che si attesterà sul quadro generale AT 36 kV posizionato in Cabina Elettrica Generale di impianto. Quest'ultima si conetterà, sempre mediante soluzione interrata a 36 kV, alla futura Stazione Elettrica di Trasformazione AAT/AT 380/150/36 kV da realizzarsi e che si allaccerà sulla linea aerea RTN AAT 380 kV del ramo Troia-Foggia.

In ogni sottocampo di impianto sarà prevista anche l'installazione di trasformatori per l'alimentazione dei servizi ausiliari del tipo AT/bt 36/0.4 kV da 125 kVA.

Il generatore fotovoltaico sarà dotato anche di sistemi ausiliari di controllo e di sicurezza:

- Lungo il perimetro di impianto saranno posizionati, a distanza di 50 metri circa, pali di sostegno su cui verranno installate le camere di videosorveglianza e i fari per l'illuminazione di sicurezza.
- I fari si accenderanno nelle ore notturne solamente in caso di allarme di antintrusione, o per motivi di sicurezza, e quindi azionati in modo automatico o anche da remoto dai responsabili del servizio vigilanza.
- Le cam saranno del tipo fisso, con illuminatore infrarosso integrato. Nei cambi di direzione del perimetro di impianto verranno anche installate delle "speed dome", che permetteranno una visualizzazione variabile delle zone di impianto in modo automatico, ma che potranno essere gestite anche in manuale a seconda delle necessità. Tutte le cam, a gruppi di 5 o 6 unità, saranno connesse su quadri di parallelo video, dove, viste le considerevoli distanze delle connessioni, il segnale sarà convertito e trasmesso alla cabina di monitoraggio tramite dorsali in fibra ottica.

Le aree di impianto saranno delimitate da recinzione metallica con rivestimento plastico, posata ad altezza di 20 cm dal suolo, e fissata su appositi paletti infissi nel terreno.

4. Requisiti di rispondenza a Norme, Leggi e Regolamenti

Gli impianti dovranno essere realizzati a regola d'arte come prescritto dall'art. 6, c. 1, del D.M. 22/01/2008, n. 37 e s.m.i. Saranno considerati a regola d'arte gli impianti realizzati in conformità alla vigente normativa e alle norme dell'UNI, del CEI o di altri Enti di normalizzazione appartenenti agli Stati membri dell'Unione europea o che sono parti contraenti dell'accordo sullo spazio economico europeo.

Le caratteristiche degli impianti stessi, nonché dei loro componenti, dovranno corrispondere alle norme di legge e di regolamento vigenti alla data di presentazione del progetto-offerta ed in particolare essere conformi:

- alle prescrizioni di Autorità Locali;
- alle prescrizioni e indicazioni del Gestore della Rete Elettrica;
- alle prescrizioni e indicazioni dell'Azienda Fornitrice del Servizio Telefonico;
- alle Norme CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano).

5. Normativa tecnica di riferimento

Gli impianti elettrici dovranno essere realizzati nel rispetto delle disposizioni seguenti:

- D.P.R. 27.04.1955 n. 547 e successive modificazioni;
- D.P.R. 07.01.1956 n. 164 e successive modificazioni;
- D.P.R. 19.03.1956 n. 303 e successive modificazioni;
- Legge 07.12.1984 n. 818 e successive modificazioni;
- Legge 01.03.1990 n. 186;
- Legge 18.10.1977 n. 791;
- Legge 05.03.1990 n. 46 e successive integrazioni (sostituita dal DM NR 37 del 22-01-08);
- D.P.R. 06.12.1991 n. 447(sostituito dal DM NR 37 del 22-01-08);
- D.L. 19.09.1994 n. 626 e successive modificazioni;
- E quanto altro possa comunque interessare.

Si richiamano le prescrizioni degli Enti Locali preposti ai controlli: USL, ISPESL, Vigili del Fuoco, Aziende distributrici elettriche, del gas, etc.

Si sottolinea che dovranno essere osservate altresì le norme: CEI, UNI e le tabelle CEI UNEL. Relativamente alle norme CEI dovranno essere rispettate quelle in vigore all'atto esecutivo dei lavori con particolare riferimento, a titolo esemplificativo, e non esaustivo, alle Norme di seguito elencate.

Criteri di allacciamento alla rete AT della distribuzione;

- ENEL DK 5310;
- Ex CEI 11-1 Impianti elettrici con tensione superiore a 1kV in corrente alternata;
- CEI 11-4 Esecuzione delle linee elettriche aeree esterne;
- CEI 11-15 Esecuzione di lavori sotto tensione;
- CEI 11-17 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – linee in cavo;
- CEI 11-20 Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria;
- CEI 11-25 Calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti trifasi a corrente alternata;
- CEI EN60865-1 Calcolo degli effetti delle correnti di cortocircuito;
- CEI 11-28 Calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti radiali a B.T.;
- CEI 11-35 Guida all'esecuzione delle cabine elettriche d'utente;
- CEI 11-37 Guida all'esecuzione degli impianti di terra negli stabilimenti industriali per sistemi di I, II e III categoria;
- CEI 17-1 Interruttori a corrente alternata a tensione superiore a 1000V;
- CEI 17-4(CEI EN60129) Sezionatori e sezionatori di terra a corrente alternata a tensione superiore a 1000V;

- CEI 17-5 (CEI EN60947-2) Interruttori automatici per B.T.;
- CEI 17-6(CEI EN60298) Apparecchiature prefabbricate con involucro metallico per tensioni da 1kV a 52kV;
- CEI 17-9/1(CEI EN60265-1) Interruttori di manovra ed interruttori di manovra-sezionatori per tensioni da 1kV a 52kV.;
- CEI 17-9/2(CEI EN60265-2) Interruttori di manovra ed interruttori di manovra-sezionatori per tensioni uguali o superiori a 52kV;
- CEI 17-11 (CEI EN60947-3) Interruttori di manovra e sezionatori con o senza fusibili per B.T.;
- CEI 17-13/1 (CEI EN60439-1) Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per B.T. - Quadri elettrici AS ed ANS;
- CEI 17-21 (CEI EN60694) Apparecchiatura di manovra e di comando ad alta tensione-Prescrizioni comuni;
- CEI 17-41 (CEI EN61095) Contattori elettromeccanici per usi domestici o similari;
- CEI 17-45 (CEI EN60947-5-1) Dispositivi per circuiti di comando e manovra in B.T.;
- CEI 17-46 (CEI EN60420) Interruttori di manovra ed interruttori-sezionatori con fusibili ad alta tensione per corrente alternata;
- CEI 17-47 (CEI EN60947-6-1) Apparecchiature di commutazione automatica in B.T.;
- CEI 17-48 (CEI EN60947-7-1) Morsettiere per conduttori in B.T.;
- CEI 17-50 (CEI EN60947-4-1) Contattori ed avviatori elettromeccanici per B.T.;
- CEI 17-68 (CEI EN50187) Apparecchiatura di manovra con involucro metallico con isolamento a gas per tensioni da 1kV a 52kV;
- CEI 20-13 Cavi isolati in gomma EPR con tensione non superiore a $U_0/U=0.6/1kV$;
- CEI 20-14 Cavi isolati in PVC con tensione non superiore a $U_0/U=0.6/1kV$;
- CEI 20-21 Calcolo della portata dei cavi elettrici;
- CEI 20-22 Prove dei cavi non propaganti l'incendio;
- CEI 20-33 Giunzioni e terminazioni per cavi di energia con tensione fino a $U_0/U=0.6/1kV$;
- CEI 20-37 Cavi elettrici-prove sui gas emessi durante la combustione;
- CEI UNEL 35024/1 Portate di corrente in regime permanente per posa in aria di cavi B.T. ad isolamento elastomerico o termoplastico; CEI 17-6(CEI EN60298) Apparecchiature prefabbricate con involucro metallico per tensioni da 1kV a 52kV;
- CEI UNEL 35024/1EC Portate di corrente in regime permanente per posa in aria di cavi B.T. ad isolamento elastomerico o termoplastico;
- CEI 23-3 (CEI EN60898) Interruttori automatici per usi domestici e similari;
- CEI 23-5 Prese a spina per usi domestici e similari;
- CEI 23-9 (CEI EN60669-1) Apparecchi di comando non automatici per usi domestici e similari;
- CEI 23-12 (CEI EN60309-1/2) Prese a spina per usi industriali;
- CEI 23-16 Prese a spina di tipo complementare per usi domestici e similari;
- CEI 23-18 (CEI EN61009-2-1) Interruttori differenziali con sganciatori di sovracorrente incorporati per usi domestici e similari;
- CEI 23-19 Sistemi di canali isolanti portacavi ad uso battiscopa;
- CEI 23-20/23-21/23-30/23-35/23-41 Dispositivi di connessione e morsetti;
- CEI 23-28 Tubi per installazioni elettriche/tubi metallici;
- CEI 23-29 Cavidotti in materiale plastico;
- CEI 23-31 Sistemi di canali metallici portacavi ed accessori;
- CEI 23-32 Sistemi di canali isolanti portacavi e portapparecchi per utilizzo a soffitto o parete;
- CEI 23-39(CEI EN50086-1) Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche/prescrizioni generali;

- CEI 23-42 (CEI EN61008-1) Interruttori differenziali senza sganciatori di sovracorrente incorporati per usi domestici e similari;
- CEI 23-43 (CEI EN61008-2-1) Interruttori differenziali senza sganciatori di sovracorrente incorporati per usi domestici e similari;
- CEI 23-44 (CEI EN61009-1) Interruttori differenziali con sganciatori di sovracorrente incorporati per usi domestici e similari;
- CEI 23-48(1998) Involucri per installazioni elettriche ad uso domestico o simile - Cassette;
- CEI 23-49 Involucri per installazioni elettriche ad uso domestico o simile - Quadri elettrici;
- CEI 23-50 Prese a spina per usi domestici e similari;
- CEI 23-51 Prescrizioni per la realizzazione dei quadri elettrici ad uso domestico o simile;
- CEI 23-51V1 Prescrizioni per la realizzazione dei quadri elettrici ad uso domestico o simile;
- CEI 23-54(CEI EN50086-2-1) Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche/tubi rigidi;
- CEI 23-55(CEI EN50086-2-2) Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche/tubi pieghevoli;
- CEI 23-56(CEI EN50086-2-3) Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche/tubi flessibili;
- CEI 41-1 Relè ausiliari elettromeccanici;
- IEC 99-4 Scaricatori di sovratensione per sistemi di II e III categoria;
- 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 EN61036 Contatori elettrici statici di energia attiva per corrente alternata;
- CEI EN61010-1 Strumenti di misura digitali;
- CEI EN60414/CEI EN60051 Strumenti di misura analogici;
- CEI 66-5/85-3/85-4/85-5/85-7 Strumenti di misura;
- CEI 38-1 (CEI EN60044-1) Trasformatori di corrente per misura;
- CEI 38-2 Trasformatori di tensione per misura;
- EN 60730-1/2 Termostati modulari;
- EN 61000-3-2 Interruttori crepuscolari modulari;
- CEI EN60730-1/2 Interruttori orari modulari;
- CEI 81-10 Protezione delle strutture contro i fulmini;
- CEI 37-1 Limitatori di sovratensione a resistori non lineari con spinterometri;
- CEI 37-2 Limitatori di sovratensione ad ossido di metallo senza spinterometri;
- IEC 60840 Cavi AT per posa interrata.
- CEI EN 60904-1: Dispositivi fotovoltaici Parte 1: Misura delle caratteristiche fotovoltaiche tensione-corrente;
- CEI EN 60904-2: Dispositivi fotovoltaici - Parte 2: Prescrizione per le celle fotovoltaiche di riferimento;
- CEI EN 60904-3: Dispositivi fotovoltaici - Parte 3: Principi di misura per sistemi solari fotovoltaici per uso terrestre e irraggiamento spettrale di riferimento;
- CEI EN 61727: Sistemi fotovoltaici (FV) – Caratteristiche dell'interfaccia di raccordo con la rete;
- CEI EN 61215: Moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo;
- CEI EN 61000-3-2: Compatibilità elettromagnetica (EMC) - Parte 3: Limiti Sezione 2: Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso = 16 A per fase);
- CEI EN 60555-1: Disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili-Parte 1: Definizioni;

- CEI EN 60439-1-2-3: Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione;
- CEI EN 60445: Individuazione dei morsetti e degli apparecchi e delle estremità dei conduttori designati e regole generali per un sistema alfanumerico;
- CEI EN 60529: Gradi di protezione degli involucri (codice IP);
- CEI EN 60099-1-2: Scaricatori; CEI 20-19: Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V;
- CEI 20-20: Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V;
- CEI 81-1: Protezione delle strutture contro i fulmini;
- CEI 81-3: Valori medi del numero di fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato;
- CEI 81-4: Valutazione del rischio dovuto al fulmine;
- CEI 0-2: Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici;
- CEI 0-3: Guida per la compilazione della documentazione per la legge n. 46/1990;
- UNI 10349: Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici.;
- CEI EN 61724: Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici. Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati;
- IEC 60364-7-712 Electrical installations of buildings - Part 7-712: Requirements for special installations or locations Solar photovoltaic (PV) power supply systems.
- CEI 99-2: Impianti elettrici con tensione superior a 1 kV in corrente alternata;
- CEI 99-3: Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superior a 1 kV in c.a. e frequenze fino a 60 Hz.

Qualora le sopra elencate norme tecniche siano modificate o aggiornate, si applicano le norme più recenti. Si applicano inoltre, per quanto compatibili con le norme sopra elencate, i documenti tecnici emanati dalle società di distribuzione di energia elettrica riportanti disposizioni applicative per la connessione di impianti fotovoltaici collegati alla rete elettrica.

6. Definizioni e terminologia

Nella presente relazione verranno utilizzati i termini e le definizioni riportate nell'art. 2 del D.M. 28 Luglio 2005 e s.m.i., "Criteri per l'incentivazione della produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare", nonché della vigente normativa CEI (con particolare riferimento alle norme CEI 11-20 "impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati alle reti di I e II categoria", ed CEI 82-25 guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di media e Bassa tensione).

Si riportano di seguito, invece, le definizioni di alcuni termini ricorrenti nel campo dell'installazione di generatori fotovoltaici a costituire sistemi elettrici di generazione di potenza destinati ad essere connessi alla rete elettrica.

- **Angolo di azimut:** angolo esistente tra la normale al piano di captazione solare (modulo fotovoltaico) e il piano del meridiano terrestre che interseca il piano di captazione in un punto centrale. L'angolo è positivo per orientamenti verso Est, negativo per orientamenti verso Ovest.
- **Angolo di inclinazione:** angolo formato dal modulo fotovoltaico con l'orizzontale (piano tangente alla superficie terrestre in quel punto). L'angolo è positivo per inclinazioni rivolte verso l'equatore, negativo per inclinazioni rivolte verso il polo.
- **Blocco o sottocampo o subcampo fotovoltaico:** una o più stringhe fotovoltaiche associate e distinte in base a determinate caratteristiche, così come può essere l'occupazione geometrica del suolo, oppure le cui

stringhe sono interconnesse elettricamente per dare la potenza nominale al sistema di condizionamento della potenza (PCS).

- **Campo fotovoltaico o impianto fotovoltaico:** l'insieme di tutti i blocchi o sottocampi che costituiscono l'impianto fotovoltaico.
- **Cella fotovoltaica:** dispositivo base allo stato solido che converte la radiazione solare direttamente in elettricità a corrente continua.
- **Condizioni Standard:** condizioni in cui l'irraggiamento della radiazione solare è pari a 1000 W/m², con distribuzione dello spettro solare di riferimento di AM=1,5 e temperatura delle celle di 25°C.
- **Convertitore statico c.c./c.a.:** apparecchiatura che rende possibile la conversione ed il trasferimento della potenza da una rete in corrente continua alla rete in corrente alternata. E' denominato pure invertitore statico (**inverter**).
- **Impianto fotovoltaico connesso alla rete:** sistema di produzione dell'energia elettrica costituito da un insieme di componenti ed apparecchiature destinate a convertire l'energia contenuta nella radiazione solare in energia elettrica da consegnare alla rete di distribuzione in corrente alternata monofase o trifase. I componenti fondamentali dell'impianto sono:
 - il generatore fotovoltaico vero e proprio, costituito dal campo fotovoltaico;
 - il Sistema di Condizionamento della Potenza (PCS).
- **Modulo fotovoltaico:** insieme di celle fotovoltaiche, connesse elettricamente e sigillate meccanicamente dal costruttore in un'unica struttura (tipo piatto piano), o ricevitore ed ottica (tipo a concentrazione). Costituisce l'unità minima singolarmente maneggiabile e rimpiazzabile.
- **Potenza di picco:** è la potenza espressa in Wp (watt di picco), erogata nel punto di massima potenza nelle condizioni standard dal componente o sottosistema fotovoltaico.
- **Quadro di campo:** o anche di parallelo stringhe, è un quadro elettrico in cui sono convogliate le terminazioni di più stringhe per il loro collegamento in parallelo. In esso vengono installati anche dispositivi di sezionamento e protezione.
- **Quadro di consegna:** o anche d'interfaccia è un quadro elettrico in cui viene effettuato il collegamento elettrico del gruppo di conversione statica in parallelo alla rete elettrica in bassa tensione. Esso contiene apparecchiature per sezionamento, interruzione, protezione e misura.
- **Rete in bassa tensione (BT):** rete di distribuzione dedicata alla distribuzione in corrente alternata, di tipo monofase o trifase, con tensione nominale da oltre 50 V fino a 1000 V.
- **Rete in media tensione (MT):** rete di distribuzione dedicata alla distribuzione in corrente alternata, di tipo trifase, con tensione nominale da oltre 1000 V fino a 30000 V.
- **Rete in alta tensione (AT):** rete di distribuzione dedicata alla distribuzione in corrente alternata, di tipo trifase, con tensione nominale superiore a 30000 V.
- **Gestore di rete:** soggetto titolare della gestione ed esercizio della rete AT di distribuzione dell'energia elettrica agli utenti.
- **Stringa:** un insieme di moduli connessi elettricamente in serie per raggiungere la tensione di utilizzo idonea per il sistema di condizionamento della potenza (PCS). I moduli a costituire la stringa possono far parte di diverse schiere.
- **Utente:** persona fisica o giuridica che usufruisce del servizio di fornitura dell'energia elettrica. Tale servizio è regolato da un contratto di fornitura stipulato con la Società elettrica.
- **Stazione elettrica di trasformazione AT/MT:** insieme delle apparecchiature, sistemi di controllo e di misura, nonché i locali, le opere edili e civili, dove avviene la trasformazione dell'energia da media in alta tensione, e viceversa.
- **Cabina elettrica di trasformazione MT/bT:** insieme delle apparecchiature, sistemi di controllo e di misura, nonché i locali, le opere edili e civili, dove avviene la trasformazione dell'energia da bassa in media tensione, e viceversa.

7. Dimensionamento degli impianti elettrici

7.1. Calcolo delle correnti di impiego

Il calcolo delle correnti d'impiego viene eseguito in base alla classica espressione:

$$I_b = \frac{P_d}{k_{ca} \cdot V_n \cdot \cos\varphi}$$

nella quale:

- $k_{ca} = 1$ sistema monofase o bifase, due conduttori attivi;
- $k_{ca} = 1.73$ sistema trifase, tre conduttori attivi.

Se la rete è in corrente continua il fattore di potenza $\cos\phi$ è pari a 1.

Dal valore massimo (modulo) di I_b vengono calcolate le correnti di fase in notazione vettoriale (parte reale ed immaginaria) con le formule:

$$\begin{aligned} \dot{I}_1 &= I_b \cdot e^{-j\varphi} = I_b \cdot (\cos\varphi - j\sin\varphi) \\ \dot{I}_2 &= I_b \cdot e^{-j(\varphi-2\pi/3)} = I_b \cdot \left(\cos\left(\varphi - \frac{2\pi}{3}\right) - j\sin\left(\varphi - \frac{2\pi}{3}\right) \right) \\ \dot{I}_3 &= I_b \cdot e^{-j(\varphi-4\pi/3)} = I_b \cdot \left(\cos\left(\varphi - \frac{4\pi}{3}\right) - j\sin\left(\varphi - \frac{4\pi}{3}\right) \right) \end{aligned}$$

Il vettore della tensione V_n è supposto allineato con l'asse dei numeri reali:

$$\dot{V}_n = V_n + j0$$

La potenza di dimensionamento P_d è data dal prodotto:

$$P_d = P_n \cdot coeff$$

nella quale *coeff* è pari al fattore di utilizzo per utenze terminali oppure al fattore di contemporaneità per utenze di distribuzione.

La potenza P_n , invece, è la potenza nominale del carico per utenze terminali, ovvero, la somma delle P_d delle utenze a valle (SP_d a valle) per utenze di distribuzione (somma vettoriale).

La potenza reattiva delle utenze viene calcolata invece secondo la:

$$Q_n = P_n \cdot \tan\varphi$$

per le utenze terminali, mentre per le utenze di distribuzione viene calcolata come somma vettoriale delle potenze reattive nominali a valle (SQ_d a valle).

Il fattore di potenza per le utenze di distribuzione viene valutato, di conseguenza, con la:

$$\cos\varphi = \cos\left(\arctan\left(\frac{Q_n}{P_n}\right)\right)$$

7.2. Dimensionamento dei cavi

Il criterio seguito per il dimensionamento dei cavi è tale da poter garantire la protezione dei conduttori alle correnti di sovraccarico.

In base alla norma CEI 64-8/4 e ss.mm.ii., infatti, il dispositivo di protezione deve essere coordinato con la

conduttura in modo da verificare le condizioni:

- Per le linee protette da interruttori magnetotermici, è stata rispettata la condizione:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \quad e \quad I_f \leq 1,45 I_z$$

- I_b è la corrente di impiego della conduttura elettrica;
- I_n è la corrente nominale dell'interruttore magnetotermico (sganciatore termico);
- I_z è la portata della conduttura elettrica;
- I_f è la corrente convenzionale di funzionamento dell'interruttore.

- Per le linee protette da fusibili, la condizione rispettata è la seguente:

$$I_b \leq I_n \leq 0,906 I_z \quad e \quad I_f \leq 1,6 I_z$$

- I_b è la corrente di impiego della conduttura elettrica;
- I_n è la corrente nominale dell'interruttore magnetotermico (sganciatore termico);
- I_z è la portata della conduttura elettrica;
- I_f è la corrente convenzionale di funzionamento dell'interruttore.

Dalla corrente I_b , pertanto, viene determinata la corrente nominale della protezione (seguendo i valori normalizzati) e con questa si procede alla determinazione della sezione.

Il dimensionamento dei cavi rispetta anche i seguenti casi:

- condutture senza protezione derivate da una conduttura principale protetta contro i sovraccarichi con dispositivo idoneo ed in grado di garantire la protezione anche delle condutture derivate;
- conduttura che alimenta diverse derivazioni singolarmente protette contro i sovraccarichi, quando la somma delle correnti nominali dei dispositivi di protezione delle derivazioni non supera la portata I_z della conduttura principale.

La scelta della sezione di cavo avviene secondo le seguenti procedure di calcolo:

- Calcolo della portata del cavo in base alla posa della conduttura:

Per posa aerea, il valore di corrente ammissibile dal cavo è il seguente

$$I_z = k_1 * k_2 * I_0$$

Dove

k_1 è un fattore di correzione (tabellato) per temperature di posa diverse da 30°C;

k_2 è un fattore di correzione (tabellato) che dipende dalla posa e dal numero di circuiti caricati;

I_0 è la portata in corrente del cavo a temperatura ambiente (30°C) in determinate condizioni di posa.

Per posa interrata, il valore di corrente ammissibile dal cavo è il seguente

$$I_z = k_1 * k_2 * k_3 * k_4 * I_0$$

Dove

k_1 è un fattore di correzione (tabellato) per temperature del terreno diverse da 20°C;

k_2 è un fattore di correzione (tabellato) che dipende dal numero di circuiti posati nello stesso strato;

k_3 è un fattore di correzione (tabellato) che dipende dalla profondità di posa diversa da 0,8 m;

k_4 è un fattore di correzione (tabellato) che dipende dalla resistività del terreno;

I_0 è la portata in corrente del cavo (tabellato) in determinate condizioni di posa.

- Calcolo della massima caduta di tensione ammissibile per la conduttura.

Per il calcolo della caduta di tensione massima ammissibile per i cavi in corrente continua, si è tenuto conto della seguente formula:

$$\Delta V_{\%} = 200 * \frac{r * l * I}{V}$$

Dove:

- r è la resistenza unitaria del conduttore alla temperatura di lavoro dello stesso;
- l è la lunghezza della tratta di condotta per cui si calcola la caduta di tensione;
- I è la corrente di cortocircuito di stringa che attraversa la condotta, maggiorata del 25%;
- V è la tensione di stringa che coincide con la tensione di esercizio dell'impianto nella sezione in c.c.

Per il calcolo della caduta di tensione massima ammissibile per i cavi dei circuiti in corrente alternata, si è tenuto conto della seguente formula:

$$\Delta V_{\%} = 100 * \frac{\sqrt{3} * I * l}{V} * (r * \cos\varphi + x * \sin\varphi)$$

Dove:

- r è la resistenza unitaria del conduttore alla temperatura di lavoro dello stesso;
- x è la reattanza unitaria del conduttore;
- l è la lunghezza della tratta di condotta per cui si calcola la caduta di tensione;
- I è la corrente di impiego che attraversa i conduttori;
- V è la tensione primaria che coincide con la tensione di rete.

Un rapido strumento per l'individuazione della sezione della condotta sono le tabelle di posa per tipologie di cavi. Le tabelle utilizzate sono:

- IEC 448;
- IEC 364-5-523 (1983);
- IEC 60364-5-52 (PVC/EPR);
- IEC 60364-5-52 (Mineral);
- CEI-UNEL 35024/1;
- CEI-UNEL 35024/2;
- CEI-UNEL 35026;
- CEI 20-91 (HEPR).

In media tensione, la gestione del calcolo si divide a seconda delle tabelle scelte:

- CEI 11-17;
- CEI UNEL 35027 (1-30kV).

Esse, oltre a riportare la corrente ammissibile I_z in funzione del tipo di isolamento del cavo, del tipo di posa e del numero di conduttori attivi, riportano anche la metodologia di valutazione dei coefficienti di declassamento.

La portata minima del cavo viene calcolata come:

$$I_{z \min} = \frac{I_n}{k}$$

dove il coefficiente k ha lo scopo di declassare il cavo e tiene conto dei seguenti fattori:

- tipo di materiale conduttore;
- tipo di isolamento del cavo;
- numero di conduttori in prossimità compresi eventuali paralleli;

La sezione viene scelta in modo che la sua portata (moltiplicata per il coefficiente k) sia superiore alla $I_{z\ min}$. Gli eventuali paralleli vengono calcolati nell'ipotesi che abbiano tutti la stessa sezione, lunghezza e tipo di posa (vedi norma 64.8 par. 433.3), considerando la portata minima come risultante della somma delle singole portate (declassate per il numero di paralleli dal coefficiente di declassamento per prossimità).

La condizione b) non necessita di verifica in quanto gli interruttori che rispondono alla norma CEI 23.3 hanno un rapporto tra corrente convenzionale di funzionamento I_f e corrente nominale I_n minore di 1.45 ed è costante per tutte le tarature inferiori a 125 A. Per le apparecchiature industriali, invece, le norme CEI 17.5 e IEC 947 stabiliscono che tale rapporto può variare in base alla corrente nominale, ma deve comunque rimanere minore o uguale a 1.45.

Risulta pertanto che, in base a tali normative, la condizione b) sarà sempre verificata.

Le condutture dimensionate con questo criterio sono, pertanto, protette contro le sovracorrenti.

7.3. Integrale di Joule

Dalla sezione dei conduttori del cavo deriva il calcolo dell'integrale di Joule, ossia la massima energia specifica ammessa dagli stessi, tramite la:

$$I^2 \cdot t = K^2 \cdot S^2$$

La costante K viene data dalla norma 64-8/4 (par. 434.3), per i conduttori di fase e neutro e, dal paragrafo 64-8/5 (par. 543.1), per i conduttori di protezione in funzione al materiale conduttore e al materiale isolante. Per i cavi ad isolamento minerale le norme attualmente sono allo studio, i paragrafi sopraccitati riportano però nella parte commento dei valori prudenziali.

I valori di K riportati dalla norma sono per i conduttori di fase (par. 434.3):

Cavo in rame e isolato in gomma G:	K = 135
Cavo in rame e isolato in gomma etilenpropilenica G5-G7:	K = 143
Cavo in rame serie L rivestito in materiale termoplastico:	K = 115
Cavo in rame serie L nudo:	K = 200
Cavo in rame serie H rivestito in materiale termoplastico:	K = 115
Cavo in rame serie H nudo:	K = 200
Cavo in alluminio e isolato in PVC:	K = 74
Cavo in alluminio e isolato in G, G5-G7:	K = 92

I valori di K per i conduttori di protezione unipolari (par. 543.1) tab. 54B:

Cavo in rame e isolato in PVC:	K = 143
Cavo in rame e isolato in gomma G:	K = 166
Cavo in rame e isolato in gomma G5-G7:	K = 176
Cavo in rame serie L rivestito in materiale termoplastico:	K = 143
Cavo in rame serie L nudo:	K = 228
Cavo in rame serie H rivestito in materiale termoplastico:	K = 143
Cavo in rame serie H nudo:	K = 228
Cavo in alluminio e isolato in PVC:	K = 95
Cavo in alluminio e isolato in gomma G:	K = 110
Cavo in alluminio e isolato in gomma G5-G7:	K = 116

I valori di K per i conduttori di protezione in cavi multipolari (par. 543.1) tab. 54C:

Cavo in rame e isolato in PVC:	K = 115
Cavo in rame e isolato in gomma G:	K = 135
Cavo in rame e isolato in gomma G5-G7:	K = 143
Cavo in rame serie L rivestito in materiale termoplastico:	K = 115
Cavo in rame serie L nudo:	K = 228
Cavo in rame serie H rivestito in materiale termoplastico:	K = 115
Cavo in rame serie H nudo:	K = 228
Cavo in alluminio e isolato in PVC:	K = 76
Cavo in alluminio e isolato in gomma G:	K = 89
Cavo in alluminio e isolato in gomma G5-G7:	K = 94

7.4. Dimensionamento dei conduttori di neutro

La norma CEI 64-8 par. 524.2 e par. 524.3, prevede che la sezione del conduttore di neutro, nel caso di circuiti polifasi, può avere una sezione inferiore a quella dei conduttori di fase se sono soddisfatte le seguenti condizioni:

- il conduttore di fase abbia una sezione maggiore di 16 mm²;
- la massima corrente che può percorrere il conduttore di neutro non sia superiore alla portata dello stesso
- la sezione del conduttore di neutro sia almeno uguale a 16 mm² se il conduttore è in rame e a 25 mm² se il conduttore è in alluminio.

Nel caso in cui si abbiano circuiti monofasi o polifasi e questi ultimi con sezione del conduttore di fase minore di 16 mm² se conduttore in rame e 25 mm² se conduttore in alluminio, il conduttore di neutro deve avere la stessa sezione del conduttore di fase. In base alle esigenze progettuali, sono gestiti fino a tre metodi di dimensionamento del conduttore di neutro, mediante:

- determinazione in relazione alla sezione di fase;
- determinazione tramite rapporto tra le portate dei conduttori;
- determinazione in relazione alla portata del neutro.

Il primo criterio consiste nel determinare la sezione del conduttore in questione secondo i seguenti vincoli dati dalla norma:

$$\begin{aligned}
 S_f < 16\text{mm}^2: & \quad S_n = S_f \\
 16 \leq S_f \leq 35\text{mm}^2: & \quad S_n = 16\text{mm}^2 \\
 S_f > 35\text{mm}^2: & \quad S_n = S_f / 2
 \end{aligned}$$

Il secondo criterio consiste nell'impostare il rapporto tra le portate del conduttore di fase e il conduttore di neutro, e il programma determinerà la sezione in base alla portata.

Il terzo criterio consiste nel dimensionare il conduttore tenendo conto della corrente di impiego circolante nel neutro come per un conduttore di fase.

Le sezioni dei neutri possono comunque assumere valori differenti rispetto ai metodi appena citati, comunque sempre calcolati a regola d'arte.

7.5. Dimensionamento dei conduttori di protezione

Le norme CEI 64.8 par. 543.1 prevedono due metodi di dimensionamento dei conduttori di protezione:

- determinazione in relazione alla sezione di fase;
- determinazione mediante calcolo.

Il primo criterio consiste nel determinare la sezione del conduttore di protezione seguendo vincoli analoghi a quelli introdotti per il conduttore di neutro:

$$\begin{aligned} S_f < 16\text{mm}^2: & \quad S_{PE} = S_f \\ 16 \leq S_f \leq 35\text{mm}^2: & \quad S_{PE} = 16\text{mm}^2 \\ S_f > 35\text{mm}^2: & \quad S_{PE} = S_f / 2 \end{aligned}$$

Il secondo criterio determina tale valore con l'integrale di Joule, ovvero la sezione del conduttore di protezione non deve essere inferiore al valore determinato con la seguente formula:

$$S_p = \frac{\sqrt{I^2 \cdot t}}{K}$$

dove:

- S_p è la sezione del conduttore di protezione (mm^2);
- t è il tempo di intervento del dispositivo di protezione (s);

Se il risultato della formula non è una sezione unificata, viene presa una unificata immediatamente superiore. In entrambi i casi si deve tener conto, per quanto riguarda la sezione minima, del paragrafo 543.1.3.

Esso afferma che la sezione di ogni conduttore di protezione che non faccia parte della conduttura di alimentazione non deve essere, in ogni caso, inferiore a:

- 2,5 mm^2 rame o 16 mm^2 alluminio se è prevista una protezione meccanica;
- 4 mm^2 o 16 mm^2 alluminio se non è prevista una protezione meccanica;

È possibile, altresì, determinare la sezione mediante il rapporto tra le portate del conduttore di fase e del conduttore di protezione.

Nei sistemi TT, la sezione dei conduttori di protezione può essere limitata a:

- 25 mm^2 , se in rame;
- 35 mm^2 , se in alluminio;

7.6. Calcolo della temperatura dei cavi

La valutazione della temperatura dei cavi si esegue in base alla corrente di impiego e alla corrente nominale tramite le seguenti espressioni:

$$T_{cavo}(I_b) = T_{ambiente} + \left(\alpha_{cavo} \cdot \frac{I_b^2}{I_z^2} \right)$$

$$T_{cavo}(I_n) = T_{ambiente} + \left(\alpha_{cavo} \cdot \frac{I_n^2}{I_z^2} \right)$$

espresse in °C.

Esse derivano dalla considerazione che la sovratemperatura del cavo a regime è proporzionale alla potenza in esso dissipata.

Il coefficiente α_{cavo} è vincolato dal tipo di isolamento del cavo e dal tipo di tabella di posa che si sta usando.

7.7. Cadute di tensione

$$c.d.t(ib) = \max \left(\left| \sum_{i=1}^k \dot{Z}f_i \cdot \dot{I}f_i - \dot{Z}n_i \cdot \dot{I}n_i \right| \right)_{f=R,S,T}$$

con f che rappresenta le tre fasi R, S, T;

con n che rappresenta il conduttore di neutro;

con i che rappresenta le k utenze coinvolte nel calcolo;

$$c.d.t(I_b) = k_{cdt} \cdot I_b \cdot \frac{L_c}{1000} \cdot (R_{cavo} \cdot \cos \varphi + X_{cavo} \cdot \sin \varphi) \cdot \frac{100}{V_n}$$

con:

- $k_{cdt}=2$ per sistemi monofase;
- $k_{cdt}=1.73$ per sistemi trifase.

Se la frequenza di esercizio è differente dai 50 Hz si imposta

$$X'_{cavo} = \frac{f}{50} \cdot X_{cavo}$$

La caduta di tensione da monte a valle (totale) di una utenza è determinata come somma delle cadute di tensione vettoriale, riferite ad un solo conduttore, dei rami a monte all'utenza in esame, da cui, viene successivamente determinata la caduta di tensione percentuale riferendola al sistema (trifase o monofase) e alla tensione nominale dell'utenza in esame.

Sono adeguatamente calcolate le cadute di tensione totali nel caso siano presenti trasformatori lungo la linea (per esempio trasformatori MT/BT o BT/BT). In tale circostanza, infatti, il calcolo della caduta di tensione totale

tiene conto sia della caduta interna nei trasformatori, sia della presenza di spine di regolazione del rapporto spire dei trasformatori stessi.

Se al termine del calcolo delle cadute di tensione alcune utenze abbiano valori superiori a quelli definiti, si ricorre ad un procedimento di ottimizzazione per far rientrare la caduta di tensione entro limiti prestabiliti (limiti dati da CEI 64-8 par. 525). Le sezioni dei cavi vengono forzate a valori superiori cercando di seguire una crescita uniforme fino a portare tutte le cadute di tensione sotto i limiti.

7.8. Tensione di collegamento alla rete elettrica

La conoscenza della fornitura della rete è necessaria per l'inizializzazione della stessa al fine di eseguire il calcolo dei guasti.

I parametri trovati in questa fase servono per inizializzare il calcolo dei guasti, ossia andranno sommati ai corrispondenti parametri di guasto dell'utenza a valle. Noti i parametri alle sequenze nel punto di fornitura, è possibile inizializzare la rete e calcolare le correnti di cortocircuito secondo le norme CEI 11-25.

Tali correnti saranno utilizzate in fase di scelta delle protezioni per la verifica dei poteri di interruzione delle apparecchiature.

Le principali caratteristiche del sistema elettrico relativo alla SSE RTN sono le seguenti:

- Frequenza nominale: 50 Hz;
- Tensione nominale del sistema A.A.T.: 150 kV;
- Tensione massima del sistema A.A.T.: 170 kV;
- Stato del neutro del sistema A.A.T.: franco a terra;
- Corrente nominale di guasto a terra del sistema A.A.T.: 31,5 kA;
- Durata del guasto a terra del sistema A.A.T.: 650 ms;
- Tensione nominale del sistema A.T.: 36 kV;
- Tensione massima del sistema A.T.: 45 kV;
- Stato del neutro del sistema A.T.: isolato;
- Corrente nominale di guasto a terra del sistema A.T.: 60,6 A;
- Durata del guasto a terra del sistema A.T.: 0,5 s.

In accordo con la norma CEI 11-1 le parti attive della sezione A.T. della Sottostazione elettrica rispetteranno le seguenti distanze:

- Distanza tra le fasi per le Sbarre e le apparecchiature: 2,2 m;
- Altezza minima dei conduttori: 4,5 m;
- Corrente nominale di cortocircuito delle sbarre: 31,5 kA.

7.9. Trasformatori

Per i trasformatori presenti nella rete, i dati di targa richiesti sono:

- Potenza nominale P_n (in kVA);
- Perdite di cortocircuito P_{cc} (in W);
- Tensione di cortocircuito v_{cc} (in %)
- Rapporto tra la corrente di inserzione e la corrente nominale I_{lr}/I_{rt} ;
- Rapporto tra la impedenza alla sequenza omopolare e quella di corto circuito;
- Tipo di collegamento;
- Tensione nominale del primario V_1 (in kV);
- Tensione nominale del secondario V_{02} (in V).

Dai dati di targa si possono ricavare le caratteristiche elettriche dei trasformatori, ovvero:

Impedenza di cortocircuito del trasformatore espressa in mW:

$$Z_{cct} = \frac{v_{cc}}{100} \cdot \frac{V_{02}^2}{P_n}$$

Resistenza di cortocircuito del trasformatore espressa in mW:

$$R_{cct} = \frac{P_{cc}}{1000} \cdot \frac{V_{02}^2}{P_n^2}$$

Reattanza di cortocircuito del trasformatore espressa in mW:

$$X_{cct} = \sqrt{Z_{cct}^2 - R_{cct}^2}$$

L'impedenza a vuoto omopolare del trasformatore viene ricavata dal rapporto con l'impedenza di cortocircuito dello stesso:

$$Z_{vot} = Z_{cct} \cdot \left(\frac{Z_{vot}}{Z_{cct}} \right)$$

dove il rapporto Z_{vot}/Z_{cct} vale usualmente 10-20.

$$Z_d = |\dot{Z}_{cct}| = \sqrt{R_d^2 + X_d^2}$$

$$R_d = R_{cct}$$

$$X_d = X_{cct}$$

I parametri alla sequenza omopolare dipendono invece dal tipo di collegamento del trasformatore in quanto, in base ad esso, abbiamo un diverso circuito equivalente.

$$R_{ot} = R_{cct} \cdot \frac{\left(\frac{Z_{vot}}{Z_{cct}} \right)}{1 + \left(\frac{Z_{vot}}{Z_{cct}} \right)}$$

$$X_{ot} = X_{cct} \cdot \frac{\left(\frac{Z_{vot}}{Z_{cct}} \right)}{1 + \left(\frac{Z_{vot}}{Z_{cct}} \right)}$$

$$Z_{ot} = Z_{cct} \cdot \frac{\left(\frac{Z_{vot}}{Z_{cct}}\right)}{1 + \left(\frac{Z_{vot}}{Z_{cct}}\right)}$$

Diversamente, se il trasformatore è collegato stella/stella (Yy) avremmo:

$$R_{ot} = R_{cct} \cdot \left(\frac{Z_{vot}}{Z_{cct}}\right)$$

$$X_{ot} = X_{cct} \cdot \left(\frac{Z_{vot}}{Z_{cct}}\right)$$

$$Z_{ot} = Z_{cct} \cdot \left(\frac{Z_{vot}}{Z_{cct}}\right)$$

7.10. Determinazione dei parametri sulle linee in media e alta tensione

- Corrente di corto circuito monofase a terra massima, $I_{k1ftmax}$ (in kA);

Se si conoscono si possono aggiungere anche le correnti:

- Corrente di corto circuito trifase minima, I_{kmin} (in kA);
- Corrente di corto circuito monofase a terra minima, $I_{k1ftmin}$ (in kA);

Dai dati si ricavano le impedenze equivalenti della rete di fornitura per determinare il generatore equivalente di tensione.

$$Z_{ccmt} = \frac{1,1 \cdot V_{mt}}{\sqrt{3} \cdot I_{k \max}} \cdot 1000$$

da cui si ricavano le componenti dirette:

$$\cos \varphi_{ccmt} = \sqrt{1 - (0,995)^2}$$

$$X_{dl} = 0,995 \cdot Z_{ccmt}$$

$$R_{dl} = \cos \varphi_{ccmt} \cdot Z_{ccmt}$$

e le componenti omopolari:

$$R_0 = \frac{\sqrt{3} \cdot 1,1 \cdot V_{mt}}{I_{k1ft \max}} \cdot 1000 \cdot \cos \varphi_{ccmt} - (2 \cdot R_{dl})$$

$$X_0 = R_0 \cdot \sqrt{\frac{1}{(\cos \varphi_{ccmt})^2} - 1}$$

7.11. Calcolo dei guasti

Con il calcolo dei guasti vengono determinate le correnti di cortocircuito minime e massime immediatamente a valle della protezione dell'utenza (inizio linea) e a valle dell'utenza (fondo linea).

Le condizioni in cui vengono determinate sono:

- guasto bifase (disimmetrico);
- guasto bifase-neutro (disimmetrico);
- guasto bifase-terra (disimmetrico);
- guasto fase terra (disimmetrico);
- guasto fase neutro (disimmetrico).

I parametri alle sequenze di ogni utenza vengono inizializzati da quelli corrispondenti dall'utenza a monte che, a loro volta, inizializzano i parametri della linea a valle.

Calcolo delle correnti massime di cortocircuito

Il calcolo è condotto nelle seguenti condizioni:

- a) tensione di alimentazione nominale valutata con fattore di tensione C_{max} ;
- b) impedenza di guasto minima, calcolata alla temperatura di 20°C.

La resistenza diretta, del conduttore di fase e di quello di protezione, viene riportata a 20 °C, partendo dalla resistenza data dalle tabelle UNEL 35023-2009 che può essere riferita a 70 o 90 °C a seconda dell'isolante, per cui esprimendola in mΩ risulta:

$$R_{dcavo} = \frac{R_{cavo}}{1000} \cdot \frac{L_{cavo}}{1000} \cdot \left(\frac{1}{1 + (\Delta T \cdot 0.004)} \right)$$

dove DT è 50 o 70 °C.

Nota poi dalle stesse tabelle la reattanza a 50 Hz, se f è la frequenza d'esercizio, risulta:

$$X_{dcavo} = \frac{X_{cavo}}{1000} \cdot \frac{L_{cavo}}{1000} \cdot \frac{f}{50}$$

possiamo sommare queste ai parametri diretti della utenza a monte ottenendo così la impedenza di guasto minima a fine utenza.

Per le utenze in condotto in sbarre, le componenti della sequenza diretta sono:

$$R_{dsbarra} = \frac{R_{sbarra}}{1000} \cdot \frac{L_{sbarra}}{1000}$$

$$X_{dsbarra} = \frac{X_{sbarra}}{1000} \cdot \frac{L_{sbarra}}{1000} \cdot \frac{f}{50}$$

Per le utenze con impedenza nota, le componenti della sequenza diretta sono i valori stessi di resistenza e reattanza dell'impedenza.

Per quanto riguarda i parametri alla sequenza omopolare, occorre distinguere tra conduttore di neutro e conduttore di protezione.

Per il conduttore di neutro si ottengono da quelli diretti tramite le:

$$R_{0cavoNeutro} = R_{dcavo} + 3 \cdot R_{dcavoNeutro}$$

$$X_{0cavoNeutro} = 3 \cdot X_{dcavo}$$

Per il conduttore di protezione, invece, si ottiene:

$$R_{0cavoPE} = R_{dcavo} + 3 \cdot R_{dcavoPE}$$

$$X_{0cavoPE} = 3 \cdot X_{dcavo}$$

dove le resistenze $R_{dcavoNeutro}$ e $R_{dcavoPE}$ vengono calcolate come la R_{dcavo} .

Per le utenze in condotto in sbarre, le componenti della sequenza omopolare sono distinte tra conduttore di neutro e conduttore di protezione.

$$R_{0sbarraNeutro} = R_{dsbarra} + 3 \cdot R_{dsbarraNeutro}$$

$$X_{0sbarraNeutro} = 3 \cdot X_{dsbarra}$$

Per il conduttore di protezione viene utilizzato il parametro di reattanza dell'anello di guasto fornito dai costruttori:

$$R_{0sbarraPE} = R_{dsbarra} + 3 \cdot R_{dsbarraPE}$$

$$X_{0sbarraPE} = 2 \cdot X_{anello_guasto}$$

I parametri di ogni utenza vengono sommati con i parametri, alla stessa sequenza, della utenza a monte, espressi in mW:

$$R_d = R_{dcavo} + R_{dmonte}$$

$$X_d = X_{dcavo} + X_{dmonte}$$

$$R_{0Neutro} = R_{0cavoNeutro} + R_{0monteNeutro}$$

$$X_{0Neutro} = X_{0cavoNeutro} + X_{0monteNeutro}$$

$$R_{0PE} = R_{0cavoPE} + R_{0montePE}$$

$$X_{0PE} = X_{0cavoPE} + X_{0montePE}$$

Per le utenze in condotto in sbarre basta sostituire *sbarra* a *cavo*.

$$Z_{k \min} = \sqrt{R_d^2 + X_d^2}$$

Fase neutro (se il neutro è distribuito):

$$Z_{k1Neutr\,omin} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{(2 \cdot R_d + R_{0Neuro})^2 + (2 \cdot X_d + X_{0Neuro})^2}$$

Fase terra:

$$Z_{k1PE\,min} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{(2 \cdot R_d + R_{0PE})^2 + (2 \cdot X_d + X_{0PE})^2}$$

Da queste si ricavano le correnti di cortocircuito trifase $I_{k\,max}$, fase neutro $I_{k1Neutr\,omax}$, fase terra $I_{k1PE\,max}$ e bifase $I_{k2\,max}$ espresse in kA:

$$\begin{aligned} I_{k\,max} &= \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k\,min}} \\ I_{k1Neutr\,omax} &= \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1Neutr\,omin}} \\ I_{k1PE\,max} &= \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1PE\,min}} \\ I_{k2\,max} &= \frac{V_n}{2 \cdot Z_{k\,min}} \end{aligned}$$

Infine dai valori delle correnti massime di guasto si ricavano i valori di cresta delle correnti (CEI 11-25 par. 9.1.1.):

$$I_p = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k\,max}$$

$$I_{p1Neuro} = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k1Neutr\,omax}$$

$$I_{p1PE} = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k1PE\,max}$$

$$I_{p2} = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k2\,max}$$

$$\kappa \approx 1.02 + 0.98 \cdot e^{-3 \cdot \frac{R_d}{X_d}}$$

Il calcolo delle correnti di cortocircuito minime viene condotto come descritto nella norma CEI 11.25 par 2.5 per quanto riguarda:

- in media e alta tensione il fattore è pari a 1;
- guasti permanenti con contributo della fornitura e dei generatori in regime di guasto permanente.

Per la temperatura dei conduttori si può scegliere tra:

- il rapporto Cenelec R064-003, per cui vengono determinate le resistenze alla temperatura limite dell'isolante in servizio ordinario del cavo;
- la norma CEI EN 60909-0, che indica le temperature alla fine del guasto.

Le temperature sono riportate in relazione al tipo di isolamento del cavo, precisamente:

Isolante	Cenelec R064-003 [°C]	CEI EN 60909-0 [°C]
PVC	70	160
G	85	200
G5/G7/G10/EPR	90	250
HEPR	120	250
serie L rivestito	70	160
serie L nudo	105	160
serie H rivestito	70	160
serie H nudo	105	160

Da queste è possibile calcolare le resistenze alla sequenza diretta e omopolare alla temperatura relativa all'isolamento del cavo:

$$R_{d\max} = R_d \cdot (1 + 0.004 \cdot (T_{\max} - 20))$$

$$R_{0Neutro} = R_{0Neutro} \cdot (1 + 0.004 \cdot (T_{\max} - 20))$$

$$R_{0PE} = R_{0PE} \cdot (1 + 0.004 \cdot (T_{\max} - 20))$$

Queste, sommate alle resistenze a monte, danno le resistenze minime.

Valutate le impedenze mediante le stesse espressioni delle impedenze di guasto massime, si possono calcolare le correnti di cortocircuito trifase I_{k1min} e fase terra, espresse in kA:

$$I_{k\min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k\max}}$$

$$I_{k1Neutr\min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1Neutr\max}}$$

$$I_{k1PE\min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1PE\max}}$$

$$I_{k2\min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{2 \cdot Z_{k\max}}$$

7.12. Scelta delle protezioni

La scelta delle protezioni viene effettuata verificando le caratteristiche elettriche nominali delle condutture ed i valori di guasto; in particolare le grandezze che vengono verificate sono:

- corrente nominale, secondo cui si è dimensionata la conduttura;

- numero poli;
- tipo di protezione;
- tensione di impiego, pari alla tensione nominale dell'utenza;
- potere di interruzione, il cui valore dovrà essere superiore alla massima corrente di guasto a monte dell'utenza $I_{km\ max}$;
- taratura della corrente di intervento magnetico, il cui valore massimo per garantire la protezione contro i contatti indiretti (in assenza di differenziale) deve essere minore della minima corrente di guasto alla fine della linea ($I_{mag\ max}$).

7.12.1. Verifica della protezione a cortocircuito delle condutture

Secondo la norma 64-8 par.434.3 "Caratteristiche dei dispositivi di protezione contro i cortocircuiti.", le caratteristiche delle apparecchiature di protezione contro i cortocircuiti devono soddisfare a due condizioni:

- il potere di interruzione non deve essere inferiore alla corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione (a meno di protezioni adeguate a monte);
- la caratteristica di intervento deve essere tale da impedire che la temperatura del cavo non oltrepassi, in condizioni di guasto in un punto qualsiasi, la massima consentita.

La prima condizione viene considerata in fase di scelta delle protezioni. La seconda invece può essere tradotta nella relazione:

$$I^2 \cdot t \leq K^2 S^2$$

ossia in caso di guasto l'energia specifica sopportabile dal cavo deve essere maggiore o uguale a quella lasciata passare dalla protezione.

La norma CEI al par. 533.3 "Scelta dei dispositivi di protezioni contro i cortocircuiti" prevede pertanto un confronto tra le correnti di guasto minima (a fondo linea) e massima (inizio linea) con i punti di intersezione tra le curve. Le condizioni sono pertanto:

- a) Le intersezioni sono due:
 - $I_{ccmin}^3 I_{inters\ min}$ (quest'ultima riportata nella norma come I_a);
 - $I_{ccmax}^3 I_{inters\ max}$ (quest'ultima riportata nella norma come I_b).
- b) L'intersezione è unica o la protezione è costituita da un fusibile:
 - $I_{ccmin}^3 I_{inters\ min}$.
- c) L'intersezione è unica e la protezione comprende un magnetotermico:
 - $I_{cc\ max}^3 I_{inters\ max}$.

Sono pertanto verificate le relazioni in corrispondenza del guasto, calcolato, minimo e massimo. Nel caso in cui le correnti di guasto escano dai limiti di esistenza della curva della protezione il controllo non viene eseguito.

Note:

- La rappresentazione della curva del cavo è una iperbole con asintoti $K^2 S^2$ e I_z dello stesso.
- La verifica della protezione a cortocircuito eseguita dal programma consiste in una verifica qualitativa, in quanto le curve vengono inserite riprendendo i dati dai grafici di catalogo e non direttamente da dati di prova; la precisione con cui vengono rappresentate è relativa.

7.12.2. Verifica di selettività

È verificata la selettività tra protezioni mediante la sovrapposizione delle curve di intervento. I dati forniti dalla sovrapposizione, oltre al grafico sono:

- Corrente I_a di intervento in corrispondenza ai massimi tempi di interruzione previsti dalla CEI 64-8: pertanto viene sempre data la corrente ai 5s (valido per le utenze di distribuzione o terminali fisse) e la corrente ad un tempo determinato tramite la tabella 41A della CEI 64.8 par 413.1.3. Fornendo una fascia di intervento delimitata da una caratteristica limite superiore e una caratteristica limite inferiore, il tempo di intervento viene dato in corrispondenza alla caratteristica limite inferiore. Tali dati sono forniti per la protezione a monte e per quella a valle;
- Tempo di intervento in corrispondenza della minima corrente di guasto alla fine dell'utenza a valle: minimo per la protezione a monte (determinato sulla caratteristica limite inferiore) e massimo per la protezione a valle (determinato sulla caratteristica limite superiore);
- Rapporto tra le correnti di intervento magnetico: delle protezioni;
- Corrente al limite di selettività: ossia il valore della corrente in corrispondenza all'intersezione tra la caratteristica limite superiore della protezione a valle e la caratteristica limite inferiore della protezione a monte (CEI 23.3 par 2.5.14).
- Selettività: viene indicato se la caratteristica della protezione a monte si colloca sopra alla caratteristica della protezione a valle (totale) o solo parzialmente (parziale a sovraccarico se l'intersezione tra le curve si ha nel tratto termico).
- Selettività cronometrica: con essa viene indicata la differenza tra i tempi di intervento delle protezioni in corrispondenza delle correnti di cortocircuito in cui è verificata.

Nelle valutazioni si deve tenere conto delle tolleranze sulle caratteristiche date dai costruttori.

Quando possibile, alla selettività grafica viene affiancata la selettività tabellare tramite i valori forniti dalle case costruttrici. I valori forniti corrispondono ai limiti di selettività in A relativi ad una coppia di protezioni poste una a monte dell'altra. La corrente di guasto minima a valle deve risultare inferiore a tale parametro per garantire la selettività.

7.13. Impianto di terra

7.13.1. Impianto di terra SSE 380/150/36 kV

I dati principali di riferimento per il dimensionamento dell'impianto sono i seguenti:

- a) I_g (corrente di guasto monofase a terra): 31,5 kA - ipotesi cautelativa visto il valore di massima corrente di corto circuito trifase per la vicina stazione RTN di Troia (sezione a 150 kV), pari a 7,71 kA;
- b) C_g : 1 - tale valore tiene conto della parte di corrente che ritorna attraverso gli altri dispersori di produzione e di impianti elettrici in aree prossime;
- c) I_t : $I_g \times C_g$: 31,5 kA – corrente di guasto effettivamente dispersa;
- d) T_f : 0,5 sec – durata dell'evento di guasto;
- e) ρ : 50 Ω m – valore ipotizzato per la resistività elettrica del terreno in oggetto, costituito da *“depositi di argille siltose caratterizzate da un generale aumento della compattezza con la profondità”*, come riportato dalle analisi geologiche preliminari;

Il dispersore sarà collegato alle masse metalliche esterne ed ai collettori equipotenziali previsti all'interno dell'edificio.

7.13.1.1. Dati geometrici e scelte progettuali dell'impianto di terra

Il progetto tiene conto delle Norme CEI EN 50522, CEI EN 61936-1 e al testo unico sulla sicurezza di cui al D.Lgs 81/08 e s.m.i.

Al dispersore dovranno essere collegate tutte le parti metalliche (quali, ad esempio, le masse, le masse estranee e particolari punti dei sistemi elettrici) per le quali è prescritto dalle relative norme il collegamento a terra o che si ritenesse comunque opportuno mettere a terra. Tutte le strutture metalliche di sostegno delle apparecchiature AT, portali di amarro, e tutte le masse metalliche che possono costituire probabile elettrodo di eventuali archi fra le parti AT in tensione e massa saranno connesse alla maglia di terra della stazione con almeno due collegamenti corda di rame nuda da 125 mm² su due diversi lati di maglia stessa.

Il dispersore di terra è costituito essenzialmente da una maglia di conduttori in corda di rame nuda \varnothing 10,5 mm (sez. 63 mm²) posati a quota - 0,8 minimo dal piano di calpestio finito; le reti di terra di SSE RTN e SSE 150/36 kV sono considerate un'unica area equipotenziale di forma rettangolare, avente i seguenti parametri caratteristici:

- Lato medio di magliatura - l : \approx 5 m
- Profondità di posa della maglia - h : 0,8 m
- Area coperta dalla griglia - A : \approx 46000 m²
- Angoli interni del quadrilatero - α : $<$ 90°
- Sviluppo totale del conduttore interrato - L : \approx 15000 m
- Conduttore maglia disperdente in rame nudo - Φ_m : 10,5 mm
- Conduttore derivazioni in rame nudo - Φ_d : 14,7 mm

Il conduttore di terra sarà posato su terreno con resistività ipotizzata pari a 50 $\Omega \cdot m$, alla profondità di 0,8 m minimo dal piano 0,00 di riferimento della SSE; il manto superiore dei piazzali sarà costituito da uno strato di circa 15/20 cm di ghiaia avente resistività di 3000 $\Omega \cdot m$ oppure da 10 cm di asfalto o conglomerato cementizio, materiali aventi una resistività \geq 4000 $\Omega \cdot m$, sulle superfici di transito automezzi.

Come scelta progettuale si è anche tenuto conto (cautelativamente) che le armature di tutte le opere in c.a. all'interno della stazione elettrica siano disconnesse dalla maglia di terra principale.

Nei punti sottoposti ad un maggiore gradiente di potenziale le dimensioni delle maglie saranno opportunamente infittite, come pure saranno infittite le maglie nella zona apparecchiature per limitare i problemi di compatibilità elettromagnetica. Al fine di contenere i gradienti in prossimità dei bordi dell'impianto di terra, le maglie periferiche presenteranno dimensioni opportunamente ridotte e bordi arrotondati.

Le modalità di giunzione dovranno essere particolarmente curate al fine di evitare indesiderati fenomeni di corrosione; in particolare dovranno essere curate le giunzioni acciaio - rame con capicorda stagnati.

7.13.1.2. Valutazione della corrente di terra

La corrente di guasto a terra da considerare per la verifica di dimensionamento del nuovo dispersore di terra è la massima corrente che, in relazione al tipo di esercizio della rete elettrica, l'impianto può essere chiamato a disperdere.

La corrente di corto circuito omopolare nell'impianto è quella richiamata nei dati di riferimento di cui al punto c) del par.6. Questi valori dovranno essere verificati ed adeguati eventualmente a seguito della comunicazione ufficiale degli stessi da parte del distributore.

7.13.1.3. Tempo di eliminazione del guasto

Il guasto a terra si ritiene venga eliminato per quanto riguarda il sistema 150 kV dalle apparecchiature di protezione e di interruzione della porzione di circuito interessata dal guasto stesso.

L'intervento delle apparecchiature di protezione e interruzione delle linee 150 KV si ritiene predisposto per l'eliminazione entro 0,5 secondi in assenza della richiusura.

Questi valori dovranno essere verificati ed adeguati eventualmente a seguito della comunicazione ufficiale degli stessi da parte del distributore.

7.13.1.4. Verifica di massima del dimensionamento

Per la valutazione del dimensionamento della rete di terra e per la verifica dei limiti normativi si impiegano le seguenti formule descritte nella guida IEEE Std 80-2000:

La resistenza di terra della griglia è data da:

$$R_G = \rho * \left[\frac{1}{L} * \frac{1}{\sqrt{20 * A}} * \left(1 + \frac{1}{1 + h * \sqrt{\frac{20}{A}}} \right) \right]$$

La tensione totale di terra è:

$$V_T = R_G * I_G$$

Il numero effettivo di conduttori paralleli

$$n = n_a + n_b + n_c + n_d$$

$$n_a = 2 * \frac{L}{P}$$

$$n_b = \sqrt{\frac{L_P}{4 * \sqrt{A}}}$$

Considerando che la griglia sia di forma rettangolare risulta $n_c=1$ e $n_d=1$

I fattori k_i tengono conto della geometria della maglia e sono dati da:

$$k_i = 0.644 + 0.148 * n$$

Per una maglia di terra senza dispersori verticali lungo la periferia:

$$k_{ii} = \frac{1}{(2 * n)^{\frac{2}{n}}}$$

Il fattore correttivo k_h tiene conto della profondità della maglia e risulta:

$$k_h = \sqrt{1 + h}$$

Il fattore geometrico k_m è:

$$k_m = \frac{1}{2 * \pi} * \left\{ \ln * \left[\frac{l^2}{16 * h * \emptyset} + \frac{(l + 2 * h)^2}{8 * l * \emptyset} - \frac{h}{4 * \emptyset} \right] + \frac{k_{ii}}{k_h} * \ln \left[\frac{8}{\pi * (2 * n - 1)} \right] \right\}$$

La tensione di contatto massima all'interno delle maglie della griglia è data da:

$$E_m = \frac{\rho * I * k_m * k_i}{L}$$

Si suppone che la tensione di passo massima E_p sia massima lungo la diagonale a partire dall'angolo più estremo della maglia (a distanza di 1 m).

La tensione di passo risulta da:

$$E_p = \frac{\rho * I * k_p * k_i}{0.75 * L}$$

Il fattore di correzione k_p è dato da:

$$k_p = \frac{1}{\pi} * \left[\frac{1}{2 * h} + \frac{1}{l + h} + \frac{1}{l} * (1 - 0,5^{(n-2)}) \right]$$

Applicando alle medesime formule i corrispondenti valori numerici si ottengono i seguenti risultati:

$R_G = 0.279 \Omega$ - $V_T = 5586 V$ - $n = 21.79$ - $k_i = 3.868$ - $k_{ii} = 0.707$ - $k_h = 1.3416$ - $k_m = 0.610$ - $k_p = 0.318$

La tensione di contatto massima all'interno della maglia risulta: $E_m = 940 V$

La tensione di passo massima risulta: $E_p = 662 V$

L'andamento del potenziale nella periferia esterna all'anello perimetrale della maglia di terra può essere valutato con la formula:

$$Pot(x) = V_T * \frac{2}{\pi} * a * \sin\left(\frac{\sqrt{A}}{2 * x + \sqrt{A}}\right) * V$$

ed è rappresentato nelle successive figure, dove x è la distanza dall'anello perimetrale della maglia di terra.

7.13.1.5. Condizioni per il rispetto delle tensioni di contatto ammissibili

Secondo la norma CEI EN 50500, essendo l'accesso alla stazione limitato alle persone autorizzate, per il calcolo della tensione di contatto ammissibile possono essere prese in considerazione le resistenze addizionali.

Considerando lo strato superficiale di ghiaia avente resistività $\rho_s = 3000 \Omega \cdot m$, si può considerare una resistenza addizionale di:

$R_a = 1.5 \cdot \rho_s = 4500 \Omega$ (secondo CEI EN 50522 allegato C)

L'impedenza totale del corpo vale $Z_b = 1400 \Omega$ (CEI EN 50522) e la tensione di contatto ammissibile senza resistenze addizionali U_{Tp} vale 240V (vedere figura successiva per $t = 0.5 s$, tratta da CEI EN 50522).

La tensione di contatto ammissibile nelle condizioni considerate risulta quindi:

$$U_{STp} = U_{Tp} * \left(1 + \frac{R_a}{Z_b}\right) = 240 * \left(1 + \frac{4500}{1400}\right) = 1011V$$

I seguenti valori di tensione:

di contatto $E_m = 940 V$ e di passo $E_p = 662 V$

calcolate nel paragrafo 9, risultano quindi inferiori alla tensione di contatto (U_{STp}) ammessa dalle norme CEI EN 50522. L'uso di calzature all'interno del recinto da maggiori garanzie a questo riguardo.

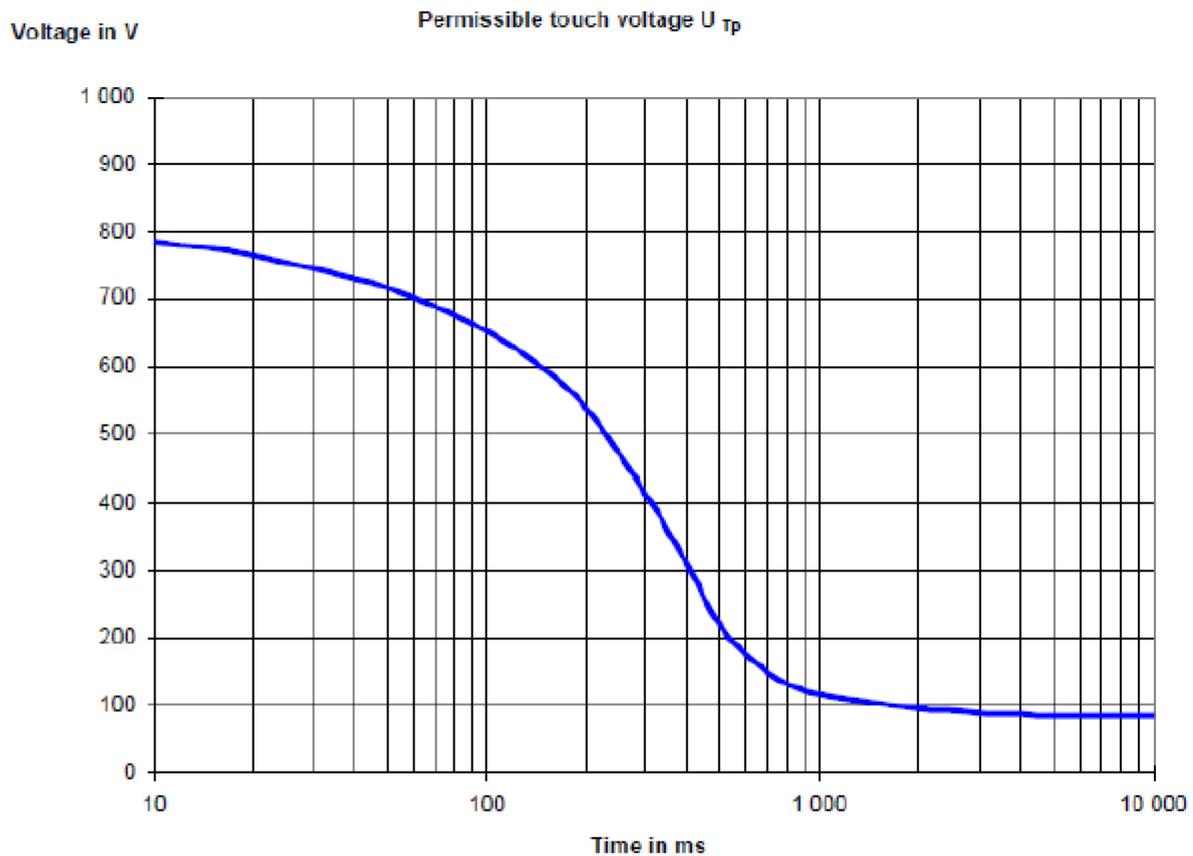


Figura 7 – Tensioni d contatto ammissibili per correnti di durata limitata (norma CEI EN 50522, fig.9.1)

7.13.1.6. Verifica sezione conduttori di terra e dispersori

La sezione minima dei conduttori che devono portare la totale corrente di guasto risulta, anche nel caso di una sola via:

$$A = \frac{I}{K} * \sqrt{\frac{t}{\ln * \frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta}}}$$

ove per il rame:

$K = 226 \text{ A mm}^{-2} \text{ s}^{1/2}$ (per una temperatura iniziale di 20°C , secondo CEI EN 50522 allegato B)

$\beta = 234.5 \text{ }^\circ\text{C}$ (per una temperatura iniziale di 20°C , secondo CEI EN 50522 allegato B)

$t = 0.5\text{s}$ è la durata in secondi della corrente di guasto

$\theta_i = 20^\circ\text{C}$

$\theta_f = 400^\circ\text{C}$ per la maglia di terra (secondo CEI 11.37 par. 12.7)

$\theta_f = 200^\circ\text{C}$ per i conduttori di terra (secondo CEI 11.26 tabella 6)

$I = 31.5 \text{ kA}$ corrente di guasto

Si ottiene quindi per i conduttori di terra: $A = 135 \text{ mm}^2$

Ciascuna struttura è collegata alla rete di terra con almeno due conduttori di terra; pertanto, si può assumere che la corrente si ripartisca al 50% nei due conduttori di terra. Quindi la sezione minima dei conduttori di terra è sufficiente abbia valore metà, ossia $67,5 \text{ mm}^2$ avendo ciascuna derivazione di collegamento alle apparecchiature almeno due vie.

Per la maglia di terra si ottiene: $A = 103 \text{ mm}^2$

Poiché ciascuna struttura è collegata alla rete di terra con almeno due conduttori di terra e ciascun conduttore di terra è collegato alla rete di terra con una connessione a "T" si può assumere che la corrente si ripartisca al 50 % nei due conduttori di terra e al 50 % nel conduttore costituente il dispersore. Quindi la sezione minima dei conduttori della maglia di terra è sufficiente abbia valore $1/4$, ossia $25,7 \text{ mm}^2$.

Le sezioni scelte per il conduttore della maglia disperdente (Cu \varnothing 10,5mm) pari a 63 mm^2 e per i collegamenti alle apparecchiature (Cu \varnothing 14,7) pari a 125 mm^2 sono superiori ai valori sopra calcolati e quindi la verifica è positiva.

7.13.1.7. Prescrizioni aggiuntive

Pur essendo rinviato alla campagna di misure delle tensioni di passo e contatto sull'area dell'intero impianto di terra delle stazioni in questione ed all'esterno di esse nelle immediate vicinanze delle recinzioni ogni valutazione di idoneità dell'impianto riguardante la sottostazione, si danno nel seguito alcune prescrizioni e indicazioni aggiuntive utili anche in caso di futuri incrementi della corrente di guasto a terra.

- Utilizzare per i profilati dei cunicoli e la loro copertura materiali isolanti come vetroresina e non utilizzare chiusini metallici nei pozzetti degli impianti elettrici e di displuvio acque meteoriche. Si possono utilizzare chiusini in ghisa solo nelle aree asfaltate.
- Utilizzare per il fabbricato infissi (porte e finestre) in materiali preferibilmente isolanti come il PVC o verniciati;
- Collegare a terra in più parti le passerelle e gli involucri metallici;
- Verificare la necessità di separare galvanicamente i collegamenti delle linee telefoniche che escono dalla cabina e dallo stabilimento;
- Interrompere la continuità metallica di eventuali tubazioni di acquedotti, metanodotti, profilati metallici di cunicoli qualora uscenti dalla maglia equipotenziale;
- Utilizzare recinzioni in materiale isolante;
- Per i cavi AT uscenti dalla SSE considerare la condizione di messa a terra degli schermi ai due estremi e la necessità di eventuali giunti di isolamento;
- Collegare al dispersore principale i ferri d'armatura dei conglomerati cementizi degli edifici; per eseguire una buona continuità elettrica i ferri devono essere accuratamente legati fra loro secondo le regole dell'arte edile ed eseguire di tanto in tanto qualche saldatura in modo particolare fra i ferri delle strutture orizzontali (platee, travi, solette, coperture, ecc.) ed i ferri delle strutture verticali;
- Valutare gli interventi necessari per la presenza di cancelli di ingresso in prossimità del bordo esterno della maglia disperdente in particolare se comandato elettricamente e completo di aprì porta, videocitofono, illuminazione, ecc.
- Qualora lungo il perimetro esterno del dispersore (nelle aree prossima alla nuova recinzione da realizzare) la tensione di passo e di contatto supera il valore ammissibile indicato dalla normativa si dovrà procedere all'apposizione di nuovi picchetti disperdenti della dimensione minima di ml 1,5 e posti in corrispondenza dei nodi di maglia nel numero di uno ogni 20 ml di recinzione;
- Valutazione di eventuali influenze tra le reti di terra della SSE TERNA e quella di Enel Distribuzione.

7.13.2. Impianto di terra impianto fotovoltaico

Il sistema elettrico dell'impianto è da considerarsi come un sistema in cui il neutro è esercito secondo la tipologia TN, in quanto l'impianto di terra è unico tra alta tensione e bassa tensione e, inoltre, ad esso è collegato il neutro di quest'ultima (Norma CEI 64-8).

In tale tipo di sistema, l'impianto utilizzatore deve avere un impianto di terra unico, a cui vanno collegate sia le messe a terra di protezione che quelle di funzionamento dei circuiti e degli apparecchi utilizzatori, oltre che

i limitatori di tensione dell'impianto e i sistemi di protezione contro le scariche atmosferiche e contro l'accumulo di cariche elettrostatiche.

In relazione alla norma CEI 99-2 in vigore, relativa agli impianti utilizzatori a tensione nominale maggiore di 1000 V dotati di propria cabina di trasformazione, il valore della resistenza dell'impianto di terra deve essere tale che non si verifichino tensioni di contatto e di passo pericolose per le persone. Ovvero deve essere tale da disperdere la corrente di guasto a terra in media tensione.

La corrente di guasto monofase a terra è la massima corrente che fluisce verso terra in occasione di un guasto su sistema con tensione di esercizio superiore a 1000 V. Nel dimensionamento della rete di terra si è fatto riferimento alla norma CEI99-3, considerando la *corrente convenzionale di guasto a terra* I_{FC} pari alla corrente I_E .

Imponendo che la tensione di terra non superi quella di contatto ammissibile U_{TP} in corrispondenza del tempo di eliminazione del guasto T_f , otteniamo il valore limite della resistenza di terra che il dispersore non deve superare:

$$R_E \leq \frac{U_{TP}}{I_F}$$

7.14. Protezione dai contatti diretti

I sistemi di protezione previsti sono l'isolamento delle parti attive e l'uso di involucri con grado di protezione contro il contatto diretto non inferiore a IP2XD.

Per la sezione in media tensione l'accesso alle parti in tensione è impedito dai blocchi a chiave di cui sono dotate le celle contenenti le varie apparecchiature.

I locali in cui sono posti i trasformatori AT/bt e il trasformatore per l'alimentazione dei servizi ausiliari sono separati dai locali inverter e quadri mediante pannelli coibentati. L'accesso a tali locali è inibito da un apposito interblocco a chiave inanellato/coordinato con il sezionatore di terra del quadro di media tensione.

Per i circuiti delle prese di servizio e dell'illuminamento dei locali tecnici è stata prevista una protezione aggiuntiva mediante interruttore differenziale ad alta sensibilità (30 mA).

7.15. Protezione dai contatti indiretti

La protezione contro i contatti indiretti viene realizzata mediante l'interruzione del circuito di guasto, e di conseguenza l'estinzione delle correnti di guasto, mediante interruttori differenziali e di massima corrente secondo la relazione:

$$Z_S * I_a = U_0$$

Dove:

- Z_S è l'impedenza dell'anello di guasto (le correnti di guasto si richiudono tramite i conduttori di protezione senza interessare il dispersore di terra);
- U_0 è il valore efficace della tensione di fase;
- I_a è la corrente di intervento che può essere la corrente differenziale nominale per gli interruttori differenziali o la corrente che provoca l'apertura automatica del dispositivo di protezione entro il tempo prestabilito per gli interruttori di massima corrente e fusibili.

8. Progetto di impianto e scelta dei componenti elettrici

8.1. Stazione elettrica di trasformazione utente AAT/AT

Le principali caratteristiche del sistema elettrico relativo alla SSE sono le seguenti:

- Frequenza nominale: 50 Hz;
- Tensione nominale del sistema AA.T.: 380/150 kV;
- Stato del neutro del sistema AA.T.: franco a terra;
- Corrente nominale di guasto a terra del sistema AA.T.: 31,5 kA;
- Durata del guasto a terra del sistema A.T.: 650 ms;
- Tensione nominale del sistema A.T.: 36 kV;
- Tensione massima del sistema A.T.: 45 kV;
- Stato del neutro del sistema A.T.: isolato;
- Corrente nominale di guasto a terra del sistema A.T.: 60,6 A;
- Durata del guasto a terra del sistema A.T.: 0,5 s.

In accordo con la norma CEI 11-1 le parti attive della sezione A.T. della Sottostazione elettrica rispetteranno le seguenti distanze:

- Distanza tra le fasi per le sbarre e le apparecchiature: 2,2 – 5,5 m;
- Altezza minima dei conduttori: 4,5 - 7 m;
- Corrente nominale di cortocircuito delle sbarre: 31,5 kA.

Il dimensionamento geometrico degli impianti, ai fini dell'esercizio e della manutenzione, risponde ai requisiti dettati dalla Norma CEI 99-2 "Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata" e dalla Specifica ING STAZ RTN 01 e s.m.i. di TERNA S.p.A.. Esso in particolare garantisce:

- la possibilità di circolazione delle persone in condizioni di sicurezza su tutta la superficie della Sottostazione;
- la possibilità di circolazione dei mezzi meccanici per le attività di manutenzione ordinaria e straordinaria, grazie alla viabilità ed alle aree di manovra presenti nell'area interna come riportato nell'apposito elaborato;

Per l'alloggiamento delle apparecchiature di protezione e controllo, per i quadri dei servizi ausiliari di Sottostazione, per le telecomunicazioni e i quadri di sezionamento delle linee A.T., è prevista la realizzazione di un edificio adibito ad ospitare i vari locali tecnici, posizionato all'interno della SSE Utente.

La parte A.A.T. a 150 kV della Sottostazione prevede:

- n. 1 modulo arrivo linea in cavo isolato in aria a 170 kV;
- n. 1 trasformatore 150/36 kV da 250 MVA – YNd11 ONAN/ONAF;
- n. 6 scaricatori di sovratensione a 150 kV per livello di isolamento 750 kV;
- n. 6 Trasformatori di tensione induttivi 150 kV
- n. 3 Trasformatori di corrente a 150 kV;
- n. 1 sezionatori tripolari orizzontali a 170 kV con lame di messa a terra;
- n.1 interruttore tripolare per esterno 150 kV in SF6-2000 A, 31,5 kA equipaggiato con comandi unipolari.

SEZIONATORI

I sezionatori saranno conformi alla Specifica RQUPSEAT01 rev. 04 e s.m.i. di TERNA S.p.A..

In particolare i sezionatori, del tipo per installazione all'esterno, saranno provvisti sia di meccanismi di manovra a motore, sia manuali. I sezionatori saranno corredati da un armadio unico per i tre poli e saranno predisposti

per l'interfacciamento con il Sistema di Protezione e Controllo della Sottostazione (comandi, segnali e alimentazioni).

L'armadio dedicato all'interfacciamento con il Sistema di Comando e Controllo della Sottostazione conterrà un commutatore di scelta servizio che può assumere tre posizioni (Servizio/Prova/Manuale), che abilitano rispettivamente i comandi remoti, quelli locali (tramite i pulsanti di chiusura/apertura posti negli armadi di comando) e le operazioni manuali (tramite apposita manovella o leva di manovra).

Per i sezionatori combinati con sezionatori di terra, saranno previsti armadi separati per ciascun apparecchio. Tutti i comandi saranno condizionati da un consenso elettrico "liceità manovra" proveniente dall'esterno.

La manovra manuale sarà subordinata allo stato attivo di un Dispositivo Elettromeccanico di Consenso, attivo nella posizione "Manuale" del commutatore di scelta servizio, quando presente il consenso di "liceità manovra" proveniente dall'esterno.

I sezionatori combinati con sezionatori di terra saranno dotati di un dispositivo di interblocco meccanico diretto che consente la manovra del sezionatore di terra solo con sezionatore aperto e la manovra del sezionatore solo con sezionatore di terra aperto.

La rilevazione della posizione dei contatti principali dei sezionatori sarà fatta polo per polo per i sezionatori con comandi unipolari, mentre per quelli a comando tripolare sarà unica.

I sezionatori da installare saranno:

- n. 1 Sezionatore tripolare orizzontale con MAT Tipo : Y21/2 – 170 kV – 2000 A – 31,5 Ka – 56 kg/m3.

TRASFORMATORI DI CORRENTE – TA:

I trasformatori di corrente, del tipo per installazione all'esterno, saranno conformi alla Specifica INGTA00001 e s.m.i. di TERNA S.p.A.. In particolare i TA saranno, di norma, del tipo con isolamento in SF6. La medesima tipologia di TA sarà utilizzata sia per la protezione sia per le misure con la differenza che le apparecchiature per le misure di carattere fiscale saranno dedicate unicamente a questa funzione.

I trasformatori di corrente da installare saranno:

- n. 3 Trasformatori amperometrici Tipo: LY38/6-P 400-800-1600/5-5A 170 kV.

TRASFORMATORI DI TENSIONE INDUTTIVI – TVI:

I trasformatori di tensione di tipo induttivo, per installazione all'esterno, saranno conformi alla Specifica TINZPU0000Y244 e s.m.i. di TERNA S.p.A.. L'olio dielettrico contenuto al loro interno sarà del tipo biodegradabile e compatibile con l'ambiente.

Sul sostegno dei TVI sarà prevista un'apposita cassetta di interfacciamento con il Sistema di Protezione e Controllo della Sottostazione, contenente gli interruttori automatici preposti alla protezione degli avvolgimenti secondari.

I trasformatori di tensione induttivi da installare saranno:

- n. 6 Trasformatori di tensione induttivi Tipo : TVI 150 kV.

INTERRUTTORE 170 kV:

Gli interruttori saranno conformi alla Specifica INGINT0001 e s.m.i. di TERNA S.p.A.. In particolare gli interruttori, i cui comandi devono essere unipolari (linee), saranno dotati di:

- n. 1 circuito di chiusura a lancio di tensione tripolare;
- n. 2 circuiti di apertura a lancio di tensione unipolari, tra loro meccanicamente e elettricamente indipendenti;
- n. 1 circuito di apertura a mancanza di tensione (opzionale).

Il ciclo di operazioni nominali deve essere: O-0,3 s - CO-1 min - CO.

Saranno provvisti di blocco della chiusura e blocco della apertura o, in alternativa, l'apertura automatica con blocco in aperto, in funzione dei livelli delle grandezze controllate relative ai fluidi di manovra e d'interruzione.

La “massima non contemporaneità tra i poli in chiusura” sarà $\leq 5,0$ ms. La “massima non contemporaneità tra i poli in apertura” sarà $\leq 3,3$ ms. La “massima non contemporaneità tra gli elementi di uno stesso polo” sarà $\leq 2,5$ ms.

Gli interruttori saranno comandabili sia localmente (prova), sia a distanza (servizio), tramite commutatore di scelta del servizio a chiave (servizio e prova). I pulsanti di comando di chiusura/apertura locali (manovre tripolari) saranno posti all'interno dell'armadio di comando.

L'interruttore da installare sarà:

- n. 1 Interruttore : Y 3/4-P Comando unipolare 2000 A 170 kV 31,5 kA 80 kA.

SCARICATORI DI SOVRATENSIONE:

Gli scaricatori saranno conformi alla Specifica TSUPMOSA01 rev.00 e s.m.i. di TERNA S.p.A.. I dispositivi omopolari saranno posti a protezione del cavo di collegamento con lo stallo all'interno della Stazione Elettrica a protezione del trasformatore. I dispositivi dovranno essere efficacemente collegati all'impianto di terra di Stazione in almeno 2 punti con conduttore in corda di rame da 125 mm².

Gli scaricatori da installare saranno:

- n. 6 Scaricatori: Y 59 – 170 kV Corrente nominale scarica 10 kA.

SOSTEGNI PER APPARECCHIATURE A.T. E TERMINALI CAVI 380-150 kV:

I sostegni dei componenti e delle apparecchiature saranno conformi alle Specifiche di cui al Progetto Unificato TERNA. In particolare gli stessi saranno di tipo tubolare o di tipo tralicciato. Il tipo tubolare sarà utilizzato per la realizzazione dei sostegni delle apparecchiature A.T., delle Sbarre e degli isolatori per i collegamenti in A.T., mentre il tipo tralicciato sarà utilizzato per i sostegni di ingresso delle linee A.T..

I sostegni a portale saranno realizzati con strutture tralicciate formate da profilati aperti del tipo a “L” ed a “T”, collegati fra loro mediante giunzioni bullonate. I collegamenti saldati tra le diverse membrature saranno ridotti al minimo indispensabile. Non saranno realizzate aste mediante saldature di testa di due spezzoni.

I sostegni saranno completi di tutti gli accessori necessari e saranno predisposti per il loro collegamento alla rete di terra di stazione.

8.1.1. Impianto di terra

L'impianto di terra sarà costituito da una rete magliata di conduttori in corda di rame ed è dimensionato termicamente per la corrente di guasto prevista, per una durata di 0,5 s.

Il lato di maglia sarà scelto in modo da limitare le tensioni di passo e contatto a valori non pericolosi, secondo quanto previsto dalla norma CEI 11-1. Nei punti sottoposti ad un maggior gradiente di potenziale (TA, TV, angoli di Sottostazione) le dimensioni delle maglie saranno opportunamente ridotte.

In particolare, l'impianto sarà costituito mediamente da maglie aventi lato di 5 m salvo diverse esigenze e particolari realizzativi. Le apparecchiature e le strutture metalliche di sostegno saranno connesse all'impianto di terra mediante opportuni conduttori di rame, il cui numero varia da 2 a 4 in funzione della tipologia del componente connesso a terra.

Per non creare punti con forti gradienti di potenziale si è fatto in modo, per quanto possibile, che il conduttore periferico non presenti raggio di curvatura inferiore a 8 m.

Si precisa comunque che, ad opera ultimata, le tensioni di passo e di contatto saranno rilevate sperimentalmente.

La rete di terra sarà costituita da conduttori in corda di rame nudo di diametro 10,5 mm (sezione 63 mm²) interrati ad una profondità di 0,80 m, aventi le seguenti caratteristiche:

- buona resistenza alla corrosione per una grande varietà di terreni;
- comportamento meccanico adeguato;

- bassa resistività, anche a frequenze elevate;
- bassa resistenza di contatto nei collegamenti.

I conduttori di terra che collegano al dispersore le strutture metalliche, saranno in rame di sezione 125 mm² collegati a due lati di maglia. I TA, i TV ed i tralicci arrivo cavo saranno collegati alla rete di terra mediante quattro conduttori di rame sempre di sezione 125 mm², allo scopo di ridurre i disturbi elettromagnetici nelle apparecchiature di protezione e di controllo, specialmente in presenza di correnti ad alta frequenza.

I conduttori di rame saranno collegati tra loro con dei morsetti a compressione in rame. Il collegamento ai sostegni sarà realizzato mediante capicorda e bulloni.

La messa a terra degli edifici sarà realizzata mediante un anello perimetrale di corda di rame da 125 mm² dal quale partono le cime emergenti che saranno portate nei vari locali, come indicato nella Specifica TINSPUADS010000 e s.m.i. di TERNA S.p.A..

Alla rete di terra saranno collegati anche i ferri di armatura dell'edificio, delle fondazioni dei chioschi e dei cunicoli, quando questi saranno gettati in opera; il collegamento sarà effettuato mediante corda di rame da 63 mm² collegata ai ferri dell'armatura di fondazione per mezzo di saldatura alluminio-termica.

8.1.2. Trasformatori AAT/AT

Sarà installato un Trasformatore AA.T./A.T. 380/36 kV necessario per la trasformazione del livello di tensione di raccolta dell'energia dell'impianto agrivoltaico (36 kV) al livello di tensione della Stazione elettrica RTN (380 kV).

Tale trasformatore AA.T./A.T. sarà di taglia 250 MVA ONAN/ONAF e sarà conforme alle norme di prodotto richiamate nella Specifica RQUPTRAFO1 del 28/02/2003 e s.m.i. di TERNA S.p.A..

8.1.3. Vie cavi

I cunicoli per cavetteria saranno realizzati in calcestruzzo armato gettato in opera, oppure prefabbricati; le coperture in PRFV saranno carrabili con resistenza di 5000 daN.

Tali coperture saranno dimensionate per garantire le seguenti prestazioni:

- carico di rottura a flessione a 20°C con carico in mezzera e distanza tra gli appoggi di 500 mm >15.000 daN;
- freccia massima ≤ 5 mm con carico concentrato di 5000 daN in mezzera e distanza tra gli appoggi di 500 mm.

8.1.4. Tubazioni per cavi

Le tubazioni per cavi A.T. o B.T. saranno in PVC, serie pesante, rinfiancati con calcestruzzo. I percorsi per i collegamenti in Fibra Ottica saranno definiti in sede di progettazione esecutiva.

8.1.5. Pozzetti

Lungo le tubazioni ed in corrispondenza delle deviazioni di percorso, saranno inseriti i pozzetti ispezionabili di opportune dimensioni.

I pozzetti, realizzati in calcestruzzo armato gettato in opera, o prefabbricati, saranno con coperture in PRFV carrabili con resistenza di 5000 daN, aventi caratteristiche analoghe a quelle dei cunicoli.

8.1.6. Edificio

L'edificio integrato è stato adeguatamente dimensionato per contenere i quadri di comando e controllo della Sottostazione, gli apparati di teleoperazione e di teletrasmissione, le batterie, i quadri A.T. e B.T. in c.c. e c.a.

per l'alimentazione dei servizi ausiliari, i quadri per l'arrivo delle linee A.T. dall'impianto agrivoltaico. La costruzione potrà essere realizzata con manufatti prefabbricati o sarà di tipo tradizionale con struttura in calcestruzzo armato e tamponature in muratura di laterizio o materiale equivalente, rivestite con intonaco. La copertura a tetto piano sarà opportunamente coibentata ed impermeabilizzata.

L'edificio sarà su un unico piano ed è prevista la presenza di postazioni di lavoro per il personale preposto all'esercizio e manutenzione.

8.1.7. Servizi ausiliari

8.1.7.1. Caratteristiche generali

I Servizi Ausiliari (S.A.) sono tutti quegli impianti elettrici in A.T. e in B.T. in corrente alternata e corrente continua necessari per il corretto funzionamento dell'impianto A.T..

Conformemente a quanto previsto dal progetto standard TERNA, sarà utilizzata una soluzione impiantistica di tipo "ridotto", che prevede di accorpare utenze dello stesso tipo con conseguente riduzione dei pannelli dei quadri di distribuzione c.a. e c.c..

Per l'alimentazione dei S.A. di Sottostazione sarà prevista almeno una fonte principale in grado di alimentare tutte le utenze della Sottostazione, sia quelle necessarie al funzionamento che quelle accessorie. Sarà prevista inoltre una seconda alimentazione, detta alimentazione di emergenza, in grado di alimentare tutte le utenze. Un sistema di commutazione automatica posto sul quadro di distribuzione in c.a. provvederà ad inserire la fonte di alimentazione disponibile. In caso di mancanza dell'alimentazione principale, sarà inserita l'alimentazione di emergenza. Le principali utenze in corrente alternata dei S.A. saranno:

- apparecchiature A.T.:
- scaldiglie;
- quadri di controllo;
- sistema di protezione comando e controllo;
- quadri principali dei servizi generali degli edifici:
- impianti di illuminazione interna ed esterna;
- impianti prese Forza Motrice;
- illuminazione esterna;
- quadri principali dei servizi tecnologici:
- impianto telefonico;
- impianto antintrusione;
- automazione cancello;
- rilevazione incendi;
- riscaldamento e condizionamento.

Per l'alimentazione dei S.A. in corrente continua sarà previsto un doppio sistema di alimentazione raddrizzatore e batteria tampone.

In caso di mancanza della sorgente alternata, la capacità della batteria sarà tale da assicurare il corretto funzionamento dei circuiti alimentati per il tempo necessario affinché il personale di manutenzione possa intervenire, e comunque per un tempo non inferiore a 4 ore.

Le principali utenze in corrente continua saranno:

- sistema di protezioni elettriche dell'impianto A.T.;
- quadri del sistema di comando e controllo delle apparecchiature;
- quadri di misura;
- motori di manovra dei sezionatori;
- apparecchiature di diagnostica.

8.1.7.2. Collegamenti in cavo

Le caratteristiche tecniche, i materiali ed i metodi di prova relativi a tutti i cavi A.T. e i cavi B.T. per circuiti di potenza e controllo, cavi unipolari per cablaggi interni dei quadri, e per impianti luce e f.m. saranno rispondenti alle Norme CEI e tabelle CEI UNEL di riferimento.

I cavi per i collegamenti interni agli edifici saranno del tipo non propaganti l'incendio, secondo quanto indicato dalla Norma CEI 20-22, e a basso sviluppo di gas tossici e corrosivi, secondo quanto indicato dalla Norma CEI 20-37, mentre quelli per i collegamenti verso le apparecchiature esterne saranno solo del tipo non propaganti l'incendio. I cavi di comando e controllo saranno di tipo schermato, con lo schermo opportunamente collegato a terra.

Il dimensionamento dei sistemi di distribuzione in c.a. e c.c. sarà effettuato secondo la normativa vigente (in particolare la CEI 64-8), con riferimento alle caratteristiche dei carichi, alle condizioni di posa ed alle cadute di tensione ammesse.

8.1.7.3. Principali componenti dell'impianto ausiliario

Lo schema di alimentazione dei S.A. in c.a. prevede:

- n. 1 linea A.T. di alimentazione, allacciate ad una cabina primaria rialimentabile in 4 ore;
- n. 1 trasformatore A.T./B.T. da 100 kVA;
- n. 1 quadro A.T. del tipo protetto che fa capo a una linea di alimentazione ed un trasformatore A.T./B.T.;
- n.1 quadro con interruttore conforme alla norma CEI 0-16 e alla specifica ENEL DK5740;
- n. 1 gruppo elettrogeno (G.E.) conforme alla Specifica TINSPULV050100 e s.m.i. di TERNA S.p.A. con un'autonomia non inferiore a 10 ore e opportunamente dimensionato in funzione delle dimensioni dell'impianto e dei carichi delle apparecchiature e comunque non inferiore a 100 kW. Il G.E. sarà munito di serbatoio di servizio con capacità di 120 litri e di un serbatoio di stoccaggio con capacità definita in funzione delle caratteristiche del G.E. e comunque non inferiore a 3000 litri;
- n. 1 quadro B.T. ("M") di distribuzione conforme alla Specifica TINSPULV009300 e s.m.i. di TERNA S.p.A. opportunamente dimensionato, prevedendo gli adattamenti necessari alle effettive esigenze di impianto. Sarà costituito da due semiquadri le cui sbarre saranno collegabili fra loro tramite cavo e interruttori congiuntori, in modo da costituire elettricamente un'unica sbarra.

8.1.8. Sistema di protezione comando e controllo (SPCC)

8.1.8.1. Caratteristiche generali

Il sistema si basa su tecnologia a microprocessore programmabile, al fine di permettere il facile aggiornamento dei parametri, applicazioni ed espansioni degli elementi dell'architettura.

I componenti del sistema costituiscono i "moduli" che permettono di realizzare l'architettura necessaria per ogni tipo di intervento. Il sistema sarà finalizzato in particolar modo alle attività di acquisizione, esercizio e manutenzione degli impianti.

8.1.8.2. Descrizione del sistema

Il sistema di Comando Protezione e Controllo sarà composto da apparecchiature in tecnologia digitale, aventi l'obiettivo di integrare le funzioni di acquisizione dati, controllo locale e remoto, protezione ed automazione.

Il sistema si basa sulla seguente visione di architettura dell'automazione degli impianti:

- adozione di sistemi aperti con distribuzione delle funzioni;

- integrazione del controllo locale con quello remoto (teleconduzione);
- comunicazione paritetica tra gli apparati intelligenti digitali (IED - *Intelligent Electronic Device*);
- interoperabilità di apparati di costruttori diversi;
- interfaccia di operatore standard e comune alle diverse applicazioni;
- configurazione, controllo e gestione dei sistemi in modo centralizzato.

L'architettura del sistema si basa sulla logica distribuita delle funzioni in tempo reale per controllo, monitoraggio, conduzione e protezione della stazione, per mezzo di unità IED tipicamente a livello di stallo, unità controller/gateway di Sottostazione ed interfaccia operatore di tipo grafico, le cui principali peculiarità saranno:

- architettura modulare basata su standard "aperti" affermati a livello internazionale;
- flessibilità dell'architettura che permetta l'aggiornamento tecnologico del sistema ed i futuri sviluppi funzionali con integrazione di apparati IED di diversi fornitori;
- autodiagnosi dei componenti;
- massimo utilizzo di piattaforma HD e SW standard di mercato, modulari e scalabili;
- modellazione dei dati "*object oriented*" per la descrizione degli elementi d'impianto, ai fini dell'interoperabilità tra i processi interni al sistema e dell'integrazione delle informazioni in un database di Sottostazione;
- semplificazione dei cablaggi derivante dall'uso di comunicazioni digitali nell'area di Sottostazione.

8.1.8.3. Sala comando locale

La sala di comando locale consente di operare in autonomia per attuare manovre opportune in situazioni di emergenza. A tal proposito nella sala comando sarà prevista un'interfaccia HMI, che consente una visione schematica generale dell'impianto, nonché permette la manovrabilità delle apparecchiature. Inoltre presenta in maniera riassuntiva le informazioni relative alle principali anomalie e quelle relative alle grandezze elettriche quali: tensioni, frequenza di sbarra, correnti dei singoli stalli, ecc..

8.1.8.4. Teleconduzione e automatismo di impianto

L'automatismo di impianto e le interfacce con la postazione dell'operatore remoto saranno garantite per un'elevata efficienza della teleconduzione basata su:

- semplicità dei sistemi di automazione;
- omogeneità, nei diversi impianti telecondotti, dei dati scambiati con i Centri;
- numero delle misure ridotto a quelle indispensabili;
- ridondanza delle misure e segnalazioni (ove necessarie);
- affidabilità delle misure;
- possibilità di applicare contemporaneamente due modalità di conduzione (manuale/automatizzata);
- interblocchi che impediscano l'attuazione di comandi non compatibili con lo stato degli organi di manovra e di sezionamento.

9. Impiantistica elettrica

9.1. Sezione in corrente continua DC

9.1.1. Moduli fotovoltaici

I moduli fotovoltaici presi in esame in fase di progettazione sono:

- Casa costruttrice **Canadian Solar**
- Modello **TOPBiHiKu7 – modulo bifacciale con doppio vetro in silicio monocristallino**
- Serie **CS7N-690TB-AG**
- Potenza **690 W**

Non si esclude, in fase di realizzazione, la possibilità di utilizzare un modulo differente avente comunque medesime caratteristiche prestazionali o superiori.

I moduli sono costituiti da celle di silicio monocristallino squadrato collegate in serie ed assemblate mediante laminazione a caldo sottovuoto spinto.

La cornice è in alluminio anodizzato ed è provvista di fori per il fissaggio alla struttura di sostegno.

Il modulo è protetto da vetro sia sulla parte anteriore che sulla parte posteriore. Il vetro è temprato ad alta trasparenza; sia quello anteriore che posteriore hanno uno spessore di 2,0 mm ed hanno elevata resistenza a grandine e urti. La particolare caratteristica antiriflesso del vetro ottimizza il rendimento dei moduli anche per angoli di incidenza solare molto bassi.

Il modulo fotovoltaico utilizzato è ad altissima efficienza (fino al 26,7%), praticamente tra le più alte presenti sul mercato. Questo ha reso possibile l'utilizzo, a parità di potenza, di un'area avente superficie minore rispetto all'utilizzo di moduli a bassa efficienza.

Il modulo fotovoltaico si presenta di colore nero avente dimensioni fisiche pari a 2384x1303x33 mm.

Di seguito si riporta foto illustrativa e caratteristiche elettriche e meccaniche fornite dalla ditta costruttrice.

NEW

Preliminary Technical Information Sheet

CanadianSolar

TOPBiHiKu7
BIFACIAL TOPCON
665 W ~ 690 W
CS7N-665 | 670 | 675 | 680 | 685 | 690TB-AG

MORE POWER

FRONT BACK

DATI ELETTRICI (STC) (Standard Test Conditions)		
Potenza di picco P_{MAX}	Wp	690
Tolleranza sulla potenza di picco	W	0..+ 10W
Tensione di massima potenza V_{MPP}	V	39,6
Corrente di massima potenza I_{MPP}	A	17,43
Tensione di circuito aperto V_{OC}	V	47,5
Corrente di corto circuito I_{SC}	A	18,39
Efficienza del modulo η_M	%	22,2

Condizioni STC: Irraggiamento 1000 W/m², temperatura cella 25 °C, massa d'aria AM1.5, tolleranza di misura \pm 3%

DATI ELETTRICI Caratteristiche elettriche con irraggiamento sulla parte posterior del modulo		
Potenza di picco P_{MAX}	Wp	828
Tensione di massima potenza V_{MPP}	V	39,6
Corrente di massima potenza I_{MPP}	A	20,92
Tensione di circuito aperto V_{OC}	V	47,5
Corrente di corto circuito I_{SC}	A	22,07
Rapporto di irraggiamento	%	26,7

DATI ELETTRICI (NOCT) (Nominal Operating Cell Temperature)		
Potenza di picco P_{MAX}	Wp	521
Tensione di massima potenza V_{MPP}	V	37,4
Corrente di massima potenza I_{MPP}	A	13,94
Tensione di circuito aperto V_{OC}	V	44,9
Corrente di corto circuito I_{SC}	A	14,81

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

DATI MECCANICI		
Celle Solari		Silicio Monocristallino
Numero celle		132
Dimensioni del modulo	mm	2384x1303x33
Peso	kg	37,8
Vetro		2,0 mm temprato ad elevata trasparenza
Incapsulante		POE/EVA
Retro		Vetro - 2,0 mm temprato ad elevata trasparenza
Telaio		33 mm Lega Alluminio anodizzato
Scatola di giunzione		Classe di protezione IP68
Cavi		Cavi unipolari resistenti ai raggi UV sezione 4.0 mm ² lunghezza 460 mm
Connettore		MC4 EV02 o T6

COEFFICIENTI DI TEMPERATURA		
NOCT		41 °C (\pm 3)
Coefficiente di temperatura di I_{SC}	%/°C	0,04
Coefficiente di temperatura di V_{OC}	%/°C	- 0,26
Coefficiente di temperatura di P_{MAX}	%/°C	-0,30

VALORI MASSIMI		
Temperatura di esercizio	°C	-40 ~ + 85 °C
Tensione massima di sistema	V	1500
Corrente massima del fusibile serie	A	35
Carico neve	Pa	5400
Resistenza al vento	Pa	2400

DATI DIMENSIONALI:

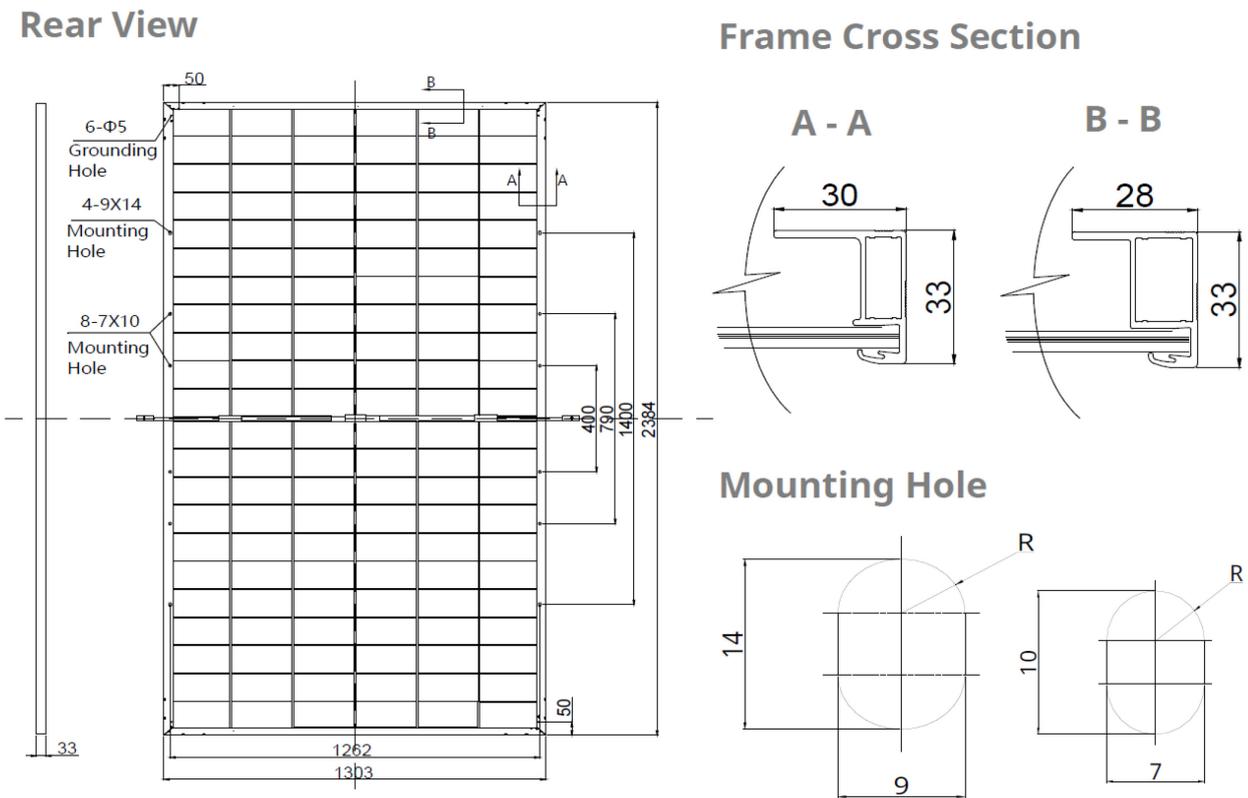


Figura 8 – Dati dimensionali modulo fotovoltaico CANADIAN SOLAR – CS7N-690TB-AG – 690W

PARAMETRI ELETTRICI:

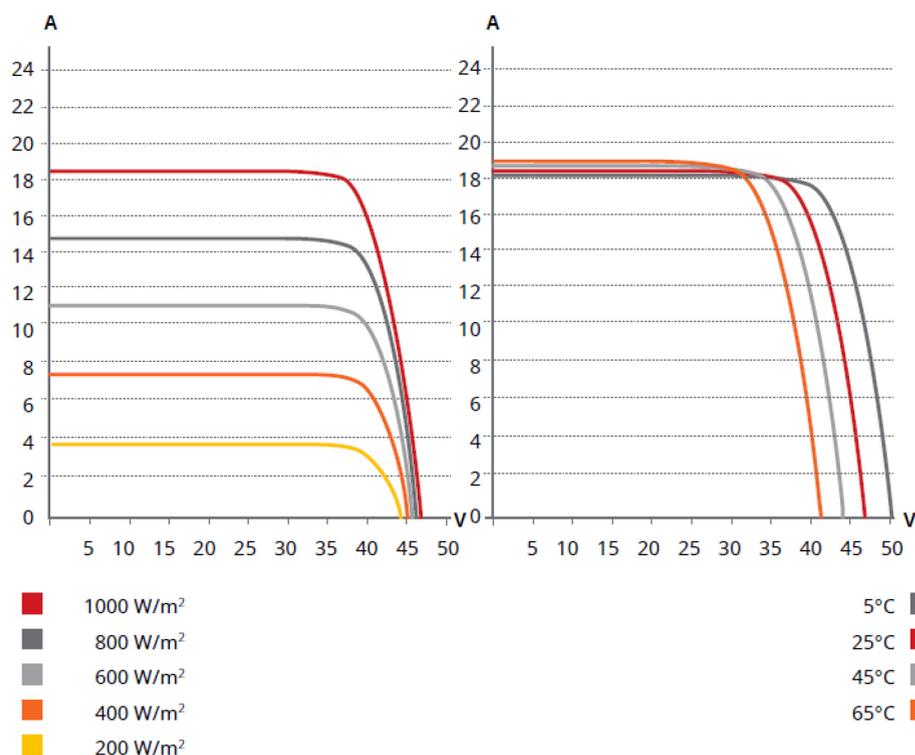


Figura 9 – Parametri elettrici modulo fotovoltaico CANADIAN SOLAR – CS7N-690TB-AG – 690W

I moduli fotovoltaici saranno posati su inseguitori monoassiali e fissati ad essi mediante bulloneria in acciaio INOX del tipo anti-svitamento. La posa dei moduli dovrà avvenire prestando la massima accortezza da parte degli installatori.

9.1.2. Cablaggio dei moduli fotovoltaici

I moduli fotovoltaici, muniti di cavi di collegamento, saranno cablati in modo da formare stringhe di 39 moduli in serie. Dopo il cablaggio i cavi saranno affrancati alle strutture di sostegno.

9.1.3. Cavi elettrici per fotovoltaico

Le condizioni ambientali particolarmente gravose, tipiche dei luoghi di installazione del fotovoltaico (elevate temperature, precipitazioni atmosferiche, radiazioni ultraviolette, ecc..), impongono particolari criteri per la scelta e la posa dei cavi al fine di garantirne le prestazioni richieste per il periodo di attività, previsto in almeno 25-30 anni, dell'impianto. Verranno utilizzati cavi adatti per tali installazioni caratterizzati da isolante in grado di proteggere il cavo dal calore, dalla luce ultravioletta e da agenti chimici ed atmosferici.

Di seguito si riportano le principali caratteristiche.

- Tipo FG21M21 P-Sun o H1Z2Z2-K (1800 Vdc)
- Isolato in gomma HEPR G21, sotto guaina in mescola reticolata M21 con conduttori flessibili stagnati. Non propaganti la fiamma per il cavo FG21M21 P-Sun; Isolato in elastomero atossico di qualità Z2, sotto guaina elastomerica atossica di qualità Z2;
- Tensione massima: 1,8 kV in c.c. - 1,2 kV in c.a.
- Temperatura minima di installazione: - 25°C
- Temperatura massima di esercizio: 90°C sul conduttore
- Temperatura minima di esercizio: - 40°

9.2. Sezione in corrente alternata in bassa tensione (BT-AC)

9.2.1. Convertitori statici AC/DC – Inverter

La conversione dell'energia da corrente continua in corrente alternata sarà garantita da n°207 inverter di stringa HUAWEI - SUN2000-330KTL-H1



Figura 10 – Inverter centralizzato FIMER – R15615TL

Si riporta di seguito la scheda tecnica degli inverter, con indicazioni costruttive generali, parametri elettrici in ingresso e uscita, sistemi di comunicazione previsti e rispondenza alla normativa tecnica di pertinenza.

SUN2000-330KTL-H1 Technical Specifications (Preliminary)

Efficiency	
Max. Efficiency	≥99.0%
European Efficiency	≥98.8%
Input	
Max. Input Voltage	1,500 V
Number of MPP Trackers	6
Max. Current per MPPT	65 A
Max. Short Circuit Current per MPPT	115 A
Max. PV Inputs per MPPT	4/5/5/4/5/5
Start Voltage	550 V
MPPT Operating Voltage Range	500 V ~ 1,500 V
Nominal Input Voltage	1,080 V
Output	
Nominal AC Active Power	300,000 W
Max. AC Apparent Power	330,000 VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)	330,000 W
Nominal Output Voltage	800 V, 3W + PE
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60 Hz
Nominal Output Current	216.6 A
Max. Output Current	238.2 A
Adjustable Power Factor Range	0.8 LG ... 0.8 LD
Total Harmonic Distortion	< 1%

Protection	
Smart String-Level Disconnect(SSLD)	Yes
Anti-islanding Protection	Yes
AC Overcurrent Protection	Yes
DC Reverse-polarity Protection	Yes
PV-array String Fault Monitoring	Yes
DC Surge Arrester	Type II
AC Surge Arrester	Type II
DC Insulation Resistance Detection	Yes
AC Grounding Fault Protection	Yes
Residual Current Monitoring Unit	Yes
Communication	
Display	LED Indicators, WLAN + APP
USB	Yes
MBUS	Yes
RS485	Yes
General	
Dimensions (W x H x D)	1,048 x 732 x 395 mm
Weight (with mounting plate)	≤108 kg
Operating Temperature Range	-25 °C ~ 60 °C
Cooling Method	Smart Air Cooling
Max. Operating Altitude without Derating	4,000 m (13,123 ft.)
Relative Humidity	0 ~ 100%
AC Connector	Waterproof Connector + OT/DT Terminal
Protection Degree	IP66
Topology	Transformerless

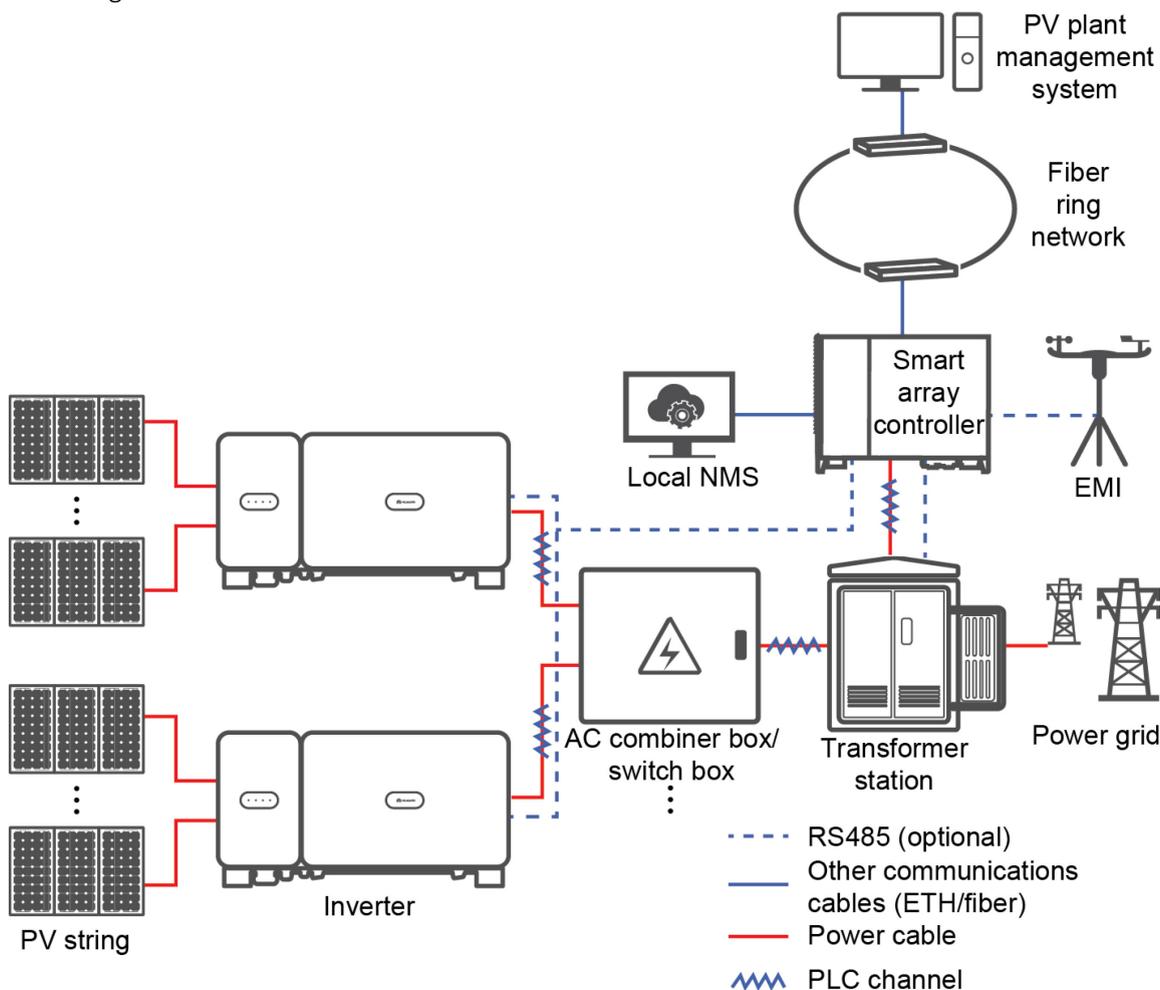
Il generatore fotovoltaico si compone di n.3888 stringhe da 26 moduli fotovoltaici da 690 Wp, per una potenza installata di 69.750,72 kWp.

Su ogni inverter sono connesse, a seconda del caso, da 17 a 20 stringhe, distribuite in egual modo su ognuno dei n.28 ingressi DC dell'inverter stesso.

La connessione delle stringhe avviene in modo diretto sugli ingressi di ogni inverter.

Gli inverter saranno connessi al sistema di monitoraggio delle prestazioni dell'impianto; sarà possibile monitorare le prestazioni delle singole stringhe, i valori di produzione in corrente alternata e ricevere tempestivamente eventuali segnalazioni di guasto mediante un sistema di acquisizione costituito da un data-logger, che provvederà anche al salvataggio e archiviazione di tutti i parametri di impianto. Gli inverter sono dotati di porte di comunicazione RS485,USB e PLC (Power Line Communication) per la comunicazione e il trasferimento dei dati. Nello specifico, per il progetto di impianto, sia per semplicità che per riduzione dei costi di costruzione, si adotterà il sistema di comunicazione PLC, ovvero un sistema capace di trasmettere le informazioni a "onde convogliate" utilizzando le linee di potenza in bassa tensione AC. Tali informazioni saranno poi rimodulate da un controller che provvederà ad inviarle al sistema centrale di monitoraggio mediante rete in fibra ottica.

Si riporta di seguito lo schema di connessione:



IV04N00002

Figura 11 – Schema di collegamento delle linee dati

9.2.2. Cavi elettrici BT

Per i collegamenti elettrici BT verranno utilizzati cavi idonei per posa in esterno interrata tipo:

- ✓ ARG16R16 0,6/1 kV. Cca – s3, d1, a3 (ex ARG7R 0,6/1 kV)
- ✓ ARG16OR16 0,6/1 kV. Cca – s3, d1, a3 (ex ARG7OR 0,6/1 kV)

Tali cavi dovranno avere le seguenti caratteristiche:

Norme di riferimento:

- Requisiti elettici: CEI 20-13
- Caratteristiche meccaniche: IEC 60502-1
- Direttiva Bassa Tensione: 2014/35/UE
- Normativa europea: CPR UE 305/11

Descrizione

- Conduttore: Alluminio, formazione rigida, classe 2.
- Isolamento: Gomma, qualità G16.
- Cordatura: I conduttori isolati sono cordati insieme
- Riempitivo: Termoplastico, penetrante tra le anime.
- Guaina esterna: PVC, qualità R16.

Caratteristiche funzionali

- Tensione nominale U_0/U : 600/1000 V c.a. - 1500 V c.c.
- Tensione massima U_m : 1200 V c.a. - 1800 V c.c.
- Tensione di prova industriale: 4000 V
- Temperatura massima di esercizio: 90°C
- Temperatura minima di esercizio: -15 °C
- Temperatura massima di corto circuito: 250 °C

Per le tratte di collegamento degli ausiliari di impianto (sistema di illuminazione esterna e i sistemi di antintrusione e videosorveglianza), nello specifico per quanto riguarda le derivazioni dai quadri di parallelo di campo fino ai dispositivi, si adotteranno cavi elettrici in rame:

- ✓ FG16R16 0,6/1 kV. Cca – s3, d1, a3 (ex FG7R 0,6/1 kV)
- ✓ FG16OR16 0,6/1 kV. Cca – s3, d1, a3 (ex FG7OR 0,6/1 kV)

Tali cavi dovranno avere le seguenti caratteristiche:

Norme di riferimento:

- Requisiti elettici: CEI 20-13
- Caratteristiche meccaniche: IEC 60502-1
- Direttiva Bassa Tensione: 2014/35/UE
- Normativa europea: CPR UE 305/11

Descrizione

- Conduttore: Rame rosso ricotto, formazione flessibile, classe 5.
- Isolamento: Gomma, qualità G16.
- Cordatura: I conduttori isolati sono cordati insieme
- Riempitivo: Termoplastico, penetrante tra le anime.
- Guaina esterna: PVC, qualità R16.

Caratteristiche funzionali

- Tensione nominale U_0/U : 600/1000 V c.a. - 1500 V c.c.
- Tensione massima U_m : 1200 V c.a. - 1800 V c.c.
- Tensione di prova industriale: 4000 V
- Temperatura massima di esercizio: 90°C
- Temperatura minima di esercizio: -15 °C
- Temperatura massima di corto circuito: 250 °C

9.2.3. Connessioni e giunzioni

Le giunzioni e le derivazioni devono essere eseguite con appositi dispositivi di connessione (morsetti con o senza vite), di sezione adeguata ai conduttori da collegare e grado di protezione IPXXB tale, che le parti in tensione nel servizio ordinario incluso il neutro, non siano accessibili al dito di prova. Nell'esecuzione delle connessioni non si deve ridurre la sezione dei conduttori e lasciare parti conduttrici scoperte.

Le giunzioni e le derivazioni tra i vari elementi possono equivalentemente essere eseguite con idonei morsetti e morsettiere unipolari isolati a più vie, fissate al fondo delle cassette su guida DIN 35 mm e grado di protezione IPXXB.

Non sono ammesse giunzioni o derivazioni eseguite con attorcigliamento e nastratura.

È ammesso l'entra-esca sui morsetti, purché esistano doppi morsetti, o questi siano dimensionati per ricevere la sezione totale dei conduttori da collegare. I dispositivi di connessione devono essere ubicati nelle cassette; non sono ammessi nei tubi.

9.2.4. Quadri di bassa tensione in corrente alternata

I quadri ad armadio saranno costituiti da più pannelli verticali dei quali, i due d'estremità, completamente chiusi da elementi asportabili per consentirne l'ampliamento. La struttura metallica deve essere del tipo autoportante, realizzata con intelaiatura in profilati d'acciaio dotati di asolature onde consentire il fissaggio di sbarre, guide e pannelli. Saranno corredati di zoccolo in robusta lamiera presso-piegata di spessore > 15/10 mm e di controtelaio da immurare completo di forature cieche filettate per l'ammarraggio degli armadi con bulloni. All'interno dei quadri sarà alloggiata una tasca porta-schemi in plastica rigida ove deve essere custodito lo schema funzionale e lo schema elettrico unifilare con l'indicazione esatta delle destinazioni d'uso delle varie linee in partenza e relativa codifica.

Il cablaggio sarà effettuato mediante sbarre in rame stagnato o verniciato, in modo da prevenire fenomeni di corrosione e con cavi non propaganti l'incendio ed a ridotta emissione di gas e fumi tossici o corrosivi. Le sbarre saranno installate su supporti in poliestere rinforzato in grado di sopportare senza danni le massime correnti di cortocircuito previste. La portata delle sbarre sarà superiore rispetto alla portata dei sezionatori generali del quadro.

Caratteristiche elettriche

Tensione nominale	1000 V
Numero delle fasi	3F (3F+N per ausiliari)
Livello nominale di isolamento tensione di prova a frequenza industriale per un minuto a secco verso terra e tra le fasi	2,5 kV
Frequenza nominale	50/60 Hz
Corrente nominale sbarre principali	fino a 3200 A
Corrente nominale sbarre di derivazione	fino a 3200 A
Corrente di c.to circuito simmetrico	fino a 75 kA
Durata nominale del corto circuito	1"
Grado di protezione sul fronte	fino a IP 41
Grado di protezione a porta aperta	IP 20
Accessibilità quadro	Fronte/Retro
Forma di segregazione	3b/4b

Dimensioni

I quadri saranno composti da unità modulari aventi dimensioni di ingombro massime:

- Larghezza: fino a 900 mm (400/600/800/900 mm)
- Profondità: fino a 1675 mm (1090/1565 mm per IP31 1200/1675 mm per IP41)
- Altezza fino a 2365 mm

Si dovrà inoltre tenere conto delle seguenti distanze minime di rispetto:

- Anteriormente: 800 mm
- Posteriormente: 800 mm

9.2.5. Interruttori di bassa tensione

Gli interruttori saranno conformi alle seguenti normative:

- CEI 17-13 Apparecchiature costruite in fabbrica
- CEI 17-5 Interruttori automatici per corrente alternata a tensione non superiore a 1.000
- CEI 11-8 Norme generali per impianto di messa a terra
- CEI 64-8 Norme generali sugli impianti elettrici utilizzatori

- IEC 947.1
- IEC 947.2
- CEI EN 60947-1: regole generali
- CEI EN 60947-2: interruttori
- CEI EN 60947-3: interruttori non automatici, sezionatori
- CEI EN 60947-4: contattori e avviatori CEI EN 60947-5-1 e seguenti: dispositivi elettromeccanici di comando.
- Norme corrispondenti in vigore nei paesi membri (CEI; VDE; BS; NF; ...).

Tutti gli apparecchi saranno adatti alla funzione di sezionamento secondo la Norma IEC 947.2 § 7.27 e riporteranno sul fronte una targhetta indicativa che ne precisi l'attitudine.

Potranno essere bipolari, tripolari o tetrapolari in esecuzione fissa, estraibile o sezionabile su telaio con attacchi anteriori o posteriori; nel caso di esecuzione estraibile o sezionabile su telaio, saranno dotati di un dispositivo di pre-sgancio che impedisca l'inserimento o l'estrazione ad apparecchio chiuso.

Tutti gli interruttori garantiranno un isolamento in classe II (secondo IEC 664) tra la parte frontale ed i circuiti interni di potenza.

Gli interruttori scatolati avranno una durata elettrica almeno uguale a 3 volte il minimo richiesto dalle Norme IEC 947-2.

Il meccanismo di comando degli interruttori scatolati sarà del tipo a chiusura e apertura rapida con sgancio libero della leva di manovra. Tutti i poli dovranno muoversi simultaneamente in caso di chiusura, apertura e sgancio.

I contatti di potenza saranno costruiti con tecnologia ROTO-ATTIVA assicurando il sezionamento del circuito in due punti.

Gli interruttori scatolati saranno azionati da una leva di manovra indicante chiaramente le tre posizioni ON (1), OFF (0) e TRIPPED (sganciato).

Tutti gli interruttori scatolati con rivelazione della corrente di dispersione mediante toroide o con relè differenziali incorporati la regolazione sia sul tempo che sulla sensibilità; quelli non scatolati con relè differenziali incorporati, quando non diversamente indicato, avranno una sensibilità di 0,03A, tutti gli interruttori differenziali saranno del tipo A sensibili anche alle correnti unidirezionali.



Figura 12 – Tipologici degli interruttori di protezione in bassa tensione

9.3. Sezione in alta tensione – AT 36 kV

9.3.1. Cabine di trasformazione AT/bt

L'innalzamento del livello di tensione e la connessione in parallelo dei diversi sottocampi di generazione avviene tramite n°13 cabine di trasformazione prefabbricate AT/bt – 36/0,8 kV, dislocate all'interno dell'area di generazione e posizionate lungo la viabilità interna.



Figura 13 – Vista frontale cabina di trasformazione

Ciascuna cabina di trasformazione sarà connessa, sul lato in bassa tensione a 800 V ai rispettivi inverter di stringa dislocati in campo.

Sul lato in alta tensione a 36 kV invece, in configurazione entra-esci, tutte le cabine di trasformazione saranno connesse tra loro, a formare n.3 dorsali in AT, e con la cabina generale AT. Quest'ultima sarà connessa alla sezione a 36 kV della futura Stazione Elettrica di Trasformazione Terna AAT/AT che, a sua volta, connessa alla esistente Sottostazione SSE RTN di Terna SpA ubicata nel Comune di Troia.

Le cabine saranno del tipo prefabbricato, di dimensione approssimativa pari a 6,06 x 2,44 x h 2,90 , posate in opera su fondazioni in calcestruzzo armato. Questa tipologia di cabina costituisce un prodotto specificatamente progettato per la trasformazione dell'energia elettrica e pertanto garantisce:

- Sicurezza strutturale;
- Durata nel tempo e resistenza agli agenti atmosferici;
- Sicurezza antinfortunistica agli effetti delle tensioni di passo e contatto;
- Recuperabilità integrale delle cabine e di tutte le apparecchiature interne.

La cabina sarà dotata di un apposito sistema di illuminazione e forza elettromotrice e di un adeguato sistema di ventilazione atto a garantire il corretto raffreddamento del trasformatore in condizioni di elevate temperature esterne.

I servizi ausiliari di impianto saranno derivati direttamente dalla linea in bassa tensione tramite trasformatore ausiliario BT/bt – 0.8/0.4 kV da 50 kVA.

Ogni cabina di trasformazione sarà suddivisa in tre locali distinti, per l'alloggiamento rispettivamente dei quadri BT di parallelo inverter e servizi ausiliari, del trasformatore di potenza e del quadro MT di distribuzione interna al campo.

Si riportano nel dettaglio le specifiche tecniche delle cabine MT/bt:

Cabina di trasformazione AT/bt – 36/0,8 kV – 9000 kVA

La cabina è dotata di sezione in alta tensione con:

- Quadri di sezionamento AT, isolato in gas, di arrivo linea e partenza linea, con sezionatore di manovra a tensione nominale 36 kV, tensione di isolamento 45kV, frequenza 50Hz, corrente nominale 630 A;
- Quadro di protezione AT, isolato in gas, con sezionatore di manovra a tensione nominale 36 kV, tensione di isolamento 45kV, frequenza 50Hz, corrente nominale 630A, interruttore di protezione in alta tensione.

La trasformazione dei livelli di tensione avviene per mezzo di trasformatore AT/bt in olio con le seguenti caratteristiche:

Potenza nominale *	kVA	9000
Tensione di riferimento	kV	45
Tensione di prova a frequenza industriale 50 Hz 1 min	kV	70
Tensione di impulso 1,2 / 50 microS	kV	170
Tensione primaria	kV	36
Tensione secondaria tra le fasi, salvo altra scelta	V	800 (a vuoto)
Regolazione MT standard, salvo scelta differente		± 2 x 2,5%
Collegamenti	triangolo / stella con neutro - Dyn 11	
Perdite a vuoto	W	11800
Perdite dovute al carico 75 °C	W	85000
Tens. di corto circuito	%	6
Rumore potenza acustica Lwa	dB (A)	76
Grado di protezione vano di protezione	IP	44
Dimensioni e peso esecuzione IP00		
LxPxH	mm	2500x1300x2020
Interasse rulli D	mm	820
massa	kg	20000

La sezione in BT invece è composta da n.2 interruttori di protezione automatico regolabile con tensione nominale fino a 1000V, corrente nominale 2000 A, frequenza 50Hz, potere di interruzione 50 kA.

Cabina di trasformazione AT/bt – 36/0,8 kV – 6600 kVA

La cabina è dotata di sezione in alta tensione con:

- Quadri di sezionamento AT, isolato in gas, di arrivo linea e partenza linea, con sezionatore di manovra a tensione nominale 36 kV, tensione di isolamento 45kV, frequenza 50Hz, corrente nominale 630 A;
- Quadro di protezione AT, isolato in gas, con sezionatore di manovra a tensione nominale 36 kV, tensione di isolamento 45kV, frequenza 50Hz, corrente nominale 630A, interruttore di protezione in alta tensione.

La trasformazione dei livelli di tensione avviene per mezzo di trasformatore AT/bt in olio con le seguenti caratteristiche:

Potenza nominale *	kVA	6600
Tensione di riferimento	kV	45
Tensione di prova a frequenza industriale 50 Hz 1 min	kV	70
Tensione di impulso 1,2 / 50 microS	kV	170
Tensione primaria	kV	36
Tensione secondaria tra le fasi, salvo altra scelta	V	800 (a vuoto)

Regolazione MT standard, salvo scelta differente		± 2 x 2,5%
Collegamenti	triangolo / stella con neutro - Dyn 11	
Perdite a vuoto	W	8800
Perdite dovute al carico 75 °C	W	61000
Tens. di corto circuito	%	6
Rumore potenza acustica Lwa	dB (A)	76
Grado di protezione vano di protezione	IP	44
Dimensioni e peso esecuzione IPOO		
LxPXH	mm	2500x1300x2020
Interasse rulli D	mm	820
massa	kg	14000

La sezione in BT invece è composta da n.2 interruttori di protezione automatico regolabile con tensione nominale fino a 1000V, corrente nominale 2000 A, frequenza 50Hz, potere di interruzione 50 kA.

Cabina di trasformazione AT/bt – 36/0,8 kV – 3300 kVA

La cabina è dotata di sezione in alta tensione con:

- Quadri di sezionamento AT, isolato in gas, di arrivo linea e partenza linea, con sezionatore di manovra a tensione nominale 36 kV, tensione di isolamento 45kV, frequenza 50Hz, corrente nominale 630 A;
- Quadro di protezione AT, isolato in gas, con sezionatore di manovra a tensione nominale 36 kV, tensione di isolamento 45kV, frequenza 50Hz, corrente nominale 630A, interruttore di protezione in alta tensione.

La trasformazione dei livelli di tensione avviene per mezzo di trasformatore AT/bt in olio con le seguenti caratteristiche:

Potenza nominale *	kVA	3300
Tensione di riferimento	kV	45
Tensione di prova a frequenza industriale 50 Hz 1 min	kV	70
Tensione di impulso 1,2 / 50 microS	kV	170
Tensione primaria	kV	36
Tensione secondaria tra le fasi, salvo altra scelta	V	800 (a vuoto)
Regolazione MT standard, salvo scelta differente		± 2 x 2,5%
Collegamenti	triangolo / stella con neutro - Dyn 11	
Perdite a vuoto	W	4600
Perdite dovute al carico 75 °C	W	31000
Tens. di corto circuito	%	6
Rumore potenza acustica Lwa	dB (A)	76
Grado di protezione vano di protezione	IP	44
Dimensioni e peso esecuzione IPOO		
LxPXH	mm	2500x1300x2020
Interasse rulli D	mm	820
massa	kg	8000

La sezione in BT invece è composta da n.2 interruttori di protezione automatico regolabile con tensione nominale fino a 1000V, corrente nominale 2000 A, frequenza 50Hz, potere di interruzione 50 kA.

Sezione di trasformazione AT/bt servizi ausiliari – 36/0,4 kV – 1250 kVA

In cabina elettrica generale di impianto sarà installato, in box, un trasformatore isolato in resina AT/bt – 36/0,4 kV – 1250 kVA, per la sezione servizi ausiliari di impianto.

Di seguito le caratteristiche del trasformatore:

Potenza nominale *	kVA	1.250
Tensione di riferimento	kV	45
Tensione di prova a frequenza industriale 50 Hz 1 min	kV	70
Tensione di impulso 1,2 / 50 microS	kV	170
Tensione primaria	kV	36
Tensione secondaria tra le fasi, salvo altra scelta	V	400 (a vuoto)
Regolazione MT standard, salvo scelta differente		± 2 x 2,5%
Collegamenti	triangolo / stella con neutro - Dyn 11	
Perdite a vuoto	W	3100
Perdite dovute al carico 75 °C	W	13700
Tens. di corto circuito	%	6
Rumore potenza acustica Lwa	dB (A)	76
Grado di protezione vano di protezione	IP	44
Dimensioni e peso esecuzione IP00		
LxPxH	mm	1750x1000x2020
Interasse rulli D	mm	820
massa	kg	3650

Norme di riferimento

I trasformatori saranno conformi alle seguenti normative:

- CEI 14-8 ed. 1992
- IEC 60076-1 a 60076-5: trasformatori di potenza
- IEC 726 ed. 1982 + Modifica n 1 del 01 febbraio 1986
- Documento d'armonizzazione CENELEC HD 464 S1 1988 + /A2: 1991 + / A3: 1992 relativo ai trasformatori di potenza a secco.
- Regolamento 548/2014 della Commissione recante modalità di applicazione della Direttiva sulla progettazione ecocompatibile 2009/125/CE

I collegamenti AT saranno previsti nella parte superiore dell'avvolgimento AT con opportune terminazioni per permettere il collegamento del cavo tramite un capocorda di foro di diametro 13mm e relativo bullone M12. I collegamenti per la chiusura del triangolo dovranno essere in barre di rame ricoperte con guaina termo restringente.

I collegamenti BT saranno previsti dall'alto su piastre terminali munite con fori di diametro adeguato che si troveranno nella parte alta dell'avvolgimento, sul lato opposto ai collegamenti AT.

Le uscite di ogni avvolgimento BT dovranno comprendere un terminale in alluminio stagnato o in rame al fine di non rendere necessario l'utilizzo di dispositivi di interfaccia quali grasso e piastre bimetalliche.

Per quanto riguarda il comportamento al fuoco, come su detto, i trasformatori saranno in classe F1 come definito dall'articolo B3 allegato B del documento HD 464 S1:1988 / A2:1992. Più precisamente, la classe F1 garantirà la completa autoestinguenza del trasformatore.

Per quanto riguarda la classe ambientale e classe climatica i trasformatori saranno classificati E2 per l'ambiente e di classe C2 per il clima come definito dagli allegati B del documento HD 464 S1:1988 / A2: 1991. C2 e E2 dovranno essere indicati sulla targa dati.

Più precisamente la classe E2 garantirà l' idoneità della macchina a funzionare in ambiente con presenza di inquinamento industriale ed elevata presenza di condensa, mentre la classe C2 garantirà l' idoneità del trasformatore ad essere stoccato e a funzionare con temperature fino a -25 °C.

I Trasformatori saranno corredati con i seguenti accessori:

- Barre di collegamento AT con piastrine di raccordo comprensive di bulloneria per il collegamento delle terminazioni AT;
- Piastre di collegamento BT;
- Barrette di regolazione del rapporto di trasformazione lato AT, manovrabili in assenza di tensione;
- Kit barra di ventilazione forzata;
- Golfari di sollevamento;
- Ganci di traino;
- 2 Morsetti di messa a terra;
- Targa dati;
- Targa segnalazione pericolo folgorazione;
- sonde termometriche PT100 (una per colonna) installate sugli avvolgimenti BT all'interno di appositi tubetti di protezione collegate ad una centralina di controllo temperatura.

I trasformatori dovranno rispondere, in termini di qualità del prodotto, alle seguenti caratteristiche elettriche considerando che la potenza nominale delle macchine è riferita a circolazione naturale dell'aria (AN).

9.3.2. Quadri di protezione in alta tensione 36 kV

I quadri di protezione in alta tensione saranno alloggiati all'interno del vano AT delle cabine di trasformazione e all'interno della cabina elettrica generale di impianto.

a) Quadri di alta tensione in cabina di trasformazione AT/bt

Come sopra riportato, ogni cabina di trasformazione sarà dotata di quadri in alta tensione a 36 kV tali da permettere la connessione della stessa alla rete AT di impianto.

Nello specifico saranno predisposti:

- N.2 quadri in alta tensione per la connessione in entra-esci con le seguenti caratteristiche

Tensione nominale	kV	36
Tensione nominale di tenuta a frequenza industriale 50Hz / 1min valore efficace	kV	70
Tensione nominale di tenuta a impulso atmosferico 1,2 / 50 microS valore di picco	kV	170
Tensione di isolamento	kV	45
Frequenza nominale	Hz	50
N° fasi		3
Corrente nominale delle sbarre principali	A	630
Corrente nominale max delle derivazioni	A	630
Corrente nominale ammissibile di breve durata	kA	20
Corrente nominale di picco	kA	50
Potere di interruzione degli interruttori alla tensione nominale	kA	20
Durata nominale del corto circuito	s	1
Tensione nominale degli ausiliari	V	230 V

- **N.1 quadro in alta tensione di protezione**

Tensione nominale	kV	36
Tensione nominale di tenuta a frequenza industriale 50Hz / 1min valore efficace	kV	70
Tensione nominale di tenuta a impulso atmosferico 1,2 / 50 microS valore di picco	kV	170
Tensione di isolamento	kV	45
Frequenza nominale	Hz	50
N° fasi		3
Corrente nominale delle sbarre principali	A	630
Corrente nominale max delle derivazioni	A	630
Corrente nominale interruttore di protezione	A	630
Corrente nominale ammissibile di breve durata	kA	20
Corrente nominale di picco	kA	50
Potere di interruzione degli interruttori alla tensione nominale	kA	20
Durata nominale del corto circuito	s	1
Tensione nominale degli ausiliari	V	230 V



Figura 12 – Vista frontale quadro di protezione in alta tensione della cabina di trasformazione

b) Quadri di media tensione in cabina elettrica generale di impianto

Anche nella cabina elettrica generale di impianto saranno previsti dei quadri di protezione in media tensione a 30 kV.

Nello specifico saranno predisposti:

- **N.4 quadri in alta tensione a protezione delle linee AT del generatore fotovoltaico**

Tensione nominale	kV	36
Tensione nominale di tenuta a frequenza industriale 50Hz / 1min valore efficace	kV	70
Tensione nominale di tenuta a impulso atmosferico 1,2 / 50 microS valore di picco	kV	170
Tensione di isolamento	kV	45
Frequenza nominale	Hz	50
N° fasi		3
Corrente nominale delle sbarre principali	A	2000
Corrente nominale max delle derivazioni	A	2000

Corrente nominale ammissibile di breve durata	kA	31,5
Corrente nominale di picco	kA	50
Potere di interruzione degli interruttori alla tensione nominale	kA	31,5
Durata nominale del corto circuito	s	1
Tensione nominale degli ausiliari	V	230 V

- N.1 quadro in media tensione a protezione della sezione ausiliari di impianto

Tensione nominale	kV	36
Tensione nominale di tenuta a frequenza industriale 50Hz / 1min valore efficace	kV	70
Tensione nominale di tenuta a impulso atmosferico 1,2 / 50 microS valore di picco	kV	170
Tensione di isolamento	kV	45
Frequenza nominale	Hz	50
N° fasi		3
Corrente nominale delle sbarre principali	A	630
Corrente nominale max delle derivazioni	A	630
Corrente nominale ammissibile di breve durata	kA	20
Corrente nominale di picco	kA	50
Potere di interruzione degli interruttori alla tensione nominale	kA	20
Durata nominale del corto circuito	s	1
Tensione nominale degli ausiliari	V	230 V

- N.1 quadro in media tensione di protezione sezione misure

Tensione nominale	kV	36
Tensione nominale di tenuta a frequenza industriale 50Hz / 1min valore efficace	kV	70
Tensione nominale di tenuta a impulso atmosferico 1,2 / 50 microS valore di picco	kV	170
Tensione di isolamento	kV	45
Frequenza nominale	Hz	50
N° fasi		3
Corrente nominale delle sbarre principali	A	630
Corrente nominale max delle derivazioni	A	630
Corrente nominale fusibili di protezione	A	6,3
Corrente nominale ammissibile di breve durata	kA	20
Corrente nominale di picco	kA	50
Potere di interruzione degli interruttori alla tensione nominale	kA	20
Durata nominale del corto circuito	s	1
Tensione nominale degli ausiliari	V	230 V

- N.1 quadro in media tensione di protezione generale di impianto

Tensione nominale	kV	36
Tensione nominale di tenuta a frequenza industriale 50Hz / 1min valore efficace	kV	70
Tensione nominale di tenuta a impulso atmosferico 1,2 / 50 microS valore di picco	kV	170
Tensione di esercizio	kV	45
Frequenza nominale	Hz	50
N° fasi		3
Corrente nominale delle sbarre principali	A	2000
Corrente nominale max delle derivazioni	A	2000
Corrente nominale ammissibile di breve durata	kA	31,5

Corrente nominale di picco	kA	50
Potere di interruzione degli interruttori alla tensione nominale	kA	50
Durata nominale del corto circuito	s	1
Tensione nominale degli ausiliari	V	230 V

Le unità di protezione elettrica saranno basate su tecnologia a microprocessore. Data l'importanza della funzione a cui devono assolvere, saranno costruite in modo da garantire l'affidabilità e la disponibilità di funzionamento. Le unità di protezione elettrica avranno una adeguata struttura, robusta e in grado di garantire che possano essere installate direttamente sulla cella strumenti dello scomparto di media tensione. Il grado di protezione richiesto è IP52 sul fronte. Tali unità di protezione saranno alimentate da una sorgente ausiliaria (in c.c. o c.a. in funzione della disponibilità della installazione) e saranno collegate al secondario dei TA e dei TV dell'impianto. Oltre alle funzioni di protezione e misura, le unità di protezione elettrica dovranno essere dotate di funzioni quali auto test alla messa in servizio e autodiagnostica permanente, che consentano di verificare con continuità il buon funzionamento delle apparecchiature. Per facilitare le operazioni di montaggio e di verifica le connessioni dei cavi provenienti dai TA, e dei cavi verso la bobina di comando dell'interruttore e le segnalazioni saranno realizzate mediante connettori posteriori.

Sul fronte dell'unità si troveranno:

- indicatore di presenza tensione ausiliaria;
- indicatore di intervento della protezione;
- indicatore di anomalia dell'unità;
- indicatori di stato dell'organo di manovra;
- altri indicatori di intervento delle singole funzioni di protezione;

Anteriormente potranno essere presenti inoltre:

- una presa RS232 per la connessione ad un pc per le operazioni di regolazione;
- una serie di tasti per la parametrizzazione dell'unità e la regolazione delle soglie delle protezioni;
- un visore per la lettura delle misure e dei parametri regolati.

Saranno disponibili almeno:

- 1 contatto n.a. per il comando dell'interruttore;
- 1 contatto n.a. e 1 contatto n.c. per la segnalazione di intervento;
- 1 contatto n.a. e 1 contatto n.c. per l'autodiagnostica (Watch-Dog).

L'unità di protezione sarà di tipo espandibile e potrà essere dotata, anche in un secondo tempo, di ulteriori accessori che permetteranno di realizzare:

- automatismi di richiusura per linee AT;
- logiche di riaccelerazione motori;
- la gestione dei segnali dai trasformatori;
- l'acquisizione dei valori di temperatura da sonde termiche PT100 o simili;
- l'emissione di una misura analogica associabile ad una delle grandezze misurate dall'unità stessa (correnti, temperature, ecc.).

La regolazione delle soglie avverrà direttamente in valori primari nelle relative grandezze espresse in corrente o tempo rendendo più semplice utilizzo e la consultazione all'operatore.

Saranno previste le seguenti protezioni.

1) Massima corrente di fase (bifase o trifase) codici ansi (50,51)

Protezione contro i guasti di fase di linee e macchine elettriche.

L'unità dovrà essere dotata di quattro soglie suddivise in due set di due soglie ciascuno, dovrà inoltre essere possibile passare da un set di regolazioni all'altro tramite un opportuno comando esterno.

Ognuna delle soglie potrà essere utilizzata indifferentemente come protezione contro i sovraccarichi o come protezione contro i cortocircuiti e pertanto saranno tipo "multi curve", sarà cioè possibile scegliere di volta in volta la curva di intervento tra quelle sotto indicate:

- intervento a tempo indipendente
- intervento a tempo dipendente secondo la classificazione IEC 255-4 /BS 142: inverso, molto inverso, estremamente inverso, ultra inverso.

Campo di regolazione indicativo:

tempo indipendente:

- per la regolazione in corrente da 0,1 a 24 In
- per la regolazione in tempo da 0,05 a 300 s

tempo dipendente:

- per la regolazione in corrente da 0,1 a 2,4 In
- per la regolazione in tempo da 0,1 a 12,5 s

2) Massima corrente di terra codici ansi (50N+51N)

Protezione contro i guasti di terra di linee e macchine elettriche.

L'unità dovrà essere dotata di quattro soglie suddivise in due set di due soglie ciascuno, dovrà inoltre essere possibile passare da un set di regolazioni all'altro tramite un opportuno comando esterno.

La misura della corrente omopolare potrà essere realizzata tramite opportuni toroidi o sul ritorno comune dei TA di fase.

Ognuna delle soglie potrà essere utilizzata indifferentemente come protezione contro i sovraccarichi o come protezione contro i cortocircuiti e pertanto saranno tipo "multi curve", sarà cioè possibile scegliere di volta in volta la curva di intervento tra quelle sotto indicate:

- intervento a tempo indipendente;
- intervento a tempo dipendente secondo la classificazione IEC 255-4 /BS 142: inverso, molto inverso, estremamente inverso, ultra inverso.

Campo di regolazione indicativo:

tempo indipendente

- per la regolazione in corrente da 0,1 a 15 Ino (da 0,2 a 300A per il collegamento su toroide omopolare)
- per la regolazione in tempo da 0,05 a 300 s

tempo dipendente

- per la regolazione in corrente da 0,1 a Ino (da 0,2 a 20A per il collegamento su toroide omopolare)
- per la regolazione in tempo da 0,1 a 12,5 s

3) Massima corrente di terra direzionale (67N 67NC)

Questa funzione dovrà disporre di due banchi di regolazione, ciascuno dotato di due soglie, con la possibilità di cambiare banco o attraverso un ingresso o attraverso la comunicazione; il funzionamento e la conseguente regolazione dovranno essere possibili, a scelta, secondo i due seguenti metodi:

- calcolando la proiezione della corrente omopolare sulla retta caratteristica la cui posizione è determinata dalla regolazione dell'angolo caratteristico rispetto alla tensione omopolare, e confrontandola con la relativa soglia impostata
- calcolando il modulo della corrente omopolare e confrontandolo con la relativa soglia impostata, tenendo conto dell'angolo caratteristico.

Campo di regolazione indicativo:

a proiezione

- angolo caratteristico: -45°, 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 90°
- soglia d'intervento corrente: da 0,1 a 15 In0, tempo da 0,05 a 300s

- soglia d'intervento tensione: da 2 a 80% di U_n

a modulo di I_0

- angolo caratteristico: $-45^\circ, 0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 90^\circ$
- soglia d'intervento corrente: da 0,1 a 15 I_{n0} , tempo da 0,05 a 300s (tempo indipendente)
- soglia d'intervento corrente: da 0,1 a 1 I_{n0} , tempo da 0,1 a 12,5s (tempo indipendente)
- soglia d'intervento tensione: da 2 a 80% di U_n

4) Protezione di minima tensione concatenata (27)

Protezione per la rilevazione degli abbassamenti della tensione di alimentazione, viene normalmente utilizzata per avviare commutazioni o per comandare il distacco dei carichi, in alcuni casi la minima tensione può anche comandare l'apertura dell'interruttore generale.

Campo di regolazione indicativo richiesto:

- soglia di intervento da 5 a 100% U_n
- tempo di intervento da 0,05 a 300 s.

5) Protezione di massima tensione concatenata (59)

Protezione per la rilevazione degli aumenti della tensione di alimentazione.

Campo di regolazione indicativo richiesto:

- soglia di intervento da 50 a 150% di U_n
- tempo di intervento da 0,05 a 300 s.

6) Protezione di massima tensione omopolare (59N)

Protezione per la rilevazione dei contatti a terra in sistemi con neutro isolato, viene normalmente utilizzata come segnalazione di allarme guasto a terra.

Campo di regolazione indicativo:

- soglia di intervento da 5 a 80% U_n
- tempo di intervento da 0,05 a 300 s.

7) Protezione di massima e minima frequenza (81).

Protezione per la rilevazione delle variazioni della frequenza della rete di alimentazione.

Campo di regolazione indicativo:

- soglia di intervento da 45 a 53 Hz
- tempo di intervento da 0,1 a 300 s.

Caratteristiche costruttive quadro AT tipo

Il quadro sarà formato da unità affiancabili tipo SM6, ognuna costituita da celle componibili e standardizzate.

Il quadro sarà adatto per installazione all'interno in accordo alla normativa CEI EN 62271-200. La struttura portante dovrà essere realizzata con lamiera d'acciaio di spessore non inferiore a 2 mm. Gli accoppiamenti meccanici tra le unità saranno realizzati a mezzo bulloni, mentre sulla base della struttura portante saranno previsti i fori per il fissaggio al pavimento, di ogni unità. L'involucro metallico di ogni unità comprenderà:

- due aperture laterali in cella sbarre per il passaggio delle sbarre principali
- un pannello superiore di chiusura della cella sbarre smontabile dall'esterno fissato con viti
- due ganci di dimensioni adeguate per il sollevamento di ciascuna unità.
- le pareti posteriore e laterali di ciascuna unità saranno fisse, pertanto potranno essere rivettate od imbullonate. In quest'ultimo caso dovranno essere smontabili solo dall'interno.
- un pannello frontale di accesso alla cella apparecchiature.

Con l'installazione del cassonetto arrivo cavi dall'alto, l'aggiunta di un ulteriore cassonetto di bassa tensione, per le apparecchiature ausiliarie, è escluso nelle unità di larghezza 375 mm, e limitata al cassonetto da 375 mm nelle unità di larghezza 750 mm.

L'impianto di terra principale di ciascun'unità sarà realizzato con piatto di rame di sezione non inferiore a 125 mm² al quale saranno collegati con conduttori o sbarre di rame i morsetti di terra dei vari apparecchi, i dispositivi di manovra ed i supporti dei terminali dei cavi. In prossimità di tali supporti sarà previsto un punto destinato alla messa a terra delle schermature dei cavi stessi. La sbarra di terra sarà predisposta al collegamento all'impianto di messa a terra della cabina.

9.3.3. Cavi per alta tensione

Saranno previsti cavi per Alta Tensione tipo RG16H1R12 26/45 kV aventi le seguenti caratteristiche.

- Conduttore a corda rigida di RAME rosso ricotto, classe 2.
- Semiconduttore interno elastomerico estruso
- Isolamento in HEPR di qualità G16
- Semiconduttore esterno elastomerico estruso pelabile a freddo
- Schermo costituito a fili di rame rosso
- Guaina in mescola termoplastica tipo R12
- Tensione nominale U₀ 26 kV
- Tensione nominale U 45 kV
- Tensione di prova 90 kV
- Tensione massima U_m 52 kV
- Temperatura massima di esercizio +105°C
- Temperatura massima di corto circuito +300°C
- Temperatura minima di esercizio (senza shock meccanico) -15°C
- Il cavo rispetta le prescrizioni della norma HD 620 per quanto riguarda l'isolante, per tutte le altre caratteristiche rispetta la norma CEI 20-13

Condizioni di posa:

- I cavi saranno adatti per il trasporto di energia tra le cabine di trasformazione sarà ammessa la posa interrata in conformità all'art. 4.3.11 della norma CEI 11-17.
- Raggio minimo di curvatura per diametro D (in mm): 12D
- Sforzo massimo di tiro: 60 N/mm²

9.3.4. Giunzioni e terminazioni dei cavi AT

Per le tratte non coperte interamente dalle pezzature di cavo AT disponibile, si dovrà provvedere alla giunzione di due spezzoni. Convenzionalmente si definisce "giunzione" la giunzione tripolare dei tre conduttori di fase più schermo; pertanto, ogni giunzione si intende costituita da tre terminali unipolari (connettore di interconnessione) e tre corredi per terminazione unipolare. Le giunzioni elettriche saranno realizzate mediante l'utilizzo di connettori del tipo diritto, a compressione, adeguati alle caratteristiche e tipologie dei cavi sopra detti. Le giunzioni dovranno essere effettuate in accordo con la norma CEI 20-62 seconda edizione ed alle indicazioni riportate dal costruttore dei giunti.

L'esecuzione delle giunzioni deve avvenire con la massima accuratezza, seguendo le indicazioni contenute in ciascuna confezione. In particolare, occorre:

- controllare l'integrità della confezione e l'eventuale presenza di umidità.
- non interrompere mai il montaggio del giunto o del terminale
- utilizzare esclusivamente i materiali contenuti nella confezione.

Ad operazione conclusa devono essere applicate sul giunto le targhe identificatrici dell'esecutore, e della data e modalità di esecuzione.

Ciascun giunto sarà segnalato esternamente mediante un cippo di segnalazione.

Tutti i cavi AT dovranno essere terminati da entrambe le estremità con terminali adatti ai tipi di cavi adottati. L'esecuzione delle terminazioni deve essere eseguita esclusivamente da personale specializzato seguendo scrupolosamente le istruzioni fornite dalle ditte costruttrici in merito sia alle modalità sia alle attrezzature necessarie.

Convenzionalmente si definiscono "terminazioni" la terminazione dei tre conduttori di fase più schermo.

Nell'esecuzione delle terminazioni all'interno delle celle dei quadri, bisogna realizzare il collegamento di terra degli schermi dei cavi con trecce flessibili di rame stagnato, eventualmente prolungandole e dotandole di capocorda a compressione completo di relativa bulloneria per l'ancoraggio alla presa di terra dello scomparto. Ogni terminazione deve essere dotata di una targa di riconoscimento in PVC atta ad identificare: esecutore, data e modalità di esecuzione nonché l'indicazione della fase (R, S, T).

I cavi saranno in rame rosso ricotto di tipo unipolare schermati e armati quindi oltre alla messa a terra dello schermo, si dovrà prevedere anche la messa a terra dell'armatura del cavo. Tale armatura, che rimane esterna rispetto al terminale, sarà messa a terra in uno dei seguenti modi:

- tramite la saldatura delle due bande di alluminio della codetta del cavo di rame;
- tramite una fascetta (di acciaio inossidabile o di rame) che stringa all'armatura la codetta di un cavo di rame;
- tramite morsetti a compressione in rame (previo attorcigliamento delle bande di alluminio componenti l'armatura ed unione alla codetta del cavo di rame).

La messa a terra dovrà essere effettuata da entrambe le parti del cavo.

9.4. Impianti speciali

9.4.1. Impianto di illuminazione

L'illuminazione esterna perimetrale si attiverà solo in caso di effrazione o per necessità di manutenzione, saranno previsti n.323 fari LED posizionati lungo il perimetro di impianto e montati su pali di acciaio zincato aventi altezza pari a circa 3 m. L'angolo di apertura, rispetto al piano orizzontale, sarà di 30-40°, con il corpo illuminato posizionato nella parte inferiore dell'armatura. Tale conformazione tende a indirizzare il fascio luminoso nella zona bassa, evitando così l'inquinamento luminoso.

Si riporta la scheda tecnica del faro LED, con potenza assorbita 50 W, come scelto:

Apparecchio LED Stradale New Shoe 50W



Parametri tecnici	
Potenza:	50W
Fattore di Potenza:	0.99
Tensione di Alimentazione:	180-240V AC
Freq. di Funzionamento:	50-60 Hz
Flusso Luminoso:	5000 lm
Efficienza Luminosa:	110 lm/W
Fonte Luminosa:	SMD 2835
Numero di LED:	78
Classe Energetica:	A+
Fascio Luminoso:	140°
Dimensioni:	380x160x73 mm
Diametro di Fissaggio:	Ø60 mm
Peso:	1.15Kg
Materiale del Corpo:	Alluminio - PC
Protezione IP:	IP65
Protezione IK:	IK08
Garanzia:	3 Anni
Durata:	30.000 Ore
Temp. di Funzionamento:	-25°C / +45°C
Certificati:	CE & RoHS

Figura 14 – Scheda tecnica faro di illuminazione LED

9.4.2. Impianto di video sorveglianza e antintrusione

Per la protezione dell'impianto da effrazioni verranno utilizzate telecamere con tecnologia *motion detection*, o termiche, posizionate sui pali di illuminazione e poste a protezione dell'intero perimetro. In corrispondenza dei cambi di direzione lungo il perimetro di impianto, saranno utilizzate anche delle telecamere del tipo *Speed Dome*, che garantiranno un maggior angolo di visuale.

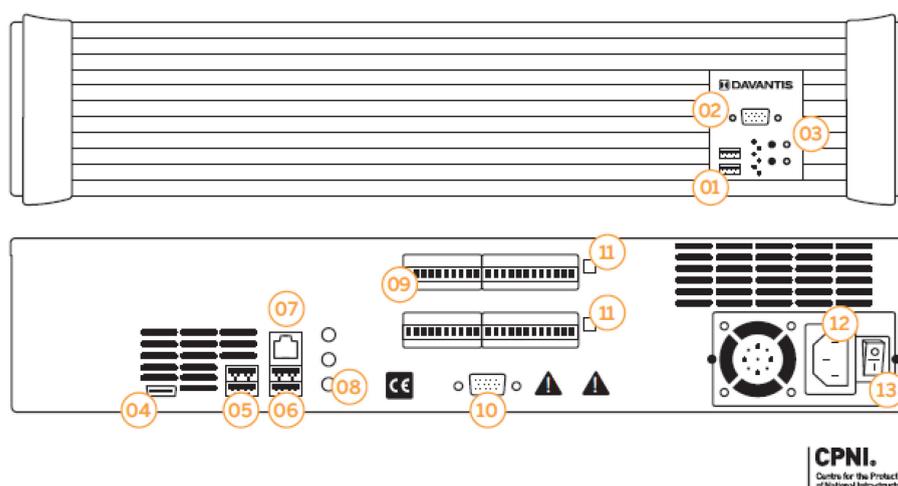
Le termocamere saranno collegate ad un sistema di analisi video. In caso di effrazione sarà inviato un allarme agli organi di sorveglianza. Saranno utilizzate termocamere (night/day) aventi diverse distanze di rilevamento dipendenti dalla loro posizione. Si riportano di seguito le caratteristiche fondamentali.

DFUSION

f (mm)	Pixel pitch (µm)	Sensor (px)	HFOV (o)	Blind distance (m/yd)	Distance (m/yd)
9	17	640 x 480	62°	3/3	65/71
10	17	640 x 480	57°	3/3	70/77
13	17	400 x 300	29°	8/9	100/109
13	17	640 x 480	45°	5/5	110/120
15	17	640 x 512	40°	6/7	125/137
19	17	400 x 300	20°	12/13	140/153
19	17	640 x 480	32°	8/9	145/159
25	17	400 x 300	15°	16/17	175/191
25	17	640 x 480	25°	10/11	180/197
25	17	640 x 512	25°	10/11	185/202
35	17	400 x 300	11°	23/25	235/257
35	17	640 x 480	18°	15/16	240/262

Figura 15 - Caratteristiche delle termocamere di sorveglianza

Il sistema di analisi video avrà le seguenti caratteristiche:



- 01 - 2 USB 2.0 connections
- 02 - 1 VGA connection
- 03 - 1 On/Off switch
- 04 - 1 HDMI connection
- 05 - 2 USB 3.0 connections
- 06 - 2 USB 2.0 connections
- 07 - RJ45 network connector 10/100/1000
- 08 - 1 audio Jack 3.5 input/output port
- 09 - 8 inputs N/O or N/C
- 10 - 1 VGA connection
- 11 - 4/8/12/16 internal relay outputs N/C (optional)
- 12 - 1 slot for power cable
- 13 - 1 On/Off switch for power supply

TECHNICAL SPECIFICATIONS	
Processor	INTEL
Memory (RAM)	4 / 8 GB
Hard drive	High performance SATA / SSD (Solid State Drive)
Power supply	350W.100 - 240V AC / 60 - 50 Hz + 10%
Power consumption	Aprox. 130 W at full load
Power cord and plug	1,5 m cable with IEC connector
Environmental class	II (Indoor - General)
Storage temperature	-10°C to 60°C with a relative humidity of 10 to 90% without condensation
Working temperature	-10°C to +35°C at a relative humidity of 10 to 90% without condensation
Housing	Black rugged metal housing
Device dimensions	482 x 90 x 300 mm / 19 x 3,5 x 12 inch (A x A x P) (19"x 2U for rack-mount)
Package dimensions	560 x 170 x 590 mm / 22 x 6,7 x 23 inch (A x A x P)
Weight	6 Kg
Communication protocols	TCP/IP, SMTP
Input and output ports	Input: 900, 5500, 21000 (customizable) Output: 9034, 465 (customizable)
Data protection	Digital signature
GPU	NVIDIA
OPCIONAL	
Relay outputs	REL4I, REL8I internal relay outputs N/C. 5amps at 12V DC REL12I, REL16I internal relay outputs N/C. 5amps at 12V DC
Supervision kit	19" monitor (VGA), keyboard and mouse (USB)
Daview AMS	Alarm Management System for VMS, CMS and PSIM with ClickThru™ technology

Figura 16 - Sistema di analisi video antintrusione

9.4.3. Pali per illuminazione e videosorveglianza

I proiettori per illuminazione e le videocamere saranno installate su pali ricavati da tubi elettrosaldati a norma UNI EN 10219, rastremati ad una estremità ed uniti tra loro mediante saldatura circonferenziale con procedimento omologato dall'Istituto Italiano della saldatura. Costruiti in acciaio S235JRH e zincati a caldo secondo le norme UNI EN ISO 1461, completi di foro ingresso cavi, attacco di messa a terra e asola per la morsettiera.

I pali avranno le seguenti caratteristiche:

- Tolleranze dimensionali: Norme UNI EN 40 parte 2;
- Riferimenti per il calcolo: UNI EN 40-3 – UNI EN 40-5;
- Lunghezza: 3,5 m
- Altezza fuori terra 3 m
- Diametro di base 120 mm
- Diametro alla sommità: 60 mm
- Spessore 3 mm
- Peso 33 kg

I pali saranno ancorati al terreno mediante plinto di fondazione avente dimensioni indicative pari a 0,80 x 0,80 x 0,6 m. Per favorire l'infilaggio dei cavi ai piedi dei pali saranno previsti pozzetti di dimensioni pari a 40x40 cm.

9.4.4. Impianto di monitoraggio

Gli inverter e le prestazioni dell'impianto fotovoltaico saranno monitorati tramite sistema di supervisione remota in grado di gestire i flussi di informazioni, i segnali di allarme e le eventuali anomalie di funzionamento di impianto. Tutti i dati saranno gestiti in modalità "online" con archiviazione delle informazioni e dello storico degli eventi. Sarà possibile gestire tutte le informazioni tramite supervisione desktop e/o dispositivi tablet e smartphone.

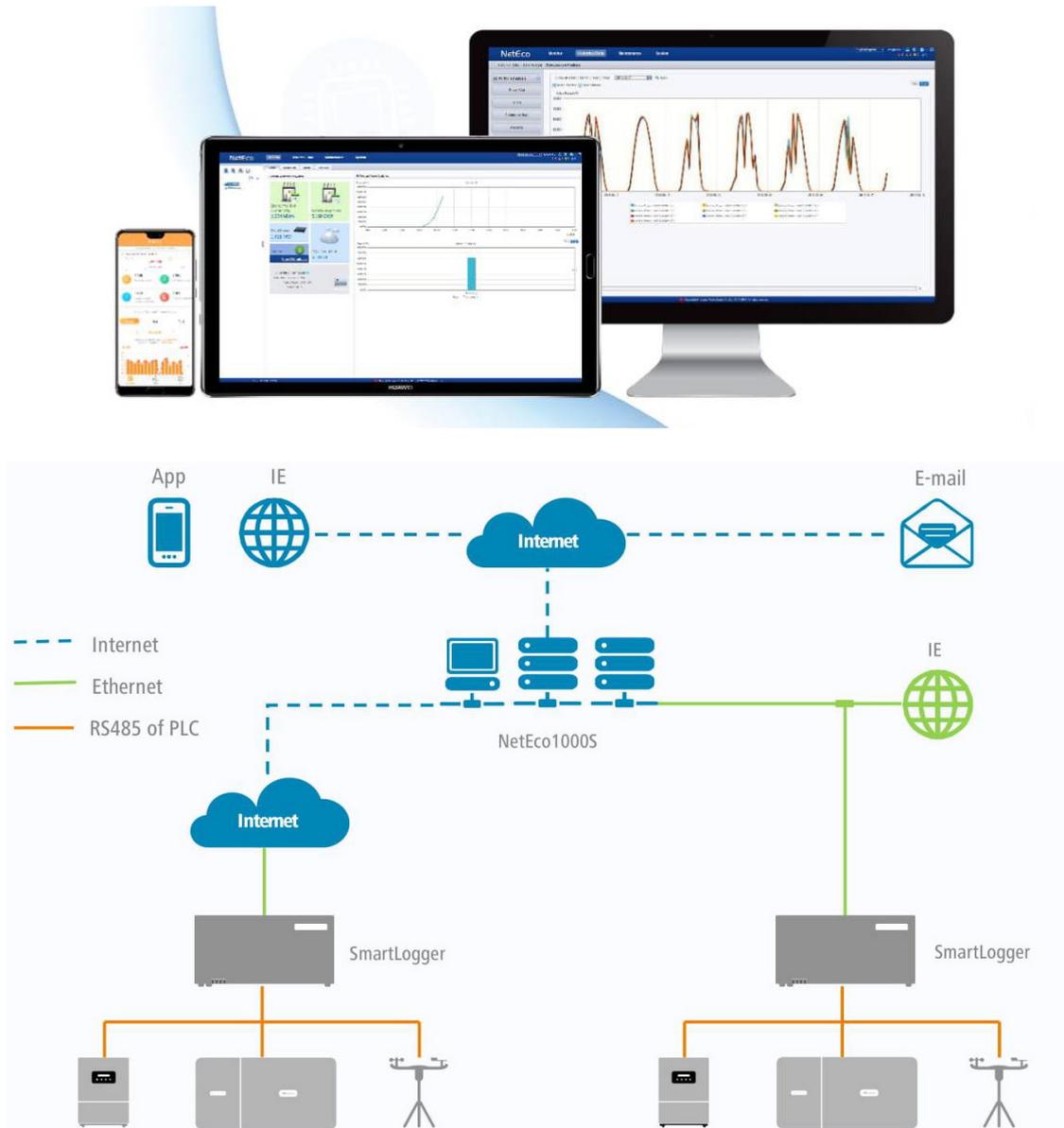


Figura 17 - Schema illustrativo controllo in remoto impianto

9.5. Impianto di terra – impianto agrivoltaico

Il sistema elettrico dell'impianto è da considerarsi come un sistema in cui il neutro è esercito secondo la tipologia TN, in quanto l'impianto di terra è unico tra alta tensione e bassa tensione e, inoltre, ad esso è collegato il neutro di quest'ultima (Norma CEI 64-8).

In tale tipo di sistema, l'impianto utilizzatore deve avere un impianto di terra unico, a cui vanno collegate sia le messe a terra di protezione che quelle di funzionamento dei circuiti e degli apparecchi utilizzatori, oltre che i limitatori di tensione dell'impianto e i sistemi di protezione contro le scariche atmosferiche e contro l'accumulo di cariche elettrostatiche.

In relazione alla norma CEI 99-2 in vigore, relativa agli impianti utilizzatori a tensione nominale maggiore di 1000 V dotati di propria cabina di trasformazione, il valore della resistenza dell'impianto di terra deve essere tale che non si verifichino tensioni di contatto e di passo pericolose per le persone. Ovvero deve essere tale da disperdere la corrente di guasto a terra in media tensione.

La corrente di guasto monofase a terra è la massima corrente che fluisce verso terra in occasione di un guasto su sistema con tensione di esercizio superiore a 1000 V. Nel dimensionamento della rete di terra si è fatto riferimento alla norma CEI99-3, considerando la *corrente convenzionale di guasto a terra* I_{FC} pari alla corrente I_E .

Imponendo che la tensione di terra non superi quella di contatto ammissibile U_{TP} in corrispondenza del tempo di eliminazione del guasto T_f , otteniamo il valore limite della resistenza di terra che il dispersore non deve superare:

$$R_E \leq \frac{U_{TP}}{I_F}$$

L'impianto di terra di impianto è così dimensionato:

1) Cabine elettriche

Per le cabine elettriche, sia generale, sia di conversione, sia di trasformazione AT/bt, è previsto un impianto di terra ad anello, interrato ad una profondità di 0,60 metri circa, in corda di rame nuda da 35 mm² corredata da n.4 dispersori a picchetto infissi nel terreno fino ad una profondità di 1,50 metri e disposti ai quattro vertici dell'anello più esterno.

Tali dispersori di cabina saranno connessi all'impianto di terra globale di impianto e connessi all'interno delle cabine stesse sui collettori di terra predisposti. Su ogni collettore saranno poi collegate tutte le masse estranee di cabina mediante cavi di protezione di colore giallo/verde e sezione come prevista dal dimensionamento elettrico.

2) Sistemi perimetrali – illuminazione, videosorveglianza, antintrusione

Lungo il perimetro di impianto si procederà con la posa di corda nuda di rame da 35 mm² interrata ad una profondità di 0,50-0,60 metri. In ogni punto dove sono previsti dispositivi di illuminazione, videosorveglianza, antintrusione, quadri di controllo e derivazione alimentazione ausiliaria di campo, è prevista la connessione delle masse estranee, dei pali e di tutti i dispositivi presenti al dispersore di terra, mediante cavo di protezione di colore giallo/verde al rispettivo collettore di terra a sua volta collegato al dispersore di terra globale di impianto.

3) Inseguitori fotovoltaici e inverter

Gli inverter di campo saranno predisposti di proprio dispersore di terra a picchetto da 1,50 metri, infisso direttamente nel terreno al quale saranno collegati mediante cavo in rame da 50 mm² di colore giallo/verde.

Le strutture fotovoltaiche invece, mediante i pali di supporto infissi direttamente nel terreno fino ad una profondità di 2,00 - 2,50 metri circa, le possiamo già considerare dotate di propri dispersori di terra e quindi non necessitano di ulteriori accorgimenti. Nei punti più vicini al dispersore globale di impianto, si provvederà al collegamento delle strutture allo stesso mediante corda di rame nuda interrata.

10. Opere edili

10.1. Scavi in genere

In generale i criteri di progetto adottati non comportano movimenti di terreno significativo per la sistemazione dell'area di impianto.

Il tipo di fondazione in pali metallici a profilo aperto infisso tramite battitura, eventualmente con l'ausilio di predrilling (perforazione preliminare), non comporta alcun movimento di terra. I volumi tecnici vengono appoggiati su una platea realizzata con semplice livellamento e costipazione dell'area. Gli scavi dei cavidotti interrati saranno riempiti con lo stesso materiale di scavo. Non ci dovrebbe essere produzione di terra di scavo per la quale si rende necessario il trasporto a discarica, comunque qualora le materie provenienti dagli scavi, ove non siano utilizzabili o non ritenute adatte (a giudizio insindacabile della direzione dei lavori) ad altro impiego nei lavori, queste, dovranno essere portate fuori della sede del cantiere, alle pubbliche discariche ovvero su aree che la Ditta installatrice dovrà provvedere a rendere disponibili a sua cura e spese.

Gli scavi in genere per qualsiasi lavoro, a mano o con mezzi meccanici, dovranno essere eseguiti secondo i disegni di progetto e la relazione geologica e geotecnica di cui al DMLLPP dell'11 marzo 1988 (d'ora in poi DM LLPP 11.03.88), integrato dalle istruzioni applicative di cui alla CMLLPP n. 218/24/3 del 9 gennaio 1996, nonché secondo le particolari prescrizioni che saranno date all'atto esecutivo dalla direzione dei lavori.

Nell'esecuzione degli scavi la Ditta installatrice dovrà procedere in modo da impedire scoscendimenti e franamenti, restando essa, oltretutto totalmente responsabile di eventuali danni alle persone e alle opere, altresì obbligata a provvedere a suo carico e spese alla rimozione delle materie franate.

La Ditta installatrice dovrà, altresì, provvedere a sue spese affinché le acque scorrenti alla superficie del terreno siano deviate in modo che non abbiano a riversarsi nei cavidotti.

Qualora le materie provenienti dagli scavi debbano essere successivamente utilizzate, esse dovranno essere depositate previo assenso della direzione dei lavori, per essere poi riprese a tempo opportuno. In ogni caso le materie depositate non dovranno essere di danno ai lavori, alle proprietà pubbliche o private ed al libero deflusso delle acque scorrenti alla superficie.

10.2. Cavidotti per cavi interrati

Per cavidotto si intende il tubo interrato (o l'insieme di tubi) destinato ad ospitare i cavi di alta o bassa tensione, compreso il regolare ricoprimento della trincea di posa (reinterro), gli elementi di segnalazione e/o protezione (nastro monitore, cassette di protezione o manufatti in cls.) e le eventuali opere accessorie (quali pozzetti di posa/ispezione, chiusini, ecc.). Per la realizzazione delle canalizzazioni sono da impiegare tubi in materiale plastico (corrugati) conformi alle Norme CEI 23-46 (CEI EN 50086-2-4), tipo 450 o 750 come caratteristiche di resistenza a schiacciamento, nelle seguenti tipologie:

- rigidi lisci in PVC (in barre);
- rigidi corrugati in PE (in barre);
- pieghevoli corrugati in PE (in rotoli).
- I tubi corrugati devono avere la superficie interna liscia.

Per la realizzazione dei cavidotti bisogna seguire quanto specificato nelle norme CEI 11-17 "Cavi interrati o posati in manufatti interrati". Il diametro interno del tubo deve essere almeno 1.3 volte il diametro del cerchio circoscritto al fascio dei cavi.

Per l'infilaggio dei cavi bisognerà prevedere, se necessario, pozzetti di dimensioni adeguate sulle tubazioni interrate, i pozzetti saranno posizionati ai piedi degli inseguitori solari o comunque in modo da limitare un tratto di linea a 35 m.

I pozzetti devono essere in cemento armato vibrato (c.a.v.) analoghe caratteristiche deve avere la soletta di copertura e l'eventuale prolunga atta a mantenere la profondità di posa dei tubi in corrispondenza del pozzetto. Al fine di drenare l'acqua dovranno essere presenti dei fori sul fondo del pozzetto.

All'interno dei pozzetti, una volta praticati i fori per i tubi e posizionati gli stessi, il punto di innesto dovrà essere opportunamente stuccato con malta di cemento asportando le eventuali eccedenze (il fondo dovrà essere pulito).

I cavi non dovranno subire curvature di raggio inferiore a 15 volte il loro diametro.

Nell'esecuzione degli scavi si dovrà procedere in modo da impedire scoscendimenti e franamenti.

Il fondo dello scavo dovrà essere piatto e privo di asperità che possano danneggiare le tubazioni.

La Ditta installatrice dovrà inoltre provvedere affinché le acque scorrenti alla superficie del terreno siano deviate in modo che non abbiano a riversarsi nei cavi.

Le materie provenienti dagli scavi, ove non siano utilizzabili o non ritenute adatte (a giudizio insindacabile della direzione dei lavori) ad altro impiego nei lavori, dovranno essere portate fuori della sede del cantiere, alle pubbliche discariche ovvero su aree che si dovrà provvedere a rendere disponibili a sua cura e spese.

Qualora le materie provenienti dagli scavi debbano essere successivamente utilizzate, esse dovranno essere depositate in cantiere o sito diverso, previo assenso della direzione dei lavori, per essere poi riprese a tempo opportuno. In ogni caso le materie depositate non dovranno essere di danno ai lavori, alle proprietà pubbliche o private ed al libero deflusso delle acque scorrenti in superficie.

10.3. Plinti e fondazioni

Per l'esecuzione di plinti di fondazione in cemento armato per l'ancoraggio dei pali di illuminazione, della recinzione esterna e della fondazione del magazzino:

- Gli impasti di conglomerato cementizio dovranno essere eseguiti in conformità di quanto previsto dalla normativa vigente;
- La distribuzione granulometrica degli inerti, il tipo di cemento e la consistenza dell'impasto, devono essere adeguati alla particolare destinazione del getto ed al procedimento di posa in opera del conglomerato.
- Il quantitativo d'acqua deve essere il minimo necessario a consentire una buona lavorabilità del conglomerato tenendo conto anche dell'acqua contenuta negli inerti.
- Partendo dagli elementi già fissati il rapporto acqua-cemento, e quindi il dosaggio del cemento, dovrà essere scelto in relazione alla resistenza richiesta per il conglomerato.
- L'impiego degli additivi dovrà essere subordinato all'accertamento della assenza di ogni pericolo di aggressività (norme UNI 9527 e 9527 FA-1-92).
- L'impasto deve essere fatto con mezzi idonei ed il dosaggio dei componenti eseguito con modalità atte a garantire la costanza del proporzionamento previsto.

10.4. Strutture di sostegno – inseguitori fotovoltaici

Le strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici saranno costituite da inseguitori monoassiali (solar tracker) a doppia fila di moduli fotovoltaici.

In particolare, per l'impianto oggetto del presente documento sono previste 3 tipologie di struttura aventi differenti dimensioni:

- per 52 moduli suddivisi in 2 stringhe;
- per 78 moduli suddivisi in 3 stringhe;
- per 104 moduli suddivisi in 4 stringhe.

Gli inseguitori saranno del tipo a "rollio" che, con l'ausilio di servomeccanismi, inseguono il Sole lungo il suo percorso quotidiano nel cielo, a prescindere dalla stagione, e dunque ruotando ogni giorno lungo un asse nord-

sud parallelo al suolo, ignorando la variazione di altezza (giornaliera ed annua) del sole sull'orizzonte. Tale tipo di inseguitore, che effettua una rotazione massima di $\pm 55^\circ$, risulta particolarmente adatto per i Paesi come l'Italia caratterizzati da basse latitudini, poiché in essi il percorso apparente del sole è più ampio. Per evitare il problema degli ombreggiamenti reciproci che con file di questi inseguitori si verificherebbero all'alba e al tramonto sollevandosi verso l'orizzonte, sarà impiegata la cosiddetta tecnica del backtracking: questa tecnica prevede che i servomeccanismi orientino i moduli in base ai raggi solari solo nella fascia centrale della giornata, ma invertano il tracciamento a ridosso di alba e tramonto. La posizione notturna di un campo fotovoltaico con backtracking è perfettamente orizzontale rispetto al suolo, e dopo l'alba il disassamento dell'ortogonale dei moduli rispetto ai raggi solari viene progressivamente ridotto man mano che le ombre lo permettono. Prima del tramonto viene eseguita un'analoga procedura al contrario, riportando il campo fotovoltaico in posizione orizzontale per il periodo notturno. Gli inseguitori saranno costituiti da profilati in acciaio zincato. Il servomeccanismo di rotazione sarà costituito da un motore in corrente continua avente potenza pari a 350 W controllato da controller a microprocessore (uno per ogni tracker). La rotazione seguirà un algoritmo basato su calcoli astronomici.

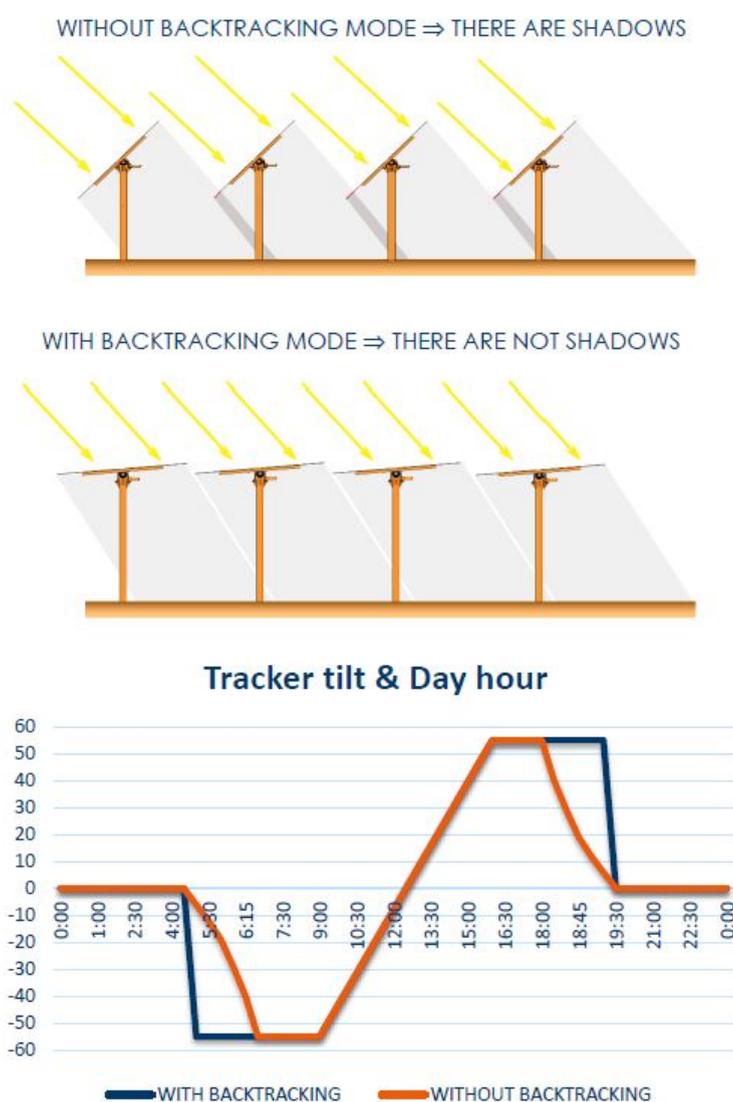


Figura 18 – Principio di gestione in Backtracking

I tracker saranno ancorati al suolo mediante pali direttamente infissi nel terreno, eventualmente con l'ausilio di predrilling mediante macchina battipalo

In funzione delle caratteristiche dalle analisi stratigrafiche puntuali, da effettuarsi nella fase esecutiva del progetto, ove non fosse possibile l'utilizzo di fondazioni infisse, potrebbero essere utilizzate le seguenti tipologie di fondazione:

- Pali a vite;
- Zavorre rimovibili, qualora fosse necessaria una soluzione di superficie;
- Leganti idraulici, qualora fosse strettamente necessario.

Ogni singolo inseguitore, mediante sistema di comunicazione "wireless", sarà connesso al sistema di controllo centrale che gestirà l'intero generatore fotovoltaico.

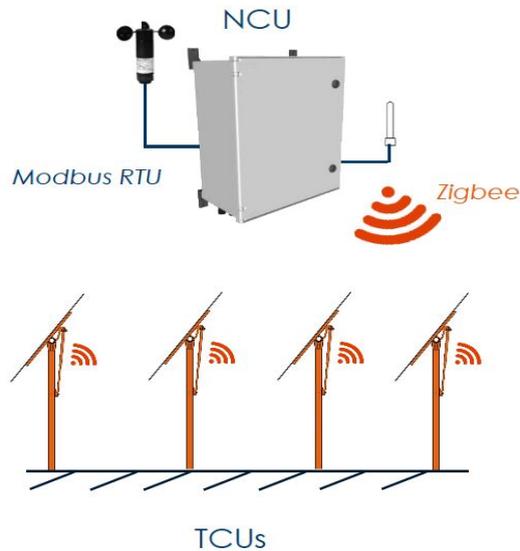


Figura 19 – Modalità di comunicazione sistema ad inseguimento solare



Figura 20 - Inseguitore monoassiale vista frontale



Figura 21 - Inseguitore monassiale vista posteriore

10.5. Cabine elettriche monoblocco

La cabina elettrica generale di impianto sarà realizzata con calcestruzzo vibrato tipo RCK350 e con cemento ad alta resistenza adeguatamente armato e opportunamente additivato con super fluidificante e con impermeabilizzante, idonei a garantire adeguata protezione contro le infiltrazioni di acqua per capillarità. L'armatura metallica interna a tutti i pannelli sarà costituita da doppia rete elettrosaldata e ferro nervato, entrambi B450C. Pannello di copertura calcolato e dimensionato secondo le prescrizioni delle NTC DM 17 01 2018, ma comunque per supportare sovraccarichi accidentali minimi di 480 Kg/m². Tutti i materiali utilizzati sono certificati CE.

Le cabine monobox saranno realizzate con resistenza caratteristica del calcestruzzo pari a $R_{ck} \geq 450 \text{ kg/cm}^2$. Le pareti esterne, con spessore di 90 mm, sono internamente ed esternamente trattate con intonaco murale plastico. Il tetto sarà del tipo piano.

Il pavimento avrà spessore 90 mm, calcolato per sopportare un carico uniformemente distribuito non inferiore a 500/600 kg/m² con ben 6000 kg concentrati in mezzera, idoneo a sopportare il peso delle apparecchiature elettromeccaniche anche durante le fasi di trasporto e movimentazione. Il pavimento è inoltre predisposto con apposite finestrate per il passaggio dei cavi AT e BT. Nella struttura in cemento, l'armatura elettrosaldata è fissata al contro-telaio degli infissi in maniera tale da formare una rete equipotenziale di terra uniformemente distribuita su tutta la superficie del chiosco. Per gli accessi ai locali saranno previste porte in resina sintetica. L'impianto elettrico (a vista in tubi protettivi) è completo dell'impianto di illuminazione con plafoniere stagne IP65. L'illuminazione artificiale della cabina, conformemente alla Norma CEI 64-8, è realizzata in modo da garantire un livello di illuminamento di 200 lux nella zona del campo visivo unitamente ad un fattore di uniformità di almeno 0,7 (norma UNI EN 12464-1) tale da permettere un facile e sicuro esercizio.

Le uscite sono dotate inoltre di illuminazione di sicurezza (norma UNI EN 1838: 2000) in grado di garantire un livello di illuminamento pari a 1 lux, mediante l'utilizzo di apparecchiature illuminanti autonome, con autonomia pari a 1 ora. Le porte e le griglie sono a secondo della richiesta in vetroresina e/o in lamiera, ignifughe ed autoestinguenti.

La ventilazione naturale all'interno del locale viene garantita con l'installazione di griglie di aerazione in resina, smontabili solo dall'interno per impedire eventuali intrusioni.

Le cabine saranno inoltre dotate di impianto di aspirazione forzata costituito da 2 ventilatori con portata d'aria pari ad almeno 8500 mc/h.

La cabina elettrica generale di impianto avrà lunghezza 12 mt., larghezza 2,5 mt e altezza fuori terra 2,5 mt, con vasca di fondazione monoblocco e predisposizione fuori di passaggio cavi.



Figura 22 - Cabina elettrica monoblocco prefabbricata - Cabina elettrica generale di impianto

Tale manufatto sarà posizionato su platea di fondazione in cemento da 13,00 x 4,00 x 0,20 mt.

La cabina elettrica di monitoraggio, invece, avrà lunghezza 6,00 mt., larghezza 2,5 mt circa e altezza fuori terra 2,80 mt, con vano di fondazione monoblocco e predisposizione fuori di passaggio cavi. Sarà del tipo "container 20" o similare.

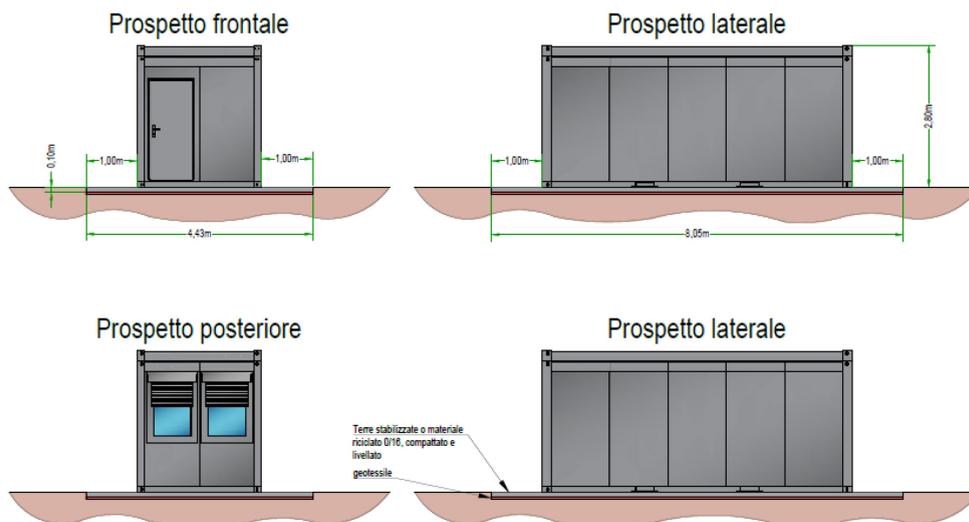


Figura 23 - Cabina elettrica monoblocco metallica prefabbricata - Cabina elettrica di monitoraggio

Tale manufatto sarà posizionato su platea di fondazione in cemento da 7,50 x 4,00 x 0,20 mt.

11. Note conclusive per il calcolo degli impianti

Oltre a quanto ampiamente descritto nel presente documento, per comprendere meglio i calcoli degli impianti di progetto e visionare gli schemi ed elaborati elettrici, si faccia riferimento ai seguenti documenti:

A9HBFX5_	ElaboratoGrafico_08	D8	Planimetria distribuzione elettrica MT in area parco e sezioni di posa
A9HBFX5_	ElaboratoGrafico_09	D9	Planimetria distribuzione elettrica BT in area parco e sezioni di posa
A9HBFX5_	ElaboratoGrafico_10	D10	Planimetria distribuzione corpi illuminanti
A9HBFX5_	ElaboratoGrafico_11	D11	Planimetria generale con distribuzione impianto antiintrusione e TVCC
A9HBFX5_	ElaboratoGrafico_12	D12	Schema quadri elettrici e dimensionamento linee corpi illuminanti
A9HBFX5_	ElaboratoGrafico_13	D13	Schema elettrico collegamenti distribuzione lato DC
A9HBFX5_	ElaboratoGrafico_14	D14	Schema elettrico collegamenti distribuzione lato AC
A9HBFX5_	ElaboratoGrafico_15	D15	Schema elettrico unifilare lato AT - 36 kV

A9HBFX5_	Calcolo_cadute_tensione	F3	Calcolo delle cadute di tensione
----------	-------------------------	----	----------------------------------

Massafra, Dicembre 2023

Firma del Tecnico



ORDINE INGEGNERI PROVINCIA TARANTO	
Dep. Ing.	Sezione A
MONTEMURRO Roberto	Settore: Industriale
n° 2832	