

Progetto per la costruzione ed esercizio di un Impianto Agrivoltaico a terra
e relative Opere di Connessione e alla rete AT di Terna

Grifoni PV [FG02]
[22.855,68 kWp]

Regione Puglia, Provincia di Foggia,
Comune di Ascoli Satriano

Titolo Elaborato
RELAZIONE ELETTRICA

Valutazione di Impatto ambientale
(artt. 23 -24 -25 D.Lgs.152/2005)
Commissione Tecnica PNRR - PNIEC
(artt.17 D.Lgs. 77/2021)

PROPONENTE

GRIFONI PV SRL

Via Don Luigi Sturzo, 14 - 52100 Arezzo
P.IVA 02446730513
grifonipv@legalmail.it

PROGETTAZIONE



Solarys I.S. srl

Via Don Luigi Sturzo, 14 - 52100 Arezzo
P.IVA 02326770514
info@solarysnrg.it

Arch. Mariagela Pugliese

Ordine degli Architetti, Provincia di Venezia n.5124 sez A
mariangela.pugliese@solarysis.it

Ing. Andrea Coradeschi

Ordine degli Ingegneri, Provincia di Arezzo n.1741 sez. A
andrea.coradeschi@solarysis.it

Scala	Formato	Codice Elaborato	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
	A4	SOLARYS_VIA_REL_07	A.C.	A.C.	A.C.
Revisione	Data	Descrizione			
00-	22/12/2023	PROGETTO DEFINITIVO			

2023 Disegni, calcoli, specifiche e tutte le altre informazioni contenute nel presente documento sono di proprietà della Solary I.S. srl
Al ricevimento di questo documento la stessa diffida di riprodurlo, in tutto o in parte, e di rivalerne il contenuto in assenza di esplicita autorizzazione.

SOMMARIO

1. PREMESSA	3
2. SCOPO	4
3. PROPONENTE	5
4. CONNESSIONE ALLA RTN	6
1. DEFINIZIONI	7
2. RIFERIMENTI LEGISLATIVI E NORMATIVI	9
3. DESCRIZIONE GENERALE DEL PROGETTO	12
4. IMPOSTAZIONE PROGETTUALE	13
1. SISTEMA DI ALIMENTAZIONE	13
5. DIMENSIONAMENTO DEGLI IMPIANTI	15
6. CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'IMPIANTO	17
7. PORTATA DEI CAVI IN REGIME PERMANENTE	19
8. ISOLAMENTO DEI CAVI	20
9. PROTEZIONE CONTRO IL CORTO CIRCUITO	23
10. MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI	24
11. MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI	25
12. CADUTE DI TENSIONE NEI CAVI	27
13. SISTEMA DI CORRENTE CONTINUA (IT)	28
14. MISURE DI PROTEZIONE SUL COLLEGAMENTO DELLA RETE ELETTRICA	29
15. COLLEGAMENTI ELETTRICI	30
16. IMPIANTO DI MESSA A TERRA	31
17. SISTEMA DI MONITORAGGIO	32
18. QUADRI ELETTRICI	33
19. COMPONENTI IMPIANTO FOTOVOLTAICO	34
1. SEZIONE 36KV	37
2. RITERI DI DIMENSIONAMENTO DEI CAVI	37
3. CRITERIO DI VERIFICA	39
4. DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DELLA LINEA DI CAMPO	40
5. CRITERI PER L'INDIVIDUAZIONE DEL TRACCIATO	41
6. PROGETTAZIONE DELLA CANALIZZAZIONE	41
7. ALLEGATI:	43

1 PREMESSA

La presente relazione descrive in maniera definitiva ma non esecutiva le fasi necessarie alla realizzazione di quanto in oggetto al presente progetto, ovvero di un campo agrivoltaico da 22.855,68kWp e delle relative opere di rete connesse. Lo schema di allacciamento alla RTN di Terna, prevede che l'impianto venga collegato in antenna a 36 kV sul futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) a 150 kV della RTN denominata "Camerelle", previa realizzazione di una nuova SE RNT 380/150kV da inserire in entra - esce all'elettrodotto 380 kV RTN "Bisaccia-Deliceto e realizzazione di due nuovi elettrodotti 150kV di collegamento tra le SE suddette.

L'area di studio è localizzata nella porzione Nord-Occidentale della regione Puglia, in provincia di Foggia, Comune di Ascoli Satriano a circa 4,5Km a Sud dal centro, in località denominata "Cianfurro", al limite tra la Regione dell'Alto Tavoliere e la Valle dell'Ofanto.

L'area del campo è censita al catasto terreni del Comune di Ascoli Satriano al Foglio n.80, particelle n. 46, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 63, 64, 65, 76, 77. L'elettrodotto di connessione alla Rete Terna, tra la cabina di consegna all'interno del campo e l'Ampliamento della Stazione di Camerelle, invece, si sviluppa su strada Pubblica nel medesimo Comune ai fogli catastali n. 80, 89, 90, 92; un piccolo tratto ricade invece in area di competenza del Comune di Candela ed è censito al catasto terreni del medesimo Comune a foglio n. 18.

La suddetta strada interessa sedimi stradali di diversa competenza, nello specifico gran parte di essa si sviluppa lungo la SP95.

Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di riferimento.

L'impianto fotovoltaico sarà realizzato su strutture ad inseguimento solare monoassiali del tipo "2-inportrait", con sistema backtracking, con una potenza nominale installata di circa 22.855,68kWp. Per il layout d'impianto, in questa fase, sono stati scelti moduli bifacciali della potenza nominale di 620 Wp (in condizioni STC) della Eging, per un totale di circa 36.864 moduli fotovoltaici. Le strutture tracker che compongono l'impianto FV avranno lunghezze diverse, multiple della lunghezza di una stringa di moduli, con una distanza di pitch di circa 10 m. Gli inverter multistringa utilizzati saranno del tipo Sungrow da 350 kVA, per un totale di 69 inverter. Si sottolinea che in fase esecutiva, soprattutto in riferimento alla situazione di mercato al momento dell'acquisto dei componenti, potrà essere scelta una diversa tipologia di moduli e sistemi ad inseguimento solari con pari prestazioni. Tale scelta sarà comunque effettuata tenendo conto sia della potenza massima installabile e sia che vengano garantite ottime prestazioni di durata e di producibilità dell'impianto FV.

2 SCOPO

Scopo della presente relazione tecnica è la descrizione delle opere necessarie per la realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte solare, denominato “***Impianto Fotovoltaico Grifoni***” che **Grifoni PV S.r.l.** intende realizzare. L’impianto fotovoltaico è di tipo fisso, con orientamento Est-Ovest, connesso alla rete di distribuzione elettrica ed installato a terra tramite strutture in acciaio zincato a caldo. L’impianto è ubicato nei terreni censiti nel NCT del comune di Ascoli Satriano (FG) Foglio 80, particelle 46,53,54,55,56,57,58,59,63,64,65,76,77.

L’impianto è caratterizzato da una potenza nominale pari a 22.855,68 kWp (@STC) ed utilizza moduli in silicio monocristallino.

La presente sezione raccoglie le istruzioni tecniche e dimostrazioni sul dimensionamento dell’impianto e dalla sua rispondenza alle norme vigenti applicabili, con riferimento anche a possibili soluzioni alternative.

La trattazione esposta non può evidentemente vantare presunzione di esaustività; pertanto, per quanto non espressamente richiamato nei successivi paragrafi, si rimanda direttamente alle norme tecniche applicabili, che sostanzialmente s’intendono parte integrante della presente anche se non materialmente allegate, sempre nell’intento dichiarato di realizzare un impianto conforme alla regola dell’arte.

3 PROPONENTE

Il proponente del progetto è Grifoni PV Srl, con sede ad Arezzo, in via Don Luigi Sturzo, 14.

4 CONNESSIONE ALLA RTN

Per la connessione alla RTN sarà richiesto il preventivo di connessione a Terna, secondo le seguenti condizioni:

- Potenza in immissione richiesta (art. 1.1,x del TICA): **22.855,68 kW**
- Potenza in immissione dell'impianto di produzione: **21.867,60 kW**
- Potenza richiesta in prelievo: 50 kW
- Potenza ai fini della connessione in AT (art. 1.1,z del TICA): **21.867,60,00 kW**

5 DEFINIZIONI

Ai fini del presente elaborato, si applicano le definizioni riportate nel Glossario del Codice di Trasmissione, Dispacciamento, Sviluppo e sicurezza della Rete. Nel seguente elenco si riportano alcune di esse opportunamente integrate.

Campo fotovoltaico: insieme di tutte le stringhe fotovoltaiche di un sistema dato;

Centrale fotovoltaica (o impianto fotovoltaico): insieme di uno o più campi fotovoltaici e di tutte le infrastrutture e apparecchiature richieste per collegare gli stessi alla rete elettrica ed assicurarne il funzionamento;

Interruttore generale (o di interfaccia): interruttore la cui apertura assicura la separazione dell'intera Centrale Fotovoltaica dalla Rete del Gestore. Nella generalità dei casi la separazione non include la linea di connessione alla RTN di proprietà dell'Utente.

Interruttore di inverter: interruttore la cui apertura assicura la separazione del singolo inverter dalla rete;

Inverter: apparecchiatura impiegata per la conversione della corrente continua prodotta dai moduli fotovoltaici;

Linee di sottocampo: linee a tensione minore o uguale a 36 kV che raccolgono la produzione parziale della centrale fotovoltaica su una sezione dell'Impianto di Utenza di uguale livello di tensione;

Potenza apparente nominale dell'inverter (S_{n-INV}): potenza apparente del singolo inverter alla tensione nominale che può essere fornita con continuità lato corrente alternata nelle normali condizioni di funzionamento. È riportata nei dati di targa. È espressa in kVA;

Potenza nominale dell'inverter (P_{n-INV}): potenza attiva del singolo inverter alla tensione nominale che può essere fornita con continuità lato corrente alternata nelle normali condizioni di funzionamento ad un determinato valore di $\cos(\phi)$. Ai fini del presente documento la potenza nominale è quella corrispondente ad un funzionamento dell'inverter a $\cos(\phi) = 0,9$. È espressa in kW.

Potenza nominale della Centrale Fotovoltaica (P_n): è data dalla somma delle potenze nominali dei singoli inverter. È espressa in MW.

Potenza nominale dei moduli fotovoltaici: potenza attiva alla tensione nominale che può essere fornita con continuità in condizioni specificate da ogni singolo modulo. È riportata nei dati di targa. È espressa in kWp;

Potenza nominale disponibile della Centrale Fotovoltaica (P_{nd}): somma delle potenze nominali degli inverter disponibili in un determinato momento. Si ottiene sottraendo alla potenza nominale totale della Centrale Fotovoltaica (P_n) la potenza nominale degli inverter non utilizzabili. È espressa in MW.

Potenza erogabile dalla Centrale Fotovoltaica (P_e): potenza che può essere erogata dalla centrale nelle condizioni ambientali correnti. È la somma delle potenze erogabili degli inverter disponibili in un determinato momento. È espressa in MW;

Potenza attiva immessa in rete dalla Centrale Fotovoltaica (P): potenza erogata dalla Centrale Fotovoltaica alla rete, misurata nel Punto di Connessione. È espressa in MW.

Potenza reattiva immessa in rete dalla centrale fotovoltaica (Q): potenza erogata dalla centrale fotovoltaica alla rete, misurata nel punto di connessione. È espressa in MVar.

Punto di connessione: confine fisico tra la rete di trasmissione e l'Impianto di Utenza attraverso il quale avviene lo scambio fisico dell'energia elettrica.

Sottocampo fotovoltaico: le parti del campo fotovoltaico che si connettono in maniera distinta alla sezione di raccolta dell'Impianto di Utenza attraverso le linee di sotto-campo. Il termine sottocampo fotovoltaico non

rappresenta l'insieme delle stringhe connesse al singolo inverter ma fa riferimento alla parzializzazione della Centrale Fotovoltaica.

6 RIFERIMENTI LEGISLATIVI E NORMATIVI

Di seguito sono riportati i principali riferimenti normativi applicati nella progettazione dell'impianto o comunque di supporto:

- Decreto Legislativo 16 marzo 1999, n. 79/99: "Attuazione della direttiva 96/92/CE recante norme comuni per il mercato interno dell'energia elettrica";
- Delibera Autorità per l'energia elettrica ed il gas n. 281 del 19 dicembre 2005: "Condizioni per l'erogazione del servizio di connessione alle reti elettriche con tensione nominale superiore ad 1 kV i cui gestori hanno obbligo di connessione di terzi";
- Delibera Autorità per l'energia elettrica ed il gas n. 168 del 30 dicembre 2003: "Condizioni per l'erogazione del pubblico servizio di dispacciamento dell'energia elettrica sul territorio nazionale e per l'approvvigionamento delle relative risorse su base di merito economico, ai sensi degli articoli 3 e 5 del decreto legislativo 16 marzo 1999, n. 79" e relativo Allegato A modificato con ultima deliberazione n.20/06;
- Delibera Autorità per l'energia elettrica ed il gas n. 39 del 28 febbraio 2001: "Approvazione delle regole tecniche adottate dal Gestore della rete di trasmissione nazionale ai sensi dell'articolo 3, comma 6, del decreto legislativo 16 marzo 1999, n. 79";
- Delibera Autorità per l'energia elettrica ed il gas n. 333 del 21 dicembre 2007: "Testo integrato della regolazione della qualità dei servizi di distribuzione, misura e vendita dell'energia elettrica" – TIQE;
- Delibera Autorità per l'energia elettrica ed il gas n. 348 del 29 dicembre 2007: "Testo integrato delle disposizioni dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas per l'erogazione dei servizi di trasmissione, distribuzione e misura dell'energia elettrica per il periodo di regolazione 2008-2011 e disposizioni in materia di condizioni economiche per l'erogazione del servizio di connessione" e relativi allegati: Allegato A, di seguito TIT, Allegato B, di seguito TIC;
- Delibera Autorità per l'energia elettrica ed il gas ARG/elt 99/08 del 23 luglio 2008: "Testo integrato delle condizioni tecniche ed economiche per la connessione alle reti elettriche con obbligo di connessione di terzi degli impianti di produzione di energia elettrica (Testo integrato delle connessioni attive – TICA)";
- Delibera Autorità per l'energia elettrica ed il gas ARG/elt 179/08 del 11 dicembre 2008: "Modifiche e integrazioni alle deliberazioni dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas ARG/elt 99/08 e n. 281/05 in materia di condizioni tecniche ed economiche per la connessione alle reti elettriche con obbligo di connessione di terzi degli impianti di produzione di energia elettrica";
- Norma CEI 0-16 "Regole Tecniche di Connessione (RTC) per Utenti attivi ed Utenti passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica";
- DLgs n. 81 del 09/04/2008 TESTO UNICO SULLA SICUREZZA per la Prevenzione degli Infortuni

sul Lavoro;

- DM n. 37 del 22/01/2008 Norme per la sicurezza degli impianti;
- Dlg 791/77 “Attuazione della direttiva 73/23/CEE riguardanti le garanzie di sicurezza del materiale elettrico”;
- Legge n° 186 del 01/03/68;
- DPR 462/01;
- Direttiva CEE 93/68 “Direttiva Bassa Tensione”;
- Direttiva 2004/108/CE, CEI EN 50293 “Compatibilità Elettromagnetica”;
- Norma CEI 64-8: “Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata a 1500 V in corrente continua;
- CEI 17-44 Ed. 3a 2000 (CEI EN 60947-1) CEI 17-44;V1 2002 (CEI EN 60947-1/A1) CEI 17-44; V2 2002 (CEI EN 60947-1/A2) “Apparecchiature a bassa tensione - Parte 1: Regole generali”;
- CEI 70-1 Ed. 2a 1997 (CEI EN 60529) CEI 70-1;V1 2000 (CEI EN 60529/A1) “Grado di protezione degli involucri (Codice IP)”;
- CEI EN 60439-1 “Normativa dei quadri per bassa tensione”;
- CEI 20-22 II, 20-35, 20-37 I, 23-48, 23-49, 23-16, 23-5;
- CEI 23-51 “Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare”;
- CENELEC EUROPEAN “Norme del Comitato Elettrotecnico Europeo”;
- CEI – UNEL 35011 “Sistema di codifica dei cavi”;
- CEI 214-9 “Requisiti di progettazione, installazione e manutenzione”;
- Norma CEI 11-17 “Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo”;
- UNI 10349 Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati Climatici;
- UNI 8477/1 Energia solare. Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia Valutazione dell’energia raggiante ricevuta;
- Legge 46/1990, DPR 447/91 (regolamento attuazione L.46/90) per la sicurezza elettrica;
- Per le strutture di sostegno: DM MLP 12/2/82.

Le norme amministrative che regolano il procedimento di autorizzazione per la costruzione di linee elettriche sotterranee sono le seguenti:

- Regio Decreto 11/12/1933 n° 1775 recante il "Testo unico delle disposizioni di legge sulle acque e sugli impianti elettrici”;
- Legge Regionale, se vigente, in materia di autorizzazione per la costruzione di linee ed impianti elettrici fino a 150 kV.

Per quanto attiene l'aspetto tecnico le norme che disciplinano la progettazione, la costruzione e l'esercizio delle linee elettriche sotterranee della distribuzione sono:

- DM 24/11/1984 "Norme di sicurezza antincendio per il trasporto, la distribuzione, l'accumulo e l'utilizzazione del gas naturale con densità non superiore a 0,8";
- DM 21/03/1988 "Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione, e l'esercizio delle linee elettriche aeree esterne", limitatamente all'art. 2.1.17;
- D. Lgs. 285/92 "Codice della strada";
- DPR 16/12/92 n° 495 "Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo Codice della strada";
- DPR 16/09/96 n° 610 "Regolamento recante modifiche al decreto del Presidente della Repubblica 16 dicembre 1992, n° 495, concernente il regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo Codice della strada";
- Direttiva della Presidenza del Consiglio dei Ministri - Dipartimento delle Aree Urbane 03/03/1999 "Sistemazione nel sottosuolo degli impianti tecnologici"
- Norma CEI 11-17 "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica - Linee in cavo";
- Norma CEI 11-46 "Strutture sotterranee polifunzionali per la coesistenza di servizi a rete diversi - Progettazione, costruzione, gestione e utilizzo - Criteri generali e di sicurezza";
- Norma CEI 11-47 "Impianti tecnologici sotterranei - Criteri generali di posa".
- Norma CEI EN 50086 2-4 "Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche Parte 2-4: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi interrati".

L'elenco normativo è riportato soltanto a titolo di promemoria informativo; esso non è esaustivo per cui eventuali leggi o norme applicabili, anche se non citate, verranno comunque applicate.

7 DESCRIZIONE GENERALE DEL PROGETTO

L'impianto di produzione di energia elettrica da fonte solare, con strutture fisse orientate Est-Ovest con moduli da 620 Wp ciascuno, è suddiviso in 9 sottocampi per una potenza totale pari a 22.855,68 kWp.

Ogni sottocampo è dotato di un proprio gruppo di inverter per la conversione da cc ad ca e trasformatore 0,8/36 kV; la tensione interna al campo fotovoltaico sarà quindi di 36.000 V.

Tutta l'energia elettrica prodotta verrà ceduta alla rete.

8 IMPOSTAZIONE PROGETTUALE

Nella fase iniziale dello studio dell'impianto elettrico è necessario considerare una serie di elementi ed informazioni essenziali per il calcolo ed il dimensionamento.

Gli elementi da considerare sono i seguenti:

- dati relativi alla tipologia dell'impianto e sua classificazione e destinazione d'uso in modo da individuare in modo univoco tutte le norme di riferimento per la progettazione e realizzazione dell'impianto;
- dati relativi alle utenze da alimentare (potenza, tensione, cicli, contemporaneità di funzionamento, loro dislocazione sulla planimetria nell'area considerata);
- dati relativi alle sorgenti di alimentazione dell'energia elettrica (tensione nominale, frequenza, potenza di cortocircuito nel punto di consegna, ecc.);
- dati relativi alle condizioni ambientali del luogo in cui verrà realizzato l'impianto;
- specifiche esigenze nei riguardi soprattutto di affidabilità, continuità di servizio, qualità dell'alimentazione.

9 SISTEMA DI ALIMENTAZIONE

Le norme CEI definiscono sistema elettrico la “parte di un impianto elettrico costituito dal complesso dei componenti elettrici aventi una determinata tensione nominale”; inoltre, secondo la Norma CEI 11-1 la suddivisione dei sistemi elettrici avviene in quattro categorie, ovvero:

Sistemi di categoria	Tensione nominale U_n [V]
0 (zero)	≤ 50 c.a. / ≤ 120 c.c.
I	$50 < U_n \leq 1.000$ c.a. $120 < U_n \leq 1.500$ c.c.
II	$1.000 < U_n \leq 30.000$ c.a. $1.500 < U_n \leq 30.000$ c.c.
III	$U_n > 30.000$

Dalla precedente tabella si evince che l'intervento in esame è considerato di I categoria per la parte a valle dei trasformatori di sottocampo e dei servizi ausiliari e di III categoria per quella a monte fino al punto di consegna dell'energia da parte del distributore di zona.

Il sistema BT (800V) è di tipo TN-S: il centro stella del trasformatore è collegato al nodo equipotenziale della cabina di trasformazione da cui si derivano tutti i collegamenti di terra ed i collegamenti equipotenziali.

Il valore della corrente di cortocircuito massima, da considerare per la scelta delle apparecchiature dell'Utente, è calcolato secondo la seguente relazione:

$$I_{cc} = I''n * \frac{U_n}{U_{cc}} \text{ oppure } I_{cc} = 100 * \frac{I''n}{U_{cc}}$$

Dove:

- $I''n$: corrente nominale al secondario del trasformatore,
- U_n : tensione nominale al secondario del trasformatore,
- U_{cc} : tensione di cortocircuito del trasformatore,

Tutta la progettazione è sviluppata di conseguenza. Infatti, come da schemi dei quadri elettrici, tutti i dispositivi di protezione installati all'interno del quadro elettrico generale hanno potere d'interruzione superiore alla corrente di cortocircuito a valle del trasformatore.

10 DIMENSIONAMENTO DEGLI IMPIANTI

Assieme alla determinazione della consistenza, nel dimensionamento di un impianto elettrico, ha un ruolo fondamentale la scelta dei cavi e delle relative protezioni. Per definire i due componenti sopra citati si utilizza il seguente schema operativo attuato nella progettazione di cui tratta la presente relazione tecnica:

- 1 scelta del sistema di distribuzione (TT, TN o IT) e (400V 3F+N, 230V F+N, ecc.);
- 2 determinazione delle correnti d'impiego delle condutture (I_b);
- 3 scelta dei cavi e della loro portata, tenendo conto delle modalità di posa e delle caratteristiche costruttive dei cavi;
- 4 calcolo delle correnti di sovraccarico e di cortocircuito presunta;
- 5 verifica della caduta di tensione ammessa;
- 6 scelta dei dispositivi di protezione, ovvero degli interruttori automatici, in base alla corrente d'impiego delle condutture da proteggere e al livello di cortocircuito nel punto in cui sono installati (la corrente nominale " I_n " o di regolazione " I_r " del dispositivo di protezione dev'essere determinata in modo che consenta al carico di essere alimentato permanentemente e sia insensibile alle correnti di inserzione;
- 7 verifiche di congruenza interruttore/cavo, ovvero, nell'ordine:
 - a verifica della protezione contro il cortocircuito massimo confrontando l'energia specifica passante dell'interruttore automatico con l'energia specifica ammissibile del cavo;
 - b verifica della protezione contro i cortocircuiti a fondo linea;
 - c verifica lunghezza massima ammessa dei cavi;
 - d verifica della protezione contro i contatti indiretti.

Lo sviluppo e la verifica di quanto appena enunciato è argomento dei prossimi paragrafi. In concreto, sono stati comunque assunti una serie di prerequisiti, che si riepilogano qui appresso.

Le potenzialità dell'impianto elettrico è stata calcolata sulla base delle potenze impegnate, le quali sono ricavate dalle schede tecniche degli inverter; ne consegue che le prestazioni e le garanzie per quanto concerne le portate di corrente, le cadute di tensione, le protezioni e l'esercizio in genere sono riferite alla potenza impegnata, come innanzi definita.

In previsione di qualsiasi futuro ampliamento si propongono e quindi dovranno essere previsti una serie di accorgimenti per evitarne lo sconvolgimento in futuro in seguito ad eventuali cambiamenti, con i relativi ulteriori disagi e costi economici che questo comporterebbe.

Nella progettazione dell'impianto elettrico si è privilegiata la distribuzione radiale, la quale rispetto a quella dorsale conferisce maggior affidabilità e selettività, con la realizzazione di più circuiti con una linea specifica dedicata, protetti e singolarmente sezionabili direttamente sul quadro elettrico. Questa condizione, consigliata ma non imposta dalla regola dell'arte, è soddisfatta anche nei confronti dei contatti indiretti, la cui protezione sarà demandata agli interruttori dei circuiti di appartenenza, muniti di sganciatore differenziale.

11 CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'IMPIANTO

Il generatore fotovoltaico presenta una potenza nominale pari a 22.855,68 kWp, intesa come somma delle potenze di targa o nominali di ciascun modulo misurata in condizioni standard (STC: Standard Test Condition), le quali prevedono un irraggiamento pari a 1000 W/m² con distribuzione dello spettro solare di riferimento di AM=1,5 e temperatura delle celle di 25°C, secondo norme CEI EN 904/1-2-3.

L'impianto sarà realizzato con strutture ad inseguimento su cui sono installati i pannelli fotovoltaici da 620 W/cad. tipo EGING PV mod. AURORA Pro SERIES art. EG-620NT60-HU/BF-DG.

I suddetti moduli saranno poi collegati agli inverter previsti in progetto tipo Sungrow mod. SG350HX da 350kVA (Uscita 320kW).

I sottocampi saranno collegati tra loro da una rete a 36 kV, tramite cavidotto interrato. Ogni cabina di sottocampo sarà dotata di trasformatore 35/0,8 kV.

Come si evince dagli elaborati allegati, ogni sottocampo sarà servito da inverter da 320kW a cui saranno collegate stringhe da 32 moduli ciascuna.

Considerando una variazione della tensione a circuito aperto di ogni cella in dipendenza della temperatura pari a - 0,25 %/°C e i limiti di temperatura estremi pari a 0°C (dati di progetto) e +46°C, Vm e Voc assumono valori differenti rispetto a quelli misurati a STC (25°C).

In tutti i casi le condizioni di verifica risultano rispettate e pertanto si può concludere che vi è compatibilità tra le stringhe di moduli fotovoltaici e il tipo di inverter adottato.

Nella tabella di seguito riportata vengono riassunti i dati di dimensionamento dell'impianto:

DATI MODULO	
Pmpp (W)	620
Vmpp (V)	36,18
Impp (A)	17,14
Voc (V)	43,27
Isc (A)	18,16
DATI INVERTER	
Massima tensione in ingresso (V)	1500
Minima tensione in ingresso (V)	500
Massima corrente in ingresso (A)	40
DATI STRINGA	
Totale moduli (u)	32
Totale potenza di stringa (W)	19840
Tipologia collegamento moduli	Serie
Corrente Impp di stringa (A)	17,14
Corrente Isc di stringa (A)	18,16

Tensione Vmpp (V)	1157,76
Tensione Voc (V)	1384,64
Tensione massima alla minima temperatura (V) - @-10°C	1471,18
Tensione alla massima temperatura (V) - @+50°	1085,4
VERIFICHE	
Tensione minima stringa > Tensione minima inverter	OK
Tensione massima stringa < Tensione massima inverter	OK
Corrente di stringa < Corrente massima ingresso inverter	OK

12 PORTATA DEI CAVI IN REGIME PERMANENTE

Le sezioni dei cavi per i vari collegamenti previsti sono tali da assicurare una durata di vita adeguata alla stima della vita utile dell'impianto dei conduttori e degli isolamenti sottoposti agli effetti termici causati dal passaggio della corrente elettrica per periodi prolungati e in condizioni ordinarie di esercizio. La verifica per sovraccarico è stata eseguita utilizzando la relazione:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z \quad \text{e} \quad I_f \leq 1,45$$

Dove:

I_B = corrente d'impiego del cavo

I_N = portata del cavo in aria a 30°C, relativa al metodo d'installazione previsto nelle Tabelle I o II della Norma CEI-UNEL 35025

I_Z = portata del cavo nella condizione d'installazione specificata (tipo di posa e temperatura ambiente)

I_f = corrente che assicura l'effettivo funzionamento del dispositivo di protezione entro il tempo convenzionale in condizioni definite.

Per la parte in corrente continua, non protetta da interruttori automatici o fusibili nei confronti delle sovracorrenti e del corto circuito, I_B risulta pari alla corrente nominale dei moduli fotovoltaici in corrispondenza della loro potenza di picco (MPPT), mentre I_N e I_f possono entrambe essere poste uguali alla corrente di corto circuito dei moduli stessi, rappresentando questa un valore massimo non superabile in qualsiasi condizione operativa. In assenza di dispositivi di protezione contro le sovracorrenti, la seconda relazione non risulta applicabile alla parte in corrente continua.

13 ISOLAMENTO DEI CAVI

A seguito dell'entrata in vigore del **Regolamento CPR** per i cavi elettrici (**1° luglio 2017**), tutti cavi installati permanentemente nelle costruzioni, siano essi per il trasporto di energia o di trasmissione dati, di qualsiasi livello di tensione e con conduttori metallici o fibra ottica, dovranno essere classificati in base alle classi del relativo ambiente di installazione.

Tutti i cavi per posa mobile non rientrano nello scopo del regolamento CPR, pertanto non è richiesta obbligatoriamente la rispondenza alla classificazione CPR.

Nei caso in cui l'incendio costituisca un pericolo in ambienti come edifici ed altre opere di ingegneria civile, la propagazione dello stesso lungo i cavi e le emissioni di fumo ed acidità devono essere limitate mediante l'impiego di cavi classificati per il Regolamento CPR secondo la corretta classe di reazione al fuoco in relazione alle prescrizioni installative.

In relazione al loro comportamento al fuoco i cavi elettrici possono essere distinti in 2 macro categorie:

➤ CAVI CON CARATTERISTICHE DI REAZIONE AL FUOCO

I cavi sono stati classificati in 7 classi di Reazione al Fuoco Aca, B1ca, B2ca, Cca, Dca, Eca e Fca identificate dal pedice "ca" (cable) in funzione delle loro prestazioni decrescenti.

Ogni classe prevede soglie minime per il rilascio di calore e la propagazione della fiamma.

Oltre a questa classificazione principale, le Autorità europee hanno regolamentato anche l'uso dei seguenti parametri aggiuntivi:

- s opacità dei fumi
- d gocciolamento di particelle incandescenti
- a acidità (pericolosità dei fumi per le persone e la corrosività)

Di seguito i cavi delle quattro classi di reazione al fuoco per i cavi elettrici in relazione al Regolamento Prodotti da Costruzione (UE 305/2011), inserite nella CEI UNEL 35016, che consentono di rispettare le prescrizioni installative nell'attuale versione della Norma CEI 64-8:

- Cavi con classe di reazione al fuoco **Eca**, secondo la norma CEI EN 50575 (CEI 20-115), sono cavi che installati singolarmente nella disposizione più sfavorevole (cioè in verticale) non propagano la fiamma. Un fascio di cavi che supera la prova di non propagazione della fiamma (classe Eca) non garantisce la non propagazione dell'incendio [ad esempio **H07V-K**, **H07RN-F** e **altri cavi armonizzati**];
- Cavi con classe di reazione al fuoco **Cca-s3,d1,a3**, secondo la norma CEI EN 50575 (CEI 20-115), sono cavi per cui la propagazione della fiamma lungo il fascio nella posizione più sfavorevole (cioè in verticale) è limitata ad una lunghezza inferiore ai 2m e particolarmente adatti nei luoghi nei quali, in caso d'incendio, le persone presenti siano esposte a limitati rischi per le emissioni di fumo ed acidità [**FG16(O)R16 0.6/1kV**, **FS17 450/750V**];

- Cavi a basso sviluppo di fumi ed acidità con classe di reazione al fuoco **Cca-s1b,d1,a1** secondo la norma CEI EN 50575 (CEI 20-115), sono cavi per cui la propagazione della fiamma lungo il fascio nella posizione più sfavorevole (cioè in verticale) è limitata ad una lunghezza inferiore ai 2m e per cui le emissioni di fumo ed acidità sono limitati al minimo. Particolarmente adatti nei luoghi nei quali, in caso d'incendio, le persone presenti siano esposte a gravi rischi per le emissioni di fumo ed acidità [FG16(O)M16 0.6/1kV, FG17 450/750V].
- Cavi a basso sviluppo di fumi ed acidità con classe di reazione al fuoco **B2ca-s1a,d1,a1** secondo la norma CEI EN 50575 (CEI 20-115), sono cavi per cui la propagazione della fiamma lungo il fascio nella posizione più sfavorevole (cioè in verticale) è limitata ad una lunghezza inferiore ai 1.5m e per cui le emissioni di fumo ed acidità sono limitati al minimo. Particolarmente adatti nei luoghi nei quali, in caso d'incendio, le persone presenti siano esposte a gravi rischi per le emissioni di fumo ed acidità [FG180M16 0.6/1kV, FG180M18 0.6/1kV].

➤ CAVI CON CARATTERISTICHE DI RESISTENZA AL FUOCO

I cavi resistenti al fuoco sono rispondenti alle Norme CEI EN 50200 (20-36/4-0), CEI EN 50362 (CEI 20-36/5-0) e CEI EN 50577 (20-36/6-0), le quali descrivono i metodi di prova per la resistenza al fuoco (capacità di un cavo di assicurare il funzionamento per un determinato periodo di tempo durante l'incendio) e devono quindi essere in grado di garantire il servizio durante l'incendio per un determinato periodo di tempo anche se direttamente esposti alle fiamme. Tali cavi sono anche non propaganti l'incendio e a bassa emissione sia di fumi opachi che di gas tossici e corrosivi.

Considerate le caratteristiche del progetto, essendo l'impianto totalmente all'esterno del fabbricato e quindi in ambiente aperto, non si ritiene necessario installare cavi a bassa emissione di fumi e/o gas tossici. Inoltre date le caratteristiche delle tensioni di esercizio e di posa citate ai punti precedenti non è e non sarà permessa l'installazione di cavi a singolo isolamento (per esempio cavi di tipo FS17), isolati per tensioni U_o/U 450/750 V, senza guaina.

Tutti i cavi, lato bassa tensione, saranno tuttavia conformi a regolamento CPR e realizzati da Berica Cavi e/o General Cavi o altro produttore equivalente. Si riporta di seguito le caratteristiche dei cavi scelti che saranno installati.

➤ CAVI LATO CORRENTE CONTINUA [DC]

- Cavo tipo H1Z2Z2-K: Cavi unipolari flessibili con tensione nominale massima 1.800Vcc. Per impianti fotovoltaici con isolamento e guaina in mescola reticolata senza alogeni LS0H.

Isolamento mescola speciale reticolata LSOH Guaina mescola speciale reticolata Senza Alogeni Conduttore a corda flessibile classe 5 di rame STAGNATO ricotto.	LSOH special compound isolation reticulated Halogen Free Sheath cross-linked special compound Flexible conductor TINNED copper, class 5.
---	--

<i>Tensione nominale U0</i>	1000V(AC) 1500V(DC)	<i>Nominal voltage U0</i>
<i>Tensione nominale U</i>	1000V(AC) 1500V(DC)	<i>Nominal voltage U</i>
<i>Tensione di prova</i>	6500 V AC	<i>Test voltage</i>
<i>Tensione massima Um</i>	1200V(AC) 1800V(DC Anche verso Terra)	<i>Maximun voltage Um</i>
<i>Temperatura massima di esercizio</i>	+90°C +120°C sul conduttore	<i>Maximun operating temperature</i>
<i>Temperatura massima di corto circuito</i>	+250°C/5s	<i>Maximun short circuit temperature</i>
<i>Temperatura minima di esercizio (senza shock meccanico)</i>	-40°C	<i>Min. operating temperature (without mechanical shocks)</i>
<i>Temperatura minima di installazione e maneggio</i>	-40°C to +90°C	<i>Minimum installation and use temperature</i>

Numero conduttori	Sezione nominale	Diametro indicativo conduttore	Spessore medio isolante	Diametro esterno Massimo	Peso indicativo del cavo	Resistenza elettrica a 20°C	Portata di Corrente ammissibile a 60°C	Portate di corrente In CC interrato a 20°C
<i>Cores number</i>	<i>Nominal Section</i>	<i>Approx conductor diameter</i>	<i>Insulation medium thickness</i>	<i>Maximum external diameter</i>	<i>Approx cable weight</i>	<i>Electric resistance at 20°C</i>	<i>Current carrying capacities 60°C</i>	<i>Current carrying buried 20°C</i>
(N°)	(mm²)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(Ohm/km)	(A)	(A)
Unipolare / Single core								
1x	2.5	2.0	0.7	5.4	42.5	8.21	41	32
1x	4 #	2.5	0.7	6.6	58.2	5.09	55	41
1x	6 #	3.0	0.7	7.4	79.4	3.39	70	52
1x	10 #	3.9	0.7	8.8	128.4	1.95	98	70
1x	16 #	5.0	0.7	10.1	184.5	1.24	132	91
1x	25	6.4	0.9	12.5	276.8	0.795	176	118
1x	35	7.7	0.9	14.0	368.8	0.565	218	144
1x	50	9.2	1.0	16.3	557	0.393	276	178
1x	70	11.0	1.1	18.7	767	0.277	347	218
1x	95	12.5	1.1	20.8	989.6	0.210	416	258
1x	120	14.2	1.2	22.8	1232.8	0.164	488	298
1x	150	15.8	1.4	25.5	1540	0.132	566	386
1x	185	17.5	1.6	28.5	1833	0.108	644	515
1x	240	20.1	1.7	32.1	2450	0.0817	775	620

➤ CAVI LATO CORRENTE ALTERNATA [AC]

- Cavo tipo FG16R16: Cavi per energia e segnalazioni flessibili per posa fissa, isolati in HEPR di qualità G16, non propaganti l'incendio a ridotta emissione di gas corrosivi. In accordo al Regolamento Europeo(CPR) UE 305/11.

Conduttore flessibile di rame rosso ricotto classe 5. Isolamento in HEPR di qualità G16 Riempitivo in materiale non fibroso e non igroscopico Guaina in mescola termoplastica tipo R16	Class 5 flexible copper conductor. Elastomeric mixture insulation (G16 quality). Not fibrous and not hygroscopic filler Outer Sheath PVC R16 type.
---	---

<i>Tensione nominale U0</i>	600V(AC) 1800V(DC)	<i>Nominal voltage U0</i>
<i>Tensione nominale U</i>	1000V(AC) 1800V(DC)	<i>Nominal voltage U</i>
<i>Tensione di prova</i>	4000 V	<i>Test voltage</i>
<i>Tensione massima Um</i>	1200V(AC) 1800V(DC)	<i>Maximun voltage Um</i>
<i>Temperatura massima di esercizio</i>	90	<i>Maximun operating temperature</i>
<i>Temperatura massima di corto circuito per sezioni fino a 240mm²</i>	250	<i>Maximun short circuit temperature for sections up to 240mm²</i>
<i>Temperatura massima di corto circuito per sezioni oltre 240mm²</i>	220	<i>Maximun short circuit temperature for sections over 240mm²</i>
<i>Temperatura minima di esercizio (senza shock meccanico)</i>	-15°C	<i>Min. operating temperature (without mechanical shocks)</i>
<i>Temperatura minima di installazione e maneggio</i>	0°C	<i>Minimum installation and use temperature</i>

GRIFONI PV S.R.L.

P.IVA: 02446730513

VIA Don Luigi Sturzo 14-52100-Arezzo

Tel. 0575 1385055

14 PROTEZIONE CONTRO IL CORTO CIRCUITO

Per la parte di circuito in corrente continua, la protezione contro il corto circuito è assicurata dalla caratteristica tensione- corrente dei moduli fotovoltaici che limita la corrente di corto circuito degli stessi a valori noti e di poco superiori alla loro corrente nominale. Pertanto, avendo già tenuto conto di tali valori nel calcolo della portata dei cavi in regime permanente, anche la protezione contro il corto circuito risulta assicurata.

Per ciò che riguarda il circuito in corrente alternata, la protezione contro il corto circuito è assicurata dal dispositivo limitatore contenuto all'interno dell'inverter. L'interruttore magnetotermico posto a valle dell'inverter agisce da ricalzo all'azione del dispositivo di protezione interno.

15 MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI

Ogni parte elettrica dell'impianto, sia in corrente continua che in corrente alternata è da considerarsi in bassa tensione. La protezione contro i contatti diretti è assicurata dall'utilizzo dei seguenti accorgimenti:

- utilizzo di componenti dotati di marchio CE (Direttiva CEE 73/23);
- utilizzo di componenti aventi un idoneo grado di protezione alla penetrazione di solidi e liquidi;
- collegamenti effettuati utilizzando cavo rivestito con guaina esterna protettiva, idoneo per la tensione nominale utilizzata e alloggiato in condotto portacavi idoneo allo scopo. Alcuni brevi tratti di collegamento tra i moduli fotovoltaici non risultano alloggiati in tubi o canali ma fissati alle strutture di sostegno e quindi soggetti a sollecitazioni meccaniche prevedibili.

In ogni caso valgono le prescrizioni riportate nella Norma CEI 64-8 Parte 4 "Prescrizioni per la sicurezza".

16 MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI

L'inverter e quanto contenuto nei quadri elettrici di impianto sono da considerarsi come sistema TN-S. La protezione contro i contatti indiretti è assicurata dai seguenti accorgimenti:

- collegamento al conduttore di protezione PE di tutte le masse, ad eccezione degli involucri metallici delle apparecchiature di Classe II (moduli fotovoltaici);
- i dispositivi di protezione intervengono in caso di primo guasto verso terra con un ritardo massimo di 0,4 secondi, oppure entro 5 secondi con la tensione sulle masse in quel periodo non superiore a 50V.
- La realizzazione di un impianto di terra a servizio dell'impianto fotovoltaico;
- Il collegamento al conduttore P.E. (collegato all'impianto di terra ed al centro stella del trasformatore in cabina) di tutte le parti metalliche dell'impianto elettrico;
- Il montaggio sui quadri generali di interruttori automatici magnetotermici differenziali che proteggono le linee di distribuzione principali fino alle utenze.

Avendo un sistema di distribuzione TN-S, la corrente d'intervento soddisferà, in base alle norme CEI 64-8, la seguente relazione:

$$Z_s * I_a \leq R_e$$

dove :

Z_s = impedenza dell'anello di guasto che comprende la sorgente, il conduttore attivo fino al punto di guasto ed il conduttore di protezione tra il punto di guasto e la sorgente;

U_o = tensione nominale in c.a., valore efficace tra fase e terra.

I_a = valore in ampere della corrente che provoca l'interruzione automatica del dispositivo di protezione, inferiore a 5 sec. per gli interruttori posti in cabina e come da tab. 41A per gli interruttori posti sui quadri secondari. Nel nostro caso sarà utilizzata la corrente differenziale nominale IDN.

Tutti gli utilizzatori previsti saranno protetti con interruttori secondari MT/Diff. con corrente differenziale non superiore a IDN=300mA.

17 CADUTE DI TENSIONE NEI CAVI

Per un corretto impiego degli utilizzatori è necessario che essi funzionino al valore di tensione nominale per la quale sono previsti. Per tale motivo si deve verificare che la caduta di tensione lungo la linea non assuma valori troppo elevati. I limiti di variazione della tensione sono diversi a seconda del tipo di impianto realizzato e della natura del carico alimentato. La caduta di tensione incide anche sulle perdite di produzione dell'impianto fotovoltaico.

La norma CEI 64-8/5 raccomanda una caduta di tensione, tra l'origine dell'impianto elettrico e qualunque apparecchio utilizzatore, non superiore in pratica al 4% della tensione nominale dell'impianto.

Per il dimensionamento ci si è serviti dell'ausilio di software tecnici di provata affidabilità e garantiscono oltre che il rispetto delle portate anche dei limiti di caduta di tensione in osservanza alle seguenti relazioni:

- $\Delta V_f = I_b \times L \times (R \cos \phi_i + X \sin \phi_i)$;
- $\Delta V_f = I_b \times L \times R \times \cos \phi_i$ (impiegabile con errore trascurabile per $S \leq 50 \text{ mm}^2$);
- $\Delta V\% = \Delta V_f / 2,3$ (valida per linee a 230/400V);

dove:

- ΔV_f è la caduta di tensione in volt proiettata sul vettore tensione di fase;
- I_b è la corrente d'impiego in ampere della linea;
- ϕ_i è l'angolo di sfasamento tra la corrente I_b e la tensione di fase;
- R è la resistenza al metro in Ω/m (tabellata UNEL 35023-70);
- X è la reattanza al metro in Ω/m (tabellata UNEL 35023-70);
- L è la lunghezza della condotta in metri.

Tutte le formule sono valide anche per i circuiti monofase raddoppiando la lunghezza L .

Il calcolo per il dimensionamento è stato condotto per tutte le ramificazioni della distribuzione, fino all'ultimo utilizzatore collegato. Per ogni tratto è stato effettuato il calcolo della caduta di tensione come da normativa. I risultati dei calcoli sono riportati negli elaborati allegati.

18 SISTEMA DI CORRENTE CONTINUA (IT)

Il sistema in corrente continua costituito dalle serie di moduli fotovoltaici e dai loro collegamenti agli inverter è un sistema denominato flottante cioè senza punto di contatto a terra. La protezione nei confronti dei contatti indiretti è assicurata, in questo caso, dalle seguenti caratteristiche dei componenti e del circuito:

- protezione differenziale IDN 30 mA
- collegamento al conduttore PE delle carcasse metalliche.

L'elevato numero di moduli fotovoltaici, suggerisce misure di protezione aggiuntive rispetto a quanto prescritto dalle norme CEI 64-8, le quali consistono nel collegamento equipotenziale di ogni struttura di sostegno dei moduli fotovoltaici. Si prevede pertanto di collegare con un conduttore equipotenziale da 6 mm² un punto metallico per ogni struttura di fissaggio e, a tale proposito, in fase di montaggio dovrà essere verificato che tra le strutture metalliche non vi siano interposte parti isolanti costituite da anelli di plastica o gomma, parti ossidate o altro. Questo per far sì che, dati i numerosi punti di collegamento, si possa supporre con certezza la continuità elettrica per struttura. In fase di collaudo la continuità elettrica dovrà comunque essere verificata.

I circuiti equipotenziali così ottenuti faranno capo, ognuno con apposito capocorda e bullone, ad una sbarra di terra in rame forata. Un conduttore di terra di idonea sezione verrà steso per collegare i collettori sopra descritti.

19 MISURE DI PROTEZIONE SUL COLLEGAMENTO DELLA RETE ELETTRICA

La protezione del sistema di generazione fotovoltaica nei confronti sia della rete di distribuzione pubblica è realizzata in conformità a quanto previsto dalla norma CEI 0-16 e s.i.m.. L'impianto risulta pertanto equipaggiato con un sistema di protezione che si articola su 3 livelli: Dispositivo del generatore; Dispositivo di interfaccia; Dispositivo generale.

Dispositivo di generatore:

Gli inverter sono internamente protetti contro il cortocircuito e il sovraccarico. Il riconoscimento della presenza di guasti interni provoca l'immediato distacco dell'inverter dalla rete elettrica. Il dispositivo di generatore è individuato nell'interruttore Magnetotermio Differenziale 4x400A, P.d.i. 25kA e blocco differenziale tarabile di tipo "A".

Dispositivo di interfaccia:

Il dispositivo di interfaccia deve provocare il distacco dell'intero sistema di generazione in caso di guasto sulla rete elettrica.

In particolare, secondo quanto previsto dal documento di unificazione ENEL il riconoscimento di eventuali anomalie sulla rete avviene considerando come anormali le condizioni di funzionamento che fuoriescono dai limiti di tensione e frequenza di seguito indicati:

- minima tensione: 0,8 Vn
- massima tensione: 1,2 Vn
- minima frequenza: 49,7 Hz
- massima frequenza: 50,3 Hz

La protezione offerta dal dispositivo di interfaccia impedisce, tra l'altro, che l'inverter continui a funzionare, con particolari configurazioni di carico, anche nel caso di black-out esterno. Questo fenomeno, detto funzionamento in isola, viene evitato, soprattutto perché può tradursi in condizioni di pericolo per il personale addetto alla ricerca e alla riparazione dei guasti. Nel progetto in esame, il dispositivo di interfaccia risulta fisicamente installato esternamente agli inverter. Le funzioni di protezioni del dispositivo di interfaccia sono appositamente certificate da un Ente facente capo alla EA.

Il dispositivo di interfaccia è individuato nella cella di media tensione a protezione dell'intero campo fotovoltaico.

Dispositivo generale

Il dispositivo generale ha la funzione di salvaguardare il funzionamento della rete nei confronti di guasti nel sistema di generazione elettrica. Per l'impianto in oggetto il dispositivo generale è individuato nella cella di media tensione dotata di datalogger conforme alla norma CEI 0-16.

20 COLLEGAMENTI ELETTRICI

I terminali di ognuna delle stringhe confluiranno verso gli inverter, prima tramite canaline portacavi fissate sulle strutture di sostegno dei moduli, poi tramite corrugati interrati. Il percorso dagli inverter al quadro di parallelo avverrà tramite corrugati interrati. La distribuzione dei corrugati è riportata nelle tavole allegate.

Assieme ai cavi di potenza, dal generatore fotovoltaico andranno posati, all'interno della medesima canalizzazione, anche i collegamenti equipotenziali delle strutture di fissaggio; si dovranno collegare tutti i traversi insieme tramite uno spezzone di cavo G/V, fissato con capocorda ad occhiello e bullone in acciaio inox. La serie delle strutture di ciascuna stringa dovrà quindi essere collegata alla barra equipotenziale.

21 IMPIANTO DI MESSA A TERRA

L'impianto di terra dell'impianto fotovoltaico ha lo scopo di assicurare la messa a terra delle carpenterie metalliche di sostegno dei moduli fotovoltaici, degli involucri dei quadri elettrici al fine di prevenire pericoli di elettrocuzione per tensioni di contatto e di passo secondo le Norme CEI 11-1. Il layout della rete di terra dovrà essere progettato utilizzando picchetti di acciaio zincato e/o maglia di terra in rame nudo e deve dare le prestazioni attese secondo la normativa vigente. Particolare cura deve essere rivolta ad evitare che nelle zone di contatto rame/superficie di acciaio zincato si formino coppie elettrochimiche soggette a corrosione per effetto delle correnti di dispersione dei moduli fotovoltaici (corrente continua). Non è permessa la messa a terra delle cornici dei moduli fotovoltaici.

22 SISTEMA DI MONITORAGGIO

Il sistema di monitoraggio prevede la possibilità di evidenziare le grandezze di interesse del funzionamento dell'impianto attraverso opportuno software di interfaccia su di un PC collegato al sistema di acquisizione dati via RS485, Modbus TCP, gateway e attraverso modem anche da remoto.

L'hardware del sistema sarà composto da:

- Sistema SCADA (data logger dotato anche di ingressi per le grandezze meteo);
- interfaccia RS 485;
- sensore di temperatura ambiente;
- sensore di irraggiamento;
- sensore di vento (velocità e direzione);
- linee di collegamento via RS 485 e Modbus TCP.

23 QUADRI ELETTRICI

Per definizione, i quadri elettrici sono aggregati di apparecchiature entro involucri e funzionalmente costituiscono i nodi della distribuzione elettrica, principale e secondaria. Essi sono atti a garantire in sicurezza la gestione dell'impianto stesso, attraverso manovre volontarie e automatiche, sia durante l'esercizio ordinario, sia nelle manutenzioni delle sue singole parti. In essi sono pertanto concentrate le apparecchiature elettriche di sezionamento, comando, protezione e controllo dei circuiti di un determinato locale, zona, reparto, piano, ecc.

Le principali caratteristiche dei quadri elettrici sono riportate nelle tavole di progetto degli schemi unifilari.

I quadri elettrici devono essere conformi alla serie delle Norme CEI EN 61439 o alla Norma CEI 23-51 se applicabile.

Tutti i quadri elettrici dovranno essere dotati di targa identificativa posta anche dietro la porta e deve indicare con scritte indelebili: norma tecnica di riferimento, nome o marchio del costruttore, tipo del quadro e numero di identificazione, corrente nominale del quadro, natura della corrente e frequenza, tensione nominale di funzionamento, grado di protezione se superiore a IP2XC (protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 12,5 mm e contro l'accesso a parti pericolose con un dito e contro l'accesso con un attrezzo impugnato).

Inoltre, se possibile in base alle dimensioni, nei quadri dovrà essere predisposta una custodia contenente in copia conforme il certificato di conformità alla Norma Tecnica applicabile e lo schema unifilare/multifilare/funzionale.

Chi modifica un quadro elettrico dovrebbe dichiarare che le modifiche apportate non compromettono la sicurezza del quadro stesso. Dopo le modifiche, vale ancora la marcatura CE originaria e il costruttore del quadro continua ad essere responsabile di quanto non è stato alterato dalle modifiche.

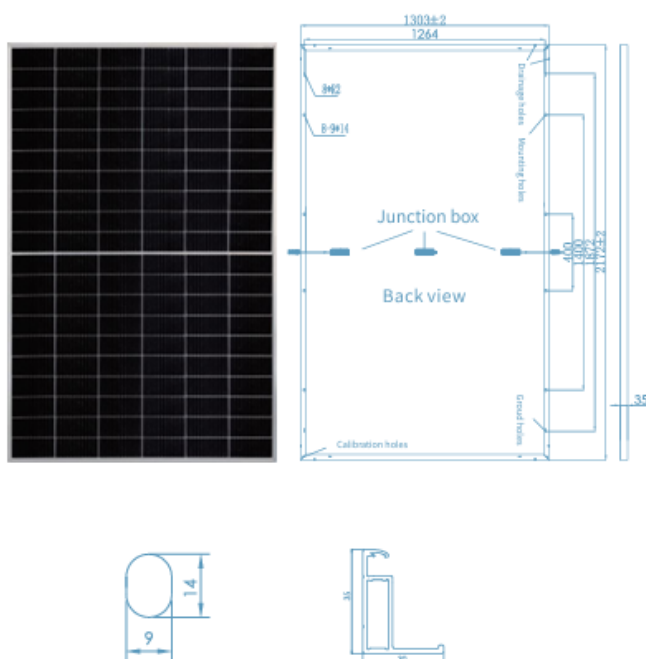
24 COMPONENTI IMPIANTO FOTOVOLTAICO

I componenti caratteristici dell'impianto fotovoltaico sono gli rappresentati dagli inverter e dai moduli fotovoltaici. Di seguito si riporta un estratto della scheda tecnica dei moduli ed inverter previsti in progetto.

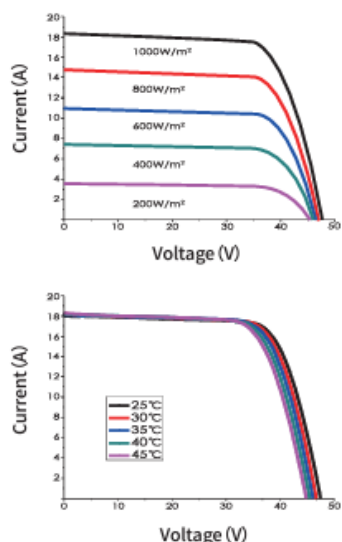
MODULI FOTOVOLTAICI

Moduli fotovoltaici tipo EGING PV mod. AURORA Pro SERIES art. EG-620NT60-HU/BF-DG da 620Wp. La distribuzione dei moduli in stringhe e su i vari inverter, è riportata negli elaborati allegati.

Engineering Drawings



I-V Curves



Electrical Characteristics

Power level	600	605	610	615	620
Pmax (W)	600	605	610	615	620
Vmp (V)	35.30	35.51	35.74	35.97	36.18
Imp (A)	17.00	17.04	17.07	17.10	17.14
Voc (V)	42.42	42.62	42.83	43.05	43.27
Isc (A)	18.01	18.05	18.08	18.12	18.16
Module efficiency (%)	21.20	21.37	21.55	21.73	21.90
Maximum system voltage (V)	1500				
Fuse Rating (A)	30				
Temperature coefficient Pmax (%/°C)	-0.30				
Temperature coefficient Isc (%/°C)	0.04				
Temperature coefficient Voc (%/°C)	-0.25				

STC: Irradiance 1000W/m², module temperature 25°C, AM=1.5

Bifacial Output-Backside Power Gain

	Pmax(W)	660	665	671	676	682
10%	Module efficiency (%)	23.32	23.50	23.71	23.89	24.10
20%	Pmax(W)	720	726	732	738	744
	Module efficiency (%)	25.44	25.65	25.86	26.08	26.29

Working Characteristics

Power level	600	605	610	615	620
Pmax (W)	457	460	464	468	472
Vmp (V)	33.14	33.34	33.56	33.77	33.97
Imp (A)	13.79	13.80	13.83	13.86	13.89
Voc (V)	40.15	40.34	40.54	40.75	40.95
Isc (A)	14.52	14.55	14.57	14.60	14.64
Power tolerance (%)	0~+3				
NOCT (°C)	44±2				

NOCT: Conditions: Irradiance 800W/m², ambient temperature 20°C, wind speed 1m/s

Mechanical Characteristics

Number of cells	120pcs
Size of cell (mm)	210*105
Type of cell	N-type Mono
Thickness of glass (mm)	2.0
Type of frame	Anodized aluminum alloy
Junction box	IP68
Size of module (mm)	2172*1303*35
Weight (kg)	35
Cables/connectors	4mm², MC4 compatible
Length of Cabel	Portrait: +300mm/-300mm

INVERETER

Inverter di stringa tipo Sungrow mod. SG350HX da 350kVA.

Type designation	SG350HX
Input (DC)	
Max. PV input voltage	1500 V
Min. PV input voltage / Startup input voltage	500 V / 550 V
Nominal PV input voltage	1080 V
MPP voltage range	500 V – 1500 V
No. of independent MPP inputs	12 (Optional: 14 / 16)
Max. number of input connector per MPPT	2
Max. PV input current	12 * 40 A (Optional: 14 * 30 A / 16 * 30 A)
Max. DC short-circuit current per MPPT	60 A
Output (AC)	
AC output power	352 kVA @ 30°C / 320 kVA @ 40 °C / 295 kVA @ 50°C
Max. AC output current	254 A
Nominal AC voltage	3 / PE, 800 V
AC voltage range	640 – 920 V
Nominal grid frequency / Grid frequency range	50 Hz / 45 – 55 Hz, 60 Hz / 55 – 65 Hz
THD	< 3 % (at nominal power)
DC current injection	< 0.5 % In
Power factor at nominal power / Adjustable power factor	> 0.99 / 0.8 leading – 0.8 lagging
Feed-in phases / Connection phases	3 / 3
Efficiency	
Max. efficiency / European efficiency	99.02 % / 98.8 %
Protection	
DC reverse connection protection	Yes
AC short circuit protection	Yes
Leakage current protection	Yes
Grid monitoring	Yes
Ground fault monitoring	Yes
DC switch / AC switch	Yes / No
PV string current monitoring	Yes
Q at night function	Yes
Anti-PID and PID recovery function	Optional
Surge protection	DC Type II / AC Type II
General Data	
Dimensions (W*H*D)	1136 * 870 * 361 mm
Weight*	≤ 116 kg
Isolation method	Transformerless
Degree of protection	IP66
Power consumption at night	< 6 W
Operating ambient temperature range	-30 to 60°C
Allowable relative humidity range	0 – 100 %
Cooling method	Smart forced air cooling
Max. operating altitude	4000 m (> 3000 m derating)
Display	LED, Bluetooth+APP
Communication	RS485 / PLC
DC connection type	MC4-Evo2 (Max. 6 mm ² , optional 10mm ²)
AC connection type	Support OT/DT terminal (Max. 400 mm ²)
Compliance	IEC 62109, IEC 61727, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683, VDE-AR-N 4110:2018, VDE-AR-N 4120:2018, EN 50549-1/2, UNE 206007-1:2013, P.O.12.3, UTE C15-712-1:2013
Grid Support	Q at night function, LVRT, HVRT, active & reactive power control and power ramp rate control, Q-U control, P-f control

SEZIONE 36kV

1. Criteri di dimensionamento dei cavi

Ai fini del dimensionamento dei cavi è stato applicato il “*criterio termico*” in base al quale il cavo deve avere una sezione tale per cui la sua portata (IZ), nelle condizioni di posa previste da progetto, sia almeno uguale alla corrente di impiego del circuito (IB).

La portata di un cavo, come è noto, dipende dai parametri che influiscono sul bilancio termico a regime e dunque dalla potenza termica sviluppata (sezione e resistività del conduttore), dalla potenza termica ceduta all’ambiente circostante (condizioni di posa) e dal tipo di isolante.

Considerando che le **linee di campo** si svilupperanno all’interno di un sito nella disponibilità del Produttore intercluso alla libera circolazione, ai fini del dimensionamento della tipologia di cavo si considera i seguenti dati di ingresso:

Linea a 36 kV interne al campo

- profondità di posa pari a 1,4 m;
- resistività termica del terreno pari a 1 °K m/W;
- temperatura di posa pari a 20°C;
- cavi disposti a trifoglio;
- cavi posati all’interno di cavidotto interrato;
- massimo numero di circuiti presenti all’interno della stessa trincea di scavo pari a 2.

Come anticipato in premessa, in questa fase della progettazione, si è scelto di utilizzare cavi unipolari RG16H1R12 26/45 kV adatti per posa interrata, le cui caratteristiche tecniche vengono di seguito riportate¹:

¹ La scheda tecnica allegata, non costituisce un vincolo in quanto in fase di progettazione esecutiva si potrà fare riferimento ad altri Produttori di cavi in funzione del progresso tecnologico.

Numero conduttori	Sezione nominale	Diametro indicativo conduttore	Diametro indicativo isolante	Diametro indicativo esterno	Peso indicativo del cavo	Raggio minimo curvatura
Conductor Number	Nominal Section	Approx conductor diameter	Approx insulation diameter	Approx external production diameter	Approx cable weight	Minimum radius bending
(N°)	(mmq)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)
Unipolare / Single core						
1x	50	8.1	30.2	40.0	1800	480
1x	70	9.9	33.3	43.0	1990	550
1x	95	11.5	34.9	44.0	2300	580
1x	120	12.9	36.5	45.6	2630	585
1x	150	14.2	36.85	46.0	2790	590
1x	185	15.9	38.85	47.0	3200	610
1x	240	18.3	40.95	49.5	3820	650
1x	300	20.7	43.4	53.0	4640	690
1x	400	23.5	46.2	56.0	5430	730
1x	500	26.5	49.3	59.0	6600	770
1x	630	31.2	53.3	64.0	8200	850

Formazione	Resistenza elettrica a 20°C	Capacità a 50 Hz	Resistenza apparente a 105°C e 50 Hz		Reattanza di fase		Portata di corrente			
			A trifoglio	In piano	A trifoglio	In piano	In aria a trifoglio	In aria in Piano	Interrato a trifoglio	Interrato in piano
Formation	Electric resistance at 20°C	Capacities 50 Hz	Apparent resistance at 105°C and 50 Hz		Phase Reactance		Current carrying capacities			
			Trefoil formation	Flat	Trefoil formation	Flat	Trefoil formation in air	Flat in air	Trefoil formation in ground	Flat in ground
(N°xmmq)	(Ohm/km)	(microF/km)	(Ohm/km)	(Ohm/km)	(Ohm/km)	(Ohm/km)	(A)	(A)	(A)	(A)
Unipolare / Single core										
1x50	0.387	0.15	0.494	0.494	0.15	0.20	225	250	205	212
1x70	0.268	0.15	0.342	0.342	0.15	0.21	280	315	255	260
1x95	0.193	0.16	0.246	0.246	0.14	0.20	340	380	300	310
1x120	0.153	0.18	0.196	0.196	0.14	0.20	395	440	355	365
1x150	0.124	0.20	0.159	0.158	0.13	0.19	445	495	385	395
1x185	0.0991	0.21	0.128	0.127	0.13	0.19	510	570	440	450
1x240	0.0754	0.23	0.0985	0.0972	0.12	0.18	600	665	510	520
1x300	0.0601	0.26	0.0797	0.0779	0.12	0.18	695	760	570	580
1x400	0.0470	0.28	0.0638	0.0616	0.11	0.17	800	875	650	655
1x500	0.0366	0.31	0.0517	0.0489	0.11	0.17	930	1010	735	740
1x630	0.0283	0.34	0.0425	0.0389	0.10	0.16	1070	1180	835	845

Adatti per il trasporto di energia tra le cabine di trasformazione e le grandi utenze. Per posa in aria libera, in tubo o canale. Ammessa la posa interrata in conformità all'art. 4.3.11 della norma CEI 11-17. Le loro portate, indicate dal Costruttore, sono state calcolate considerando:

- schermi metallici connessi tra loro e a terra ad entrambe le estremità;
- resistività termica del terreno 1 ° C m/W;
- profondità di posa: 1,40 m;
- disposizione a trifoglio.

Definita la tipologia di cavo e le condizioni di posa, ai fini del corretto dimensionamento dei circuiti, è stata applicata la seguente relazione:

$$I_B \leq I_Z = I_{Z0} K_1 K_2 K_3 K_4$$

dove:

- I_B è la corrente di impiego del circuito [A];
- I_z è la portata del cavo nelle condizioni di posa previste dal progetto [A];
- I_{zo} è la portata del cavo in condizioni di posa standard, desumibile dalle schede tecniche fornite dai costruttori [A];
- K_1 è il fattore di correzione della portata per profondità di posa diversa da 1,20 m;
- K_2 è il fattore di correzione della portata da applicare nel caso in cui la temperatura di posa è diversa da 20°C;
- K_3 è il fattore di correzione della portata da applicare nel caso in cui la resistività termica del terreno sia diversa da 1 °C m/W;
- K_4 è il fattore di correzione della portata da applicare nel caso in cui all'interno della stessa trincea di scavo sono presenti più circuiti elettricamente indipendenti.

Il calcolo della corrente di impiego I_B di ciascuna linea, è stato condotto considerando prudenzialmente la condizione di esercizio più gravosa, che prevede la contemporanea erogazione della potenza apparente nominale di tutti i trasformatori interconnessi mentre i valori dei coefficienti correttivi della portata sono stati ricavati dalla Norma CEI 11-17.

I risultati di calcolo ottenuti, vengono riportati nei successivi paragrafi.

2. Criterio di verifica

Le sezioni scelte, sono state verificate dal punto di vista della sollecitazione termica prodotta in occasione di cortocircuito.

Per garantire la protezione, è necessario che la temperatura raggiunta dal conduttore per effetto della sovracorrente non sia dannosa, come entità e durata, sia per l'isolamento che per altri materiali con cui il conduttore è a contatto.

Assumendo che il fenomeno termico conseguente al regime di sovracorrente sia di breve durata, in modo tale da potersi considerare di tipo adiabatico, ai fini del corretto dimensionamento della sezione è necessario che sia rispettata la seguente relazione:

$$S \geq (I \sqrt{t}) / K$$

dove:

- S è la sezione del cavo, in mm²;
- I è il valore efficace della corrente di cortocircuito permanente² (A), secondo la definizione di i_k

² Ai sensi del nuovo allegato A.68 del Codice di Rete condutture ed apparecchiature devono essere dimensionate per una tenuta alla corrente di cortocircuito ≥ 25 kA per 1,0 s.

della Norma CEI 11-25;

- K è un coefficiente che dipende dal tipo di conduttore costituente il cavo;
- t è la durata della corrente di cortocircuito (s).

Le sezioni scelte sono state verificate anche dal punto di vista della caduta di tensione, imponendo iseguenti valori massimi ammissibili:

- 2% per tutte le linee di collegamento tra le cabine di sottocampo.

a mezzo dell'applicazione della seguente relazione:

$$\Delta V = \sqrt{3} (r L I \cos\varphi + x L I \sin\varphi)$$

dove:

- ΔV è la caduta di tensione in valore assoluto [V];
- r è la resistenza elettrica del cavo [Ω/km];
- x è la reattanza del cavo [Ω/km];
- L è la lunghezza della linea [km];
- I è il valore efficace della corrente di linea [A];
- $\cos\varphi$ è il fattore di potenza.

3. Dimensionamento e verifica della linea di campo

Come facilmente riscontrabile dalle tavole di progetto allegate e dallo schema elettrico unifilare dell'impianto, il layout di impianto proposto prevede la realizzazione di n° 2 linee elettriche in cavo interrato a 36 kV a mezzo delle quali le cabine elettriche di trasformazione verranno interconnesse tra loro e collegate al quadro elettrico generale installato all'interno della cabina di raccolta.

Considerando che i trasformatori di potenza scelti hanno una potenza nominale pari a 2.500 kVA e 3.150 kVA, applicando il criterio di dimensionamento esposti ai paragrafi precedenti, sono state individuate e verificate le sezioni commerciali da adottare. I risultati ottenuti vengono riportati nella tabella seguente:

TRATTO	Lunghezza	Corrente di impiego (Ib)	Tipologia cavo	Sezione	Resistenza cavo	Posa	Portata (Iz)	DV	DV%	DV Progressiva	DV % Progressiva
-	m	A	-	mmq	Ohm/km	-	A	V	%	V	%
Cabina 0 - Cabina 1	50	420	RG16H1R12	240	0,0985	Interrata	510	6,50	0,02%	6,50	0,02%
Cabina 1 - Cabina 2	120	420	RG16H1R12	240	0,0985	Interrata	510	15,60	0,04%	22,09	0,06%
Cabina 2 - Cabina 3	200	420	RG16H1R12	240	0,0985	Interrata	510	25,99	0,07%	48,09	0,13%
Cabina 3 - Cabina 4	180	420	RG16H1R12	240	0,0985	Interrata	510	23,39	0,06%	71,48	0,20%
Cabina 4 - Cabina 5	410	420	RG16H1R12	240	0,0985	Interrata	510	53,29	0,15%	124,77	0,35%
Cabina 5 - Cabina 6	550	420	RG16H1R12	240	0,0985	Interrata	510	71,48	0,20%	196,25	0,55%
Cabina 6 - Cabina 7	50	420	RG16H1R12	240	0,0985	Interrata	510	6,50	0,02%	202,75	0,56%
Cabina 7 - Cabina 8	350	420	RG16H1R12	240	0,0985	Interrata	510	45,49	0,13%	248,24	0,69%
Cabina 8 - Cabina 9	210	420	RG16H1R12	240	0,0985	Interrata	510	27,29	0,08%	275,53	0,77%
Cabina 9 - Cabina 0	1220	420	RG16H1R12	240	0,0985	Interrata	510	158,56	0,44%	434,09	1,21%

I valori di resistenza e di reattanza presi in considerazione ai fini del calcolo delle cadute di tensione sono deducibili dalle schede tecniche riportate nelle pagine precedenti.

4. Criteri per l'individuazione del tracciato

La progettazione della linea in cavo è stata improntata a criteri di sicurezza, sia per quanto attiene le modalità di realizzazione sia per quanto concerne la compatibilità in esercizio con le opere interferite.

La progettazione ha inoltre mirato all'ottimizzazione del tracciato di posa in funzione del costo del cavo in opera, tenendo in considerazione la riduzione dei tempi e dei costi di realizzazione.

Per definire dettagliatamente il tracciato di posa, è stato necessario:

- rilevare, interpellando i proprietari interessati, la posizione degli altri servizi esistenti nel sottosuolo, quali: tubazioni di gas, acquedotti, cavi elettrici, cavi telefonici, fognature etc.;
- verificare la transitabilità dei macchinari.

Inoltre, come riscontrabile dalle tavole di progetto allegate, le occupazioni longitudinali saranno realizzate nelle fasce di pertinenza stradale, al di fuori della carreggiata e alla massima distanza dal margine della stessa.

5. Progettazione della canalizzazione

Per canalizzazione si intende l'insieme del canale, delle protezioni e degli accessori indispensabili per la realizzazione di una linea in cavo sotterraneo (trincea, riempimenti, protezione, segnaletica).

La materia è disciplinata, eccezione fatta per i riempimenti, dalla Norma CEI 11-17 la quale stabilisce che l'integrità dei cavi deve essere garantita da una robusta protezione meccanica supplementare, in grado di assorbire, senza danni per il cavo stesso, le sollecitazioni meccaniche, statiche e dinamiche, derivanti dal traffico veicolare e dagli abituali attrezzi manuali di scavo.

La Norma stabilisce inoltre che protezione meccanica supplementare non è necessaria nel caso di cavi posati ad una profondità di posa maggiore di 1,70 m o nel caso di cavi cosiddetti airbag.

La profondità minima di posa per le strade ad uso pubblico è fissata dal Nuovo Codice della Strada ad 1 m dall'estradosso della protezione; per tutti gli altri suoli e le strade ad uso privato valgono i seguenti valori, dal piano di appoggio del cavo, stabiliti dalla Norma CEI 11-17:

- 0,6 m su terreno privato;
- 0,8 m su terreno pubblico.

Ciò nonostante, cautelativamente, è stata prevista una profondità di posa non inferiore a 1,20 m e 1,65m rispettivamente per le linee interne al campo e per la dorsale di collegamento con la sezione a 36 kV della futura Stazione Elettrica di Trasformazione della RTN.

La presenza dei cavi sarà rilevabile mediante l'apposito *nastro monitore* posato a non meno di 0,2 m dall'estradosso del cavo.

ALLEGATI:

- TABELLA VERIFICA CAVI BASSA TENSIONE.

LATO BT: LISTA CAVI, VERIFICHE PROTEZIONI E CADUTE DI TENSIONE

Tratto	Elementi connessi	Tipologia di posa	Tipologia di cavo	Conduttori per fase	Tipologia circuito	Sezione cavo [mmq]	Resistenza cavo [Ohm/km]	Lunghezza [m]	Iz [A]	Ib [A]	Tensione di esercizio [V]	Caduta di tensione [V]	Caduta di tensione % [%]	Progressivo caduta di tensione %	In dispositivo di protezione [In]	Verifica Ib<In<Iz	Caduta di tensione < 2%
TR1 - QBT1	Trasformatore - Quadro Q.GBT	13 - Su passerella	FG16R16	6	Bassa tensione - 3 poli	240	0,01571667	15	2776	1524	800	0,62	0,08%	0,08%	2500	OK	OK
QBT1 - I1.1	Quadro Q.GBT - Inverter 1	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	170	520	254	800	4,60	0,57%	0,65%	280	OK	OK
QBT1 - I1.2	Quadro Q.GBT - Inverter 2	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	150	520	254	800	4,06	0,51%	0,59%	280	OK	OK
QBT1 - I1.3	Quadro Q.GBT - Inverter 3	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	120	520	254	800	3,25	0,41%	0,48%	280	OK	OK
QBT1 - I1.4	Quadro Q.GBT - Inverter 4	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	80	520	254	800	2,16	0,27%	0,35%	280	OK	OK
QBT1 - I1.5	Quadro Q.GBT - Inverter 5	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	120	520	254	800	3,25	0,41%	0,48%	280	OK	OK
QBT1 - I1.6	Quadro Q.GBT - Inverter 6	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	135	520	254	800	3,65	0,46%	0,53%	280	OK	OK
TR2 - QBT2	Trasformatore - Quadro Q.GBT	61 - Interrata	FG16R16	6	Bassa tensione - 3 poli	240	0,01571667	15	2776	1524	800	0,62	0,08%	0,08%	2500	OK	OK
QBT2 - I2.1	Quadro Q.GBT - Inverter 1	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	140	520	254	800	3,79	0,47%	0,55%	280	OK	OK
QBT2 - I2.2	Quadro Q.GBT - Inverter 2	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	120	520	254	800	3,25	0,41%	0,48%	280	OK	OK
QBT2 - I2.3	Quadro Q.GBT - Inverter 3	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	100	520	254	800	2,71	0,34%	0,42%	280	OK	OK
QBT2 - I2.4	Quadro Q.GBT - Inverter 4	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	120	520	254	800	3,25	0,41%	0,48%	280	OK	OK
QBT2 - I2.5	Quadro Q.GBT - Inverter 5	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	170	520	254	800	4,60	0,57%	0,65%	280	OK	OK
QBT2 - I2.6	Quadro Q.GBT - Inverter 6	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	210	520	254	800	5,68	0,71%	0,79%	280	OK	OK
TR3 - QBT3	Trasformatore - Quadro Q.GBT	61 - Interrata	FG16R16	6	Bassa tensione - 3 poli	240	0,01571667	15	2776	1524	800	0,62	0,08%	0,08%	2500	OK	OK
QBT3 - I3.1	Quadro Q.GBT - Inverter 1	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	45	520	254	800	1,22	0,15%	0,23%	280	OK	OK
QBT3 - I3.2	Quadro Q.GBT - Inverter 2	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	100	520	254	800	2,71	0,34%	0,42%	280	OK	OK
QBT3 - I3.3	Quadro Q.GBT - Inverter 3	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	100	520	254	800	2,71	0,34%	0,42%	280	OK	OK
QBT3 - I3.4	Quadro Q.GBT - Inverter 4	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	70	520	254	800	1,89	0,24%	0,31%	280	OK	OK
QBT3 - I3.5	Quadro Q.GBT - Inverter 5	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	80	520	254	800	2,16	0,27%	0,35%	280	OK	OK
QBT3 - I3.6	Quadro Q.GBT - Inverter 6	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	120	520	254	800	3,25	0,41%	0,48%	280	OK	OK
QBT3 - I3.7	Quadro Q.GBT - Inverter 7	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	150	520	254	800	4,06	0,51%	0,59%	280	OK	OK

TR4 - QBT4	Trasformatore - Quadro Q.GBT	61 - Interrata	FG16R16	6	Bassa tensione - 3 poli	240	0,01571667	15	2776	2032	800	0,83	0,10%	0,10%	2500	OK	OK
QBT4 - I4.1	Quadro Q.GBT - Inverter 1	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	130	520	254	800	3,52	0,44%	0,54%	280	OK	OK
QBT4 - I4.2	Quadro Q.GBT - Inverter 2	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	90	520	254	800	2,44	0,30%	0,41%	280	OK	OK
QBT4 - I4.3	Quadro Q.GBT - Inverter 3	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	60	520	254	800	1,62	0,20%	0,31%	280	OK	OK
QBT4 - I4.4	Quadro Q.GBT - Inverter 4	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	80	520	254	800	2,16	0,27%	0,37%	280	OK	OK
QBT4 - I4.5	Quadro Q.GBT - Inverter 5	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	110	520	254	800	2,98	0,37%	0,48%	280	OK	OK
QBT4 - I4.6	Quadro Q.GBT - Inverter 6	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	130	520	254	800	3,52	0,44%	0,54%	280	OK	OK
QBT4 - I4.7	Quadro Q.GBT - Inverter 7	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	150	520	254	800	4,06	0,51%	0,61%	280	OK	OK
QBT4 - I4.8	Quadro Q.GBT - Inverter 8	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	200	520	254	800	5,41	0,68%	0,78%	280	OK	OK
TR5 - QBT5	Trasformatore - Quadro Q.GBT	61 - Interrata	FG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	240	0,01571667	15	2776	2286	800	0,93	0,12%	0,12%	2500	OK	OK
QBT5 - I5.1	Quadro Q.GBT - Inverter 1	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	40	520	254	800	1,08	0,14%	0,25%	280	OK	OK
QBT5 - I5.2	Quadro Q.GBT - Inverter 2	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	40	520	254	800	1,08	0,14%	0,25%	280	OK	OK
QBT5 - I5.3	Quadro Q.GBT - Inverter 3	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	70	520	254	800	1,89	0,24%	0,35%	280	OK	OK
QBT5 - I5.4	Quadro Q.GBT - Inverter 4	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	90	520	254	800	2,44	0,30%	0,42%	280	OK	OK
QBT5 - I5.5	Quadro Q.GBT - Inverter 5	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	110	520	254	800	2,98	0,37%	0,49%	280	OK	OK
QBT5 - I5.6	Quadro Q.GBT - Inverter 6	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	120	520	254	800	3,25	0,41%	0,52%	280	OK	OK
QBT5 - I5.7	Quadro Q.GBT - Inverter 7	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	160	520	254	800	4,33	0,54%	0,66%	280	OK	OK
QBT5 - I5.8	Quadro Q.GBT - Inverter 8	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	190	520	254	800	5,14	0,64%	0,76%	280	OK	OK
QBT5 - I5.9	Quadro Q.GBT - Inverter 9	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	220	520	254	800	5,95	0,74%	0,86%	280	OK	OK
TR6 - QBT6	Trasformatore - Quadro Q.GBT	61 - Interrata	FG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	240	0,01571667	15	2776	2032	800	0,83	0,10%	0,10%	2500	OK	OK
QBT6 - I6.1	Quadro Q.GBT - Inverter 1	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	180	520	254	800	4,87	0,61%	0,71%	280	OK	OK
QBT6 - I6.2	Quadro Q.GBT - Inverter 2	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	150	520	254	800	4,06	0,51%	0,61%	280	OK	OK
QBT6 - I6.3	Quadro Q.GBT - Inverter 3	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	120	520	254	800	3,25	0,41%	0,51%	280	OK	OK
QBT6 - I6.4	Quadro Q.GBT - Inverter 4	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	100	520	254	800	2,71	0,34%	0,44%	280	OK	OK
QBT6 - I6.5	Quadro Q.GBT - Inverter 5	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	70	520	254	800	1,89	0,24%	0,34%	280	OK	OK

QBT6 - I6.6	Quadro Q.GBT - Inverter 6	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	30	520	254	800	0,81	0,10%	0,21%	280	OK	OK
QBT6 - I6.7	Quadro Q.GBT - Inverter 7	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	60	520	254	800	1,62	0,20%	0,31%	280	OK	OK
QBT6 - I6.8	Quadro Q.GBT - Inverter 8	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	100	520	254	800	2,71	0,34%	0,44%	280	OK	OK
TR7 - QBT7	Trasformatore - Quadro Q.GBT	61 - Interrata	FG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	240	0,01571667	15	2776	2032	800	0,83	0,10%	0,10%	2500	OK	OK
QBT7 - I7.1	Quadro Q.GBT - Inverter 1	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	80	520	254	800	2,16	0,27%	0,37%	280	OK	OK
QBT7 - I7.2	Quadro Q.GBT - Inverter 2	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	40	520	254	800	1,08	0,14%	0,24%	280	OK	OK
QBT7 - I7.3	Quadro Q.GBT - Inverter 3	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	80	520	254	800	2,16	0,27%	0,37%	280	OK	OK
QBT7 - I7.4	Quadro Q.GBT - Inverter 4	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	110	520	254	800	2,98	0,37%	0,48%	280	OK	OK
QBT7 - I7.5	Quadro Q.GBT - Inverter 5	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	140	520	254	800	3,79	0,47%	0,58%	280	OK	OK
QBT7 - I7.6	Quadro Q.GBT - Inverter 6	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	140	520	254	800	3,79	0,47%	0,58%	280	OK	OK
QBT7 - I7.7	Quadro Q.GBT - Inverter 7	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	190	520	254	800	5,14	0,64%	0,75%	280	OK	OK
QBT7 - I7.8	Quadro Q.GBT - Inverter 8	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	350	520	254	800	9,47	1,18%	1,29%	280	OK	OK
TR8 - QBT8	Trasformatore - Quadro Q.GBT	61 - Interrata	FG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	240	0,01571667	15	2776	2032	800	0,83	0,10%	0,10%	2500	OK	OK
QBT8 - I8.1	Quadro Q.GBT - Inverter 1	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	80	520	254	800	2,16	0,27%	0,37%	280	OK	OK
QBT8 - I8.2	Quadro Q.GBT - Inverter 2	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	50	520	254	800	1,35	0,17%	0,27%	280	OK	OK
QBT8 - I8.3	Quadro Q.GBT - Inverter 3	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	60	520	254	800	1,62	0,20%	0,31%	280	OK	OK
QBT8 - I8.4	Quadro Q.GBT - Inverter 4	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	100	520	254	800	2,71	0,34%	0,44%	280	OK	OK
QBT8 - I8.5	Quadro Q.GBT - Inverter 5	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	140	520	254	800	3,79	0,47%	0,58%	280	OK	OK
QBT8 - I8.6	Quadro Q.GBT - Inverter 6	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	180	520	254	800	4,87	0,61%	0,71%	280	OK	OK
QBT8 - I8.7	Quadro Q.GBT - Inverter 7	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	80	520	254	800	2,16	0,27%	0,37%	280	OK	OK
QBT8 - I8.8	Quadro Q.GBT - Inverter 8	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	70	520	254	800	1,89	0,24%	0,34%	280	OK	OK
TR9 - QBT9	Trasformatore - Quadro Q.GBT	61 - Interrata	FG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	240	0,01571667	15	2776	2286	800	0,93	0,12%	0,12%	2500	OK	OK
QBT9 - I9.1	Quadro Q.GBT - Inverter 1	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	150	520	254	800	4,06	0,51%	0,51%	280	OK	OK
QBT9 - I9.2	Quadro Q.GBT - Inverter 2	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	130	520	254	800	3,52	0,44%	0,44%	280	OK	OK
QBT9 - I9.3	Quadro Q.GBT - Inverter 3	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	120	520	254	800	3,25	0,41%	0,41%	280	OK	OK

QBT9 - I9.4	Quadro Q.GBT - Inverter 4	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	140	520	254	800	3,79	0,47%	0,47%	280	OK	OK
QBT9 - I9.5	Quadro Q.GBT - Inverter 5	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	80	520	254	800	2,16	0,27%	0,27%	280	OK	OK
QBT9 - I9.6	Quadro Q.GBT - Inverter 6	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	90	520	254	800	2,44	0,30%	0,30%	280	OK	OK
QBT9 - I9.7	Quadro Q.GBT - Inverter 7	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	110	520	254	800	2,98	0,37%	0,37%	280	OK	OK
QBT9 - I9.8	Quadro Q.GBT - Inverter 8	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	130	520	254	800	3,52	0,44%	0,44%	280	OK	OK
QBT9 - I9.9	Quadro Q.GBT - Inverter 9	61 - Interrata	ARG16R16	2	Bassa tensione - 3 poli	185	0,0615	150	520	254	800	4,06	0,51%	0,51%	280	OK	OK