

REGIONE PUGLIA



PROVINCIA DI BARI



COMUNE  
DI SANTERAMO IN COLLE



Denominazione impianto:

**CONTRADA BALZARANA**

Ubicazione:

**Comune di Santeramo in Colle (BA)  
Località "Contrada Balzarana"**

Foglio: 103/104

Particelle: varie

**PROGETTO DEFINITIVO**

**per la realizzazione di un impianto agrovoltaico da ubicare nel comune di Santeramo in Colle (BA) in località "Contrada Balzarana", potenza nominale pari a 19,42 MW, e delle relative opere di connessione alla RTN ricadenti nei comuni di Santeramo in Colle (BA) e Matera (MT)**

PROPONENTE



**GIT FIORI DI ITALIA S.r.l.**

Roma (RM) Via della Mercede 11 - CAP 00187

Partita IVA: 15278421001

Indirizzo PEC: git.fioriitalia@legalmail.it

**Codice Autorizzazione Unica P2F3I18**

ELABORATO

**Calcoli preliminari sugli impianti**

Tav. n°

**1CPI**

Scala

	Numero	Data	Motivo	Eseguito	Verificato	Approvato
Aggiornamenti	Rev 0	Febbraio 2022	Istanza per l'avvio del procedimento di rilascio del provvedimento di VIA nell'ambito del Provvedimento Unico in materia Ambientale ai sensi dell'art.27 del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.			

PROGETTAZIONE

Dott. Ing. SAVERIO GRAMEGNA  
Via Caduti di Nassiriya n. 179  
70022 Altamura (BA)  
Ordine degli Ingegneri di Bari n. 8443  
PEC: [saverio.gramegna@ingpec.eu](mailto:saverio.gramegna@ingpec.eu)  
Cell: 3286812690

progettista:



IL TECNICO

Dott. Ing. ANTONIO MISCHITELLI  
Via Mons. Tortorelli n.33  
71013 San Giovanni Rotondo (FG)  
Ordine degli ingegneri di Foggia nr. 1797  
PEC: [antonio.mischitelli2@ingpec.eu](mailto:antonio.mischitelli2@ingpec.eu)  
Cell: 3202911253



Spazio riservato agli Enti

<b>CALCOLI PRELIMINARI SUGLI IMPIANTI</b>	<b>2</b>
<b>PREMESSA</b>	<b>2</b>
<b>DATI GENERALI IDENTIFICATIVI DELLA SOCIETÀ PROPONENTE</b>	<b>2</b>
<b>RIFERIMENTI NORMATIVI</b>	<b>3</b>
<b>TERNA</b>	<b>9</b>
<b>CRITERIO GENERALE DI CALCOLO</b>	<b>10</b>
<b>CRITERIO DI STIMA DELL'ENERGIA PRODOTTA</b>	<b>10</b>
<b>DATI GENERALI DEL PROGETTO</b>	<b>13</b>
<b>CALCOLI E VERIFICHE ELETTRICHE</b>	<b>15</b>

### **CALCOLI PRELIMINARI SUGLI IMPIANTI PREMESSA**

Il sottoscritto ing. Antonio MISCHITELLI, nato ad San Giovanni Rotondo (FG) il 01/07/1968, C.F. MSCNTN68L01H926X, regolarmente iscritto all'Albo degli Ingegneri della Provincia di Foggia col n. 1797, titolare dello Studio Tecnico Mischitelli, con sede in Via Mons. TORTORELLI, 33 – 71013 San Giovanni Rotondo (FG), P.I. 02173200714 incaricato dalla società GIT FIORI DI ITALIA s.r.l., con sede in Via della Mercede, 11 ROMA (RM), P.I.15278421001, della progettazione dell'impianto elettrico a servizio dell'impianto agrovoltaico da 19,42 MWp da realizzarsi in località Contrada Balzarana in agro del comune di Santeramo in Colle (BA), redige la presente relazione tecnica di impianto.

Il progetto è finalizzato alla produzione della cosiddetta energia elettrica "pulita" e ben si inquadra nel disegno nazionale di incremento delle risorse energetiche utilizzando fonti alternative a quelle di sfruttamento dei combustibili fossili, ormai reputate spesso dannose per gli ecosistemi e per la salvaguardia ambientale.

### **DATI GENERALI IDENTIFICATIVI DELLA SOCIETÀ PROPONENTE**

Il progetto in esame è proposto dalla società:

**GIT FIORI DI ITALIA s.r.l.**

**VIA DELLA MERCEDE 11 – ROMA (RM) 00187**

**P.IVA 15278421001**

**PEC git.fioridiitalia@legalmail.it**



## RIFERIMENTI NORMATIVI

Gli impianti agrovoltai e i relativi componenti devono rispettare, ove di pertinenza, le prescrizioni contenute nelle seguenti norme di riferimento, comprese eventuali varianti, aggiornamenti ed estensioni emanate successivamente dagli organismi di normazione citati.

Si applicano inoltre i documenti tecnici emanati dai gestori di rete riportanti disposizioni applicative per la connessione di impianti fotovoltaici collegati alla rete elettrica e le prescrizioni di autorità locali, comprese quelle dei VVFF.

### Normativa generale

**Decreto Legislativo n. 504 del 26-10-1995, aggiornato 1-06-2007:** Testo Unico delle disposizioni legislative concernenti le imposte sulla produzione e sui consumi e relative sanzioni penali e amministrative.

**Decreto Legislativo n. 387 del 29-12-2003:** attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità.

**Legge n. 239 del 23-08-2004:** riordino del settore energetico, nonché delega al Governo per il riassetto delle disposizioni vigenti in materia di energia.

**Decreto Legislativo n. 192 del 19-08-2005:** attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia.

**Decreto Legislativo n. 311 del 29-12-2006:** disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia.

**Decreto Legislativo n. 115 del 30-05-2008:** attuazione della direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della direttiva 93/76/CEE.

**Decreto Legislativo n. 56 del 29-03-2010:** modifiche e integrazioni al decreto 30 maggio 2008, n. 115.

**Decreto del presidente della repubblica n. 59 del 02-04-2009:** regolamento di attuazione dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e b), del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, concernente attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia.

**Decreto Legislativo n. 26 del 2-02-2007:** attuazione della direttiva 2003/96/CE che ristruttura il quadro comunitario per la tassazione dei prodotti energetici e dell'elettricità.

**Decreto Legge n. 73 del 18-06-2007:** testo coordinato del Decreto Legge 18 giugno 2007, n. 73.

**Decreto 2-03-2009:** disposizioni in materia di incentivazione della produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare.

**Legge n. 99 del 23 luglio 2009:** disposizioni per lo sviluppo e l'internazionalizzazione delle imprese, nonché in materia di energia.

**Legge 13 Agosto 2010, n. 129 (GU n. 192 del 18-8-2010):** Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 8 luglio 2010, n. 105, recante misure urgenti in materia di energia. Proroga di termine per l'esercizio di delega legislativa in materia di riordino del sistema degli incentivi. (Art. 1-septies - Ulteriori disposizioni in materia di impianti per la produzione di energia da fonti rinnovabili).

**Decreto legislativo del 3 marzo 2011, n. 28:** Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili.

**Decreto legge del 22 giugno 2012, n. 83:** misure urgenti per la crescita del Paese.

**Legge 11 agosto 2014, n. 116:** conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 24 giugno 2014, n. 91, recante disposizioni urgenti per il settore agricolo, la tutela ambientale e l'efficientamento energetico dell'edilizia scolastica e universitaria, il rilancio e lo sviluppo delle imprese, il contenimento dei costi gravanti sulle tariffe elettriche, nonché per la definizione immediata di adempimenti derivanti dalla normativa europea. (GU Serie Generale n.192 del 20-8-2014 - Suppl. Ordinario n. 72).

**Decreto Ministero dello sviluppo economico del 19 maggio 2015 (GU n.121 del 27-5-2015):** approvazione del modello unico per la realizzazione, la connessione e l'esercizio di piccoli impianti fotovoltaici integrati sui tetti degli edifici.

### Sicurezza

**D.Lgs. 81/2008:** (testo unico della sicurezza): misure di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro e succ. mod. e int.

**DM 37/2008:** sicurezza degli impianti elettrici all'interno degli edifici.

Ministero dell'interno

**"Guida per l'installazione degli impianti fotovoltaici" - DCPREV, prot.5158 - Edizione 2012.**

**"Guida per l'installazione degli impianti fotovoltaici" - Nota DCPREV, prot.1324 - Edizione 2012.**

**"Guida per l'installazione degli impianti fotovoltaici" - Chiarimenti alla Nota DCPREV, prot.1324 "Guida per l'installazione degli impianti fotovoltaici – Edizione 2012".**

Normativa fotovoltaica

**CEI 82-25:** guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa Tensione.

**CEI 82-25; V2:** guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa Tensione.

**CEI EN 60904-1(CEI 82-1):** dispositivi fotovoltaici Parte 1: Misura delle caratteristiche fotovoltaiche tensione-corrente.

**CEI EN 60904-2 (CEI 82-2):** dispositivi fotovoltaici - Parte 2: Prescrizione per le celle fotovoltaiche di riferimento.

**CEI EN 60904-3 (CEI 82-3):** dispositivi fotovoltaici - Parte 3: Principi di misura per sistemi solari fotovoltaici per uso terrestre e irraggiamento spettrale di riferimento.

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

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

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

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

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

**CEI EN 62108 (82-30):** moduli e sistemi fotovoltaici a concentrazione (CPV) - Qualifica di progetto

5

*Il tecnico:*

*dott. ing. Antonio MISCHITELLI*

*Il Committente:*

*GIT FIORI DI ITALIA s.r.l.*

e approvazione di tipo.

**CEI EN 62093 (CEI 82-24):** componenti di sistemi fotovoltaici - moduli esclusi (BOS) - Qualifica di progetto in condizioni ambientali naturali.

**CEI EN 50380 (CEI 82-22):** fogli informativi e dati di targa per moduli fotovoltaici.

**CEI EN 50521 (CEI 82-31):** connettori per sistemi fotovoltaici - Prescrizioni di sicurezza e prove.

**CEI EN 50524 (CEI 82-34):** fogli informativi e dati di targa dei convertitori fotovoltaici.

**CEI EN 50530 (CEI 82-35):** rendimento globale degli inverter per impianti fotovoltaici collegati alla rete elettrica.

**EN 62446 (CEI 82-38):** grid connected photovoltaic systems - Minimum requirements for system documentation, commissioning tests and inspection.

**CEI 20-91:** cavi elettrici con isolamento e guaina elastomerici senza alogeni non propaganti la fiamma con tensione nominale non superiore a 1 000 V in corrente alternata e 1 500 V in corrente continua per applicazioni in impianti fotovoltaici.

**UNI 10349:** riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici.

**CEI 0-2:** guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici.

**CEI 0-16:** regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica.

**CEI 0-21:** regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica.

**CEI 11-20:** impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria.

**CEI EN 50438 (CT 311-1):** prescrizioni per la connessione di micro-generatori in parallelo alle reti di distribuzione pubblica in bassa tensione.

**CEI 64-8:** impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua.

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

**CEI EN 60439 (CEI 17-13):** apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT).

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

**CEI EN 60529 (CEI 70-1):** gradi di protezione degli involucri (codice IP).

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

**CEI EN 61000-3-2 (CEI 110-31):** compatibilità elettromagnetica (EMC) - Parte 3: Limiti - Sezione 2: Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso " = 16 A per fase).

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

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

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

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

**CEI EN 62305 (CEI 81-10):** protezione contro i fulmini.

**CEI 81-3:** valori medi del numero di fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato.

**CEI 20-19:** cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V.

**CEI 20-20:** cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V.

**CEI 13-4:** sistemi di misura dell'energia elettrica - Composizione, precisione e verifica.

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

### Connessione

**Delibera ARG/ELT n. 33-08:** condizioni tecniche per la connessione alle reti di distribuzione dell'energia elettrica a tensione nominale superiore ad 1 kV.



**Deliberazione 84/2012/R/EEL:** interventi urgenti relativi agli impianti di produzione di energia elettrica, con particolare riferimento alla generazione distribuita, per garantire la sicurezza del sistema elettrico nazionale.

#### Ritiro dedicato

**Delibera ARG/ELT n. 280-07:** modalità e condizioni tecnico-economiche per il ritiro dell'energia elettrica ai sensi dell'articolo 13, commi 3 e 4, del decreto legislativo 29 dicembre 2003, n. 387-03, e del comma 41 della legge 23 agosto 2004, n. 239-04.

#### Servizio di misura

**Delibera ARG/ELT n. 88-07:** disposizioni in materia di misura dell'energia elettrica prodotta da impianti di generazione.

**TIME (2016-2019) - Allegato B Delibera 654/2015/R/EEL:** testo integrato delle disposizioni per l'erogazione del servizio di misura dell'energia elettrica.

#### TICA

**Delibera ARG/ELT n. 99-08 TICA:** 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).

**Deliberazione ARG/ELT 124/10:** Istituzione del sistema di Gestione delle Anagrafiche Uniche Degli Impianti di produzione e delle relative unità (GAUDI) e razionalizzazione dei flussi informativi tra i vari soggetti operanti nel settore della produzione di energia elettrica.

**Deliberazione ARG/ELT n. 181-10:** attuazione del decreto del Ministro dello Sviluppo Economico, di concerto con il Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare 6 agosto 2010, ai fini dell'incentivazione della produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare.

#### TISP

**Delibera ARG/ELT n. 188-05:** definizione del soggetto attuatore e delle modalità per l'erogazione delle tariffe incentivanti degli impianti fotovoltaici, in attuazione dell'articolo 9 del decreto del Ministro delle attività produttive, di concerto con il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio, 28 luglio 2005 con modifiche e integrazioni introdotte con le delibere n. 40/06, n. 260/06, 90/07, ARG/ELT 74/08 e ARG/ELT 1/09.

**TISP - Delibera ARG/ELT n. 74-08:** testo integrato delle modalità e delle condizioni tecnico-economiche per lo scambio sul posto.

**Delibera ARG/ELT n.1-09:** attuazione dell'articolo 2, comma 153, della legge n. 244/07 e dell'articolo 20 del decreto ministeriale 18 dicembre 2008, in materia di incentivazione dell'energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili tramite la tariffa fissa onnicomprensiva e di scambio sul posto.

**TISP 2013 Deliberazione n. 570/2012/R/EFR** - Testo integrato delle modalità e delle condizioni tecnico-economiche per l'erogazione del servizio di scambio sul posto: condizioni per l'anno 2013.

**TISP 2014 - Allegato A alla deliberazione 570/2012/R/EEL:** testo integrato delle modalità e delle condizioni tecnico-economiche per l'erogazione del servizio di scambio sul posto con integrazioni e modifiche apportate con deliberazioni 578/2013/R/EEL, 614/2013/R/EEL e 612/2014/R/EEL.

**Documento per la consultazione 488/2013/R/EFR:** scambio sul posto: aggiornamento del limite massimo per la restituzione degli oneri generali di sistema nel caso di impianti alimentati da fonti rinnovabili.

## TERNA

---

**Gestione transitoria dei flussi informativi per GAUDÌ.**

**GAUDÌ - Gestione anagrafica unica degli impianti e delle unità di produzione.**

**FAQ GAUDÌ**

**Requisiti minimi per la connessione e l'esercizio in parallelo con la rete AT (Allegato A.68).**

**Criteri di connessione degli impianti di produzione al sistema di difesa di Terna (Allegato A.69).**

**Regolazione tecnica dei requisiti di sistema della generazione distribuita (Allegato A.70).**

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

## CRITERIO GENERALE DI CALCOLO

Il principio progettuale normalmente utilizzato per un impianto fotovoltaico è quello di massimizzare la captazione della radiazione solare annua disponibile.

Nella generalità dei casi, il generatore fotovoltaico deve essere esposto alla luce solare in modo ottimale, scegliendo prioritariamente l'orientamento a Sud ed evitando fenomeni di ombreggiamento. In funzione degli eventuali vincoli architettonici della struttura che ospita il generatore stesso, sono comunque adottati orientamenti diversi e sono ammessi fenomeni di ombreggiamento, purché adeguatamente valutati.

Perdite d'energia dovute a tali fenomeni incidono sul costo del kWh prodotto e sul tempo di ritorno dell'investimento.

## CRITERIO DI STIMA DELL'ENERGIA PRODOTTA

L'energia generata dipende:

- dal sito di installazione (latitudine, radiazione solare disponibile, temperatura, riflettanza della superficie antistante i moduli);
- dall'esposizione dei moduli: angolo di inclinazione (Tilt) e angolo di orientazione (Azimut);
- da eventuali ombreggiamenti o insudiciamenti del generatore fotovoltaico;
- dalle caratteristiche dei moduli: potenza nominale, coefficiente di temperatura, perdite per disaccoppiamento o mismatch;
- dalle caratteristiche del BOS (Balance Of System).

Il valore del BOS può essere stimato direttamente oppure come complemento all'unità del totale delle perdite, calcolate mediante la seguente formula:

$$\text{Totale perdite [\%]} = [1 - (1 - a - b) \times (1 - c - d) \times (1 - e) \times (1 - f)] + g$$

per i seguenti valori:

- a Perdite per riflessione.
- b Perdite per ombreggiamento.
- c Perdite per mismatching.
- d Perdite per effetto della temperatura.

- e Perdite nei circuiti in continua.
- f Perdite negli inverter.
- g Perdite nei circuiti in alternata.

Al fine di contenere le perdite totali, un corretto dimensionamento della distanza tra le strutture e l'assenza di altre costruzioni rilevanti in prossimità dell'impianto, consentono di ritenere le perdite per riflessione e per ombreggiamento trascurabili.

Una buona scelta delle apparecchiature (moduli fotovoltaici e inverter) e la loro corretta installazione consente di limitare al massimo le perdite per effetto della temperatura.

Analogamente in fase di installazione una buona selezione dei moduli per la formazione delle stringhe, sulla base delle caratteristiche elettriche riportate nei flash report dei lotti di produzione dei moduli, e la formazione delle stringhe con moduli caratteristiche elettriche uguali ( a meno di piccole differenze) ma soprattutto aventi tensioni nominali molto simili, consente di limitare l'effetto delle correnti parassite che si determinano tra apparecchiature con tensioni differenti, e di conseguenza di limitare le perdite dovute al mismatching dei moduli.

Pertanto per consentire di massimizzare le perdite di energia vanno tenute in debita considerazione le perdite nei circuiti in corrente continua ed in corrente alternata.

Ciò si concretizza con il corretto dimensionamento delle sezioni dei circuiti, che devono essere tali da contenere la caduta di tensione globale dell'impianto entro l'ordine del 4%, ma anche tali da contenere il costo di realizzazione dell'impianto.

Un corretto dimensionamento del sistema consente inoltre di garantirne il corretto funzionamento, occorre infatti ricordare che tutti gli inverter sono caratterizzati da una tensione massima di esercizio, ma anche di un range di tensione in ingresso entro il quale è garantito il funzionamento dell'inverter e nel quale si ha la conversione di energia da continua in alternata, ora poiché i moduli fotovoltaici hanno una caratteristica corrente tensione che varia al variare della temperatura secondo dei coefficienti caratteristici di temperatura di ciascun modulo, occorre verificare che le caratteristiche elettriche della stringa siano compatibili con quelle dell'inverter, al fine di evitarne danneggiamenti e di consentirne il corretto funzionamento.

Occorre pertanto una volta scelti inverter e moduli fotovoltaici, ed aver determinato il numero di moduli da collegare in serie a formare la stringa, verificate che in corrispondenza dei valori minimi della temperatura di lavoro dei moduli (-10 °C) e dei valori massimi di lavoro degli stessi (70 °C) sono verificate le seguenti disuguaglianze:

## TENSIONI MPPT

Tensione nel punto di massima potenza,  $V_m$ , a 70 °C maggiore o uguale alla Tensione MPPT minima ( $V_{mppt\ min}$ ).

Tensione nel punto di massima potenza,  $V_m$ , a -10 °C minore o uguale alla Tensione MPPT massima ( $V_{mppt\ max}$ ).

I valori di MPPT rappresentano i valori minimo e massimo della finestra di tensione utile per la ricerca del punto di funzionamento alla massima potenza.

### **TENSIONE MASSIMA**

Tensione di circuito aperto,  $V_{oc}$ , a -10 °C minore o uguale alla tensione massima di ingresso dell'inverter.

### **TENSIONE MASSIMA MODULO**

Tensione di circuito aperto,  $V_{oc}$ , a -10 °C minore o uguale alla tensione massima di sistema del modulo.

### **CORRENTE MASSIMA**

Corrente massima (corto circuito) generata,  $I_{sc}$ , minore o uguale alla corrente massima di ingresso dell'inverter.

### **DIMENSIONAMENTO**

Dimensionamento compreso tra il 70 % e 120 %.

Per dimensionamento si intende il rapporto percentuale tra la potenza nominale dell'inverter e la potenza del generatore fotovoltaico a esso collegato (nel caso di sottoimpianti MPPT, il dimensionamento è verificato per il sottoimpianto MPPT nel suo insieme).

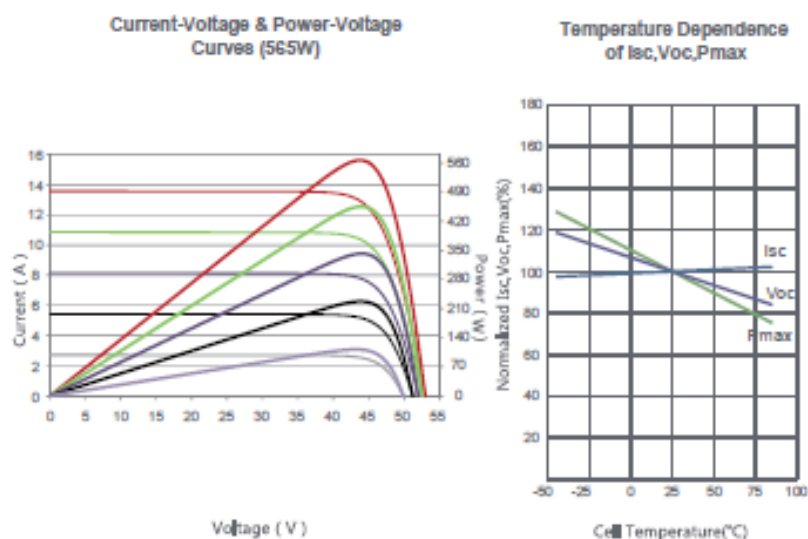
## DATI GENERALI DEL PROGETTO

Il generatore fotovoltaico sarà di tipo installato a terra su traker monoassiali est-ovest, ed sarà costituito da moduli fotovoltaici in silicio monocristallino da 575Wp bifacciali, marca **JINKO SOLAR** modello **JKM575M-7RL4-V** posati in verticale su due file.

I moduli hanno le seguenti caratteristiche elettriche :

### SPECIFICATIONS

Module Type	JKM555M-7RL4-V		JKM560M-7RL4-V		JKM565M-7RL4-V		JKM570M-7RL4-V		JKM575M-7RL4-V	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	555Wp	413Wp	560Wp	417Wp	565Wp	420Wp	570Wp	424Wp	575Wp	428Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	44.10V	40.55V	44.31V	40.63V	44.43V	40.72V	44.55V	40.80V	44.67V	40.89V
Maximum Power Current (Imp)	12.56A	10.18A	12.64A	10.25A	12.72A	10.32A	12.80A	10.39A	12.88A	10.46A
Open-circuit Voltage (Voc)	52.80V	49.84V	52.90V	49.93V	53.00V	50.03V	53.10V	50.12V	53.20V	50.21V
Short-circuit Current (Isc)	13.42A	10.84A	13.50A	10.90A	13.58A	10.97A	13.66A	11.03A	13.74A	11.10A
Module Efficiency STC (%)	20.74%		20.93%		21.11%		21.30%		21.49%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	25A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.35%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.28%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.048%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									



Gli inverter di progetto sono invece di marca **SMA** modello **SC 4400 UP** alloggiati in shelter dotato di trasformatore ed hanno le seguenti caratteristiche tecniche:

Technical Data	SC 4400 UP	SC 4600 UP
<b>DC side</b>		
MPP voltage range $V_{DC}$ (at 25 °C / at 50 °C)	962 to 1325 V / 1100 V	1003 to 1325 V / 1100 V
Min. DC voltage $V_{DC, min}$ / Start voltage $V_{DC, start}$	934 V / 1112 V	976 V / 1153 V
Max. DC voltage $V_{DC, max}$	1500 V	1500 V
Max. DC current $I_{DC, max}$	4750 A	4750 A
Max. short-circuit current $I_{DC, SC}$	6400 A	6400 A
Number of DC inputs	Busbar with 26 connections per terminal	24 double pole fused (32 single pole fused)
Number of DC inputs with optional DC coupled storage	18 double pole fused (36 single pole fused)	for PV and 6 double pole fused for batteries
Max. number of DC cables per DC input (for each polarity)	2 x 800 kcmil, 2 x 400 mm <sup>2</sup>	
Integrated zone monitoring	0	
Available PV fuse sizes (per input)	200 A, 250 A, 315 A, 350 A	400 A, 450 A, 500 A
Available battery fuse size (per input)	750 A	
<b>AC side</b>		
Nominal AC power at $\cos \varphi = 1$ (at 25 °C / at 50 °C)	4400 kVA / 3740 kVA	4600 kVA / 3910 kVA
Nominal AC power at $\cos \varphi = 0.8$ (at 25 °C / at 50 °C)	3520 kW / 2992 kW	3680 kW / 3128 kW
Nominal AC current $I_{AC, max}$ (at 25 °C / at 50 °C)	3850 A / 3273 A	3850 A / 3273 A
Max. total harmonic distortion	< 3% at nominal power	< 3% at nominal power
Nominal AC voltage / nominal AC voltage range <sup>(1)(2)</sup>	660 V / 528 V to 759 V	690 V / 552 V to 759 V
AC power frequency / range	50 Hz / 47 Hz to 53 Hz 60 Hz / 57 Hz to 63 Hz	
Min. short-circuit ratio at the AC terminals <sup>(3)</sup>	> 2	
Power factor at rated power / displacement power factor adjustable <sup>(4)(5)</sup>	* 1 / 0.8 overexcited to 0.8 underexcited	
<b>Efficiency</b>		
Max. efficiency <sup>(1)</sup> / European efficiency <sup>(2)</sup> / CEC efficiency <sup>(3)</sup>	98.8% / 98.7% / 98.5%	98.9% / 98.7% / 98.5%

Sulla base della potenza di picco del campo in DC e delle caratteristiche dei moduli il campo il generatore fotovoltaico è costituito da 33.774 moduli bifacciali da 575Wp in silicio monocristallino, posati su due file in verticale su strutture in acciaio zincato direttamente infisse nel terreno con angolo di azimut 0° ad inseguimento solare definito tracker monoassiale.

Le 1.299 stringhe sono formate da 26 moduli collegati in serie, ciascuna delle stringhe afferisce ai quadri di parallelo dislocati in campo, 111 in tutto; 5 per il sottocampo 1, 17 per il sottocampo 2, 37 per il sottocampo 3, 44 per il sottocampo 4 e 8 per il sottocampo 5.

Tutti i quadri di ciascun sottocampo afferiscono ad inverter centralizzati da 4.4MW; ciascuno con propria cabina di trasformazione. Tutti gli inverter sono alloggiati in uno skid prefabbricato plug and play contenente un trasformatore elevatore con la relativa protezione MT, una rete in MT che raccoglie l'energia e la convoglia nel punto di consegna dove viene immessa nella rete elettrica nazionale.

## CALCOLI E VERIFICHE ELETTRICHE

Verifichiamo ora il corretto accoppiamento stringhe inverter in corrispondenza dei valori minimi della temperatura di lavoro dei moduli (-10 °C) e dei valori massimi di lavoro degli stessi (70 °C):

<b>TENSIONI MPPT</b>	
Va a 70 °C (1.137,64 V) maggiore di Vmppt min. (914.00 V)	<b>VERIFICATO</b>
Vm a -10 °C (1398.36 V) minore di Vmppt max. (1141,8 V)	<b>VERIFICATO</b>
<b>TENSIONE MASSIMA</b>	
Voc a -10 °C (1402.06 V) inferiore alla tensione max. dell'ingresso MPPT (1500.00 V)	<b>VERIFICATO</b>
<b>TENSIONE MASSIMA MODULO</b>	
Voc a -10 °C (1402.06 V) inferiore alla tensione max. di sistema del modulo (1 500.00 V)	<b>VERIFICATO</b>

Verificato il corretto accoppiamento stringhe inverter occorre determinare le sezioni dei circuiti sia in corrente continua che in corrente alternata sia in BT che in MT.

Al fine di ottimizzare le sezioni dei cavi contenendo i costi e le cadute di tensione è fondamentale la corretta individuazione della potenza dei carichi, delle posizioni degli inverter di stringa e delle cabine inverter che devono essere quanto più prossime al baricentro elettrico.

Il valore della caduta di tensione delle nuove linee è stato fissato al 4% e calcolato mediante la seguente formula, come previsto dalla sezione 5 della norma CEI 64/8

$$\Delta V = k \times I_b \times L \times (r \cos \varphi + x \sin \varphi)$$

Dove:

- K è un fattore di tensione pari a 2 per circuiti monofase e 1,71 per sistemi trifase
- L è la lunghezza della linea
- r è la resistenza per chilometro della linea
- x è la reattanza per chilometro della linea
- 

$$\Delta V\% = 100 \Delta V/V$$

Pertanto tutte le linee di alimentazione sono state dimensionate in modo tale da ottenere per tutta la linea, nelle ipotesi di carico equilibrato (per linee trifase) e concentrato alle estremità della linea, la rispondenza alla seguente condizione:

$$\Delta V\% \leq 4\%$$



Per ciascun tratto si è attribuito una caduta di potenziale massima così determinata :

- tratto CC  $\Delta V\% \leq 1\%$
- tratto AC (BT)  $\Delta V\% \leq 1,5\%$
- tratto AC (MT)  $\Delta V\% \leq 1,5\%$

Il calcolo della portata di conduttori è stato effettuato sulla base delle tabelle CEI UNEL 32024/1 per posa non interrata e CEI UNEL 32024/2 per posa interrata :

- tratto CC Posa non interrata fissa sui traker cavo FG21OM21  
 Posa interrata in cavidotto corrugato cavo ARG16R16
- tratto AC (BT) Posa interrata in cavidotto corrugato cavo ARG16R16
- tratto AC (MT) Posa interrata in cavidotto corrugato cavo ARG7H1R1

La scelta di avere quadri di campo baricentrici rispetto alle stringhe e cabine MT baricentriche rispetto ai campi consente anche una standardizzazione delle sezioni dei cavi solari tratto CC e dei cavi MT e ciò anche al fine di una migliore gestione commerciale della commessa, fermo restando il rispetto dei limiti della caduta di tensione massima percentuale, si ha pertanto che le sezioni per tali tratti risultano :

- tratto CC : cavo FG21OM21 formazione 2x1x 6 mmq (6 mmq polo positivo e 6 mmq polo negativo)
- tratto AC (MT) : cavo ARG7H1R1 formazioni varie.

Per il collegamento quadri di stringa inverter, le sezioni sono riassunte nelle seguenti tabelle.

CAMPO 1		Stringhe	Potenza [W]	DENOMINAZIONE			L [m]	FORMAZIONE CAVO				
INVERTER	QUADRO			LINEA				TIPO	POLI	N	SEZIONE	
1	1	12	179.400	L	1.	1	880	ARG16R16	2x	2x	240	mmq
	2	12	179.400	L	1.	2	895	ARG16R16	2x	2x	240	mmq
	3	12	179.400	L	1.	3	920	ARG16R16	2x	2x	240	mmq
	4	12	179.400	L	1.	4	970	ARG16R16	2x	2x	240	mmq
	5	12	179.400	L	1.	5	1000	ARG16R16	2x	2x	240	mmq
			60	897.000								

CAMPO 2		Stringhe	Potenza [W]	DENOMINAZIONE LINEA		L [m]	FORMAZIONE CAVO						
INVERTER	QUADRO						TIPO	POLI	N	SEZIONE			
1	6	12	179.400	L	1.	6	150	ARG16R16	2x	1x	120	mmq	
	7	12	179.400	L	1.	7	115	ARG16R16	2x	1x	70	mmq	
	8	12	179.400	L	1.	8	85	ARG16R16	2x	1x	95	mmq	
	9	12	179.400	L	1.	9	45	ARG16R16	2x	1x	50	mmq	
	10	12	179.400	L	1.	10	35	ARG16R16	2x	1x	50	mmq	
	11	12	179.400	L	1.	11	35	ARG16R16	2x	1x	50	mmq	
	12	11	164.450	L	1.	12	385	ARG16R16	2x	2x	150	mmq	
	13	11	164.450	L	1.	13	55	ARG16R16	2x	1x	70	mmq	
	14	11	164.450	L	1.	14	440	ARG16R16	2x	2x	185	mmq	
	15	11	164.450	L	1.	15	85	ARG16R16	2x	1x	70	mmq	
	16	11	164.450	L	1.	16	95	ARG16R16	2x	1x	95	mmq	
	17	11	164.450	L	1.	17	500	ARG16R16	2x	2x	185	mmq	
	18	11	164.450	L	1.	18	140	ARG16R16	2x	1x	120	mmq	
	19	11	164.450	L	1.	19	535	ARG16R16	2x	2x	240	mmq	
	20	11	164.450	L	1.	20	565	ARG16R16	2x	2x	240	mmq	
	21	11	164.450	L	1.	21	600	ARG16R16	2x	2x	240	mmq	
	22	11	164.450	L	1.	22	215	ARG16R16	2x	1x	185	mmq	
			193	2.885.350									

CAMPO 3		Stringhe	Potenza [W]	DENOMINAZIONE LINEA			L [m]	FORMAZIONE CAVO				
INVERTER	QUADRO							TIPO	POLI	N	SEZIONE	
1	1	12	179.400	L	1.	1	155	ARG16R16	2x	1x	120	mmq
	2	12	179.400	L	1.	2	290	ARG16R16	2x	1x	240	mmq
	3	12	179.400	L	1.	3	75	ARG16R16	2x	1x	70	mmq
	4	12	179.400	L	1.	4	335	ARG16R16	2x	2x	150	mmq
	5	12	179.400	L	1.	5	45	ARG16R16	2x	1x	50	mmq
	6	12	179.400	L	1.	6	375	ARG16R16	2x	2x	150	mmq
	7	12	179.400	L	1.	7	25	ARG16R16	2x	1x	50	mmq
	8	12	179.400	L	1.	8	25	ARG16R16	2x	1x	50	mmq
	9	12	179.400	L	1.	9	415	ARG16R16	2x	2x	185	mmq
	10	12	179.400	L	1.	10	440	ARG16R16	2x	2x	185	mmq
	11	12	179.400	L	1.	11	460	ARG16R16	2x	2x	185	mmq
	12	12	179.400	L	1.	12	535	ARG16R16	2x	2x	240	mmq
	13	12	179.400	L	1.	13	675	ARG16R16	2x	2x	240	mmq
	14	12	179.400	L	1.	14	725	ARG16R16	2x	2x	240	mmq
	15	12	179.400	L	1.	15	810	ARG16R16	2x	2x	240	mmq
	16	12	179.400	L	1.	16	855	ARG16R16	2x	2x	240	mmq
	17	12	179.400	L	1.	17	40	ARG16R16	2x	1x	50	mmq
	18	11	164.450	L	1.	18	100	ARG16R16	2x	1x	95	mmq
	19	11	164.450	L	1.	19	160	ARG16R16	2x	1x	120	mmq
	20	11	164.450	L	1.	20	195	ARG16R16	2x	1x	150	mmq
	21	11	164.450	L	1.	21	210	ARG16R16	2x	1x	185	mmq
		248										

3.707.600

CAMPO 3		Stringhe	Potenza	DENOMINAZIONE LINEA			L [m]	FORMAZIONE CAVO				
INVERTER	QUADRO		[W]					TIPO	POLI	N	SEZIONE	
2	1	12	179.400	L	2.	1	220	ARG16R16	2x	1x	185	mmq
	2	12	179.400	L	2.	2	165	ARG16R16	2x	1x	150	mmq
	3	12	179.400	L	2.	3	140	ARG16R16	2x	1x	120	mmq
	4	12	179.400	L	2.	4	120	ARG16R16	2x	1x	120	mmq
	5	12	179.400	L	2.	5	460	ARG16R16	2x	2x	185	mmq
	6	12	179.400	L	2.	6	90	ARG16R16	2x	1x	95	mmq
	7	12	179.400	L	2.	7	60	ARG16R16	2x	1x	70	mmq
	8	12	179.400	L	2.	8	50	ARG16R16	2x	1x	70	mmq
	9	12	179.400	L	2.	9	25	ARG16R16	2x	1x	50	mmq
	10	12	179.400	L	2.	10	465	ARG16R16	2x	2x	185	mmq
	11	12	179.400	L	2.	11	40	ARG16R16	2x	1x	50	mmq
	12	12	179.400	L	2.	12	355	ARG16R16	2x	2x	150	mmq
	13	12	179.400	L	2.	13	330	ARG16R16	2x	2x	150	mmq
	14	11	164.450	L	2.	14	100	ARG16R16	2x	1x	95	mmq
	15	11	164.450	L	2.	15	290	ARG16R16	2x	1x	240	mmq
	16	11	164.450	L	2.	16	260	ARG16R16	2x	1x	240	mmq
			189	2.825.550								

CAMPO 4		Stringhe	Potenza	DENOMINAZIONE LINEA			L [m]	FORMAZIONE CAVO			
INVERTER	QUADRO		[W]					TIPO	POLI	N	SEZIONE

2	17	12	179.400	L	2.	17	130	ARG16R16	2x	1x	120	mmq
	18	12	179.400	L	2.	18	180	ARG16R16	2x	1x	150	mmq
	19	12	179.400	L	2.	19	230	ARG16R16	2x	1x	185	mmq
	20	12	179.400	L	2.	20	280	ARG16R16	2x	1x	240	mmq
	21	11	164.450	L	2.	21	330	ARG16R16	2x	2x	150	mmq
		59	882.050									

CAMPO 4		Stringhe	Potenza	DENOMINAZIONE LINEA			L	FORMAZIONE CAVO			
INVERTER	QUADRO		[W]				[m]	TIPO	POLI	N	SEZIONE
1	1	12	179.400	L	1.	1	90	ARG16R16	2x	1x	mmq
	2	12	179.400	L	1.	2	60	ARG16R16	2x	1x	mmq
	3	12	179.400	L	1.	3	40	ARG16R16	2x	1x	mmq
	4	12	179.400	L	1.	4	25	ARG16R16	2x	1x	mmq
	5	12	179.400	L	1.	5	25	ARG16R16	2x	1x	mmq
	6	12	179.400	L	1.	6	35	ARG16R16	2x	1x	mmq
	7	12	179.400	L	1.	7	70	ARG16R16	2x	1x	mmq
	8	12	179.400	L	1.	8	575	ARG16R16	2x	2x	mmq
	9	12	179.400	L	1.	9	575	ARG16R16	2x	2x	mmq
	10	12	179.400	L	1.	10	585	ARG16R16	2x	2x	mmq
	11	12	179.400	L	1.	11	605	ARG16R16	2x	2x	mmq
	12	12	179.400	L	1.	12	625	ARG16R16	2x	2x	mmq
	13	12	179.400	L	1.	13	650	ARG16R16	2x	2x	mmq
	14	12	179.400	L	1.	14	685	ARG16R16	2x	2x	mmq

15	12	179.400	L	1.	15	95	ARG16R16	2x	1x	mmq
16	12	179.400	L	1.	16	90	ARG16R16	2x	1x	mmq
17	12	179.400	L	1.	17	85	ARG16R16	2x	1x	mmq
18	11	164.450	L	1.	18	95	ARG16R16	2x	1x	mmq
19	11	164.450	L	1.	19	80	ARG16R16	2x	1x	mmq
20	11	164.450	L	1.	20	45	ARG16R16	2x	1x	mmq
21	11	164.450	L	1.	21	790	ARG16R16	2x	1x	mmq
22	11	164.450	L	1.	22	900	ARG16R16	2x	1x	mmq
23	11	164.450	L	1.	23	920	ARG16R16	2x	1x	mmq
24	11	164.450	L	1.	24	950	ARG16R16	2x	1x	mmq
	281	4.200.950								

CAMPO 4		Stringhe	Potenza [W]	DENOMINAZIONE LINEA		L [m]	FORMAZIONE CAVO				
INVERTER	QUADRO						TIPO	POLI	N	SEZIONE	
2	1	12	179.400	L	2.	1	250	ARG16R16	2x	1x	mmq
	2	12	179.400	L	2.	2	210	ARG16R16	2x	1x	mmq
	3	12	179.400	L	2.	3	165	ARG16R16	2x	1x	mmq
	4	12	179.400	L	2.	4	135	ARG16R16	2x	1x	mmq
	5	12	179.400	L	2.	5	115	ARG16R16	2x	1x	mmq
	6	12	179.400	L	2.	6	85	ARG16R16	2x	1x	mmq
	7	12	179.400	L	2.	7	70	ARG16R16	2x	1x	mmq
	8	12	179.400	L	2.	8	35	ARG16R16	2x	1x	mmq
	9	12	179.400	L	2.	9	35	ARG16R16	2x	1x	mmq
	10	12		L	2.	10	30	ARG16R16	2x	1x	mmq

		179.400								
11	12	179.400	L	2.	11	45	ARG16R16	2x	1x	mmq
12	12	179.400	L	2.	12	50	ARG16R16	2x	1x	mmq
13	12	179.400	L	2.	13	60	ARG16R16	2x	1x	mmq
14	12	179.400	L	2.	14	100	ARG16R16	2x	1x	mmq
15	11	164.450	L	2.	15	225	ARG16R16	2x	1x	mmq
	179	2.676.050								

CAMPO 5		Stringhe	Potenza [W]	DENOMINAZIONE LINEA		L [m]	FORMAZIONE CAVO				
INVERTER	QUADRO						TIPO	POLI	N	SEZIONE	
2	16	12	179.400	L	2.	16	275	ARG16R16	2x	1x	mmq
	17	12	179.400	L	2.	17	325	ARG16R16	2x	1x	mmq
	18	11	164.450	L	2.	18	360	ARG16R16	2x	1x	mmq
	19	11	164.450	L	2.	19	165	ARG16R16	2x	1x	mmq
	20	11	164.450	L	2.	20	395	ARG16R16	2x	1x	mmq
	21	11	164.450	L	2.	21	210	ARG16R16	2x	1x	mmq
	22	11	164.450	L	2.	22	230	ARG16R16	2x	1x	mmq
	23	11	164.450	L	2.	23	265	ARG16R16	2x	1x	mmq
		90	1.345.500								

La protezione delle linee di alimentazione dal sovraccarico verrà realizzata con fusibili sul lato CC e con interruttori automatici di massima corrente su tutte le linee AC idonee per tensioni di lavoro 800 Vac. Le condizioni a cui dovranno soddisfare i dispositivi scelti, sono le seguenti:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

(CEI 64-8, art. 433.2)

e

$$I_f \leq 1.45 I_z$$

Dove

- $I_b$  = corrente di impiego del cavo
- $I_n$  = corrente nominale dell'interruttore
- $I_z$  = portata del conduttore
- $I_f$  = corrente di funzionamento del dispositivo

La protezione dal cortocircuito verrà assicurata installando interruttori aventi potere di interruzione, direttamente o per filiazione, sicuramente superiore alla massima corrente di cortocircuito nel punto di installazione.

Per la protezione dei cavi contro il cortocircuito ad inizio linea è stata invece verificata la seguente espressione:

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

Dove

- $I^2 t$  è l'energia specifica lasciata passare dall'interruttore
- $K$  costante caratteristica dei cavi in funzione del tipo di isolante con conduttori in Alluminio
- $S$  sezione del cavo in  $\text{mm}^2$

Il potere di interruzione scelto per gli interruttori sarà maggiore del massimo valore della corrente di cortocircuito presunto e comunque in nessun caso inferiore a 16 kA.

Si rimanda agli elaborati grafici per quanto riguarda gli schemi unifilari dei quadri elettrici BT ed MT.

Il Tecnico

Dott. Ing. Antonio Mischitelli