

REGIONE PUGLIA
Comune di San Paolo di Civitate
Provincia di Foggia



Ing. Nicola Roselli - Termoli (CB)
 email ing.nicolaroselli@gmail.com



PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTO PER LA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO NECESSARIO ALLA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA E DELLE RELATIVE OPERE ED INFRASTRUTTURE CONNESSE DELLA POTENZA NOMINALE MASSIMA DI 54998 KW E POTENZA IN A.C. DI 50400 KW, SITO NEL COMUNE DI SAN PAOLO DI CIVITATE (FG) CON OPERE DI CONNESSIONE RICADENTI ANCHE NEI COMUNI DI SERRACAPRIOLA (FG) E DI LESINA (FG)

TITOLO TAVOLA

CALCOLI PRELIMINARI IMPIANTI ELETTRICI

PROGETTAZIONE	PROPONENTE	SPAZIO RISERVATO AGLI ENTI
<p>PROGETTISTI</p> <p>Ing. Nicola ROSSELLI</p> <p>Ing. Rocco SALOMI</p> <p>PROGETTISTI PARTI ELETTRICHE</p> <p>Per.Ind. Alessandro CORTI</p> <p>CONSULENZE E COLLABORAZIONI</p> <p>Arch. Gianluca DI DONATO Dott. Massimo MACCHIAROLA Ing. Elvio MURETTA Archeol. Gerardo FRATIANNI Geol. Vito PLESCIA</p>	<p>LIMES 4 S.R.L</p> <p>SEDE LEGALE</p> <p>Milano, cap 20121</p> <p>via Manzoni n.41</p> <p>P.IVA 10307450964</p>	

4.2.11_2	FILE B4XNJR9_4.2.11_2_CalcoliPrelImpElettrici	CODICE PROGETTO B4XNJR9	SCALA
-----------------	--	----------------------------	-------

REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
A	26/06/2023	EMISSIONE	ROSELLI	LIMES4	LIMES4
B					
C					
D					
E					
F					

Tutti i diritti sono riservati. E' vietata qualsiasi utilizzazione, totale o parziale, senza previa autorizzazione



A.01.A	PREMESSA	2
A.02	PROGETTO DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO	3
A.02.1	Normativa di riferimento	3
A.02.2	Dimensionamento dell'impianto fotovoltaico.....	6
A.02.1	Sicurezza elettrica – Protezione dalle sovracorrenti	11
	$I_{cc}^2 t \leq K^2 S^2$, dove:	11
A.02.2	Sicurezza elettrica – Protezione contro i contatti diretti.....	11
A.02.3	Sicurezza elettrica – Protezione contro i contatti indiretti	12
A.02.4	Attivazione dei tracker	13
A.02.5	Convertitori di potenza - Inverter e Cabina di Campo.....	13
A.02.6	Impianto di terra.....	19
A.02.7	Dimensionamento di massima della rete di terra.....	20
	Dimensionamento termico del dispersore.....	20
	Tensioni di contatto e di passo.....	21
A.02.8	Protezione da corto circuiti sul lato c.c. dell'impianto	22
A.02.9	Sicurezze sul lato c.a. dell'impianto	22
A.03	PROGETTO DELL'ELETTRODOTTO.	22
A.03.1	Normativa di riferimento	22
A.03.2	Generalità	25
A.03.3	Descrizione del tracciato.....	26
A.03.4	Caratteristiche tecniche dell'elettrodotto in progetto e dimensionamento del cavo	28
A.03.5	Campi elettrici e magnetici.....	31
A.03.6	Modalità di posa	31
A.03.7	Fibre ottiche	32
A.03.8	Protezione dalle fulminazioni.....	32
A.04	TABELLE RIASSUNTIVE – DIMENSIONAMENTO ELETTRICO.....	34

	<p align="center">Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di San Paolo di Civitate (Provincia di Foggia)</p> <p align="center">Ditta Proponente: LIMES 4 s.r.l.</p>	 <p align="center">Studio di Ingegneria</p>
---	---	---

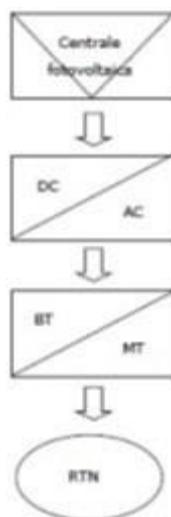
A.01.A PREMESSA

Il presente documento fornisce la descrizione dei calcoli preliminari degli impianti elettrici costituenti l'intero progetto.

Tale descrizione riguarda:

- il sistema fotovoltaico inteso come il raggruppamento dei moduli fotovoltaici, la trasformazione dell'energia solare in energia elettrica e i convertitori di potenza – inverter;
- il trasporto dell'energia prodotta dal campo fotovoltaico tra questo e il punto di connessione, trasporto che avverrà con appositi elettrodotti interrati a 36 kV;

L'impianto sarà di tipo inseguitore monoassiale dotati di una tecnologia elettromeccanica per seguire ogni giorno l'esposizione solare Est-Ovest. Lo schema a blocchi dell'impianto sarà:



Nei paragrafi successivi saranno descritti in maniera più approfondita le varie componenti del ciclo produttivo sopra indicato, mentre in allegato alla presente sono riportate le risultanze elettriche delle varie componenti dell'impianto.

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	0	RELAZIONE PRELIMINARE CALCOLI ELETTRICI	26/06/2023	2	38

	<p align="center">Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di San Paolo di Civitate (Provincia di Foggia)</p> <p align="center">Ditta Proponente: LIMES 4 s.r.l.</p>	 <p align="center">Studio di Ingegneria</p>
---	---	---

A.02 PROGETTO DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

A.02.1 Normativa di riferimento

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 e approvazione di tipo.

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

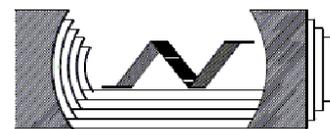
CEI EN 50380 (CEI 82-22): fogli informativi e dati di targa per moduli fotovoltaici.

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	0	RELAZIONE PRELIMINARE CALCOLI ELETTRICI	26/06/2023	3	38



Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di San Paolo di Civitate (Provincia di Foggia)

Ditta Proponente: LIMES 4 s.r.l.



Studio di Ingegneria

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.

UNI/TR 11328-1: "Energia solare - Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia - Parte 1: Valutazione dell'energia raggiante ricevuta".

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).

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	0	RELAZIONE PRELIMINARE CALCOLI ELETTRICI	26/06/2023	4	38

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 $I_n = 16$ 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. **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. **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

"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".

Per quanto non esplicitato, normativa di riferimento del settore.

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	0	RELAZIONE PRELIMINARE CALCOLI ELETTRICI	26/06/2023	5	38

	<p align="center">Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di San Paolo di Civitate (Provincia di Foggia)</p> <p align="center">Ditta Proponente: LIMES 4 s.r.l.</p>	 <p align="center">Studio di Ingegneria</p>
---	---	---

A.02.2 Dimensionamento dell'impianto fotovoltaico

L'impianto agrivoltaico di cui la presente sorgerà nella Regione Puglia, Comune di San Paolo di Civitate (Provincia di Foggia) e sarà allacciato alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) a 36 kV con una nuova Sottostazione RTN (prevista nel comune di Serracapriola).

L'area d'interesse (di seguito "Area") per la realizzazione dell'impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra ad inseguimento mono-assiale, presenta un'estensione complessiva di circa 92 ha di cui circa 78 ha in cui insiste il campo fotovoltaico e la potenza complessiva massima dell'impianto sarà pari a 54,998 MWp con potenza nominale in A.C. di 50,40 MWp e sarà realizzato in un unico lotto.

L'Area è ubicata Regione Puglia, nel Comune di San Paolo di Civitate (Provincia di Foggia) ad una quota altimetrica di circa 80 m s.l.m., in c/da "Difensola" presso la Masseria "Faugno Nuovo" e non risulta acclive ma piuttosto pianeggiante.

L'Area oggetto dell'intervento è ubicata geograficamente a Nord- Est del centro abitato del San Paolo di Civitate e le coordinate geografiche del sito sono: Lat. 41,769583°, Long. 15,316412°. L'intera area ricade in zona agricola "E" - "verde agricolo".

Nello specifico l'Area totale d'intervento (campo agrivoltaico, linea elettrica di connessione alla RTN e ubicazione stazione d'utenza) riguarderà i comuni di San Paolo di Civitate, di Lesina e di Serracapriola ed in particolare:

- Comune di San Paolo di Civitate: Campo agrivoltaico – estensione complessiva dell'area circa mq 920.000,00 – estensione complessiva dell'intervento mq 780.000,00;
- Comuni di San Paolo di Civitate (FG), di Lesina (FG) e di Serracapriola (FG): Linea elettrica interrata di connessione a 36 kV, della lunghezza complessiva di circa 23 km;
- Comune di Serracapriola: Connessione alla futura Sottostazione Terna.

Il parco agrivoltaico su indicazione del documento TERNA, codice pratica **202000475** che riporta la soluzione tecnica minima generale (STMG) per la connessione dell'impianto in oggetto alla rete di trasmissione nazionale, prevede, la realizzazione di un cavidotto a 36 kV,

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	0	RELAZIONE PRELIMINARE CALCOLI ELETTRICI	26/06/2023	6	38

	<p align="center">Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di San Paolo di Civitate (Provincia di Foggia)</p> <p align="center">Ditta Proponente: LIMES 4 s.r.l.</p>	 <p align="center">Studio di Ingegneria</p>
---	---	---

che allaccerà il parco agrivoltaico su una futura Stazione Elettrica (SE) di trasformazione della RTN da realizzare nel comune di Serracapriola (FG).

L'impianto fotovoltaico, della potenza massima di picco pari a 54,998 MWp e con potenza nominale in A.C. di 50,400 MWp, sarà realizzato in un unico lotto e prevede i seguenti elementi:

- strutture per il supporto dei moduli (tracker mono-assiali) ciascuna alloggiante i moduli fotovoltaici disposti in verticale su due file in modalità "portrait"; tali strutture di supporto costituiscono una stringa elettrica. Sono previste 3951 stringhe ciascuna costituita da 24 moduli fotovoltaici bi-facciali;
- 94824 moduli in silicio monocristallino della tipologia JinkoSolar mod. JKM580M-7RL4-TV o similare, per una potenza complessiva di picco pari a 54,998 MWp;
- n. 12 cabine (cabine di campo) della tipologia SMA Solar Technology AG del tipo MV POWER STATION 4200 UP della SMA, o similare e denominate cabine di campo, in cui sono presenti gli inverter dotati di trasformatore, da ubicare all'interno della proprietà secondo le posizioni indicate nell'elaborato planimetria impianto;
- n. 1 cabina elettrica denominata "Cabina elettrica generale di campo", destinate ad ospitare le linee in MT provenienti dalle cabine di campo "Power Station";
- n. 4 cabine di tipo prefabbricato da adibire a locali tecnici anche per la gestione e manutenzione dell'impianto agricolo associato all'impianto fotovoltaico;
- cavidotto a 36 kV di collegamento tra la cabina utente e la futura sottostazione elettrica Terna di Serracapriola.

Il dimensionamento dell'impianto è stato condotto con il programma PVSYST di cui si riporta il report completo del dimensionamento elettrico.

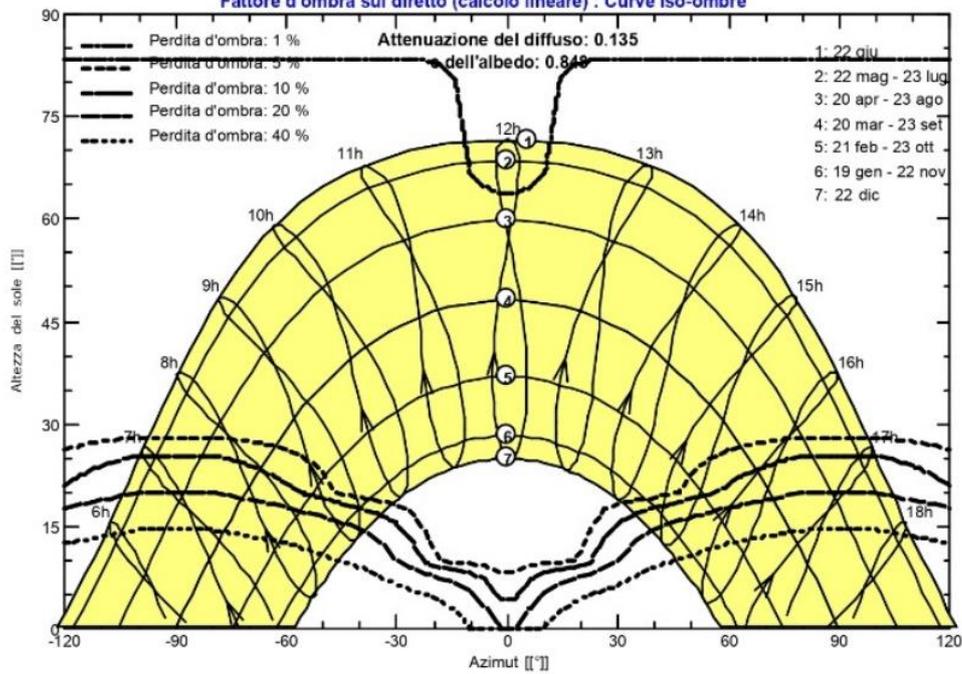
SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	0	RELAZIONE PRELIMINARE CALCOLI ELETTRICI	26/06/2023	7	38



Diagramma iso-ombre

SAN_PAOLO_DEF_1_OK

Fattore d'ombra sul diretto (calcolo lineare) : Curve iso-ombre



SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	0	RELAZIONE PRELIMINARE CALCOLI ELETTRICI	26/06/2023	8	38



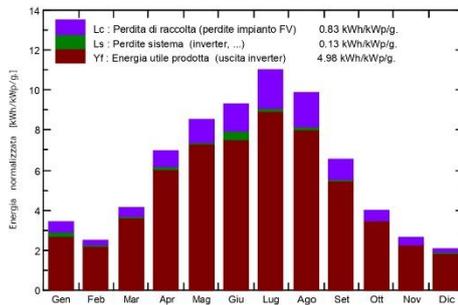
Sistema connesso in rete: Risultati principali

Progetto : SAN_PAOLO_DEF_1_OK
Variante di simulazione : Nuova variante di simulazione
 Simulazione per la 10° Anno dell'operazione

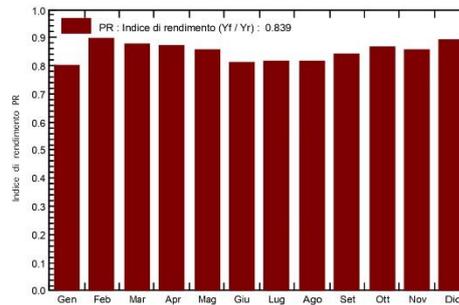
Parametri principali del sistema	Tipo di sistema	Sistema inseguitori	
Ombre vicine	Ombre lineari		
Orientamento campo PV	0°	Azimut asse	0°
Inclinazione asse	0°		
Moduli FV	JKM580M-7RL4-TV	Pnom	580 Wp
Campo FV	Numero di moduli 94824	Pnom totale	54998 kWp
Inverter	Modello Sunny Central 4200 UP	Pnom	4200 kW ac
Gruppo di inverter	Numero di unità 12.0	Pnom totale	50400 kW ac
Bisogni dell'utente	Carico illimitato (rete)		

Risultati principali di simulazione
 Produzione sistema **Energia prodotta 99974 MWh/anno** Prod. spec. 1818 kWh/kWp/anno
 Indice di rendimento PR **83.90 %**

Produzione normalizzata (per kWp installato): Potenza nominale 54998 kWp



Indice di rendimento PR



**Nuova variante di simulazione
 Bilanci e risultati principali**

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR
Gennaio	68.3	25.25	9.85	105.6	90.2	5020	4664	0.803
Febbraio	52.4	30.12	5.73	69.9	61.2	3512	3449	0.897
Marzo	98.1	49.82	10.16	128.4	115.1	6380	6181	0.875
Aprile	156.6	63.52	14.46	208.1	189.1	10152	9987	0.873
Maggio	195.9	70.47	19.49	265.0	243.0	12654	12453	0.854
Giugno	212.2	72.98	24.93	279.5	258.6	13144	12422	0.808
Luglio	246.7	62.05	28.37	339.8	312.5	15453	15214	0.814
Agosto	218.6	55.97	28.65	305.2	280.4	13925	13712	0.817
Settembre	141.5	52.88	22.93	195.2	175.5	9151	9010	0.839
Ottobre	90.2	39.15	16.60	124.2	111.3	6002	5907	0.865
Novembre	55.4	28.68	11.87	80.0	68.6	3826	3761	0.855
Dicembre	47.0	21.97	8.23	65.7	57.5	3272	3215	0.890
Anno	1582.8	572.86	16.84	2166.6	1963.1	102491	99974	0.839

Legenda: GlobHor Irraggiamento orizz. globale GlobEff Globale "effettivo", corr. per IAM e ombre
 DiffHor Irraggiamento diffuso orizz. EArray Energia effettiva in uscita campo
 T_Amb T. amb. E_Grid Energia iniettata nella rete
 GlobInc Globale incidente piano coll. PR Indice di rendimento

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	0	RELAZIONE PRELIMINARE CALCOLI ELETTRICI	26/06/2023	9	38

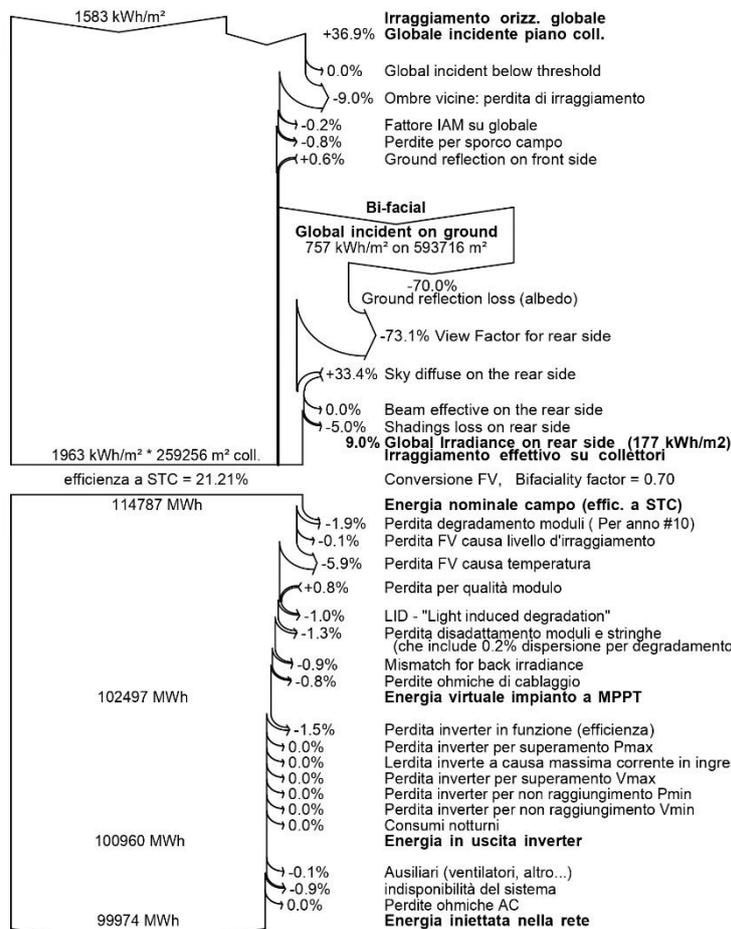


Sistema connesso in rete: Diagramma perdite

Progetto : SAN_PAOLO_DEF_1_OK
Variante di simulazione : Nuova variante di simulazione
 Simulazione per la 10° Anno dell'operazione

Parametri principali del sistema	Tipo di sistema	Sistema inseguitori	
Ombre vicine	Ombre lineari		
Orientamento comp. 5° , asse inclinato, Inclinazione asse	0°	Azimet asse	0°
Moduli FV	Modello	JKM580M-7RL4-TV	Pnom 580 Wp
Campo FV	Numero di moduli	94824	Pnom totale 54998 kWp
Inverter	Modello	Sunny Central 4200 UP	Pnom 4200 kW ac
Gruppo di inverter	Numero di unità	12.0	Pnom totale 50400 kW ac
Bisogni dell'utente	Carico illimitato (rete)		

Diagramma perdite sull'anno intero



SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	0	RELAZIONE PRELIMINARE CALCOLI ELETTRICI	26/06/2023	10	38

	<p align="center">Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di San Paolo di Civitate (Provincia di Foggia)</p> <p align="center">Ditta Proponente: LIMES 4 s.r.l.</p>	 <p align="center">Studio di Ingegneria</p>
---	---	---

A.02.1 Sicurezza elettrica – Protezione dalle sovracorrenti

La protezione contro le sovracorrenti sarà assicurata secondo le prescrizioni della Norma CEI 64-8. In particolare sarà assicurato il coordinamento tra i cavi e i dispositivi di massima corrente installati, secondo le seguenti regole:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$I_{cc}^2 t \leq K^2 S^2$, dove:

I_b = corrente di impiego del cavo

I_n = corrente nominale dell'interruttore

I_z = portata del cavo

I_{cc} = corrente di

cortocircuito t = tempo

di intervento

dell'interruttore

K = coefficiente che dipende dal tipo di isolamento del

cavo S = sezione del cavo

A.02.2 Sicurezza elettrica – Protezione contro i contatti diretti

Le varie sezioni dell'impianto sono costituite da sistemi di Categoria I. Non essendo presenti circuiti a bassissima tensione di sicurezza (SELV) né a bassissima tensione di protezione (PELV), la protezione contro i contatti diretti sarà assicurata mediante isolamento completo delle parti attive, sia per la sezione in corrente continua che per quella in corrente alternata.

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	0	RELAZIONE PRELIMINARE CALCOLI ELETTRICI	26/06/2023	11	38

	<p align="center">Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di San Paolo di Civitate (Provincia di Foggia)</p> <p align="center">Ditta Proponente: LIMES 4 s.r.l.</p>	 <p align="center">Studio di Ingegneria</p>
---	---	---

A.02.3 Sicurezza elettrica – Protezione contro i contatti indiretti

Tutte le parti attive del generatore fotovoltaico saranno isolate da terra, mentre le masse metalliche saranno collegate all'impianto di terra di protezione.

La protezione contro i contatti indiretti sarà assicurata mediante:

- messa a terra delle masse e delle masse estranee;
- scelta e coordinamento dei dispositivi di interruzione automatici della corrente di guasto, in conformità a quanto prescritto dalla Norma CEI 64-8.
- ricerca ed eliminazione del primo guasto a terra.

In particolare, l'impianto rientra nei sistemi di tipo "TN", saranno installati interruttori differenziali tali da garantire il rispetto della seguente relazione nei tempi riportati in tabella I:

$$Z_S \times I_a \leq U_0$$

dove:

- Z_S è l'impedenza dell'anello di guasto comprensiva dell'impedenza di linea e dell'impedenza della sorgente
- I_a è la corrente che provoca l'interruzione automatica del dispositivo di protezione in Ampere, secondo le prescrizioni della norma 64-8/4; quando il dispositivo di protezione è un dispositivo di protezione a corrente differenziale, la I_a è la corrente differenziale I_n .
- U_0 tensione nominale in c.a. (valore efficace della tensione fase – terra) in Volt

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	0	RELAZIONE PRELIMINARE CALCOLI ELETTRICI	26/06/2023	12	38

	<p align="center">Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di San Paolo di Civitate (Provincia di Foggia)</p> <p align="center">Ditta Proponente: LIMES 4 s.r.l.</p>	 <p align="center">Studio di Ingegneria</p>
---	---	---

Tab. I Tempi massimi di interruzione per sistemi TN

U₀(V)	Tempo di interruzione (s)
120	0,8
230	0,4
400	0,2
>400	0,1

Per ridurre il rischio di contatti pericolosi il campo fotovoltaico lato corrente continua è assimilabile ad un sistema IT cioè flottante da terra. La separazione galvanica tra il lato corrente continua e il lato corrente alternata sarà garantita dalla presenza del trasformatore BT/MT. In tal modo perché un contatto accidentale sia realmente pericoloso occorre che si entri in contatto contemporaneamente con entrambe le polarità del campo. Il contatto accidentale con una sola delle polarità non ha praticamente conseguenze, a meno che una delle polarità del campo non si accada casualmente a contatto con la massa.

Per prevenire tale eventualità ogni inverter sarà munito di un opportuno dispositivo di rivelazione degli squilibri verso massa, che ne provoca l'immediato spegnimento e l'emissione di una segnalazione di allarme.

A.02.4 Attivazione dei tracker

I tracker mono-assiali saranno movimentati attraverso un'alimentazione elettrica a 400 V CA – autoalimentati - con un consumo energetico annuo di circa 600 kWh per ogni MW prodotto. Il monitoraggio sarà possibile attraverso controllo locale/remoto.

A.02.5 Convertitori di potenza - Inverter e Cabina di Campo

Le cabine previste nel campo fotovoltaico saranno del tipo:

- Cabina elettrica di campo (semplicemente cabina elettrica o cabina di campo);

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	0	RELAZIONE PRELIMINARE CALCOLI ELETTRICI	26/06/2023	13	38

	<p align="center">Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di San Paolo di Civitate (Provincia di Foggia)</p> <p align="center">Ditta Proponente: LIMES 4 s.r.l.</p>	 <p align="center">Studio di Ingegneria</p>
---	---	---

- Cabina elettrica generale di campo.

Le cabine elettriche di campo svolgono la funzione di locali tecnici per la posa dei quadri, degli inverter, del trasformatore, delle apparecchiature di telecontrollo, di consegna e misura.

Esse saranno assemblate direttamente dalla ditta fornitrice degli inverter e saranno realizzate con struttura metallica leggera con zattera inferiore, anch'essa in metallo, predisposta con forature prestabilite per il passaggio dei cavi MT/BT.

Sono previste 12 cabine elettriche della tipologia MV POWER STATION 4200 -UP della SMA, o prodotto simile, dotate di inverter e trasformatore di potenza.

Le cabine elettriche, situate all'interno del campo fotovoltaico come da planimetrie allegate, saranno di tipo modulare e saranno costituiti dai seguenti elementi:

MV POWER STATION 4200 UP o similare:

- Un modulo per l'inverter (della tipologia SMA del tipo SUNNY CENTRAL 4200 -UP, o similare);
- Un modulo per il trasformatore MT/BT;
- Un modulo locale distribuzione BT/MT con tutti gli apparati elettrici completo di porta metallica.

La superficie complessiva occupata da tale cabina sarà di circa 15,25 mq (6,10 ml x 2,50 ml) per un'altezza complessiva di circa 2,90 ml e sarà sistemata su una base di cemento di poco superiore alle dimensioni in pianta della cabina elettrica.

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	0	RELAZIONE PRELIMINARE CALCOLI ELETTRICI	26/06/2023	14	38

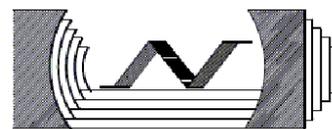


Immagine dell'inverter con trasformatore – MV POWER STATION 4200 – UP o similare



Immagine dell'inverter – SUNNY CENTRAL 4200 - UP o similare

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	0	RELAZIONE PRELIMINARE CALCOLI ELETTRICI	26/06/2023	15	38

	<p align="center">Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di San Paolo di Civitate (Provincia di Foggia)</p> <p align="center">Ditta Proponente: LIMES 4 s.r.l.</p>	 <p align="center">Studio di Ingegneria</p>
---	---	---

Ciascuna di tali cabine elettriche vengono fornite complete di impianto elettrico di illuminazione, impianto di terra interno, kit di dispositivi di protezione individuale.

L'accesso alle cabine elettriche di trasformazione avviene tramite la viabilità interna.

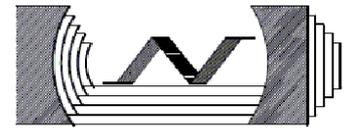
La ripartizione dei vari moduli su ognuno degli inverter utilizzati sarà effettuata sulla base delle caratteristiche tecniche sotto riportate.

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	0	RELAZIONE PRELIMINARE CALCOLI ELETTRICI	26/06/2023	16	38



Dati tecnici	Sunny Central 4000 UP	Sunny Central 4200 UP
Lato CC		
Range di tensione V_{CC} (a 25 °C / a 50 °C)	da 880 a 1325 V / 1100 V	da 921 a 1325 V / 1050 V
Tensione CC min. $V_{CC, min}$ / Tensione d'avviamento $V_{CC, Start}$	849 V / 1030 V	891 V / 1071 V
Tensione CC max. $V_{CC, max}$	1500 V	1500 V
Corrente CC max $I_{CC, max}$	4750 A	4750 A
Corrente di cortocircuito max $I_{CC, sc}$	8400 A	8400 A
Numero ingressi CC	Sbarra collettiva con 26 collegamenti per polo, 24 fusibili su entrambi i poli (32 fusibili su polo singolo)	
Numero di ingressi CC con l'opzione di batteria connessa su lato CC	18 fusibili su entrambi i poli (36 su polo singolo) per FV e 6 fusibili su entrambi i poli per batterie	
Numero max di cavi CC per ogni ingresso CC (per ciascuna polarità)	2x 800 kcmil, 2x 400 mm ²	
Zone Monitoring integrato	○	
Dimensioni di fusibili FV disponibili (per ingresso)	200 A, 250 A, 315 A, 350 A, 400 A, 450 A, 500 A	
La massima dimensione del fusibile di batteria disponibile (per ingresso)	750 A	
Lato CA		
Potenza nominale CA con $\cos \varphi = 1$ (a 35 °C / a 50 °C)	4000 kVA ⁽²⁾ / 3600 kVA	4200 kVA ⁽²⁾ / 3780 kVA
Potenza nominale CA con $\cos \varphi = 0,9$ (configurazione standard A68) (a 35 °C/a 50 °C) ⁽⁴⁾	3600 kW ⁽²⁾ / 3240 kW	3780 kW ⁽²⁾ / 3402 kW
Potenza attiva nominale CA con $\cos \varphi = 0,8$ (a 35 °C / a 50 °C)	3200 kW ⁽²⁾ / 2880 kW	3360 kW ⁽²⁾ / 3024 kW
Corrente nominale CA $I_{CA, nom}$ (a 35 °C / a 50 °C)	3850 A / 3465 A	3850 A / 3465 A
Fattore massimo di distorsione	< 3 % alla potenza nominale	< 3 % alla potenza nominale
Tensione nominale CA / Range di tensione nominale CA ⁽¹⁸⁾	600 V / 480 V a 720 V	630 V / 504 V a 756 V
Frequenza di rete CA / Range	50 Hz / 47 Hz a 53 Hz 60 Hz / 57 Hz a 63 Hz	> 2
Rapporto min di cortocircuito ai morsetti ⁽²⁾	1 / 0,8 induttivo fino a 0,8 capacitivo	
Fattore di potenza a potenza nominale / Fattore di sfasamento regolabile ⁽¹⁰⁾		
Grado di rendimento europeo		
Efficienza max ⁽²⁾ / efficienza efficienza ⁽²⁾ / efficienza CEC ⁽³⁾	98,8 % / 98,6 % / 98,5 %	98,8 % / 98,7 % / 98,5 %
Dispositivi di protezione		
Dispositivo di disinserzione lato ingresso	Sezionatore di carico CC	
Dispositivo di sgancio lato uscita	Interruttore di potenza CA	
Protezione contro sovratensioni CC	Scaricatore di sovratensioni, tipo I e II	
Protezione da sovratensioni CA (opzionale)	Scaricatore di sovratensioni, classe I e II	
Protezione antifulmine (secondo IEC 62305-1)	Classe di protezione antifulmine III	
Monitoraggio dispersione a terra / Monitoraggio dispersione a terra remoto	○ / ○	
Monitoraggio dell'isolamento	○	
Classe di protezione del sistema elettronico / canale d'aria / campo di collegamento (secondo IEC 60529)	IP54 / IP34 / IP34	
Dati generali		
Dimensioni (L / A / P)	2815 / 2318 / 1588 mm (110,8 / 91,3 / 62,5 pollici)	
Peso	< 3700 kg / < 8158 lb	
Autoconsumo (max. ⁽⁴⁾ / carico parziale ⁽⁵⁾ / medio ⁽⁶⁾)	< 8100 W / < 1800 W / < 2000 W	
Autoconsumo (stand-by)	< 370 W	
Alimentazione ausiliaria	Trasformatore integrato da 8,4 kVA	
Range di temperature di funzionamento (opzionale) ⁽⁸⁾	(-40 °C) -25 a 60 °C / (-40 °F) -13 °F a 140 °F	
Rumorosità ⁽⁷⁾	65,0 dB(A)	
Range di temperature (stand-by)	-40 °C a 60 °C / -40 °F a 140 °F	
Range di temperature (in magazzino)	-40 °C a 70 °C / -40 °F a 158 °F	
Valore massimo ammissibile per l'umidità relativa (condensante / non condensante)	95% a 100% (2 mesi/anno) / 0% a 95%	
Altitudine operativa massima s.l.m. ⁽⁹⁾ 1000 m / 2000 m ⁽¹¹⁾ / 3000 m ⁽¹¹⁾	● / ○ / ○ ● / ○ / -	
Fabbisogno d'aria fresca	6500 m ³ /h	
Dotazione		
Collegamento CC	Capocorda a ogni ingresso (senza fusibile)	
Collegamento CA	sistema di sbarre (3 sbarre collettive, una per ciascuna fase)	
Comunicazione	Ethernet, Modbus Master, Modbus Slave	
Farbe involucro / Dach	RAL 9016 / RAL 7004	
Approvvigionamento per utilizzatori esterni	○ (2,5 kVA)	
rispetta le norme e direttive	ARN 4110, ARN 4120 ⁽¹³⁾ , Arrêté du 23/04/08, CE, IEC / EN 62109-1, IEC / EN 62109-2, IEEI1547, UL 840 Cat. IV	
Norme CEM	IEC 55011, IEC 61000-6-2, FCC Part 15 Class A	
Rispetta direttive e standard di qualità	VDI/VDE 2862 page 2, DIN EN ISO 9001	
● Dotazione di serie ○ Opzionale - Non disponibile		
Denominazione del tipo	SC 4000 UP	SC 4200 UP

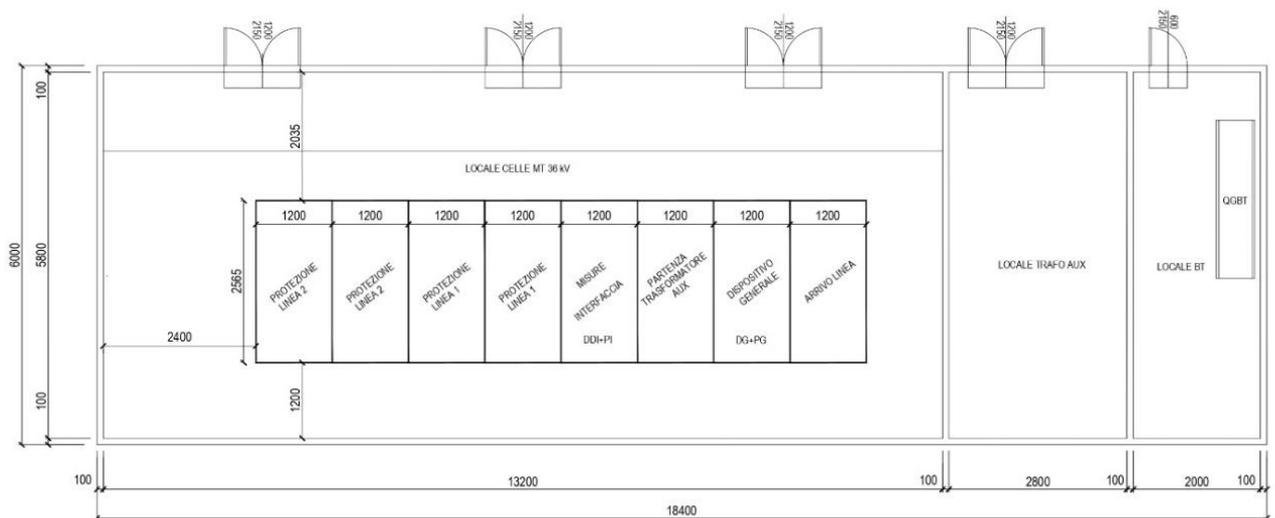
SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	0	RELAZIONE PRELIMINARE CALCOLI ELETTRICI	26/06/2023	17	38



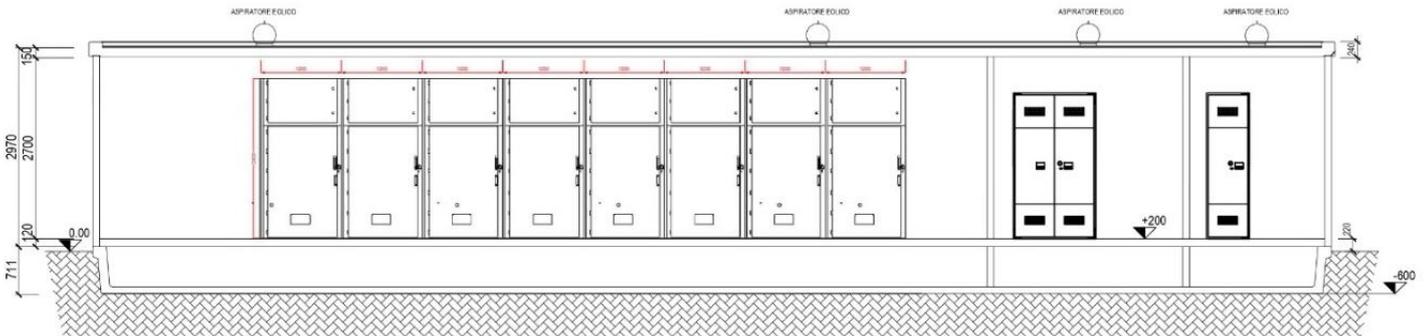
La cabina elettrica generale di campo raccoglie tutti i cavi provenienti dalle cabine di campo; la cabina generale convoglia l'energia prodotta dall'impianto, tramite un elettrodotto interrato a 36 kV, alla futura stazione elettrica di Serracapriola (FG).

La costruzione della cabina generale verrà realizzata in calcestruzzo armato di tipo prefabbricato e sarà posizionata nella zona sud est dell'impianto, come si evince dalla planimetria generale dell'impianto allegata alla presente. La fondazione della stessa sarà costituita da piastra in conglomerato cementizio in opera avente superficie identica a quella della cabina (tranne che per degli sbordi laterali di circa cm. 40) e altezza commisurata alla portanza dei terreni interessati, comunque non inferiore a cm. 40.

All'interno di essa, oltre alle celle di MT ed al trasformatore MT/BT Ausiliari, vi alloggeranno anche l'UPS, il rack dati, la centralina antintrusione, gli apparati di supporto e controllo dell'impianto di generazione ed il QGBT Ausiliari. La cabina generale di campo sarà costituita da un edificio dalla superficie complessiva di circa 110 mq (18.40 x 6.00 metri) per una cubatura complessiva di circa 328 mc.



SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	0	RELAZIONE PRELIMINARE CALCOLI ELETTRICI	26/06/2023	18	38



La cabina generale raccoglie, come già detto, tutti i cavi che provengono dalle cabine di trasformazione (cabine di campo).

Dalla cabina elettrica generale di campo, attraverso un cavidotto interrato a 36 kV della lunghezza di circa 23 km, i cavi verranno convogliati all'interno della futura sottostazione Terna, come si evince dalla planimetria della tavola relativa alla connessione alla RTN.

Tutti gli edifici suddetti saranno dotati di impianto elettrico realizzato a norma della legge 37/08. L'accesso alle cabine elettriche avviene tramite la viabilità interna.

La sistemazione di tale viabilità (percorsi di passaggio tra le strutture), sarà realizzata in materiale stabilizzato permeabile. La dimensione delle strade è stata scelta per consentire il passaggio di mezzi idonei ad effettuare il montaggio e la manutenzione dell'impianto.

I cavi elettrici BT dell'impianto e i cavi di collegamento MT delle cabine di trasformazione alla cabina generale di campo saranno sistemati in appositi cunicoli e cavidotti interrati.

A.02.6 Impianto di terra

L'impianto di terra sarà progettato e realizzato in accordo con la norma CEI EN 61936-1, CEI EN 50522, Norma CEI 99-3 ed alle prescrizioni della Guida CEI C. 1155 (revisione della CEI 11-37),

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	0	RELAZIONE PRELIMINARE CALCOLI ELETTRICI	26/06/2023	19	38

	<p align="center">Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di San Paolo di Civitate (Provincia di Foggia)</p> <p align="center">Ditta Proponente: LIMES 4 s.r.l.</p>	 <p align="center">Studio di Ingegneria</p>
---	---	---

partendo dai dati di resistività del terreno, corrente di guasto sul nodo elettrico e tempo di eliminazione del guasto che saranno riportati nel documento di progetto.

L'impianto di terra sarà costituito essenzialmente da un dispersore intenzionale con tondini in acciaio zincato del diametro non inferiore a 10 mm, interrato ad una profondità di circa 800 mm e realizzato in modo da costituire una maglia equipotenziale su tutta l'area in cui insisterà l'impianto di stazione.

Per le connessioni agli armadi verranno impiegati conduttori di rame di sezione pari a 35/50 mmq. Alla maglia di terra verranno collegati i dispersori di fatto, costituiti dalle armature metalliche delle opere civili, e tutte le masse e masse estranee facenti parte dell'impianto.

Tutti i collegamenti di terra saranno realizzati con cavi rispondenti alle norme CEI 7-4, 7-1 e 7-6 di sezione adeguata.

Prima della messa in servizio dell'impianto, saranno effettuate le verifiche dell'impianto di terra previste dal DPR 22 ottobre 2001 n. 462.

A.02.7 Dimensionamento di massima della rete di terra

La rete di terra sarà dimensionata in accordo alle norme di riferimento. In particolare si procederà:

- al dimensionamento termico del dispersore e dei conduttori di terra;
- alla definizione delle caratteristiche geometriche del dispersore, in modo da garantire il rispetto delle tensioni di contatto.

Dimensionamento termico del dispersore

Il dispersore deve avere una buona resistenza meccanica e alla corrosione che può essere ottenuta adottando i materiali e le dimensioni minime previste dalla norma.

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	0	RELAZIONE PRELIMINARE CALCOLI ELETTRICI	26/06/2023	20	38



La sezione del conduttore percorso dalla corrente di guasto può essere determinata con la seguente formula:

$$A = \frac{I}{k} \sqrt{\frac{t}{I_n \frac{\Theta f + \beta}{\Theta i + \beta}}}$$

Dove:

A = sezione minima del conduttore di terra,

in mm² I = corrente del conduttore, in A

t = durata della corrente di guasto, in sec.

k e β sono dei coefficienti forniti dalla Norma che dipendono dai materiali, come da tabella seguente:

Materiali	β(°C)	k (Amm ⁻² s ^{1/2})
Rame	234,5	226
Alluminio	228	148
Acciaio	202	78

- i = temperatura iniziale in °C
- f = temperatura finale in °C

Tensioni di contatto e di passo

La definizione della geometria del dispersore al fine di garantire il rispetto dei limiti di tensione di contatto e di passo sarà effettuata in fase di progetto esecutivo, quando saranno noti i valori di resistività del terreno, da determinare con apposita campagna di misure. In via preliminare, sulla base degli standard normalmente adottati e di precedenti esperienze, può essere ipotizzato un dispersore orizzontale a maglia, con lato di maglia di 5 m. In caso di terreno non omogeneo con strati superiori ad elevata resistività si potrà procedere all'installazione di dispersori verticali (picchetti) di lunghezza sufficiente a penetrare negli strati

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	0	RELAZIONE PRELIMINARE CALCOLI ELETTRICI	26/06/2023	21	38

	<p align="center">Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di San Paolo di Civitate (Provincia di Foggia)</p> <p align="center">Ditta Proponente: LIMES 4 s.r.l.</p>	 <p align="center">Studio di Ingegneria</p>
---	---	---

di terreno a resistività più bassa, in modo da ridurre la resistenza di terra dell'intero dispersore.

A.02.8 Protezione da corto circuiti sul lato c.c. dell'impianto

Gli impianti FV sono realizzati attraverso il collegamento in serie/parallelo di un determinato numero moduli FV, a loro volta realizzati attraverso il collegamento in serie/parallelo di celle FV inglobate e sigillate in un unico pannello d'insieme. Pertanto gli impianti FV di qualsiasi dimensione conservano le caratteristiche elettriche della singola cella, semplicemente a livelli di tensione e correnti superiore, a seconda del numero di celle connesse in serie (per ottenere tensioni maggiori) oppure in parallelo (per ottenere correnti maggiori).

Negli impianti fotovoltaici la corrente di corto circuito dell'impianto non può superare la somma delle correnti di corto circuito delle singole stringhe.

Essendo le stringhe composte da una serie di generatori di corrente (i moduli fotovoltaici) la loro corrente di corto è di poco superiore alla corrente nel punto di massima potenza.

A.02.9 Sicurezze sul lato c.a. dell'impianto

La limitazione delle correnti del campo fotovoltaico comporta analogha limitazione anche nelle correnti in uscita dagli inverter.

Eventi di corto circuito sul lato alternata dell'impianto sono tuttavia pericolosi perché possono provocare ritorni da rete di intensità non limitata.

L'interruttore MT in SF6 è equipaggiato con una protezione generale di massima corrente e una protezione contro i guasti a terra.

A.03 PROGETTO DELL'ELETTRODOTTO.

A.03.1 Normativa di riferimento

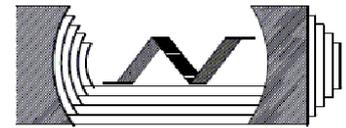
- CEI 0-2 Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici
- CEI 0-16 Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	0	RELAZIONE PRELIMINARE CALCOLI ELETTRICI	26/06/2023	22	38

passivi allertati AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica

- CEI 11-27 Lavori su impianti elettrici
- CEI EN 61936-1 Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata
- CEI EN 50522 – Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in corrente alternata
- CEI 11-17 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica –
Linee in cavo
- CEI 11-20 + V1 e V2 Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria
- CEI EN 50110-1 CEI (11-48) Esercizio degli impianti elettrici
- CEI EN 50160 CEI (8-9) Caratteristiche della tensione fornita dalle reti pubbliche di distribuzione dell'energia elettrica
- CEI 20-13 Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30 kV
- Norma CEI 0-14 "Guida all'applicazione del DPR 462/01 relativa alla semplificazione del procedimento per la denuncia di installazioni e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, di dispositivi di messa a terra degli impianti elettrici e di impianti elettrici pericolosi"
- Norma CEI 11-4 "Esecuzione delle linee elettriche aeree esterne"
- Norma CEI 11-32 "Impianti di produzione di energia elettrica connessi a sistemi di III categoria"
- Norma CEI 11-46 "Strutture sotterranee polifunzionali per la coesistenza di servizi a rete diversi – Progettazione, costruzione, gestione ed utilizzo – Criteri generali di posa"
- Norma CEI 11-47 "Impianti tecnologici sotterranei – Criteri generali di posa"
- Norma CEI 11-61 "Guida all'inserimento ambientale delle linee aeree esterne e delle

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	0	RELAZIONE PRELIMINARE CALCOLI ELETTRICI	26/06/2023	23	38



stazioni elettriche”

- Norma CEI 11-62 “Stazioni del cliente finale allacciate a reti di terza categoria”
- Norma CEI 11-63 “Cabine Primarie”
- Norma CEI 64-8 “Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua”
- Norma CEI 103-6 “Protezione delle linee di telecomunicazione dagli effetti dell'induzione elettromagnetica provocata dalle linee elettriche vicine in caso di guasto”
- Norma CEI EN 50086 2-4 “Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche Parte 2-4: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi interrati”
- Decreto Legislativo 9 Aprile 2008 n. 81 - “Attuazione dell’articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro”
- D.P.R. 22 Ottobre 2001 n. 462 “Regolamento di semplificazione del procedimento per la denuncia di installazioni e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, di dispositivi di messa a terra di impianti elettrici e di impianti elettrici pericolosi”
- Decreto Legislativo 1 agosto 2003 n. 259 "Codice delle comunicazioni elettroniche"
- D.M. 12 Settembre 1959 “Attribuzione dei compiti e determinazione delle modalità e delle documentazioni relative all'esercizio delle verifiche e dei controlli previste dalle norme di prevenzione degli infortuni sul lavoro”
- Testo Unico di Leggi sulle Acque e sugli Impianti Elettrici (R.D. n. 1775 del 11/12/1933);
- Norme per l’esecuzione delle linee aeree esterne (R.D. n. 1969 del 25/11/1940) e successivi aggiornamenti (D.P.R. n. 1062 del 21/6/1968 e D.M. n. 449 del 21/3/1988);
- “Approvazione delle norme tecniche per la progettazione l’esecuzione e l’esercizio delle linee aeree esterne” (D.M. n. 449 del 21/03/1988);

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	0	RELAZIONE PRELIMINARE CALCOLI ELETTRICI	26/06/2023	24	38

	<p align="center">Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di San Paolo di Civitate (Provincia di Foggia)</p> <p align="center">Ditta Proponente: LIMES 4 s.r.l.</p>	 <p align="center">Studio di Ingegneria</p>
---	---	---

- "Aggiornamento delle norme tecniche per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne" (D.M. 16/01/1991) e successivi aggiornamenti (D.M. 05/08/1998);
- Codice Civile (relativamente alla stipula degli atti di costituzione di servitù);
- "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz)" (D.P.C.M del 8/07/2003);
- "Norme di sicurezza antincendio per il trasporto, la distribuzione, l'accumulo e l'utilizzazione del gas naturale con densità non superiore a 0,8" (D.M. 24.11.1984 e s.m.i.);
- Codice della strada (D.Lgs. n. 285/92) e successive modificazioni;
- Leggi regionali e regolamenti locali in materia di rilascio delle autorizzazioni alla costruzione degli elettrodotti, qualora presenti ed in vigore.

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.

A.03.2 Generalità

Il tracciato è stato studiato in armonia con quanto dettato dall'art.121 del T.U. 11-12-1933 n.1775, comparando le esigenze di pubblica utilità dell'opera con gli interessi sia pubblici che privati.

Nella definizione dell'opera sono stati adottati i seguenti criteri progettuali:

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

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	0	RELAZIONE PRELIMINARE CALCOLI ELETTRICI	26/06/2023	25	38

	<p align="center">Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di San Paolo di Civitate (Provincia di Foggia)</p> <p align="center">Ditta Proponente: LIMES 4 s.r.l.</p>	 <p align="center">Studio di Ingegneria</p>
---	---	---

- minimizzare l'interferenza con le eventuali zone di pregio naturalistico, paesaggistico e archeologico.

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

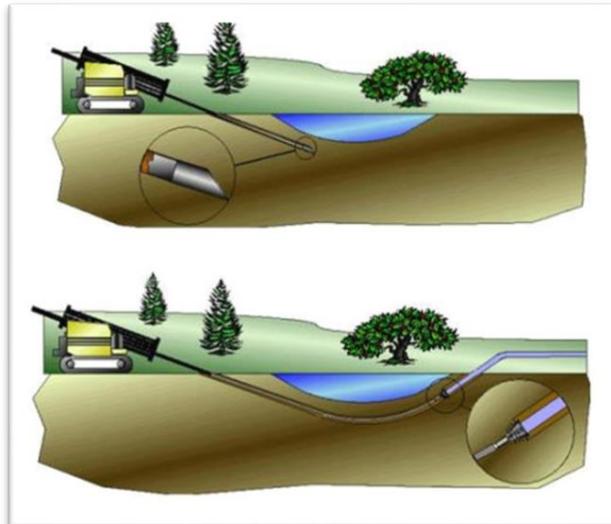
A.03.3 Descrizione del tracciato

Per quanto riguarda l'elettrodotto interrato di collegamento del campo fotovoltaico alla sottostazione Terna, questo avrà una lunghezza di circa 23 km e percorrerà gran parte della viabilità esistente, per poi raggiungere la zona in cui è ubicata la sottostazione. Nel dettaglio:

- dalla cabina principale d'impianto si prevede un elettrodotto interrato a 36 kV costituito da quattro terne di cavi elicordati ad elica posati ciascuno all'interno di un cavidotto di protezione del diametro di 200 mm che percorreranno la viabilità esistente per circa 22600 ml per poi attraversare terreni di proprietà privata per circa 1000 ml fino a raggiungere l'area destinata alla realizzazione della Sottostazione Terna.

Lungo il percorso sono presenti alcuni canali di scarico delle acque meteoriche stradali, ponticelli stradali e diversi canali idrici, nonché il Fiume Fortore il cui attraversamento sarà possibile applicando le tecniche del "no dig" o "perforazione teleguidata" e del "microtunneling" che permettono la posa in opera di tubazioni e cavi interrati senza ricorrere agli scavi a cielo aperto e senza compromettere il naturale flusso degli stessi corsi d'acqua. Di seguito un'immagine esplicativa delle tecniche previste.

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	0	RELAZIONE PRELIMINARE CALCOLI ELETTRICI	26/06/2023	26	38



Schema tecnica "No dig"



Schema tecnica "Microtunneling"

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	0	RELAZIONE PRELIMINARE CALCOLI ELETTRICI	26/06/2023	27	38



Vista d'insieme dell'impianto con collegamento cavo a 36 kV (in rosso)

A.03.4 Caratteristiche tecniche dell'elettrodotto in progetto e dimensionamento del cavo

L'elettrodotto in oggetto costituisce l'elemento di collegamento tra la cabina di campo, situata sul perimetro dell'impianto fotovoltaico e il punto di connessione ove smistare l'energia elettrica prodotta dall'impianto alla Rete di Trasmissione Nazionale.

La tensione massima degli elettrodotti interrati sarà di 36kV.

La linea, di tipo interrata, sarà realizzata interamente con terna di cavi interrati all'interno di un cavidotto in PVC, in modo da ridurre al minimo l'impatto ambientale.

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	0	RELAZIONE PRELIMINARE CALCOLI ELETTRICI	26/06/2023	28	38



I cavi utilizzati saranno del tipo tripolari elicordati ad elica ad isolamento solido estruso con conduttori di alluminio, del tipo ARE4H5EX 20,8/36 kV, aventi una sezione nominale di 300 mmq.

L'isolamento sarà costituito da miscela a base di polietilene reticolato (XLPE) o, in alternativa, da miscela elastomerica reticolata ad alto modulo a base di gomma sintetica (HEPR), qualità G7 rispondente alle norme CEI 20-11 e CEI 20-13: in entrambi i casi la temperatura di esercizio del cavo sarà pari a 90° C.

Ne seguito le caratteristiche principali del cavo da utilizzare (o similare):

<p>APPLICATIONS In MV energy distribution networks for voltage systems up to 42kV. Suitable for fixed installation indoor or outdoor laying in air or directly or indirectly buried, also in wet location.</p>													
<p>FUNCTIONAL CHARACTERISTICS</p> <table border="0"> <tr> <td>Rated voltage U_0/U:</td> <td>20,8/36 kV</td> </tr> <tr> <td>Maximum voltage U_m:</td> <td>42 kV</td> </tr> <tr> <td>Test voltage:</td> <td>3,5 U_0</td> </tr> <tr> <td>Max operating temperature of conductor:</td> <td>90 °C</td> </tr> <tr> <td>Max short-circuit temperature:</td> <td>250 °C (max duration 5 s)</td> </tr> <tr> <td>Max short-circuit temperature (screen):</td> <td>150 °C</td> </tr> </table>		Rated voltage U_0/U :	20,8/36 kV	Maximum voltage U_m :	42 kV	Test voltage:	3,5 U_0	Max operating temperature of conductor:	90 °C	Max short-circuit temperature:	250 °C (max duration 5 s)	Max short-circuit temperature (screen):	150 °C
Rated voltage U_0/U :		20,8/36 kV											
Maximum voltage U_m :	42 kV												
Test voltage:	3,5 U_0												
Max operating temperature of conductor:	90 °C												
Max short-circuit temperature:	250 °C (max duration 5 s)												
Max short-circuit temperature (screen):	150 °C												
<p>CONSTRUCTION</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Conductor <i>stranded, compacted, round aluminium - class 2 acc. to IEC 60228</i> 2. Conductor screen <i>extruded semiconducting compound</i> 3. Insulation <i>extruded XLPE compound</i> 4. Insulation screen <i>extruded semiconducting compound - fully bonded</i> 5. Longitudinal watertightness <i>semiconducting water blocking tape</i> 6. Metallic screen and radial water barrier <i>aluminium tape longitudinally applied (nominal thickness = 0,20 mm)</i> 7. Outer sheath <i>extruded PE compound - colour: red</i> 													

La portata del cavo interrato a trifoglio da 300 mmq è pari a 583 A, per cui la sezione scelta è sufficiente a trasportare la potenza richiesta.

La scelta dell'alluminio come materiale conduttore del cavo è stata determinata dalla più ampia reperibilità sul mercato e dal più basso costo, ma soprattutto da considerazioni di sicurezza tipicamente legate ad eventi locali. Infatti, l'esperienza in altri cantieri ha evidenziato l'improponibilità dell'utilizzo di cavi in rame a causa dei ripetuti furti e danneggiamenti subiti dai cavi in fase di posa che hanno reso estremamente difficoltoso il normale svolgimento della costruzione degli elettrodotti. La scelta delle sezioni dei cavi è stata fatta considerando:

- le correnti di impiego determinate dalla potenza effettiva per tener conto della effettiva potenza massima che i moduli FV riescono a produrre (a valle delle perdite nella conversione), per evitare un sovradimensionamento dei cavi;
- le portate dei cavi per la tipologia di posa (norma CEI 20-21) e per la tipologia di carico ciclico giornaliero (CEI 20-42/1);
- il contenimento delle perdite di linea.

I coefficienti di calcolo per la portata dei cavi (profondità di posa, condizioni termiche, ecc.) sono stati assunti secondo le seguenti ipotesi:

- resistività termica del terreno pari a 1,5 °K m/W (in fase di progettazione esecutiva sarà effettuata una misura di resistività termica del terreno lungo il tracciato previsto, in modo da effettuare una correzione del valore se risultasse più alto), pari a quella del cls, ipotesi a favore della sicurezza rispetto alle prescrizioni della norma CEI 20-21;
- temperatura terreno pari a 20° C (CEI 20-21 A.3);
- coefficiente di variazione della portata per carico ciclico giornaliero;
- fattori di riduzione quando nello scavo sono presenti condutture affiancate;
- ulteriore fattore di sicurezza corrispondente ad una riduzione del 10% rispetto alla portata calcolata (I_z);
- condizioni di posa con la situazione termica più critica.

La scelta della sezione è stata effettuata considerando che il cavo deve avere una portata I_z uguale o superiore alla corrente di impiego I_b del circuito.

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	0	RELAZIONE PRELIMINARE CALCOLI ELETTRICI	26/06/2023	30	38

	<p align="center">Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di San Paolo di Civitate (Provincia di Foggia)</p> <p align="center">Ditta Proponente: LIMES 4 s.r.l.</p>	 <p align="center">Studio di Ingegneria</p>
---	---	---

Durante le operazioni di installazione la temperatura dei cavi per tutta la loro lunghezza e per tutto il tempo in cui essi possono venir piegati o raddrizzati non deve essere inferiore a quanto specificato dal produttore del cavo.

Successivamente alle operazioni di posa e comunque prima della messa in servizio, l'isolamento dei cavi a MT, dei giunti e dei terminali, sarà verificato attraverso opportune misurazioni secondo le CEI

11-17. La tensione di prova dell'isolamento in corrente continua dovrà essere pari a quattro volte la tensione nominale stellata.

A.03.5 Campi elettrici e magnetici

Per quanto riguarda i campi elettrici e magnetici, si rimanda alla relazione tecnica interamente dedicata a tale tema e allegata alla presente.

A.03.6 Modalità di posa

L'elettrodotto in oggetto, come in precedenza specificato, è composto da 4 linee interrato ciascuna corrispondente a una terna di cavi elicordati della sezione sopra richiamata. Le linee saranno posate all'interno di altrettanti cavidotti di protezione di diametro 200 mmq. La profondità minima di posa, deve essere tale da garantire almeno 2 m, misurato dall'estradosso superiore dei cavi.

Il corrugato verrà alloggiato su opportuno strato di sabbia vagliata.

Altre soluzioni particolari, quali l'alloggiamento dei cavi in cunicoli prefabbricati o gettati in opera od in tubazioni di PVC della serie pesante o di ferro, oppure soluzioni di tipo no-dig e/o micro tunneling, potranno essere adottate per attraversamenti specifici, qualora necessario.

Gli attraversamenti delle opere interferenti saranno eseguiti in accordo a quanto previsto dalla NormaCEI 11-17.

Per evitare danneggiamenti meccanici sul cavo, durante la posa, si dovrà tenere conto dello sforzo massimo del cavo e del raggio di curvatura minimo.

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	0	RELAZIONE PRELIMINARE CALCOLI ELETTRICI	26/06/2023	31	38

	<p align="center">Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di San Paolo di Civitate (Provincia di Foggia)</p> <p align="center">Ditta Proponente: LIMES 4 s.r.l.</p>	 <p align="center">Studio di Ingegneria</p>
---	---	---

In caso di presenza di acqua occorrerà prestare particolare attenzione per evitare che possa entrare acqua o umidità alle estremità dei cavi: dovrà essere effettuata la spelatura del cavo per 30 cm, la sigillatura mediante coni di fissaggio in corrispondenza dell'inizio dell'isolante e la sigillatura mediantecalotte termo-restringenti in caso di interrimento del cavo prima della realizzazione di giunzioni o terminazioni.

I cavi sono protetti dai corrugati a doppia parete con grado di schiacciamento di almeno 450N. Sarà previsto superiormente il nastro segnaletico posato ad almeno 50 cm dal corrugato.

A.03.7 Fibre ottiche

E' prevista l'installazione di fibre ottiche a servizio della linea, le quali saranno posate contestualmente alla stesura del cavo secondo le modalità descritte nei tipici allegati.

In sede di progetto esecutivo e comunque prima che si dia inizio alla realizzazione dell'opera ed in particolare prima dell'installazione della rete di comunicazioni elettroniche in fibre ottiche a servizio dell'elettrodotto, si procederà all'ottenimento dell'autorizzazione generale espletando gli obblighi stabiliti dal Decreto Legislativo 1 agosto 2003, n. 259, "Codice delle comunicazioni elettroniche"; in particolare si procederà alla presentazione della dichiarazione, conforme al modello riportato nell'allegato n. 14 al suddetto decreto, contenente l'intenzione di installare o esercire una rete di comunicazione elettronica ad uso privato; ciò costituisce denuncia di inizio attività ai sensi dello stesso D.Lgs.259/2003 art. 99, comma 4.

A.03.8 Protezione dalle fulminazioni

Un campo fotovoltaico correttamente collegato a massa, non altera in alcun modo l'indice ceraunico della località di montaggio, e quindi la probabilità di essere colpito da un fulmine.

I moduli fotovoltaici sono in alto grado insensibili alle sovratensioni atmosferiche, che invece possono risultare pericolose per le apparecchiature elettroniche di condizionamento della potenza. Per ridurre idanni dovuti ad eventuali sovratensioni i quadri di parallelo sottocampi

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	0	RELAZIONE PRELIMINARE CALCOLI ELETTRICI	26/06/2023	32	38



Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di San Paolo di Civitate (Provincia di Foggia)

Ditta Proponente: LIMES 4 s.r.l.



Studio di Ingegneria

sono muniti di varistori su entrambe le polarità dei cavi d'uscita.

In caso di sovratensioni i varistori collegano una od entrambe le polarità dei cavi a massa e provocano l'immediato spegnimento degli inverter e l'emissione di un segnale d'allarme.

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	0	RELAZIONE PRELIMINARE CALCOLI ELETTRICI	26/06/2023	33	38



Impianto agrivoltaico con fotovoltaico a terra del tipo a inseguimento solare da ubicare nel Comune di San Paolo di Civitate (Provincia di Foggia)

Ditta Proponente: LAMES 4 s.r.l.



Studio di Ingegneria

A.04 TABELLE RIASSUNTIVE – DIMENSIONAMENTO ELETTRICO.

SIGLA	REV	DESCRIZIONE	Data	Pag.	TOT.
	0	RELAZIONE PRELIMINARE CALCOLI ELETTRICI	26/06/2023	34	38



CAMPO	POWER STATION	STRING-BOX	TIPO E SEZIONE CAVO	LUNGHEZZA [m]
1	1.1	1.1.1	H1Z2Z2-K 2x1x185 mmq	100
		1.1.2		70
		1.1.3		45
		1.1.4		20
		1.1.5		30
		1.1.6		50
		1.1.7		75
		1.1.8		90
		1.1.9		105
		1.1.10		120
		1.1.11		135
		1.1.12		150
		1.1.13		165
		1.1.14		180
	1.2	1.2.1	H1Z2Z2-K 2x1x185 mmq	105
		1.2.2		90
		1.2.3		75
		1.2.4		60
		1.2.5		45
		1.2.6		30
		1.2.7		15
		1.2.8		15
		1.2.9		30
		1.2.10		45
		1.2.11		60
		1.2.12		75
		1.2.13		90
		1.2.14		105
	1.3	1.3.1	H1Z2Z2-K 2x1x185 mmq	140
		1.3.2		90
		1.3.3		60
		1.3.4		30
		1.3.5		15
		1.3.6		15
		1.3.7		50
		1.3.8		65
		1.3.9		80
		1.3.10		110
		1.3.11		70
		1.3.12		80
		1.3.13		95
		1.3.14		110
	1.4	1.4.1	H1Z2Z2-K 2x1x185 mmq	125
		1.4.2		110
		1.4.3		95
		1.4.4		80
		1.4.5		70
		1.4.6		45
		1.4.7		30
		1.4.8		15
		1.4.9		15
		1.4.10		30
		1.4.11		45
		1.4.12		70
		1.4.13		90
		1.4.14		100



1	1.5	1.5.1	H1Z2Z2-K 2x1x185 mmq	60
		1.5.2		45
		1.5.3		30
		1.5.4		15
		1.5.5		15
		1.5.6		30
		1.5.7		45
		1.5.8		60
		1.5.9		75
		1.5.10		90
		1.5.11		105
		1.5.12		120
		1.5.13		175
		1.5.14		310
	1.6	1.6.1	H1Z2Z2-K 2x1x185 mmq	45
		1.6.2		20
		1.6.3		50
		1.6.4		35
		1.6.5		60
		1.6.6		60
		1.6.7		70
		1.6.8		80
		1.6.9		95
		1.6.10		105
		1.6.11		115
		1.6.12		145
		1.6.13		145
		1.6.14		155



CAMPO	POWER STATION	STRING-BOX	TIPO E SEZIONE CAVO	LUNGHEZZA [m]
2	2.1	2.1.1	H1Z2Z2-K 2x1x185 mmq	125
		2.1.2		95
		2.1.3		55
		2.1.4		35
		2.1.5		15
		2.1.6		25
		2.1.7		55
		2.1.8		75
		2.1.9		95
		2.1.10		115
		2.1.11		135
		2.1.12		155
		2.1.13		175
		2.1.14		195
	2.2	2.2.1	H1Z2Z2-K 2x1x185 mmq	90
		2.2.2		75
		2.2.3		60
		2.2.4		45
		2.2.5		35
		2.2.6		15
		2.2.7		25
		2.2.8		30
		2.2.9		45
		2.2.10		60
		2.2.11		75
		2.2.12		90
		2.2.13		105
		2.2.14		120
	2.3	2.3.1	H1Z2Z2-K 2x1x185 mmq	65
		2.3.2		55
		2.3.3		40
		2.3.4		30
		2.3.5		15
		2.3.6		25
		2.3.7		30
		2.3.8		45
		2.3.9		60
		2.3.10		75
		2.3.11		90
		2.3.12		105
		2.3.13		120
		2.3.14		130
	2.4	2.4.1	H1Z2Z2-K 2x1x185 mmq	30
		2.4.2		15
		2.4.3		25
		2.4.4		30
		2.4.5		45
		2.4.6		60
		2.4.7		75
		2.4.8		90
		2.4.9		105
		2.4.10		120
		2.4.11		135
		2.4.12		150
		2.4.13		165
		2.4.14		180



2	2.5	2.5.1	H1Z2Z2-K 2x1x185 mmq	75
		2.5.2		60
		2.5.3		45
		2.5.4		30
		2.5.5		15
		2.5.6		25
		2.5.7		30
		2.5.8		45
		2.5.9		60
		2.5.10		75
		2.5.11		90
		2.5.12		105
		2.5.13		120
		2.5.14		135
	2.6	2.6.1	H1Z2Z2-K 2x1x185 mmq	115
		2.6.2		105
		2.6.3		95
		2.6.4		80
		2.6.5		65
		2.6.6		50
		2.6.7		35
		2.6.8		20
		2.6.9		15
		2.6.10		110
		2.6.11		165
		2.6.12		190
		2.6.13		240
		2.6.14		265