

COMMITTENTE



**RFI S.p.a.**

PROGETTAZIONE

MANDATARIA



**NET ENGINEERING S.P.A.**

MANDANTE (se presente)



**ALPINA S.P.A.**



**CORIP S.R.L.**



**PROGIN S.P.A.**

SOGGETTO TECNICO

**INVESTIMENTI STAZIONI AREA CENTRO-NORD**

PROGETTO DEFINITIVO

# NUOVA FERMATA DI FIRENZE GUIDONI

Progettazione Definitiva della nuova fermata di Firenze Guidoni

IMPIANTI ELETTRICI E SPECIALI

Relazione specialistica impianto fotovoltaico

SCALA -

PROGETTO	ANNO	SOTTOPROG.	LIVELLO	O.PRN.	DISCIPL.	TIPO ELB.	F. FUNZ.	PROGRESSIV.	REV.
348023		S10	PD	00	IE	RT	00	003	A

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato <small>Il Responsabile</small>	Data	Autorizzato <small>Il Soggetto Tecnico</small>	Data
A	Emissione	E. Baccari	29/06/23	V. Moro	29/06/23	M. Candela <small>Responsabile</small>	29/06/23	F. Cerbone	29/06/23

POSIZIONE ARCHIVIO

LINEA

L490

SEDE TECNICA

- - - - -

NOME DOC.

NUMERAZIONE

## INDICE

1	DATI GENERALI DELL'IMPIANTO.....	3
1.1	SITO DI INSTALLAZIONE.....	3
1.2	DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO.....	3
2	DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO.....	4
2.1	EMISSIONI.....	4
2.2	RADIAZIONE SOLARE.....	5
2.3	ESPOSIZIONI.....	6
3	STRUTTURE DI SOSTEGNO.....	8
4	Generatore FTV.....	8
4.1	GRUPPO DI CONVERSIONE.....	9
4.2	DIMENSIONAMENTO.....	11
4.3	Cavi elettrici e cablaggi.....	12
4.4	Quadri elettrici.....	16
4.5	SEPARAZIONE GALVANICA E MESSA A TERRA.....	16
4.6	Sistema di controllo e monitoraggio (SCM).....	17
4.7	VERIFICHE.....	17
4.8	Verifica di interferenza con impianto TE e linee alta tensione.....	19
4.9	PLANIMETRIA DEL GENERATORE.....	20
5	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	21
6	Analisi economica.....	23
7	Analisi dei costi.....	24
8	Regime contrattuale.....	25
9	Finanziamento.....	25
10	Consumo utenza.....	25

11	Ritorno economico .....	25
12	CONCLUSIONI .....	28
13	ALLEGATO .....	29

## 1 DATI GENERALI DELL'IMPIANTO

Il presente progetto è relativo alla realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica tramite conversione fotovoltaica, avente una potenza nominale di 15 kW e potenza di picco di 18,04 kWp.

### 1.1 SITO DI INSTALLAZIONE

L'impianto sarà realizzato per la nuova Stazione Guidoni (FI) che presenta le seguenti caratteristiche: La nuova fermata ferroviaria di Firenze Guidoni sorgerà lungo direttrice ferroviaria per La Spezia – Grosseto con servizi della linea per Siena e per Empoli. La realizzazione della fermata è prevista a nord est del centro città, in prossimità del sottovia di Viale A. Guidoni, lato sud.

Dati relativi alla località di installazione	
Località:	Firenze 50127 Viale Alessandro Guidoni 483
Latitudine:	043°47'53"N
Longitudine:	011°12'39"E
Altitudine:	55 m
Fonte dati climatici:	ENEA
Albedo:	20 % Asfalto invecchiato, Calcestruzzo invecchiato, ...

### 1.2 DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO

La quantità di energia elettrica producibile sarà calcolata sulla base dei dati radiometrici di cui alla norma ENEA e utilizzando i metodi di calcolo illustrati nella norma UNI 8477-1.

Per gli impianti verranno rispettate le seguenti condizioni (*da effettuare per ciascun "generatore fotovoltaico", inteso come insieme di moduli fotovoltaici con stessa inclinazione e stesso orientamento*):

in fase di avvio dell'impianto fotovoltaico, il rapporto fra l'energia o la potenza prodotta in corrente alternata e l'energia o la potenza producibile in corrente alternata (determinata in funzione dell'irraggiamento solare incidente sul piano dei moduli, della potenza nominale dell'impianto e della temperatura di funzionamento dei moduli) sia almeno superiore a 0,78 nel caso di utilizzo di inverter

di potenza fino a 20 kW e 0,8 nel caso di utilizzo di inverter di potenza superiore, nel rispetto delle condizioni di misura e dei metodi di calcolo descritti nella medesima Guida CEI 82-25.

Non sarà ammesso il parallelo di stringhe non perfettamente identiche tra loro per esposizione, e/o marca, e/o modello, e/o numero dei moduli impiegati. Ciascun modulo, infine, sarà dotato di diodo di by-pass.

Sarà, inoltre, sempre rilevabile l'energia prodotta (cumulata) e le relative ore di funzionamento.

## 2 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

L'impianto fotovoltaico è costituito da n°1 generatore fotovoltaico composto da n°44 moduli fotovoltaici e da n°1 inverter.

La potenza di picco è di 18,04 kWp per una produzione pari a 23.151,8 kWh annui distribuiti su una superficie di 84,48 m<sup>2</sup>.

La modalità di connessione sarà tramite rete Trifase in Bassa tensione con tensione di fornitura 400 V.

### 2.1 EMISSIONI

L'impianto riduce le emissioni inquinanti in atmosfera secondo la seguente tabella annuale:

Equivalenti di produzione termoelettrica	
Anidride solforosa (SO <sub>2</sub> ):	16,23 kg
Ossidi di azoto (NO <sub>x</sub> ):	20,43 kg
Polveri:	0,72 kg
Anidride carbonica (CO <sub>2</sub> ):	12,07 t

Equivalenti di produzione geotermica	
Idrogeno solforato (H <sub>2</sub> S) (fluido geotermico):	0,71 kg
Anidride carbonica (CO <sub>2</sub> ):	0,14 t
Tonnellate equivalenti di petrolio (TEP):	4,33 TEP

## 2.2 RADIAZIONE SOLARE

La valutazione della risorsa solare disponibile è stata effettuata in base alla Norma ENEA, prendendo come riferimento la località che dispone dei dati storici di radiazione solare nelle immediate vicinanze di Firenze.

### TABELLA DI RADIAZIONE SOLARE SUL PIANO ORIZZONTALE

Mese	Totale giornaliero [MJ/m <sup>2</sup> ]	Totale mensile [MJ/m <sup>2</sup> ]
Gennaio	5,7	176,7
Febbraio	8,4	235,2
Marzo	13,5	418,5
Aprile	17	510
Maggio	21,1	654,1
Giugno	23	690
Luglio	23,2	719,2
Agosto	19,7	610,7
Settembre	15	450
Ottobre	10,3	319,3
Novembre	6,6	198
Dicembre	4,9	151,9

### TABELLA PRODUZIONE ENERGIA

Mese	Totale giornaliero [kWh]	Totale mensile [kWh]
Gennaio	33,766	1046,758
Febbraio	44,111	1235,112
Marzo	64,72	2006,334
Aprile	73,497	2204,925

Maggio	85,949	2664,404
Giugno	91,114	2733,412
Luglio	93,177	2888,487
Agosto	83,37	2584,463
Settembre	68,947	2068,412
Ottobre	52,982	1642,427
Novembre	38,184	1145,52
Dicembre	30,051	931,576

### 2.3 ESPOSIZIONI

L'impianto fotovoltaico è composto da n.1 generatore distribuito su di n.1 esposizioni come di seguito definite:

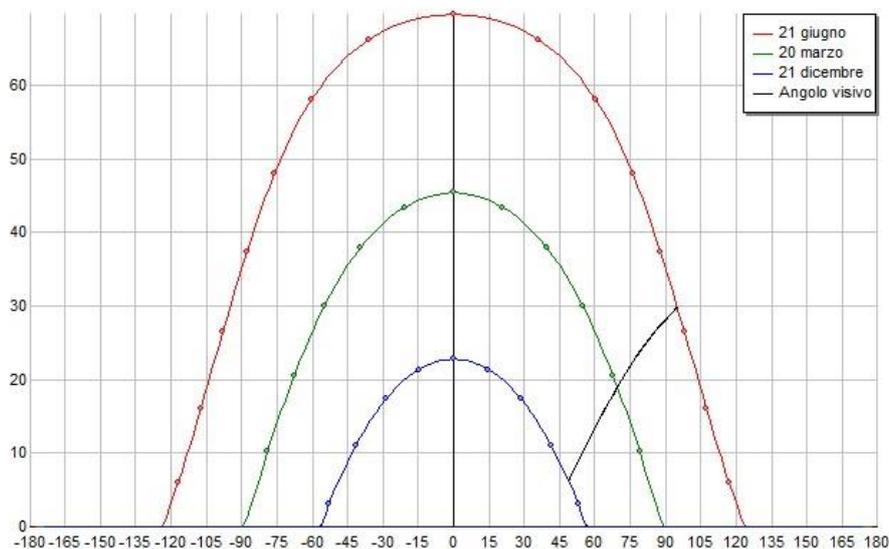
Descrizione	Tipo realizzazione	Tipo installazione	Orient.	Inclin.	Ombr.
Esposizione Sud-Est	[Non assegnato]	Inclinazione fissa	-50°	35°	0 %

#### Esposizione Sud-Est

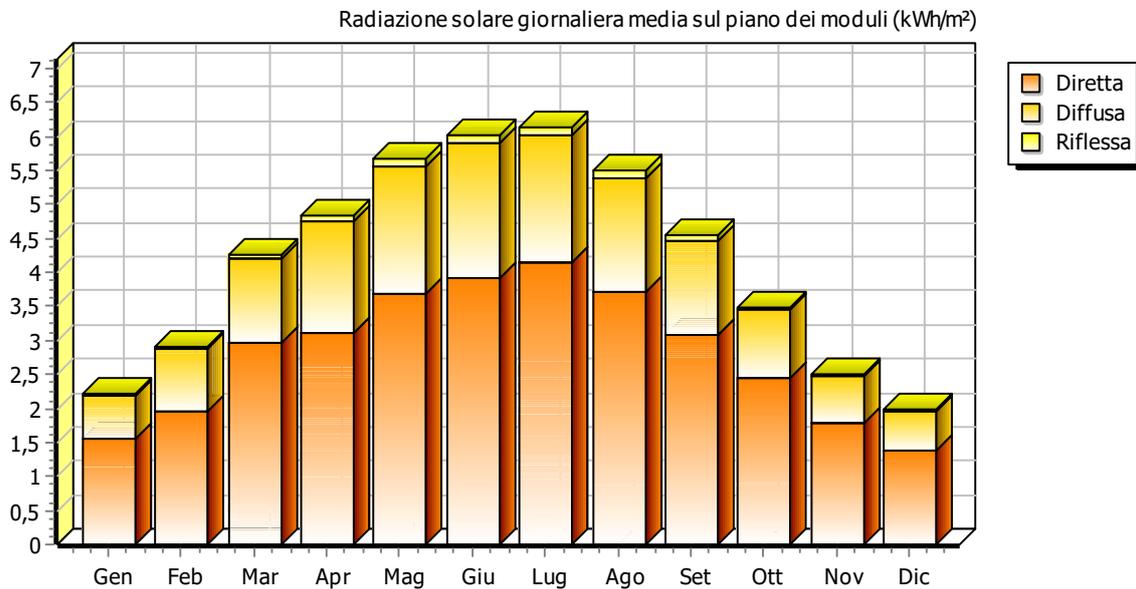
Esposizione Sud-Est sarà esposta con un orientamento di -50,00° (azimut) rispetto al sud ed avrà un'inclinazione rispetto all'orizzontale di 35,00° (tilt).

La produzione di energia dell'esposizione Esposizione Sud-Est è condizionata da alcuni fattori di ombreggiamento che determinano una riduzione della radiazione solare nella misura del 0 %.

#### DIAGRAMMA DI OMBREGGIAMENTO



**DIAGRAMMA RADIAZIONE SOLARE**



**TABELLA DI RADIAZIONE SOLARE**

Mese	Radiazione Diretta [kWh/m <sup>2</sup> ]	Radiazione Diffusa [kWh/m <sup>2</sup> ]	Radiazione Riflessa [kWh/m <sup>2</sup> ]	Totale giornaliero [kWh/m <sup>2</sup> ]	Totale mensile [kWh/m <sup>2</sup> ]
Gennaio	1,555	0,642	0,028	2,225	68,979
Febbraio	1,951	0,915	0,041	2,907	81,392
Marzo	2,958	1,241	0,066	4,265	132,214
Aprile	3,115	1,646	0,083	4,843	145,3
Maggio	3,673	1,888	0,103	5,664	175,579
Giugno	3,914	1,977	0,113	6,004	180,127
Luglio	4,159	1,867	0,114	6,14	190,346
Agosto	3,707	1,691	0,096	5,494	170,311
Settembre	3,093	1,377	0,073	4,543	136,305
Ottobre	2,436	1,006	0,05	3,491	108,233
Novembre	1,78	0,705	0,032	2,516	75,488
Dicembre	1,387	0,569	0,024	1,98	61,389

### 3 STRUTTURE DI SOSTEGNO

I moduli verranno montati su dei supporti in acciaio zincato con inclinazione di 3°, avranno tutti la medesima esposizione. Gli ancoraggi della struttura dovranno resistere a raffiche di vento fino alla velocità di 120 km/h.

### 4 Generatore FTV

Il generatore è composto da n° 44 moduli del tipo Silicio monocristallino con una vita utile stimata di oltre 20 anni e degradazione della produzione dovuta ad invecchiamento del 0,8 % annuo.

CARATTERISTICHE DEL GENERATORE FOTOVOLTAICO	
Numero di moduli:	44
Numero inverter:	1
Potenza nominale:	15 kW
Potenza di picco:	18,04 kWp
Performance ratio:	84,1 %

DATI COSTRUTTIVI DEI MODULI	
Tecnologia costruttiva:	Silicio monocristallino
Caratteristiche elettriche	
Potenza massima:	410 Wp
Rendimento:	21,4 %
Tensione nominale:	31,4 V
Tensione a vuoto:	37,2 V
Corrente nominale:	13 A
Corrente di corto circuito:	13,6 A
Dimensioni	

Dimensioni:	1134 mm x 1692 mm
Peso:	21,2 kg

I valori di tensione alle varie temperature di funzionamento (minima, massima e d'esercizio) rientrano nel range di accettabilità ammesso dall'inverter.

Saranno forniti moduli fotovoltaici conformi alle norme CEI EN 61730-1 e CEI EN 61730-2 e progettare secondo quanto previsto dalle Circolari DCPST n°1324 del 7 febbraio 2012 e DCPST n°6334 del 4 maggio 2012 e quanto previsto dalla RTV 13 del DM 03/08/2015 e s.m.i. per la realizzazione di chiusure d'ambito degli edifici civili

#### 4.1 GRUPPO DI CONVERSIONE

Il gruppo di conversione è composto dai convertitori statici (Inverter).

Il convertitore c.c./c.a. utilizzato è idoneo al trasferimento della potenza dal campo fotovoltaico alla rete del distributore, in conformità ai requisiti normativi tecnici e di sicurezza applicabili. I valori della tensione e della corrente di ingresso di questa apparecchiatura sono compatibili con quelli del rispettivo campo fotovoltaico, mentre i valori della tensione e della frequenza in uscita sono compatibili con quelli della rete alla quale viene connesso l'impianto.

Le caratteristiche principali del gruppo di conversione sono:

- Inverter a commutazione forzata con tecnica PWM (pulse-width modulation), senza clock e/o riferimenti interni di tensione o di corrente, assimilabile a "sistema non idoneo a sostenere la tensione e frequenza nel campo normale", in conformità a quanto prescritto per i sistemi di produzione dalla norma CEI 0-21 e dotato di funzione MPPT (inseguimento della massima potenza)
- Ingresso lato cc da generatore fotovoltaico gestibile con poli non connessi a terra, ovvero con sistema IT.
- Rispondenza alle norme generali su EMC e limitazione delle emissioni RF: conformità norme CEI 110-1, CEI 110-6, CEI 110-8.
- Protezioni per la sconnessione dalla rete per valori fuori soglia di tensione e frequenza della rete e per sovracorrente di guasto in conformità alle prescrizioni delle norme CEI 0-21 ed a

quelle specificate dal distributore elettrico locale. Reset automatico delle protezioni per predisposizione ad avviamento automatico.

- Conformità marchio CE.
- Grado di protezione adeguato all'ubicazione in prossimità del campo fotovoltaico (IP65).
- Dichiarazione di conformità del prodotto alle normative tecniche applicabili, rilasciato dal costruttore, con riferimento a prove di tipo effettuate sul componente presso un organismo di certificazione abilitato e riconosciuto.
- Campo di tensione di ingresso adeguato alla tensione di uscita del generatore FV.
- Efficienza massima  $\geq 90\%$  al 70% della potenza nominale.

Dati costruttivi degli inverter	
Inseguitori:	2
Ingressi per inseguitore:	2
Caratteristiche elettriche	
Potenza nominale:	15 kW
Potenza massima:	15,2 kW
Potenza massima per inseguitore:	7,6 kW
Tensione nominale:	580 V
Tensione massima:	1100 V
Tensione minima per inseguitore:	200 V
Tensione massima per inseguitore:	1000 V
Tensione nominale di uscita:	400 Vac
Corrente nominale:	64 A
Corrente massima:	64 A
Corrente massima per inseguitore:	32 A
Rendimento:	0,99

Inverter 1	MPPT 1	MPPT 2
Moduli in serie:	22	22
Stringhe in parallelo:	1	1
Esposizioni:	Esposizione Sud-Est	Esposizione Sud-Est
Tensione di MPP (STC):	691,5 V	691,5 V
Numero di moduli:	22	22

## 4.2 DIMENSIONAMENTO

La potenza di picco del generatore è data da:

$$P = P_{\text{modulo}} * N^{\circ}\text{moduli} = 410 \text{ Wp} * 44 = 18,04 \text{ kWp}$$

L'energia totale prodotta dall'impianto alle condizioni STC (irraggiamento dei moduli di 1000 W/m<sup>2</sup> a 25°C di temperatura) si calcola come:

Esposizione	N° moduli	Radiazione solare [kWh/m <sup>2</sup> ]	Energia [kWh]
Esposizione Sud-Est	44	1 525,66	27 522,96

$$E = E_n * (1 - \text{Disp}) = 23151,8 \text{ kWh}$$

dove

Disp = Perdite di potenza ottenuta da

Perdite per ombreggiamento:	0,0 %
Perdite per aumento di temperatura:	3,9 %
Perdite di mismatching:	5,0 %
Perdite in corrente continua:	1,5 %
Altre perdite (sporcizia, tolleranze...):	5,0 %

Perdite per conversione:	1,5 %
<b>Perdite totali:</b>	<b>15,9 %</b>

#### TABELLA PERDITE PER OMBREGGIAMENTO

Mese	Senza ostacoli [kWh]	Produzione reale [kWh]	Perdita [kWh]
Gennaio	1046,8	1046,8	0,0 %
Febbraio	1235,1	1235,1	0,0 %
Marzo	2006,3	2006,3	0,0 %
Aprile	2204,9	2204,9	0,0 %
Maggio	2664,4	2664,4	0,0 %
Giugno	2733,4	2733,4	0,0 %
Luglio	2888,5	2888,5	0,0 %
Agosto	2584,5	2584,5	0,0 %
Settembre	2068,4	2068,4	0,0 %
Ottobre	1642,4	1642,4	0,0 %
Novembre	1145,5	1145,5	0,0 %
Dicembre	931,6	931,6	0,0 %
Anno	23151,8	23151,8	0,0 %

#### 4.3 Cavi elettrici e cablaggi

Il cablaggio elettrico avverrà per mezzo di cavi con conduttori isolati in rame con le seguenti prescrizioni:

- Sezione delle anime in rame calcolate secondo norme CEI-UNEL/IEC
- Tipo FG21 se in esterno o FG16 se in cavidotti su percorsi interrati
- Tipo FS17 se all'interno di cavidotti di edifici

Inoltre i cavi saranno a norma CEI 20-13, CEI20-22II e CEI 20-37 I, marchiatura I.M.Q., colorazione delle anime secondo norme UNEL.

Per non compromettere la sicurezza di chi opera sull'impianto durante la verifica o l'adeguamento o la manutenzione, i conduttori avranno la seguente colorazione:

- Conduttori di protezione: giallo-verde (obbligatorio)
- Conduttore di neutro: blu chiaro (obbligatorio)
- Conduttore di fase: grigio / marrone
- Conduttore per circuiti in C.C.: chiaramente siglato con indicazione del positivo con "+" e del negativo con "-"

Come è possibile notare dalle prescrizioni sopra esposte, le sezioni dei conduttori degli impianti fotovoltaici sono sicuramente sovradimensionate per le correnti e le limitate distanze in gioco.

Con tali sezioni la caduta di potenziale viene contenuta entro il 2% del valore misurato da qualsiasi modulo posato al gruppo di conversione.

Cablaggio: **Stringa - Q. Inverter**

Descrizione	Valore
Identificazione:	
Lunghezza complessiva:	300 m
Lunghezza di dimensionamento:	50 m
Circuiti in prossimità:	4
Temperatura ambiente:	30°
Tabella:	CEI-UNEL 35024/1 (PVC/EPR)
Posa:	3 - cavi unipolari senza guaina in tubi protettivi circolari posati su pareti
Disposizione:	Raggruppati a fascio, annegati
Tipo cavo:	Unipolare
Materiale:	Rame
Designazione:	H1Z2Z2-K
Tipo di isolante:	HEPR
Formazione:	2x(1x4)

N° conduttori positivo/fase:	1
Sez. positivo/fase:	4 mm <sup>2</sup>
N° conduttori negativo/neutro:	1
Sez. negativo/neutro:	4 mm <sup>2</sup>
N° conduttori PE:	
Sez. PE:	
Tensione nominale:	691,5 V
Corrente d'impiego:	13,0 A
Corrente di c.c. moduli	13,6 A

**Cablaggio: Q. Inverter - Q. Misura**

Descrizione	Valore
Identificazione:	
Lunghezza complessiva:	0 m
Lunghezza di dimensionamento:	0 m
Circuiti in prossimità:	3
Temperatura ambiente:	30°
Tabella:	CEI-UNEL 35024/1 (PVC/EPR)
Posa:	3A - cavi multipolari in tubi protettivi circolari posati su pareti
Disposizione:	Raggruppati a fascio, annegati
Tipo cavo:	Multipolare
Materiale:	Rame
Designazione:	FG16OM16 0.6/1 kV
Tipo di isolante:	HEPR
Formazione:	5G6
N° conduttori positivo/fase:	1
Sez. positivo/fase:	6 mm <sup>2</sup>
N° conduttori negativo/neutro:	1
Sez. negativo/neutro:	6 mm <sup>2</sup>
N° conduttori PE:	1
Sez. PE:	6 mm <sup>2</sup>
Tensione nominale:	400 V

Corrente d'impiego:	21,7 A
---------------------	--------

**Cablaggio: Q. Misura - Rete**

Descrizione	Valore
Identificazione:	
Lunghezza complessiva:	0 m
Lunghezza di dimensionamento:	0 m
Circuiti in prossimità:	1
Temperatura ambiente:	30°
Tabella:	CEI-UNEL 35024/1 (PVC/EPR)
Posa:	3A - cavi multipolari in tubi protettivi circolari posati su pareti
Disposizione:	Raggruppati a fascio, annegati
Tipo cavo:	Multipolare
Materiale:	Rame
Designazione:	N1VV-K
Tipo di isolante:	PVC
Formazione:	5G6
N° conduttori positivo/fase:	1
Sez. positivo/fase:	6 mm <sup>2</sup>
N° conduttori negativo/neutro:	1
Sez. negativo/neutro:	6 mm <sup>2</sup>
N° conduttori PE:	1
Sez. PE:	6 mm <sup>2</sup>
Tensione nominale:	400 V
Corrente d'impiego:	21,7 A

#### Tabella di riepilogo cavi

Codice	Costruttore	Form.	Des.	Descrizione	Lc
Stringa - Q. Inverter		2x(1x4)	H1Z2Z2-K		600 m
Q. Inverter - Q. Misura		5G6	FG16OM16 0.6/1 kV		0 m
Q. Misura - Rete		5G6	N1VV-K		0 m

#### 4.4 Quadri elettrici

- **Quadro di campo lato corrente continua**

Si prevede di installare un quadro a monte di ogni convertitore per il collegamento in parallelo delle stringhe, il sezionamento, la misurazione e il controllo dei dati in uscita dal generatore.

- **Quadro di parallelo lato corrente alternata**

Si prevede di installare un quadro di parallelo in alternata all'interno di una cassetta posta a valle dei convertitori statici per la misurazione, il collegamento e il controllo delle grandezze in uscita dagli inverter. All'interno di tale quadro, sarà inserito il sistema di interfaccia alla rete e il contatore in uscita della Società distributrice dell'energia elettrica E-Distribuzione SpA.

#### 4.5 SEPARAZIONE GALVANICA E MESSA A TERRA

Deve essere prevista la separazione galvanica tra la parte in corrente continua dell'impianto e la rete; tale separazione può essere sostituita da una protezione sensibile alla corrente continua se la potenza complessiva di produzione non supera i 20 kW.

Soluzioni tecniche diverse da quelle sopra suggerite, sono adottabili, purché nel rispetto delle norme vigenti e della buona regola dell'arte.

Il campo fotovoltaico sarà gestito come sistema IT, ovvero con nessun polo connesso a terra. Le stringhe saranno, costituite dalla serie di singoli moduli fotovoltaici e singolarmente sezionabili, provviste di diodo di blocco e di protezioni contro le sovratensioni.

Ai fini della sicurezza, se la rete di utente o parte di essa è ritenuta non idonea a sopportare la maggiore intensità di corrente disponibile (dovuta al contributo dell'impianto fotovoltaico), la rete stessa o la parte interessata dovrà essere opportunamente protetta.

La struttura di sostegno verrà regolarmente collegata all'impianto di terra esistente.

#### 4.6 Sistema di controllo e monitoraggio (SCM)

Il sistema di controllo e monitoraggio, permette per mezzo di un computer ed un software dedicato, di interrogare in ogni istante l'impianto al fine di verificare la funzionalità degli inverter installati con la possibilità di visionare le indicazioni tecniche (Tensione, corrente, potenza etc..) di ciascun inverter. E' possibile inoltre leggere nella memoria eventi del convertitore tutte le grandezze elettriche dei giorni passati.

#### 4.7 VERIFICHE

Al termine dei lavori l'installatore dell'impianto effettuerà le seguenti verifiche tecnico-funzionali:

- corretto funzionamento dell'impianto fotovoltaico nelle diverse condizioni di potenza generata e nelle varie modalità previste dal gruppo di conversione (accensione, spegnimento, mancanza rete, ecc.);
- continuità elettrica e connessioni tra moduli;
- messa a terra di masse e scaricatori;
- isolamento dei circuiti elettrici dalle masse;

L'impianto deve essere realizzato con componenti che in fase di avvio dell'impianto fotovoltaico, il rapporto fra l'energia o la potenza prodotta in corrente alternata e l'energia o la potenza producibile in corrente alternata (determinata in funzione dell'irraggiamento solare incidente sul piano dei moduli, della potenza nominale dell'impianto e della temperatura di funzionamento dei moduli) sia almeno superiore a 0,78 nel caso di utilizzo di inverter di potenza fino a 20 kW e 0,8 nel caso di utilizzo di inverter di potenza superiore, nel rispetto delle condizioni di misura e dei metodi di calcolo descritti nella medesima Guida CEI 82-25.

Il generatore FTV soddisfa le seguenti condizioni:

#### **Limiti in tensione**

Tensione minima  $V_n$  a 70,00 °C (592,2 V) maggiore di  $V_{mpp\ min.}$  (200,0 V)

Tensione massima  $V_n$  a -10,00 °C (768,7 V) inferiore a  $V_{mpp\ max.}$  (1000,0 V)

Tensione a vuoto  $V_0$  a  $-10,00\text{ °C}$  (895,9 V) inferiore alla tensione max. dell'inverter (1100,0 V)

Tensione a vuoto  $V_0$  a  $-10,00\text{ °C}$  (895,9 V) inferiore alla tensione max. di isolamento (1000,0 V)

#### **Limiti in corrente**

Corrente massima di ingresso riferita a  $I_{sc}$  (13,6 A) inferiore alla corrente massima inverter (32,0 A)

#### **Limiti in potenza**

Dimensionamento in potenza (118,5%) compreso tra 80,0% e il 150,0% [MPPT 1]

#### 4.8 Verifica di interferenza con impianto TE e linee alta tensione

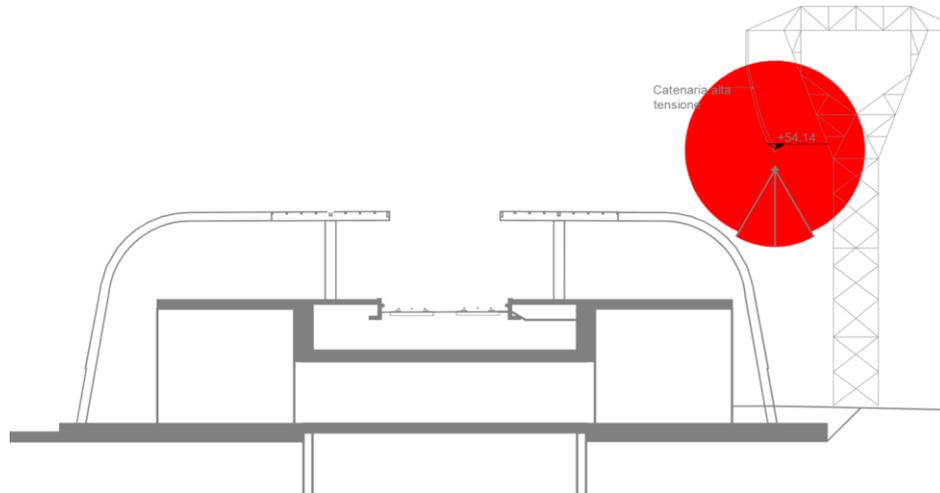
Come indicato nel capitolo 2 della linea guida di progettazione **RFI DTC ST E SP IFS TE 101 A** l'installazione dei pannelli fotovoltaici in copertura rispetterà l'indicazione definita dalla **RFI DTC ST E SP IFS TE 101 A**, ossia di rispettare una distanza orizzontale pari a 3m dall'asse del binario.

Di seguito un estratto della planimetria con indicazione della fascia di rispetto.



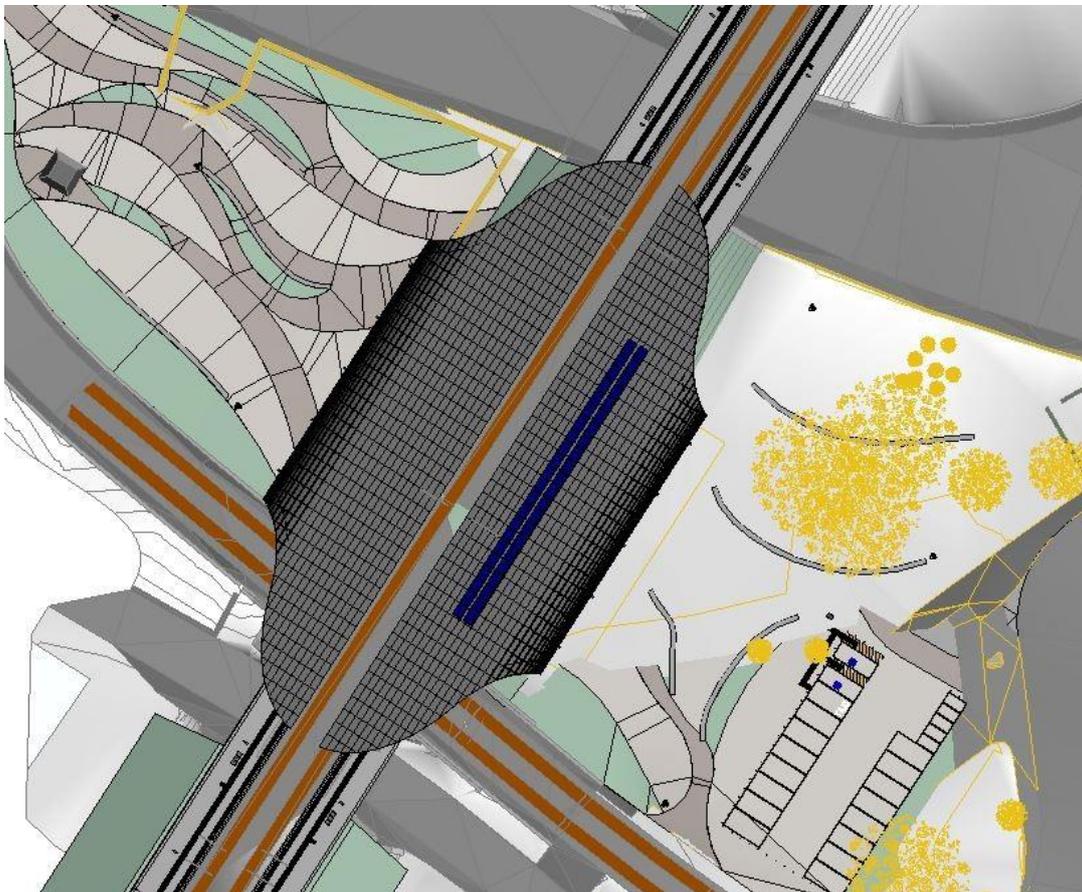
Per quanto riguarda il passaggio del cavo aereo di alta tensione e dalle interlocuzioni con l'ente gestore (allegate al documento) abbiamo verificato che la disposizione dei pannelli fossero al di fuori dell'area di rispetto, e che permettano di tenere l'area di manutenzione necessaria dell'impianto come da normativa di riferimento DM. 449/88 di almeno 4,32m di raggio rispetto alla catenaria di alta tensione.

Di seguito un estratto della sezione di verifica



#### 4.9 PLANIMETRIA DEL GENERATORE

Sotto uno stralcio della planimetria copertura con la disposizione del sistema fotovoltaico.



## 5 RIFERIMENTI NORMATIVI

La normativa e le leggi di riferimento da rispettare per la progettazione e realizzazione degli impianti fotovoltaici sono:

### 1) Moduli fotovoltaici

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

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

CEI EN 62108 (CEI 82-30): Moduli e sistemi fotovoltaici a concentrazione (CPV) - Qualifica di progetto e approvazione di tipo;

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 60904: Dispositivi fotovoltaici – Serie;

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

### 2) Altri componenti degli impianti fotovoltaici

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

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 62116 Test procedure of islanding prevention measures for utility-interconnected photovoltaic inverters;

### 3) Progettazione fotovoltaica

CEI 82-25: Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa tensione;

CEI 0-2: Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici;

UNI 10349-1:2016: Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici;

### 4) Impianti elettrici e fotovoltaici

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

EN 62446 (CEI 82-38) Grid connected photovoltaic systems - Minimum requirements for system documentation, commissioning tests and inspection;

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 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  $\leq 16$  A per fase);

CEI 13-4: Sistemi di misura dell'energia elettrica - Composizione, precisione e verifica;

CEI EN 62053-21 (CEI 13-43): Apparat 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): Apparat 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) Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Parte 1: Prescrizioni generali, prove e condizioni di prova - Apparatto 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, serie;

CEI 81-3: Valori medi del numero di fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato;

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), serie;

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 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.

## **5) Connessione degli impianti fotovoltaici alla rete elettrica**

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 EN 50438 (CEI 311-1) Prescrizioni per la connessione di micro-generatori in parallelo alle reti di distribuzione pubblica in bassa tensione;

Per la connessione degli impianti fotovoltaici alla rete elettrica si applica quanto prescritto nella deliberazione n. 99/08 (Testi integrato delle connessioni attive) dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas e successive modificazioni. Si applicano inoltre, per quanto compatibili con le norme sopra citate, i documenti tecnici emanati dai gestori di rete.

## **6 Analisi economica**

Analisi delle condizioni economiche per l'installazione di un impianto di produzione di energia elettrica tramite conversione fotovoltaica denominato Nuova Stazione Guidoni (FI) da installarsi in comune di Firenze per una

potenza nominale di 15 kW, potenza di picco di 18,04 kWp ed energia prodotta il primo anno pari a 23 197,7 kWh.

## 7 Analisi dei costi

I costi relativi alla realizzazione dell'impianto sono elencati di seguito:

Codice	Descrizione	U.M.	Q.tà	Prezzo €	Iva %	Importo €
01	Modulo fotovoltaico	n	44	165,00	22,00	8 857,20
02	Inverter	n	1	5 000,00	22,00	6 100,00
03	Struttura supporto	mq	88	35,00	22,00	3 757,60
04	Manodopera	W	18000	0,45	0,00	8 100,00
05	Materiale vario	a corpo	1	2 500,00	22,00	3 050,00
06	Totale					29 864,80

### Riepilogo (IVA non compresa)

Resto fornitura, installazione e progettazione:	€ 25 940,00
<b>Costo totale dell'impianto:</b>	<b>€ 25 940,00</b>
<b>Costo specifico:</b>	<b>€/kWp 1 437,92</b>

Ai costi iniziali di realizzazione si aggiungono i costi di manutenzione annuali e straordinari:

### Costi annuali

Descrizione	%	Importo €
Spese generali di manutenzione	1	259,40
Totale		259,40

### Costi straordinari

Descrizione	Anno	Importo €
Sostituzione inverter	10	4 500,00
Totale		4 500,00

## 8 Regime contrattuale

Regime contrattuale di cessione dell'energia:	Cessione energia in rete
Potenza di picco:	18,04 kWp
Tipo realizzazione:	Incentivo 1

## 9 Finanziamento

Finanziato con fondi propri.

## 10 Consumo utenza

Consumo annuo utenza:	6 618,0 kWh
Consumo contemporaneo di energia prodotta:	3 240,6 kWh
Energia immessa:	19 949,7 kWh
Energia prelevata:	3 377,4 kWh

## 11 Ritorno economico

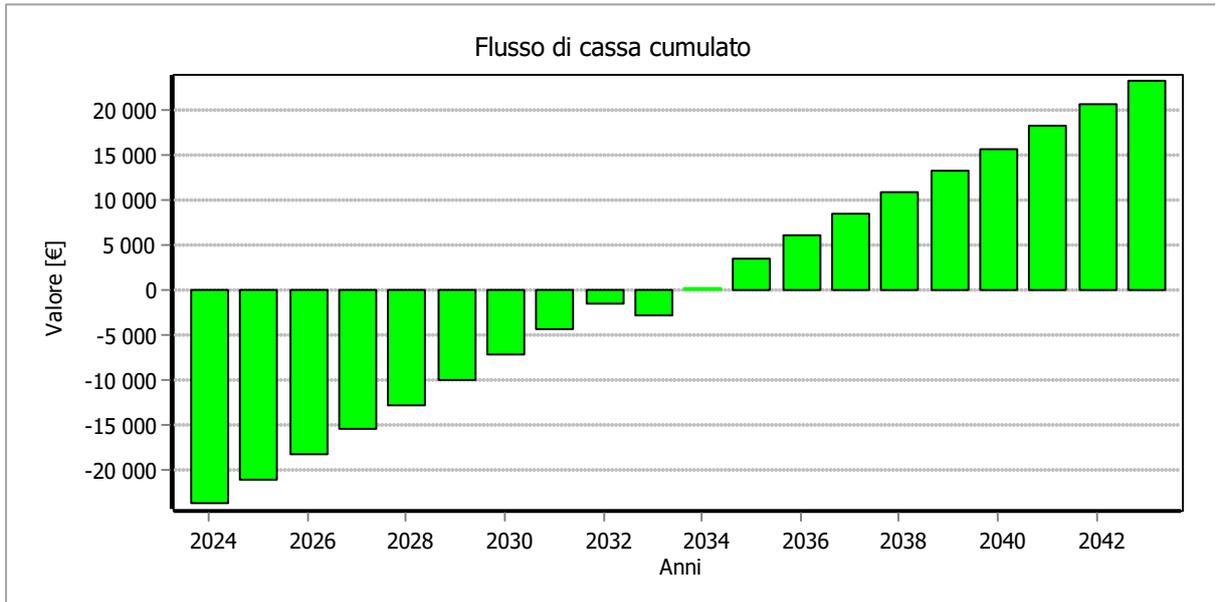
La simulazione del rendimento economico dell'impianto nel determinato periodo di calcolo avviene considerando i parametri in tabella.

Regime fiscale applicato: Persona fisica o giuridica che realizza un impianto fotovoltaico nell'ambito di un'attività commerciale.

Degradazione annua dell'impianto causa invecchiamento:	0,8 %
Tasso d'inflazione annuo:	2 %
Variazione prezzo energia:	2 %
Costo servizio di misura:	€ 22,31

Rendimento dell'investimento effettuato nell'impianto fotovoltaico:

Consumo contemporaneo di energia prodotta:	48,9 %
Data entrata in esercizio:	01/01/2024
Data di riferimento incentivi:	01/01/2024
Data fine analisi:	31/12/2043
Risparmio consumi:	€ 19 752,22
Ricavo da vendita energia non consumata:	€ 49 684,82
A dedurre costi annuali:	€ 11 498,32
A dedurre imposte:	€ 8 753,44
<b>Totale:</b>	<b>€ 49 185,28</b>
Capitale proprio:	€ 27 344,00
<b>Flusso di cassa cumulato:</b>	<b>€ 23 245,28</b>
Totale a credito consumi:	€ 0,00
Costi straordinari:	€ 4 500,00
Periodo di rimborso (anni):	11
Montante dopo 20 anni:	€ 49 185,28
Tasso di rendimento composto:	2,979 %
Tasso di attualizzazione:	2 %
VAN:	€ 14 382,94
TIR:	7,2 %



## 12 CONCLUSIONI

Dovranno essere emessi e rilasciati dall'installatore i seguenti documenti:

- manuale di uso e manutenzione, inclusivo della pianificazione consigliata degli interventi di manutenzione;
- progetto esecutivo in versione "come costruito", corredato di schede tecniche dei materiali installati;
- dichiarazione attestante le verifiche effettuate e il relativo esito;
- dichiarazione di conformità ai sensi del DM 37/2008;
- certificazione rilasciata da un laboratorio accreditato circa la conformità alla norma CEI EN 61215, per moduli al silicio cristallino, e alla CEI EN 61646 per moduli a film sottile;
- certificazione rilasciata da un laboratorio accreditato circa la conformità del convertitore c.c./c.a. alle norme vigenti;
- certificati di garanzia relativi alle apparecchiature installate;
- garanzia sull'intero impianto e sulle relative prestazioni di funzionamento.

La ditta installatrice, oltre ad eseguire scrupolosamente quanto indicato nel presente progetto, dovrà eseguire tutti i lavori nel rispetto della REGOLA DELL'ARTE.

La ditta installatrice, avrà in onere la realizzazione e presentazione delle pratiche di connessione, comprensive prove, test sopralluoghi ed assistenze necessarie per l'allaccio.

## 13 ALLEGATO

Interlocuzione con ente gestore

- martedì 14 febbraio 2023 14:09

Da Terna a Net

Buon pomeriggio,

Vi inoltro la sezione della campata interessata. Linea a 132 kV: "Rifredi RT – Empoli RT" n° 077 C.9-10. Ho eseguito una simulazione a 55 °C e la pensilina risulta non compatibile con quanto previsto dal DM 449/88. Abbassamento previsto a metà campata: circa 1,10 m (Distanza elettrodotti-tetti piani → 4,32 m).

A disposizione per chiarimenti e/o sopralluogo.

Saluti

- venerdì 3 febbraio 2023 12:55

Da Net a Terna

Buongiorno,

innanzitutto la ringrazio per il riscontro.

Da quanto leggo il progetto della passerella non sembra essere realizzabile alla luce della distanza minima non rispettata, per quanto riguarda invece fermata e copertura andrebbe valutata solo la distanza dei cavi dalla copertura per verificarne la fattibilità.

Rispetto al rilievo, non abbiamo purtroppo informazioni relative alle temperature dei conduttori, ma possiamo fornirle alcuni dati che potrebbero essere utili ai fini delle ulteriori valutazioni: il rilievo è stato effettuato in data 24.03.2022 intorno alle ore 17, con una temperatura media di 15-16° C.

Rimango a disposizione per qualsiasi necessità o chiarimento e la ringrazio anticipatamente.

Saluti.

- venerdì 3 febbraio 2023 10:13

Da terna a Net

Buongiorno,

Con riferimento alla vostra richiesta, Vi comunico che, secondo quanto riportato negli elaborati da voi prodotti, i manufatti **NON** rispettano quanto previsto dal D.M. 449 del 21 marzo 1988, e sue successive modifiche e integrazioni. In particolare, mi riferisco alla quota piano di calpestio della futura passerella.

La passerella interferisce con l'elettrodotto a 132 kV: "Sodo – Peretola" n° 442 C.46-47 per il quale **NON** è previsto l'interramento. Per quanto riguarda la pensilina, interferente con l'elettrodotto

a 132 kV: "Rifredi RT – Empoli RT" n° 077 C.9-10 sono necessarie ulteriori approfondimenti. Le ns. valutazioni vengono eseguite tenendo conto dello sbandamento dei conduttori e/o della catenaria assunta da questi alla temperatura di 55° C.

Sono a chiedervi quindi la temperatura a cui è stato eseguito il vostro rilievo dei nostri conduttori.

Vi riporto alcune distanze limite da rispettare per la realizzazione del progetto. Normativa di riferimento → DM 449/88

- Distanza verticale dal terreno e specchi d'acqua, aree adibite ad attività ricreative, luoghi di incontro, impianti sportivi, ecc.. → LINEA A 132 kV → **6,30 m**
- tutte le posizioni praticabili sia con catenaria verticale che inclinata di 30° - DM 21.03.1988 n. 449 art. 2.1.06 g) → LINEA A 132 kV → **4,32 m**
- tutte le posizioni impraticabili sia con catenaria verticale che inclinata di 30° - DM 21.03.1988 n. 449 art. 2.1.06 h) → LINEA A 132 kV → **1,82 m**
- Distanze verticali da fabbricati e tetti piani - DM 16.01.1991 n. 9 art. 2.1.08 → LINEA A 132 kV → **4,32 m**
- dai sostegni e relativi apparecchi di illuminazione (vedi fig. 1) – Norme CEI 64- 71998-07 → **4,98 m**

Rimango a disposizione per chiarimenti.

Saluti

- venerdì 27 gennaio 2023 17:36

Da Net a Terna

Buonasera,

come da accordi telefonici, invio in allegato la presentazione del progetto della fermata Firenze-Guidoni con indicazione in pianta e sezione dei tralicci e dei cavi dell'alta tensione che attraversano l'area d'intervento. Sottolineiamo che il progetto previsto non è di una stazione ma di una fermata ferroviaria e che non è previsto che ci sia presenza di personale che lavori o stazioni presso di essa.

Nello specifico, vi chiederemmo di poter verificare la presenza di progetti di interrimento dei cavi in oggetto e, nel caso in cui non fossero previsti, di poter valutare la compatibilità dell'opera.

Rimango a disposizione per qualsiasi necessità o chiarimento e la ringrazio anticipatamente.

Saluti.