

Progetto definitivo di un impianto agrofotovoltaico denominato “**Seddari Agrivoltaico**” con potenza installata **66,58 MWp** e potenza in connessione pari a **60,16 MW** sito nel Comune di Sanluri

# E-R05

PROGETTO DEFINITIVO

## RELAZIONE PREVISIONALE IMPATTO ELETTROMAGNETICO



### Proponente

#### Gardena Solare S.r.l.

Via Giuseppe Pozzone, 5 - 20121 Milano (MI)

### Investitore agricolo superintensivo

#### OXY CAPITAL ADVISOR S.R.L.

Via A. Bertani, 6 - 20154 Milano (MI)



### Progetto dell'inserimento paesaggistico e mitigazione

*Progettista:* Agr. Fabrizio Cembalo Sambiase, Arch. Alessandro Visalli

*Coordinamento:* Arch. Riccardo Festa

*Collaboratori:* Urb. Daniela Marrone, Arch. Anna Manzo, Arch. Paola Ferraioli,

Arch. Ilaria Garzillo, Agr. Giuseppe Maria Massa, Agr. Francesco Palombo

### Progettazione elettrica e civile

*Progettista:* Ing. Rolando Roberto, Ing. Giselle Roberto

*Collaboratori:* Ing. Marco Balzano, Ing. Simone Bonacini

### Progettazione oliveto superintensivo

*Progettista:* Agron. Giuseppe Rutigliano

### Consulenza geologia

Geol. Gaetano Ciccarelli

### Consulenza archeologia

GEA Archeologia



**AEDES GROUP**  
ENGINEERING



**MARE**  
**RINNOVABILI**

05 ● 2024

rev	descrizione	formato	elaborazione	controllo	approvazione
00	Prima consegna	A4	Patrizia Zorretto	Giselle Roberto	Rolando Roberto
01					
02					
03					
04					
05					
06					
07					

**RELAZIONE TECNICA PRELIMINARE**

**Valutazione Previsionale Impatto elettromagnetico di un campo fotovoltaico e relativa Sottostazione Elettrica da realizzarsi in agro di Sanluri (SU).**

Committente: Gardena Solare S.r.l.

Località: Sanluri (SU)

*Il tecnico*  
ing. Patrizia Zorzetto

FOGGIA, 10.05.2024



## INDICE

1. PREMESSA.....	3
2.NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	4
3.DESCRIZIONE IMPIANTO .....	5
4.CALCOLO DEI CAMPI MAGNETICI.....	6
4.1 CAMPI ELETTROMAGNETICI IMPIANTO FOTOVOLTAICO .....	6
4.1.1 Moduli Fotovoltaici.....	6
4.1.2 Inverter .....	6
4.1.3 Linee MT interne (connessioni cabine trasformazione).....	7
<i>Linea MT trafo</i> .....	7
<i>Linea MT Cabina RT1-Piastre</i> .....	8
4.1.4 Cabine di trasformazione .....	9
4.2 CAMPI ELETTROMAGNETICI OPERE CONNESSIONE.....	10
4.2.1 Elettrodotto MT/AT .....	10
5.ANALISI DEI RISULTATI OTTENUTI .....	12



## **1. PREMESSA**

Scopo del presente documento è quello di descrivere le emissioni elettromagnetiche associate alle infrastrutture elettriche che saranno presenti nell'impianto fotovoltaico in oggetto e connesse ad esso, ai fini della verifica del rispetto dei limiti della legge n. 36/2001 e dei relativi Decreti attuativi.

Il progetto prevede la costruzione e l'esercizio di un impianto fotovoltaico fisso a terra di potenza nominale pari a 66,5798 MWp.

Tale impianto sorgerà in un'area che si estende su una superficie di circa 112,612 ha, posta nel territorio comunale di Sanluri nella provincia di Sud Sardegna (SU). In campo saranno installati n°188 inverter da 320kW che confluiranno in 15 cabine di trasformazione dalle quali partiranno i collegamenti verso le cabine di raccolta.

Dalle Cabina di Consegna partiranno i cavidotti di collegamento alla stazione di elevazione AT/MT dove sarà effettuato un collegamento in antenna a 150 kV, con una potenza nominale di immissione pari a 60,160 MW.

In particolare per l'impianto saranno valutate le emissioni elettromagnetiche dovute alla cabine elettriche, ai cavidotti ed alla stazione utente per la trasformazione.

Si individueranno, in base al DM del MATTM del 29.05.2008, le DPA per le opere sopra dette.

Nel presente studio è stata presa in considerazione le condizioni maggiormente significative al fine di valutare la rispondenza ai requisiti di legge dei nuovi elettrodotti.

Verrà riportata l'intensità del campo elettromagnetico sulla verticale dei cavidotti e nelle immediate vicinanze, fino ad una distanza massima di 15 m dall'asse del cavidotto; la rilevazione del campo magnetico è stata fatta alle quote di 0m, +1,5m, +2m, +2,5m e +3m dal livello del suolo.

Si fa presente che la quota di +1,5m dal livello del suolo è la quota nominale cui si fa riferimento nelle misure di campo elettromagnetico.



## 2.NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- **Legge Quadro n. 36 del 22 febbraio 2001:** "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici". Essa dà attuazione in modo organico e adeguato alla Raccomandazione del Consiglio della Comunità Europea 1999/519/CE del 12 Luglio 1999.
- **DPCM 8 luglio 2003:** "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) generati dagli elettrodotti".
- **Norma CEI 211-4:** "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche"
- **Norma CEI 106-11:** "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6). Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo."
- **DM del MATTM del 29.05.2008:** "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti"

Il panorama normativo italiano in fatto di protezione contro l'esposizione dei campi elettromagnetici si riferisce alla legge 22/2/01 n°36 che è la legge quadro sulla protezione dalle esposizioni ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici completata a regime con l'emanazione del D.P.C.M. 8.7.2003.

Nel DPCM 8 Luglio 2003 "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) generati dagli elettrodotti", vengono fissati i limiti di esposizione e i valori di attenzione, per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) connessi al funzionamento e all'esercizio degli elettrodotti.

In particolare negli articoli 3 e 4 vengono indicate le seguenti 3 soglie di rispetto per l'induzione magnetica:

*"Nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti non deve essere superato il limite di esposizione di  $100\mu T$  per l'induzione magnetica e  $5kV/m$  per il campo elettrico intesi come valori efficaci"* [art. 3, comma 1];

*"A titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete"*



*(50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per l'induzione magnetica il valore di attenzione di 10 $\mu$ T, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio." [art. 3, comma 2];*

*"Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, è fissato l'obiettivo di qualità di 3 $\mu$ T per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio". [art. 4]*

L'obiettivo qualità da perseguire nella realizzazione dell'impianto è pertanto quello di avere un valore di intensità di campo magnetico non superiore ai 3 $\mu$ T come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

	<b>Intensità campo elettrico (kV/m)</b>	<b>Intensità campo induzione magnetica (<math>\mu</math>T)</b>
Limiti di esposizione	5	100
Valore di attenzione	-	10
Obiettivo di qualità	-	3

A tal proposito occorre precisare che nelle valutazioni che seguono è stata considerata normale condizione di esercizio quella in cui l'impianto FV trasferisce alla Rete di Trasmissione Nazionale la massima produzione (circa 189.760 kW).

### **3.DESCRIZIONE IMPIANTO**

L'impianto fotovoltaico sorgerà nel comune di Sanluri (SU) e verrà allacciato alla Rete di Trasmissione Nazionale in antenna su uno stallo della sezione a 150 kV di una nuova Stazione Elettrica della RTN a 380/150 kV da inserire in entra – esci sugli elettrodotti RTN 150 kV "Ittiri - Selargius".



L'estensione complessiva dell'impianto sarà pari a circa 110,612 ha e la potenza nominale complessiva dell'impianto sarà pari a 66,5798 MWp.

Il parco fotovoltaico, mediante un cavidotto interrato della lunghezza di circa 14,373 km uscente dalla Cabina di Consegna alla tensione di 30kV, sarà collegato in antenna su uno stallo della sezione a 150 kV della stazione d'utenza.

L'impianto sarà costituito da un totale di 92.472 moduli da 720 Wp, per una conseguente potenza di picco pari a 66.579,84 kWp.

I pannelli saranno montati su inseguitori "double portrait" capaci di ospitare n°24, n°48 o n°96 pannelli ciascuno: a questo modo si realizzeranno stringhe da 24 moduli da collegarsi ai singoli MPPT degli inverter.

La conversione da corrente continua a corrente alternata sarà realizzata mediante n°188 convertitori statici trifase (inverter) della 'SUNGROW' modello SG350HX, installati in campo. I trasformatori di elevazione BT/MT saranno della potenza di 3000/4000/6000kVA a doppio secondario ed avranno una tensione primaria di 30kV ed una tensione secondaria di 800V. Ognuno di essi sarà alloggiato all'interno di una cabina di trasformazione in accoppiamento con gli inverter di competenza. Sarà presente anche un trasformatore per i servizi ausiliari.

## **4.CALCOLO DEI CAMPI MAGNETICI**

### **4.1 CAMPI ELETTROMAGNETICI IMPIANTO FOTOVOLTAICO**

#### **4.1.1 Moduli Fotovoltaici**

I moduli fotovoltaici lavorano in corrente e tensione continue e non in corrente alternata; per cui la generazione di campi variabili è limitata ai soli transitori di corrente (durante la ricerca del MPPT da parte dell'inverter, e durante l'accensione o lo spegnimento) e sono comunque di brevissima durata. Nella certificazione dei moduli fotovoltaici alla norma CEI 82-8 (IEC 61215) non sono comunque menzionate prove di compatibilità elettromagnetica, poiché assolutamente irrilevanti.

#### **4.1.2 Inverter**

Gli inverter sono apparecchiature che al loro interno utilizzano un trasformatore ad alta frequenza per ridurre le perdite di conversione. Essi pertanto sono costituiti per loro natura da componenti elettronici operanti ad alte frequenze. D'altro canto il legislatore ha previsto che tali macchine, prima di essere immesse sul mercato, possiedano le necessarie



certificazioni a garantirne sia l'immunità dai disturbi elettromagnetici esterni, sia le ridotte emissioni per minimizzarne l'interferenza elettromagnetica con altre apparecchiature elettroniche posizionate nelle vicinanze o con la rete elettrica stessa (via cavo).

A questo scopo gli inverter prescelti possiedono la certificazione di rispondenza alle normative di compatibilità elettromagnetica (EMC) (CEI EN 61000-6-2, CEI EN 61000-6-4).

#### 4.1.3 Linee MT interne (connessioni cabine trasformazione)

Al fine di determinare le condizioni più gravose dal punto di vista delle emissioni elettromagnetiche, si è valutato l'impatto prodotto dal cavidotto di uscita dalla cabina con il trasformatore da 6000kVA.

##### *Linea MT trafo*

La linea considerata ha le seguenti caratteristiche:

- |   |                         |
|---|-------------------------|
| ▪ Tensione nominale:                              | 30.000V                 |
| ▪ Corrente massima di esercizio del collegamento: | 128A                    |
| ▪ Formazione dei conduttori:                      | 3 x 1 x 50mmq AL        |
| ▪ Tipo di posa:                                   | linea interrata trifase |

La norma CEI 211-6:2001, prima edizione, "*Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0Hz - 10kHz, con riferimento all'esposizione umana*", stabilisce che le linee elettriche in cavo non producono campo elettrico all'esterno, in quanto, le guaine metalliche dei cavi costituiscono un'efficace schermatura nei riguardi di tale tipo di campo (par. 7.3.1).

Per quanto riguarda le linee in cavo ad alta tensione non si ritiene di riportare risultati di calcolo o di misura di campi elettrici, visto che, per le ragioni sopra esposte, i livelli di tali campi sono normalmente del tutto trascurabili.

Tale considerazione può essere fatta anche nel caso di media tensione, dato che l'intensità del campo elettrico diminuisce con la diminuzione della tensione della linea.

Le linee in cavo interrato sono invece sorgenti di campo magnetico, in quanto le guaine dei cavi non costituiscono un'efficace schermatura a tale riguardo.

Nel caso di un sistema bilanciato, come quello in esame, considerando le caratteristiche dell'elettrodotto (formazione dei conduttori in posa piatta - profondità di posa della linea 1,2m) ad una distanza verticale di 1,5 metri dal centro linea (altezza uomo) si avranno le condizioni determinate nel grafico seguente:





<b>Tensione Nominale (V)</b>	<b>Corrente Nominale (A)</b>	<b>Tipologia posa</b>	<b>Formazione</b>	<b>Conduttori</b>
30000	128	Linea in cavidotto interrato	Posa a trifoglio	3x1x50mmq

Le verifiche sono in fase di elaborazione finale.

*Linea MT Cabina RT1-Piastre*

La linea considerata ha le seguenti caratteristiche (potenza 30,00MW):

- Tensione nominale: 30.000V
- Corrente massima di esercizio del collegamento: 641A
- Formazione dei conduttori: 3 x 3 x 95mmq AL
- Tipo di posa: linea interrata trifase

La norma CEI 211-6:2001, prima edizione, "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0Hz - 10kHz, con riferimento all'esposizione umana", stabilisce che le linee elettriche in cavo non producono campo elettrico all'esterno, in quanto, le guaine metalliche dei cavi costituiscono un'efficace schermatura nei riguardi di tale tipo di campo (par. 7.3.1).

Per quanto riguarda le linee in cavo ad alta tensione non si ritiene di riportare risultati di calcolo o di misura di campi elettrici, visto che, per le ragioni sopra esposte, i livelli di tali campi sono normalmente del tutto trascurabili.

Tale considerazione può essere fatta anche nel caso di media tensione, dato che l'intensità del campo elettrico diminuisce con la diminuzione della tensione della linea.

Le linee in cavo interrato sono invece sorgenti di campo magnetico, in quanto le guaine dei cavi non costituiscono un'efficace schermatura a tale riguardo.

Nel caso di un sistema bilanciato, come quello in esame, considerando le caratteristiche dell'elettrodotto (formazione dei conduttori in posa piatta - profondità di posa della linea 1,2m) ad una distanza verticale di 1,5 metri dal centro linea (altezza uomo) si avranno le condizioni determinate nel grafico seguente:



<b>Tensione Nominale (V)</b>	<b>Corrente Nominale (A)</b>	<b>Tipologia posa</b>	<b>Formazione</b>	<b>Conduttori</b>
30000	641	Linea in cavidotto interrato	Posa a trifoglio	3x3x95mmq

Le verifiche sono in fase di elaborazione finale.

#### 4.1.4 Cabine di trasformazione

Per quanto riguarda i componenti dell'impianto sono da considerare le cabine elettriche di trasformazione, all'interno delle quali, la principale sorgente di emissione è il trasformatore BT/MT.

Anche in questo caso si valutano le emissioni dovute ai trasformatori di maggiore potenza, pari a 6000kVA collocati nelle cabine di trasformazione.

La presenza del trasformatore BT/MT viene usualmente presa in considerazione limitatamente alla generazione di un campo magnetico nei locali vicini a quelli di cabina.

In base al DM del MATTM del 29.05.2008, cap.5.2.1, l'ampiezza delle DPA si determina come di seguito descritto.

Tale determinazione si basa sulla corrente di bassa tensione del trasformatore e considerando una distanza dalle fasi pari al diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore.

Per determinare le DPA si applica quanto esposto nel cap.5.2.1 e cioè:

$$\frac{DPA}{\sqrt{I}} = 0,40942 \cdot x^{0,5242}$$

dove:

DPA = distanza di prima approssimazione (m)

I = corrente nominale (A)

x = diametro dei cavi (m)

Considerando che  $I = 2 \times 2410$  e che la formazione del cavo scelto sul lato BT del trasformatore è  $3x(7//240)mm^2$  per ogni secondario, con diametro esterno pari a circa 29,2mm, si ottiene una DPA, arrotondata per eccesso all'intero superiore, pari a 3m.

D'altra parte, nel caso in questione la cabina è posizionata all'aperto e normalmente non è permanentemente presidiata.



**La verifica dell'osservanza dei limiti di cui al DPCM 08/07/2003 è dunque da ritenersi soddisfatta per le linee interne.**

## 4.2 CAMPI ELETTROMAGNETICI OPERE CONNESSIONE

### 4.2.1 Elettrodotto MT/AT

Al fine di determinare le condizioni più gravose dal punto di vista delle emissioni elettromagnetiche, si è valutato l'impatto prodotto dall'elettrodotto di uscita dalla Cabina di Raccolta Generale considerando la massima potenza di esercizio, pari a 60.160 kW.

La linea considerata ha le seguenti caratteristiche:

- |   |                         |
|---|-------------------------|
| ▪ Tensione nominale:                              | 30.000V                 |
| ▪ Corrente massima di esercizio del collegamento: | 1.286A                  |
| ▪ Formazione dei conduttori:                      | 3 x (4x630mmq) AL       |
| ▪ Tipo di posa:                                   | linea interrata trifase |

La norma CEI 211-6:2001, prima edizione, "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0Hz - 10kHz, con riferimento all'esposizione umana", stabilisce che le linee elettriche in cavo non producono campo elettrico all'esterno, in quanto, le guaine metalliche dei cavi costituiscono un'efficace schermatura nei riguardi di tale tipo di campo (par. 7.3.1).

Per quanto riguarda le linee in cavo ad alta tensione non si ritiene di riportare risultati di calcolo o di misura di campi elettrici, visto che, per le ragioni sopra esposte, i livelli di tali campi sono normalmente del tutto trascurabili.

Tale considerazione può essere fatta anche nel caso di media tensione, dato che l'intensità del campo elettrico diminuisce con la diminuzione della tensione della linea.

Le linee in cavo interrato sono invece sorgenti di campo magnetico, in quanto le guaine dei cavi non costituiscono un'efficace schermatura a tale riguardo.

Nel caso di un sistema bilanciato, come quello in esame, considerando le caratteristiche dell'elettrodotto (formazione dei conduttori in posa piatta - profondità di posa della linea 1,5m) ad una distanza verticale di 1,5 metri dal centro linea (altezza uomo) si avranno le condizioni determinate dal calcolo:



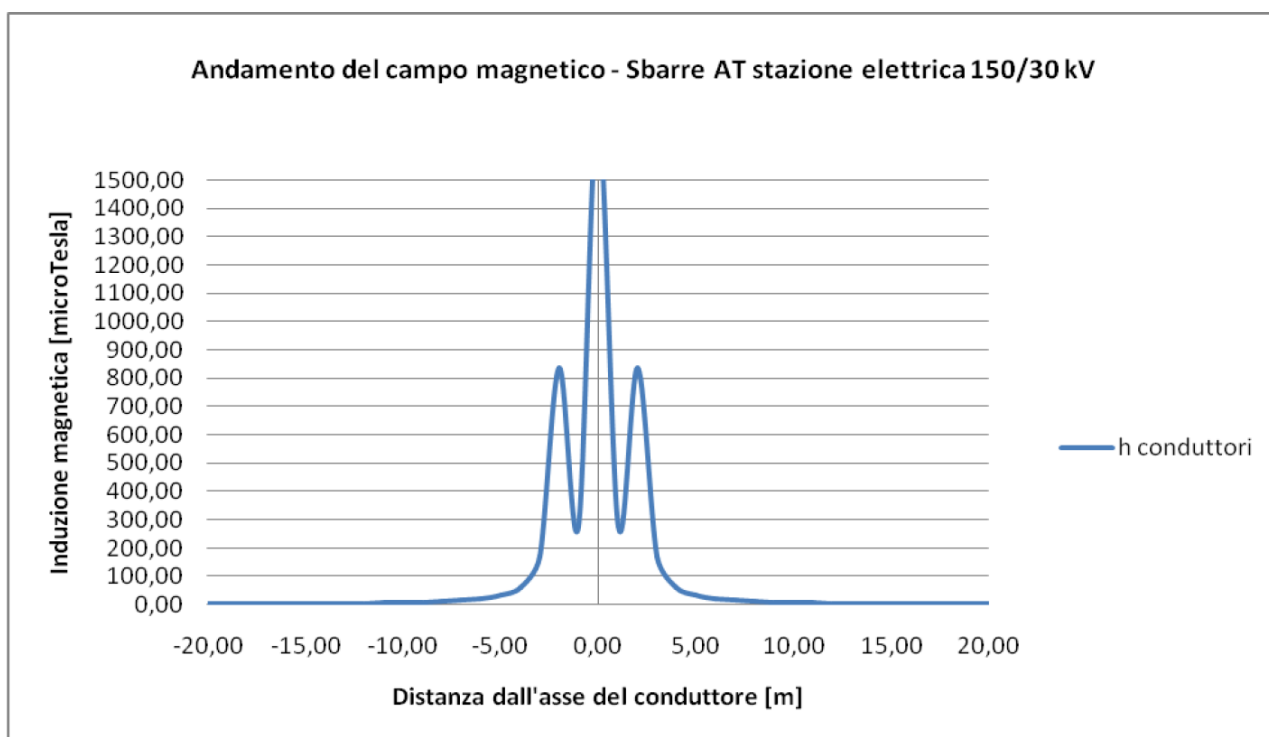
Tensione Nominale (V)	Corrente Nominale (A)	Tipologia posa	Formazione	Conduttori
30000	1286	Linea in cavidotto interrato	Posa a trifoglio	3 x 4 x 630mmq

Le verifiche sono in fase di elaborazione finale.

#### 4.2.2 Sottostazione MT/AT

Le apparecchiature previste e le geometrie dell'impianto di AT sono analoghe a quelle di altri impianti già in esercizio, dove sono state effettuate verifiche sperimentali dei campi elettromagnetici al suolo nelle diverse condizioni di esercizio, con particolare attenzione alle zone di transito del personale (strade interne e fabbricati).

I valori di campo elettrico al suolo risultano massimi in corrispondenza delle apparecchiature AT a 150/30kV con valori attorno a qualche kV/m, ma si riducono a meno di 1kV/m a ca. 5m di distanza da queste ultime.



I valori in corrispondenza della recinzione della stazione sono notevolmente ridotti ed ampiamente sotto i limiti di legge.

Riportiamo comunque un'analisi del campo magnetico indotto considerando la massima potenza di immissione prevista.

La massima potenza su cui è stato effettuato il dimensionamento corrisponde a quella di generazione nominale e cioè  $P = 60.16\text{MVA}$ .

La potenza sarà pari a:

Trafo (61/77MVA) potenza prevista 60,16MVA

Considerando una tensione di generazione di 150kV e un  $\cos\varphi = 0,9$ , osserviamo che l'aliquota di intensità di corrente prodotta nella stazione di trasformazione è pari a:

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi \cdot \sqrt{3}}$$

da cui si ottiene  $I = 253\text{A}$

**La verifica dell'osservanza dei limiti di cui al DPCM 08/07/2003 è in corso di valutazione.**

## **5.ANALISI DEI RISULTATI OTTENUTI**

I risultati completi sono in fase di elaborazione finale in relazione ai rilievi che sono attualmente in corso.

Foggia, lì 10 maggio 2024

Il Tecnico

Ing. Patrizia ZORZETTO



*Patrizia Zorzetto*

