

# IMPIANTO FOTOVOLTAICO CON OPERE DI CONNESSIONE E PRODUZIONE IDROGENO

## BIO3 PV HYDROGEN S.R.L.

POTENZA IMPIANTO FV 23,40 MW - COMUNE DI STATTE (TA)

### Proponente

**BIO3 PV HYDROGEN S.R.L.**

VIA GIOVANNI BOVIO 84 - 76014 SPINAZZOLA (BT) - P.IVA: 08695720725 – PEC: [bio3pvhydrogen@pec.it](mailto:bio3pvhydrogen@pec.it)

### Progettazione

**Ing. Antonello Rutilio**

VIA R. ZANDONAI 4 – 44124 - FERRARA (FE) - P.IVA: 00522150382 – PEC: [incico@pec.it](mailto:incico@pec.it)

Tel.: +39 0532 202613 – email: [a.rutilio@incico.com](mailto:a.rutilio@incico.com)

### Collaboratori

**Ing. Lorenzo Stocchino**

VIA R. ZANDONAI 4 – 44124 - FERRARA (FE) - P.IVA: 00522150382 – PEC: [incico@pec.it](mailto:incico@pec.it)

Tel.: +39 0532 202613 – email: [l.stocchino@incico.com](mailto:l.stocchino@incico.com)

### Coordinamento progettuale

**Envidev Consulting s.r.l**

CORSO VITTORIO EMANUELE II 287 – 00186 - ROMA (RM) - P.IVA: 01653460558 – PEC: [envidev\\_csrl@pec.it](mailto:envidev_csrl@pec.it)

Tel.: +39 3666 376 932 – email: [francesco@envidevconsulting.com](mailto:francesco@envidevconsulting.com)

### Titolo Elaborato

#### COMPATIBILTA' ELETTROMAGNETICA

LIVELLO PROGETTAZIONE	CODICE ELABORATO	FILE NAME	DATA
DEFINITIVO	PD_REL19	22ENV02_PD-REL19.00-Relazione elettromagnetica.docx	12/10/23

### Revisioni

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
0	OTTOBRE '23	EMISSIONE PER PERMITTING	LBO	LST	ARU



**COMUNE DI STATTE (TA)**  
**REGIONE PUGLIA**



**H BIO3 PV  
HYDROGEN**

# COMPATIBILTA' ELETTROMAGNETICA

## INDICE

1. OGGETTO.....	1
2. RIFERIMENTI NORMATIVI .....	1
3. DESCRIZIONE IMPIANTISTICA .....	2
4. LIMITI DI COMPATIBILITA' ELETTROMAGNETICA .....	3
5. SORGENTI A BASSA FREQUENZA (ELF) .....	4
6. CALCOLO DISTANZA PRIMA APPROSSIMAZIONE PER I COMPONENTI IN PROGETTO .....	4
Campo fotovoltaico .....	5
Inverter di stringa .....	5
Cabina di trasformazione BT/AT 0.8/36KV (Box prefabbricato) .....	6
Cabina di interfaccia 36kV .....	7
Elettrodotto interrato di alta tensione (AT) tra cabina di interfaccia e cabina primaria Terna 36kV .....	8
Elettrodotti interrati di alta tensione (AT) tra cabina di trasformazione BT/AT 2-4-6-7-8 e cabina di interfaccia 36kV .....	11
Elettrodotti interrati di alta tensione (at) tra cabine di trasformazione bt/at "1-3-5" e cabina di interfaccia 36kV .....	13
Cabina Idrogeno 20kV .....	15
Trasformatore AT/MT 36/20kV .....	16
Elettrodotto interrato di alta tensione (AT) tra cabina di interfaccia e cabina 36kV idrogeno .....	16
Elettrodotto interrato di media tensione (MT) tra TR 36/20kV e Cabina Idrogeno 20kV.....	18
7. CONCLUSIONI .....	20

## 1. OGGETTO

La presente relazione ha lo scopo di dimensionare le Distanze di Prima Approssimazione relative agli impianti elettrici funzionali all'impianto di produzione di energia elettrica da fonte solare (fotovoltaico) di potenza di picco pari a 24,60 MWp da realizzarsi nel comune di Statte (TA).

## 2. RIFERIMENTI NORMATIVI

Norme di riferimento considerate per la stesura del presente documento sono le seguenti:

- Decreto D.C.P.S. 08/07/03: Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz.;
- Decreto D.M. 29/05/08: Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti;
- Legge 22 febbraio 2001, n° 36 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici".

Trovano inoltre applicazione ai fini della presente valutazione le seguenti norme tecniche:

- 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 (2006-02)";
- CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche (2008-09)";
- CEI 211-6 Guida per la misura e la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana (2001-01);
- ENEL DISTRIBUZIONE "Linea Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'allegato al DM 29.05.08 - Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche";
- CEI 11-17 "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo".

### 3. DESCRIZIONE IMPIANTISTICA

Il Progetto prevede la realizzazione di un nuovo impianto fotovoltaico, di seguito si riportano le caratteristiche principali dell'impianto:

DENOMINAZIONE IMPIANTO	STATTE
SUPERFICIE TOTALE RECINTATA (ha)	30.05
POTENZA NOMINALE AC (kW)	23.40
POTENZA DI PICCO DC (kW)	24.60
MODULI INSTALLATI	36.736
TOTALE STRINGHE INSTALLATE	1.312
NUMERO INVERTER DI STRINGA	109

I moduli fotovoltaici avranno potenza nominale pari a 670Wp e saranno collegati tra di loro in serie a formare stringhe ciascuna delle quali composta da 28 moduli, la lunghezza di stringa è stabilita in funzione delle caratteristiche del sistema fotovoltaico in termini di tensione massima ammissibile e della potenza complessiva.

Per la conversione della corrente continua prodotta dai moduli fotovoltaici in corrente alternata fruibile dal sistema di distribuzione e trasmissione nazionale, si realizzerà per ogni sottocampo un locale di conversione e trasformazione, dove verranno installati i trasformatori BT/AT 0,8/36kV, i quadri elettrici di media e bassa tensione ed i gruppi di misura dell'energia elettrica prodotta. Gli inverter di stringa saranno di tipo outdoor e verranno installati in corrispondenza delle strutture di sostegno dei pannelli fotovoltaici.

Ciascuna stazione di trasformazione sarà composta da un box in cemento armato prefabbricato, di dimensioni pari a 12.29 L x 3.10 H x 2.48 P m.

Per il progetto si prevede l'utilizzo di inverter di tipo stringa, ovvero unità statiche di conversione della corrente DC/AC caratterizzate da potenze nominali elevate e dotate di n. 3 ingressi MPPT con massima corrente 100A, con elevato grado di protezione esterno IP66 e sistema di raffreddamento Smart air cooling.

Ogni inverter sarà collocato in campo e collegato a un quadro di bassa tensione all'interno di box container insieme agli altri apparati necessari per l'elevazione della tensione di esercizio fino a 36kV.

Pertanto, ciascun quadro è poi collegato, all'interno dell'alloggiamento di ciascuna stazione al trasformatore BT/AT, al quadro di alta tensione e a tutti gli apparati dedicati alla gestione, controllo e protezione necessari al corretto funzionamento ordinario dei suddetti apparati.

L'impianto fotovoltaico sarà completato dall'installazione di una cabina di interfaccia e da una control room, entrambe ubicate quanto più possibile in corrispondenza del punto di accesso al campo o in zona facilmente accessibile sia per motivi funzionali che di sicurezza. Sia la control room che la cabina di interfaccia saranno realizzate in un unico box elettrico avente le stesse caratteristiche strutturali delle cabine di trasformazione BT/AT, ed avente dimensioni 16.450 L x 3.000 H x 4.000 P.

Il quadro di alta tensione collocato all'interno della cabina di interfaccia è l'apparato dove saranno attestate tutte le linee AT provenienti dalle stazioni di trasformazione in campo e rappresenta il punto di interfaccia dell'impianto con la rete di Terna, su di esso sarà infatti attestata anche la linea di collegamento in uscita dal campo verso la cabina primaria di Terna e saranno collocate tutte le protezioni indicate dalle vigenti normative tecniche per la connessione come il Sistema di Protezione Generale (SPG) e il Sistema di Protezione di Interfaccia (SPI).

La control room, invece, è il locale all'interno del quale saranno collocati i principali apparati ausiliari che consentono la corretta gestione ed esercizio dell'impianto come quelli per la trasmissione dati, per il sistema antintrusione e la videosorveglianza.

L'energia prodotta dal generatore fotovoltaico sarà disponibile al confine fisico dell'impianto (in corrispondenza della Cabina di Interfaccia) ad una tensione nominale di 36 kV e sarà veicolata verso il punto di connessione alla cabina Primaria di Terna secondo le modalità indicate nel preventivo di connessione alla rete AT messa a disposizione dal distributore di rete. L'impianto dovrà quindi essere connesso alla RTN in alta tensione a 36 kV tramite la stazione di interfaccia presente nell'area.

La distanza tra l'impianto e la suddetta stazione elettrica (circa 19.2km) prevede la realizzazione di un elettrodotto interrato con la posa di una terna di cavi RG7H1RFR 26/45KV 3x1x500 mmq, idonei al trasporto di energia in alta tensione, 36 kV.

Le linee di bassa tensione, sia quelle in corrente continua che in corrente alternata, e le linee di media e alta tensione saranno realizzate totalmente all'interno dell'area occupata dall'impianto fotovoltaico.

Tutti i cavi, ad eccezione dei cavi stringa (collegamento moduli inverter), saranno posati in trincea ovvero direttamente interrati senza l'ausilio di cavidotti o protezioni meccaniche.

In tal caso la profondità di posa dei cavi sarà di 50 cm per illuminazione perimetrale, di 80 cm per i cavi di bassa tensione e 110-160 cm per quelli di media e alta tensione, tutti saranno opportunamente segnalati mediante la posa di nastro ad una distanza di circa 30 cm verso il piano terreno.

Come accennato, fanno eccezione alla posa direttamente interrata in trincea i soli cavi stringa che collegano ciascuna stringa fino all'inverter di riferimento.

Dalla cabina di interfaccia 36kV posta in prossimità del perimetro d'impianto, diparte, quindi l'elettrodotto in cavidotto interrato AT (36 kV) verso la cabina primaria Terna dove si procederà all'elevazione della tensione nominale da 36 a 150/380 kV per poi essere collegata alla RTN "Taranto N2".

#### 4. LIMITI DI COMPATIBILITA' ELETTROMAGNETICA

Ai fini della protezione della popolazione dall'esposizione ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati da linee e cabine elettriche, il DPCM 8 luglio 2003 (art. 3 e 4) fissa, in conformità alla Legge 36/2001 (art. 4, c. 2):

I limiti di esposizione del campo elettrico (5 kV/m) e del campo magnetico (100 µt) come Valori efficaci, per la protezione da possibili effetti a breve termine;

Il valore di attenzione (10 µt) e l'obiettivo di qualità (3 µt) del campo magnetico da intendersi come mediana nelle 24 ore in normali condizioni di esercizio, per la protezione da possibili effetti a lungo termine connessi all'esposizione nelle aree di gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenza non inferiore a 4 ore giornaliere (luoghi tutelati).

Nel dettaglio, si riportano le seguenti tabelle con le definizioni ed i limiti di esposizione per basse frequenze:

<b>Limite di esposizione</b>	Valore che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione della popolazione
<b>Limite di attenzione</b>	Valore che non deve essere superato negli ambienti a permanenza prolungata
<b>Obiettivi di qualità</b>	Limite da rispettare per installazioni future

<b>DPCM 8 luglio 2003 – Basse frequenza (&lt; 100 kHz)</b>		
	<b>Campo elettrico</b>	<b>Induzione magnetica</b>
<b>Limite di esposizione</b>	5000 V/m	100 µT
<b>Valore di attenzione (media 24 h)</b>		10 µT
<b>Obiettivi di qualità (media 24 h)</b>		3 µT

Il valore di attenzione si riferisce ai luoghi tutelati esistenti nei pressi di elettrodotti esistenti; l'obiettivo di qualità si riferisce, invece, alla progettazione di nuovi elettrodotti in prossimità di luoghi tutelati esistenti o alla progettazione di nuovi luoghi tutelati nei pressi di elettrodotti esistenti. Il DPCM 8 luglio 2003, all'art. 6, in attuazione della Legge 36/01 (art. 4 c. 1 lettera h), introduce la metodologia di calcolo delle fasce di rispetto, definita nell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti). Detta fascia comprende tutti i punti nei quali, in normali condizioni di esercizio, il valore di induzione magnetica può essere maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

La metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti prevede una procedura semplificata di valutazione (par. 5.1.3 del Decreto 29 maggio 2008) con l'introduzione della Distanza di Prima Approssimazione (DPA), nel rispetto dell'obiettivo di qualità di 3 µT del campo magnetico.

Le definizioni di DPA e Fascia di rispetto sono, infatti, così definite:

- Distanza di prima approssimazione (DPA): per le linee è la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più di DPA si trovi all'esterno delle fasce di rispetto; e per le cabine è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra;

Fascia di rispetto: spazio circostante un elettrodotto che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da una induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità (3  $\mu$ T).

## 5. SORGENTI A BASSA FREQUENZA (ELF)

Le basse frequenze, o ELF (Extremely Low Frequency), consistono in campi elettrici e magnetici di cui si formano in corrispondenza di elettrodotti (a bassa, media ed alta tensione), e di tutti i dispositivi domestici alimentati a corrente elettrica, di intensità decisamente inferiore, quali elettrodomestici, videotermini, etc.

Gli altri componenti del sistema di trasmissione e distribuzione che sono diffusi sul territorio, cioè le stazioni e le cabine, non sono in pratica delle importanti sorgenti di campo elettrico dal punto di vista dell'esposizione della popolazione.

Il campo elettrico generato dalle linee elettriche aeree in un determinato punto dello spazio circostante dipende principalmente dal livello di tensione e dalla distanza del punto dai conduttori della linea (altri fattori che influenzano l'intensità del campo elettrico sono poi la disposizione geometrica dei conduttori nello spazio e la loro distanza reciproca).

Alle basse frequenze le caratteristiche fisiche dei campi sono più simili a quelle dei campi statici rispetto a quelle dei campi elettromagnetici veri e propri; è per questo che per le ELF il campo elettrico e il campo magnetico possono essere considerati e valutati come entità a sé stanti.

Si distinguono due principali tipologie di sorgenti in base alle diverse caratteristiche del campo emesso:

- Quelle deputate al trasporto e distribuzione dell'energia elettrica;
- Quelle degli apparecchi che utilizzano energia elettrica.

Nella situazione in esame si tratta di elettrodotti cioè sorgenti di campo elettromagnetico a frequenza industriale (50 – 60 Hz). Per elettrodotto si intende l'insieme delle linee elettriche, delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione.

Le cabine di trasformazione rappresentano un problema molto minore dal punto di vista dell'inquinamento elettromagnetico, poiché a pochi metri di distanza i campi elettrici e magnetici sono già trascurabili.

Le linee elettriche portano energia elettrica dai centri di produzione agli utilizzatori (industrie, abitazioni, etc.) mentre le cabine di trasformazione trasformano la corrente prodotta dalle centrali in tensioni più basse per l'utilizzazione nelle applicazioni pratiche.

Le tensioni di esercizio delle linee elettriche in Italia si distinguono in 15 kV e 20 kV per la media tensione, 36, 132, 220 e 380 kV per l'alta tensione.

## 6. CALCOLO DISTANZA PRIMA APPROSSIMAZIONE PER I COMPONENTI IN PROGETTO

Le apparecchiature elettriche presenti in impianto, sorgenti di campo elettromagnetico, sono le seguenti:

- 6.1 Campo Fotovoltaico (moduli fotovoltaici e cavi);
- 6.2 Inverter di stringa;
- 6.3 Cabine di trasformazione Bt/AT (box prefabbricato);
- 6.4 Cabina di interfaccia 36kV;
- 6.5 Elettrodotto interrato di alta tensione (AT) tra Cabina di Interfaccia e Cabina Primaria Terna 36kV;
- 6.6 Elettrodotti interrati di alta tensione (AT) tra Cabine di Trasformazione 2-4-6-7-8 e Cabina di Interfaccia 36kV;
- 6.7 Elettrodotti interrati di alta tensione (AT) tra Cabine di Trasformazione 1-3-5 e Cabina di Interfaccia 36kV;



- 6.8 Cabina Idrogeno 20KV;
- 6.9 Trasformatore AT/MT 36/20KV;
- 6.10 Elettrodotta interrato AT tra Cabina di Interfaccia e Cabina 36KV idrogeno;
- 6.11 Elettrodotta interrato MT tra TR36/20KV e Cabina 20KV idrogeno.

Di seguito, le analisi ed i calcoli per ciascuna sorgente.

### Campo fotovoltaico

Il campo fotovoltaico risulta formato dall'insieme delle stringhe di moduli fotovoltaici, e dai rispettivi cavi elettrici in c.c. (tipo H1Z2Z2-K) che conducono all'ingresso inverter di stringa.

Considerato che:

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

Considerato che:

- Nel caso di una buona esecuzione delle opere, i cavi con diversa polarizzazione (+ e -) sono posti a contatto, con l'annullamento quasi totale dei campi magnetici statici prodotti in un punto esterno;
- I cavi relativi alle dorsali principali, ovvero gli unici che trasportano un valore di corrente significativo sono molto distanti dai confini dell'impianto (almeno 30 m);
- Le linee dati, per il monitoraggio e la trasmissione dati, sono realizzate normalmente in cavo schermato e quindi interessate da correnti di valore estremamente modesto;

si può escludere il superamento dei limiti di riferimento dei valori di campo elettromagnetico.

### Inverter di stringa

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 50273 (CEI 95-9), CEI EN 61000-6-3 (CEI 210-65), CEI EN 61000-2-2 (CEI 110-10), CEI EN 61000-3-2 (CEI 110-31), CEI EN 61000-3-3 (CEI 110-28), CEI EN 55022 (CEI 110-5), CEI EN 55011 (CEI 110-6)).

Tra gli altri aspetti queste norme riguardano:

- i livelli armonici: le direttive del gestore di rete prevedono un THD globale (non riferito al massimo della singola armonica) inferiore al 5% (inferiore all'8% citato nella norma CEI 110-10). Gli inverter presentano un THD globale contenuto entro il 3%;
- i disturbi alle trasmissioni di segnale operate dal gestore di rete in sovrapposizione alla trasmissione di energia sulle proprie linee;
- le variazioni di tensione e frequenza. Gli effetti sulla rete di tali variazioni sono limitati dai relè di controllo della protezione di interfaccia asservita al dispositivo di interfaccia.

Tuttavia, le fluttuazioni di tensione e frequenza hanno per lo più origine dalla rete stessa; si rendono quindi necessarie finestre di taratura abbastanza ampie per evitare una continua inserzione e disinserzione dell'impianto fotovoltaico; - la componente continua immessa in rete. La presenza del trasformatore elevatore permette di bloccare tale componente. Ad ogni modo, anche il dispositivo di interfaccia di ogni inverter interviene in presenza di componenti continue maggiori dello



0,5% della corrente nominale.

Le questioni di compatibilità elettromagnetica concernenti i buchi di tensione (fino ai 3 s in genere) sono in genere dovute al coordinamento delle protezioni effettuato dal gestore di rete locale.

### Cabina di trasformazione BT/AT 0.8/36KV (Box prefabbricato)

Per le cabine elettriche di campo la principale sorgente di emissione è il trasformatore BT/AT. Nel caso specifico sono presenti trasformatori di potenza da 3.150 kVA.

In questo caso, 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 la formula di cui al citato cap.5.2.1 e cioè:

$$\frac{DPA}{\sqrt{I_n}} = 0.40942 \cdot \chi^{0.5241}$$

dove:

- DPA = distanza di prima approssimazione.
- $I_n$  = Corrente nominale del quadro.
- X = Diametro dei cavi BT in ingresso al quadro.

Considerato che la potenza nominale del trasformatore BT/AT installato è di 3.150 kVA, la corrente nominale lato BT (tensione lato BT di 800 V) sarà al massimo pari a 2.276 A.

La sezione del cavo BT (tipo FG16R16) prevista è: 3(3x1x400) mm<sup>2</sup>, con un diametro esterno della singola fase di 36,5 mm (0,0365 m), ed un diametro complessivo pari a 390 mm (0,39 m).

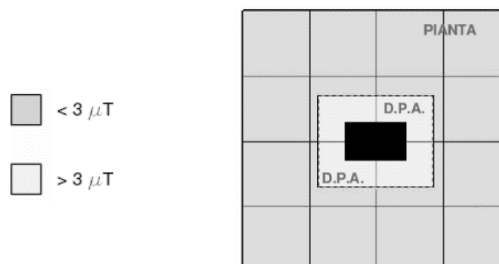
$$DPA = 0.40942 \cdot \chi^{0.5241} \cdot \sqrt{I_n}$$

Sostituendo i valori:

$$DPA = 0.40942 \cdot (0.39)^{0.5241} \cdot \sqrt{2276} = 11.92 \text{ m}$$

Ne consegue una DPA pari a 11,92 m.

Considerato che l'algoritmo proposto dal DM 29/5/2008 prevede l'arrotondamento al mezzo metro superiore, risulta che DPA=12 m, da intendersi come distanza dal filo esterno del box/container.



Si specifica, come tali ambienti (cabinati tecnici) sono aree di accesso esclusivo agli operatori tecnici che saltuariamente vi accederanno per limitati periodi temporali (inferiore a 4 h/gg) per esigenze connesse con la manutenzione e la gestione dell'impianto.

Inoltre, la zona in cui l'induzione magnetica supera il valore di 100 μT, è confinata esclusivamente all'interno del vano trasformatore, la cui accessibilità è consentita solo in caso di assenza di tensione.

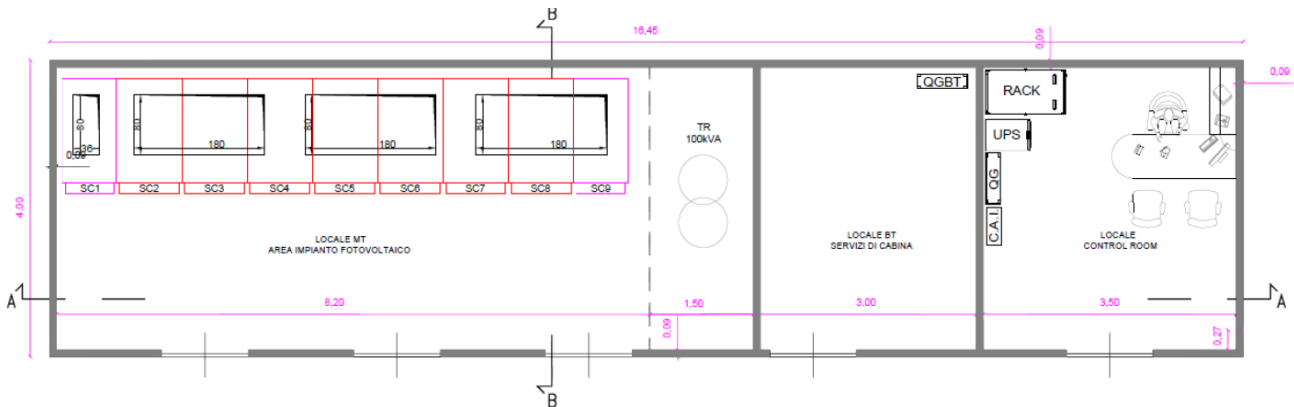
Non vi saranno, né all'interno delle fasce di rispetto individuate, né nelle immediate vicinanze luoghi destinati alla permanenza di persone per oltre 4 ore/giorno e non vi saranno nelle immediate vicinanze aree accessibili a persone diverse degli addetti professionalmente esposti.

Il perimetro dell'impianto fotovoltaico risulterà infatti dotato di recinzione.

### Cabina di interfaccia 36kV

La cabina elettrica di alta tensione che raccoglie l'energia elettrica proveniente dal campo (da cabine bt/AT) risulta del tipo "a box", realizzata con elementi prefabbricati in c.a.v.

In essa sarà presente, oltre agli scomparti AT, n.1 trasformatore AT/BT (36/0.4kV) (potenza nominale 100 kVA) per consentire l'alimentazione dei servizi ausiliari all'impianto (illuminazione, prese, ventilatori, condizionamento, circuito telecamere, allarme, centralina rivelazione fumi).



Applicando la seguente formula:

$$Dpa = 0.40942 * x^{0.5241} * \sqrt{I}$$

in cui:

I = corrente nominale (secondaria del trasformatore – lato BT) [A];

x = diametro reale (conduttore+isolante) dei cavi in uscita dal trafo – lato BT [m];

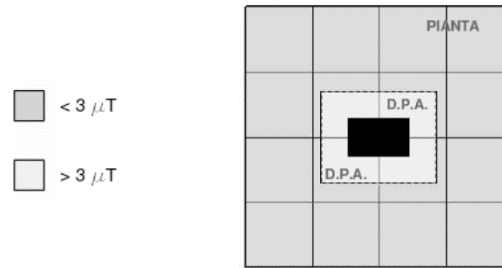
Considerato che la potenza nominale del trasformatore AT/BT installato è di 100 kVA, la corrente nominale lato BT sarà pari a 144A.

La sezione del cavo BT (tipo FG16R16) prevista è: (3x1x50) mm<sup>2</sup>.

Il cavo unipolare risulta di sezione 50 mm<sup>2</sup>, con un diametro esterno di 16,4 mm (0,0164 m).

Ne consegue una DPA pari a 0,57 m.

Considerato che l'algoritmo proposto dal DM 29/5/2008 prevede l'arrotondamento al mezzo metro superiore, risulta che DPA=1m, da intendersi come distanza dal filo esterno del box/container.



### **Elettrodotto interrato di alta tensione (AT) tra cabina di interfaccia e cabina primaria Terna 36kV**

Dalla cabina di interfaccia 36KV (AT), presente al perimetro dell'impianto, diparte l'elettrodotto AT (36 KV) interrato in cavo tipo RG7H1RFR 26/45KV o similare in formazione 3(1x500) mmq, per circa 19.2 km, che conduce alla Cabina Primaria di Terna per la connessione alla rete di 36/150/380 kV.

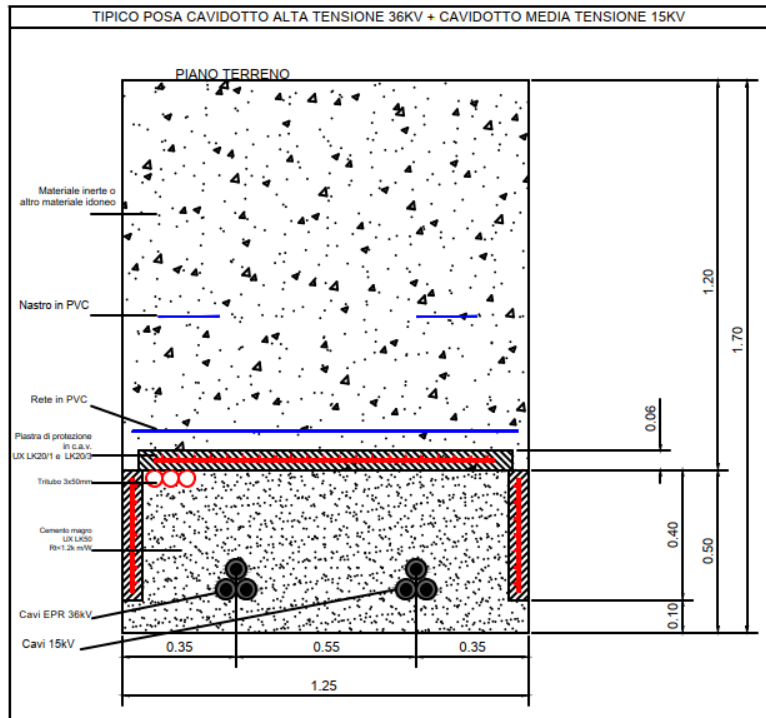
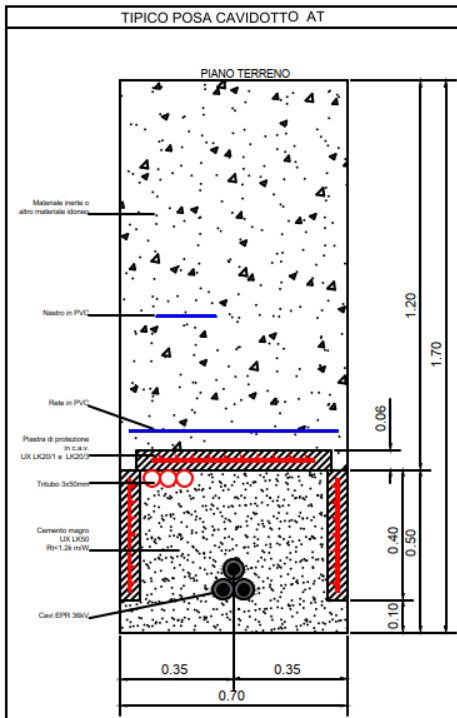
A circa 2 Km dall'impianto FV il sopracitato elettrodotto AT 36KV, intercetterà un altro elettrodotto MT (15KV) derivante da un altro campo fotovoltaico, non oggetto di questo progetto, entrambi saranno posati in uno scavo preesistente e proseguiranno in parallelo fino alla stazione di Terna.

A favore di sicurezza, per contenere la caduta di tensione dell'elettrodotto in oggetto, si prevede l'adozione di cavo con sez. 3x1x500 mm<sup>2</sup>, conduttore a corda a fili di rame in accordo alla norma CEI 20-29, mescola di gomma ad alto modulo G7, schermo metallico in fili di rame e nastro equalizzatore di rame, guaina di separazione in mescola pvc, armatura in fili di alluminio, guaina esterna in mescola pvc di colore rosso.

Le direttive per il rispetto tra le distanze di posa minime sono state rispettate in fase di progetto come da CEI 11-27.

La tipologia di cavidotti presenti nell'impianto prevede all'interno del campo fotovoltaico l'utilizzo prevalente di cavi unipolari posati a trifoglio, per i quali vale quanto riportato nella norma CEI 106-11 e nella norma CEI 11-17.

Nel calcolo, relativo al solo elettrodotto AT 36KV, essendo il valore dell'induzione magnetica proporzionale alla corrente transitante nella linea, è stata presa in considerazione la portata massima: adottando la posa dei cavi a trifoglio ad una profondità di 1,6 m e considerando una resistività termica del terreno di 1,5 K m/W, il valore di portata è pari a circa 647 A, valore adottato per il calcolo. Si è inoltre considerato la configurazione dell'elettrodotto in assenza di schermature, con il campo magnetico calcolato al suolo.



Il tracciato di posa dei cavi è tale per cui intorno ad esso non vi sono ricettori sensibili (zone in cui si prevede una permanenza di persone per più di 4 ore nella giornata) per distanze molto più elevate di quelle calcolate.

Non è rappresentato il calcolo del campo elettrico prodotto dalla linea in cavo, poiché in un cavo schermato il campo elettrico esterno allo schermo è nullo.

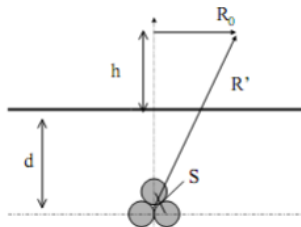
Secondo quanto riportato nel DM del MATTM del 29.05.2008, il calcolo delle fasce di rispetto può essere effettuato usando le formule della norma CEI 106-11, che prevedono l'applicazione dei modelli semplificati della norma CEI 211-4.

Pertanto, il calcolo della fascia di rispetto si può intendere in via cautelativa pari al raggio della circonferenza che rappresenta il luogo dei punti aventi induzione magnetica pari a 3 µT.

La formula da applicare è la seguente, in quanto si considera la posa dei conduttori a trifoglio:

$$R' = 0.286 \cdot \sqrt{S \cdot I} \text{ (m)}$$

Con il significato dei simboli di figura seguente:



Pertanto, ponendo:

$S = 0.065$  m (uguale al diametro esterno del cavo pari a 65 mm)

$I = 375$  A

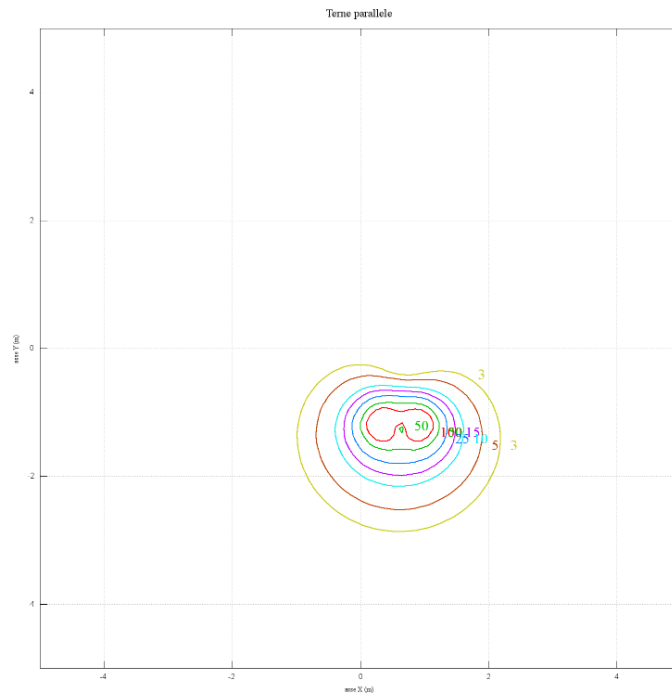
Si ottiene:

$R' = 1.41$  m

che arrotondato al metro, fornisce un valore della fascia di rispetto pari a 2 m per parte, rispetto all'asse del cavidotto.

Come anticipato non si ravvisano ricettori all'interno della suddetta fascia.

Per quanto riguarda il calcolo, relativo al tratto di collegamento alla stazione Terna, costituito da due elettrodotti, uno AT da 36KV ed uno esistente da 15KV, si è ricorso al software Magic della società Beshielding.

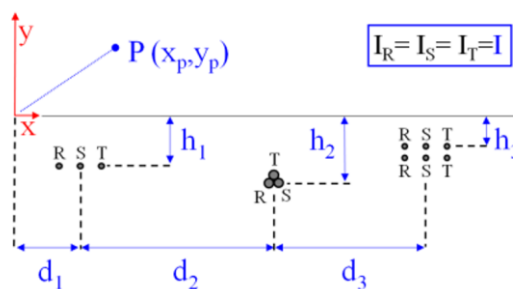


**Figura 3: Curve isolivello dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo AT e dalla linea in cavo MT (Esistente)**

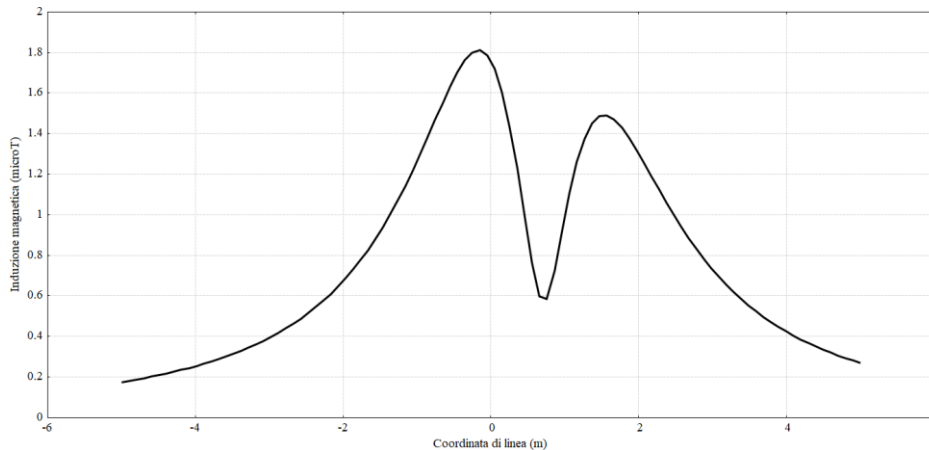
Si nota, come all'esterno del perimetro che racchiude il passaggio dei due elettrodotti, i valori di concentrazione decrescono da 50 µT fino a 3 µT nel giro di circa 3 m.

Modellizzando gli elettrodotti in parallelo AT ed MT (Esistente) entrambi in cavo interrato mediante il software Magic della società Beshielding, il risultato viene, di seguito, proposto:

- Coordinate di riferimento: x: 0 m – y: 0 m (piano terreno).
- Elettrodotto AT 36KV: 1 terna a trifoglio con interrimento di 1.6 m (y=-1.6 m)
- Elettrodotto MT 15KV: 1 terna a trifoglio con interrimento di 1.6 m (y=-1.6 m)



L'andamento dell'induzione magnetica alla quota del piano terreno (0 m), nella fascia compresa tra x:-5 m e x:5 m, è la seguente:



**Figura 3: Curve isolivello dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo AT**

Si denota, come in corrispondenza dell'asse del cavidotto ( $x: 0\text{ m}$ ), il valore dell'elettrodotto AT si attesta attorno a  $1,8\ \mu\text{T}$ , mentre la linea in cavo MT raggiunge un valore di  $1,5\ \mu\text{T}$ , per poi decrescere entrambi simmetricamente su ambo i lati.

### **Elettrodotti interrati di alta tensione (AT) tra cabina di trasformazione BT/AT 2-4-6-7-8 e cabina di interfaccia 36kV**

Le cabine di trasformazione BT/AT denominate 2-4-6-7-8 e la cabina di interfaccia 36KV (AT) saranno collegate tramite elettrodotto interrato AT (36 KV), in entra ed esci con posa a trifoglio, in cavo tipo RG7H1RFR 26/45KV o similare.

A favore di sicurezza, per contenere la caduta di tensione della linea, si prevede l'adozione di cavo con sez.  $3 \times 1 \times 300\text{ mm}^2$  tamponato, schermo semiconduttivo sul conduttore, isolamento in polietilene reticolato (XLPE), schermo semiconduttivo sull'isolamento, nastri in materiale igroespandente, guaina in alluminio longitudinalmente saldata, rivestimento in polietilene con grafitatura esterna.

Nel calcolo, essendo il valore dell'induzione magnetica proporzionale alla corrente transiente nella linea, è stata presa in considerazione la portata massima: adottando la posa dei cavi a trifoglio ad una profondità di  $1,6\text{ m}$  e considerando una resistività termica del terreno di  $1,5\text{ K m/W}$ , il valore di portata è pari a circa  $242\text{ A}$ , valore adottato per il calcolo. Si è inoltre considerato la configurazione dell'elettrodotto in assenza di schermature, con il campo magnetico calcolato al suolo.

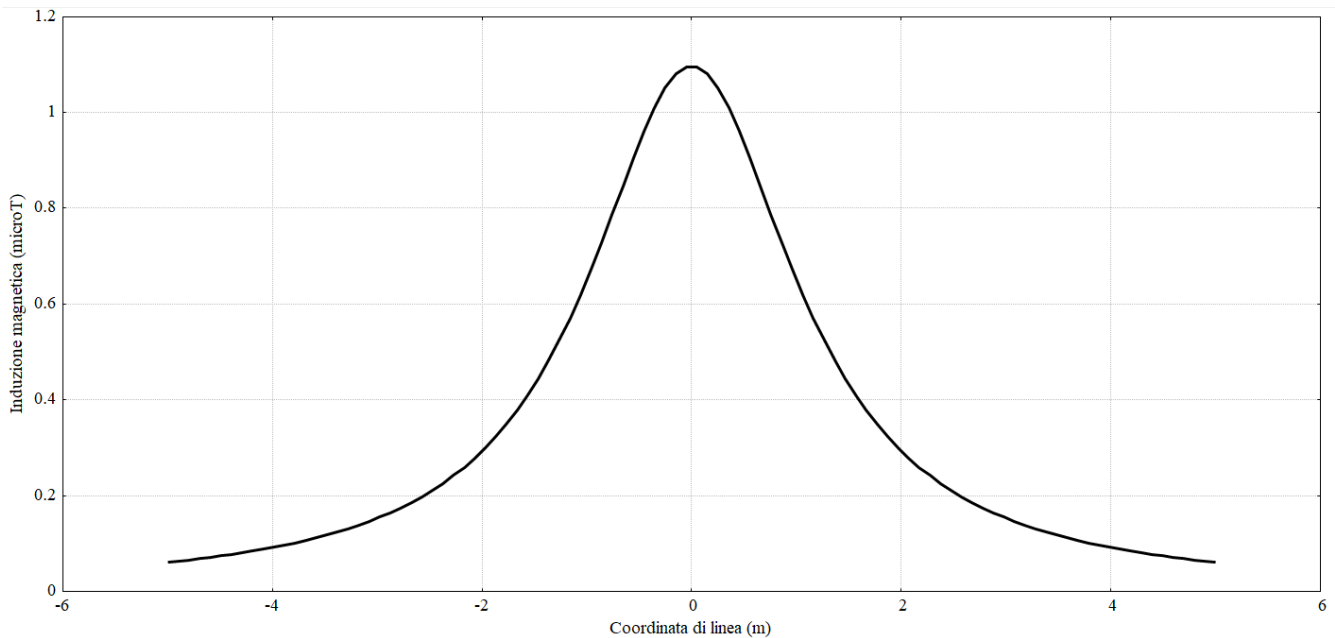
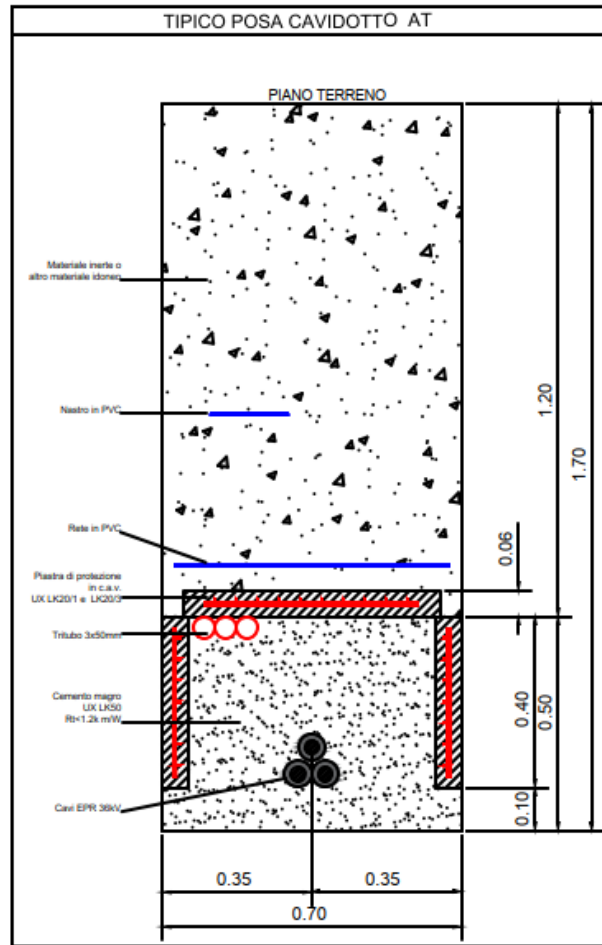


Figura 3: Andamento dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo AT calcolata a livello del suolo



Il tracciato di posa dei cavi è tale per cui intorno ad esso non vi sono ricettori sensibili (zone in cui si prevede una permanenza di persone per più di 4 ore nella giornata) per distanze molto più elevate di quelle calcolate.

Non è rappresentato il calcolo del campo elettrico prodotto dalla linea in cavo, poiché in un cavo schermato il campo elettrico esterno allo schermo è nullo.

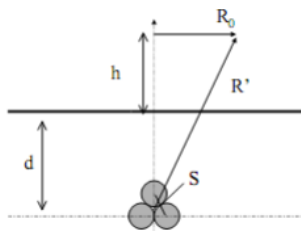
Secondo quanto riportato nel DM del MATTM del 29.05.2008, il calcolo delle fasce di rispetto può essere effettuato usando le formule della norma CEI 106-11, che prevedono l'applicazione dei modelli semplificati della norma CEI 211-4.

Pertanto, il calcolo della fascia di rispetto si può intendere in via cautelativa pari al raggio della circonferenza che rappresenta il luogo dei punti aventi induzione magnetica pari a  $3 \mu\text{T}$ .

La formula da applicare è la seguente, in quanto si considera la posa dei conduttori a trifoglio:

$$R' = 0.286 \cdot \sqrt{S \cdot I} \quad (m)$$

Con il significato dei simboli di figura seguente:



Pertanto, ponendo:

$S = 0.059 \text{ m}$  (uguale al diametro esterno del cavo pari a 59mm)

$I = 242 \text{ A}$

Si ottiene:

$R' = 1.08 \text{ m}$

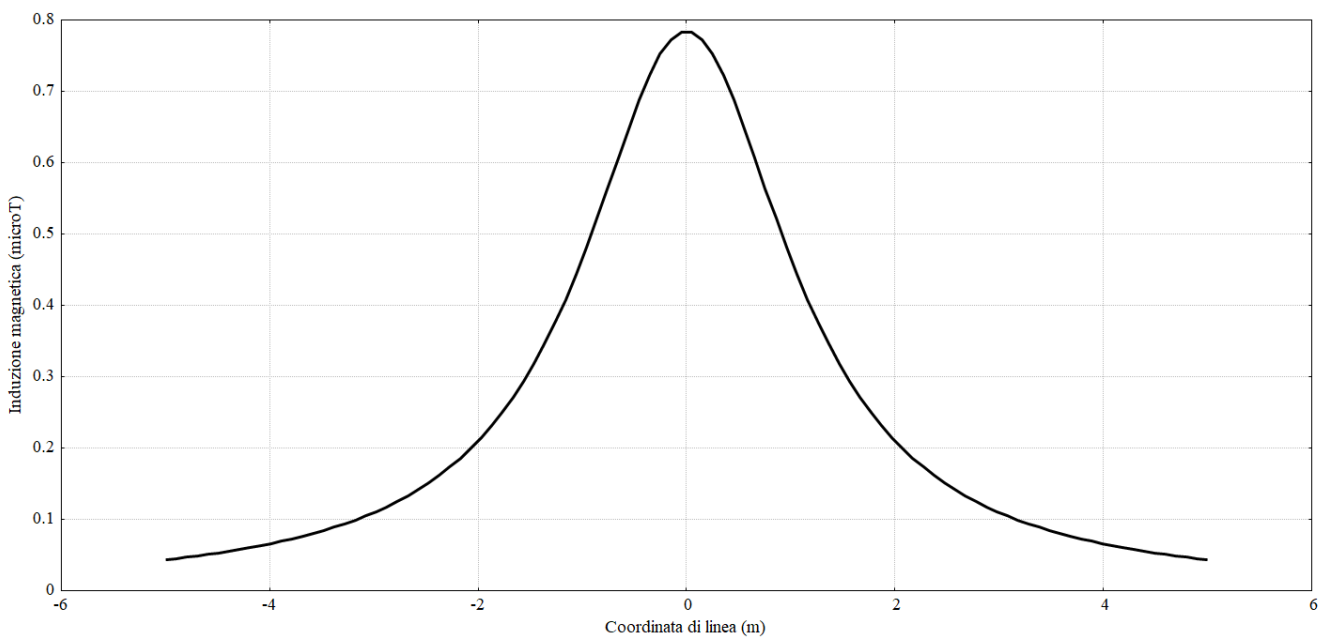
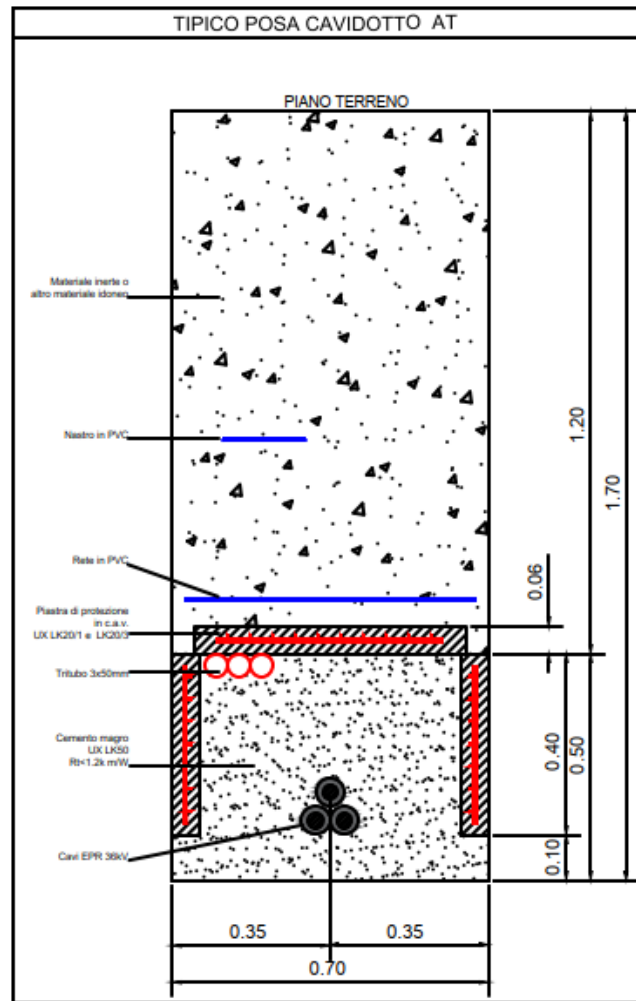
che arrotondato al metro, fornisce un valore della fascia di rispetto pari a 2 m per parte, rispetto all'asse del cavo. Come anticipato non si ravvisano ricettori all'interno della suddetta fascia.

### **Elettrodotti interrati di alta tensione (at) tra cabine di trasformazione bt/at "1-3-5" e cabina di interfaccia 36kV**

Le cabine di trasformazione BT/AT denominate 1-3-5 e la cabina di interfaccia 36KV (AT) saranno collegate tramite elettrodotto interrato AT (36 KV), in entra ed esci con posa a trifoglio, in cavo tipo RG7H1RFR 26/45KV o similare.

A favore di sicurezza, per contenere la caduta di tensione della linea, si prevede l'adozione di cavo con sez.  $3 \times 1 \times 150 \text{ mm}^2$  tamponato, schermo semiconduttivo sul conduttore, isolamento in polietilene reticolato (XLPE), schermo semiconduttivo sull'isolamento, nastri in materiale igroespandente, guaina in alluminio longitudinalmente saldata, rivestimento in polietilene con grafitatura esterna.

Nel calcolo, essendo il valore dell'induzione magnetica proporzionale alla corrente transitante nella linea, è stata presa in considerazione la portata massima: adottando la posa dei cavi a trifoglio ad una profondità di 1,6 m e considerando una resistività termica del terreno di  $1,5 \text{ K m/W}$ , il valore di portata è pari a circa 151 A, valore adottato per il calcolo. Si è inoltre considerato la configurazione dell'elettrodotto in assenza di schermature, con il campo magnetico calcolato al suolo.



**Figura 3: Andamento dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo AT calcolata a livello del suolo**

Il tracciato di posa dei cavi è tale per cui intorno ad esso non vi sono ricettori sensibili (zone in cui si prevede una permanenza di persone per più di 4 ore nella giornata) per distanze molto più elevate di quelle calcolate.

Non è rappresentato il calcolo del campo elettrico prodotto dalla linea in cavo, poiché in un cavo schermato il campo elettrico

esterno allo schermo è nullo.

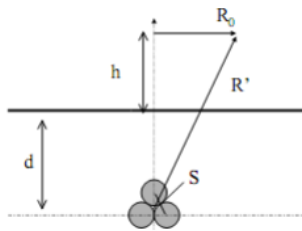
Secondo quanto riportato nel DM del MATTM del 29.05.2008, il calcolo delle fasce di rispetto può essere effettuato usando le formule della norma CEI 106-11, che prevedono l'applicazione dei modelli semplificati della norma CEI 211-4.

Pertanto, il calcolo della fascia di rispetto si può intendere in via cautelativa pari al raggio della circonferenza che rappresenta il luogo dei punti aventi induzione magnetica pari a 3 µT.

La formula da applicare è la seguente, in quanto si considera la posa dei conduttori a trifoglio:

$$R' = 0.286 \cdot \sqrt{S \cdot I} \text{ (m)}$$

Con il significato dei simboli di figura seguente:



Pertanto, ponendo:

$S = 0.0513 \text{ m}$  (uguale al diametro esterno del cavo pari a 51,3 mm)

$I = 151 \text{ A}$

Si ottiene:

$R' = 0.796 \text{ m}$

che arrotondato al metro, fornisce un valore della fascia di rispetto pari a 1 m per parte, rispetto all'asse del cavo. Come anticipato non si ravvisano ricettori all'interno della suddetta fascia.

### Cabina Idrogeno 20kV

La cabina elettrica di media tensione sarà alimentata dall'impianto fotovoltaico, risulta del tipo "a box", realizzata con elementi prefabbricati in c.a.v.

In essa sarà presente, oltre agli scomparti MT, n.1 trasformatore MT/BT (20/0.4 kV) (potenza nominale 400 kVA) per consentire l'alimentazione di un compressore da 200kW, e dei servizi ausiliari all'impianto.

Applicando la seguente formula:

$$Dpa = 0.40942 * x^{0.5241} * \sqrt{I}$$

in cui:

$I$  = corrente nominale (secondaria del trasformatore – lato BT) [A];

$x$  = diametro reale (conduttore+isolante) dei cavi in uscita dal trafo – lato BT [m];

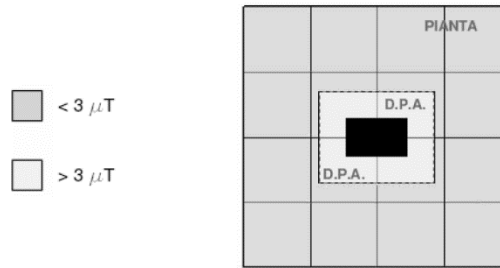
Considerato che la potenza nominale del trasformatore MT/BT installato è di 400 kVA, la corrente nominale lato BT sarà pari a 578A.

La sezione del cavo BT (tipo FG16R16) prevista è: 2(3x1x150) mm<sup>2</sup>.

Il cavo unipolare risulta di sezione 150 mm<sup>2</sup>, con un diametro esterno di 24,8 mm (0,0248 m).

Ne consegue una DPA pari a 1,42 m.

Considerato che l'algoritmo proposto dal DM 29/5/2008 prevede l'arrotondamento al mezzo metro superiore, risulta che DPA=1,50m, da intendersi come distanza dal filo esterno del box/container.



### Trasformatore AT/MT 36/20kV

Tra la Cabina "Idrogeno 36KV" e la Cabina "20KV idrogeno", sarà installato un trasformatore ad olio, con potenza nominale da 4.5MW, atto alla conversione della tensione da 36KV a 20KV.

Applicando la seguente formula:

$$Dpa = 0.40942 * x^{0.5241} * \sqrt{I}$$

in cui:

I = corrente nominale (secondaria del trasformatore – lato MT) [A];

x = diametro reale (conduttore+isolante) dei cavi in uscita dal trafo – lato MT [m];

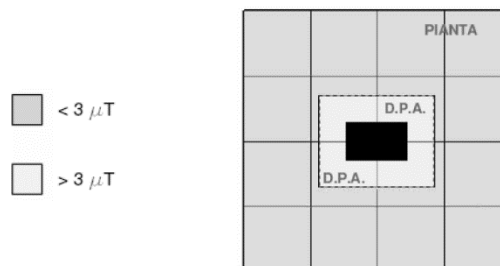
Considerato che la potenza nominale del trasformatore AT/MT installato è di 5.4 MVA, la corrente nominale lato MT sarà pari a 156A.

La sezione del cavo MT (tipo ARE4H5EX 12/20KV) prevista è: (3x1x120) mm<sup>2</sup>.

Il cavo unipolare risulta di sezione 120 mm<sup>2</sup>, con un diametro esterno di 32 mm (0,032 m).

Ne consegue una DPA pari a 0,84 m.

Considerato che l'algoritmo proposto dal DM 29/5/2008 prevede l'arrotondamento al mezzo metro superiore, risulta che DPA=1,00m, da intendersi come distanza dal filo esterno dell'area di contenimento del trasformatore.



### Elettrodotto interrato di alta tensione (AT) tra cabina di interfaccia e cabina 36kV idrogeno

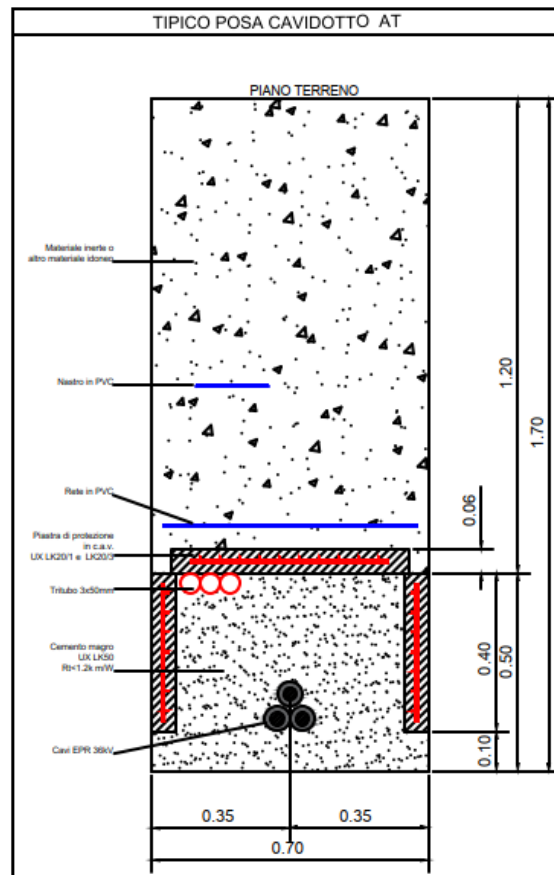
Dalla cabina di interfaccia 36KV (AT), presente al perimetro dell'impianto, diparte l'elettrodotto AT (36 KV) interrato in cavo tipo RG7H1RFR 26/45KV o similare, che conduce alla Cabina 36KV Idrogeno.

A favore di sicurezza, per contenere la caduta di tensione della linea, si prevede l'adozione di cavo con sez. 3x1x120 mm<sup>2</sup> tamponato, schermo semiconduttivo sul conduttore, isolamento in polietilene reticolato (XLPE), schermo semiconduttivo sull'isolamento, nastri in materiale igroespandente, guaina in alluminio longitudinalmente saldata, rivestimento in polietilene con grafitatura esterna.

La tipologia di cavidotti presenti nell'impianto prevede all'interno del campo fotovoltaico l'utilizzo prevalente di cavi unipolari posati a trifoglio, per i quali vale quanto riportato nella norma CEI 106-11 e nella norma CEI 11-17.

Nel calcolo, essendo il valore dell'induzione magnetica proporzionale alla corrente transitante nella linea, è stata presa in

considerazione la portata massima: adottando la posa dei cavi a trifoglio ad una profondità minima di 1,2 m e considerando una resistività termica del terreno di 1,5 K m/W, il valore di portata è pari a circa 72 A, valore adottato per il calcolo. Si è inoltre considerato la configurazione dell'elettrodotta in assenza di schermature, con il campo magnetico calcolato al suolo.



Il tracciato di posa dei cavi è tale per cui intorno ad esso non vi sono ricettori sensibili (zone in cui si prevede una permanenza di persone per più di 4 ore nella giornata) per distanze molto più elevate di quelle calcolate.

Non è rappresentato il calcolo del campo elettrico prodotto dalla linea in cavo, poiché in un cavo schermato il campo elettrico esterno allo schermo è nullo.

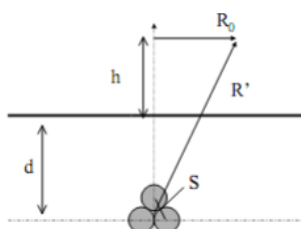
Secondo quanto riportato nel DM del MATTM del 29.05.2008, il calcolo delle fasce di rispetto può essere effettuato usando le formule della norma CEI 106-11, che prevedono l'applicazione dei modelli semplificati della norma CEI 211-4.

Pertanto, il calcolo della fascia di rispetto si può intendere in via cautelativa pari al raggio della circonferenza che rappresenta il luogo dei punti aventi induzione magnetica pari a 3 µT.

La formula da applicare è la seguente, in quanto si considera la posa dei conduttori a trifoglio:

$$R' = 0.286 \cdot \sqrt{S \cdot I} \text{ (m)}$$

Con il significato dei simboli di figura seguente:



Pertanto, ponendo:

$S = 0.0519$  m (uguale al diametro esterno del cavo pari a 51,9 mm)

$I = 72$  A

Si ottiene:

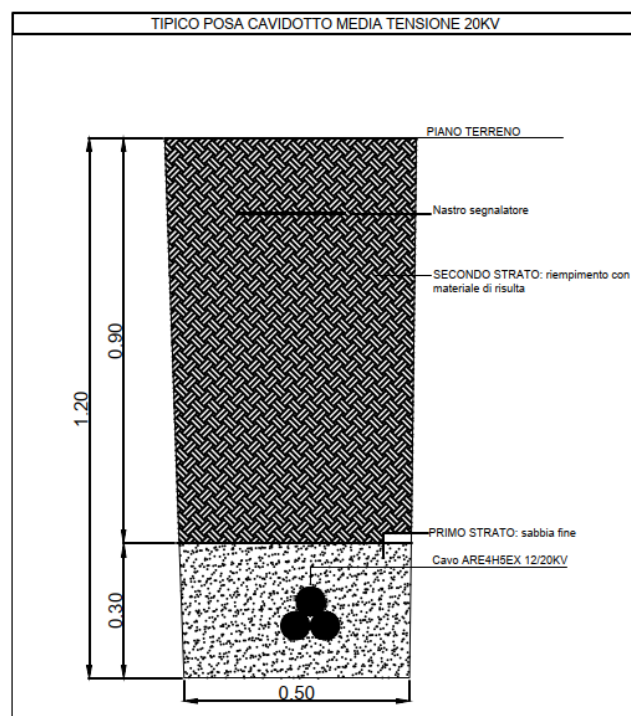
$R' = 0.55$  m

che arrotondato al metro, fornisce un valore della fascia di rispetto pari a 1 m per parte, rispetto all'asse del cavidotto. Come anticipato non si ravvisano ricettori all'interno della suddetta fascia.

### Elettrodotto interrato di media tensione (MT) tra TR 36/20kV e Cabina Idrogeno 20kV

In uscita dal trasformatore 36/20kV, diparte l'elettrodotto MT (20 KV) interrato in cavo elicordato tipo ARE4H5EX 12/20KV o similare, che conduce alla Cabina 20KV Idrogeno.

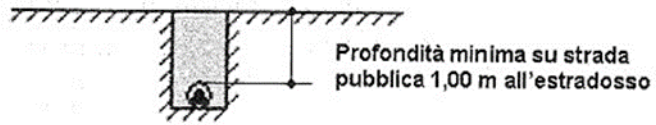
A favore di sicurezza, per contenere la caduta di tensione della linea, si prevede l'adozione di cavo con sezione 3x1x120 mmq.



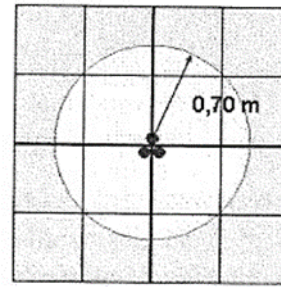
Si evidenzia che il progetto prevede per l'impianto "Idrogeno 20KV" l'impiego di cavi MT di tipo elicordato, per i quali vale quanto riportato nella norma CEI 106-11 e nella norma CEI 11-17. Come illustrato nella suddetta norma CEI 106-11 la ridotta distanza tra le fasi e la loro continua trasposizione, dovuta alla cordatura, fa sì che l'obiettivo di qualità di  $3\mu T$ , anche in condizioni limite con conduttori di sezione elevata, venga raggiunto già a brevissima distanza (50÷80 cm) dall'asse del cavo stesso.

Si fa notare peraltro che anche il recente decreto del 29.05.2008, sulla determinazione delle fasce di rispetto, ha esentato dalla procedura di calcolo le linee MT in cavo interrato e/o aereo con cavi elicordati, pertanto a tali fini si ritiene valido quanto riportato nella norma richiamata. Ne consegue che in tutti i tratti realizzati mediante l'uso di cavi elicordati si può considerare che l'ampiezza della semi-fascia di rispetto sia pari a 1 m, a cavallo dell'asse del cavidotto, pertanto all'interno

della fascia di asservimento della linea.



Fascia di rispetto ( $B > 3 \text{ microT}$ )  
Non rappresentabile in quanto  
di dimensione molto ridotta



Fascia di rispetto ( $B > 3 \text{ microT}$ ) per cavo interrato MT ad elica visibile (passo d'elica 3 m) – sez. 185 mm<sup>2</sup> – In 324 A



## 7. CONCLUSIONI

Sulla base dell'analisi condotta e dei risultati emersi si può concludere quanto segue:

Le uniche radiazioni associabili a questo tipo di impianti sono le radiazioni non ionizzanti costituite dai campi elettrici e magnetici a bassa frequenza (50 Hz), prodotti rispettivamente dalla tensione di esercizio degli elettrodotti e dalla corrente che li percorre. I valori di riferimento, per l'esposizione ai campi elettrici e magnetici, sono stabiliti dalla Legge n. 36 del 22/02/2001 e dal successivo 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 di 50 Hz degli elettrodotti".

In generale, per quanto riguarda il campo elettrico in Alta tensione esso è notevolmente inferiore a 5kV/m (valore imposto dalla normativa).

Mentre per quel che riguarda il campo di induzione magnetica il calcolo nelle varie sezioni di cavidotti ha dimostrato come non ci siano fattori di rischio per la salute umana a causa delle azioni di progetto, poiché è esclusa la presenza di recettori sensibili entro le fasce per le quali i valori di induzione magnetica attesa non sono inferiori agli obiettivi di qualità fissati per legge; mentre il campo elettrico generato è nullo a causa dello schermo dei cavi o assolutamente trascurabile negli altri casi per distanze superiori a qualche cm dalle parti in tensione.

Per quanto riguarda il campo magnetico, relativamente al cavidotto MT, realizzato mediante l'uso di cavi elicordati, tale caso rientra tra i punti indicati al paragrafo 3.2 dell'allegato al DM 29/5/2008, "linee MT in cavo cordato ad elica (interrate o aeree)", per le quali l'applicazione della metodologia di calcolo è esclusa in quanto le fasce associabili hanno ampiezza ridotta inferiori alle distanze previste dal Decreto Interministeriale n° 449/88 e dal decreto del Ministro dei lavori Pubblici del 16 Gennaio 1991.

Per quanto concerne il cavidotto di interconnessione esterno AT 36KV, è stato preso in esame il caso più critico, ovvero quello in cui intercetta un altro elettrodotto esistente MT 15KV, non oggetto di questo progetto, ma comunque da tenere in considerazione dato che posato nello stesso scavo per una lunghezza di circa 16km.

In questo caso è stata calcolata un'ampiezza della semi-fascia di rispetto pari a 3 m; sulla base della scelta del tracciato, si esclude la presenza di luoghi adibiti alla permanenza di persone per durate non superiori alle 4 ore al giorno.

Per ciò che riguarda la cabina di trasformazione l'unica sorgente di emissione è rappresentata dal trasformatore MT/AT, quindi in riferimento al DPCM 8 luglio 2003 e al DM del MATTM del 29.05.2008, l'obiettivo di qualità si raggiunge già a circa 5 m (DPA) dalla cabina stessa. Comunque, considerando che nelle cabine di trasformazione non è prevista la presenza di persone per più di quattro ore al giorno e che l'area sarà racchiusa all'interno di una recinzione impedirà l'ingresso di personale non autorizzato, si può escludere pericolo per la salute umana.

L'impatto elettromagnetico può pertanto essere considerato non significativo.