

# PROGETTO DI IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA DENOMINATO "SUNI/PISANU"

Potenza installata 14,615 MWp.

**PROGETTO DEFINITIVO**

Elaborato n.

R5

## RELAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI

COMMITTENTE:

Progetto di fattibilità

Dicembre 2020

**ECOSARDINIA 3 s.r.l.**

Via Alessandro Manzoni 30  
20121 Milano  
P.IVA 11117520962

pec: ecosardinia3srl@legalmail.it

Progetto definitivo  
opere di rete

Ottobre 2021

Revis. Progetto definitivo  
opere di rete

Febbraio 2022

VIA e Progetto definitivo

Aprile 2022

IDEAZIONE E COORDINAMENTO GENERALE

**NORD OVEST WIND s.r.l.**

Corso Italia 11/B  
12084 MONDOVÌ (CN)

pec: nordovestwind@legalmail.it

TECNICI INCARICATI:

**STUDIO DI PROGETTAZIONE**

**Studio ing. Antonio Capellino**

Corso Armando Diaz 23/1 - 12084 MONDOVÌ (CN)

tel: +39 0174 551247

e-mail: info@studiocapellino.it

pec: antonio.capellino@ingpec.eu

**STUDIO DI PROGETTAZIONE**

**Dott. For. Giorgio COLOMBO**

Via S. Agostino, 13 - 12084 MONDOVÌ (CN)

tel: +39 0174 46906

e-mail: studiogiorgiocolombo@gmail.com

pec: g.colombo@epap.conafpec.it



ORDINE DEGLI INGEGNERI  
DELLA PROVINCIA DI CUNEO

A647

Dott. Ing. Antonio Capellino

## Sommario

1. PREMESSA .....	2
2. NORMATIVA VIGENTE BASSA FREQUENZA .....	3
3. NORMATIVA VIGENTE DI RIFERIMENTO .....	4
4. CARATTERISTICHE PRINCIPALI DELL'IMPIANTO.....	5

### 1. PREMESSA

Il presente progetto riguarda la realizzazione di “Progetto di impianto fotovoltaico a terra denominato SUNI/PISANU” in loc. Tiruddone, previsto in Comune di Suni (OR).

L'impianto in progetto prevede una potenza installata pari a 14,615 MWp.

La Società richiedente è ECOSARDINIA 3 s.r.l. , con sede legale in Milano 20121 (MI), Via Alessandro Manzoni 30 - P. IVA 11117520962,

L'ideazione ed il coordinamento del progetto sono ad opera della società NORD OVEST WIND s.r.l. , con sede legale in Mondovì 12084 (CN), C.so Italia 11/b - P. IVA 03567140045.

In particolare la valutazione teorica della presente relazione riguarda:

L'esposizione a radiazioni elettromagnetiche non ionizzanti a bassa frequenza (Banda 0 Hz – 10 Khz) generate:

- dalla linea elettrica INTERRATA di collegamento tra le due Cabine MT
- dai componenti elettrici ubicati all'interno della cabina di consegna
- dai componenti elettrici ubicati all'interno della cabina di trasformazione MT/BT

L'area di interesse deve ancora essere cantierizzata e le opere di cui sopra devono essere ancora realizzate.

## 2. NORMATIVA VIGENTE BASSA FREQUENZA

### 2.1 Generalità

Il riferimento normativo per le problematiche associate alla compatibilità delle emissioni elettromagnetiche con la salute umana è dato dalla LEGGE QUADRO 36/2001 e dai relativi decreti attuativi, l'ultimo di cui, il DPCM dell' 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" fissa i limiti.

### 2.2 Quadro normativo del settore

Le prescrizioni che disciplina la protezione sanitaria dall'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici e la salvaguardia dell'ambiente dall'impatto delle strutture impiantistiche, derivano da un complesso di norme le cui finalità non risultano sempre direttamente riconducibili a materie sanitarie, e ambientali ma conseguono da combinati disposti di norme afferenti a diversificati corpi normativi. La mancanza di un testo unico sulla materia sulla quale, a partire dal 1998, quando fu emanata la prima norma del settore (D.M. 381/98 recante il "Regolamento per la determinazione dei tetti massimi a radiofrequenza compatibili con la salute umana"), si è concentrata una disarmonica produzione legislativa, spesso promossa più che da esigenze tecniche, da istanze sociali o da pressioni della pubblica opinione, ha determinato un complesso quadro di norme che costituisce un corpus legis inorganico e, per taluni importanti aspetti, lacunoso ed ambiguo.

Tale caratteri, unitamente ad una distorta percezione del rischio da parte di limitati ma fortemente determinati settori della popolazione, hanno alimentato un acceso contenzioso amministrativo che si è assommato al contenzioso costituzionale, Stato-regioni, in merito alla natura concorrente delle competenze regionali in materia.

Il contesto giuridico è stato quindi reso più complesso ed articolato da una copiosa giurisprudenza costituzionale ed amministrativa che, nel corso degli anni, e in relazione al mutare del quadro normativo, ha manifestato una sostanziale evoluzione dei pronunciamenti che hanno arricchito e, in taluni casi, chiarito il quadro normativo, dirimendo alcune importanti incertezze di base.

Nella tabella che segue è sinteticamente riportato il quadro normativo e regolamentare di riferimento nel quale è richiamata anche la normativa comunitaria, ivi comprese le direttive tecniche di organismi internazionali, divenuti cogenti per effetto dei Decreti recentemente emanati in attuazione della legge quadro n. 36/01.

PROSPETTO DEL QUADRO NORMATIVO	
➤ RIFERIMENTO INTERNAZIONALE	Linee guida dell'ICNIRP (International Commission on Non Ionizing Radiation Protection) del 28 aprile 1998: <i>popolazione e lavoratori (0 Hz-300 GHz)</i>
➤ RIFERIMENTO COMUNITARIO	<ul style="list-style-type: none"><li>• Raccomandazione del Consiglio dell'Unione Europea - 12 luglio 1999: <i>solo popolazione (0Hz-300 GHz)</i></li><li>• Direttiva 2004/40/ce del Parlamento Europeo e del Consiglio - 29 aprile 2004: <i>solo lavoratori (0Hz-300 GHz)</i></li></ul>
➤ LEGISLAZIONE NAZIONALE	<ul style="list-style-type: none"><li>• L. 66 del 20/3/2001: <i>disposizioni urgenti per il risanamento degli impianti radiotelevisivi</i></li><li>• L. 36 del 22/2/2001: <i>protezione della popolazione e dei lavoratori (0 Hz-300 GHz)</i></li><li>• D. Lgs. 259 dell'1/8/03: <i>codice delle comunicazioni elettroniche</i> (assorbe parzialmente, a meno delle norme urbanistiche, il D.Lgs. 198 del 4/9/2002 annullato dalla sentenza della corte costituzionale n. 330 dell'1/10/2003)</li><li>• Decreti attuativi della legge n. 36/01 pubblicati sulla G.U. n. 199 del 29 agosto 2003 e sulla G.U. n. 200 del 30 agosto 2003: <i>limiti di esposizione, valori di attenzione ed obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalla esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti e dai campi elettromagnetici generati dagli impianti per le telecomunicazioni</i></li></ul>
➤ RIFERIMENTI TECNICI	<ul style="list-style-type: none"><li>• Norma CEI 211-6 2001: <i>guida per la misura dei c.e.m. (0-10 kHz)</i></li><li>• Norma CEI 211-7 2001: <i>guida per la misura dei c.e.m. (10 kHz-300 GHz)</i></li></ul>

### 2.3 La Legge quadro n. 36/01 sulla “protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici” (G.U. n. 55 del 7/3/2001)

La Legge quadro n. 36/01 costituisce il riferimento normativo nazionale principale nella specifica materia poiché tutte le norme successive discendono o fanno riferimento a detta legge.

La norma, pur avendo un dispositivo che si discosta nettamente dalle omologhe leggi che vigono nei paesi dell'U.E. E da quelle in vigore nei paesi industrializzati, copre lo stesso range di frequenze previsto dalla normativa internazionale.

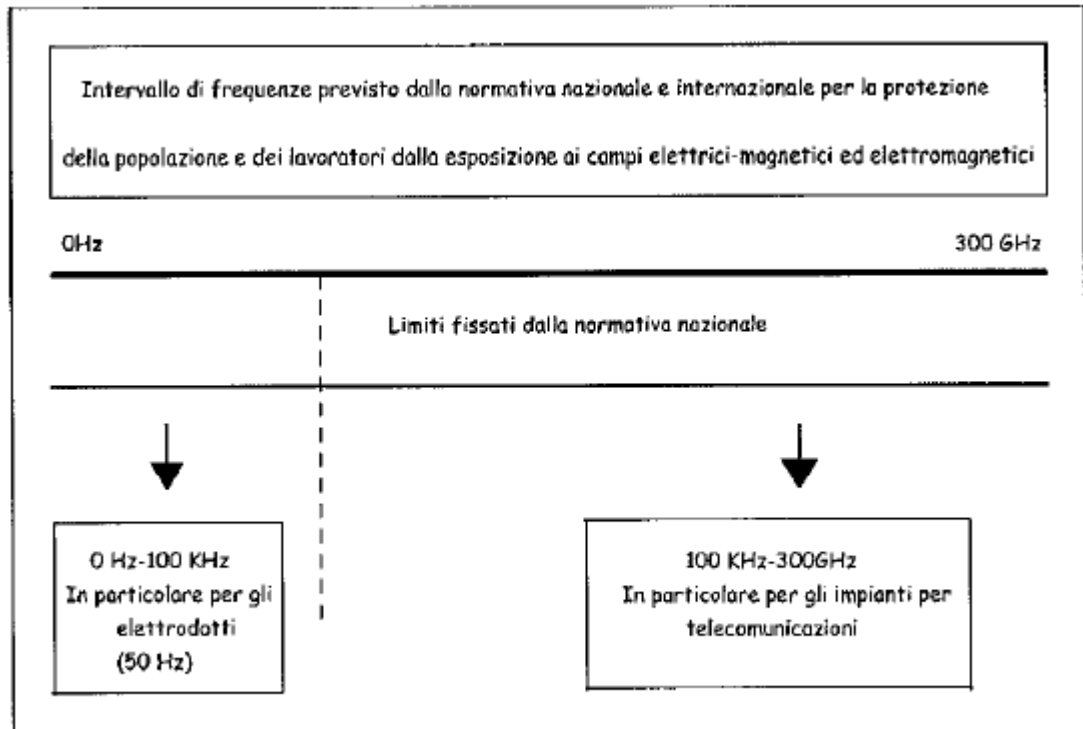


Figura 1- Campo di frequenza trattato dalla normativa

Uno degli elementi più qualificati dalla legge, è l'adozione del *principio di precauzione* per il quale la norma fornisce indicazioni puntuali sui criteri con i quali devono essere definiti i nuovi limiti a tutela della salute della popolazione e dei lavoratori dalla esposizione ai c.e.m.

A tal fine, la norma definisce i seguenti limiti enunciandone le finalità:

- *limite di esposizione*: è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, definito ai fini della tutela della salute da effetti acuti, che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione della popolazione e dei lavoratori;
- *valore di attenzione*: è il valore del campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione che non deve essere superato negli ambienti abitativi, scolastici, e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate. Esso costituisce misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine;
- *obiettivi di qualità* sono criteri localizzativi, standard urbanistici e incentivazioni per l'utilizzo delle migliori tecnologie disponibili, indicati dalle regioni; sono valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, definiti dallo stato ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione.

Su tali definizioni si possono fare alcune considerazioni. Intanto emerge che l'adozione del *principio di precauzione* trova riscontro nella definizione del *valore di attenzione* inteso come misura di cautela al fine

della protezione da possibili effetti a lungo termine. Tale impostazione è del tutto assente nella Raccomandazione del Consiglio d'Europa del luglio 1999.

Inoltre, mentre ai *limiti di esposizione* ed al *valore di attenzione* è attribuita una finalità sanitaria, gli obiettivi di qualità non hanno tale finalità ma quella del miglioramento della qualità ambientale.

Infine, particolare rilevanza assume la prescrizione contenuta nella definizione degli obiettivi di qualità per la quale è riservata solo allo Stato la competenza di fissarli in termini di valori di campo elettromagnetico.

Si sintetizzano di seguito gli elementi salienti della norma:

- *ha lo scopo di assicurare la tutela della popolazione e dei lavoratori nei confronti degli effetti dei campi elettromagnetici a breve e a lungo termine assumendo, per quest'ultimi, il principio di precauzione;*
- *ha come campo di applicazione gli elettrodotti e gli impianti per uso civile e militare che causano esposizione della popolazione e dei lavoratori ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici nell'intervallo di frequenza da 0 Hz a 300 Ghz (figura 1);*
- *introduce i limiti di esposizione e i valori di attenzione per la protezione dagli effetti a breve e a lungo termine, e gli obiettivi di qualità per la progressiva minimizzazione dell'esposizione;*
- *affida a successivi decreti D.P.C.M. (emanati nel 2003) la definizione dei limiti;*
- *prescrive il completo risanamento degli impianti radioelettrici entro due anni e degli elettrodotti entro dieci anni, stabilendo per quest'ultimi i criteri di priorità degli interventi;*
- *prevede sanzioni amministrative nei confronti dei soggetti trasgressori o inadempienti;*
- *attribuisce specifiche competenze alle Regioni, alle Province e ai Comuni in materia autorizzativa mentre affida le attività di controllo alle Agenzie regionali e provinciali per la protezione ambientale;*
- *istituisce i catasti nazionale e regionali degli elettrodotti e degli impianti emittenti;*
- *prescrive che i prodotti commerciali che generano campi elettromagnetici riportino l'indicazione dei valori di campo emessi nelle condizioni di impiego;*
- *promuove l'educazione ambientale e l'informazione per la popolazione nel settore.*

## **2.4 Aspetti normativi**

2.4.1 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici" n. 36 del 22 Febbraio 2001

La protezione dalle radiazioni è garantita in Italia dalla "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici" n. 36 del 22 Febbraio 2001, che definisce:

- *esposizione: la condizione di una persona soggetta a campi elettrici, magnetici, elettromagnetici o a correnti di contatto di origine artificiale;*
- *limite di esposizione: il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, definito ai fini della tutela della salute da effetti acuti, che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione della popolazione e dei lavoratori [...omissis...];*
- *valore di attenzione: il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, che non deve essere superato negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate [...omissis...];*
- *obiettivi di qualità: i valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, definiti dallo stato [...omissis...] ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi medesimi.*

2.4.2 D.P.C.M. 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.

Con tale D.P.C.M. vengono fissati:

- Limiti di esposizione e valori di attenzione:

- induzione magnetica non superiore a 100  $\mu\text{T}$  e campo elettrico non superiore a 5kV/m, intesi come valori efficaci. A titolo di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, 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  $\mu\text{T}$ , da intendersi come mediana dei valori nell'arco della 24 ore nelle normali condizioni di esercizio. La normativa tecnica CEI 211-6 "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz – 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana" completa il quadro normativo utilizzato per lo sviluppo della seguente relazione.

- Obiettivi di qualità:

- nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere è fissato l'obiettivo di qualità di 3  $\mu\text{T}$  per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

## 2.5 Limiti di esposizione

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  $\mu\text{T}$  per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.

## 2.6 Definizioni

Elettrodotto: è l'insieme delle linee elettriche delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione.

Per la verifica del rispetto dei limiti si utilizzano le seguenti grandezze fisiche:

- il valore efficace del campo elettrico "E", che si misura in Volt/metro [V/m];
- il valore efficace del campo magnetico "H", che si misura in Ampere/metro [A/m];
- il valore efficace dell'induzione magnetica "B", che si misura in Tesla (= weber per metro quadrato) [T (= Wb/m<sup>2</sup>)]:

la relazione tra il campo magnetico H e l'induzione magnetica B è:  $B = \mu H$ , dove  $\mu$  è la permeabilità magnetica del mezzo (per l'aria  $\mu = 1,26 \mu\text{H/m}$ ).

## 2.7 Le linee elettriche

Le linee elettriche (elettrodotti) sono utilizzate per la trasmissione e la distribuzione dell'energia elettrica. Attualmente in Italia la distribuzione dell'energia elettrica avviene principalmente attraverso due tipologie di elettrodotti:

- Linee aeree – costituite da fili conduttori tesi in aria tra sostegni (tralicci) e fissati ad essi attraverso elementi isolanti.
- Linee interrate – costituite da conduttori avvolti in appositi materiali isolanti in modo da permettere una maggiore vicinanza tra i conduttori senza il rischio di scariche.

Le due principali tipologie possono essere classificate in base alla tensione di esercizio, come di seguito riportato:

- Linee elettriche di distribuzione ad alta tensione ( AT – in prevalenza 132 – 150 kV):
- partono dalle stazioni elettriche primarie ed alimentano le grandi utenze o le cabine primarie da cui

- originano le linee di distribuzione a media tensione;
- Linee elettriche di distribuzione a media tensione (MT – in prevalenza 15 – 22 kV):
  - partono dalle cabine primarie ed alimentano le cabine secondarie e le medie utenze industriali.

## 2.8 Linee elettriche interrato a MT

Oltre a ridurre l'impatto paesaggistico i cavi interrati riducono in maniera significativa anche il campo elettrico ed il campo magnetico.

I cavi delle linee interrate sono costituiti generalmente da un conduttore cilindrico, una guaina isolante, una guaina conduttrice ed un rivestimento protettivo. In genere i cavi con tensione di esercizio di 15/22 kV vengono posizionati nel terreno ad una profondità minima di 1 metro e possono essere disposti a terna piana (in piano ad alcuni centimetri di distanza l'uno dall'altro) o a trifoglio (ai vertici di un ipotetico triangolo e quindi attaccati l'uno all'altro).

In prossimità delle linee elettriche si generano sempre un campo elettrico ed un campo magnetico a frequenza industriale (50Hz).

L'intensità del campo elettrico dipende principalmente dalla tensione della linea e aumenta al crescere della tensione.

Il valore efficace dell'intensità del campo elettrico prodotto in un punto da una linea di data tensione si mantiene costante.

Hanno influenza sul campo elettrico, oltre che la tensione, la distanza dalla linea (presenta un massimo a qualche metro di distanza dall'asse della linea e decresce man mano che ci si allontana), la distanza dei conduttori da terra e la disposizione dei conduttori.

**Nel caso di linee elettriche interrate i campi elettrici già al disopra delle linee sono insignificanti e sempre minori rispetto alle linee aeree grazie all'effetto schermante del rivestimento del cavo e del terreno.**

Il campo magnetico di una linea elettrica dipende dall'intensità della corrente che circola nei conduttori. Poiché la corrente può variare nell'arco della giornata, della settimana o dell'anno anche l'intensità del campo magnetico varia di conseguenza.

Hanno influenza sul campo magnetico oltre alla corrente anche la distanza dalla linea, la distanza dei conduttori da terra, la disposizione dei conduttori.

Il campo magnetico generato da una linea interrata si distribuisce in maniera diversa rispetto a quello generato da una linea aerea di tensione e di corrente corrispondente per diversi motivi.

In primo luogo risulta diversa la distanza minima che separa i conduttori stessi da terra (almeno 1 metro). A causa di questo risulta che il valore massimo di campo magnetico prodotto dall'elettrodotto interrato al disopra dei cavi risulta confrontabile, se non addirittura maggiore, di quello prodotto da un elettrodotto aereo di pari caratteristiche elettriche.

Tuttavia essendo diversa anche la distanza che separa i vari conduttori tra loro (pochi centimetri), si ha che, non appena ci si allontana dalla linea, i valori di campo magnetico prodotti dall'elettrodotto interrato si riducono assai più rapidamente di quelli dell'elettrodotto aereo.

### **3. TRASPORTO ENERGIA PRODOTTA**

L'energia generata e trasformata in Media Tensione sarà trasportata, per mezzo di linea in cavidotto dalla cabina di consegna dell'impianto alla stazione di consegna indicata dal Gestore della Rete di Trasporto Nazionale.

Il cavidotto seguirà preferenzialmente la viabilità podereale esistente in modo da rispettare le necessarie distanze dai centri abitati per mantenere gli effetti della induzione magnetica nei limiti consentiti dalle vigenti leggi. La progettazione esecutiva e la costruzione dell'impianto dovranno essere effettuate in osservanza delle Norme per l'esecuzione delle linee elettriche esterne di cui al regolamento di esecuzione della Legge 28.06.1986 n° 339 approvato con D.M. Del 21.03.1988 e del D.P.C.M. Del 23.09.1992 (Limiti massimi di esposizione ai campi elettrici e magnetici) e della norma CEI 11-17 inerente gli Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica in cavo.



#### **4. CARATTERISTICHE ELETTROMECHANICHE DELLA LINEA OGGETTO DI VALUTAZIONE**

L'impianto avente, sarà allacciato alla rete di Distribuzione MT di ENEL Distribuzione s.p.a. ed avrà le seguenti caratteristiche:

- Tensione nominale: 20 kV
- Frequenza: 50HZ
- Collegamento Cabina di Trasformazione – Cabina di Consegna: cavo AL 3x1x185 mmq
- Isolamento: gomma etilenpropilenica
- Profondità di interrimento del cavo:
  - su strada asfaltata pubblica: > di metri 1,00.
  - su strada sterrata o terreno agricolo: > di metri 1,00.

## 5. CAMPI ELETTRICI E CAMPI MAGNETICI A BASSA FREQUENZA (ELF)

### 5.1 Definizioni e unità di misura

Quando si parla di campi elettrici e campi elettromagnetici a bassa frequenza ci si riferisce a quei campi compresi nell'intervallo 0 Hz e 3 kHz.

In questo studio ci riferiamo ai campi a frequenza industriale generati dall'utilizzo dell'energia elettrica alla frequenza di 50 Hz: la frequenza della rete elettrica.

Sorgenti di campi ELF sono le linee elettriche per il trasporto e la distribuzione dell'energia elettrica e gli impianti per la trasformazione di tale energia nonché tutte quelle applicazioni alimentate a corrente elettrica di uso medico, industriale, civile e domestico (elettrodomestici).

I campi elettrici e magnetici a 50 Hz si comportano come due agenti fisici separati la cui presenza si fa risentire in una regione dello spazio vicino alla sorgente i cui effetti devono essere analizzati separatamente.

Il campo elettrico (E) dipende principalmente dalla tensione a cui funziona la sorgente. La sua intensità viene espressa in volt per metro (V/m).

Il campo magnetico (H) dipende principalmente dalla corrente che circola nella sorgente. La sua intensità si esprime in ampere per metro (A/m) ma è anche espressa in termini di una grandezza corrispondente l'induzione magnetica indicata con la lettera B che si misura in tesla (T) e nei suoi sottomultipli il millitesla (mT) un millesimo di tesla, il microtesla ( $\mu$ T) un milionesimo di tesla.

Inoltre si definiscono: esposizione, la condizione di una persona soggetta a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici di origine artificiale; limite di esposizione, il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore definito ai fini della tutela della salute da effetti acuti; valore di attenzione, valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, che non deve essere superato negli ambienti abitativi, scolastici, e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate; obiettivi di qualità, valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, definiti ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi medesimi.

#### 5.1.1 Calcolo del campo elettrico

Per la linea realizzata in cavo interrato la presenza dello schermo metallico, connesso a terra ambo le estremità e in configurazione "cross-bonding", permette di confinare il campo elettrico all'interno delle singole anime. Tali considerazioni giustificano lo studio delle emissioni delle linee, limitato al solo campo magnetico.

## 6. CALCOLO E VERIFICA DEI CAMPI ELF EMESSI

### 6.1 Linea MT interrata

#### 6.1.1 Generalità

I campi ELF oltre che misurati possono essere stimati attraverso l'utilizzo di programmi di calcolo per la cui applicazione è necessaria la conoscenza di alcuni dati della linea elettrica. In particolare:

- le caratteristiche geometriche della linea (diametro dei conduttori e loro reciproca posizione spaziale, distanza da terra)
- le sue caratteristiche elettriche (tensione, intensità di corrente)
- la posizione (distanza e altezza) del punto dove devono essere valutati i campi rispetto ai conduttori della linea.

**Il calcolo che segue si rifà direttamente alle indicazioni della norma CEI 211-4 “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche” pubblicata dal Comitato Elettrotecnico Italiano nel luglio 1996.**

Trascurando il calcolo di verifica del campo elettrico che, per come detto in precedenza, risulta non significativo per le linee elettriche interrate, l'algoritmo di calcolo utilizzato per il calcolo dell'induzione magnetica generata da una linea ha come punto di partenza la legge Biot-Savart che consente di calcolare in un generico punto dello spazio il valore dell'induzione magnetica B prodotta da un conduttore rettilineo percorso da una corrente I attraverso la:

$$B = \mu_0/2\pi \times (I/d) \times (u_i \times u_r)$$

Dove:

d = distanza tra il conduttore e il punto di calcolo;

( $u_i \times u_r$ ) = prodotto vettoriale dei versori che indicano il verso della corrente e della relativa normale.

Si faccia attenzione al fatto che nelle formule che seguono, l'induzione magnetica B viene misurata in microtesla ( $\mu T$ ), le correnti in ampère (A), le distanze in metri (m) e le superfici A in metri quadrati ( $m^2$ ).

Naturalmente B e I vanno intesi come valori efficaci.

Sviluppando la relazione precedente per un insieme di N conduttori rettilinei, orizzontali e paralleli fra loro, e dette ( $x_i, y_i$ ) le coordinate del conduttore i-esimo, le componenti x e y totali dell'induzione magnetica generata nel punto dello spazio (x, y) dall'intera configurazione di conduttori possono essere espresse attraverso le seguenti relazioni:

$$B_x = \mu_0/2\pi \sum I_i [(y - y_i)/((x - x_i)^2 + (y - y_i)^2)]$$

$$B_y = \mu_0/2\pi \sum I_i [(x - x_i)/((x - x_i)^2 + (y - y_i)^2)]$$

Nella verifica che segue altresì, a vantaggio delle misure di prevenzione sanitaria contro l'elettrosmog a tutela dei bambini, così come fissato dalla Circolare del Ministero dell'Ambiente 3 agosto 1999, la soglia massima di sicurezza di **0,2 microtesla ( $\mu T$ )** per l'induzione magnetica.

### **6.1.2 Condizioni di carico ed ipotesi di calcolo**

Per la trasmissione di energia elettrica interrata sono utilizzati (nella sezione di massimo carico) una fascia di cavi per media tensione. La fascia è formata da tre conduttori unipolari in alluminio ricotto non stagnato a corda rigida rotonda compatta di tipo ARG7H1R e disposti a elica visibile alla profondità minima di 1,1 m.

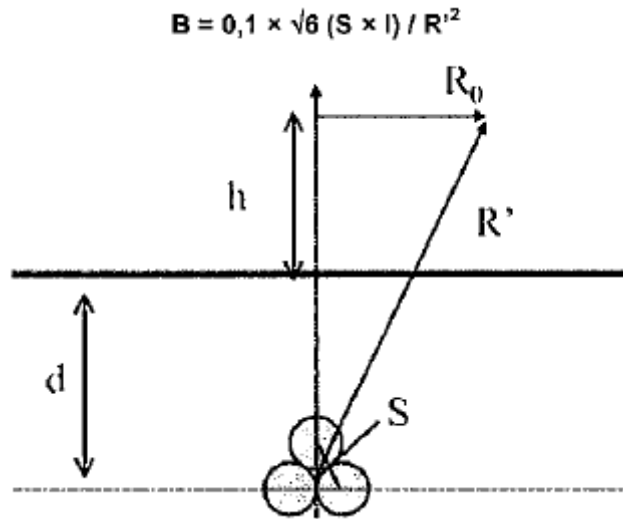
Il campo elettrico risulta ridotto in maniera significativa per l'effetto combinato dovuto alla speciale guaina schermante del cavo ed alla presenza del terreno che presenta una conducibilità elevata. La riduzione così operata del campo elettrico consente agli individui di avvicinarsi maggiormente ai conduttori stessi, i quali come già detto sono di solito interrati a pochi metri di profondità. Poiché il campo elettrico risulta ampiamente entro i limiti di legge, sia nel caso della potenza effettiva calcolata sia nel caso di potenza nominale, non verrà considerato nelle considerazioni che seguono.

La disposizione dei cavi in opera è rettilinea. La corrente nominale, intesa come somma totale dei tre conduttori risulta **I= 185 A circa**; tensione nominale **V=20 kV**;

A favore della sicurezza si considera la portata massima dei conduttori in posa interrata come da tabelle ENEL, **I = 380 A**

### 6.1.3 Risultati del calcolo e conclusioni per il cavidotto interrato

Nel caso in esame abbiamo un sistema trifase collegato a triangolo simmetrico ed equilibrato, con conduttori posati a trifoglio; la relazione per ricavare il valore del campo magnetico risulta essere:



I cavi di tipo ARG7H1R sono intrecciati ad elica in modo da minimizzare l'induzione magnetica generata.

Per il cavo utilizzato abbiamo le seguenti specifiche

- Formazione  $1 \times 185 \text{ mm}^2$
- Diametro Conduttore 16 mm.
- Diametro sull'isolante 37 mm
- Diametro esterno 37,6 mm

La distanza tra due conduttori da considerare diventa:

$$S = ([\text{diametro esterno}] - [\text{diametro conduttore}]) = (37,6 - 16) = 21,6 \text{ mm}$$

Dalla relazione precedente si verifica  $B = 3 \mu\text{T}$  alla distanza di

$$R' = 0,245 \times 21,6 \times 380 / 3 = 670 / 1000 = \sqrt{0,670} = 0,819 \text{ m}$$

Dalle relazioni precedenti si verifica  $B = 0,2 \mu\text{T}$  alla distanza di

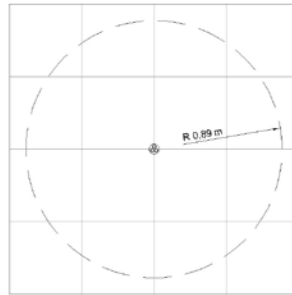
$$R' = 0,245 \times 21,6 \times 380 / 0,2 = 10054,8 / 1000 = \sqrt{10,05} = 3,17 \text{ m}$$

Come si evince, il valore di qualità indicato nella Circolare del Ministero dell'Ambiente di  $0,2 \mu\text{T}$  si raggiunge a circa 3,2 m dall'asse del cavidotto mentre, quello indicato dal D.P.C.M. 8 luglio 2003 di  $3 \mu\text{T}$  non viene mai raggiunto.

**Il cavo dovrà essere tassativamente posato in profondità minima di 1,0 m.**

A conferma di quanto sopra indicato si riporta l'estratto della "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" di ENEL Distribuzione s.p.a.

Dal quale si evince che per cavi interrati MT ad elica visibile aventi sezione 185 mmq e corrente In 380 A, la fascia di rispetto di  $B = 3 \mu T$  è di circa 0,90m



Fascia di rispetto ( $B > 3 \text{ microT}$ ) per cavo interrato MT ad elica visibile (passo d'elica 3m) - Sez. 240 - In. 440 A

Per le considerazioni sopra svolte, per le indicazioni che vengono dalla letteratura scientifica e per le risultanze di calcolo, si può affermare che il costruendo cavidotto a 20 kV darà contributi in termini di campo elettrico e di induzione magnetica che nei riguardi delle abitazioni più prossime risulteranno al di sotto dei limiti di esposizione dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità di cui al DPCM 8 luglio 2003.

In considerazione del fatto che il calcolo eseguito è relativo alla linea MT con cavo di sezione 185 mmq, si considera positiva anche la verifica sugli altri cavi MT e BT, in virtù della minor corrente transitante sulla linea esercita in Bassa Tensione rispetto alla linea di Media Tensione.

## 6.2 Cabina di trasformazione MT/BT, cabina di Consegna ENEL e valutazioni ambientali

### 6.2.1 Generalità

Attualmente non sono installati impianti in radiofrequenza.

Attualmente non sono installate linee elettriche, pertanto si possono assumere le seguenti considerazioni:

- è nullo l'impatto elettromagnetico sull'ambiente ( $< 0,05 \text{ microTesla}$  pari al rumore di fondo ambientale)
- è nullo l'impatto elettromagnetico per quanto riguarda l'esposizione umana

Si può quindi concludere che attualmente non si riscontrano problemi di "IMPATTO SANITARIO" nell'area oggetto di valutazione.

### 6.2.2 Calcolo "DPA per Linee MT e Cabine Secondarie"

In via previsionale si fa riferimento alla "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" di ENEL Distribuzione s.p.a.

Nel caso di cabine elettriche, ai sensi del § 5.2 dell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (GU n. 156 del 5 luglio 2008), la fascia di rispetto deve essere calcolata come segue:

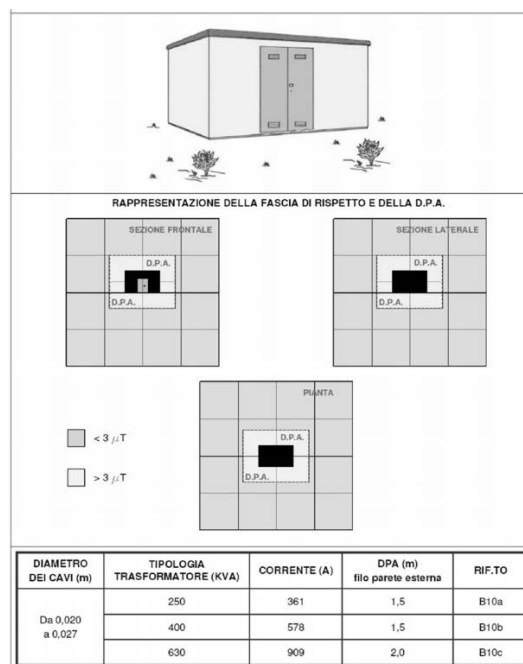
- Cabine Primarie, generalmente la DPA rientra nel perimetro dell'impianto (§ 5.2.2) in quanto non vi sono livelli di emissione sensibili oltre detto perimetro.
- Cabine Secondarie, nel caso di cabine di tipo box (con dimensioni mediamente di 4 m x 2.4 m, altezze di 2.4 m e 2.7 m ed unico trasformatore) o similari, la DPA, intesa come distanza da ciascuna delle pareti (tetto, pavimento e pareti laterali) della CS, va calcolata simulando una linea trifase, con cavi paralleli, percorsa dalla corrente nominale BT in uscita dal trasformatore (I) e con distanza tra le fasi pari al diametro reale (conduttore + isolante) del cavo (x) (§ 5.2.1) applicando la seguente relazione:

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

Per Cabine Secondarie differenti dallo standard "box" o similare sarà previsto il calcolo puntuale, da applicarsi caso per caso.

Per Cabine Secondarie di sola consegna MT la Dpa da considerare è quella della linea MT entrante/uscente; qualora sia presente anche un trasformatore e la cabina sia assimilabile ad una "box", la Dpa va calcolata con la formula di cui sopra (§ 5.2.1. del DM 29.05.08).

Nel caso di più cavi per ciascuna fase in uscita dal trasformatore va considerato il cavo unipolare di diametro



maggiore.

In via previsionale si considera il caso più sfavorevole, quindi con la presenza di un Trasformatore MT/BT 630kVA, pertanto la fascia di rispetto da considerare dovrà essere:

$$DPA = 2m$$

e in via precauzionale si dovrà considerare una distanza finale maggiorata pari a:

$$DPA = 3m$$

Considerando valide le indicazioni riportate sopra per la valutazione della DPA per la cabina di consegna, si determina ora la fascia di rispetto per le cabine di trasformazione poste all'interno del campo fotovoltaico.

Si andrà a valutare la condizione peggiorativa, ovvero dove si andrà ad installare il trasformatore da 2500 kVA e si terrà valida per le altre cabine con trasformatore di potenza inferiore. La corrente nominale sul lato BT è pari a 1806 A con tensione nominale 800 V. Al fine esclusivo del calcolo del DPA, si prevede un diametro dei cavi complessivo pari a 0,2 m, considerando l'elevato numero di cavi in parallelo che sarebbero necessari a portare la corrente nominale. Con i dati indicati sopra, la fascia di rispetto da considerare sarà:

$$DPA = 7,5 m$$

e in via precauzionale si dovrà considerare una distanza finale maggiorata pari a:

$$DPA = 8,5 m$$

## 7. CONCLUSIONI

Nelle aree intorno all'impianto in progetto è da prevedere la verifica delle fasce di rispetto nei pressi dei seguenti punti:

- Cabina di Consegna: in quanto potrebbe essere prevista una trasformazione MT/BT di potenza 250 – 630 kVA **(a cura Enel Distribuzione)**;
- Elettrodotto a Media Tensione di collegamento fra la Cabina di Trasformazione e la Cabina di Consegna: linea AI 3xlx185mmq in cavidotto interrato circa 1,0 m di profondità. **Fascia di rispetto 1 m**;
- Cabine di Trasformazione: con la costruzione del campo fotovoltaico verranno realizzate quattro nuove cabine di trasformazione. **Fascia di rispetto di circa 8,5 metri** intorno al fabbricato della cabina, che non interessa aree sensibili né frequentate normalmente per più di 4 ore al giorno.  
interessa aree sensibili né frequentate normalmente per più di 4 ore al giorno.