

## *Inquinamento elettromagnetico*

*Oggetto del presente documento è la determinazione delle fasce di rispetto per un cavidotto, secondo la disposizione del Dpcm. 08/07/03. L'obiettivo è la determinazione delle distanze dal cavidotto affinché ci sia un valore di induzione magnetica inferiore ai 3  $\mu T$ , che è l'obiettivo di qualità stabilito dal Dpcm. A tal fine ci si riferisce alla norma Cei 211-6.*

### **1. Introduzione**

Le radiazioni elettromagnetiche sono fundamentalmente suddivise in due gruppi:

- 1 – Radiazioni non ionizzanti (NIR), che hanno un'energia associata che non è sufficiente ad indurre nella materia il fenomeno della ionizzazione, ovvero non possono dare luogo alla creazione di atomi e molecole elettricamente cariche (ioni).
- 2 – Radiazioni ionizzanti, che comprendono raggi X, raggi gamma ed una parte dei raggi ultravioletti. Tali radiazioni non saranno trattate poiché non coinvolte nella tipologia di opere in questione.

La linea di soglia tra radiazioni ionizzanti e non ionizzanti è l'energia fotonica di 12 eV (necessaria a ionizzare l'atomo di idrogeno).

Il rischio elettromagnetico è legato allo sviluppo di sistemi, impianti e apparati elettrici ed elettronici, il cui trend è in continua espansione e che appunto sono sorgenti di campi elettromagnetici, modificando quello naturale (si valuta che dall'inizio del secolo il fondo elettromagnetico nelle città ha avuto un incremento superiore al milione di volte).

Questo è visto come un grave rischio ambientale, tale da giustificare l'impegno profuso della comunità scientifica nazionale e internazionale, nella complessa area di ricerca sulle interazioni bio-elettromagnetiche, la tendenza del quadro legislativo nazionale di porsi come obiettivi non solo l'imposizione di limite di esposizione per la protezione sanitaria degli effetti acuti ed

immediati, ma anche di ulteriori più bassi limiti a salvaguardia di eventuali effetti sanitari che potrebbero insorgere per esposizioni a lungo termine.

Le interazioni tra l'opera in progetto e questa componente ambientale sono essenzialmente di duplice natura. La costruzione di un parco fotovoltaico presuppone ovviamente un collegamento alla rete nazionale, necessario per trasferire l'energia generata all'interno dell'impianto stesso: questo trasporto comporta l'induzione di campi elettromagnetici lungo tale collegamento. Altro punto da considerare sono le possibili interferenze con le telecomunicazioni.

In entrambi i casi le radiazioni coinvolte sono del tipo non ionizzanti.

## **2. Normativa di riferimento**

Il D.P.C.M. 23 aprile 1992, "*limiti massimi di esposizione ai campi elettrico e magnetico generati dalla frequenza industriale nominale (50 Hz) negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno*", stabilisce i valori limite l'intensità di tali campi e fissa le distanze di rispetto degli elettrodotti da fabbricati adibiti ad abitazione o in cui sia presumibile una presenza di persone prolungata nel tempo. Tali distanze sono determinate in base alla classe di tensione delle linee elettriche e, in particolare, si ha:

### *Distanza dalla sorgente:*

Per elettrodotti a 132 kV .....10 m, misurati dal conduttore più vicino;

Per elettrodotti a 220 kV .....18 m, misurati dal conduttore più vicino;

Per elettrodotti a 380 kV .....28 m, misurati dal conduttore più vicino;

I limiti di esposizione sono così definiti:

### *Durata dell'esposizione (in ambiente esterno ed abitativo):*

"una parte significativa della giornata" ..... campo elettrico a 50 Hz massimo 5 kV/m;

"ragionevolmente limitata a poche ore"..... campo elettrico a 50 Hz massimo 10 kV/m;

"una parte significativa della giornata" ..... campo magnetico a 50 Hz massimo 100  $\mu$ T;

"ragionevolmente limitata a poche ore"..... campo magnetico a 50 Hz massimo 1000  $\mu$ T;

Il 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 delle*

*esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti*”, fissa i limiti di esposizione per la protezione della popolazione dai campi elettrici e magnetici a 50 Hz generati dagli elettrodotti, stabilisce poi un valore di attenzione e l’obiettivo di qualità per il campo magnetico.

	<b>Campo elettrico E (kV/m)</b>	<b>Induzione magnetica B (μT)</b>
<b>Limite di esposizione</b>	5	100
<b>Valore di attenzione</b>	-	10
<b>Obiettivo di qualità</b>	-	3

Il limite di esposizione è il valore massimo indicato dal legislatore che non può mai essere superato.

Il valore di attenzione per l’induzione magnetica di 10 μT si applica “ nelle aree gioco per l’infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenza non inferiori a quattro ore giornaliere”

L’obiettivo di qualità di 3 μT si applica ai nuovi elettrodotti in corrispondenza alle aree sopra indicate per permanenza non inferiori alle quattro ore giornaliere e “ nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio”. Per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti si dovrà fare riferimento all’obiettivo di qualità di 3 μT ed alla portata in corrente in corrente nominale dell’elettrodotto. L’obiettivo di qualità di 3 μT vale solo per i nuovi elettrodotti, per quelli già esistenti si applica invece il valore di attenzione di 10 μT.

Il D.P.C.M.08/07/03 abroga espressamente il D.P.C.M. 23/04/1992 ed il D.P.C.M. 28/09/1995 in quanto incompatibili con le prescrizioni del decreto stesso.

Altra legge di riferimento è la n. 4186 “*Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici*” del 14 Febbraio 2001, i cui principi fondamentali sono di tutelare la salute dei cittadini nonché dei lavoratori esposti a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici

con frequenze comprese tra 0 e 500 Hz definendone i limiti di esposizione e il valore di attenzione.

È la norma CEI 211-4 a fornire gli elementi fondamentali per la determinazione dei campi elettrici e magnetici alla frequenza industriale (50 Hz) generati da linee elettriche mediante l'uso di un modello bidimensionale. Ai fini del calcolo di tali campi, la linea viene schematizzata come un insieme di conduttori tra loro paralleli, di lunghezza infinita e disposti parallelamente al terreno.

### **3. Collegamento alla rete di trasmissione nazionale**

In merito all'aspetto relativo al collegamento elettrico alla rete di trasmissione nazionale si fa presente che i campi fotovoltaici saranno collegati con cavi interrati a 20 kV. Tali campi faranno capo ad un impianto di consegna che concentra l'energia prodotta dall'impianto e la trasforma e la consegna in rete alla Stazione di Consegna Enel.

Il campo elettromagnetico generato da un elettrodotto (cavidotto) dipende dalla corrente trasportata, cioè dalle condizioni di carico della linea che non sono costanti poiché sono legate alla richiesta di energia che varia durante le ore del giorno e i periodi dell'anno. Maggiore è l'energia richiesta, maggiore è la corrente trasportata dalle linee e quindi maggiore è il campo magnetico da esse generato.

Il campo magnetico, espresso in termini di induzione magnetica, diminuisce molto rapidamente con la distanza dalla linea. I campi elettrico e magnetico dipendono anche dal numero e dalla disposizione geometrica dei conduttori, nonché dalla distribuzione delle fasi della corrente tra i conduttori stessi.

Il campo elettrico è facilmente schermabile da parte di materiali quali legno o metalli ma anche da alberi o edifici: tra l'esterno e l'interno degli edifici si ha quindi una riduzione del campo elettrico. Il campo magnetico è difficilmente schermabile e diminuisce soltanto allontanandosi dalla linea. L'interramento delle linee permette di diminuire i valori del campo nello spazio

circostante, ed inoltre tale campo di induzione decade molto più rapidamente: già ad una distanza dall'asse del sistema di pochi metri si ha una riduzione del campo di un ordine di grandezza rispetto al valore massimo.

#### **4. Descrizione del cavidotto**

Il cavidotto si riferisce ad un impianto fotovoltaico della potenza di 10 MW che la ditta proponente NGPROJECT s.r.l. ha intenzione di installare nel territorio comunale di Sava (TA), precisamente in località "Contrada Pasano".

L'energia prodotta da ciascun sottocampo viene trasformata da bassa a media tensione per mezzo del trasformatore installato in appositi locali tecnici e quindi trasferita al quadro MT all'interno della struttura prefabbricata di dimensioni m 4,00x2,00 e altezza di 2,5 m.

I moduli fotovoltaici saranno suddivisi, in base alla reciproca vicinanza, in sottocampi; ogni modulo di ogni sottocampo sarà collegato, mediante cavidotto interrato, ad un quadro di controllo (che condividerà con ognuno dei moduli appartenenti al suo stesso sottocampo). Ognuna dei quadri di controllo sarà collegato sempre da un cavidotto ad una cabina di smistamento primaria che a sua volta sarà collegata tramite il cavidotto alla sottostazione nel punto di consegna alla RTN.

La cavidottistica sia interna che esterna all'impianto (di comando/segnalazione e di trasporto dell'energia prodotta) seguirà preferenzialmente percorsi interrati disposti lungo o ai margini della viabilità esistente o di progetto e sarà realizzata con scavi a sezione larghi da 0,80 m a 1,50 m e ad una profondità media di 1,20 m dal piano di campagna.

Il dimensionamento per la sezione dei cavi MT di collegamento degli aerogeneratori è stato effettuato sulla base delle caratteristiche dei cavi unipolari del tipo AREAH1RX 12/20kV con conduttore di rame o alluminio, per posa interrata a trifoglio con terreno avente resistività termica ( $R_t$ ) pari a 200 °C cm/W, e di un opportuno fattore di sicurezza.

Nella tabella seguente si riportano le caratteristiche tecniche e costruttive dei suddetti cavi:

Tensione di esercizio	12/20 kV
Conduttore	Corda rotonda compatta di Cu/Al
Semiconduttivo interno	Elastomerico estruso
Isolante	Mescola di gomma ad alto modulo G7-XLPE
Semiconduttivo esterno	Elastomerico estruso
Schermatura	A filo di rame rosso
Guaina	PVC (qualità Rz)
Sezione nominale	Variabile ----- mm <sup>2</sup>
Diametro conduttore	----- mm
Spessore isolante	----- mm
Diametro esterno max	40.2 mm
Peso	----- kg/km
Raggio di curvatura (min.)	----- m

## 5. Cavi

I cavi che verranno posati avranno indicativamente le seguenti caratteristiche:

Tensione	18/20 kV
Sezione	3(1 x 50) mm <sup>2</sup> a elica visibile 3(1 x 70) mm <sup>2</sup> a elica visibile 3(1 x 185) mm <sup>2</sup> a trifoglio 3(1 x 500) mm <sup>2</sup> a trifoglio
Temperatura minima di posa	+ 5°C
Raggio minimo di posa	8 diametri
Massimo tiro	3.5 kg/mm <sup>2</sup>

## 6. Condizioni di posa

I cavi saranno direttamente interrati in accordo a quanto segue:

Profondità di posa	circa 1,2 m
Configurazione	trifoglio
Trasposizione	lunghezza bobine

Il tracciato è suddiviso nelle seguenti zone:

- da sottostazione a cabina di smistamento primaria – cavo di sezione variabile da  $3(1 \times 185) \text{ mm}^2$  a  $3(1 \times 500) \text{ mm}^2$ .
- da cabina di smistamento primaria ai quadri di controllo – cavo da  $3(1 \times 70) \text{ mm}^2$
- dai quadri di controllo ad ognuno dei sottocampi – cavi di sezione variabile da  $3(1 \times 35) \text{ mm}^2$  a  $3(1 \times 50) \text{ mm}^2$ .

## 7. Calcolo delle fasce di rispetto

Il modello di calcolo previsto dalla norma Cei 211-4 è quello previsto dalla legge di Biot e Savart, il quale prevede il calcolo dell'induzione magnetica su un piano trasversale alla linea. Tale modello prevede il calcolo dell'induzione magnetica di ciascun conduttore percorso da corrente e l'applicazione del principio di sovrapposizione degli effetti per determinare l'induzione magnetica totale.

Per il calcolo si è seguito un modello approssimato, che fa ricorso ad una serie di formule approssimate, applicabili senza l'uso di software, che permettono il calcolo immediato dell'induzione magnetica ad una data distanza dal baricentro dei conduttori della linea elettrica.

La ridotta distanza tra i conduttori e la continua trasposizione delle fasi fornita dalla cordatura (ricordiamo che linee con le fasi trasposte abbattano notevolmente il campo magnetico), fa sì che l'obiettivo di qualità venga raggiunto a distanze brevissime (0,12 – 0,75 m) dall'asse del cavo.

In conclusione si può affermare con sufficiente tranquillità che l'obiettivo di qualità è rispettato in qualunque punto dell'elettrodotto.

## **8. Interferenze con le comunicazioni**

Pur non trattandosi di radiazioni emesse dall'impianto ma solo interferenze di questo con altri sistemi di onde, è opportuno, per completezza di trattazione, inserire in questa sede un sottoparagrafo riguardante le problematiche relative alle possibili interferenze dell'opera in oggetto con le telecomunicazioni.

Esse possono riguardare sia apparati di trasmissione che apparecchi riceventi. Per gli apparati riceventi domestici, la distanza oltre la quale non si rilevano disturbi è dell'ordine di qualche decina di metri.

Nel caso dei collegamenti via radio, non possono invece verificarsi interferenze anche se emettitore e ricevitore si trovano a grande distanza dal campo fotovoltaico.

In effetti, il parco fotovoltaico si comporta come un ostacolo nei confronti delle onde elettromagnetiche incidenti: fenomeni di riflessione, diffusione rendono l'installazione assimilabile ad una sorgente secondaria di emissione, la cui potenza dipende da fattori quali la forma e dimensioni dell'ostacolo in relazione alla lunghezza d'onda, proprietà dielettriche e conduttive delle strutture, posizione delle pale e della struttura rispetto alla polarizzazione delle onde incidenti.

Poiché l'impianto in funzione è statico, il comportamento di questo campo secondario generato è piuttosto prevedibile.

La presenza di un campo fotovoltaico potrebbe introdurre una seconda traiettoria di trasmissione tra trasmettitore e ricevitore, e l'entità delle interferenze dipende dal tipo di telecomunicazione.

Le trasmissioni più sensibili a questo tipo di interferenza periodica sono quelle televisive, poiché la componente video del segnale è anch'essa modulata in ampiezza. Infatti, l'interferenza si evidenzia come la sovrapposizione al segnale utile presente all'ingresso del televisore di una modulazione di



ampiezza in cui il periodo è legato all'altezza delle strutture. La degradazione dell'immagine televisiva prodotta da interferenza di moduli fotovoltaici interviene quando sia superato il valore di soglia  $m=0,15$  per la profondità di modulazione. In tali condizioni l'interferenza si manifesta con variazioni periodiche della luminosità dell'immagine o, nei peggiori dei casi, con la perdita di sincronismo o ancora, quando il ritardo tra il segnale diretto e riflesso assume valori sensibili, con la presenza di contorni sfocati o sdoppiati.

La quantificazione di questi effetti può essere effettuata per via sperimentale, controllando attraverso rilevamenti eseguiti a varie distanze dalle strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici, la qualità dell'immagine ricevuta, correlandola al livello del segnale riflesso e diffuso dalla struttura dell'impianto stesso.

## **9. Conclusioni**

Per quanto detto sopra si può affermare con sufficiente tranquillità che l'obiettivo di qualità è rispettato in qualunque punto dell'elettrodotto e che non vi è interferenza con le comunicazioni.