




Gianluca Brulloni

		<i>Elaborato</i>	<i>Verificato</i>	<i>Approvato</i>	
A	20.6.2025	103	013	093	Emissione per autorizzazione
REVISIONE	DATA	ELABORATO	VERIFICATO	APPROVATO	DESCRIZIONE
CODICE PRATICA CAPOFILA C.P. 202201461					TIPOLOGIA IMPIANTO CAPOFILA / POTENZA IN IMMISSIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO 56 MW
CAPOFILA Bondeno Srl Via Mike Bongiorno, 13 20124 - Milano Partita IVA 05496160283					LINEA 132 kV BONDENO - FERRARA NORD
INGEGNERIA & COSTRUZIONI BRULLI [trasmissione]					TITOLO RELAZIONE CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI
SCALA -	FORMATO A4	FOGLIO / DI 1 / 9		N. DOCUMENTO 5 1 6 9 0 4 A	

 <p>Reggio nell'Emilia - ITALIA</p>	<p>Progetto</p> <p>LINEA 132 kV SE BONDENO – FERRARA NORD</p> <p>Relazione campi elettrici e magnetici</p>	<p>Documento e revisione</p> <p>516904A</p> <p>2</p>
<p>SOMMARIO</p> <p>1 PREMESSA.....3</p> <p>2 QUADRO NORMATIVO4</p> <p>3 METODOLOGIA DI CALCOLO4</p> <p> 3.1 Calcolo del Campo Magnetico.....5</p> <p> 3.2 Correnti di calcolo5</p> <p> 3.3 Risultati6</p> <p>4 ANALISI DEI RICETTORI6</p> <p>5 CONCLUSIONI.....8</p>		

1 PREMESSA

L'oggetto della presente relazione è il calcolo dei campi elettrici e magnetici generati dalla realizzazione del nuovo elettrodotto 132 kV "SE Bondeno – Ferrara Nord".

Il tracciato studiato per la realizzazione dell'elettrodotto 132 kV SE Bondeno – Ferrara Nord è localizzato nei Comuni di Bondeno, Vigarano Mainarda e Ferrara in Provincia di Ferrara.

L'attività in oggetto verrà realizzata nell'ambito del progetto di connessione a 36 kV dell'impianto fotovoltaico della società Renvalue Srl alla futura Stazione Elettrica RTN 132/36 kV Bondeno (CP 202201461). In particolare, alla futura SE 132/36 kV Bondeno verranno ricollegate le linee RTN a 132 kV "Finale Emilia – Bondeno", "Bondeno – Ferrara Cassana" e "Bondeno – Pilastresi All.", oggi afferenti alla Cabina Primaria di Bondeno, previo:

- potenziamento/rifacimento della linea RTN a 132 kV "Bondeno – Finale Emilia";
- realizzazione di un nuovo elettrodotto RTN a 132 kV tra la nuova SE suddetta e la futura sezione a 132 kV dell'esistente SE RTN a 380 kV denominata "Ferrara Nord";
- realizzazione dei nuovi elettrodotti a 132 kV "Ferrara Cassana – Ferrara Nord" e "Ferrara Nord – Ferrara ZI".

La presente relazione riguarda solamente il nuovo elettrodotto RTN a 132 kV tra la nuova SE Bondeno e la futura sezione a 132 kV dell'esistente SE RTN a 380 kV denominata "Ferrara Nord", prevista dall'intervento 318-P del Piano di Sviluppo Terna con target di portata estiva minima di 600 A.

Il nuovo elettrodotto 132 kV "SE Bondeno – Ferrara Nord" verrà realizzato in palificata a semplice terna ed armato con conduttore del tipo ACSR $\phi 31,5$ mm.

Come da unificazione Terna il franco minimo sarà non inferiore ai 10 metri, comunque superiore a quello previsto della normativa vigente.

Nelle immagini seguenti riportiamo l'ortofoto con l'inquadramento della linea in progetto.



Figura 1 Inquadramento linea 132 kV in progetto

2 QUADRO NORMATIVO

La normativa che regola l'esposizione della popolazione a campi elettromagnetici risale ai primi anni '90. La prima legge emanata, ora abrogata, è il DPCM 23 Aprile 1992 "Limiti massimi di esposizione ai campi elettrico e magnetico generati alla frequenza industriale nominale (50 Hz) negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno": tale normativa fissava la distanza da mantenersi dagli elettrodotti aerei e i valori massimi di esposizione per la popolazione. Con il crescente interesse da parte della popolazione per la tematica in oggetto, è stata avvertita la necessità di una regolamentazione più dettagliata dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici, cui ha fatto seguito l'emanazione di numerose leggi regionali e della legge quadro nazionale. In particolare, la Legge Quadro No. 36 del 22 Febbraio 2001 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici" ha lo scopo di assicurare la tutela della salute dei lavoratori, delle lavoratrici e della popolazione dagli effetti dell'esposizione a determinati livelli di campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici e di assicurare la tutela dell'ambiente e del paesaggio promuovendo l'innovazione tecnologica. Con i successivi decreti attuativi, DPCM 8 Luglio 2003, sono stati fissati i livelli di esposizione, di attenzione e l'obiettivo di qualità da rispettarsi al fine della tutela della salute della popolazione.

Nella Tabella 1 si riporta valori fissati come limite di esposizione, valore di attenzione e obiettivo di qualità per campi elettrici e magnetici prodotti alla frequenza di rete (50 Hz) connessi al funzionamento e all'esercizio degli elettrodotti.

	Campo magnetico (μT)	Campo elettrico (V/m)	NOTE
Limite di esposizione	100	5.000	-
Valore di attenzione	10	-	Da verificarsi in luoghi adibiti a permanenza non inferiore alle 4 ore
Obiettivo di qualità	3	-	

Tabella 1 – Valori come da normativa in vigore

Con il DM del 29 Maggio 2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti" viene approvata la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti, in relazione a quanto previsto dal DPCM 8 Luglio 2003: uno degli scopi è la regolamentazione delle nuove installazioni e/o nuovi insediamenti presso elettrodotti o edifici esistenti.

A tal fine occorre approntare i corretti strumenti di pianificazione territoriale come la previsione di fasce di rispetto, calcolate sulla base di parametri certi e stabili nel lungo periodo. Le fasce di rispetto sono infatti definite come *"lo spazio circostante un elettrodotto, che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità: all'interno delle fasce di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale scolastico sanitario ovvero ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore giorno"*.

Tali fasce di rispetto sono variabili in funzione ai dati caratteristici di ogni tratta o campata considerata in relazione ai dati caratteristici della stessa. Al fine di facilitare la gestione territoriale è stato introdotto il concetto di **Distanza di Prima Approssimazione (DPA)** quale: *"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"*.

La metodologia definita si applica alle linee elettriche aeree e interrate, esistenti o in progetto, con esclusione delle linee a media tensione in cavo cordato ad elica, siano esse interrate o aeree, in quanto in questi casi le fasce associabili hanno ampiezza ridotta, inferiore alle distanze previste dal Decreto Interministeriale 21 Marzo 1988, No. 449 e del DMLLPP del 16 Gennaio 1991. Nella normativa viene specificato inoltre che, per le stazioni e cabine primarie, la DPA - e quindi la fascia di rispetto - solitamente rientrano nei confini dell'area di pertinenza dell'impianto stesso. Comunque, nel caso l'autorità competente lo ritenga necessario, dovranno essere calcolate le fasce di rispetto relativamente agli elementi perimetrali (es. portali, sbarre, ecc.).

3 METODOLOGIA DI CALCOLO

La rete elettrica nazionale, di cui l'elettrodotto in progetto 132 kV "SE Bondeno – Ferrara Nord" farà parte, è esercita alla frequenza di 50 Hz. A questa frequenza i campi elettrici e magnetici generati dagli elementi attivi sono due fenomeni distinti, il primo proporzionale alla tensione degli stessi, mentre il secondo proporzionale alla corrente che vi circola.

Anche i limiti applicabili per la tutela della salute della popolazione per questi due fenomeni sono molto differenti: per il campo elettrico è previsto il solo rispetto del limite di esposizione, mentre per il campo magnetico è previsto anche il rispetto di un valore di qualità, per luoghi in cui è prevista la permanenza per un tempo superiore alle 4 ore/giorno. È possibile, pertanto, analizzare distintamente i due aspetti.

In base alle “Linee Guida per l’applicazione del punto 5.1.3 dell’allegato al DM 29/05/2008” elaborate da Enel, non è necessario effettuare il calcolo dei livelli di campo elettrico per tensioni inferiori o uguali a 150 kV in quanto dette linee guida specificano che “a valle di misure e valutazioni effettuate sulle proprie linee elettriche il campo elettrico al suolo in prossimità di elettrodotti a tensione uguale o inferiore a 150 kV non supera mai il limite di esposizione per la popolazione pari a 5 kV/m”.

3.1 Calcolo del Campo Magnetico

Al fine di stimare il campo magnetico prodotto dagli elettrodotti in oggetto, per determinare le DPA da applicare, si è effettuato il calcolo teorico in considerazione di quanto previsto dal Decreto Ministeriale 29/05/2008, utilizzando la portata come da dati forniti dai costruttori di conduttori ad alta temperatura e come definita dalla norma CEI 11-60 come descritto nel capitolo seguente.

Il calcolo del campo magnetico è stato effettuato utilizzando il software Magic di BESHielding. Il software permette di calcolare i campi magnetici generati da sorgenti di tipo elettrico, quali trasformatori, sistemi di linee elettriche, stazioni, cabine elettriche, buche giunti, blindosbarre e impianti elettrici. Il software permette la determinazione delle fasce di rispetto per linee elettriche e cabine elettriche, secondo quanto previsto dalla Legge Quadro No. 36/2001 (esposizione ai campi magnetici della popolazione) e dal D.lgs. No. 81/08 (valutazione dei rischi in ambiente lavorativo). Il software permette inoltre di studiare le singole sorgenti (linee elettriche, cavi, sistemi multiconduttori, trasformatori) mediante configurazioni bidimensionali e tridimensionali attraverso l'integrazione della legge di Biot-Savart o lo studio di sistemi complessi, tenendo conto della tridimensionalità delle sorgenti, della loro reale posizione e della sovrapposizione degli effetti delle diverse componenti.

Al fine di calcolare le DPA da applicarsi alla linea in progetto è stato individuato un sostegno tipo tra quelli che si prevede di installare, in particolare è stato considerato il sostegno che presenta la disposizione delle fasi con conduttori più distanti, il quale comporta un valore maggiore del campo magnetico prodotto.

Sovrapponendo le DPA così calcolate con ortofoto e catasto è stata valutata l'eventuale presenza di ricettori sensibili in prossimità della linea.

3.2 Correnti di calcolo

Nel calcolo si è considerata la corrente corrispondente alla portata in servizio normale della linea definita dalla norma CEI 11-60 per conduttori con diametro 31,5 mm, conformemente al disposto del D.P.C.M. 08/07/2003, come indicato nella seguente tabella:

Tensione nominale della linea	Zona A		Zona B	
kV	Periodo C	Periodo F	Periodo C	Periodo F
132+150	620	870	575	675

Tabella 2 – Portate in corrente del conduttore di riferimento

L'elettrodotto in oggetto è localizzato in provincia di Ferrara, quindi si colloca in zona B.

La norma CEI 11-60 prevede che le portate di progetto “standard” definite al punto 3.1 e riportate nella Tabella 2, possano essere variate applicando dei fattori correttivi in base alle reali condizioni di progetto delle linee. In particolare, la norma prevede tre condizioni in cui occorre applicare fattori correttivi al calcolo della corrente:

- quando il parametro di posa è diverso da quello del conduttore di riferimento;
- quando esiste uno squilibrio effettivo tra le campate;
- quando il progetto dell'elettrodotto venga realizzato tenendo conto di franchi maggiorati.

Il progetto è realizzato tenendo conto – per la verifica delle altezze al suolo e delle distanze di rispetto – di una temperatura maggiore di quella prevista per la norma CEI 11-60 e dal DM 21 Marzo 1988, questo comporta la verifica dell'elettrodotto con franchi maggiorati e quindi le correnti che transitano sulla linea in periodo freddo, considerando la portata target di 600 A in periodo caldo, divengono le seguenti:

Tensione nominale della linea	Zona B	
kV	Periodo C	Periodo F
132÷150	600	700

Tabella 3 – Portate in corrente maggiorate

Nel caso in progetto, secondo quanto stabilito dalla norma CEI 11-6, considerano i franchi maggiorati si ottiene una corrente di progetto nel periodo freddo pari a **700 A**, relativa alla portata target di 600 A nel periodo estivo.

3.3 Risultati

I valori di campo magnetico generati dall'elettrodotto sono calcolati al fine di definire le ampiezze delle Distanze di Prima Approssimazione da applicarsi dall'asse dell'elettrodotto. Tali valori sono desunti utilizzando le correnti come descritto nel capitolo precedente. Al fine del calcolo del campo magnetico è stata scelta cautelativamente la configurazione dei pali peggiore al fine del calcolo delle DPA (disposizione delle fasi con conduttori più distanti).

Per l'intera tratta dell'elettrodotto è stato considerato, cautelativamente, l'inserimento del sostegno E.

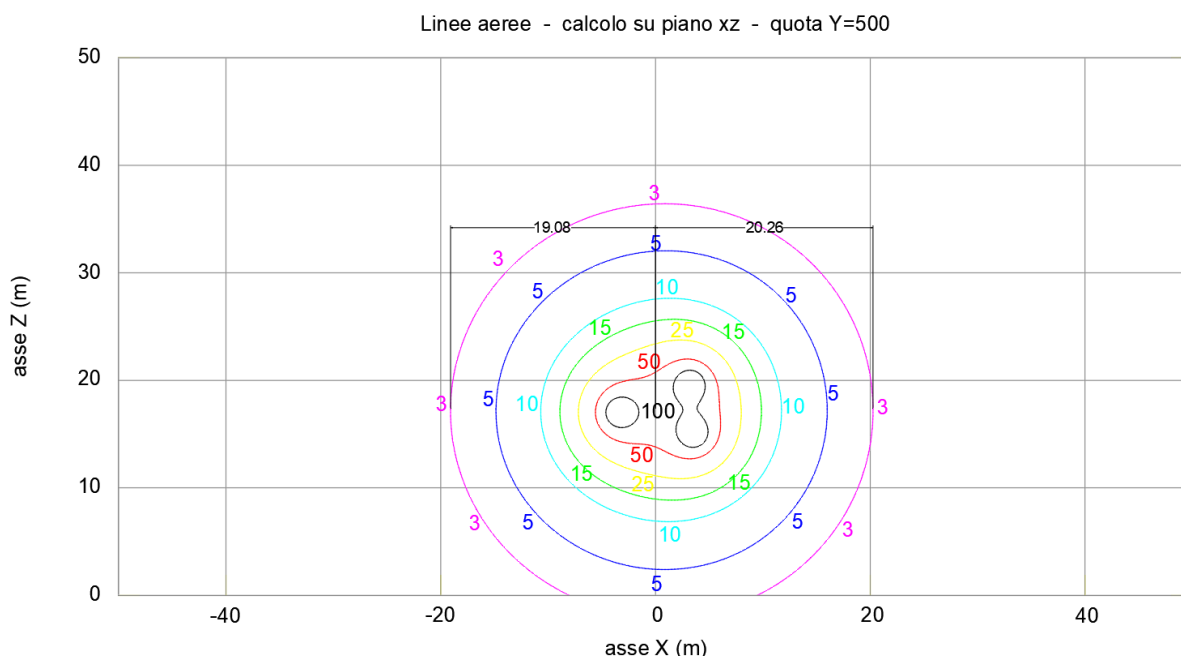


Figura 2 - Curve di isolivello del campo magnetico

Dal grafico in Figura 4 si evince che dal lato della doppia mensola il valore di $3 \mu\text{T}$ si raggiunge ad una distanza di 20,26 m dall'asse del traliccio e 19,08 m dal lato della mensola singola. Arrotondando al primo intero la DPA da applicarsi risulta pertanto pari a **21 metri**.

4 ANALISI DEI RICETTORI

La corretta progettazione della linea comporta il rispetto delle DPA in prossimità di tutti i ricettori sensibili presenti sul tracciato. Si è proceduto pertanto a sovrapporre il tracciato della linea con le rispettive DPA, come precedentemente calcolate su ortofoto. Dalla comparazione tra DPA, ortofoto e catasto sono stati individuati i ricettori più prossimi alla linea stessa ed è stato verificato il rispetto del valore di qualità.

Nelle schede seguenti riportiamo l'analisi dei ricettori più prossimi alle DPA per come cautelativamente calcolate.

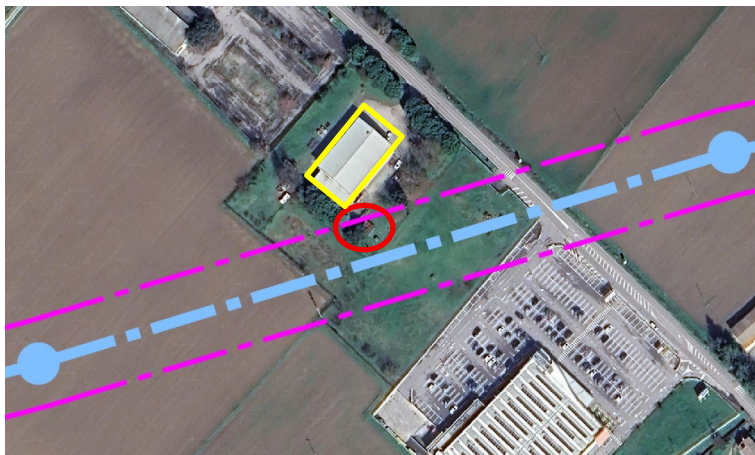
CARATTERISTICHE RICETTORE

ID	1	edificio
CAMPATA		aerea
COMUNE	(FE)	Bondeno
PARTICELLE	Foglio	162
	Particella	99
DESTINAZIONE D'USO CATASTALE	A03 D10	Abitazione di tipo economico e fabbricato rurale ad uso strumentale
COORDINATE	WGS84	44°52'20.71"N 11°25'5.21"E
QUOTA	mslm	9
DISTANZA ASSE LINEA	m	23
INDUZIONE MAGNETICA	μT	1,583



CARATTERISTICHE RICETTORE

ID	2	edificio
CAMPATA		aerea
COMUNE	(FE)	Bondeno
PARTICELLE	Foglio	163
	Particella	346
DESTINAZIONE D'USO CATASTALE	A10 C01 C03	Uffici e studi privati, negozi e botteghe e laboratori per arti e mestieri, impianti per lavaggio auto
COORDINATE	WGS84	44°52'22.13"N 11°26'14.08"E
QUOTA	mslm	14
DISTANZA ASSE LINEA	m	26,8
INDUZIONE MAGNETICA	μ T	1,407



N.B. Da sopralluogo si è potuto constatare che, l'edificio evidenziato nel cerchio rosso non risulta adibito a permanenza superiore alle 4 ore giornaliere. L'analisi è stata condotta per l'edificio evidenziato con il rettangolo giallo.

5 CONCLUSIONI

Il DPCM 8 Luglio 2003 fissa i limiti di esposizione per la popolazione ai campi elettrici e magnetici generati da elettrodotti alla frequenza di rete (50Hz). Tali limiti sono pari a 100 μ T, 10 μ T e 3 μ T rispettivamente come limite di esposizione, valore di attenzione e obiettivo di qualità: gli ultimi due sono validi per esposizioni superiori alle 4 ore / giorno. In base alla definizione del DM del 29 Maggio 2008, occorre applicare la DPA alle stazioni elettriche, alle cabine primarie e secondarie e agli elettrodotti ad esse collegati.

I calcoli effettuati in base a quanto stabilito dal DM 29/05/2008 e dalle Linee Guida per l'applicazione del punto 5.1.3 dell'allegato al DM 29/05/2008, hanno permesso di determinare la ampiezza della Distanza di Prima Approssimazione pari rispettivamente a 21 metri da applicare al nuovo elettrodotto. Si osserva che il tracciato dell'elettrodotto è posto ad almeno 27 metri dal primo recettore sensibile, considerando anche, tra i ricettori più prossimi abitazioni diroccate, ma non i ricoveri per gli attrezzi.

Allegato 1: Documento di Validazione