

RELAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI

IMPIANTO DI PRODUZIONE DA FONTE SOLARE "VIGARANO MAINARDA" DA INSTALLARE NEL COMUNE DI VIGARANO MAINARDA (FE)

00	11/2025	Prima emissione	MP	RM	RC
REV	DATA	DESCRIZIONE	BY	CHK	APP

"Il presente documento è di proprietà di Grid Shape s.r.l. – via Quattro Novembre, 2 – 35123 Padova (Italia). Tutti i diritti su questo documento, sulle immagini, sui disegni e sui testi sono riservati. È severamente vietato cedere, copiare, utilizzare e/o divulgare il presente documento e/o il suo contenuto a terzi. I trasgressori verranno perseguiti"

Sommario

1	Dati generali di progetto	3
1.1	Documenti di riferimento.....	4
2	Normativa di riferimento	5
2.1	Definizioni.....	5
2.2	Obiettivi di qualità.....	6
3	Descrizione dell'impianto	7
4	Calcolo dei campi elettromagnetici: elementi interni all'impianto	8
4.1	Valutazione preventiva dei campi elettrici.....	8
4.2	Analisi del caso studio.....	8
4.2.1	Moduli fotovoltaici.....	8
4.2.2	Inverter	8
4.2.3	Cabine di trasformazione 0.8 / 36 kV	8
4.3	Cabina di raccolta 36 kV.....	9
5	Cavidotto interrato a 36 kV di connessione alla Stazione Elettrica "Bondeno"	10
6	Conclusioni.....	12

1 Dati generali di progetto

Ubicazione	
Regione	Emilia-Romagna
Provincia	Ferrara
Comune	Vigarano Mainarda
Riferimenti Catastali	Fg.24 Mp. 10 – 11 – 12 – 13 – 14 – 16 – 17 – 21 – 25 – 26 – 27 – 28 – 29 – 30 – 31 – 32 – 41 – 42 – 46 – 54 – 73 – 76 – 77 – 78 – 79 – 81 – 82 – 83 – 93 – 94 – 97 – 98 – 99 – 100 – 101 – 102 – 103 – 106 – 107 – 108 – 109 – 110 – 111 – 115 – 116 – 118 – 119 – 120 – 126 – 127 – 128 – 135 – 136 – 137 – 138 – 139 – 143 – 144 – 149 – 150 – 151 – 155 – 173 – 174 – 176 – 178 – 180 – 182 – 184 – 186
Area disponibile	51,80 ha
Società proponente	
Ragione Sociale	EPSILON TORO SRL
C.F. / P.iva	12032510963
Pec	epsilontorosrl@lamiapec.it
Indirizzo Sede Legale	Via Bernina 7 – 20158 – MILANO (MI)
Grandezze principali di impianto	
Potenza DC/Potenza nominale	26.127,36 kWp /22.500 kW
Potenza AC di connessione	22.000,00 kW
Componenti principali di impianto	
Cabina di Raccolta	n.1 cabina con quadri di raccolta a 36 kV
Cabine di trasformazione	n.1 skid di trasformazione 3,3 MW n.7 skid di trasformazione 6,6 MW
Inverter di stringa	n. 75 inverter 300 kW
Moduli	n. 40824 moduli Bifacial Canadian Solar 640W
Tracker	Monoassiali 1P
Opere di connessione alla rete	
Tensione di connessione	36kV – Alta tensione
Gestore di rete	Terna spa
Cod. pratica	202406926

1.1 Documenti di riferimento

A completamento si faccia riferimento ai seguenti elaborati:

- 1029-PAUR-R02-00 Relazione tecnica
- 1029-PAUR-D15-00 Layout di impianto
- 1029-PAUR-D16-00 Planimetria cavidotti di campo
- 1029-PAUR-D17-00 Sezione cavidotti

2 Normativa di riferimento

La normativa che si occupa di tutelare la popolazione dall'esposizione ai campi elettromagnetici, disciplina separatamente le alte frequenze (impianti radiotelevisivi, stazioni radio base, ponti radio) e le basse frequenze (elettrorodotti). Le leggi di riferimento nella presente valutazione sono:

- Legge Quadro n.36 del 22 febbraio 2001 “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”.
- DPCM (Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri) 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 elettrorodotti”.
- DPCM (Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri) 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, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz”.
- D.Lgs 9 aprile 2008, n. 81 “Attuazione dell'art. 1 della Legge 3 agosto 2007, n.123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro” e s.m.i..

2.1 Definizioni

Valgono le seguenti definizioni:

- Esposizione: è la condizione di una persona soggetta a campi elettrici, magnetici, elettromagnetici, o a correnti di contatto, di origine artificiale;
- 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 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;
- Elettrorodotto: Insieme delle linee elettriche, delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione;
- Esposizione dei lavoratori e delle lavoratrici: è ogni tipo di esposizione dei lavoratori e delle lavoratrici che, per la loro specifica attività lavorativa, sono esposti a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici;
- Esposizione della popolazione: è ogni tipo di esposizione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici ad eccezione dell'esposizione di cui alla lettera f) e di quella intenzionale per scopi diagnostici o terapeutici;
- Corrente: Valore efficace dell'intensità di corrente elettrica;
- Portata in corrente in servizio normale: Corrente che può essere sopportata da un conduttore per il 100% del tempo con limiti accettabili del rischio di scarica sugli oggetti mobili e sulle opere attraversate e dell'invecchiamento. Essa è definita nella norma CEI 11-60 par. 2.6 e sue successive modifiche e integrazioni;
- Portata in regime permanente: Massimo valore della corrente che, in regime permanente e in condizioni specificate, il conduttore può trasmettere senza che la sua temperatura superi un valore specificato (secondo CEI 11-17 par. 1.2.05);
- Fascia di rispetto: Spazio circostante un elettrorodotto, 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;

- Distanza di prima approssimazione (DPA): 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. 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.”

2.2 Obiettivi di qualità

Gli obiettivi di qualità sono:

1. I criteri localizzativi, gli standard urbanistici, le prescrizioni e le incentivazioni per l'utilizzo delle migliori tecnologie disponibili indicati dalle leggi regionali;
2. I valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico definiti dallo Stato ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi medesimi.

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

3. i limiti di esposizione del campo elettrico (5 kV/m) e del campo magnetico (100µT) come valori efficaci, per la protezione da possibili effetti a breve termine;
4. 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).

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.

3 Descrizione dell'impianto

L'impianto in oggetto è di tipo grid-connected e la modalità di connessione è in "Trifase in media tensione", con potenza complessiva pari a **26.127,36 kWp**.

Il generatore fotovoltaico (dal punto di vista elettrico) è costituito:

- Potenza di picco del campo: 26.127,36 kWp;
- N. totale di pannelli FTV: 40824 da 640 Wp;
- N. totale stringhe: 1458
 - o 648 tracker da 56 (=2 stringhe)
 - o 162 tracker da 28 (=1 stringa)
- N. totale inverter di stringa: 75;
- 1 Skid di trasformazione da 6600 kVA;
- 7 Skid di trasformazione da 3300 kVA;
- 1 Cabina di raccolta a 36 kV;

L'impianto sarà collegato tramite un nuovo elettrodotto in cavo interrato in antenna a 36 kV alla nuova Stazione Elettrica (SE) della Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) a 132/36 kV a cui verranno ricollegate le linee RTN a 132 kV "Finale Emilia – Bondeno", "Bondeno – Ferrara Cassana" e "Bondeno Pilastresi All.", previo:

- potenziamento/rifacimento delle direttrici RTN a 132 kV "Bondeno – Finale Emilia", "Bondeno – Ferrara Cassana – Ferrara ZI"
- 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", prevista dall'intervento 318-P del Piano di Sviluppo Terna
- realizzazione dell'intervento 318-P del Piano di Sviluppo Terna

Ai sensi dell'art.21 dell'allegato A alla deliberazione Arg/elt/99/08 e s.m.i. dell'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente, il nuovo elettrodotto in cavo interrato a 36 kV per il collegamento dell'impianto alla Stazione Elettrica della RTN costituisce impianto di utenza per la connessione, mentre lo stallo arrivo produttore a 36 kV nella suddetta stazione costituisce impianto di rete per la connessione.

4 Calcolo dei campi elettromagnetici: elementi interni all'impianto

L'intero impianto fotovoltaico è esercito, nella sua sezione AC, alla frequenza di 50 Hz. A tale frequenza i campi elettrici e magnetici prodotti dagli elementi in tensione e percorsi da correnti, sono fenomeni distinti; il primo è proporzionale alla tensione elettrica, mentre il secondo è proporzionale alla corrente circolante. Entrambi i campi decrescono molto rapidamente con la distanza.

4.1 Valutazione preventiva dei campi elettrici

La massima tensione elettrica all'interno dell'impianto fotovoltaico e per il cavidotto di collegamento alla Stazione Elettrica della RTN "Bondeno" è di 36 kV. I campi elettrici sono schermati dal suolo, dalle recinzioni, dalle murature del fabbricato, dalle strutture metalliche porta moduli, dalle guaine metalliche dei cavi di alta tensione, ecc., in maniera estremamente efficace a questo livello di tensione; pertanto, **si può trascurare completamente la valutazione dei campi elettrici.**

4.2 Analisi del caso studio

Per quanto riguarda l'impianto fotovoltaico in oggetto, sono da analizzarsi i campi elettromagnetici prodotti dalle seguenti sorgenti:

- La cabina di raccolta cavi a 30 kV
- Le cabine di trasformazione (Skid)
- I cavi

4.2.1 Moduli fotovoltaici

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

4.2.2 Inverter

Gli inverter sono apparecchiature che al loro interno utilizzano un trasformatore ad alta frequenza per ridurre le perdite di conversione. Essi, pertanto, sono costituiti per loro natura da componenti elettronici operanti ad alte frequenze. D'altro canto, il legislatore ha previsto che tali macchine, prima di essere immesse sul mercato, possiedano le necessarie certificazioni a garantirne sia l'immunità dai disturbi elettromagnetici esterni, sia le ridotte emissioni per minimizzarne l'interferenza elettromagnetica con altre apparecchiature elettroniche posizionate nelle vicinanze o con la rete elettrica stessa (via cavo).

4.2.3 Cabine di trasformazione 0.8 / 36 kV

In base al DM del MATTM del 29.05.2008, cap.5.2.1, l'ampiezza delle DPA viene intesa come distanza da ciascuna delle pareti (tetto, pavimento e pareti laterali) del container, e 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:

$$DPA = 0.40942 x^{0.5241} \sqrt{I}$$

dove

- I è la corrente nominale (lato BT) del trasformatore [A]
- x è il diametro reale (conduttore + isolante) dei cavi in uscita dal trasformatore – lato BT [m]

I cavi in uscita (lato BT) dalle cabine di trasformazione saranno di tipo XZ1(S) 1,8/3 kV di sezione 300/400 mmq, sempre in configurazione a singolo cavo per fase. Assumendo cautelativamente una sezione di 400 mmq, il corrispondente diametro esterno del cavo è pari a 32 mm.

Le cabine di trasformazione containerizzate adottate in impianto prevedono trasformatori di tipo ONAN di taglia pari a 3300 kVA o 6600 kVA; di conseguenza, considerando cautelativamente il valore di DPA corrispondente alle cabine di potenza nominale pari a 6600 kVA, si ottiene una corrente nominale lato BT

$$I = 4763,14 \text{ A}$$

Considerato il valore di $x = 0.032 \text{ m}$, la DPA risultante è pari a

$$DPA = 0.40942 \cdot 0,032^{0.5241} \cdot \sqrt{4763,14} = 4,652 \text{ m}$$

Arrotondando al mezzo metro superiore, come suggerito al paragrafo 5.2.1 del succitato DM, risulta una DPA pari a **5 m**.

4.2.4 Cabina di raccolta 36 kV

Le cabine di raccolta saranno costituite da box prefabbricati, per la determinazione della Distanza di Prima Approssimazione si può fare riferimento alla linea guida Enel “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” da cui all’All. B si desume che per una cabina di questo tipo **la DPA è di 2 m**.

5 Cavidotto interrato a 36 kV di connessione alla Stazione Elettrica “Bondeno”

La connessione tra la cabina di raccolta a 36 kV interna all’impianto e la Stazione Elettrica “Bondeno” della RTN avverrà per mezzo di un cavidotto interrato a 36 kV con profondità di posa pari a 1,2 metri e sezione 630 mmq.

Le caratteristiche del cavidotto sono riportate di seguito:

- Tipologia cavi: 20.8/36 kV (N)A2XS(F)2Y da 630 mmq di sezione
- Profondità di posa: 120 cm
- Corrente massima: 700 A (RMS)

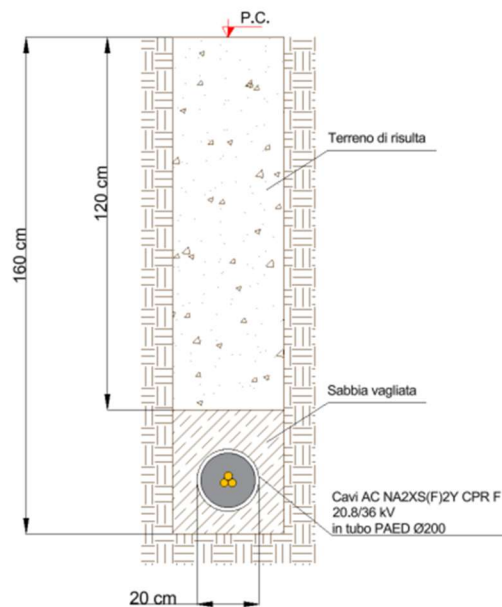


Figura 5-1: Sezione di posa per cavidotto 36 kV di collegamento tra impianto agrivoltaico e Stazione Elettrica

Le simulazioni relative al calcolo dell’intensità del campo magnetico sono state elaborate con il software “FEMM” (Finite Element Method Magnetics) v4.2 sviluppato da David Meeker, utilizzando modelli di calcolo basati sul metodo standardizzato dal Comitato Elettrotecnico Italiano Norma CEI 211-4/1996.

I risultati della simulazione sono esposti nelle immagini sottostanti.

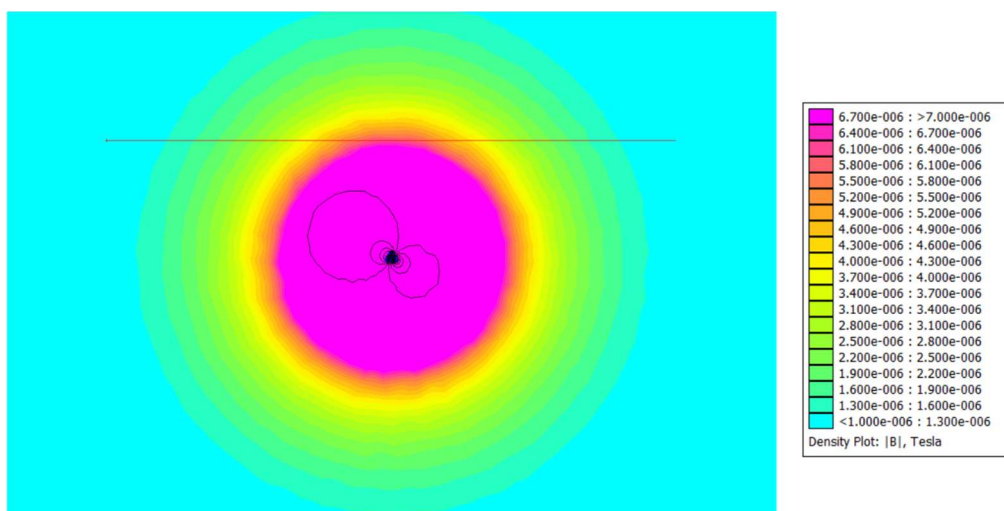


Figura 5-2: Valutazione intensità induzione magnetica tramite software FEMM. La linea rossa rappresenta il piano del suolo.

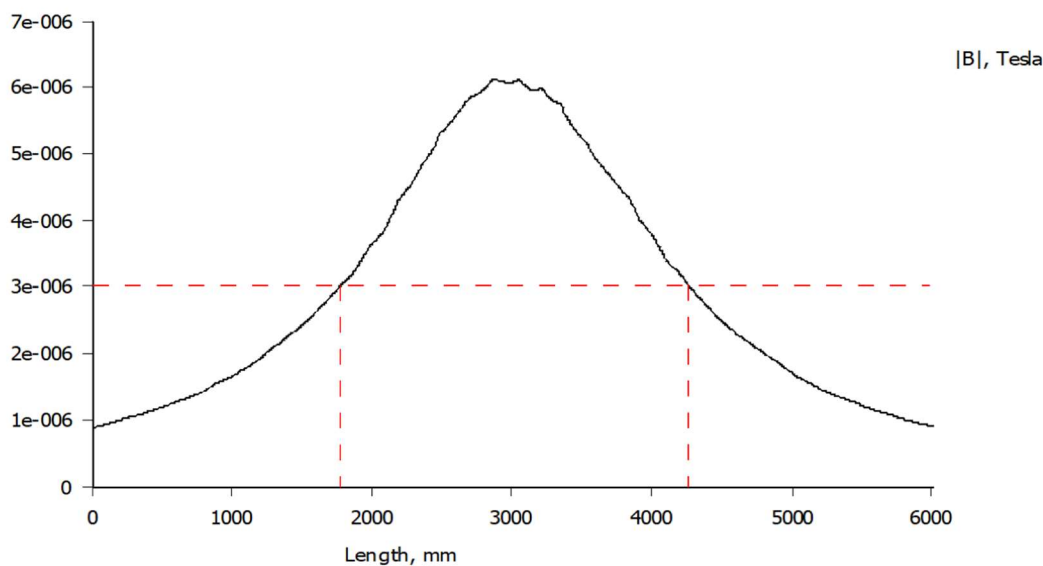


Figura 5-3: Andamento dell'intensità dell'induzione magnetica al suolo. Il cavidotto è posto in corrispondenza dell'ascissa $x = 3000 \text{ mm}$.

Dall'analisi dei risultati emerge che il limite di induzione magnetica di 3 microTesla viene superato al suolo per una fascia di larghezza pari a 2,51 m.

Conseguentemente si assume una DPA pari a **2 + 2 m**.

6 Conclusioni

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".

Sulla base delle analisi condotte e dei risultati emersi si identificano

- Per gli elementi interni all'impianto fotovoltaico
 - DPA pari a **5 m** dalle pareti esterne delle cabine di trasformazione
 - DPA pari a **2 m** dalle pareti esterne della cabina con quadri di raccolta a 36 kV
- Per il cavidotto a 36 kV di collegamento tra l'impianto fotovoltaico e la Stazione Elettrica "Bondeno"
 - DPA pari a **2 + 2 m**

Dal calcolo delle DPA dei vari componenti elettrici in progetto per l'impianto fotovoltaico e considerata la loro ubicazione presentata nelle varie planimetrie allegate si conclude che le fasce di rispetto valutate e le rispettive DPA sono sempre ricomprese nell'area dell'impianto fotovoltaico.

Per quanto detto sopra si rileva l'assenza di fattori di rischio per la salute umana a causa delle azioni di progetto, poiché è esclusa la presenza di recettori sensibili e di luoghi adibiti alla permanenza di persone per durate non inferiori alle 4 ore al giorno entro le DPA sopra indicate.

Similmente, per quanto riguarda il cavidotto a 36 kV di collegamento alla Stazione Elettrica "Bondeno", considerato il calcolo della DPA e considerato il percorso del cavidotto esposto negli appositi elaborati di progetto allegati, si rileva l'assenza di fattori di rischio per la salute umana a causa delle azioni di progetto, poiché è esclusa la presenza di recettori sensibili e di luoghi adibiti alla permanenza di persone per durate non inferiori alle 4 ore al giorno entro la DPA sopra indicata.

IL PROGETTISTA
Ing. Riccardo Clementi

