

Proponente

FLUMINI MANNU

FLUMINI MANNU LIMITED

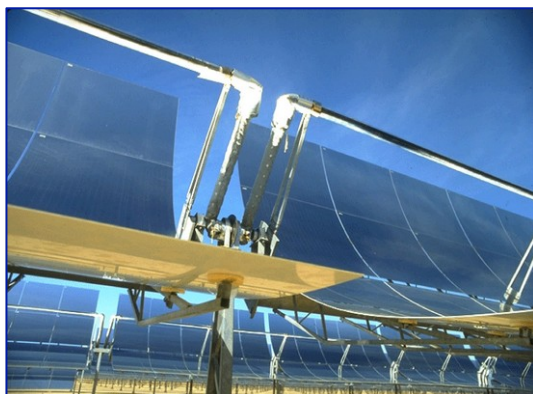
Sede Legale: Bow Road 221 - Londra - Regno Unito
Filiale Italiana: Corso Umberto I, 08015 Macomer (NU)

Provincia di Cagliari

Comuni di Villasor e Decimoputzu

Nome progetto

**Impianto Solare Termodinamico della potenza lorda di
55 MWe denominato "FLUMINI MANNU"**



VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE

PROGETTO PRELIMINARE DELLE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN

Titolo Documento:

RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA

Sviluppo:



Energogreen Renewables S.r.l.

Via E. Fermi 19, 62010 Pollenza (MC)

www.energogreen.com

e-mail: info@energogreen.com

Rev.	Data	Descrizione	Codice di Riferimento
			PPOCRELTECN001
1	09/2013	Revisione emissione per Istanza di VIA	
0	07/2013	Emissione per Istanza di VIA	

Proprietà e diritti del presente documento sono riservati - la riproduzione è vietata

Gruppo di lavoro Energogreen Renewables:




Energogreen Renewables Srl
Via E. Fermi, 19 - 62010 - Pollenza (MC)

1. *Dott. Ing. Cecilia Bubbolini*
2. *Dott. Ing. Loretta Maccari*
3. *Ing. Carlo Foresi*
4. *Dott. Ing. Devis Bozzi*


Consulenza Esterna:

- *Dott. Arch. Luciano Viridis: Analisi Territoriale*
- *Dott. Manuel Floris: "Rapporto Tecnico di Analisi delle Misure di DNI - Sito Flumini Mannu (CA)*
- *Dott. Agr. Vincenzo Satta: "Relazioni su Flora, Vegetazione, Pedologia e Uso del Suolo"*
- *Dott. Agr. Vincenzo Sechi: "Relazione faunistica"*
- *Dott. Agr. V. Satta e Dott. Agr. V. Sechi: "Relazione Agronomica"*
- *Dott. Geol. Eugenio Pistolesi: "Indagine Geologica Preliminare di Fattibilità"*
- *Studio Associato Ingg. Deffenu e Lostia: "Documento di Previsione d'Impatto Acustico"*
- *Dott. Arch. Leonardo Annessi: Rendering e Fotoinserimenti*
- *Tecsa S.p.A.: "Rapporto Preliminare di Sicurezza"*

FLUMINI MANNU	Impianto Solare Termodinamico da 55 MWe "FLUMINI MANNU" Progetto Preliminare Opere di Connessione alla RTN	
	Relazione Tecnico-Descrittiva	


INDICE

1. PREMESSA.....	4
2. SCHEMA DELLA CONNESSIONE.....	6
2.1. ELETTRDOTTO: INDIVIDUAZIONE DEL TRACCIATO	8
2.2. INQUADRAMENTO SU PPR.....	14
2.3. INQUADRAMENTO SU PAI E PSFF.....	15
2.4. INQUADRAMENTO SU PIANIFICAZIONE COMUNALE	21
3. DESCRIZIONE DELLE OPERE ELETTRICHE	22
3.1. ELETTRDOTTO INTERRATO	22
3.1.1. <i>Tipologia di Cavo</i>	22
3.1.2. <i>Sistema di Telecomunicazioni</i>	29
3.2. NUOVO STALLO LINEA AT IN CABINA PRIMARIA.....	31
3.2.1. <i>Interferenze</i>	34
4. IMPATTI AMBIENTALI	36
4.1. RUMORE	36
4.2. CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI	36
4.2.1. <i>Richiami Normativi</i>	42
4.3. CALCOLO DEL CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO	44
4.3.1. <i>Metodologia di Calcolo</i>	48
4.3.2. <i>Risultati delle Analisi</i>	51
4.3.3. <i>Confronto con i Limiti di Esposizione Previsti</i>	53
5. CONCLUSIONI.....	54

FLUMINI MANNU	Impianto Solare Termodinamico da 55 MWe "FLUMINI MANNU" Progetto Preliminare Opere di Connessione alla RTN	
	Relazione Tecnico-Descrittiva	


INDICE FIGURE

<i>Figura 1: Estratto Inquadramento Opere di Connessione su Ortofoto</i>	6
<i>Figura 2: Elettrodotto di Connessione - Partenza da stazione di trasformazione</i>	8
<i>Figura 3: Elettrodotto di Connessione - Attraversamento Canale di Bonifica</i>	8
<i>Figura 4: Elettrodotto di Connessione - Strada di collegamento alla SS196</i>	9
<i>Figura 5: Elettrodotto di Connessione - Intersezione SS196</i>	9
<i>Figura 6: Elettrodotto di Connessione - Attraversamento "Flumini Mannu"</i>	10
<i>Figura 7: Elettrodotto di Connessione - Arrivo Periferia Villasor</i>	10
<i>Figura 8: Elettrodotto di Connessione - Deviazione verso Sopraelevata</i>	10
<i>Figura 9: Elettrodotto di Connessione - Sopraelevata per attraversamento Ferrovia</i>	11
<i>Figura 10: Elettrodotto di Connessione - Intersezione SS 196dir</i>	11
<i>Figura 11: Elettrodotto di Connessione - Attraversamento SS 196dir</i>	12
<i>Figura 12: Elettrodotto di Connessione - Attraversamento SS 196dir</i>	12
<i>Figura 13: Elettrodotto di Connessione - Via V. Bottego</i>	12
<i>Figura 14: Elettrodotto di Connessione - Punto di Connessione</i>	13
<i>Figura 15: Opera in progetto – Inquadramento su cartografia PPR (Tav. 480)</i>	14
<i>Figura 16: Opera in progetto – Inquadramento su cartografia PAI</i>	15
<i>Figura 17: Opera in progetto – Inquadramento su cartografia PSFF (FM025, FM026, FM027, FM028)</i>	20
<i>Figura 18: Opera in progetto – Inquadramento su PdF del Comune di Villasor</i>	21
<i>Figura 19: Caratteristiche cavo Nexans</i>	22
<i>Figura 20: Sezione Cavo AT tipo</i>	23
<i>Figura 21: Modalità di posa dei cavi interrati</i>	24
<i>Figura 22: Sezioni tipo posa cavo interrato in piano</i>	24
<i>Figura 23: Sezioni tipo posa cavo interrato a trifoglio</i>	25
<i>Figura 24: Tipo Ancoraggio Canalette per Cavi</i>	26
<i>Figura 25: Esempio raccordo zancatura e trincea</i>	26
<i>Figura 26: Esempio attraversamento teleguidato o microtunneling</i>	27
<i>Figura 27: Tipo Camera Giunti: Sezione e Pianta</i>	28
<i>Figura 28: Esempio di cavo unipolare idoneo ed inglobante fibra ottica</i>	29
<i>Figura 29: Esempio di cavo in fibra ottica esterno</i>	30
<i>Figura 30: Stallo Siemens 170 kV con terminazione per linea aerea ed in cavo</i>	31
<i>Figura 31: Porzione della planimetria della cabina Villasor 2 contenete l'area in cui è previsto il nuovo stallo</i>	32
<i>Figura 32: Planimetria della cabina Villasor 2 (nero) ed ampliamenti proposti (rosso e arancio)</i>	33
<i>Figura 33: Spettro elettromagnetico</i>	37
<i>Figura 34: Spettro Elettromagnetico – Corrente diretta</i>	38
<i>Figura 35: Campo Elettrico generato da un elettrodotto aereo nelle configurazioni tipiche e valutato ad 1 metro dal suolo</i>	39
<i>Figura 36: Campo Magnetico generato da un elettrodotto aereo nelle configurazioni tipiche e valutato ad 1 metro dal suolo</i>	40
<i>Figura 37: Rappresentazione della fascia di rispetto D.P.A. per cavi interrati disposti in piano</i>	45

FLUMINI MANNU	<i>Impianto Solare Termodinamico da 55 MWe "FLUMINI MANNU"</i>	
	<i>Progetto Preliminare Opere di Connessione alla RTN Relazione Tecnico-Descrittiva</i>	

*Figura 38: Rappresentazione della fascia di rispetto D.P.A. per cavi interrati disposti a trifoglio*46

Figura 39: Schematizzazione campo di induzione magnetica B..... 49

FLUMINI MANNU	<i>Impianto Solare Termodinamico da 55 MWe "FLUMINI MANNU"</i>	
	<i>Progetto Preliminare Opere di Connessione alla RTN</i>	
	<i>Relazione Tecnico-Descrittiva</i>	

1. PREMESSA

La società Flumini Mannu LTD intende realizzare un impianto solare termodinamico di potenza lorda pari a 55 MWe, impianto di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile, con affiancato un impianto pilota di desalinizzazione completamente integrato alla power block.

Lo sviluppo del progetto è stato affidato alla società scrivente Energogreen Renewables Srl.

Il sito di ubicazione dell'opera ricade in un'area compresa fra i Comuni di Villasor e Decimoputzu, in Provincia di Cagliari.

L'area di interesse è classificata, secondo il Programma di Fabbricazione vigente di Villasor e il Piano Urbanistico Comunale vigente di Decimoputzu, come "Zone E – Aree agricole-pastorali".

In data 17/02/2012, in ottemperanza alle procedure poste in essere dal Codice della Rete elettrica nazionale, Energogreen Renewables ha sottoposto al gestore della Rete di Trasmissione Nazionale Terna S.p.A. formale istanza di allacciamento del nuovo impianto, per conto della committente.


Con comunicazione prot. TE/P20120002642 del 24/02/2012, Terna comunicava che, ai sensi dell'art. 34 del TICA, stava valutando, di concerto con la società Enel Distribuzione SpA, la fattibilità della connessione alla rete Enel Distribuzione.

In data 30/05/2012 Enel Distribuzione, prendendo in carico la pratica con codice T0449597, ha confermato la fattibilità tecnica del richiesto allacciamento, proponendo, quale Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG prot. Enel-DIS-24/05/2012-0881996), il collegamento elettrico della futura centrale solare termodinamica in antenna dalla Cabina Primaria 150/15 kV esistente "Villasor 2", di proprietà della stessa Enel.

In data 28/06/2012 Energogreen Renewables ha formalmente accettato la STMG proposta da Enel Distribuzione.


La presente Relazione illustra il progetto preliminare di detto collegamento, che dovrà essere sottoposto al Gestore di Rete, da esso vidimato, e quindi elaborato in forma definitiva.

Infatti, ai fini autorizzativi nell'ambito del procedimento unico previsto dall'art. 12

FLUMINI MANNU	<i>Impianto Solare Termodinamico da 55 MWe "FLUMINI MANNU"</i>	
	<i>Progetto Preliminare Opere di Connessione alla RTN Relazione Tecnico-Descrittiva</i>	

del D.lgs. 387/03 è indispensabile che il proponente presenti alle Amministrazioni competenti la documentazione progettuale completa delle opere RTN.

In questa fase di VIA si allega il progetto preliminare delle opere di connessione che verrà presentato ad Enel Distribuzione, avendo cura di integrare nel proseguo del procedimento anche l'avanzamento del progetto delle opere di rete.

FLUMINI MANNU	Impianto Solare Termodinamico da 55 MWe "FLUMINI MANNU"	
	Progetto Preliminare Opere di Connessione alla RTN	
Relazione Tecnico-Descrittiva		

2. SCHEMA DELLA CONNESSIONE

In osservanza a quanto riportato nella Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG) prot. Enel-DIS-24/05/2012-0881996 del 30/05/2012 fornita dal Gestore di Rete Enel Distribuzione SpA, l'impianto di rete per la connessione sarà costituito da:

- nuovo stallo linea AT blindato in SF₆ in Cabina Primaria denominata "Villasor 2";
- apparato di telescatto e telepilotaggio (qualora necessario);
- fibra ottica.




Figura 1: Estratto Inquadramento Opere di Connessione su Ortofoto

Si è individuata la soluzione di seguito descritta per il tracciato di collegamento della centrale alla Cabina Primaria (CP) "Villasor 2", punto di consegna dell'energia prodotta dall'impianto.

Tale soluzione è quella giudicata in grado di generare il minore impatto ambientale in considerazione dell'assenza di porzioni di elettrodotto aereo e della più breve lunghezza del tracciato.


La connessione sarà realizzata in antenna dalla CP 150/15 kV "Villasor 2" ubicata proprio nel territorio del Comune di Villasor.

L'energia prodotta dal Generatore Elettrico, interno all'area della Power Block dell'impianto, sarà trasportata alla stazione di trasformazione MT/AT interna

FLUMINI MANNU	<i>Impianto Solare Termodinamico da 55 MWe "FLUMINI MANNU"</i>	
	<i>Progetto Preliminare Opere di Connessione alla RTN Relazione Tecnico-Descrittiva</i>	

all'area di progetto, da dove partirà l'elettrodotto AT in cavo interrato di connessione alla CP sopradetta.

Il tracciato di tale elettrodotto è illustrato in Figura 1 e nei dettagli da Figura 2 a Figura 14.

FLUMINI MANNU	Impianto Solare Termodinamico da 55 MWe "FLUMINI MANNU" Progetto Preliminare Opere di Connessione alla RTN	
	Relazione Tecnico-Descrittiva	

2.1. ELETTRDOTTO: INDIVIDUAZIONE DEL TRACCIATO

Il cavo interrato partirà dalla stazione di trasformazione interna alla Centrale (Figura 2).



Figura 2: Elettrodotta di Connessione - Partenza da stazione di trasformazione

Il tracciato proseguirà, quindi, lungo la strada di collegamento dell'impianto alla SS 196, attraversando il canale sito a nord dell'area di progetto (Figura 3); tale attraversamento sarà fatto ancorando il cavidotto al ponte esistente, come di seguito descritto, o attraverso altra soluzione se si riterrà più adeguato.



Figura 3: Elettrodotta di Connessione - Attraversamento Canale di Bonifica


FLUMINI MANNU	Impianto Solare Termodinamico da 55 MWe "FLUMINI MANNU"	
	Progetto Preliminare Opere di Connessione alla RTN Relazione Tecnico-Descrittiva	



Figura 4: Elettrodotto di Connessione - Strada di collegamento alla SS196


Lungo la strada di connessione si percorrerà il lato destro, quello non interessato dalle opere di raccolta e deflusso delle acque.

Giunti all'intersezione con la SS 196, l'elettrodotto devierà verso il centro abitato di Villasor, oltre il quale si trova la CP di connessione, percorrendo la stessa Strada Statale fino all'attraversamento del "Flumini Mannu", che sarà eseguito allo stesso modo del precedente (Figura 5 e Figura 6).

Superato il corso d'acqua il tracciato percorrerà alcune strade della periferia di Villasor, senza inoltrarsi nel centro abitato, andando ad attraversare la linea ferroviaria "Cagliari- Golfo Aranci" per mezzo di una strada sopraelevata di recente costruzione (Figura 7, Figura 8 e Figura 9).



Figura 5: Elettrodotto di Connessione - Intersezione SS196

FLUMINI MANNU	Impianto Solare Termodinamico da 55 MWe "FLUMINI MANNU" Progetto Preliminare Opere di Connessione alla RTN	
	Relazione Tecnico-Descrittiva	

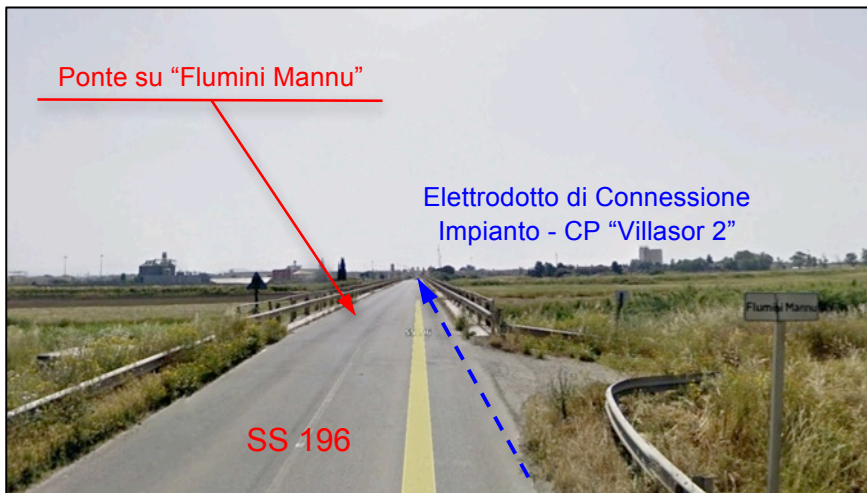


Figura 6: Elettrodotto di Connessione - Attraversamento "Flumini Mannu"



Figura 7: Elettrodotto di Connessione - Arrivo Periferia Villasor



Figura 8: Elettrodotto di Connessione - Deviazione verso Sopraelevata


FLUMINI MANNU	Impianto Solare Termodinamico da 55 MWe "FLUMINI MANNU"	
	Progetto Preliminare Opere di Connessione alla RTN Relazione Tecnico-Descrittiva	




Figura 9: Elettrodotto di Connessione - Sopraelevata per attraversamento Ferrovia

La strada sopraelevata si ricongiunge alla SS 196dir, in tale punto l'elettrodotto subirà una deviazione verso nord in direzione della cabina primaria esistente (Figura 10, Figura 11 e Figura 12).

L'elettrodotto percorrerà la strada statale SS 196dir fino al punto di intersezione con "Via V. Bottego", via dove è ubicata la Cabina "Villasor 2".



Figura 10: Elettrodotto di Connessione - Intersezione SS 196dir

FLUMINI MANNU	Impianto Solare Termodinamico da 55 MWe "FLUMINI MANNU" Progetto Preliminare Opere di Connessione alla RTN	
	Relazione Tecnico-Descrittiva	

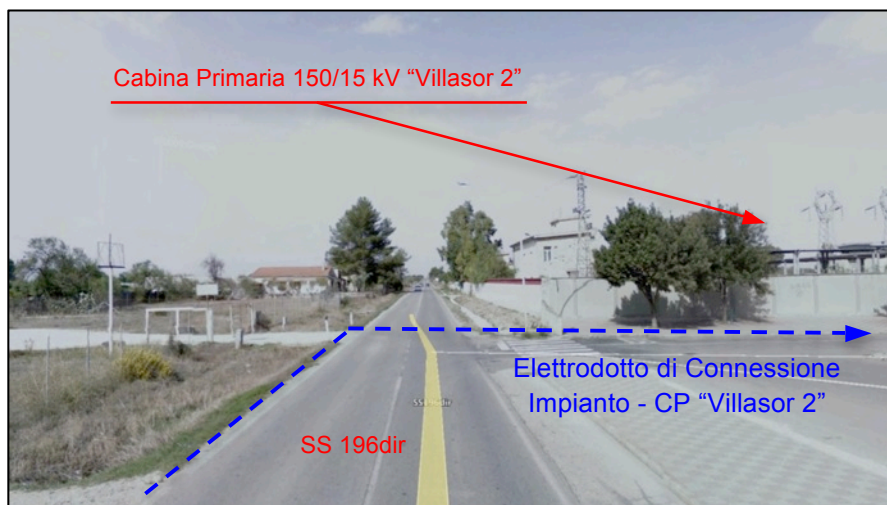


Figura 11: Elettrodotto di Connessione - Attraversamento SS 196dir



Figura 12: Elettrodotto di Connessione - Attraversamento SS 196dir

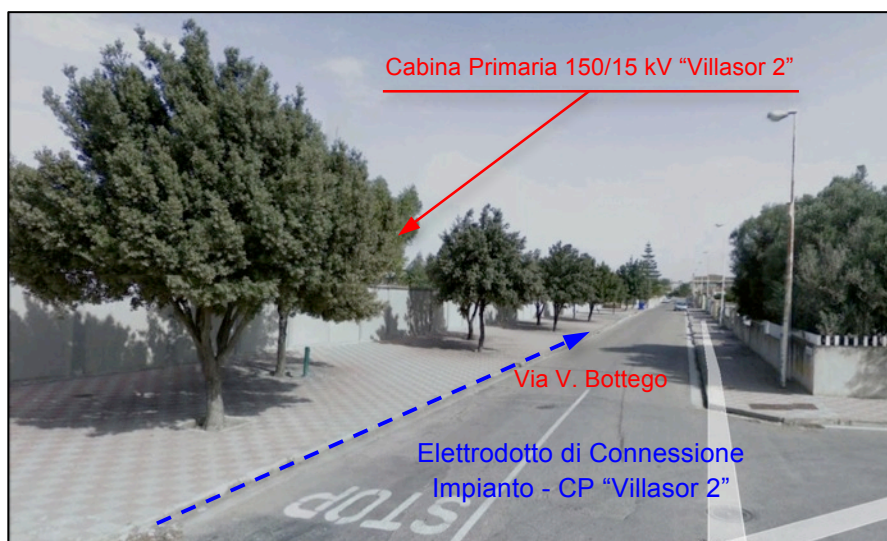



Figura 13: Elettrodotto di Connessione - Via V. Bottego

FLUMINI MANNU	<i>Impianto Solare Termodinamico da 55 MWe "FLUMINI MANNU"</i>	
	<i>Progetto Preliminare Opere di Connessione alla RTN Relazione Tecnico-Descrittiva</i>	

Lungo Via Bottego l'elettrodotto svolterà a destra entrando dentro l'area della Cabina Primaria dove si immetterà, tramite l'ampliamento previsto del quadro AT blindato in SF₆, nella rete elettrica nazionale (Figura 14).

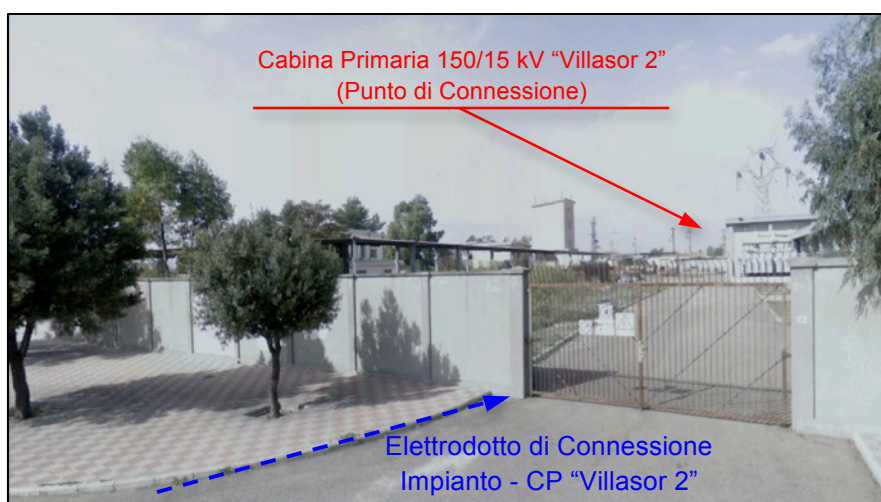



Figura 14: Elettrodotto di Connessione - Punto di Connessione

FLUMINI MANNU	Impianto Solare Termodinamico da 55 MWe "FLUMINI MANNU" Progetto Preliminare Opere di Connessione alla RTN	
	Relazione Tecnico-Descrittiva	

2.2. INQUADRAMENTO SU PPR

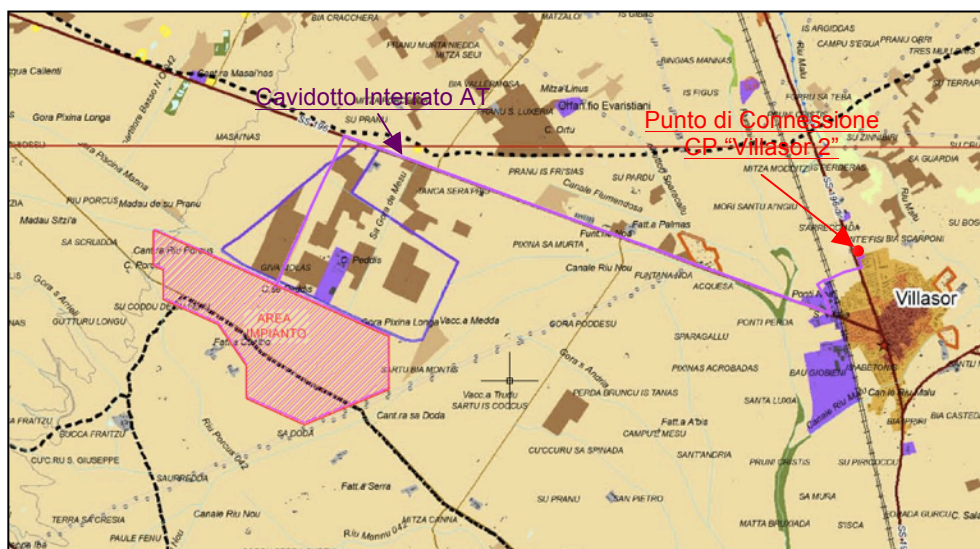


Figura 15: Opera in progetto – Inquadramento su cartografia PPR (Tav. 480)


Il Piano Paesaggistico Regionale della Regione Sardegna è stato redatto al fine di:

- preservare, tutelare, valorizzare e tramandare alle generazioni future l'identità ambientale, storica, culturale e insediativa del territorio sardo;
- proteggere e tutelare il paesaggio culturale e naturale e la relativa biodiversità;
- assicurare la salvaguardia del territorio e promuovere forme di sviluppo sostenibile, al fine di conservarne e migliorarne le qualità.

Nella precedente Figura 15 sono evidenziati sia l'area d'impianto che il tracciato del cavidotto.

Per quanto riguarda l'elettrodotta, esso fiancheggerà strade ed altre infrastrutture esistenti, senza andare ad interferire con le aree attraversate.

Infatti, il progetto prevede un cavidotto interrato in Alta Tensione, realizzato secondo le modalità costruttive e di sicurezza previste dal gestore di rete e quindi da normativa, come meglio descritto nel capitolo "3 DESCRIZIONE DELLE OPERE ELETTRICHE" e seguenti.

FLUMINI MANNU	<i>Impianto Solare Termodinamico da 55 MWe "FLUMINI MANNU"</i>	
	<i>Progetto Preliminare Opere di Connessione alla RTN Relazione Tecnico-Descrittiva</i>	

2.3. INQUADRAMENTO SU PAI E PSFF

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), redatto ai sensi della legge n. 183/1989 e del decreto legge n. 180/1998, approvato con decreto del Presidente della Regione Sardegna n. 67 del 10/07/2006, rappresenta un importantissimo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo ai fini della pianificazione e programmazione delle azioni e delle norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa ed alla valorizzazione del suolo, alla prevenzione del rischio idrogeologico individuato sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio regionale.


Le perimetrazioni individuate nell'ambito del PAI delimitano le aree caratterizzate da elementi di pericolosità idrogeologica, dovute a instabilità di tipo geomorfologico o a problematiche di tipo idraulico, sulle quali si applicano le norme di salvaguardia contenute nelle Norme di Attuazione del Piano.

La banca dati cartografica pubblicata è stata approvata con delibera n. 11 del 21.05.2012 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino ed è aggiornata alla data del 31.12.2011.

Di seguito l'inquadramento dell'intera opera sulla cartografia del PAI, che dimostra che l'opera non ricade in nessuna area di pericolosità o rischio geomorfologico-idraulico perimetrata dal Piano.



Figura 16: Opera in progetto – Inquadramento su cartografia PAI

FLUMINI MANNU	<i>Impianto Solare Termodinamico da 55 MWe "FLUMINI MANNU" Progetto Preliminare Opere di Connessione alla RTN</i>	
	<i>Relazione Tecnico-Descrittiva</i>	


Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF), invece, è redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 della legge 19 maggio 1989 n. 183, quale Piano Stralcio del Piano di Bacino Regionale relativo ai settori funzionali individuati dall'art. 17, comma 3 della L. 18 maggio 1989, n. 183.

Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali ha valore di Piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo, mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso riguardanti le fasce fluviali. Tale Piano costituisce un approfondimento ed una integrazione necessaria al Piano di Assetto Idrogeologico, in quanto è lo strumento per la delimitazione delle regioni fluviali funzionale a consentire, attraverso la programmazione di azioni (opere, vincoli, direttive), il conseguimento di un assetto fisico del corso d'acqua compatibile con la sicurezza idraulica, l'uso della risorsa idrica, l'uso del suolo (ai fini insediativi, agricoli ed industriali) e la salvaguardia delle componenti naturali ed ambientali.


La versione ad oggi vigente è quella adottata con Delibera n.1 del 20.06.2013.

All'articolo 2 della suddetta Delibera si precisa che:

- sulle aree a pericolosità idraulica individuate dal PSFF *"si applicano, quali norme di Salvaguardia, i vincoli di cui agli artt. 4, 8 cc. 8, 9, 10, 11 ed artt. 23, 24, 30 delle N.A. del PAI, assegnando alle medesime la classe di pericolosità Hi1;*
- *nell'ambito del P.S.F.F. sono state mappate aree inondabili con tempo di ritorno pari a due anni e pertanto su tali aree si applicano, quali Norme di Salvaguardia, i vincoli di cui agli artt. 4, 8 cc. 8, 9, 10, 11 ed artt. 23, 24, 27 delle N.A. del P.A.I., assegnando alle medesime la classe di pericolosità (Hi4);*
- *per i fiumi, torrenti e corsi d'acqua o tratti degli stessi, non indagati dal P.A.I. (approvato con Decreto del Presidente della G.R. n. 67 del 10.07.2006, pubblicato nel B.U.R.A.S. n. 25 del 25.02.2013), sono adottate le aree a pericolosità idraulica perimetrate dallo studio P.S.F.F. e le corrispondenti misure di salvaguardia previste dalle vigenti N.A. del P.A.I. agli artt. n. 4, n. 8 (commi 8, 9, 10 e 11), nn. 23, 24, 27, 28, 29 e n. 30;*

FLUMINI MANNU	Impianto Solare Termodinamico da 55 MWe "FLUMINI MANNU"	
	Progetto Preliminare Opere di Connessione alla RTN Relazione Tecnico-Descrittiva	

- per i fiumi, torrenti e corsi d'acqua o tratti degli stessi, studiati dal P.A.I. (approvato con Decreto del Presidente della G.R. n. 67 del 10.07.2006, pubblicato nel B.U.R.A.S. n. 25 del 29.07.2006) e successivamente dal P.S.F.F., sono adottate, in aggiunta alle aree già perimetrate dal P.A.I., le aree a pericolosità idraulica perimetrate dallo studio P.S.F.F. e le corrispondenti misure di salvaguardia previste dalle vigenti N.A. del P.A.I. agli artt. n. 4, n. 8 (commi 8, 9, 10 e 11), nn. 23, 24, 27, 28, 29 e n. 30, fino all'approvazione finale dello studio P.S.F.F. ed alla successiva variante generale al P.A.I.. Nei casi di sovrapposizione tra aree a pericolosità idraulica perimetrate dal vigente P.A.I. e dal P.S.F.F., e relative a portate con tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni, si dovrà fare riferimento cautelativamente all'area a maggiore pericolosità idraulica ed alle relative prescrizioni imposte dalle Norme di Attuazione del P.A.I.;
- per i fiumi, torrenti e corsi d'acqua o tratti degli stessi, studiati dalla variante al P.A.I. C.I.N.S.A. parte idraulica – bacini nn. 5 e 6 e successivamente dal P.S.F.F., sono confermate le aree a pericolosità idraulica perimetrate nell'ambito della variante C.I.N.S.A. – bacini nn. 5 e 6 approvata con Decreto n. 81 in data 18.07.2011 del Presidente della Regione Autonoma della Sardegna, relative a portate con tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni. Per le aree a pericolosità idraulica perimetrate dal P.S.F.F. con il solo criterio geomorfologico e per le portate con tempo di ritorno di 500 anni (Hi1), che non sono state evidenziate nell'ambito della variante al P.A.I. del C.I.N.S.A. – bacini nn. 5 e 6, sono imposte le misure di salvaguardia di cui ai vincoli previsti dalle vigenti N.A. del P.A.I. negli artt. 4, 8 cc. 8, 9, 10, 11 ed artt. 23, 24, 30, assegnando alle medesime la classe di pericolosità (Hi1);
- per il Rio San Girolamo, studiato dal PSFF e dalla successiva variante al P.A.I., approvata con Decreto n. 128 in data 16.11.2011 del Presidente della Regione Autonoma della Sardegna, sono confermate le aree a pericolosità idraulica perimetrate nell'ambito della medesima variante approvata con Decreto n. 128 in data 16.11.2011 del Presidente della

FLUMINI MANNU	<i>Impianto Solare Termodinamico da 55 MWe "FLUMINI MANNU" Progetto Preliminare Opere di Connessione alla RTN</i>	
	<i>Relazione Tecnico-Descrittiva</i>	

R.A.S., relative alle portate con tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni;

- per il Flumini Mannu a Samassi, studiato dal PSFF e dalla successiva variante al P.A.I., approvata in via definitiva dal Comitato Istituzionale con Delibera n. 4 in data 03.04.2013, sono confermate le aree a pericolosità idraulica perimetrate nell’ambito della medesima variante, relative alle portate con tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni.*


L’area d’impianto, e delle opere connesse, è compresa nel sub-bacino idrografico 07 “Flumendosa-Campidano-Cixerri” ed in particolare ricade nel bacino “04 Flumini Mannu”.

L’area interessata dall’impianto ricade in minima parte nel foglio FM_026, mentre l’elettrodotto di connessione interessa anche i fogli FM_025, FM_027 e FM_028, andando ad attraversare tutte le classi di fasce fluviali previste dal piano (Figura 17).

Nella relazione monografica di sub-bacino, al capitolo 5 “Delimitazione delle fasce fluviali”, si definiscono le tipologie di fasce fluviali:

“Sui corsi d’acqua principali sono state individuate cinque fasce:

- fascia A_2 o fascia di deflusso della piena con tempo di ritorno 2 anni, tracciata in base a criteri geomorfologici ed idraulici, individua l’alveo a sponde piene, definito solitamente da nette scarpate che limitano l’ambito fluviale;*
- fascia A_50 o fascia di deflusso della piena con tempo di ritorno 50 anni, individuata in base all’analisi idraulica eseguita, rappresenta le aree interessate da inondazione al verificarsi dell’evento citato; il limite della fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici;*
- fascia B_100 o fascia di deflusso della piena con tempo di ritorno 100 anni, individuata in base all’analisi idraulica eseguita, rappresenta le aree interessate da inondazione al verificarsi dell’evento citato; il limite della fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici;*
- fascia B_200 o fascia di deflusso della piena con tempo di ritorno 200*

FLUMINI MANNU	Impianto Solare Termodinamico da 55 MWe "FLUMINI MANNU"	
	Progetto Preliminare Opere di Connessione alla RTN Relazione Tecnico-Descrittiva	

anni, tracciata in base a criteri geomorfologici ed idraulici, si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena indicata; la delimitazione sulla base dei livelli idrici è stata integrata con le aree sede di potenziale riattivazione di forme fluviali relitte non fossili, cioè ancora correlate alla dinamica fluviale che le ha generate;

- fascia C o area di inondazione per piena catastrofica, tracciata in base a criteri geomorfologici ed idraulici, rappresenta l'inviluppo esterno della fascia C geomorfologica (inviluppo delle forme fluviali legate alla propagazione delle piene sulla piana alluvionale integrate con la rappresentazione altimetrica del territorio e gli effetti delle opere idrauliche e delle infrastrutture interferenti) e dell'area inondabile per l'evento con tempo di ritorno 500 anni (limite delle aree in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici di piena)."*

Ai sensi della Delibera n. 1 del 20/06/2013, art. 3 punto 2) sulle aree delle fasce fluviali mappate dal PSFF si applicano i vincoli sopradetti delle Norme di attuazione del PAI.


L'impianto dovrà connettersi alla cabina primaria "Villasor 2", come predisposto dal gestore di rete Enel Distribuzione SpA, sita oltre il Flumini Mannu, quindi l'elettrodotto di connessione dovrà, per forza di cose, attraversare il fiume e le varie fasce fluviali.

A tal riguardo, si specifica che il cavidotto interrato sarà realizzato secondo gli standard della vigente normativa sia a livello di costruzione che in materia di sicurezza.

Ciò garantirà che, anche in caso di eventi eccezionali, non siano causati danni rilevanti a cose o persone.

Si rammenta, inoltre, che il collaudo e la verifica della realizzazione ad opera d'arte sarà, come previsto dalla normativa in materia, a carico dell'operatore di rete, il quale rilascerà idonea certificazione di conformità.

Se ritenuto necessario, il progetto definitivo comprenderà uno specifico studio di compatibilità idraulica e/o geologico-geotecnico, tenendo sempre in considerazione che il progetto e le sue opere accessorie sono definite, ai sensi

FLUMINI MANNU	Impianto Solare Termodinamico da 55 MWe "FLUMINI MANNU" Progetto Preliminare Opere di Connessione alla RTN	
	Relazione Tecnico-Descrittiva	

dell'art. 12 comma 1 del D.Lgs. 387/2003, "di pubblica utilità ed indifferibili ed urgenti".

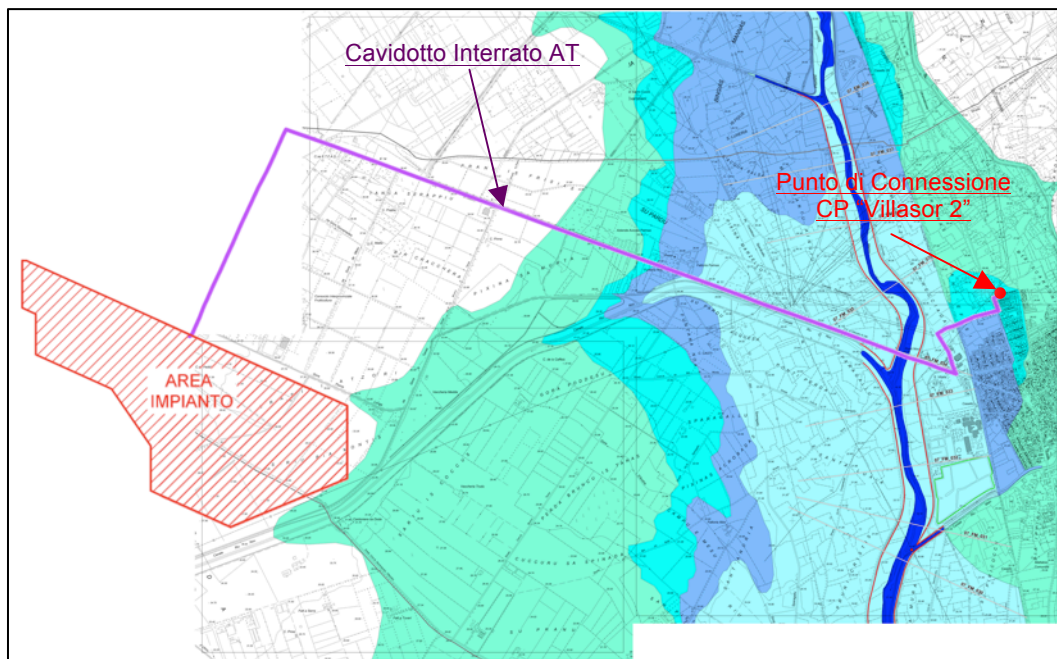



Figura 17: Opera in progetto – Inquadramento su cartografia PSFF (FM025, FM026, FM027, FM028)

FLUMINI MANNU	Impianto Solare Termodinamico da 55 MWe "FLUMINI MANNU"	
	Progetto Preliminare Opere di Connessione alla RTN Relazione Tecnico-Descrittiva	

2.4. INQUADRAMENTO SU PIANIFICAZIONE COMUNALE

L'area d'impianto ricade sia nel territorio del Comune di Villasor sia sul territorio del Comune di Decimoputzu, come descritto nella relazione tecnico-descrittiva del progetto.

L'elettrodotto, opera connessa, attraversa solamente il Comune di Villasor, essendo il punto di connessione la cabina primaria Enel Distribuzione "Villasor 2", sita per l'appunto a Nord del centro abitato di Villasor.

Il comune in questione dispone di un programma di fabbricazione (PdF), quale strumento urbanistico vigente.

Di seguito si riporta l'inquadramento dell'intera opera sul PdF di Villasor (Figura 18).

L'elettrodotto, come già scritto, seguirà per lo più strade esistenti andando a ricadere sulle loro banchina e altre infrastrutture viarie locali.

A secondo del tipo di strada, o opera, verrà richiesta adeguata servitù di "fiancheggiamento" all'ente competente (Regione, Provincia, Comune), o comunque ogni permesso necessario.

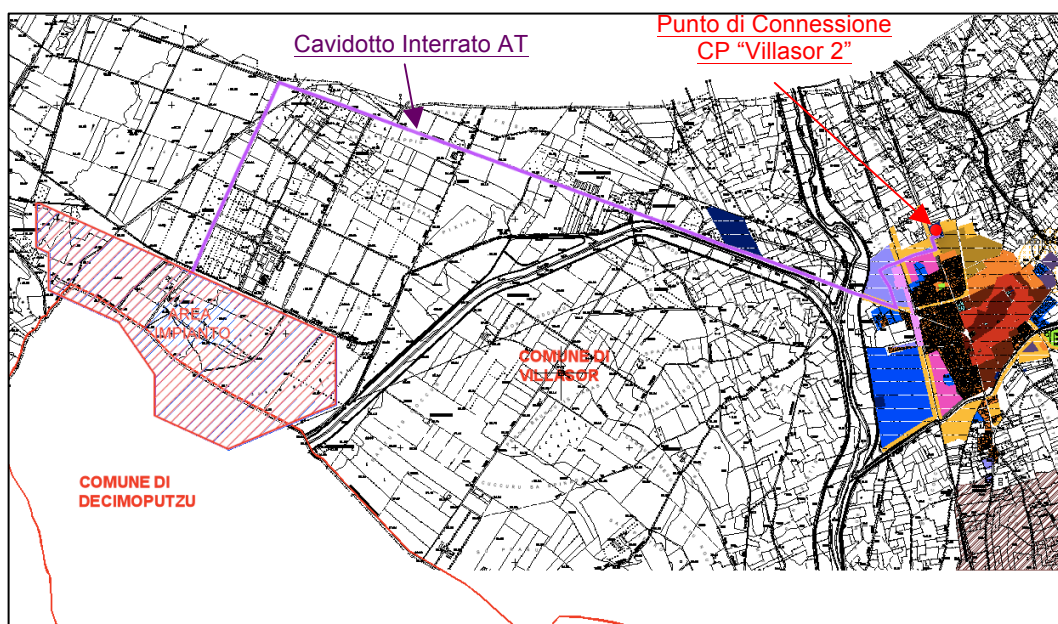



Figura 18: Opera in progetto – Inquadramento su PdF del Comune di Villasor

FLUMINI MANNU	<i>Impianto Solare Termodinamico da 55 MWe "FLUMINI MANNU"</i>	
	<i>Progetto Preliminare Opere di Connessione alla RTN</i>	
	<i>Relazione Tecnico-Descrittiva</i>	

3. DESCRIZIONE DELLE OPERE ELETTRICHE

3.1. ELETTRDOTTO INTERRATO

3.1.1. TIPOLOGIA DI CAVO


I cavi dovranno essere conformi alla norma CEI 20-66:2010-02 attualmente in vigore, identica alla CENELEC HD 632 S2:2008-11 e conforme alla IEC 60840:2011.

Una soluzione per la realizzazione dell'elettrodotto può essere quella di utilizzare tre cavi unipolari, con conduttore in alluminio di sezione pari a 400 mm².

Le caratteristiche del singolo cavo sono riportate di seguito (Figura 19).

Caratteristiche di costruzione	
Materiale del conduttore	Alluminio
Isolamento	XLPE (chemical)
Tipo di conduttore	Corda rotonda compatta
Guaina metallica	Alluminio corrugato termosaldato
Caratteristiche dimensionali	
Diametro del conduttore	23,3 mm
Sezione	400 mm ²
Spessore del semi-conduttore interno	1,5 mm
Spessore medio dell'isolante	20,7 mm
Spessore del semi-conduttore esterno	1,3 mm
Spessore guaina metallica, approx	1,9 mm
Spessore guaina	3,9 mm
Diametro esterno nom.	95,0 mm
Sezione schermo	470 mm ²
Peso approssimativo	7 kg/km
Caratteristiche elettriche	
Max tensione di funzionamento	170 kV
Messa a terra degli schermi - posa a trifoglio	In presenza di corrente
Portata di corrente, cavi interrati a 20°C, posa a trifoglio	485 A
Portata di corrente, cavi interrati a 30°C, posa a trifoglio	420 A
Portata di corrente, cavi in aria a 30°C, posa a trifoglio	635 A
Portata di corrente, cavi in aria a 50°C, posa a trifoglio	505 A
Messa a terra degli schermi - posa in piano	assenza di correnti di circolazione
Portata di corrente, cavi interrati a 20°C, posa in piano	550 A
Portata di corrente, cavi interrati a 30°C, posa in piano	475 A
Portata di corrente, cavi in aria a 30°C, posa in piano	725 A
Portata di corrente, cavi in aria a 50°C, posa in piano	585 A
Massima resistenza el. del cond. a 20°C in c.c.	0,078 Ohm/km
Capacità nominale	0,15 µF / km
Corrente ammissibile di corto circuito	50 kA
Tensione operativa	150 kV

Figura 19: Caratteristiche cavo Nexans

FLUMINI MANNU	<i>Impianto Solare Termodinamico da 55 MWe "FLUMINI MANNU"</i>	
	<i>Progetto Preliminare Opere di Connessione alla RTN Relazione Tecnico-Descrittiva</i>	

Indipendentemente dal costruttore, le specifiche ricercate saranno in ogni caso simili a quelle presentate nella tabella precedente.

Si valuta la possibilità di utilizzare un cavo dotato di fibra ottica inclusa durante il processo di estrusione in alternativa all'aggiunta di un cavo in fibra ottica specifico per linee in alta tensione interrato nella stessa trincea dell'elettrodotto. Il calcolo della portata in regime permanente può subire variazioni in funzione delle condizioni ambientali e di posa.

Questo sarà corretto in fase di progettazione definitiva tenendo conto delle seguenti possibili scelte progettuali:

- tipologia di posa (cavi disposti a trifoglio o in piano) ;
- eventuale collegamento degli schermi in "cross-bonding";
- temperatura del conduttore ammissibile in regime permanente;
- profondità di posa;
- caratteristiche del terreno (temperatura, conducibilità termica).

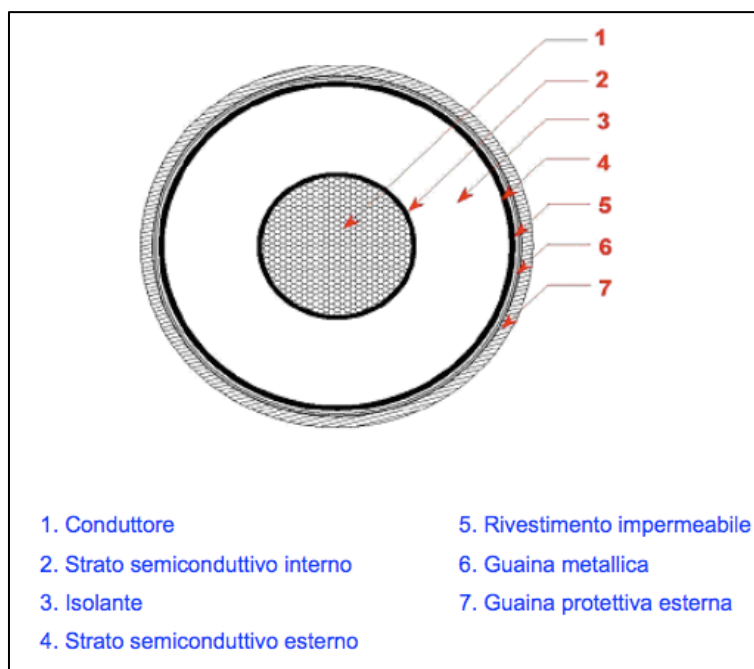



Figura 20: Sezione Cavo AT tipo

I cavi saranno interrati ed installati in una trincea della profondità di circa 1,50 metri, con disposizione delle fasi che potrà essere a trifoglio o in piano, come rappresentato nella figura seguente:

FLUMINI MANNU	Impianto Solare Termodinamico da 55 MWe "FLUMINI MANNU" Progetto Preliminare Opere di Connessione alla RTN	
	Relazione Tecnico-Descrittiva	

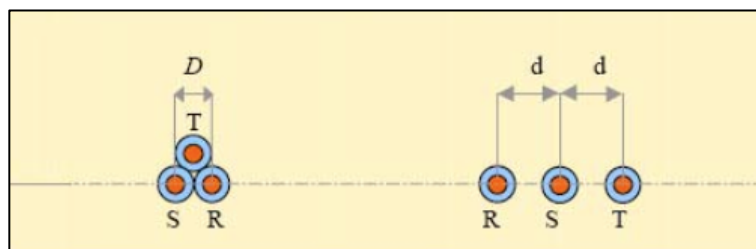


Figura 21: Modalità di posa dei cavi interrati

Nello stesso scavo, potranno essere posati uno o più cavi con fibre ottiche, se opportuno.

Tutti i cavi verranno alloggiati in terreno di riporto, la cui resistività termica potrà essere corretta con una miscela di sabbia vagliata o con cemento "mortar", e saranno protetti e segnalati superiormente da una rete in PVC e da un nastro segnaletico, e, ove necessario, anche da una lastra di protezione in cemento armato dello spessore non inferiore a 6 cm.

La restante parte della trincea verrà ulteriormente riempita con materiale di risulta e di riporto.

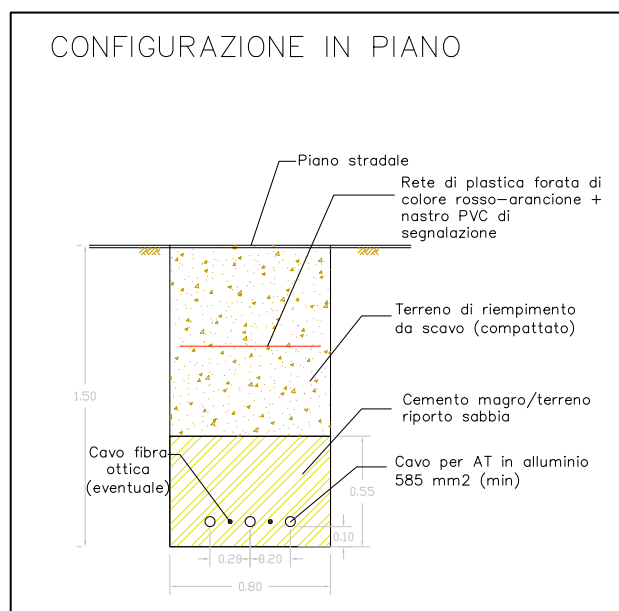



Figura 22: Sezioni tipo posa cavo interrato in piano

FLUMINI MANNU	<i>Impianto Solare Termodinamico da 55 MWe "FLUMINI MANNU"</i>	
	<i>Progetto Preliminare Opere di Connessione alla RTN Relazione Tecnico-Descrittiva</i>	

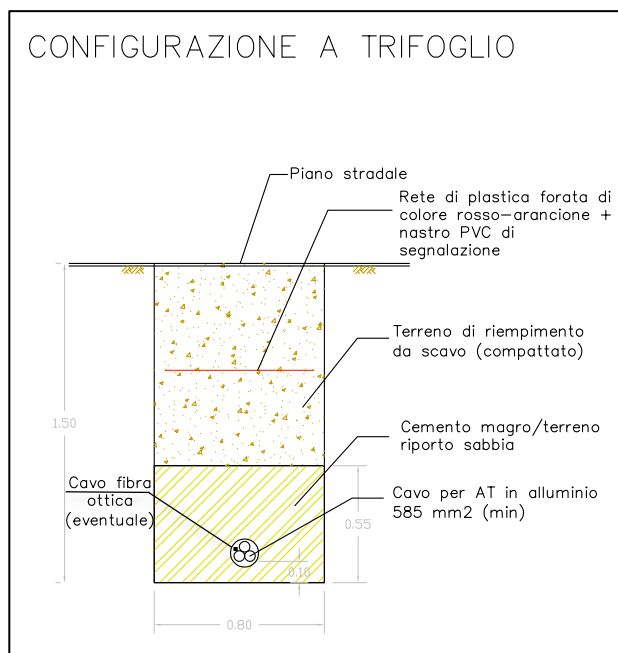


Figura 23: Sezioni tipo posa cavo interrato a trifoglio

Il tracciato di connessione sopradescritto mostra che l'elettrodotto interrato dovrà costeggiare ed attraversare strade e percorrere ponti e viadotti.

Lungo le strade e dove possibile il cavo sarà posato in trincea scegliendo una delle tipologie di posa descritte nelle precedenti Figura 22 e Figura 23.

Per quanto riguarda l'attraversamento dei ponti e viadotti che si incontreranno, il cavo sarà alloggiato in apposite canalette ancorate alle stesse strutture o come meglio si riterrà opportuno, sempre in osservanza delle prescrizioni e norme vigenti.

In corrispondenza dell'attraversamento di acquedotti, eventuali canali o altre linee elettriche o di telecomunicazione, l'installazione potrà essere realizzata con il sistema dello spingitubo o della perforazione teleguidata o come si riterrà più opportuno.

FLUMINI MANNU	Impianto Solare Termodinamico da 55 MWe "FLUMINI MANNU" Progetto Preliminare Opere di Connessione alla RTN	
	Relazione Tecnico-Descrittiva	

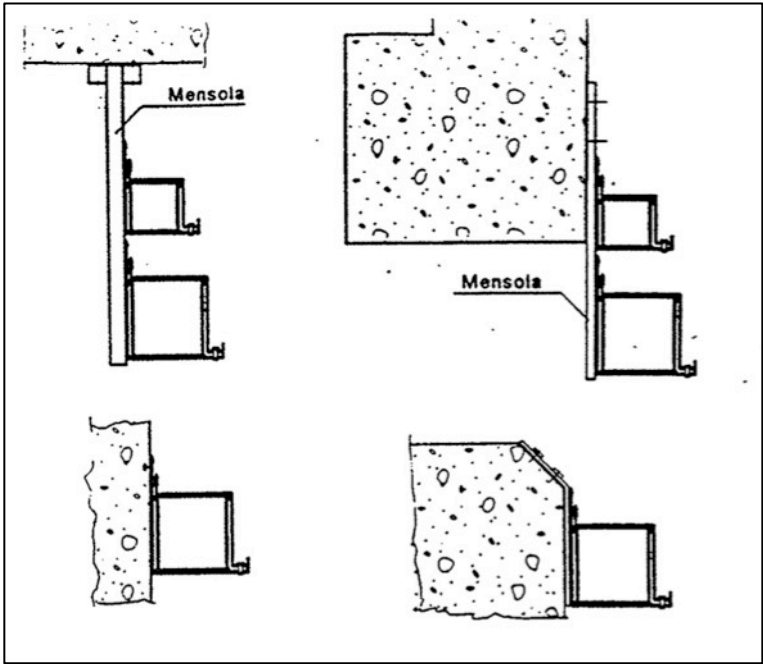


Figura 24: Tipo Ancoraggio Canalette per Cavi

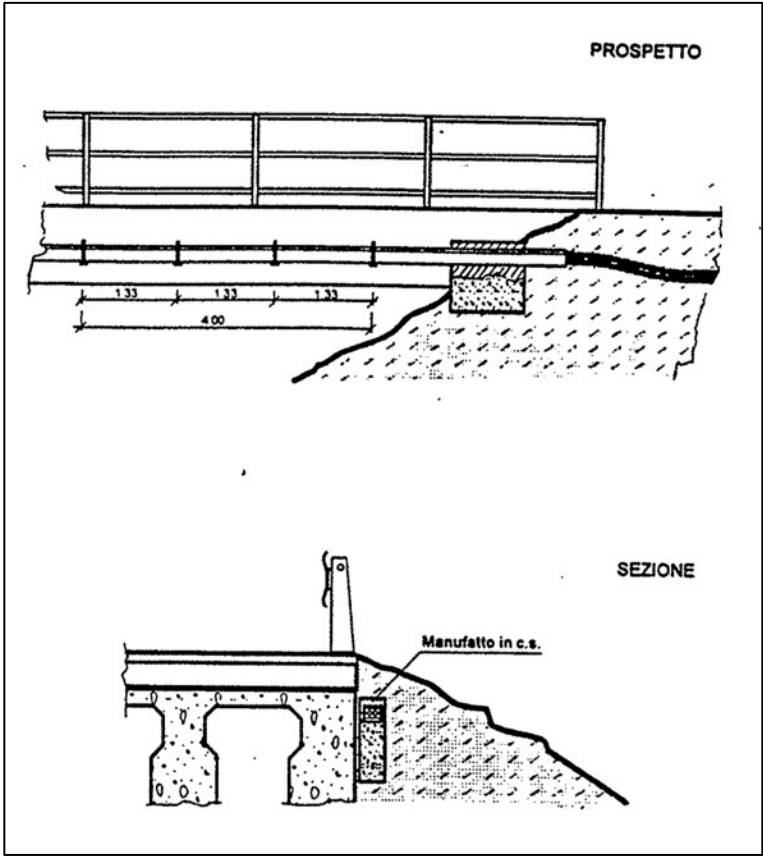



Figura 25: Esempio raccordo zancatura e trincea

FLUMINI MANNU	Impianto Solare Termodinamico da 55 MWe "FLUMINI MANNU"	
	Progetto Preliminare Opere di Connessione alla RTN Relazione Tecnico-Descrittiva	

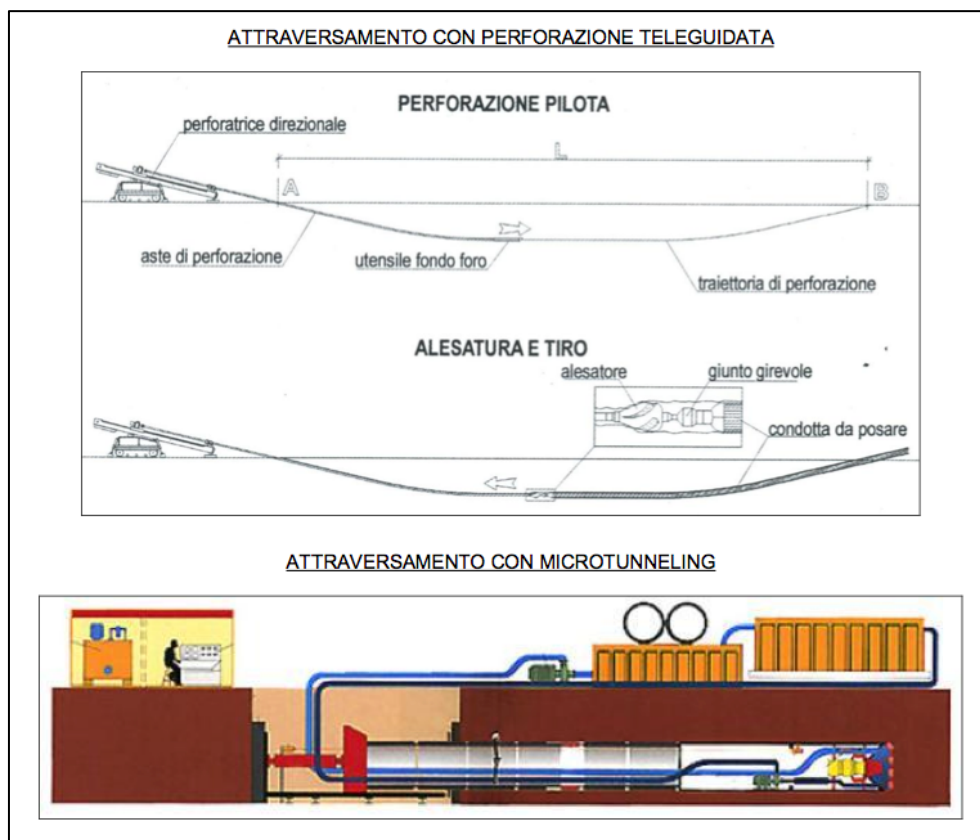


Figura 26: Esempio attraversamento teleguidato o microtunneling


I cavi saranno collegati da giunti di tipo unipolare, dritto, sezionato, che consisteranno essenzialmente in un manicotto elastico prefabbricato in un unico pezzo, con funzione isolante, inglobante la schermatura della connessione ed il dispositivo per il controllo del campo elettrico.

I giunti saranno corredati di uno schermo metallico, da collegare allo schermo dei cavi, realizzato in due metà e provvisto di idonea separazione elettrica; ciascuna parte sarà inoltre provvista di presa per il collegamento al dispositivo di trasposizione o di messa a terra delle guaine.

I giunti saranno completati con un involucro esterno di protezione, con funzione isolante ed anticorrosiva.

La lunghezza della tratta, quindi la distanza tra i giunti, sarà scelta in modo da realizzare un collegamento in "cross-bonding" completo.

La giunzione del cavo è prevista all'incirca ogni 950 metri all'interno di un'apposita "buca o camera giunti" dove sarà presente anche un impianto di terra costituito da 4 picchetti metallici collegati con una corda di rame nudo.

FLUMINI MANNU	<i>Impianto Solare Termodinamico da 55 MWe</i> <i>"FLUMINI MANNU"</i> <i>Progetto Preliminare Opere di Connessione alla RTN</i>	
	<i>Relazione Tecnico-Descrittiva</i>	

Vicino ad ogni camera giunti sarà realizzato un pozzetto di controllo.

Gli altri pezzi necessari per completare la connessione saranno scelti fra quelli approvati dal distributore.

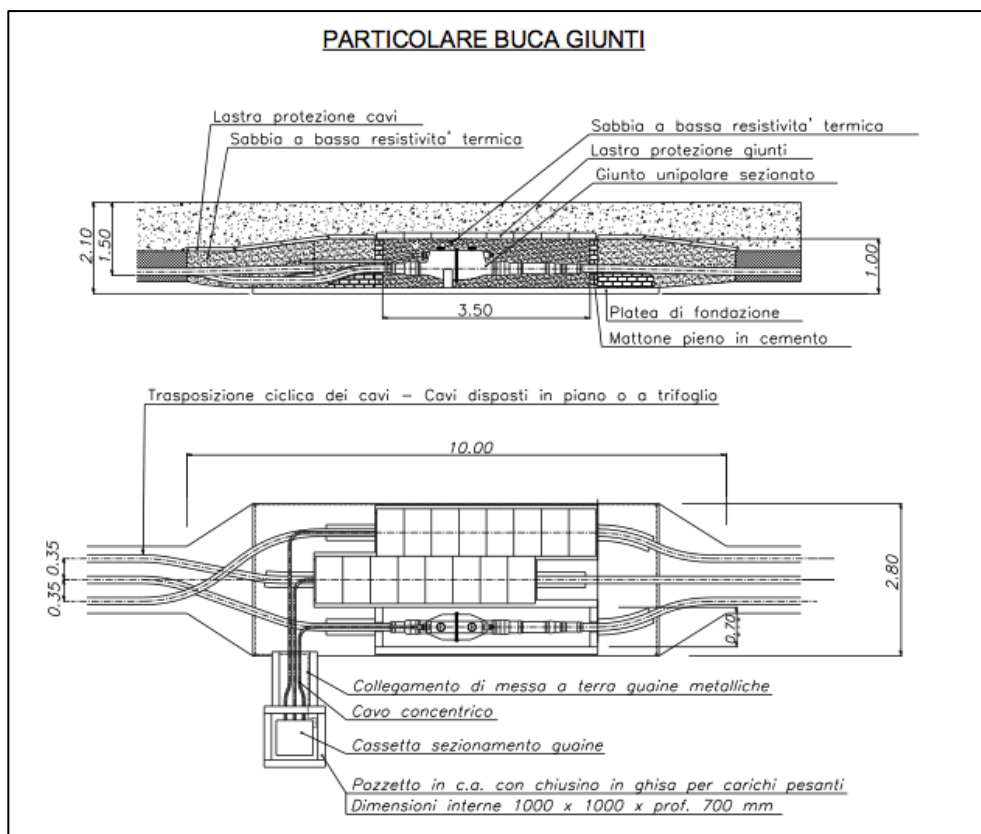



Figura 27: Tipo Camera Giunti: Sezione e Pianta

FLUMINI MANNU	<i>Impianto Solare Termodinamico da 55 MWe "FLUMINI MANNU"</i>	
	<i>Progetto Preliminare Opere di Connessione alla RTN Relazione Tecnico-Descrittiva</i>	

3.1.2. SISTEMA DI TELECOMUNICAZIONI

Per la trasmissione dati per il sistema di protezione, comando e controllo dell'impianto, sarà realizzato un sistema di telecomunicazione tra le stazioni terminali dei collegamenti.

All'interno del cavidotto verrà inoltre posato un cavo per la trasmissione dei dati al sistema.

La trasmissione dati sarà di tipo ottico, inglobata nel cavo AT o esterna al cavo. La scelta di realizzare una rete in fibra ottica permette di avere a disposizione un mezzo di comunicazione esente da disturbi, con isolamento galvanico ed avere una banda larga di comunicazione anche per lunghe distanze.



Figura 28: Esempio di cavo unipolare idoneo ed inglobante fibra ottica

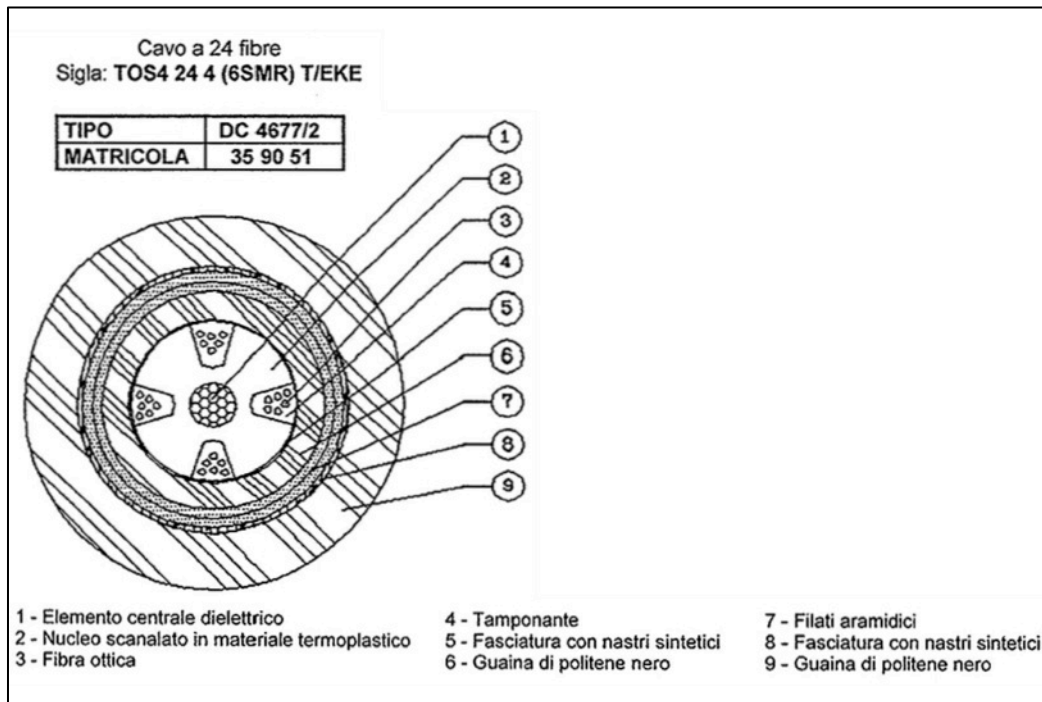



Figura 29: Esempio di cavo in fibra ottica esterno

FLUMINI MANNU	<i>Impianto Solare Termodinamico da 55 MWe "FLUMINI MANNU"</i>	
	<i>Progetto Preliminare Opere di Connessione alla RTN Relazione Tecnico-Descrittiva</i>	

3.2. NUOVO STALLO LINEA AT IN CABINA PRIMARIA

Come scritto nel preventivo Enel sopracitato, le opere di connessione consistono nell'ampliamento del Quadro AT blindato in SF₆ di fabbricazione Siemens di tipo "145/170 SBE" interno alla Cabina Primaria "Villasor 2".

Tramite il nuovo quadro AT verrà immessa nella rete la potenza generata dalla centrale di produzione.

I quadri permettono di isolare sezioni di rete per gli interventi di manutenzione, per circoscrivere i danni in caso di guasto o limitare la propagazione dei disturbi nella rete.

Il nuovo stallo sarà dotato di terminazioni per la connessione in cavo (Figura 30).

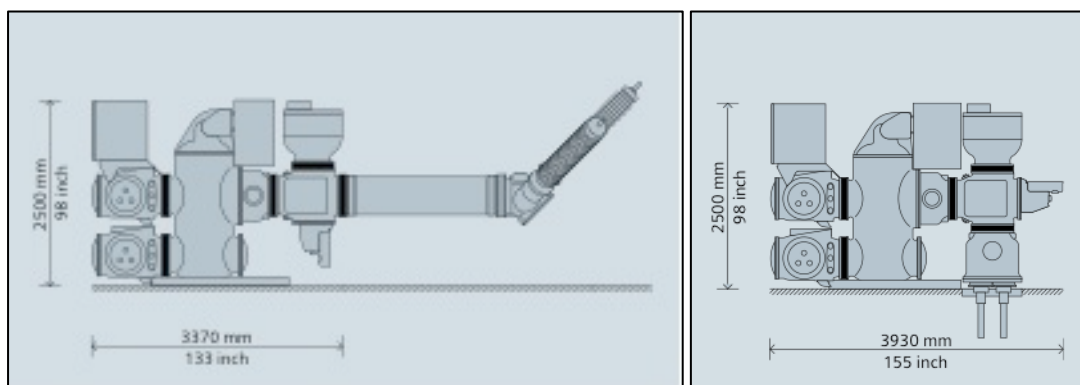



Figura 30: Stallo Siemens 170 kV con terminazione per linea aerea ed in cavo

Il nuovo stallo AT nella Cabina Primaria dovrà essere realizzato secondo le modalità e le condizioni contrattuali richieste da Enel Distribuzione nonché in conformità con le previsioni delle Deliberazioni dell'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas e delle norme CEI di riferimento.

Si ricorda infatti che la "Guida per le connessioni alla rete elettrica di Enel Distribuzione" è tuttora in fase di aggiornamento, in particolare nelle Sezioni G e J, rispettivamente relative a "Standard tecnici realizzativi degli impianti di rete per la connessione AT e MT" e "Impianti di connessione realizzati a cura del produttore – progettazione, esecuzione e collaudi".

Saranno, ad ogni caso, rispettate le prescrizioni dettate nella presente edizione

FLUMINI MANNU	Impianto Solare Termodinamico da 55 MWe "FLUMINI MANNU"	
	Progetto Preliminare Opere di Connessione alla RTN	
Relazione Tecnico-Descrittiva		

della "Guida per le Connessioni alla rete elettrica di Enel Distribuzione - Edizione 2.2" che per le sezioni in corso di aggiornamento resta tuttora valida.

Tutte le apparecchiature dovranno essere dimensionate per correnti nominali e di corto circuito calcolate di concerto con il Distributore stesso.

In data 08/08/2012 Enel Distribuzione ha comunicato la planimetria della Cabina Primaria di Villasor 2 e la tipologia di quadro AT necessario all'ampliamento.

Il quadro AT previsto è isolato in SF6 e prodotto dalla Siemens (Tipo 145/170 SBE).

Di seguito è riportata una porzione della planimetria della cabina in oggetto da cui è visibile l'area destinata al nuovo stallo.

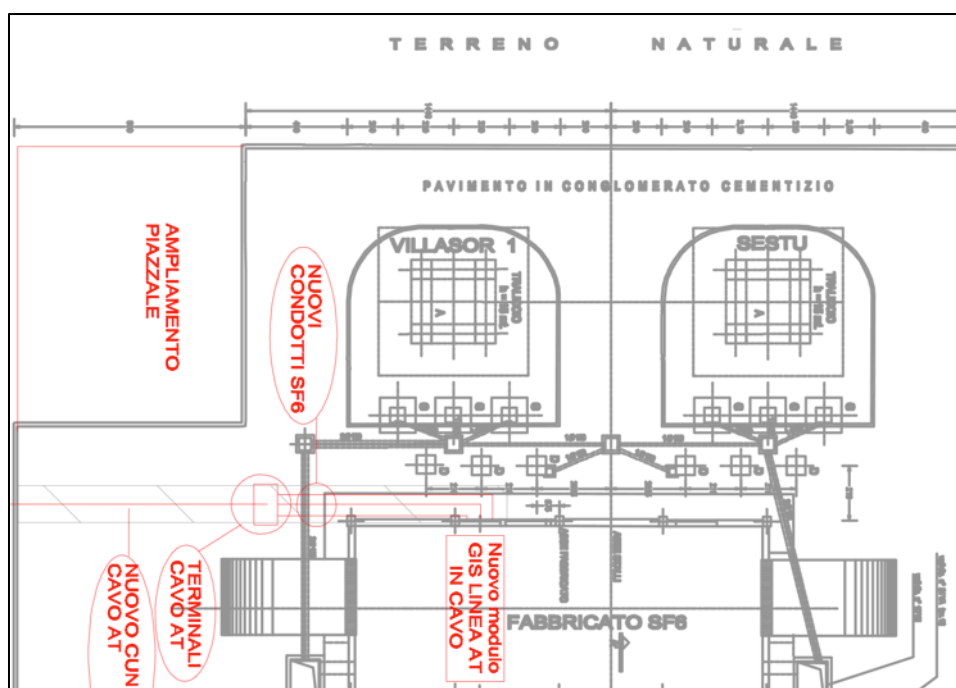


Figura 31: Porzione della planimetria della cabina Villasor 2 contenete l'area in cui è previsto il nuovo stallo

La stessa planimetria della cabina Villasor 2, dove sono evidenziate le variazioni suggerite da Enel Distribuzione ed il tracciato dell'elettrodotto proposto, è riportata integralmente a seguire (Figura 32).

Tale planimetria è anche presente fra gli elaborati cartografici allegati alla presente relazione ("Tav.B_04: Nuovo stallo su cabina primaria 150/15 kV – Villasor 2").

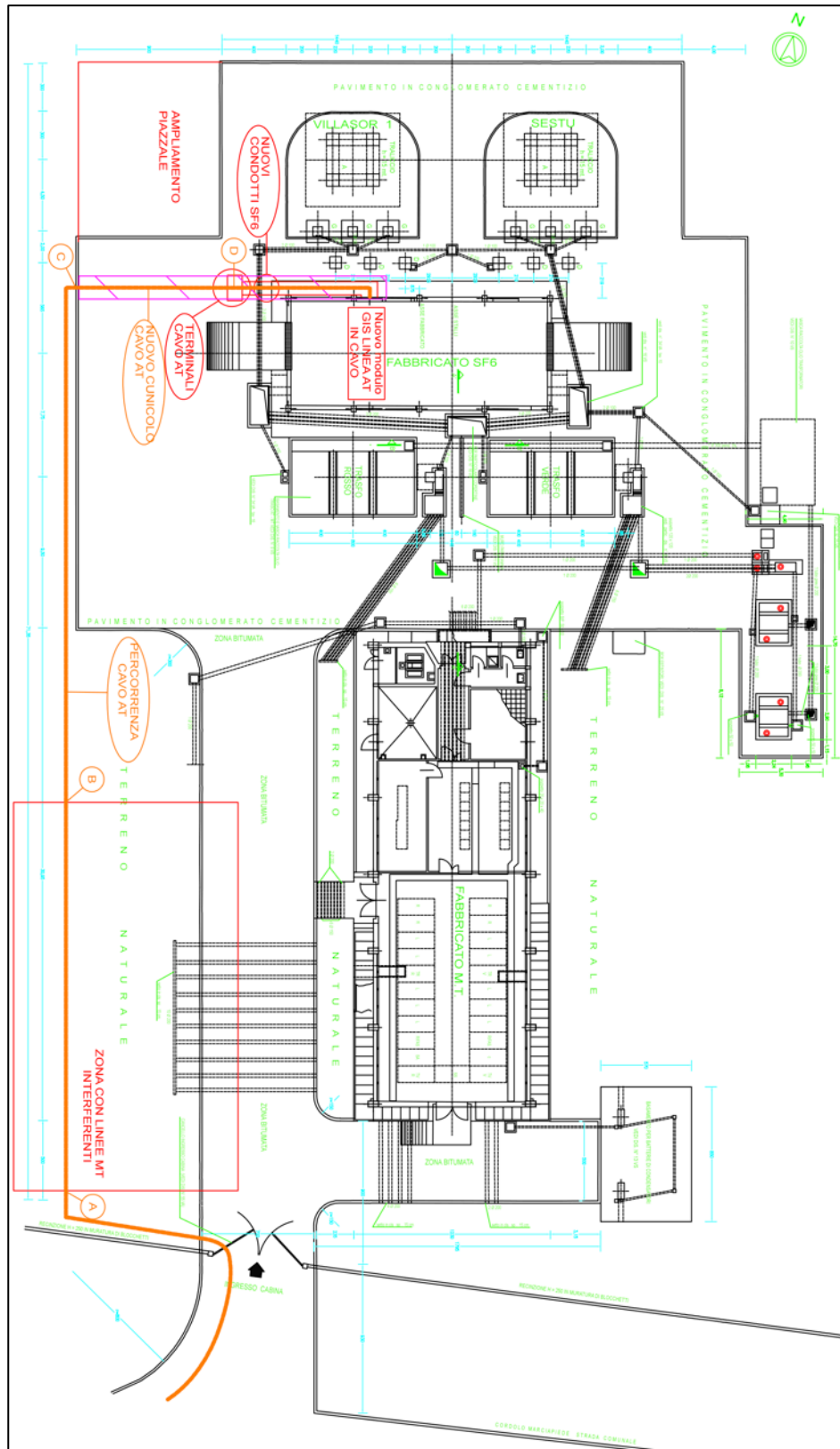



Figura 32: Planimetria della cabina Villazor 2 (nero) ed ampliamenti proposti (rosso e arancio)

FLUMINI MANNU	<i>Impianto Solare Termodinamico da 55 MWe "FLUMINI MANNU"</i>	
	<i>Progetto Preliminare Opere di Connessione alla RTN</i>	
	<i>Relazione Tecnico-Descrittiva</i>	

3.2.1. INTERFERENZE

Il percorso di posa dell'elettrodotto all'interno della stazione "Villasor 2" è evidenziato nella precedente Figura 32 in colore arancio.

Tale percorso è stato comunicato da Enel Distribuzione in data 08/08/2012 e costituisce il tracciato presunto all'interno della suddetta stazione.

Enel Distribuzione ha, inoltre, individuato una possibile area d'interferenza a pochi metri dall'imbocco dell'elettrodotto in stazione e visibile in Figura 32 e compresa tra i punti A e B.

Possibili interferenze sono state inoltre individuate dalla proponente a partire dal punto di ingresso del cavo AT nel cunicolo (punto C).

A seguito di un'analisi preliminare, poiché il cavo AT sarà percorso da una corrente generalmente inferiore a 200 A, non si ritiene che la terna di cavi interrati costituisca una fonte rilevante d'interferenza irradiata a bassa frequenza per l'adiacente lato MT di cabina.

Per evitare eventuali tensioni indotte dal lato MT di cabina, con conseguente riduzione anche dei disturbi irradiati, sarà possibile adottare una riduzione della distanza di posa tra i singoli conduttori ed eventualmente sostituire la posa in piano con posa a trifoglio.


Il cavo interrato consente la propagazione di sovratensioni dovute a fulminazione atmosferica.

Onde evitare o ridurre l'effetto dei disturbi condotti sulla Cabina Villasor 2 saranno installate protezioni contro le scariche atmosferiche nella cabina MT/AT interna alla centrale.


Il cavo non costituisce di per se un elemento a rischio fulminazione, esso però è un elemento che permette la propagazione di sovratensioni da fulminazione atmosferica a cui è soggetta la cabina elevatrice.

La riduzione di Interferenze ad alta frequenza sarà realizzata inserendo scaricatori nella cabina elevatrice e con la messa a terra degli schermi dell'elettrodotto ad ogni giunto.

Il sistema di trasmissione dati, affidato alla fibra ottica e interrato con la terna di cavi, garantisce immunità ai disturbi generati dalla cabina primaria Villasor 2.

FLUMINI MANNU	<i>Impianto Solare Termodinamico da 55 MWe "FLUMINI MANNU"</i>	
	<i>Progetto Preliminare Opere di Connessione alla RTN Relazione Tecnico-Descrittiva</i>	

Qualora tali accorgimenti non siano sufficienti, saranno presi ulteriori accortezze tali da limitare l'accoppiamento elettromagnetico tra le parti attive e per limitare gli effetti delle interferenze entro valori accettabili.

FLUMINI MANNU	<i>Impianto Solare Termodinamico da 55 MWe "FLUMINI MANNU" Progetto Preliminare Opere di Connessione alla RTN</i>	
	<i>Relazione Tecnico-Descrittiva</i>	

4. IMPATTI AMBIENTALI

4.1. RUMORE

Per quanto riguarda il cavidotto interrato, esso non è fonte di rumore.

Il nuovo stallo sarà inserito all'interno di una Cabina Primaria esistente.

4.2. CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI


Il campo elettromagnetico si può quantitativamente definire attraverso le proprietà con le quali esso si manifesta: il campo elettromagnetico è lo spazio entro il quale si manifestano le forze che determinano il fenomeno elettromagnetico.

I campi elettromagnetici possono variare con il tempo oppure rimanere costanti: quello costante non ha proprietà di propagarsi a grande distanza dalle sorgenti che l'hanno determinato ed è costituito da due entità indipendenti l'una dall'altra, il campo elettrico ed il campo magnetico; nel campo elettromagnetico variabile, invece, il campo elettrico e quello magnetico sono inscindibili l'uno dall'altro.

Le onde elettromagnetiche sono costituite da due grandezze elettriche, il "campo elettrico" e il "campo magnetico", che variano periodicamente nel tempo oscillando perpendicolarmente alla direzione della propagazione dell'energia, propagazione che avviene alla velocità della luce "c".

Una delle caratteristiche che differenziano la qualità della radiazione elettromagnetica è la rapidità dell'oscillazione effettuata dalle due grandezze elettriche dell'onda in un secondo: la frequenza "f" (la frequenza dei campi elettromagnetici costanti è uguale a zero).

Tale grandezza viene espressa in Hertz (Hz), tanto maggiore è la frequenza tanto minore sarà la lunghezza d'onda λ , cioè la distanza fra due creste dell'onda: vale infatti la relazione " $f=c/\lambda$ ".

FLUMINI MANNU	<i>Impianto Solare Termodinamico da 55 MWe "FLUMINI MANNU"</i>	
	<i>Progetto Preliminare Opere di Connessione alla RTN Relazione Tecnico-Descrittiva</i>	

Si chiama "spettro" del campo elettromagnetico l'insieme continuo delle sue frequenze; i campi elettromagnetici di cui tratta la normativa comunitaria e nazionale (radiazioni non ionizzanti) hanno uno spettro compreso fra 0 Hz e 300 GHz e possono essere suddivisi in basse frequenze (da 0 a 10 kHz) e alte frequenze (da 10 kHz a 300 GHz).

Per frequenze fino a 10 kHz, i campi possono considerarsi "quasi statici", inoltre, le onde fino a 300 GHz sono radiazioni non ionizzanti poiché la loro energia è sempre minore di quella necessaria per "strappare" un elettrone da un atomo.

Nel campo delle bassissime frequenze (extremely low frequencies ELF), quali quelle per il trasporto e l'utilizzo dell'energia elettrica in corrente alternata (50 Hz), l'effetto predominante è l'induzione di correnti elettriche all'interno delle cellule, del tutto simili alle correnti interne (endogene) che regolano le funzioni degli organismi viventi, come la trasmissione degli impulsi nervosi.

Altro elemento che caratterizza le onde elettromagnetiche è l'intensità: l'intensità dell'onda è determinata dall'ampiezza del campo elettrico "E" [V/m] e di quello magnetico "H" [A/m], invece di individuare separatamente le due grandezze si può utilizzare un'unica grandezza che è la densità di potenza [W/m²].

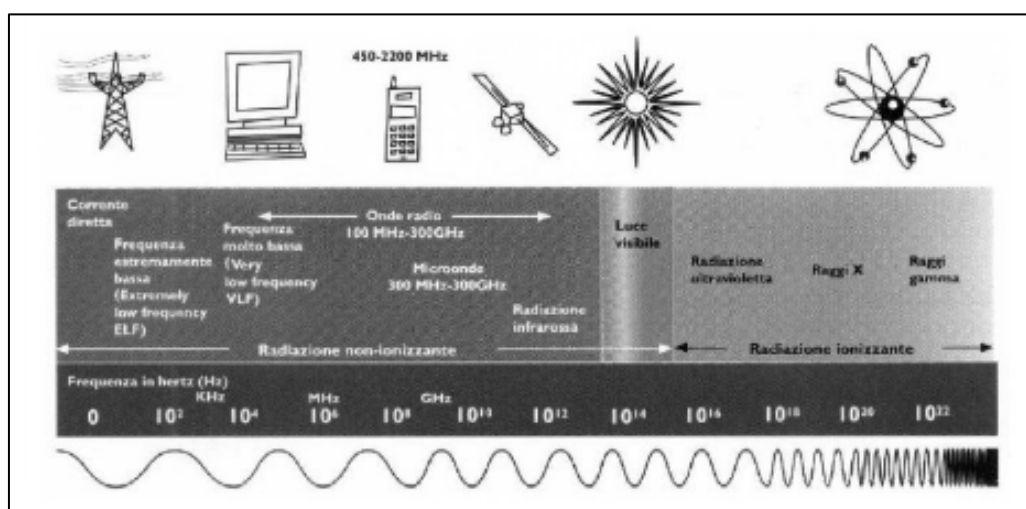



Figura 33: Spettro elettromagnetico

FLUMINI MANNU	<i>Impianto Solare Termodinamico da 55 MWe "FLUMINI MANNU" Progetto Preliminare Opere di Connessione alla RTN</i>	
	<i>Relazione Tecnico-Descrittiva</i>	

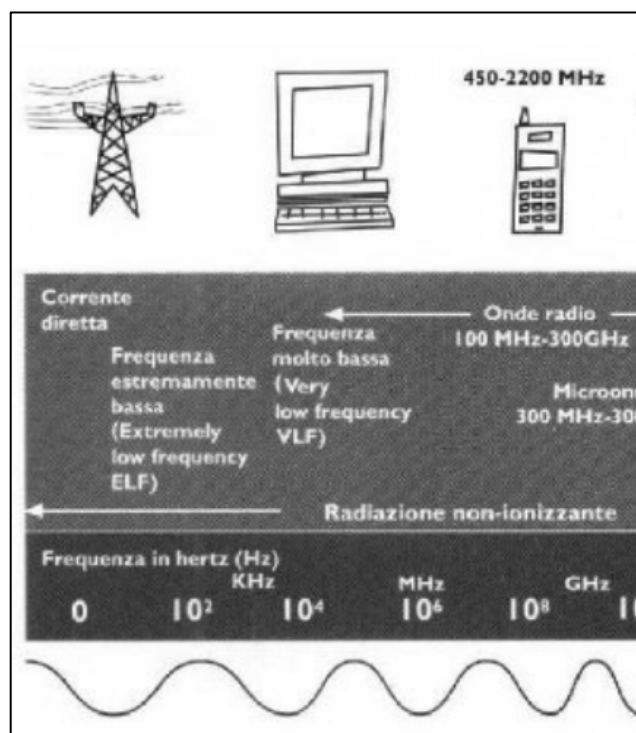


Figura 34: Spettro Elettromagnetico – Corrente diretta


Gli effetti magnetici di induzione sono influenzati dalla natura del mezzo di propagazione/interazione, cioè dalla permeabilità μ : al campo magnetico H si associa l'induzione magnetica $B(=\mu x H)$ espressa in Tesla [T].

Il campo elettrico dipende dalla tensione ed è facilmente schermato (muri, alberi...), il campo magnetico dipende dalla corrente e generalmente attraversa gli ostacoli.

Il valore dei campi elettrico e magnetico, ovvero della densità di potenza, decresce rapidamente allontanandosi dalla sorgente di emissione: la propagazione dell'onda elettromagnetica si attenua, infatti, con il quadrato della distanza.

L'elettrodotto è l'insieme delle tecnologie preposte al trasporto, trasformazione e distribuzione dell'energia elettrica alla frequenza di 50 Hz; il trasporto dell'energia elettrica è effettuato utilizzando tensioni elevate e correnti relativamente basse al fine di ridurre le perdite energetiche per effetto Joule (proporzionali al quadrato della corrente).

A causa della bassa frequenza le linee degli elettrodotti non irradiano un campo elettromagnetico, ma generano separatamente un campo elettrico ed un campo

FLUMINI MANNU	Impianto Solare Termodinamico da 55 MWe "FLUMINI MANNU"	
	Progetto Preliminare Opere di Connessione alla RTN Relazione Tecnico-Descrittiva	

magnetico.

Il campo elettrico è proporzionale alla tensione, poiché la tensione delle linee è costante il campo elettrico da esse prodotto diminuisce molto rapidamente con la distanza dalla linea.

Il campo magnetico generato da un elettrodotto dipende dalla corrente trasportata, cioè dalle condizioni di carico della linea (nel caso di un impianto di produzione di energia elettrica, maggiore sarà la produzione, maggiore sarà la corrente trasportata essendo la tensione costante).

Il campo magnetico, misurato in termini di induzione magnetica, sarà maggiore nei momenti di maggiore produzione, ma anch'esso diminuisce molto rapidamente con la distanza dalla linea.

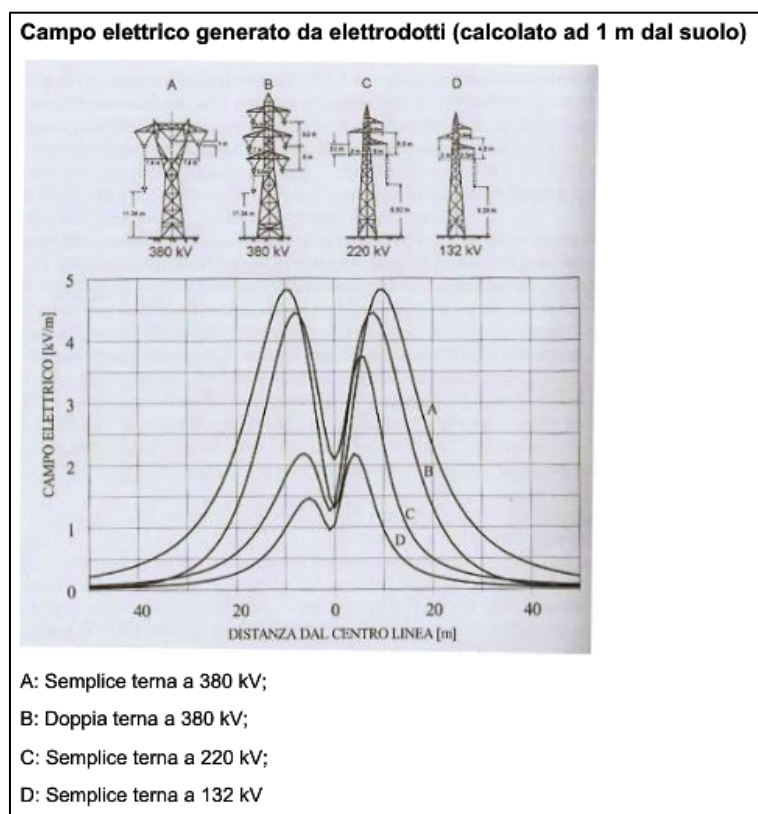


Figura 35: Campo Elettrico generato da un elettrodotto aereo nelle configurazioni tipiche e valutato ad 1 metro dal suolo

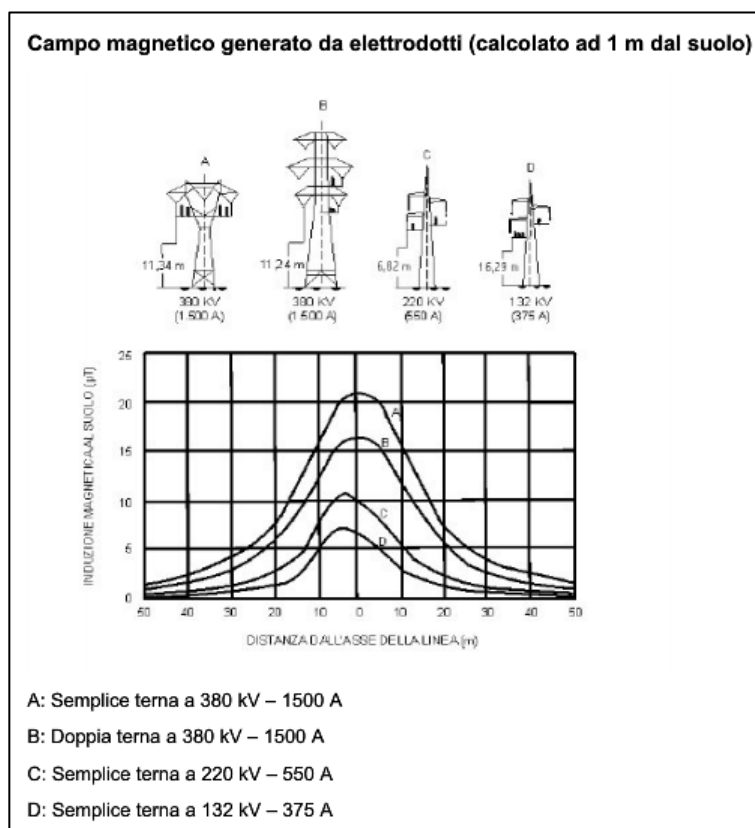


Figura 36: Campo Magnetico generato da un elettrodotto aereo nelle configurazioni tipiche e valutato ad 1 metro dal suolo


Tra le soluzioni tecniche individuate per la riduzione dei problemi di esposizione a campi elettromagnetici, c'è da segnalare l'adozione di linee elettriche a cavo interrato, scelta del progetto in oggetto.

Il campo elettrico viene schermato dal terreno, mentre la possibilità di avere un'induzione magnetica più bassa per la linea elettrica in cavo è dovuta alla vicinanza dei cavi stessi che, essendo isolati, possono essere accostati l'uno all'altro, cosa non possibile nelle linee aeree.

Un'ulteriore riduzione si ottiene disponendo i cavi non allineati tra loro, ma a triangolo (posa a trifoglio).

Il costo di un cavo interrato per linee ad alta tensione può variare da 3 a 10 volte in più del costo della linea aerea costituita da conduttori nudi, ma i guadagni sono in termini di impatto visivo e di riduzione dei valori del campo elettromagnetico e di conseguente inquinamento elettromagnetico.

Per quanto riguarda le bassissime frequenze, ELF, gli effetti acuti (o a breve termine) si manifestano per livelli di campo centinaia di volte più alti di quelli

FLUMINI MANNU	<i>Impianto Solare Termodinamico da 55 MWe "FLUMINI MANNU"</i>	
	<i>Progetto Preliminare Opere di Connessione alla RTN Relazione Tecnico-Descrittiva</i>	

riscontrati quotidianamente, gli effetti possono determinare stimolazioni del sistema nervoso e visivo se la densità di corrente indotta nelle cellule e nei tessuti supera la soglia di eccitabilità.

A titolo di esempio si riporta nella seguente tabella il confronto fra i valori tipici delle correnti indotte (ossia il movimento di cariche prodotto per effetto dell'esposizione a campi elettrici e magnetici variabili nel tempo) circolanti nel corpo umano nel caso di permanenza al di sotto di una linea elettrica oppure in vicinanza di un elettrodomestico.

Si evince che l'intensità indotta in un individuo che si trovi al di sotto di una linea elettrica sia confrontabile con quelle indotte a causa della sua vicinanza a un elettrodomestico, o dal contatto con un apparato non perfettamente funzionante dal punto di vista elettrico.


La soglia di sensibilità, rilascio e fibrillazione risultano di ordini di grandezza superiori ai valori di ordinaria esposizione.

Per quanto riguarda l'esposizione a lungo termine, da una ventina d'anni viene indagata l'esistenza di possibili effetti sanitari, con particolare attenzione alla componente magnetica.

Sulla base delle attuali conoscenze possono essere tratte le seguenti indicazioni:

- dopo innumerevoli ricerche non sono emerse evidenze concrete che i livelli di campo elettrico e magnetico riscontrati abitualmente rappresentino un reale danno per la salute;
- il rischio connesso ai normali livelli di esposizione, qualora ne fosse confermata l'esistenza, non potrebbe che essere molto basso.

In ogni caso, i rischi sopra riportati sono superati dalla scelta progettuale di specie, in quanto con l'interramento del cavo vengono meno tutti i possibili effetti nocivi tipici delle linee aeree.

FLUMINI MANNU	<i>Impianto Solare Termodinamico da 55 MWe "FLUMINI MANNU"</i> <i>Progetto Preliminare Opere di Connessione alla RTN</i>	
	<i>Relazione Tecnico-Descrittiva</i>	

4.2.1. RICHIAMI NORMATIVI

Le linee guida per la limitazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici variabili nel tempo ed ai campi elettromagnetici sono state indicate nel 1998 dalla ICNIRP (Commissione Internazionale per la Protezione dalle Radiazioni Non Ionizzanti).


Il 12/07/1999 il Consiglio dell'Unione Europea (UE) ha emesso una Raccomandazione agli Stati Membri allo scopo di definire il livello di protezione della popolazione dai campi elettromagnetici, basata sui dati scientifici esistenti, confermando le linee guida dell'ICNIRP.

In seguito, nel 2001, dopo una ulteriore analisi della letteratura scientifica, un Comitato di esperti della Commissione Europea ha confermato l'applicazione delle linee guida suddette.

Lo Stato Italiano ha provveduto al riordino della normativa in materia allora vigente emanando la Legge quadro 36/2001 e procedendo all'individuazione dei seguenti tre livelli di esposizione della popolazione a campi elettrici e magnetici con frequenze comprese tra 0 Hz e 300 GHz (art.3):

- *limite di esposizione* il valore di campo elettromagnetico da osservare ai fini della tutela della salute da effetti acuti;
- *valore di attenzione*, come quel valore del campo elettromagnetico da osservare quale misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine;
- *obiettivo di qualità* come criterio localizzativo e standard urbanistico, oltre che come valore di campo elettromagnetico ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione.


La legge quadro italiana (36/2001) è stata emanata adottando misure più restrittive di quelle indicate dagli Organismi internazionali - mentre tutti i paesi dell'Unione Europea hanno accettato il parere del Consiglio della UE - malgrado che le raccomandazioni del Consiglio dell'Unione Europea del 12/07/1999 sollecitassero gli Stati membri ad utilizzare le linee guida internazionali stabilite dall'ICNIRP.

FLUMINI MANNU	<i>Impianto Solare Termodinamico da 55 MWe "FLUMINI MANNU"</i>	
	<i>Progetto Preliminare Opere di Connessione alla RTN Relazione Tecnico-Descrittiva</i>	

Il DPCM 08/07/2003 "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" ha definito il limite di esposizione in 100 microtesla (μT) per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico; ha stabilito il valore di attenzione di 10 μT , 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; ha fissato, quale obiettivo di qualità, da osservare nella progettazione di nuovi elettrodotti, il valore di 3 μT .

E' stato altresì esplicitamente chiarito che tali valori sono da intendersi come mediana di valori nell'arco delle 24 ore, in condizioni normali di esercizio.

Si segnala come i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità stabiliti dal Legislatore italiano siano rispettivamente 10 e 33 volte più bassi di quelli internazionali.

FLUMINI MANNU	<i>Impianto Solare Termodinamico da 55 MWe "FLUMINI MANNU" Progetto Preliminare Opere di Connessione alla RTN</i>	
	<i>Relazione Tecnico-Descrittiva</i>	

4.3. CALCOLO DEL CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO

Le linee elettriche durante il loro normale funzionamento generano un campo elettromagnetico che decresce molto rapidamente allontanandosi dalla linea.

La normativa vigente scinde il contributo del campo elettrico e del campo magnetico, il primo è annullato dalla schermatura del cavo.

Il campo magnetico è proporzionale alla corrente che istantaneamente fluisce in ogni parte attiva.

L'elettrodotto in esame può essere valutato in prima analisi utilizzando la "Distanza di prima approssimazione (D.P.A.) da linee e cabine elettriche", definita dal DM 29.05.08 come la proiezione al suolo della fascia di rispetto oltre la quale il valore del campo magnetico è inferiore a $3 \mu\text{T}$.

La linea guida è realizzata in conformità alla norma CEI 211-4.

Secondo le Linee Guida di Enel Distribuzione, le DPA per cavi interrati disposti in piano o a trifoglio sono definite come nelle seguenti Figura 37 e Figura 38.

Per entrambe le condizioni di posa, la corrente considerata nel calcolo della DPA sottoriportata è di 1110 A e la tensione compresa fra 132-150 kV.

Ne consegue una DPA pari a 5,10 metri per la posa in piano e pari a 3,10 metri per la posa a trifoglio.

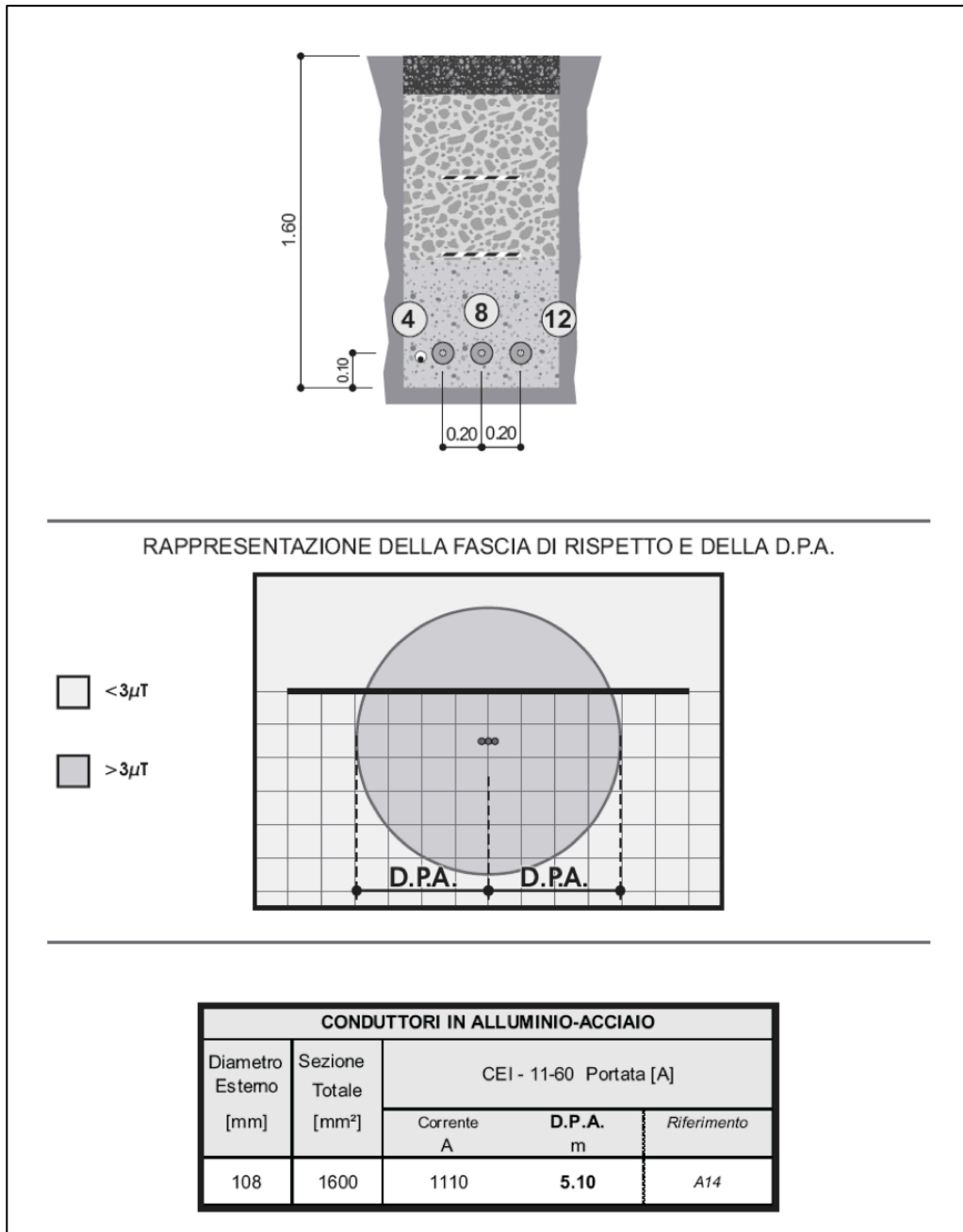


Figura 37: Rappresentazione della fascia di rispetto D.P.A. per cavi interrati disposti in piano

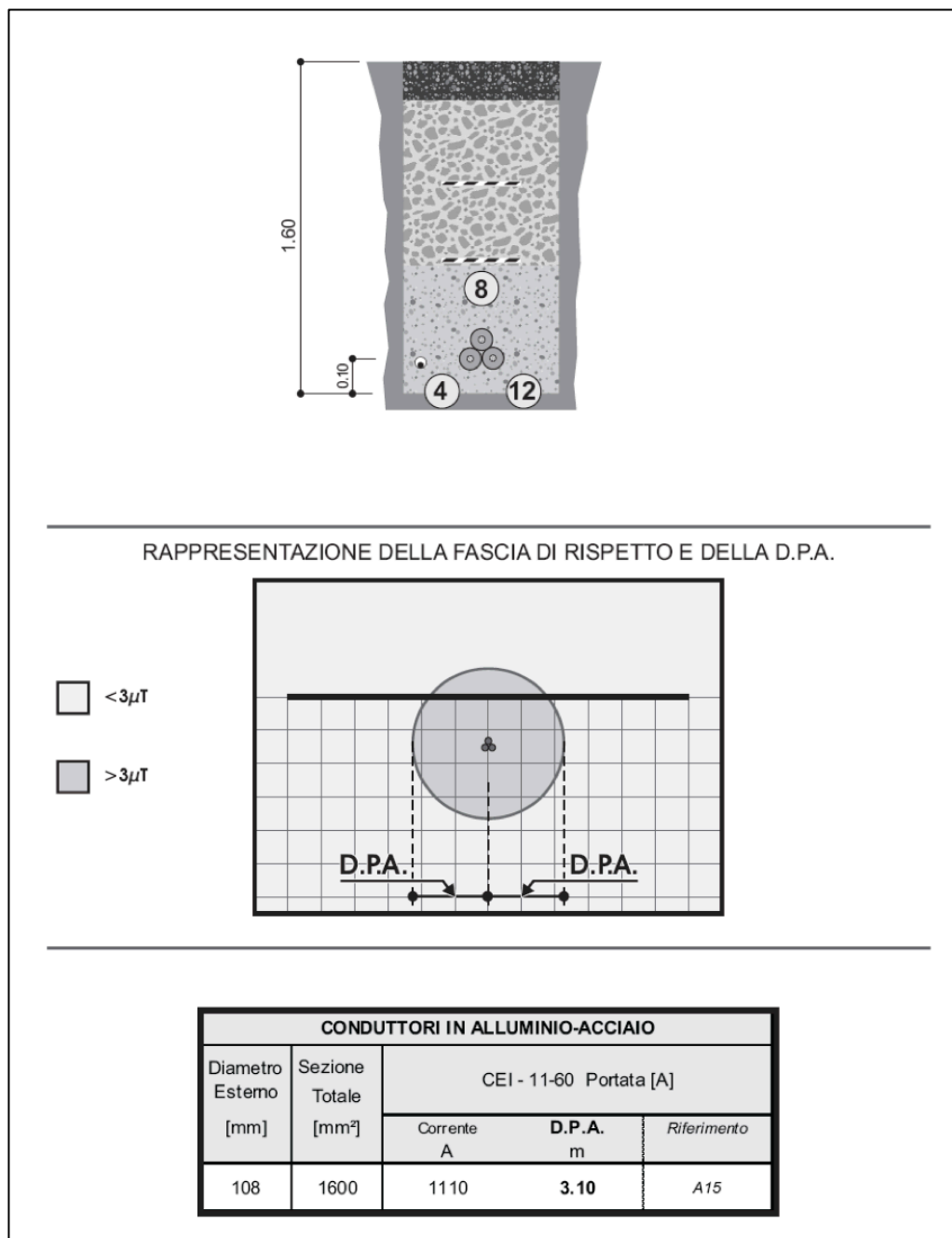



Figura 38: Rappresentazione della fascia di rispetto D.P.A. per cavi interrati disposti a trifoglio

Uno studio teorico più approfondito della fascia di rispetto dell'elettrodotto e delle cabine, qualora necessario, sarà svolto nella successiva fase di progettazione.

Anche per elettrodotti con capacità maggiori di quelle in oggetto, diversi studi evidenziano che il campo magnetico, calcolato ad 1 m dal suolo lungo i percorsi dei cavi interrati, risulta sempre inferiore ai limiti di esposizione (100 μT) ed alla

FLUMINI MANNU	<i>Impianto Solare Termodinamico da 55 MWe "FLUMINI MANNU"</i>	
	<i>Progetto Preliminare Opere di Connessione alla RTN Relazione Tecnico-Descrittiva</i>	

soglia di attenzione ($10 \mu\text{T}$) fissati dal DPCM 8 Luglio 2003, scendendo a livelli trascurabili (inferiori all'obiettivo di qualità di $3 \mu\text{T}$) già a pochi metri di distanza dall'asse dello scavo.


Si evidenzia, inoltre, che i percorsi dei cavi elettrici interrati non sono palesemente *"luoghi adibiti a permanenze continuative non inferiori a quattro ore giornaliere"*, per cui il valore di $3 \mu\text{T}$ posto come obiettivo di qualità dal DPCM stesso, anche se facilmente rispettabile, non deve essere applicato.

Per l'esigua potenza trasmessa dall'elettrodotto in oggetto (max 50 MW) in relazione alla tensione di esercizio dello stesso (150 kV), si hanno valori di corrente limitati: in condizioni di generazione di potenza attiva nominale la corrente risulta generalmente inferiore a 275 A (variabili a seconda del fattore di potenza).

Con tali valori di corrente, per entrambe le condizioni di posa presentate, in piano o a trifoglio, si ottiene una fascia di rispetto inferiore a 1,3 m, inferiore dunque alla profondità di posa dei cavi.

Nella cabina di trasformazione MT/AT e nella zona del generatore è stata individuata la distanza cautelativa di 10 m dal centro delle barre MT, oltre la quale, anche in questa fase di progettazione, si può affermare che il limite di qualità pari a $3 \mu\text{T}$ sarà rispettato.

Considerando il campo elettrico generato dalle parti attive interrate praticamente trascurabile, poiché annullato dallo schermo del cavo stesso, si riporta nel successivo paragrafo un calcolo più accurato del campo magnetico generato dall'elettrodotto.

FLUMINI MANNU	<i>Impianto Solare Termodinamico da 55 MWe "FLUMINI MANNU"</i> <i>Progetto Preliminare Opere di Connessione alla RTN</i>	
	<i>Relazione Tecnico-Descrittiva</i>	

4.3.1. METODOLOGIA DI CALCOLO

Il modello di calcolo adottato è la legge di BIOT-SAVART applicata a cavi rettilinei filiformi di estensione infinita percorsi da corrente.

Per questi il campo di induzione magnetica generato in un punto P dello spazio distante r [m] dal cavo è dato da:

$$\bar{B}(t, r) = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot I(t)}{2 \cdot \pi \cdot r} \hat{u}_I \times \hat{u}_r [T]$$

Dove:

$\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} [H/m]$ è la permeabilità magnetica nel vuoto;

μ_{r0} è la permeabilità relativa (1 per il terreno)

$I(t) [A]$ è la corrente che attraversa il conduttore, variabile nel tempo;

$r [m]$ è la distanza dal conduttore;

\hat{u}_I è il versore della corrente;

\hat{u}_r è il versore normale all'asse del conduttore.


Come suggerito dalla norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche", ai fini del calcolo, la linea elettrica, composta dalle varie fasi dei conduttori, verrà schematizzata come un insieme di conduttori tra loro paralleli, di estensione infinita e disposti parallelamente al terreno a varie profondità.

Il modello di calcolo adottato permette di valutare i campi magnetici in una qualsiasi sezione della linea, rendendo in tal modo il problema bidimensionale.

In altre parole assumendo come riferimento la seguente Figura 39, nel punto P, posto nella posizione (x;y) e distante rispettivamente d_i dall' i-esimo conduttore, il campo di induzione magnetica può essere valutato sfruttando il Principio di Sovrapposizione degli Effetti.

Si ricorda che il campo B è variabile nel tempo, con la stessa frequenza (50 Hz) della corrente che lo genera, pertanto si dovrebbe far riferimento al valore efficace così definito:

$$B_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_T [|\bar{B}_x|^2 + |\bar{B}_y|^2] dt [T]}$$

FLUMINI MANNU	Impianto Solare Termodinamico da 55 MWe "FLUMINI MANNU"	
	Progetto Preliminare Opere di Connessione alla RTN Relazione Tecnico-Descrittiva	

In misura cautelativa, si considera il valore massimo che esso può assumere nel periodo T .

Per quanto riguarda il comportamento magnetico del terreno, a meno che lo strato di copertura non contenga materiali ferromagnetici, questo si rivela a permeabilità magnetica relativa costante e pari a 1.

L'intensità di induzione magnetica B in un punto è direttamente proporzionale alla corrente trasportata e al numero di terne impiegate e inversamente proporzionale alla distanza e alla profondità di interramento.

Può essere contenuto se si passa da una terna in piano ad una terna a trifoglio (questo essenzialmente, perché nel caso a trifoglio, le fasi tra loro possono essere ravvicinate sensibilmente).

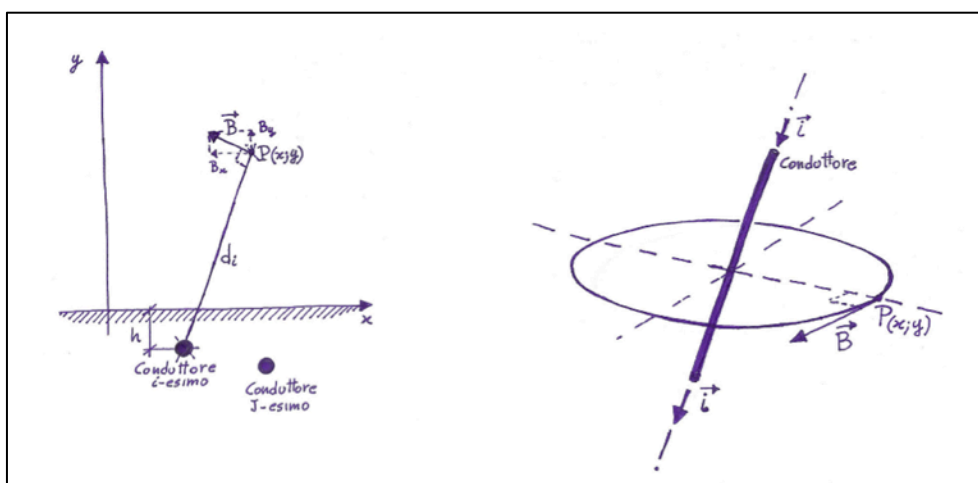



Figura 39: Schematizzazione campo di induzione magnetica B

Si è condotta quindi un'analisi dell'induzione magnetica generata da una terna posata in piano ad una profondità di 1,30 metri facendo variare la distanza fra le fasi.

La posa in piano, come già scritto, risulta la più sfavorevole dal punto di vista della compatibilità elettromagnetica.


Inoltre dai risultati ottenuti, si nota chiaramente come il valore dell'induzione magnetica diminuisca riducendo la distanza fra le fasi, per tale motivo la posa a trifoglio minimizza il campo generato.

I valori di induzione magnetica sono valutati, al variare della distanza, perpendicolare al terreno, dall'asse di simmetria dell'elettrodotto, nello specifico:

FLUMINI MANNU	<i>Impianto Solare Termodinamico da 55 MWe "FLUMINI MANNU" Progetto Preliminare Opere di Connessione alla RTN</i>	
	<i>Relazione Tecnico-Descrittiva</i>	

- a livello del suolo;
- a 1 m dal suolo;
- a 2 m dal suolo.

I valori ottenuti sono confrontati con il valore limite più stringente, ovvero 3 μ T (microTesla), indicato come obiettivo di qualità dal DPCM 08/07/2003, nonostante il limite attualmente in vigore sia ben più alto (100 o 10 μ T).

FLUMINI MANNU	<i>Impianto Solare Termodinamico da 55 MWe "FLUMINI MANNU"</i>	
	<i>Progetto Preliminare Opere di Connessione alla RTN Relazione Tecnico-Descrittiva</i>	

4.3.2. RISULTATI DELLE ANALISI

Per la posa in trincea sia con conduttori posti in piano sia con conduttori posti a trifoglio, il massimo dell'induzione magnetica si ha lungo il piano verticale che interseca l'asse di simmetria della terna di cavi.

Per tale configurazione e lungo il piano verticale che interseca l'asse di simmetria della terna di cavi, è cautelativamente riportato il valore d'induzione massima, anziché efficace.

1. CASO A: distanza tra le fasi 0,3 metri

Singola terna;

Potenza trasmessa: 50 MW

Fattore di potenza: 0,7 (assunzione cautelativa)

Valore efficace della corrente: 275 A

Profondità di interramento p: 1,3 m


CASO A		
Punto di misura	B [μT]	Obiettivo di Qualità [μT]
A livello del suolo	3,025	3
A 1 metri dal suolo	0,565	
A 2 metri dal suolo	0,193	

2. CASO B: distanza fra le fasi 0,2 metri

Singola terna;

Potenza trasmessa: 50 MW

Fattore di potenza: 0,7 (assunzione cautelativa)

FLUMINI MANNU	<i>Impianto Solare Termodinamico da 55 MWe "FLUMINI MANNU"</i>	
	<i>Progetto Preliminare Opere di Connessione alla RTN</i>	
<i>Relazione Tecnico-Descrittiva</i>		

Valore efficace della corrente: 275 A

Profondità di interramento p: 1,3 m

CASO B		
Punto di misura	B [μT]	Obiettivo di Qualità [μT]
A livello del suolo	1,383	3
A 1 metri dal suolo	0,254	
A 2 metri dal suolo	0,086	

3. CASO C: distanza fra le fasi 0,4 metri

Singola terna;


Potenza trasmessa: 50 MW

Fattore di potenza: 0,7 (assunzione cautelativa)

Valore efficace della corrente: 275 A

Profondità di interramento p: 1,3 m

CASO C		
Punto di misura	B [μT]	Obiettivo di Qualità [μT]
A livello del suolo	5,174	3
A 1 metri dal suolo	0,993	
A 2 metri dal suolo	0,341	

FLUMINI MANNU	<i>Impianto Solare Termodinamico da 55 MWe "FLUMINI MANNU"</i>	
	<i>Progetto Preliminare Opere di Connessione alla RTN Relazione Tecnico-Descrittiva</i>	


4.3.3. CONFRONTO CON I LIMITI DI ESPOSIZIONE PREVISTI

Dai risultati ottenuti si evince come il campo magnetico sia proporzionale alla distanza fra le fasi e come il limite di induzione e il valore di attenzione per le frequenze industriali (50 Hz) attualmente in vigore con il DPCM 08/07/2003 siano ampiamente rispettati a tutte le distanze considerate.

Addirittura, nel caso peggiore di distanza fra le fasi di 0,4 metri (CASO C), l'obiettivo di qualità di 3 μ T è rispettato già ad una distanza di 30 centimetri dal suolo.

Ciò conferma, quindi, quanto precedentemente scritto, ovvero che per l'elettrodotto in oggetto si può considerare una fascia di rispetto inferiore alla profondità di posa (1,30 metri).

Il campo magnetico e quello elettrico generati dall'elettrodotto possono essere considerati conformi alle disposizioni di legge, rientrando anche nell' "obiettivo di qualità" e pertanto non rappresentano un fattore di rischio.

FLUMINI MANNU	<i>Impianto Solare Termodinamico da 55 MWe "FLUMINI MANNU" Progetto Preliminare Opere di Connessione alla RTN</i>	
	<i>Relazione Tecnico-Descrittiva</i>	

5. CONCLUSIONI

Il calcolo del campo magnetico evidenzia i limitati valori di induzione magnetica. Si noti come alle distanze individuate, tali valori siano un ordine di grandezza inferiore dei limiti imposti da legge.

Inoltre essi risultano inferiori anche ai valori del campo magnetico terrestre, anche se quest'ultimo è sostanzialmente costante nel tempo.

In varie applicazioni domestiche si raggiungono valori ben più elevati (fino a 10^3 Tesla).

L'elettrodotto proposto, non solo è conforme alla normativa, ma è anche prossimo all'obiettivo di qualità ($3 \mu\text{T}$), così come definito dal DPCM 08/07/2003 "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".

In prima analisi la soluzione scelta non appare impattare in modo significativo sull'ambiente circostante.

Il rumore non presenta problematiche per l'opera proposta in quanto il cavo interrato non è fonte di inquinamento acustico.

In fase esecutiva verrà effettuato uno studio più approfondito di tutte le possibili interferenze ambientali citate.

A livello visivo la linea interrata non genera alcun tipo di cambiamento allo stato attuale dei luoghi.