

***Elettrodotto 380 kV semplice terna "S.E. Colunga – S.E. Calenzano"
e opere connesse***

Relazione attestante il rispetto della normativa vigente in materia di campi elettrici e magnetici per gli elettrodotti compresi nell'opera

Ottemperanza prescrizioni A20, A22.a, A22.b, C.ER.8, Art. 1.1a e Art. 1.1b



Storia delle revisioni

Rev. 01	16/05/2022	Recepimento osservazioni nota Emilia-Romagna prot. n. TERNA/A20220028662
Rev. 00	10/02/2022	Prima emissione

Elaborato	Verificato	Approvato
Salaro S. Mancuso C. Petteno M. RIT-REI ARIPD	Indiati F RIT-REI ARIPD	Scarietto S. RIT-REI ARIPD

INDICE

1	Premessa.....	4
2	Verifica della conformità dell'opera in materia di campo magnetico.....	6
2.3	Metodologia di verifica	6
2.4	Correnti di calcolo	7
2.4.1	Correnti di calcolo per la determinazione delle DPA/APA	7
2.4.2	Correnti di calcolo per le simulazioni tridimensionali	8
2.5	Distanza di Prima Approssimazione (DPA) ed Area di Prima Approssimazione (APA).....	9
2.5.1	Elettrodotti aerei.....	9
2.5.2	Cavo interrato	10
2.6	Calcoli tridimensionali del campo magnetico.....	11
2.6.1	Tratta 1-2	12
2.6.1.4	Recettore R001	13
2.6.1.5	Recettore R002.....	14
2.6.1.6	Recettore R003.....	15
2.6.2	Tratta 11-13	16
2.6.2.4	Recettore R004.....	16
2.6.3	Tratta 18-20	17
2.6.3.4	Recettore R005.....	17
2.6.3.5	Recettore R006.....	18
2.6.4	Tratta 21-23	19
2.6.4.4	Recettore R007.....	19
2.6.4.5	Recettore R008.....	20
2.6.4.6	Recettore R009.....	21
2.6.4.7	Recettore R10.....	22
2.6.5	Tratta 28-30	23
2.6.5.4	Recettore R0011-R012.....	23
2.6.6	Tratta 34-36	24
2.6.6.4	Recettore R0013-R0014.....	24
2.6.7	Tratta 47-48	25
2.6.7.4	Recettore R0015.....	25
2.6.8	Tratta 202- 204	26
2.6.8.4	Recettore R0016-R0017.....	26
2.6.9	Tratta 208 – 209.....	27
2.6.9.4	Recettore R0018.....	27
2.6.10	Tratta 210 – 212.....	28
2.6.10.4	Recettore R0019-R0020.....	29
3	Verifica della conformità dell'opera in materia di campo elettrico.....	30
3.3	Metodologia di verifica	30
3.4	Profili di campo elettrico.....	31
3.4.1	Sezione 380 kV	31
3.4.2	Sezione 220 kV	32

3.4.3	Sezione 132 kV	33
3.5	Approfondimento con simulazioni di campo elettrico su recettori rappresentativi	34
3.5.1	Metodologia di verifica	34
3.5.1.4	Studio Tratta P.1 – P.217	35
3.5.1.5	Approfondimenti - Tratta P.1 – P.217 – simulazione su recettori rappresentativi	36
3.5.1.6	Tratta P.218 – P.230	38
3.5.1.7	Approfondimenti - Tratta P.218 – P.230 - simulazione su recettore rappresentativo	40
3.5.1.8	Tratta P.230 – P.232	41
4	Conclusioni	42
5	Allegati	42
	ANNESSE 1 - Calcolo DPA di sostegni per linee elettriche aeree	43
	ANNESSE 2 – Calcolo DPA per linee elettriche in cavo interrato	71

1 Premessa

L'opera denominata "Elettrodotto a 380 kV in semplice terna tra l'esistente stazione elettrica di Colunga e di Calenzano ed opere connesse", ha ottenuto l'autorizzazione alla costruzione e all'esercizio con Decreto del Ministero dello Sviluppo Economico n. 239/EL-173/324/2020 del 24/11/2020 al quale è allegato il giudizio di compatibilità ambientale positivo, con prescrizioni, espresso dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, di concerto con il Ministero per i Beni e le Attività Culturali, (Decreto di Compatibilità Ambientale D.M. n. 0000275 del 17/11/2014). La compatibilità ambientale è subordinata al rispetto delle prescrizioni in esso riportate, comprese quelle dei pareri della Regione Toscana (Delibera Giunta Regionale Toscana 1056 del 26/11/2012) e della Regione Emilia Romagna (Delibera Giunta Regionale Emilia Romagna 1735 del 19/11/2012).

Il presente studio (e relativi allegati) è stato redatto in ottemperanza alla **prescrizione A22** del Decreto di compatibilità ambientale DM 275 del 17/11/2014. Sono inoltre correlate le prescrizioni A20, C.ER.8, Art1.1a e Art1.1b

Di seguito il testo della prescrizione A22:

cod.	Prescrizione
A22	<p><i>In fase di progettazione esecutiva degli interventi previsti dal progetto (nuovi elettrodotti aerei, interramenti, nuova SE Futa) dovranno essere redatti:</i></p> <p>a) <i>un apposito studio che attesti la conformità dell'opera al vincolo determinato dalla fascia di rispetto ai sensi di quanto stabilito dalla legge 36/2001; non potrà pertanto essere ritenuto conforme a norma di legge un tracciato tale che la fascia di rispetto che lo caratterizza, determinata secondo le modalità previste dal DM 29/05/2008, comporti interferenza con recettori quali definiti dalla medesima legge 36/2001, art 4 comma 1 lettera h; e il rispetto dei limiti di esposizione e degli obiettivi di qualità fissati dal DPCM 08/07/2003.</i></p> <p>b) <i>un apposito studio che attesti il rispetto dei limiti di esposizione al campo elettrico. Lo studio dovrà comprendere una analisi organica dell'esposizione della popolazione residenziale ai campi elettrici soprattutto in quota, in vicinanza dei conduttori e in prossimità di edifici di altezza consistente e/o in prossimità di eventuali forti dislivelli del terreno.</i></p> <p><i>Detti studi dovranno essere trasmessi alle ARPA competenti al fine di verificare l'eventuale presenza di luoghi a permanenza non inferiore a quattro ore. Se dalla verifica della compatibilità elettromagnetica del tracciato dovesse scaturire la necessità di una o più varianti esse dovranno essere sottoposte a valutazione da parte del MATTM ai sensi dell'art.20 del D.Lgl 152/2006 e s.m.i..</i></p>

E delle prescrizioni correlate:

cod.	Prescrizione
A20	<p><i>Per quanto riguarda i cavi interrati in fase di progettazione esecutiva dovrà essere data preferenza alla disposizione a trifoglio e dovrà essere presentato un progetto di dettaglio al fine di evidenziare i recettori sensibili e le eventuali misure necessarie per mitigare gli impatti.</i></p>
C.ER.8	<p><i>Si prescrive il rispetto dei limiti di riferimento dell'obiettivo di qualità, fissato nel DPCM 8 luglio 2003, in 3 microTesla.</i></p>

<p>Art.1.1 Decreto DVA- R0000153 del 22/05/2017</p>	<p><i>In fase di progettazione esecutiva degli interventi previsti dal progetto dovrà essere redatto un apposito studio che attesti:</i></p> <p>a) <i>la conformità dell'opera al vincolo determinato dalla fascia di rispetto ai sensi di quanto stabilito dalla Legge 36/2001; non potrà pertanto essere ritenuto conforme a norma di legge un tracciato tale che la fascia di rispetto che lo caratterizza, determinata secondo le modalità previste dal DM 29/05/2008, comporti interferenza con recettori quali definiti dalla medesima Legge 36/2001, articolo 4, comma 1, lettera h;</i></p> <p>b) <i>il rispetto dei limiti di esposizione e degli obiettivi di qualità fissati dal DPCM 8/07/2003.</i></p> <p><i>Lo studio (a) e b)) dovrà essere trasmesso all'ARPA Toscana ed ai Comuni interessati dal progetto, i quali dovranno verificare l'eventuale presenza di luoghi a permanenza non inferiore a quattro ore. Se dalla verifica della compatibilità elettromagnetica del tracciato dovesse scaturire la necessità di una o più varianti significative, esse dovranno essere sottoposte preventivamente a Verifica di Assoggettabilità a VIA (ex art. 20 del D.Lgs.152/2006 e ss.mm.ii.) e da ciò potranno scaturire ulteriori conseguenti prescrizioni.</i></p>
---	---

In particolare, la presente relazione ha lo scopo di verificare, per l'opera in progetto (esclusa la nuova SE Futa – oggetto di altro studio dedicato), il rispetto della legge 36/2001 nonché dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità, sui campi elettrici e magnetici, stabiliti dal D.P.C.M dell'8 Luglio 2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti".

I valori sovra citati sono i seguenti:

- **Limite di esposizione: 100 μ T** per l'induzione magnetica e **5 kV/m** per il campo elettrico, intesi come valori efficaci;
- **Valore di attenzione: 10 μ T** per l'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio, da osservare negli ambienti abitativi, nelle aree gioco per l'infanzia, nelle scuole ed in tutti quei luoghi dove si soggiorna per più di quattro ore al giorno;
- **Obiettivo di qualità: 3 μ T** per l'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio, che deve essere rispettato nella progettazione dei nuovi elettrodotti in corrispondenza degli ambienti e delle aree definiti al punto precedente e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazione elettriche esistenti.

Tali valutazioni sono state effettuate nel pieno rispetto del D.P.C.M. dell'8 Luglio 2003, nonché della "Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti", approvata con DM 29 maggio 2008 (pubblicato in G.U. n. 156 del 05/07/2008 – Supplemento Ordinario n. 160).

Si precisa che, la parte di elettrodotto in doppia terna che va dal sostegno 218 alla SE di Calenzano, è stata ampiamente trattata nella procedura di Verifica di Assoggettabilità a VIA e successiva Verifica di Ottemperanza per la prescrizione di cui all'Art.1.1, proprio in merito ai valori di campo magnetico nell'area di Calenzano, conclusasi con esito positivo del DM 0000153 del 22/05/2017. Per tale motivo, al fine di dimostrare il rispetto della normativa in materia di campo magnetico nella tratta in doppia terna, è stato allegato alla presente relazione l'elaborato doc. n. B7012040_03 "Elettrodotto 380 kV semplice terna "S.E.

Colunga - S.E. Calenzano” in progetto - calcolo, con modello tridimensionale, dell’induzione magnetica generata dall’elettrodotto in progetto e da un loop passivo, nel tratto in doppia terna e in ingresso alla S.E. di Calenzano. Revisione 3 del 12/06/2017”.

2 Verifica della conformità dell’opera in materia di campo magnetico

2.3 Metodologia di verifica

Ai fini dell’individuazione dei limiti entro i quali deve essere verificato il rispetto dell’*obiettivo di qualità*, così come definito nel D.P.C.M. dell’8 Luglio 2003, si è provveduto ad effettuare il calcolo delle *fasce di rispetto*.

Per “fasce di rispetto” si intendono quelle definite dalla Legge 22 febbraio 2001 n. 36, ovvero il volume racchiuso dalle curve isolivello a 3 microtesla, all’interno delle quali non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario, ovvero un uso che comporti una permanenza superiore a 4 ore, da determinare in conformità alla metodologia di cui al D.P.C.M. 08/07/2003.

Tale DPCM prevede (art. 6 comma 2) che l’APAT (ora ISPRA), sentite le ARPA, definisca la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto con l’approvazione del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.

Con Decreto 29 maggio 2008 (pubblicato in G.U. n. 156 del 05/07/2008 – Supplemento Ordinario n. 160) il Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ha approvato la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti.

La procedura che è stata adottata, per la verifica della conformità dell’opera in materia di campi magnetici, è quella che si riporta di seguito:

- 1) Sono state valutate le correnti di calcolo da applicare alle linee aeree ed alle linee in cavo interrato (per il dettaglio vedere par. 2.2);
- 2) Sono state calcolate le DPA e le APA, così come meglio definite nel par. 2.3, e sono state riportate in planimetria su base CTR, in scala 1:5000 per le linee aeree e in scala 1:2000 per i cavi interrati (per il dettaglio vedere la planimetria allegata doc. n. DEDR04002C2263510);
- 3) Sulla planimetria di cui sopra, sono stati individuati una serie di recettori¹ ricadenti all’interno delle APA;
- 4) Per ognuno dei recettori individuati, è stato eseguito un calcolo tridimensionale, attraverso il quale è stato possibile verificare il non superamento dell’obiettivo di qualità, nel punto del recettore più vicino all’elettrodotto.

¹ Per “recettore” si intende un luogo rientrante nella definizione di cui all’art. 4 “Obiettivo di qualità” del DPCM 08/07/3003: ambienti abitativi, ambienti scolastici e luoghi adibiti a permanenza non inferiore alle 4 ore giornaliere.

2.4 Correnti di calcolo

2.4.1 Correnti di calcolo per la determinazione delle DPA/APA

Elettrodotti aerei

Come indicato all'Art. 5.1.1 del Decreto 29 maggio 2008, nei calcoli delle DPA/APA, è stata utilizzata la portata in corrente in servizio normale definita dalla norma CEI 11-60, riferita alla zona climatica di interesse per il periodo freddo. La norma CEI 11-60 fissa dei valori di corrente determinati per un conduttore detto di riferimento².

Poiché il progetto rientra nella zona climatica B (norma CEI 11-4) la portata in corrente del conduttore di riferimento nel periodo freddo è pari a:

- 770 A per il livello di tensione a 380 kV
- 710 A per il livello di tensione a 220 kV
- 675 A per il livello di tensione a 132 kV

Elettrodotti in cavo interrato

Come indicato all'Art. 5.1.1 del Decreto 29 maggio 2008, nei calcoli delle DPA, è stata utilizzata la portata in regime permanente definita dalla norma CEI 11-17.

Tabella riepilogativa con correnti utilizzate nel calcolo delle DPA/APA per gli interventi in progetto

	Conduttori per fase		Corrente [A]	Tipologia	Codice intervento
	n°	Tipo			
Collegamenti 380KV					
380KV Colunga – Calenzano	3	ACSR 31.5	2310	Linea aerea semplice terna	A1
380KV Bargi – Calenzano	3	ACSR 31.5	2310	Linea aerea in semplice terna da 71a a 218 e in doppia terna con linea Colunga-Calenzano da 218 a SE Calenzano	A1
380KV Calenzano-Suvereto/Marginone	3	ACSR 31.5	2310	Linea aerea doppia terna	M
Collegamenti 220KV					
220kV Bussolengo – Colunga	1	XLPE Cu 1200	1000	Cavo interrato semplice terna	C
Collegamenti 132kV					
132kV Colunga – Ravenna C.	1	XLPE Cu 1200	1000	Cavo interrato semplice terna	B
132kV Barberino – Calenzano	1	XLPE Cu 1200	1000	Cavo interrato semplice terna	D1
132kV Calenzano – Vaiano all.	1	XLPE Cu 1200	1000	Cavo interrato semplice terna	E1
132kV Varianti su linea "Colunga CP - Querceto CP"	1	ACSR 31.5	675	Linea aerea semplice terna	F
	1	XLPE Cu 1200	1000	Cavo interrato semplice terna	

² Il conduttore di riferimento è un conduttore in corda di alluminio-acciaio del diametro D=31.50mm, sezione 585,30mm² e formazione 54X3.50mm+19X2.10mm.

132kV Varianti su linea "Querceto – Firenzuola all"	1	ACSR 31.5	675	Linea aerea semplice terna	G
	1	XLPE Cu 1200	1000	Cavo interrato semplice terna	
132kV Raccordi aerea alla SE Futa	1	ACSR 31.5	675	Linea aerea semplice terna	H, J, K, L

Tabella riepilogativa con correnti utilizzate per gli elettrodotti esistenti, nel calcolo delle APA nei tratti interferenti con gli elettrodotti in progetto

	Conduttori per fase		Corrente	Tipologia	Note su interferenza
	n°	Tipo	[A]		
Collegamenti 380KV					
380KV Martignone - Colunga	3	ACSR 31.5	2310	Linea aerea semplice terna	Area Colunga
380KV Forlì Oraziana - Colunga	3	ACSR 31.5	2310	Linea aerea semplice terna	Area Colunga
380kV Calenzano-Suvereto/Marginone	3	ACSR 31.5	2310	Linea aerea doppia terna	Area Calenzano
380KV Calenzano - Casellina	3	ACSR 31.5	2310	Linea aerea semplice terna	Area Calenzano
Collegamenti 132kV					
132kV Colunga CP-Querceto CP	1	ACSR 31.5	675	Linea aerea semplice terna	Parallelismi con 380kV in varie tratte
132kV Imola RT-S.Viola	1	ACSR 19.38	360	Linea aerea semplice terna	Incrocio con 380kV in prossimità del sostegno 7
132kV Roncobilaccio-Roncobilaccio al	1	ACSR 31.5	675	Linea aerea semplice terna	Incrocio con 380kV in prossimità della campata 139-140
132kV Barberino-Vaiano CP	1	ACSR 22.8	570	Linea aerea semplice terna	Incrocio con 380kV in prossimità del sostegno 178
132kV Barberino-Santa Lucia Al.	1	ACSR 26.9	684	Linea aerea semplice terna	Incrocio con 380kV in prossimità del sostegno 188 e parallelismo in area Calenzano
132kV Rifredi RT-Vaiano Al	1	ACSR 22.8	570	Linea aerea semplice terna	Incrocio con 380kV in prossimità della campata 211-212
132kV Santa Lucia Al-Calenzano (ex Barberino-Calenzano)	1	ACSR 26.9	684	Linea aerea semplice terna	Parallelismo in area Calenzano (da 215 a 218)

2.4.2 Correnti di calcolo per le simulazioni tridimensionali

Elettrodotti aerei

Per gli elettrodotti aerei in progetto è stata utilizzata la portata in corrente in servizio normale definita dalla norma CEI 11-60, riferita alla zona climatica di interesse per il periodo freddo. I valori sono indicati nel paragrafo precedente.

Per gli elettrodotti aerei esistenti, sono state utilizzate le correnti massime mediane nelle 24 ore registrate negli ultimi anni.

Elettrodotti in cavo interrato

Per gli elettrodotti in cavo interrato è stata utilizzata la portata in regime permanente definita dalla norma CEI 11-17. Per i valori numerici fare riferimento al paragrafo precedente.

2.5 Distanza di Prima Approssimazione (DPA) ed Area di Prima Approssimazione (APA)

Al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto, il Decreto 29 Maggio 2008 prevede che il gestore debba calcolare la **Distanza di Prima Approssimazione**, definita come *“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”*. In corrispondenza di cambi di direzione, parallelismi e derivazioni, viene invece introdotto il concetto di Area di Prima Approssimazione (APA), calcolata secondo i procedimenti riportati nella metodologia di calcolo, di cui al par. 5.1.4 dell’Allegato al Decreto 29 Maggio 2008.

Per il calcolo delle DPA è stato utilizzato il software EMF Tools sviluppato per TERNA da CESI in aderenza alle Norme CEI 106-11 e 211-4 mentre per il calcolo delle APA sono stati utilizzati i criteri definiti nel DM 29/05/2008 sopra richiamato.

Nella planimetria allegata doc n DEDR04002C2263510 sono riportate le DPA e le APA in scala 1:5000 per le linee aeree e in scala 1:2000 per i cavi interrati.

Al completamento della realizzazione dell’opera si procederà alla ridefinizione della distanza di prima approssimazione in accordo al "come costruito", in conformità col par. 5.1.3 dell’allegato al Decreto 29 Maggio 2008.

2.5.1 Elettrodotti aerei

Nella tabella seguente viene riportata numericamente la DPA per tutte le tipologie di sostegni utilizzati nella realizzazione degli elettrodotti aerei.

Il dettaglio del calcolo, in cui sono visibili le geometrie dei sostegni ed i risultati ottenuti sono visibili nell’Annesso 1.

Sostegni serie 380 kV		
Tipologia sostegno	Struttura	Ampiezza DPA [m]
EA st	Traliccio	53
EP st	Traliccio	50
CA st	Traliccio	49
VL st	Traliccio	50
VV st	Traliccio	47
PL st	Traliccio	50
PV st	Traliccio	46
SBVR	Traliccio	48
MV st	Traliccio	46
AN ST	Tubolare	45
P ST	Tubolare	43

M ST	Tubolare	43
AN DT	Tubolare	36
M DT	Tubolare	34
P DT	Tubolare	34

Sostegni serie 220 kV		
<i>Tipologia sostegno</i>	<i>Struttura</i>	<i>Ampiezza DPA [m]</i>
EY	Traliccio	24

Sostegni serie 132 kV		
<i>Tipologia sostegno</i>	<i>Struttura</i>	<i>Ampiezza DPA [m]</i>
E	Traliccio	19
C	Traliccio	19
V	Traliccio	20
M	Traliccio	19
Palo Gatto	Traliccio	17
Delta E	Traliccio	24
Delta V	Traliccio	24
Delta M	Traliccio	23
E ST	Tubolare	19
C ST	Tubolare	19
P ST	Tubolare	19
M ST	Tubolare	19

2.5.2 Cavo interrato

Il dettaglio del calcolo, in cui sono visibili le caratteristiche geometriche delle varie tipologie di posa utilizzate, ed i risultati ottenuti, sono visibili all'Annesso 2.

Nella tabella seguente viene riportata numericamente la DPA per tutte le tipologie di posa del cavo interrato utilizzato nella realizzazione degli elettrodotti.

Cavo interrato 220kV	
TIPO DI POSA	DPA
Posa a trifoglio	3 m
Posa in buca giunti	9 m

Cavo interrato 132kV	
TIPO DI POSA	DPA
Posa a trifoglio	3 m
Posa a trifoglio in tubiera	4,2 m
TOC	4,5 m
Posa in buca giunti	9 m

Con particolare riferimento alle DPA dei cavi interrati, si specifica che, a titolo di maggior cautela, si è scelto di indicare la DPA più ampia tra le varie sezioni di posa, corrispondente a quella della posa in TOC. È stata inoltre riportata l'esatta collocazione delle buche giunti, con la relativa DPA.

Per quanto riguarda i cavi interrati, si evidenzia inoltre che in fase di progettazione esecutiva è stata data preferenza alla disposizione a trifoglio come è anche visibile nelle sezioni riportate nell'annesso 2 [risposta prescrizione A20].

2.6 Calcoli tridimensionali del campo magnetico

Una volta determinate le DPA (Distanza di Prima Approssimazione) e la APA (Area di Prima Approssimazione), come definite nel DM 29 Maggio 2008, per le quali si rimanda agli elaborati grafici, è stata individuata una serie di recettori ricadenti all'interno di esse, per i quali è prevista una permanenza superiore alle quattro ore giornaliere.

Al fine di evidenziare la compatibilità dell'opera coi fabbricati esistenti, per ciò che concerne i valori limite dell'induzione magnetica, risulta dunque necessario effettuare, come previsto dal Decreto, il calcolo puntuale della fascia di rispetto, in corrispondenza delle sezioni di elettrodotto interessate dalla vicinanza di tali edifici, considerando l'effettiva geometria dei sostegni e la reale disposizione dei conduttori nello spazio, nella sezione considerata.

Come noto, il campo magnetico, è direttamente proporzionale all'intensità della corrente che circola nei conduttori degli impianti elettrici. Nel caso specifico, per le valutazioni del campo magnetico generato dagli elettrodotti in progetto, sono state utilizzate le portate di corrente indicate in precedenza.

Il parametro della catenaria, definito come rapporto tra il tiro applicato ed il peso unitario del conduttore, è stato stabilito seguendo le prescrizioni dettate dalle Norma CEI 106-11 "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 Luglio 2003". Tale norma prevede, per elettrodotti localizzati in Zona B, di effettuare le simulazioni in condizioni di Massima Freccia, con temperatura di riferimento di 40°C.

Per il calcolo è stato utilizzato il software CaMEI versione 7.3 sviluppato da CESI, il quale permette di calcolare il campo magnetico generato da un elettrodotto tenendo conto dell'orografia del terreno.

Il codice di calcolo sopra citato rappresenta ogni conduttore del circuito elettrico simulato come un insieme di segmenti di lunghezza finita disposti in modo tale da approssimare anche eventuali andamenti non rettilinei. L'applicazione della legge di "Biot-Savart" ai conduttori di lunghezza finita, congiuntamente all'applicazione del principio di sovrapposizione degli effetti, consente la determinazione del campo magnetico in ogni punto dello spazio. Il modello è stato validato per confronto sia con i risultati sperimentali disponibili in letteratura sia con quelli ottenuti mediante formule analitiche approssimate (valevoli cioè solo per assegnate distribuzioni bidimensionali dei conduttori) evidenziando una buona corrispondenza fra misure e simulazioni ed un buon accordo fra i valori del campo calcolati con i due metodi.

Si riporta di seguito l'analisi per i singoli recettori, ad esclusione della tratta in doppia terna in ingresso a Calenzano, che viene trattata nella relazione allegata prodotta dal CESI "*Elettrodotto 380 kV semplice terna "S.E. Colunga - S.E. Calenzano" in progetto - calcolo, con modello tridimensionale, dell'induzione magnetica generata dall'elettrodotto in progetto e da un loop passivo, nel tratto in doppia terna e in ingresso alla S.E. di Calenzano. Revisione 3 del 12/06/2017*", così come già chiarito in premessa.

2.6.1 Tratta 1-2

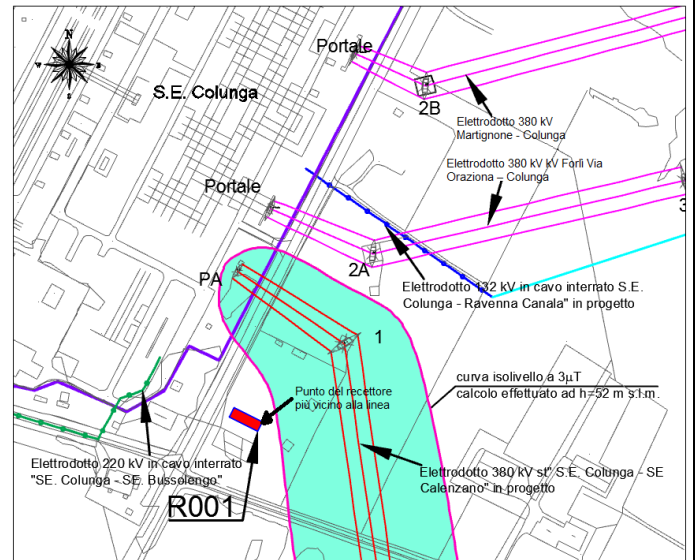
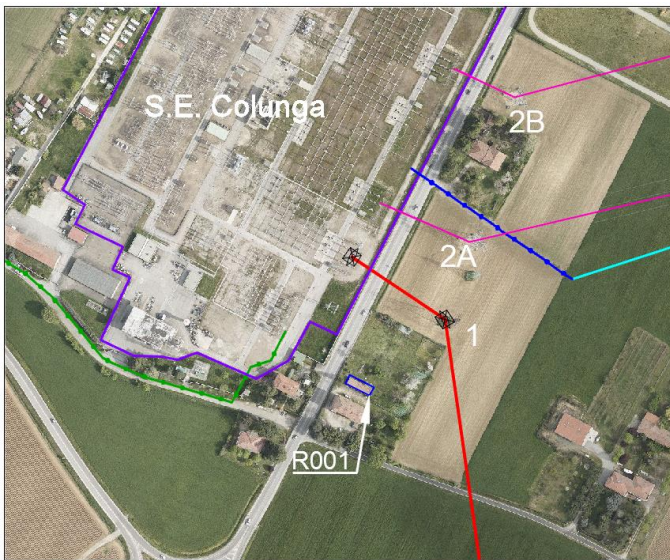
Elettrodotto 380kV Colunga – Calenzano in progetto			
Identificativo sostegno	PA	Sostegno 1	Sostegno 2
Tipologia	P st	EA st	VL st
H utile (h da terra del conduttore più basso) [m]	27	33	36
Parametro	454		1357
Conduttore	Alluminio – Acciaio = 3 xø 31.5 mm		
Portata CEI 11-60	2310 A		
Quota s.l.m. della base	49.84	49.20	49.98

Elettrodotto 380 kV Martignone - Colunga (n°302) esistente			
Identificativo sostegno	Portale	Sostegno 2B	Sostegno 3B
Tipologia	P st	CA st	MV st
H utile (h da terra del conduttore più basso) [m]	21	33	51
Parametro	310		1500
Conduttore	Alluminio – Acciaio = 3 xø 31.5 mm		
Massima mediana giornaliera	710 A		
Quota s.l.m. della base	50	48.5	48

Elettrodotto 380 kV Forlì Via Oraziana – Colunga (n°332) esistente			
Identificativo sostegno	Portale	Sostegno 2A	Sostegno 3A
Tipologia	P st	CA st	PL st
H utile (h da terra del conduttore più basso) [m]	21	33	42
Parametro	310		1500
Conduttore	Alluminio – Acciaio = 3 xø 31.5 mm		
Massima mediana giornaliera	799 A		
Quota s.l.m. della base	50	48.5	48

2.6.1.4 Recettore R001

Recettore	R001
Destinazione	Edificio adibito ad uso In uso
Stato di conservazione	civile
Quota gronda s.l.m.	52 m
Quota Base s.l.m.	49 m
Distanza asse linea - edificio	53 m
Ubicazione	Comune di Castenaso

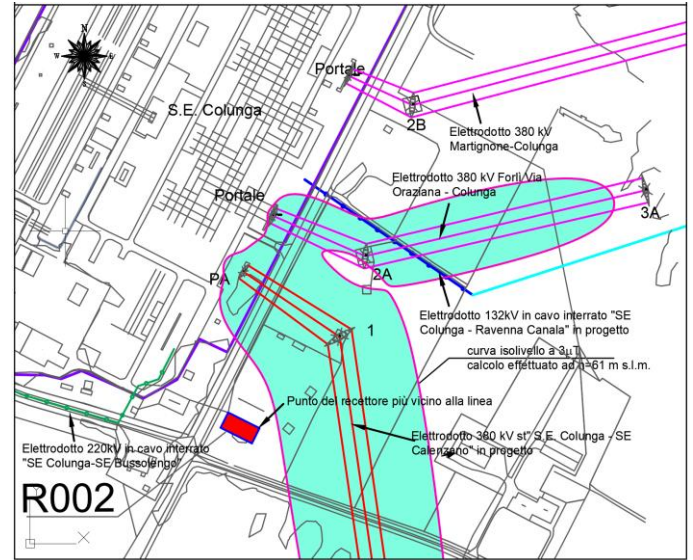


Valore induzione magnetica massima (quota gronda): 1.99 μT

La linea magenta con riempimento verde, rappresenta la curva isolivello a 3 μT dell'elettrodotto in progetto, calcolata alla quota della gronda. Come si evince dalla figura, il recettore non viene interessato; risulta quindi rispettato l'obiettivo di qualità fissato dal D.P.C.M. 8 Luglio 2003.

2.6.1.5 Recettore R002

Recettore	R002
Destinazione	Edificio adibito ad uso civile
Stato di conservazione	In uso
Quota gronda s.l.m.	61 m
Quota Base s.l.m.	50 m
Distanza asse linea - edificio	56m
Ubicazione	Comune di Castenaso

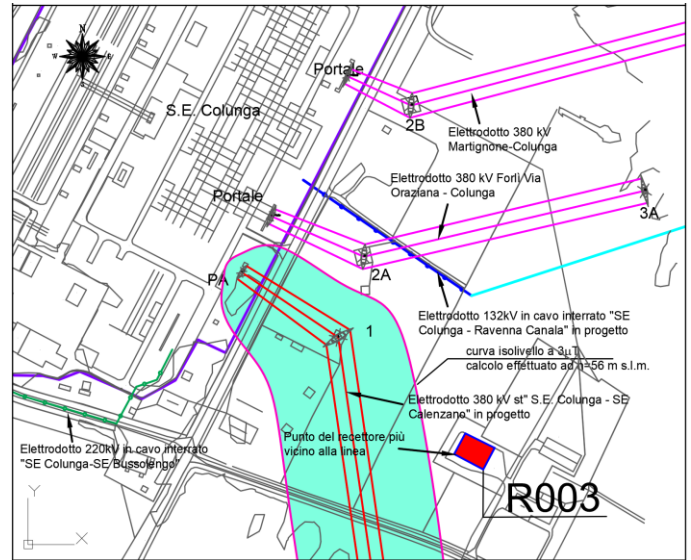
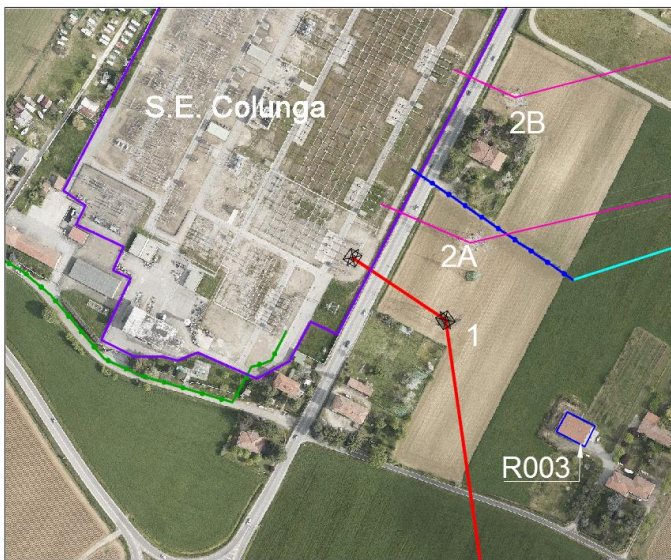


Valore induzione magnetica massima (quota gronda): 1.85 µT

La linea magenta con riempimento verde, rappresenta la curva isolivello a 3 µT dell'elettrodotto in progetto, calcolata alla quota della gronda. Come si evince dalla figura, il recettore non viene interessato; risulta quindi rispettato l'obiettivo di qualità fissato dal D.P.C.M. 8 Luglio 2003.

2.6.1.6 Recettore R003

Recettore	R003
Destinazione	Edificio adibito ad uso civile
Stato di conservazione	In uso
Quota gronda s.l.m.	56 m
Quota Base s.l.m.	49 m
Distanza asse linea - edificio	60 m
Ubicazione	Comune di Castenaso



Valore induzione magnetica massima (quota gronda): 1.41 µT

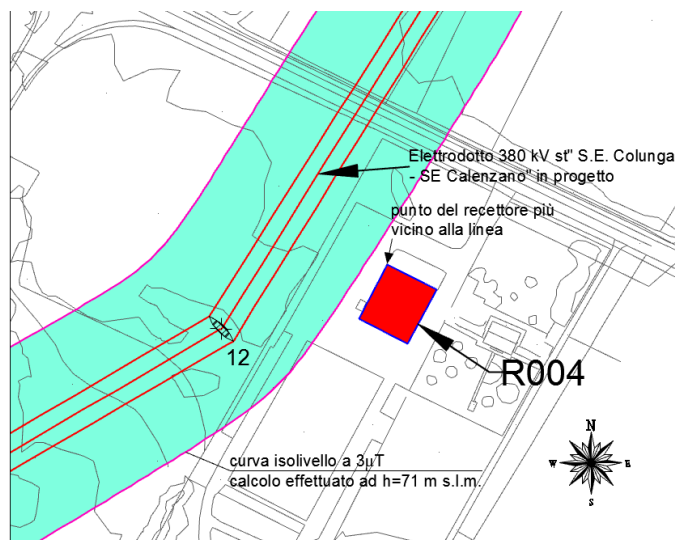
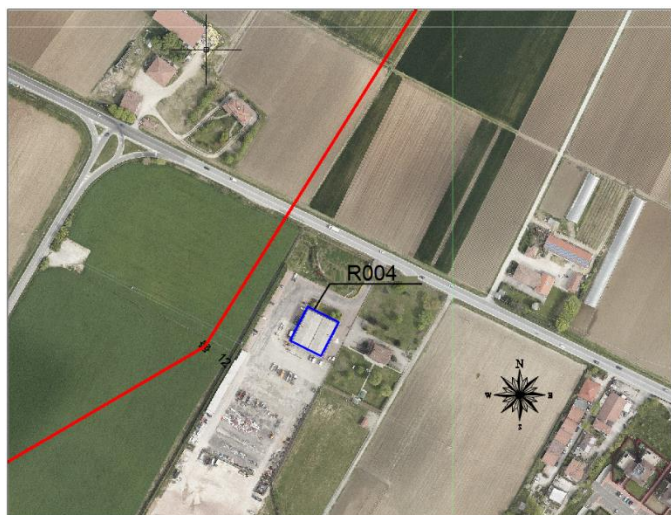
La linea magenta con riempimento verde, rappresenta la curva isolivello a 3 µT dell'elettrodotto in progetto, calcolata alla quota della gronda. Come si evince dalla figura, il recettore non viene interessato; risulta quindi rispettato l'obiettivo di qualità fissato dal D.P.C.M. 8 Luglio 2003.

2.6.2 Tratta 11-13

Elettrodotto 380kV "Colunga – Calenzano" in progetto			
Identificativo sostegno	Sostegno 11	Sostegno 12	Sostegno 13
Tipologia	MV st	VL st	MV st
H utile (h da terra del conduttore più basso) [m]	27	30	36
Parametro	1375		1375
Conduttore	Alluminio – Acciaio = 3 xø 31.5 mm		
Portata CEI 11-60	2310 A		
Quota s.l.m. della base	60,7	64	70

2.6.2.4 Recettore R004

Recettore	R004
Destinazione	Edificio adibito ad uso Industriale
Stato di conservazione	In uso
Quota gronda s.l.m.	71 m
Quota Base s.l.m.	63,5 m
Distanza asse linea - edificio	54 m
Ubicazione	Comune di San Lazzaro



Valore induzione magnetica massima (quota gronda): 2.03 µT

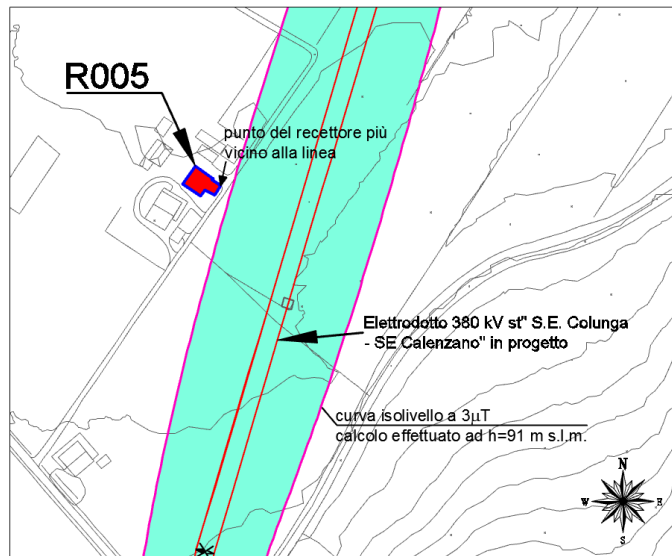
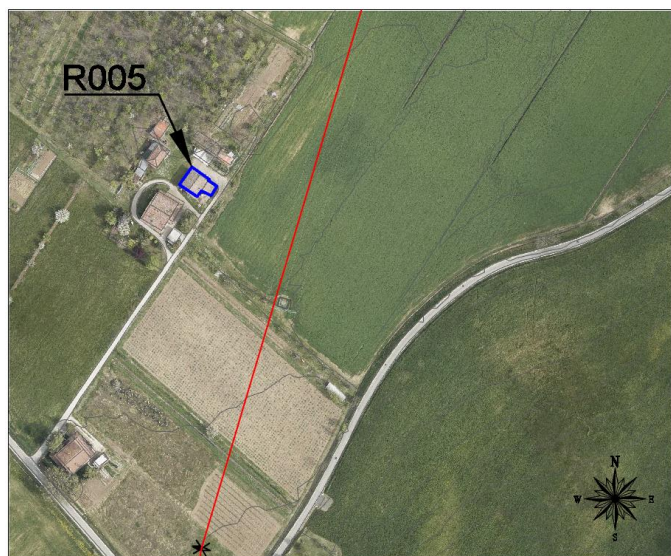
La linea magenta con riempimento verde, rappresenta la curva isolivello a 3 µT dell'elettrodotto in progetto, calcolata alla quota della gronda. Come si evince dalla figura, il recettore non viene interessato; risulta quindi rispettato l'obiettivo di qualità fissato dal D.P.C.M. 8 Luglio 2003.

2.6.3 Tratta 18-20

Elettrodotto 380kV "Colunga – Calenzano" in progetto			
Identificativo sostegno	Sostegno 18	Sostegno 19	Sostegno 20
Tipologia	M st	P st	P st
H utile (h da terra del conduttore più basso) [m]	27	27	27
Parametro	1324		1324
Conduttore	Alluminio – Acciaio = 3 xø 31.5 mm		
Portata CEI 11-60	2310 A		
Quota s.l.m. della base	85.38	90.23	125.24

2.6.3.4 Recettore R005

Recettore	R005
Destinazione	Edificio adibito ad uso civile
Stato di conservazione	In uso
Quota gronda s.l.m.	91 m
Quota Base s.l.m.	86 m
Distanza asse linea - edificio	50 m
Ubicazione	Comune di San Lazzaro

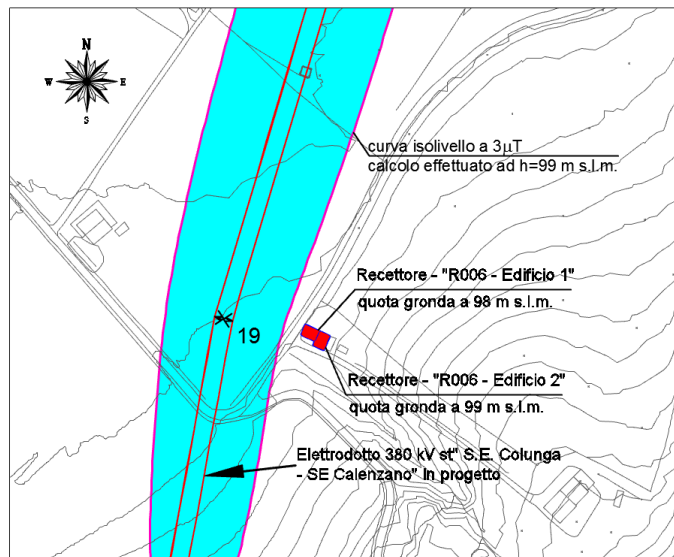
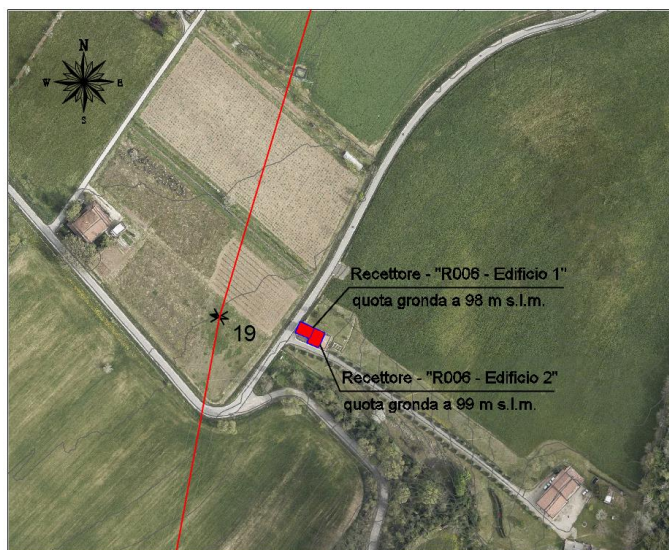


Valore induzione magnetica massima (quota gronda): 2.1 µT

La linea magenta con riempimento verde rappresenta la curva isolivello a 3 µT dell'elettrodotto in progetto, calcolata alla quota della gronda. Come si evince dalla figura, il recettore non viene interessato; risulta quindi rispettato l'obiettivo di qualità fissato dal D.P.C.M. 8 Luglio 2003.

2.6.3.5 Recettore R006

Recettore R006	Edificio 1 (più vicino alla linea)	Edificio 2
Destinazione	Edificio adibito ad uso civile	Edificio adibito ad uso civile
Stato di conservazione	In uso	In uso
Quota gronda s.l.m.	98 m	99 m
Quota Base s.l.m.	93m	93
Distanza asse linea - edificio	40.5 m	47 m
Ubicazione	Comune di San Lazzaro	



Valore induzione magnetica massima (quota gronda):

Edificio 1
2.56 μT

Edificio 2
2.02 μT

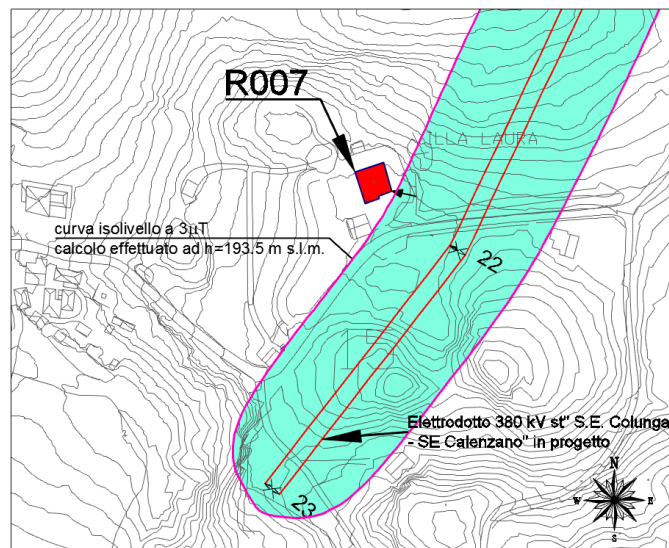
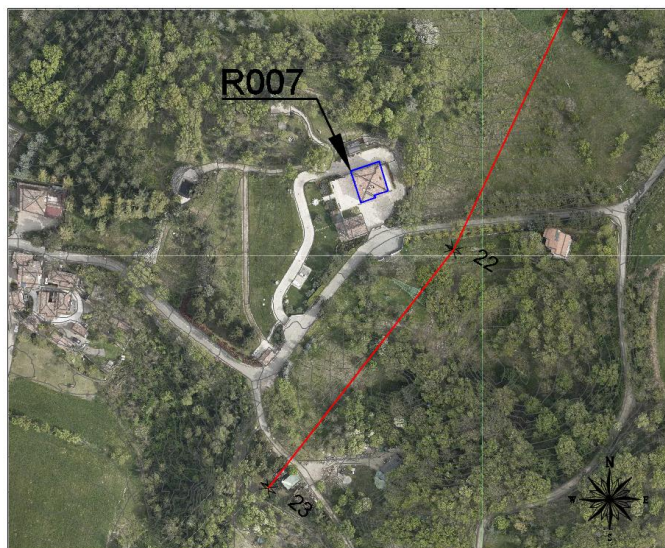
La linea magenta con riempimento verde, rappresenta la curva isolivello a 3 μT dell'elettrodotto in progetto, calcolata alla quota della gronda. Come si evince dalla figura, il recettore non viene interessato; risulta quindi rispettato l'obiettivo di qualità fissato dal D.P.C.M. 8 Luglio 2003.

2.6.4 Tratta 21-23

Elettrodotto 380kV "Colunga – Calenzano" in progetto			
Identificativo sostegno	Sostegno 21	Sostegno 22	Sostegno 23
Tipologia	P st	P st	P st
H utile (h da terra del conduttore più basso) [m]	24	24	24
Parametro	1324		1324
Conduttore	Alluminio – Acciaio = 3 xø 31.5 mm		
Portata CEI 11-60	2310 A		
Quota s.l.m. della base	158.05	183.27	183.34

2.6.4.4 Recettore R007

Recettore	R007
Destinazione	Edificio adibito ad uso civile
Stato di conservazione	In uso
Quota gronda s.l.m.	193,5 m
Quota Base s.l.m.	184 m
Distanza asse linea - edificio	43 m
Ubicazione	Comune di San Lazzaro

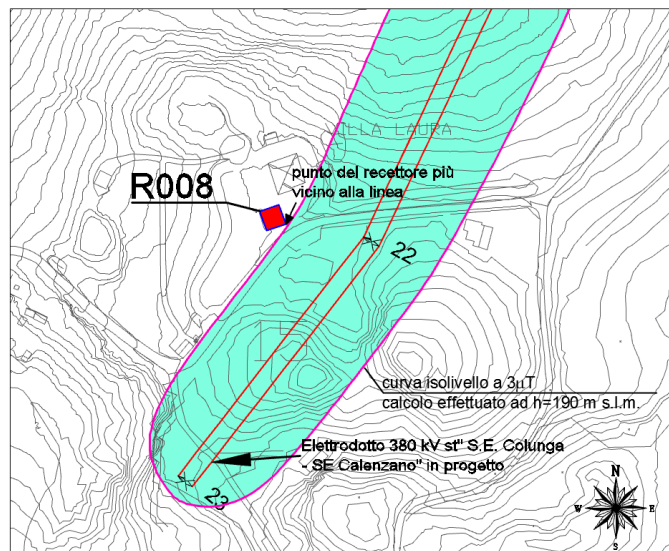


Valore induzione magnetica massima (quota gronda): 2.85 µT

La linea magenta con riempimento verde, rappresenta la curva isolivello a 3 µT dell'elettrodotto in progetto, calcolata alla quota della gronda. Come si evince dalla figura, il recettore non viene interessato; risulta quindi rispettato l'obiettivo di qualità fissato dal D.P.C.M. 8 Luglio 2003.

2.6.4.5 Recettore R008

Recettore	R008
Destinazione	Edificio adibito ad uso civile
Stato di conservazione	In uso
Quota gronda s.l.m.	190 m
Quota Base s.l.m.	184 m
Distanza asse linea - edificio	43 m
Ubicazione	Comune di San Lazzaro

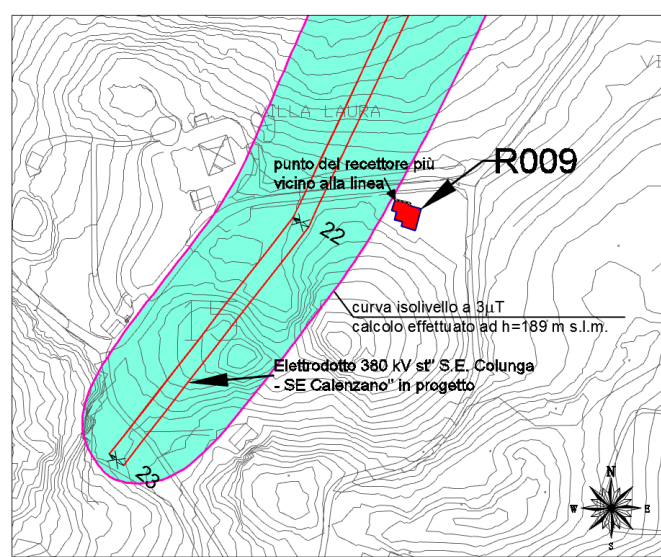
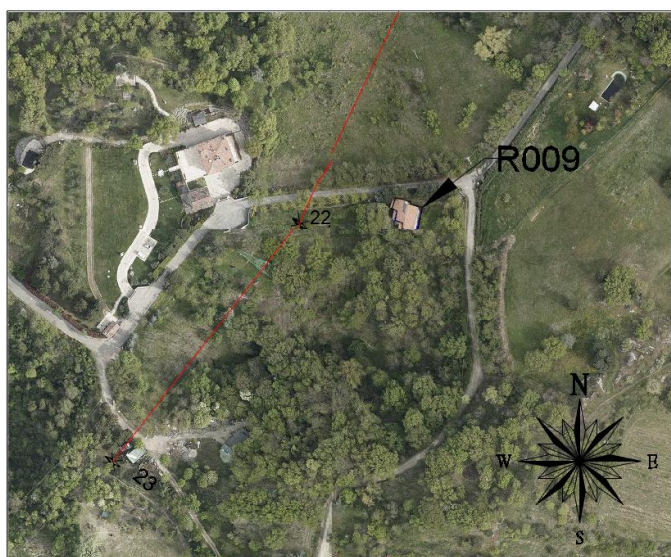


Valore induzione magnetica massima (quota gronda): 2.84 µT

La linea magenta con riempimento verde, rappresenta la curva isolivello a 3 µT dell'elettrodotto in progetto, calcolata alla quota della gronda. Come si evince dalla figura, il recettore non viene interessato; risulta quindi rispettato l'obiettivo di qualità fissato dal D.P.C.M. 8 Luglio 2003.

2.6.4.6 Recettore R009

Recettore	R009
Destinazione	Edificio adibito ad uso civile
Stato di conservazione	In uso
Quota gronda s.l.m.	189 m
Quota Base s.l.m.	183 m
Distanza asse linea - edificio	35 m
Ubicazione	Comune di San Lazzaro

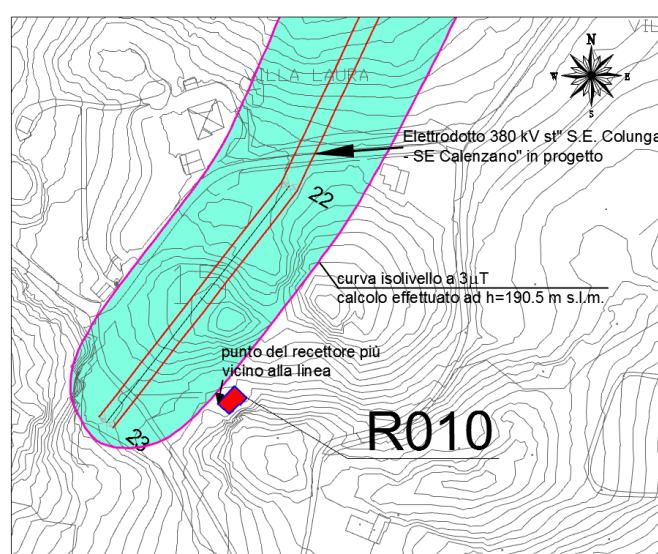
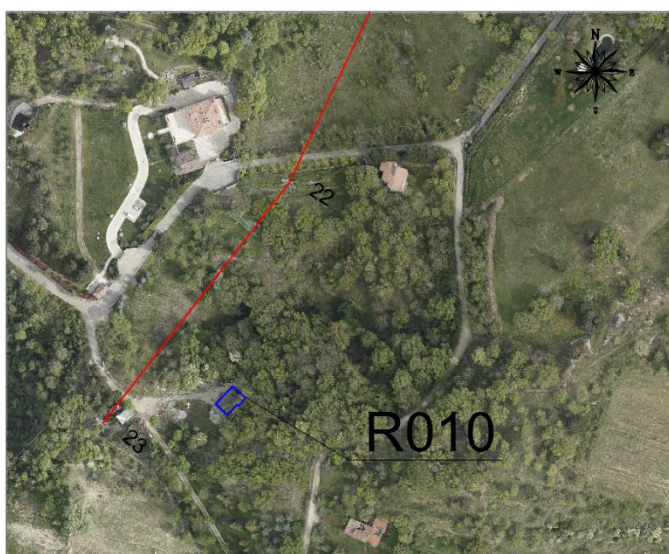


Valore induzione magnetica massima (quota gronda): 2.69 μT

La linea magenta con riempimento verde, rappresenta la curva isolivello a 3 μT dell'elettrodotto in progetto, calcolata alla quota della gronda. Come si evince dalla figura, il recettore non viene interessato; risulta quindi rispettato l'obiettivo di qualità fissato dal D.P.C.M. 8 Luglio 2003.

2.6.4.7 Recettore R10

Recettore	R10
Destinazione	Edificio adibito ad uso civile
Stato di conservazione	In uso
Quota gronda s.l.m.	190,5 m
Quota Base s.l.m.	188 m
Distanza asse linea - edificio	40 m
Ubicazione	Comune di San Lazzaro



Valore induzione magnetica massima (quota gronda): 2.50 μT

La linea magenta con riempimento verde, rappresenta la curva isolivello a 3 μT dell'elettrodotto in progetto, calcolata alla quota della gronda. Come si evince dalla figura, il recettore non viene interessato; risulta quindi rispettato l'obiettivo di qualità fissato dal D.P.C.M. 8 Luglio 2003.

2.6.5 Tratta 28-30

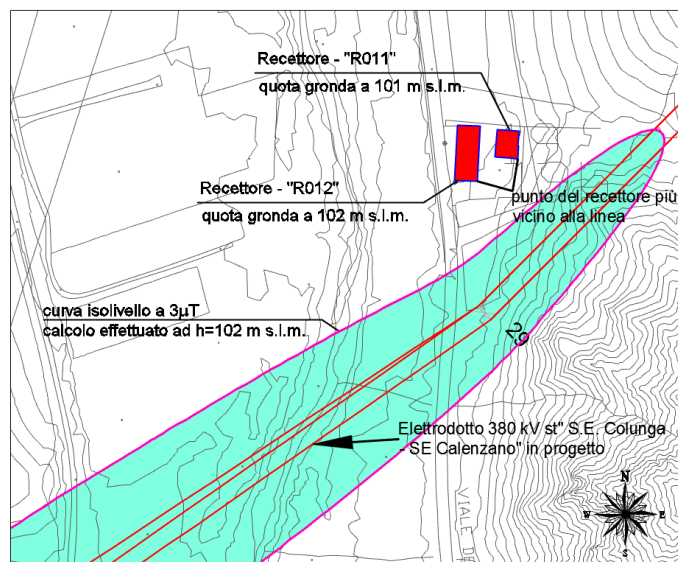
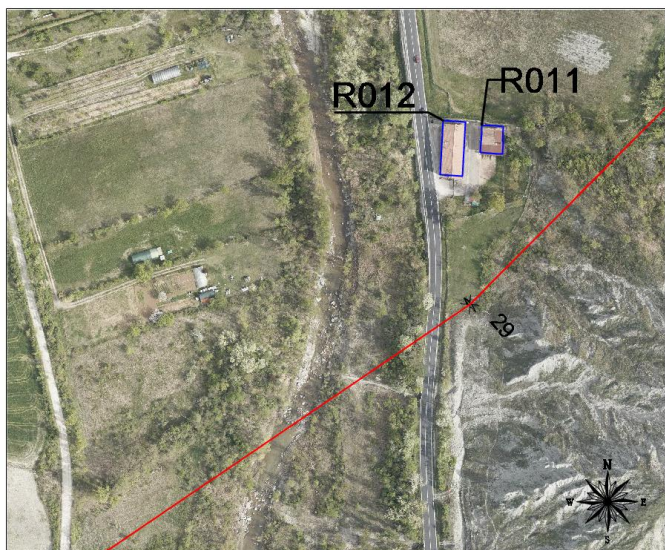
Elettrodotto 380kV "Colunga – Calenzano" in progetto			
Identificativo sostegno	Sostegno 28	Sostegno 29	Sostegno 30
Tipologia	P st	P st	EA st
H utile (h da terra del conduttore più basso) [m]	27	33	30
Parametro	1416		1416
Conduttore	Alluminio – Acciaio = 3 xø 31.5 mm		
Portata CEI 11-60	2310 A		
Quota s.l.m. della base	132.64	97.89	97.86

2.6.5.4 Recettore R0011-R012

Recettore	R0011	R0012
Destinazione	Edificio adibito ad uso civile	Edificio adibito ad uso civile
Stato di conservazione	In uso	In uso
Quota gronda s.l.m.	101 m	102 m
Quota Base s.l.m.	96 m	96 m
Distanza asse linea - edificio	43,5 m	50 m

Ubicazione

Comune di San Lazzaro


Valore induzione magnetica massima (quota gronda):

 Edificio 1
1.6 µT

 Edificio 2
1.38 µT

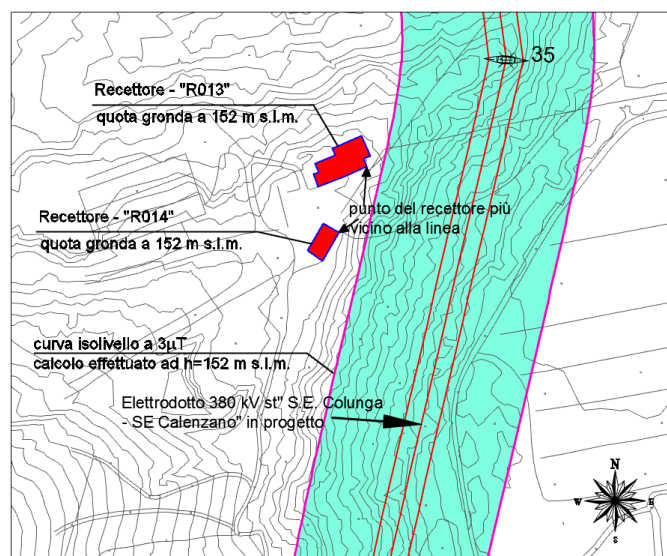
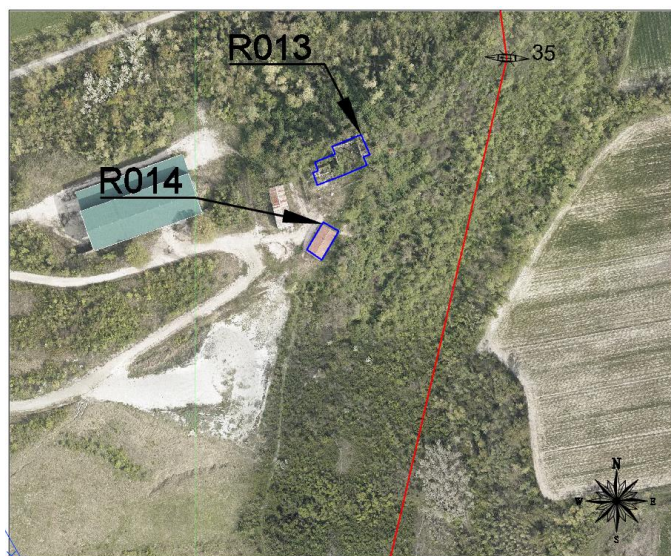
La linea magenta con riempimento verde, rappresenta la curva isolivello a 3 µT dell'elettrodotto in progetto, calcolata alla quota della gronda. Come si evince dalla figura, il recettore non viene interessato; risulta quindi rispettato l'obiettivo di qualità fissato dal D.P.C.M. 8 Luglio 2003.

2.6.6 Tratta 34-36

Elettrodotto 380kV "Colunga – Calenzano" in progetto			
Identificativo sostegno	Sostegno 34	Sostegno 35	Sostegno 36
Tipologia	MV st	VL st	VL st
H utile (h da terra del conduttore più basso) [m]	27	24	36
Parametro	1402		1402
Conduttore	Alluminio – Acciaio = 3 xø 31.5 mm		
Portata CEI 11-60	2310 A		
Quota s.l.m. della base	120.01	135.88	137.90

2.6.6.4 Recettore R0013-R0014

Recettore	R0013	R0014
Destinazione	Edificio Industriale	Edificio industriale
Stato di conservazione	In uso	In uso
Quota gronda s.l.m.	152 m	152 m
Quota Base s.l.m.	146 m	147 m
Distanza asse linea - edificio	57 m	64 m
Ubicazione	Comune di Ozzano	



Valore induzione magnetica massima (quota gronda):	R0013	R0014
	2.14 µT	1.69 µT

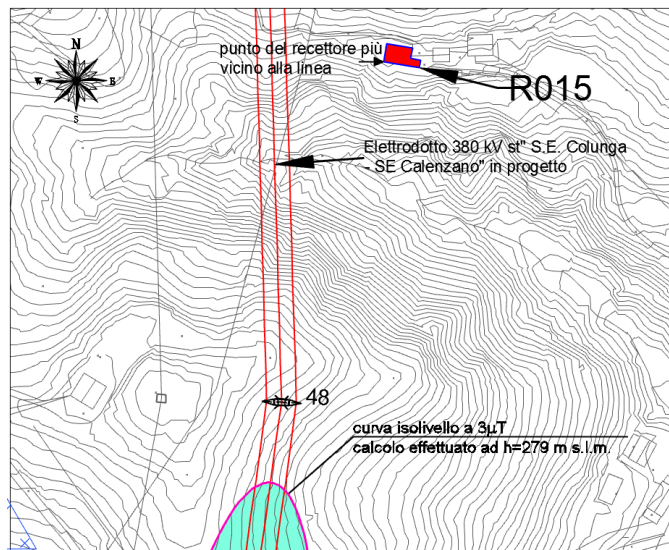
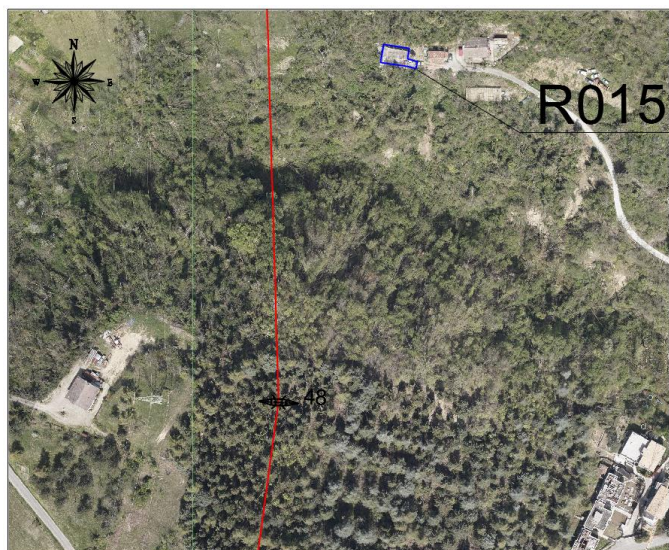
La linea magenta con riempimento verde, rappresenta la curva isolivello a 3 µT dell'elettrodotto in progetto, calcolata alla quota della gronda. Come si evince dalla figura, il recettore non viene interessato; risulta quindi rispettato l'obiettivo di qualità fissato dal D.P.C.M. 8 Luglio 2003.

2.6.7 Tratta 47-48

Elettrodotto 380kV "Colunga – Calenzano" in progetto		
Identificativo sostegno	Sostegno 47	Sostegno 48
Tipologia	PL st	PV st
H utile (h da terra del conduttore più basso) [m]	21	36
Parametro	1402	1402
Conduttore	Alluminio – Acciaio = 3 xø 31.5 mm	
Portata CEI 11-60	2310 A	
Quota s.l.m. della base	343.14	298.16

2.6.7.4 Recettore R0015

Recettore	R0015
Destinazione	Edificio adibito ad uso industriale
Stato di conservazione	In uso
Quota gronda s.l.m.	279 m
Quota Base s.l.m.	276 m
Distanza asse linea - edificio	54 m
Ubicazione	Comune di Monterenzio



Valore induzione magnetica massima (quota gronda): 1.04 µT

La linea magenta con riempimento verde, rappresenta la curva isolivello a 3 µT dell'elettrodotto in progetto, calcolata alla quota della gronda. Come si evince dalla figura, il recettore non viene interessato; risulta quindi rispettato l'obiettivo di qualità fissato dal D.P.C.M. 8 Luglio 2003.

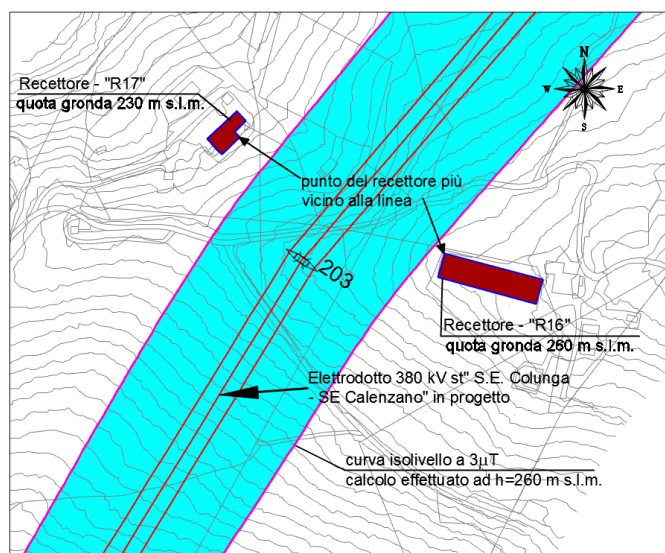
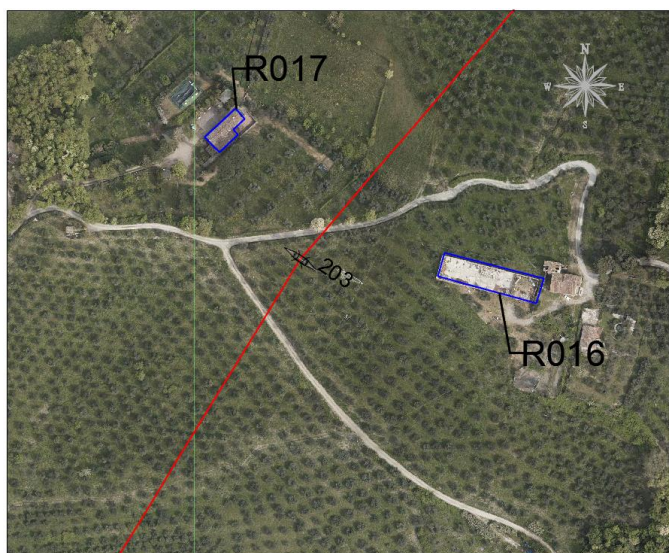
2.6.8 Tratta 202- 204

Elettrodotto 380kV "Colunga – Calenzano" in progetto			
Identificativo sostegno	Sostegno 202	Sostegno 203	Sostegno 204
Tipologia	VL st	PV st	VL st
H utile (h da terra del conduttore più basso) [m]	24	24	27
Parametro	1402		1402
Conduttore	Alluminio – Acciaio = 3 xø 31.5 mm		
Portata CEI 11-60	2310 A		
Quota s.l.m. della base	240.06	243.54	214.18

2.6.8.4 Recettore R0016-R0017

Recettore	R0016	R0017
Destinazione	Magazzino	Edificio civile
Stato di conservazione	In uso	In uso
Quota gronda s.l.m.	260 m	230 m
Quota Base s.l.m.	250 m	226 m
Distanza asse linea - edificio	54 m	66 m

Ubicazione	Comune di Calenzano	
------------	---------------------	--




Valore induzione magnetica massima (quota gronda):	R0016	Valore induzione magnetica massima (quota gronda):
	2.30µT	1.69 µT

La linea magenta con riempimento verde, rappresenta la curva isolivello a 3 µT dell'elettrodotto in progetto, calcolata alla quota della gronda. Come si evince dalla figura, il recettore non viene interessato; risulta quindi rispettato l'obiettivo di qualità fissato dal D.P.C.M. 8 Luglio 2003.

2.6.9 Tratta 208 – 209

Elettrodotto 380kV “Colunga – Calenzano” in progetto		
Identificativo sostegno	Sostegno 208	Sostegno 209
Tipologia	CA st	CA st
H utile (h da terra del conduttore più basso) [m]	33	24
Parametro	1571	
Conduttore	Alluminio – Acciaio = 3 xø 31.5 mm	
Portata CEI 11-60	2310 A	
Quota s.l.m. della base	333.47	249.02

2.6.9.4 Recettore R0018

Recettore	R0018
Destinazione	Edificio adibito ad uso civile
Stato di conservazione	In uso
Quota gronda s.l.m.	183 m
Quota Base s.l.m.	174 m
Distanza asse linea - edificio	23 m
Ubicazione	Comune di Calenzano
	<p>Data la posizione geografica del recettore R018, si nota che esiste un elevato dislivello di quota tra i conduttori dell'elettrodotto e la gronda del recettore, pari circa a 100 m. Per questo motivo, dalle simulazioni risulta che non sono presenti curve isolivello a 3 µT calcolate alla quota della gronda. Risulta quindi rispettato l'obiettivo di qualità secondo quanto stabilito nel D.P.C.M. 8 Luglio 2003.</p>
Valore induzione magnetica massima (quota gronda): 0.81 µT	
<p>La linea magenta con riempimento verde, rappresenta la curva isolivello a 3 µT dell'elettrodotto in progetto, calcolata alla quota della gronda. Come si evince dalla figura, il recettore non viene interessato; risulta quindi rispettato l'obiettivo di qualità fissato dal D.P.C.M. 8 Luglio 2003.</p>	

2.6.10 Tratta 210 – 212

Nella tratta compresa tra i sostegni 210 e 212 si verifica un incrocio con la linea 132 kV “Rifredi RT – Vaiano AI”. In questa simulazione verranno considerati 2 recettori.

Nelle seguenti tabelle si riportano i dati relativi ai sostegni dell'elettrodotto 380 kV in progetto “S.E. Colunga – S.E. Calenzano” e dell'elettrodotto 132 kV “Rifredi RT – Vaiano AI”.

Elettrodotto 380kV “Colunga – Calenzano” in progetto			
Identificativo sostegno	Sostegno 210	Sostegno 211	Sostegno 212
Tipologia	MV st	PL st	PV st
H utile (h da terra del conduttore più basso) [m]	27	30	27
Parametro	1571		1571
Conduttore	Alluminio – Acciaio = 3 xø 31.5 mm		
Portata CEI 11-60	2310 A		
Quota s.l.m. della base	255.04	244.66	269.71

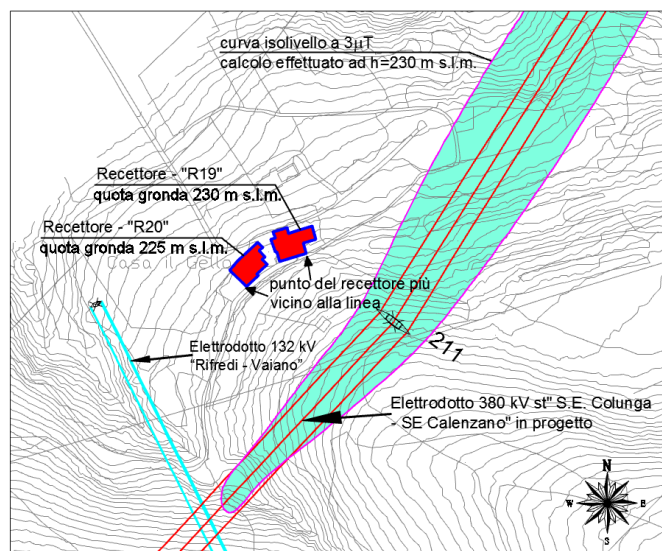
Elettrodotto 132 kV Rifredi RT-Vaiano AI esistente		
Identificativo sostegno	Sostegno 1	Sostegno 2
Tipologia	M st	M st
H utile (h da terra del conduttore più basso) [m]	13	13
Parametro	1400	
Conduttore	Alluminio – Acciaio = 1 xø 22,8 mm	
Portata massima mediana	570 A	
Quota s.l.m. della base	289.2	205

2.6.10.4 Recettore R0019-R0020

Recettore	R0019	R0020
Destinazione	Edificio adibito ad uso civile	Edificio adibito ad uso civile
Stato di conservazione	In uso	In uso
Quota gronda s.l.m.	230 m	225 m
Quota Base s.l.m.	220 m	219 m
Distanza asse linea - edificio	68 m	78 m

Ubicazione

Comune di Calenzano



Valore induzione magnetica massima (quota gronda):

R0019

R0020

1.25 μT

0.95 μT

La linea magenta con riempimento verde, rappresenta la curva isolivello a 3 μT dell'elettrodotto in progetto, calcolata alla quota della gronda. Come si evince dalla figura, il recettore non viene interessato; risulta quindi rispettato l'obiettivo di qualità fissato dal D.P.C.M. 8 Luglio 2003.

3 Verifica della conformità dell'opera in materia di campo elettrico

3.3 Metodologia di verifica

Utilizzando la stessa configurazione geometrica utilizzata per il calcolo dell'induzione magnetica, viene calcolato il valore di campo elettrico generato dagli elettrodotti a 1,5 m di altezza dal suolo.

Per il calcolo è stato utilizzato il programma "EMF Vers 408" sviluppato per Terna da CESI in aderenza alla norma CEI 211-4; inoltre, i calcoli sono stati eseguiti in conformità a quanto disposto dal D.P.C.M. 08/07/2003. Per quanto riguarda l'altezza da terra dei conduttori degli elettrodotti in progetto, è stata considerata la distanza minima progettuale da terra, alla quale possono trovarsi i conduttori stessi. Tale distanza si verifica, in condizioni di Massima Feccia e, in base ai criteri progettuali adottati, risulta essere:

- 15 metri per le linee a 380 kV;
- 14 metri per le linee a 220 kV;
- 10 metri per le linee a 132 kV.

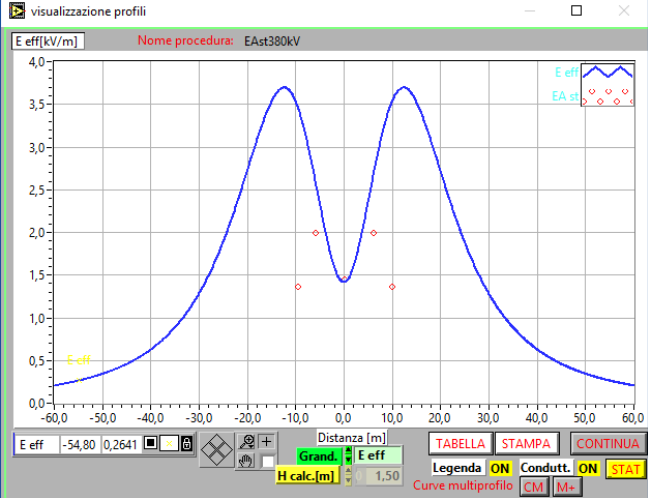
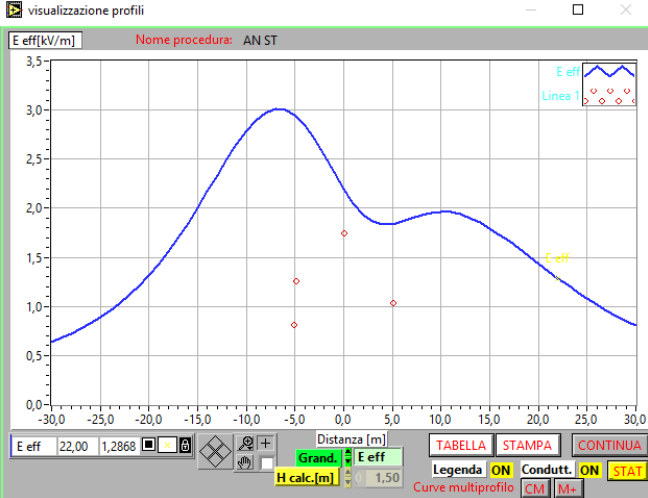
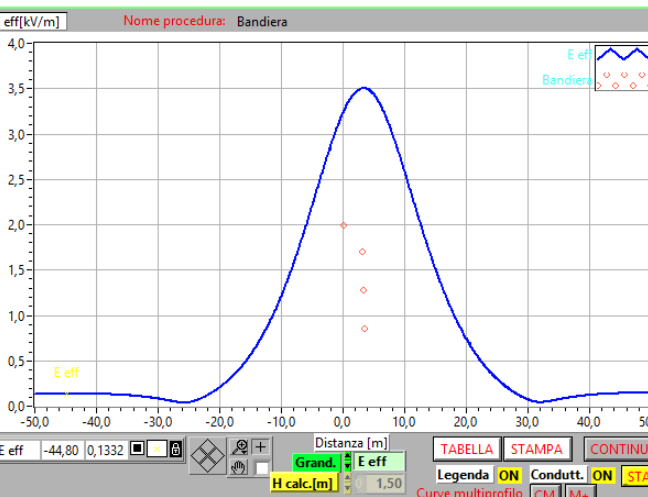
Con tali ipotesi è stato verificato, per ogni configurazione geometrica, il pieno rispetto dell'obiettivo di qualità dettato dal DPCM dell' 8 luglio 2003 (5 kV/m).

Per quanto concerne i cavi interrati, invece, essendo dotati di schermatura, il campo elettrico esterno ad essi è nullo.

Si riporta, di seguito, il profilo del campo elettrico per gli elettrodotti aerei, riportando il caso peggiorativo per disposizione dei conduttori e livello di tensione.

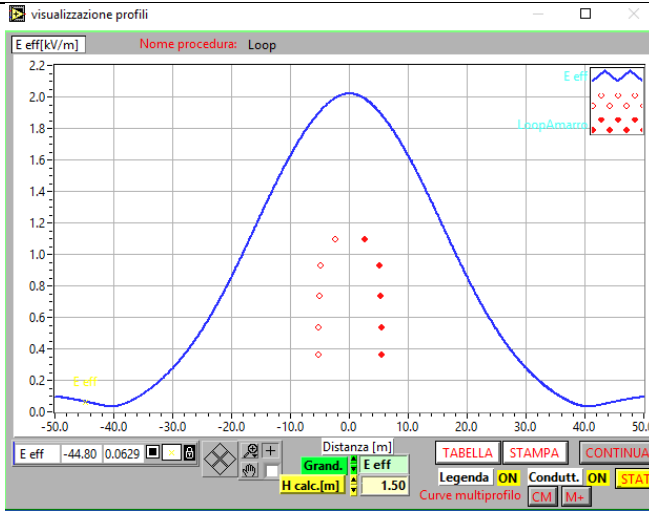
3.4 Profili di campo elettrico

3.4.1 Sezione 380 kV

SOSTEGNO A TRALICCIO SEMPLICE TERNA 380 kV TIPO EA	Commento
	<p>Campo elettrico minore di 5 kV/m</p>
SOSTEGNO TUBOLARE SEMPLICE TERNA 380 kV TIPO AN ST	Commento
	<p>Campo elettrico minore di 5 kV/m</p>
SOSTEGNO A TRALICCIO SEMPLICE TERNA 380 kV TIPO EP	Commento
	<p>Campo elettrico minore di 5 kV/m</p>

SOSTEGNO TUBOLARE DOPPIA TERNA 380KV AE DT CON MENSOLE DI LOOP

Commento

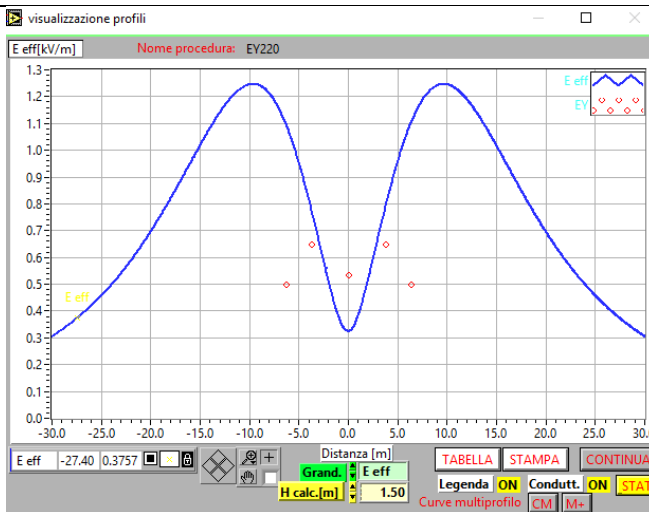


Campo elettrico minore di 5 kV/m

3.4.2 Sezione 220 kV

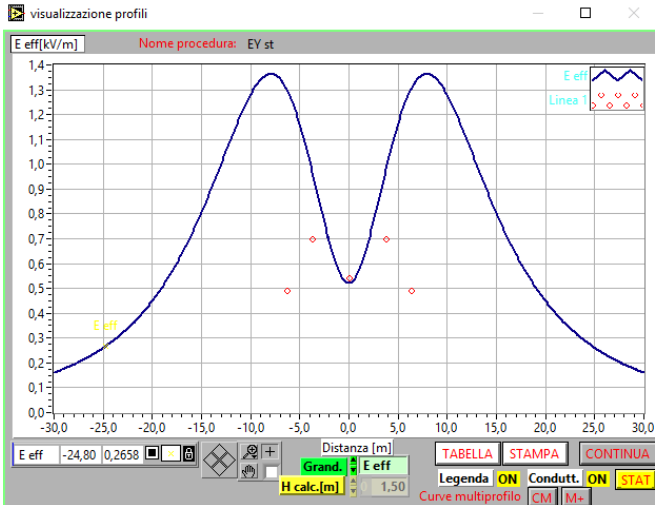
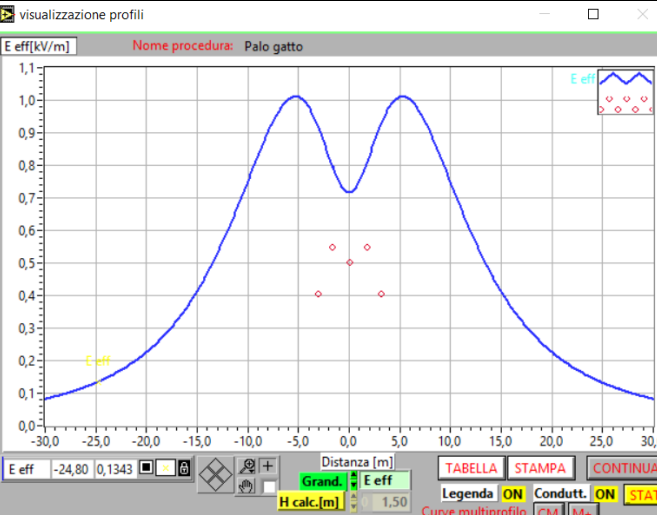
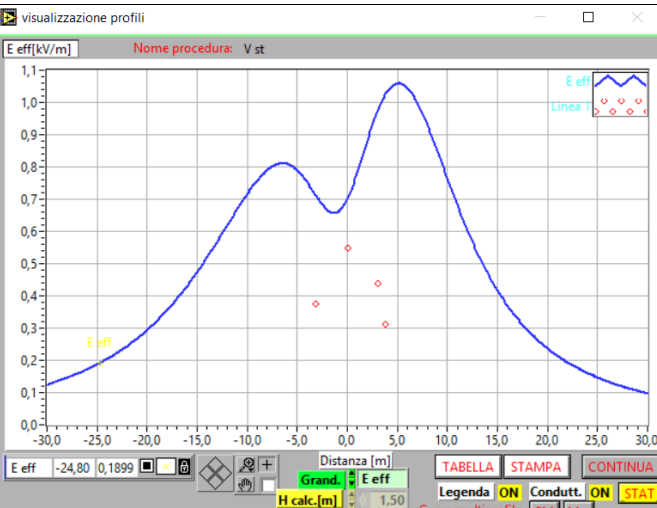
SOSTEGNO A TRALICCIO A DELTA 220kV TIPO EY

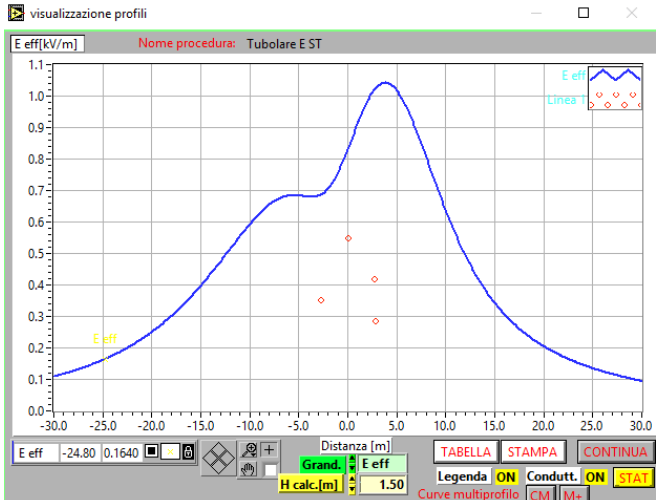
Commento



Campo elettrico minore di 5 kV/m

3.4.3 Sezione 132 kV

SOSTEGNO A TRALICCIO A DELTA SEMPLICE TERNA 132 kV TIPO EY	Commento
	<p>Campo elettrico minore di 5 kV/m</p>
SOSTEGNO A TRALICCIO SEMPLICE TERNA 132 kV TIPO GATTO	Commento
	<p>Campo elettrico minore di 5 kV/m</p>
SOSTEGNO A TRALICCIO SEMPLICE TERNA 132 kV TIPO V	Commento
	<p>Campo elettrico minore di 5 kV/m</p>

SOSTEGNO TUBOLARE SEMPLICE TERNA 132 kV TIPO E ST	Commento
	<p>Campo elettrico minore di 5 kV/m</p>

3.5 Approfondimento con simulazioni di campo elettrico su recettori rappresentativi

Per rispondere in maniera esaustiva al punto “b” della prescrizione A22, sono stati eseguiti ulteriori calcoli di campo elettrico a dimostrazione del pieno rispetto dell’obiettivo di qualità dettato dal DPCM dell’ 8 luglio 2003 (5 kV/m) per tutti i recettori all’interno dell’APA di cui al cap.2.

3.5.1 Metodologia di verifica

Lo studio per semplicità è stato suddiviso in tre tratte, ciascuna caratterizzata da uniformità nella metodologia di calcolo e nelle caratteristiche dell’elettrodotto:

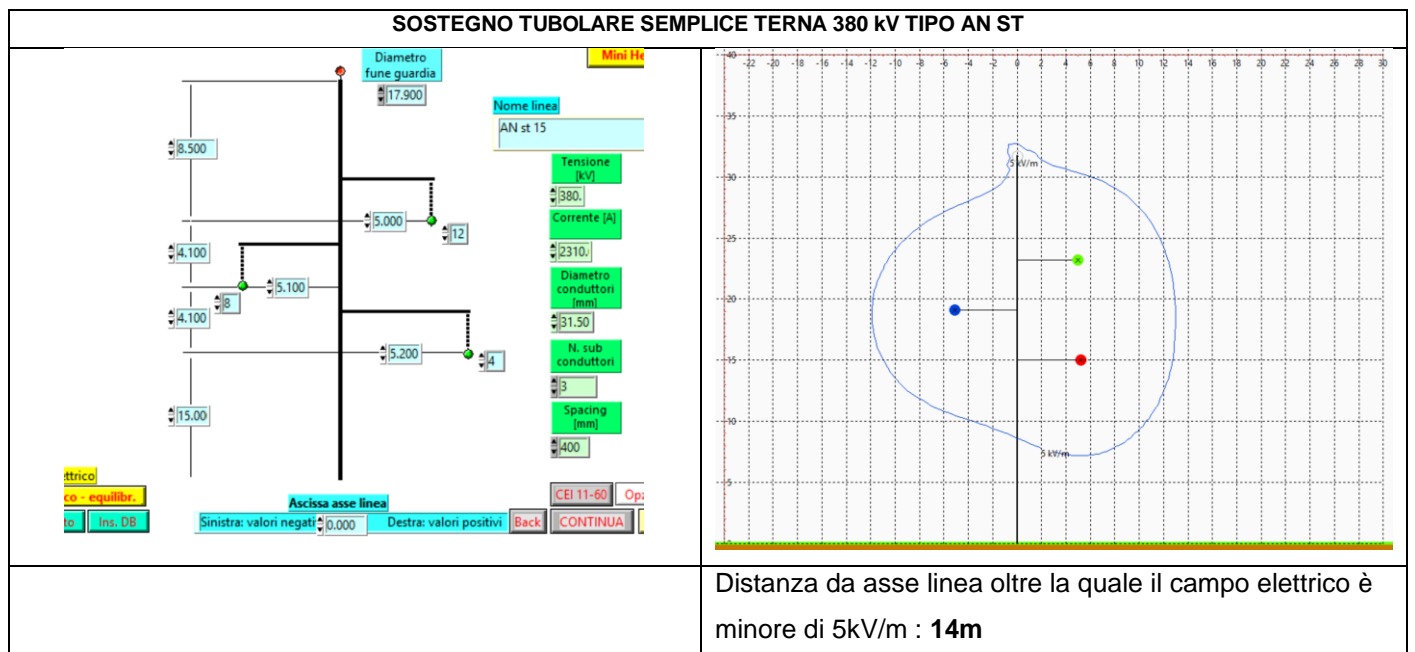
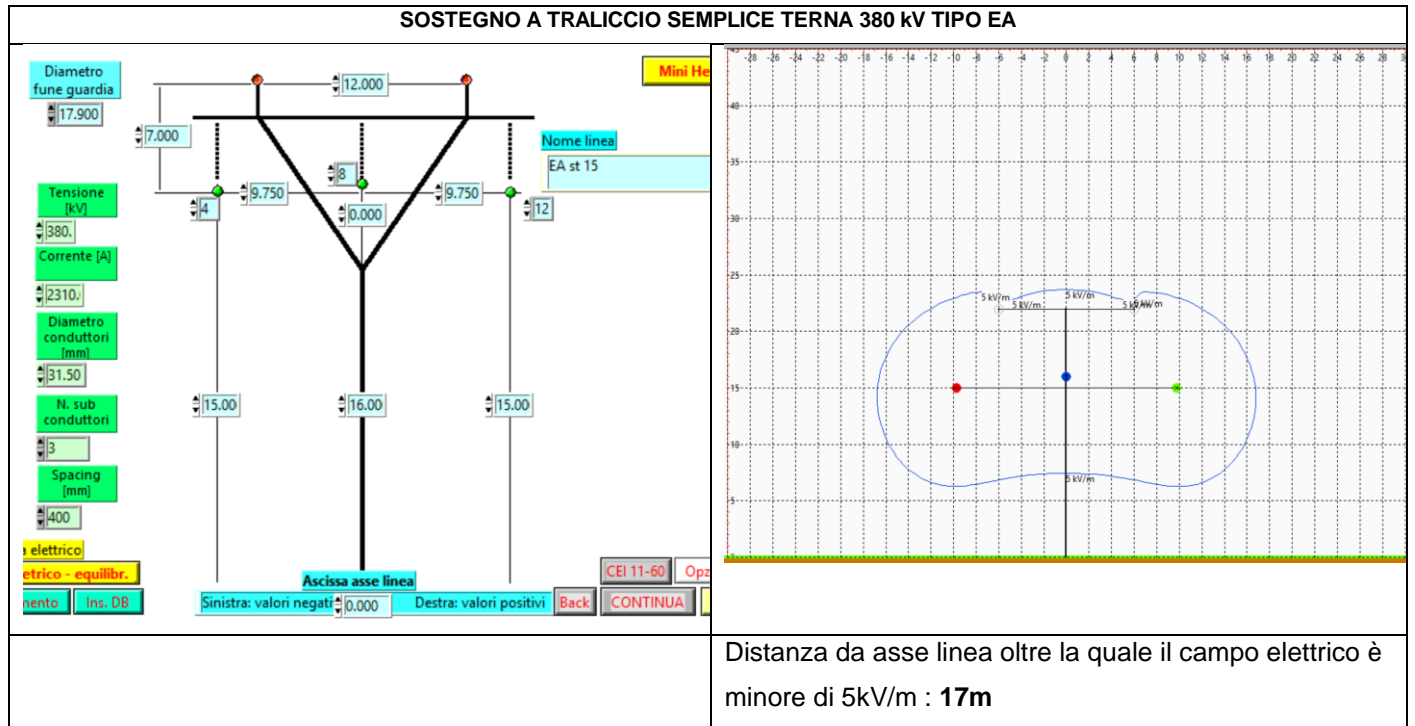
- Tratta P.1-P.217: tratta 380kV in semplice terna costituita sostegni di tipologia a traliccio e tubolare;
- Tratta P.218-P.230: tratta 380kV in doppia terna con loop passivo costituita da sostegni tubolari (ad eccezione del P.218 a traliccio);
- Tratta P.230-P.232: tratta 380kV in doppia terna con loop passivo costituita da sostegni tubolari e caratterizzata dal parallelismo con l’intervento M a 380kV.

Per quanto riguarda l'altezza da terra dei sostegni tipo, è stata considerata la distanza minima progettuale alla quale possono trovarsi i conduttori. Tale distanza si verifica, in condizioni di Massima Feccia, in base ai criteri progettuali adottati, risulta essere:

- 15 metri per la tratta P.1 - P.217;
- 19 metri dai conduttori di loop passivo della tratta P.218 – P.229;
- 35 metri dai conduttori dell’intervento M e di loop passivo della tratta P.230 - 232.

3.5.1.4 Studio Tratta P.1 – P.217

Si riporta, di seguito, la rappresentazione grafica delle curve isolivello a 5kV/m del campo elettrico, riportando il caso peggiorativo per disposizione dei conduttori e tipologia di sostegno.



Nella tabella sottostante vengono riportati tutti i recettori della tratta in esame in ordine crescente di distanza del punto più vicino di ciascun recettore all'asse linea:

Recettori – Tratta P.1-P.217	Distanza da asse linea [m]
R18	23
R9	35
R10	40
R6	40.5
R7	43
R8	43
R11	43.5
R5	50
R12	50
R1	53
R4	54
R15	54
R16	54
R2	56
R13	57
R3	60
R14	64
R17	66
R19	68
R20	78

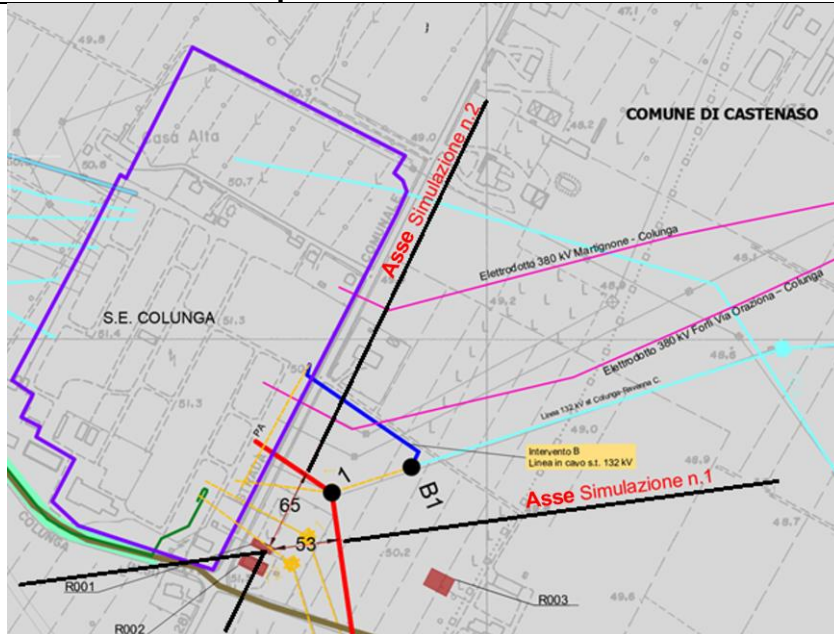
Poiché dalle verifiche delle distanze fra i recettori e l'asse linea si riscontra in tutte le situazioni una distanza della parte più prossima del recettore all'asse dell'elettrodotto superiore a 17m, che corrisponde alla distanza alla quale il campo elettrico è pari a 5kV/m anche nelle condizioni più sfavorevoli, si desume che il limite di campo elettrico è sempre rispettato in tutte le situazioni.

3.5.1.5 Approfondimenti - Tratta P.1 – P.217 – simulazione su recettori rappresentativi

Di seguito vengono illustrati i risultati delle simulazioni effettuate sui seguenti recettori rappresentativi per i motivi di seguito elencati:

- R1 – considerato rappresentativo in quanto soggetto, in termini di campo elettrico, alla possibile influenza delle due linee 380kV Marginone-Colunga (n.302) e Forlì Via Oraziana-Colunga (n.332) che si trovano in prossimità dell'elettrodotto aereo 380kV di futura realizzazione.
- R18 - considerato rappresentativo in quanto rappresenta il recettore più vicino all'asse linea della tratta costituita da sostegni a traliccio;
- R9 - considerato rappresentativo in quanto rappresenta il recettore più vicino all'asse linea della tratta costituita da sostegni tubolari.

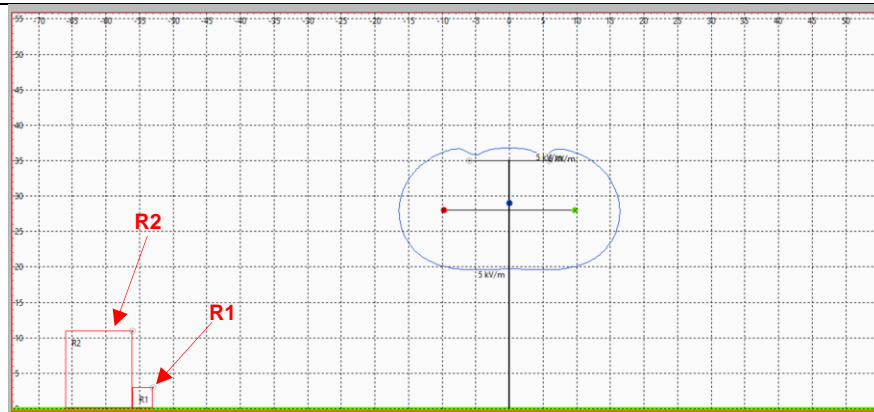
Inquadramento recettore R1



Lo scopo di tale simulazione è evidenziare che il contributo delle due linee 380kV parallele, dal punto di vista delle isolinee di campo elettrico a 5kV/m, è trascurabile.

Simulazione n.1

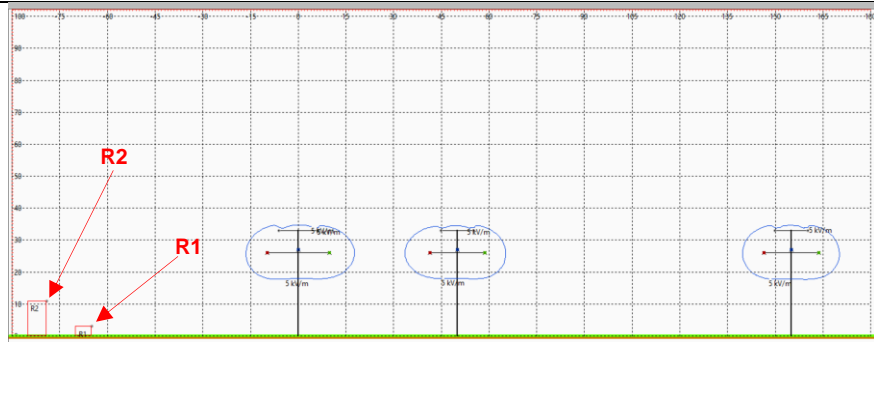
Commenti



Rappresentazione delle isolinee di campo elettrico a 5kV/m generate unicamente dal futuro elettrodotto 380kV Colunga-Calenzano.

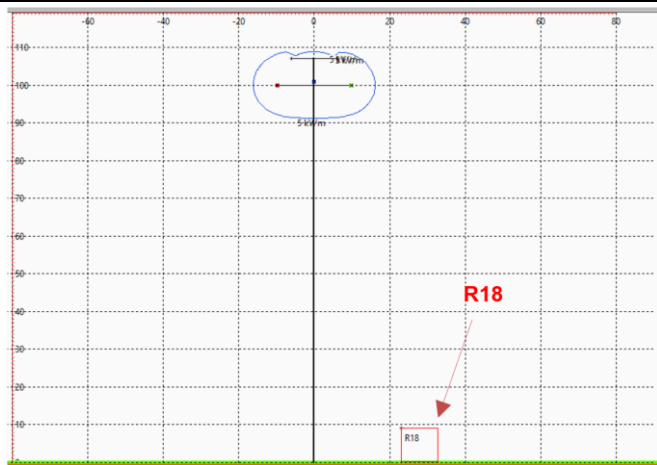
Simulazione n.2

Commenti

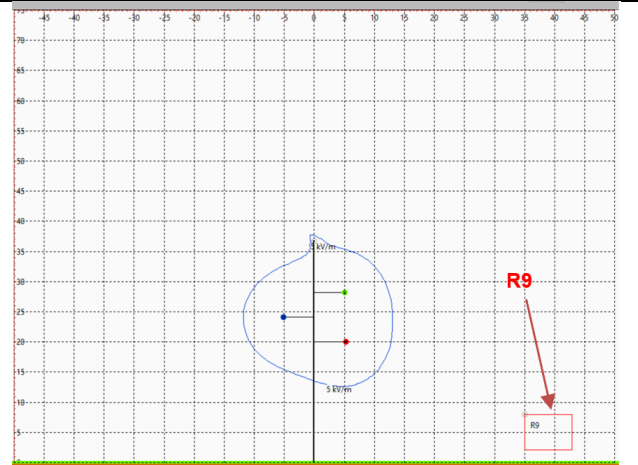


Rappresentazione delle isolinee di campo elettrico a 5kV/m generate dal futuro elettrodotto 380kV Colunga-Calenzano considerando anche il contributo delle due linee 380kV Marginone-Colunga (n.302) e Forlì Via Oraziana-Colunga (n.332). Da un confronto con la simulazione n.1 risulta che il contributo delle ulteriori due linee risulta trascurabile.

Risultati simulazione recettore R18 – Rappresentativo tratta a traliccio



Risultati simulazione recettore R9 – Rappresentativo tratta tubolare

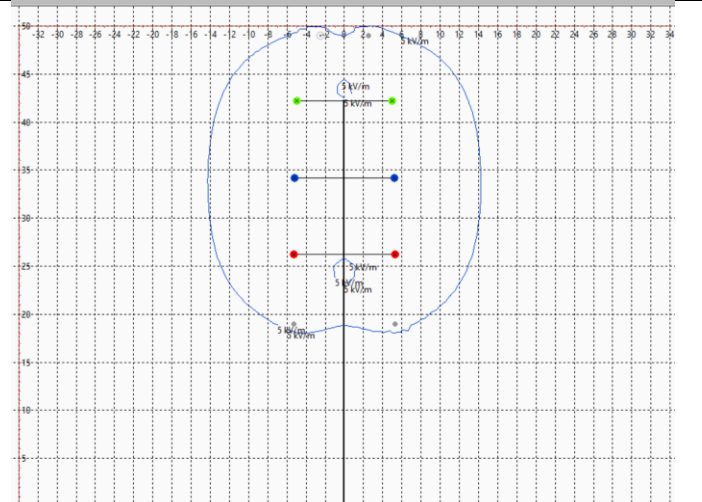
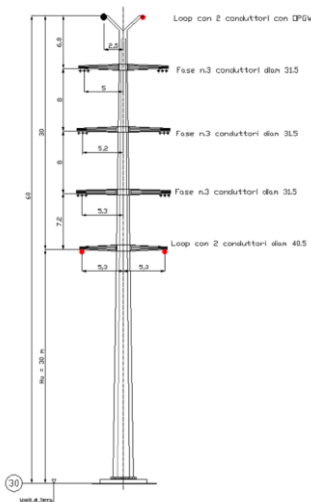


Per tener conto delle differenze di quota fra il terreno sotto ai conduttori e la quota del recettore è stato aggiunto a quest'ultimo un offset pari al dislivello

3.5.1.6 Tratta P.218 – P.230

La tratta dell'intervento A1 che va dal P.218 al P.230 in doppia terna 380kV è costituita da sostegni tubolari in doppia terna con Loop passivo ad eccezione del P.218 che è un sostegno "Vitruvio" a traliccio ma con geometria equivalente al tubolare.

Si riporta, di seguito, la rappresentazione grafica delle curve isolivello a 5kV/m del campo elettrico, riportando il caso peggiorativo per disposizione dei conduttori e tipologia di sostegno ad un'altezza di calcolo di 19m pari al franco minimo misurato sull'intera tratta.



TIPOLOGICO SOSTEGNO TUBOLARE DT 380kV CON LOOP PASSIVO H30

Distanza da asse linea oltre la quale il campo elettrico è minore di 5kV/m : **16m**

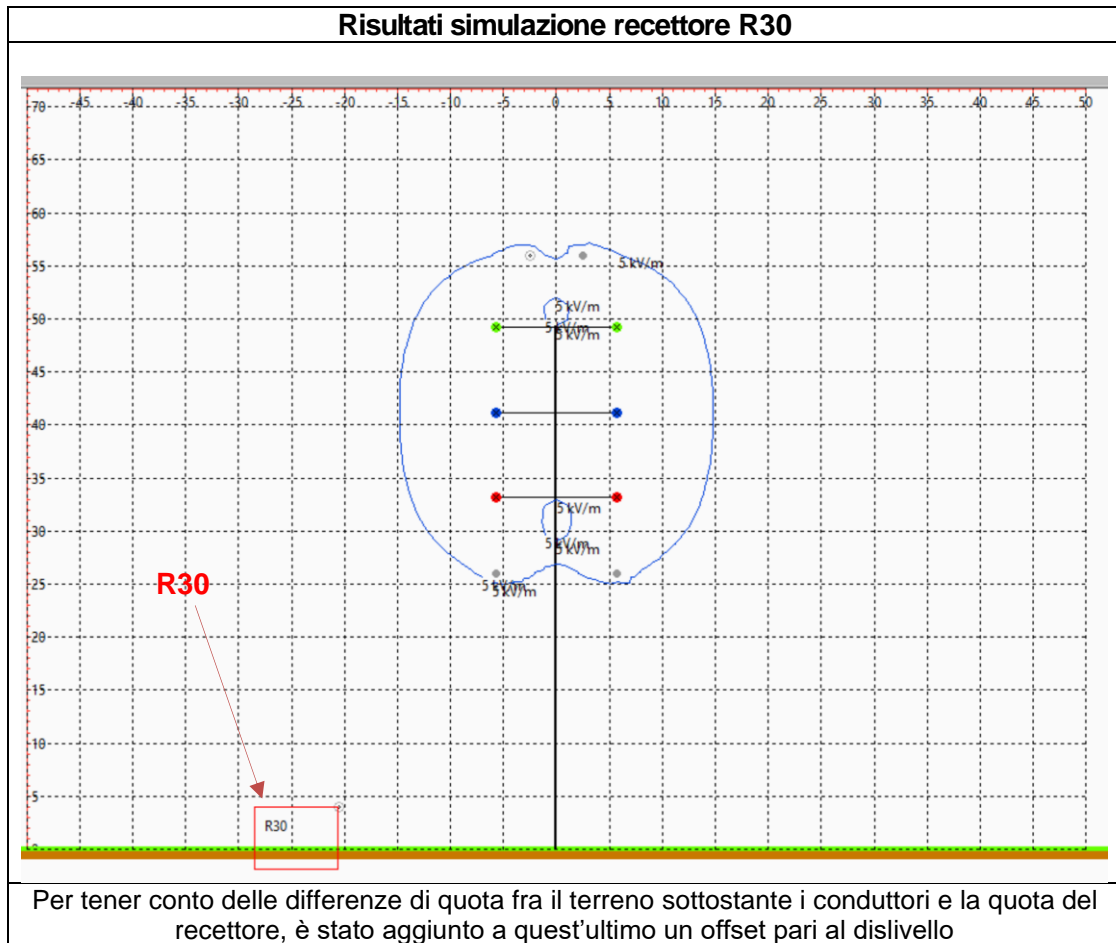
Nella tabella sottostante vengono riportati tutti i recettori della tratta in esame in ordine crescente di distanza del punto più vicino di ciascun recettore all'asse linea:

Recettori - Tratta P.218 - P.230	Distanza da asse linea [m]
R30	20.5
R26B	23.5
R26	24
R53	24
R35	29
R27	31
R23	35
R24	36
R34	36
R36-A	37
R28	40
R36-B	40
R36-C	41
R31	43
R36-D	44
R22	45.5
R29	46
R23A	47
R33	51
R37	53
R38	53
R32	60
R21	61.5
R25	62
R57	65
R62	66
R58-B	70
R63	71
R59	73
R31-A	75
R21A	76
R61-A	76
R64	76
R60	77
R58-A	78
R61-B	86
R36-E	90
R34A	100
R65	103
R66	110

Poiché dalle verifiche delle distanze fra i recettori e l'asse linea si riscontra in tutte le situazioni una distanza della parte più prossima del recettore all'asse dell'elettrodotto superiore a 16m, che corrisponde alla distanza alla quale il campo elettrico è pari a 5kV/m anche nelle condizioni più sfavorevoli, si desume che il limite di campo elettrico è sempre rispettato in tutte le situazioni.

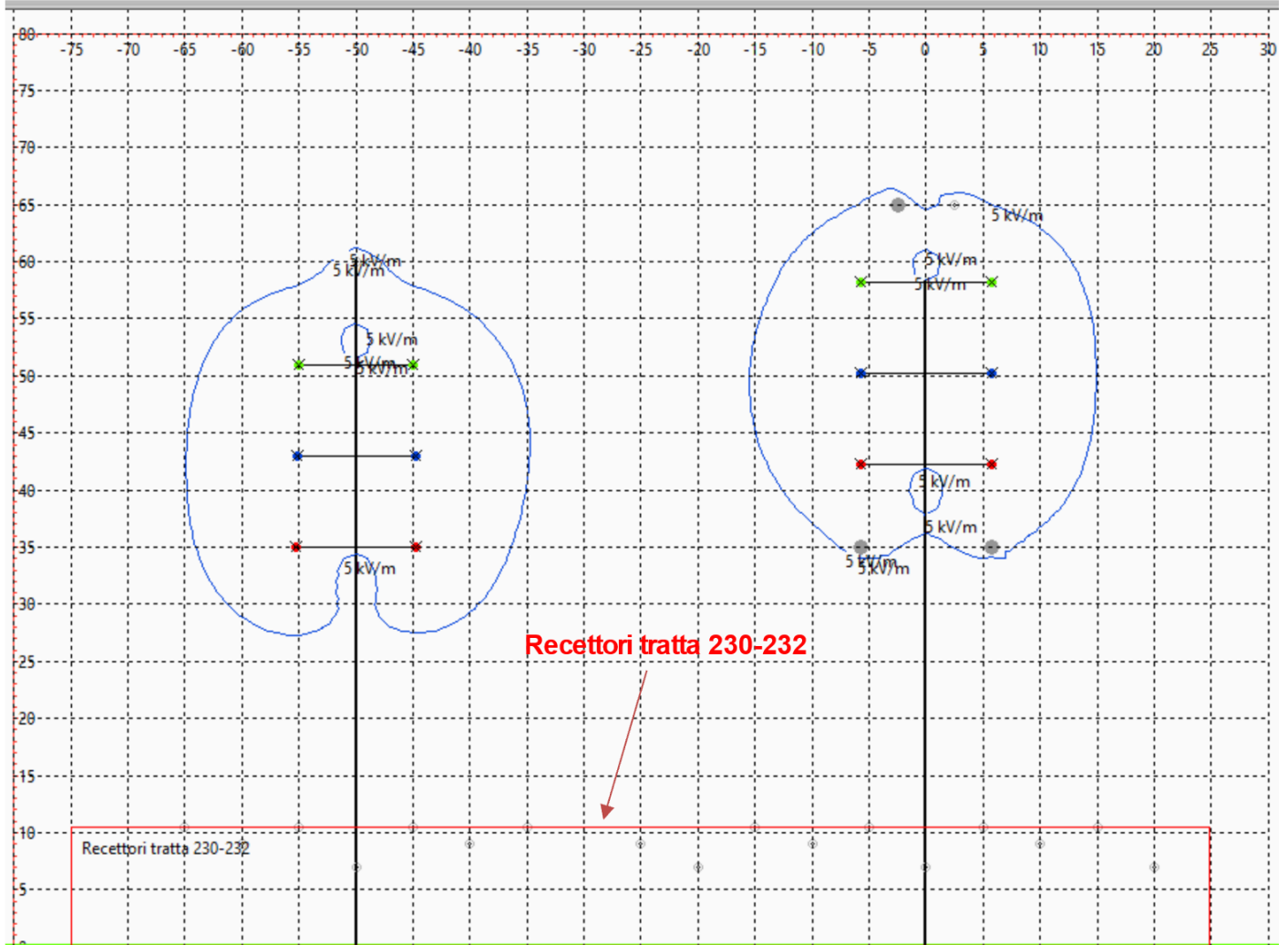
3.5.1.7 Approfondimenti - Tratta P.218 – P.230 - simulazione su recettore rappresentativo

Di seguito viene illustrato il risultato della simulazione sul recettore **R30**, il più vicino all'asse linea.



3.5.1.8 Tratta P.230 – P232

Si riporta, di seguito, la rappresentazione grafica delle curve isolivello a 5kV/m del campo elettrico, indicando il caso peggiorativo per disposizione dei conduttori e tipologia di sostegno considerando il parallelismo fra la tratta 230-232 e l'intervento M e, in via cautelativa, il franco minimo dell'intera tratta di 35m.



Nella tabella indicata di seguito vengono riportati tutti i recettori in ordine crescente di distanza del punto più vicino di ciascun recettore all'asse linea:

Numerazione Recettori - Tratta 230-232	Distanza da asse linea [m]	Altezza recettore [m]
R43	0	8
R47	0	9
R50	0	9
R51	0	7
R55	7.5	6
R54	8	6.5
R44	16	9
R52	26	10.5
R48	30	10
R39	34	9

R46	39	8
R45	41	5
R41	63	7
R40	63.5	9.5
R42	66	9.5
R49	78	5

Dalla simulazione precedente è evidente che, se pur considerassimo cautelativamente tutti i recettori aventi un'altezza pari a quella del recettore più alto (10.5m), questi risulterebbero comunque al di fuori delle curve isolivello del campo elettrico a 5kV/m nel pieno rispetto, quindi, dell'obiettivo di qualità prescritto nel DPCM dell'8 Luglio 2003.

4 Conclusioni

La presente relazione ha permesso di determinare l'assenza di edifici esposti a valori di induzione magnetica e campo elettrico superiori agli obiettivi di qualità, prescritti nel DPCM dell'8 Luglio 2003.

Si precisa, inoltre, che la parte di elettrodotto in doppia terna che va dal sostegno 218 alla SE di Calenzano è stata ampiamente trattata nella procedura di Verifica di Assoggettabilità a VIA e successiva Verifica di Ottemperanza per la prescrizione di cui all'Art.1.1., proprio in merito ai valori di campo magnetico nell'area di Calenzano, conclusasi con esito positivo del DM 0000153 del 22/05/2017. Per tale motivo, al fine di dimostrare il rispetto della normativa in materia di campo magnetico nella tratta in doppia terna, è stato allegato alla presente relazione l'elaborato doc. n. B7012040_03 *"Elettrodotto 380 kV semplice terna "S.E. Colunga - S.E. Calenzano" in progetto - calcolo, con modello tridimensionale, dell'induzione magnetica generata dall'elettrodotto in progetto e da un loop passivo, nel tratto in doppia terna e in ingresso alla S.E. di Calenzano. Revisione 3 del 12/06/2017"*.

Viene inoltre dimostrato il rispetto del limite di esposizione per il campo elettrico, così come fissato nel DPCM dell'8 Luglio 2003 [risposta prescrizione C.ER.8].

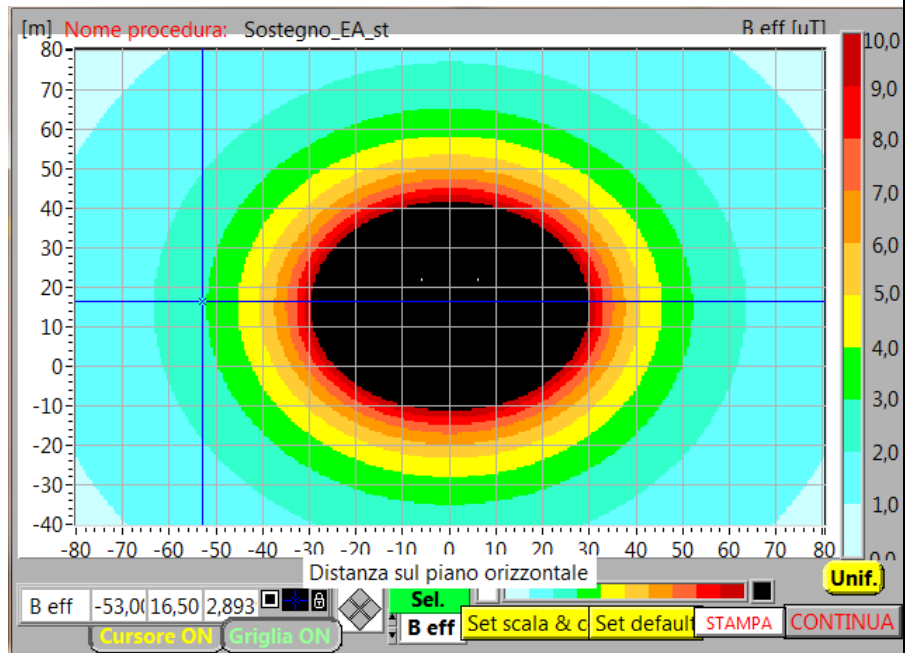
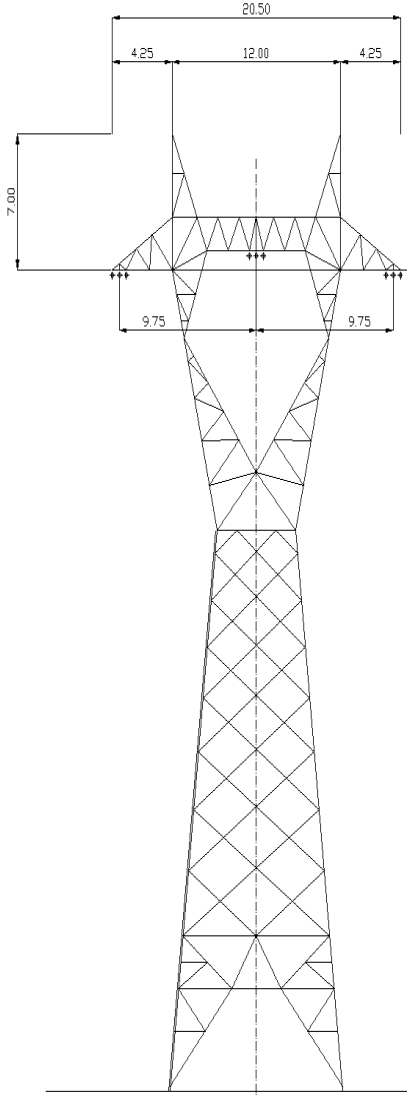
5 Allegati

- Doc n. DEDR04002C2263510 - Planimetria in scala 1:5. 000 per gli elettrodotti aerei e scala 1: 2. 000 per gli elettrodotti in cavo interrato con Distanza di Prima Approssimazione (40 tavole in formato A1);
- Doc n. B7012040 *"Elettrodotto 380 kV semplice terna "S.E. Colunga - S.E. Calenzano" in progetto - calcolo, con modello tridimensionale, dell'induzione magnetica generata dall'elettrodotto in progetto e da un loop passivo, nel tratto in doppia terna e in ingresso alla S.E. di Calenzano. Revisione 3 del 12/06/2017"*.

ANNESSO 1 - Calcolo DPA di sostegni per linee elettriche aeree

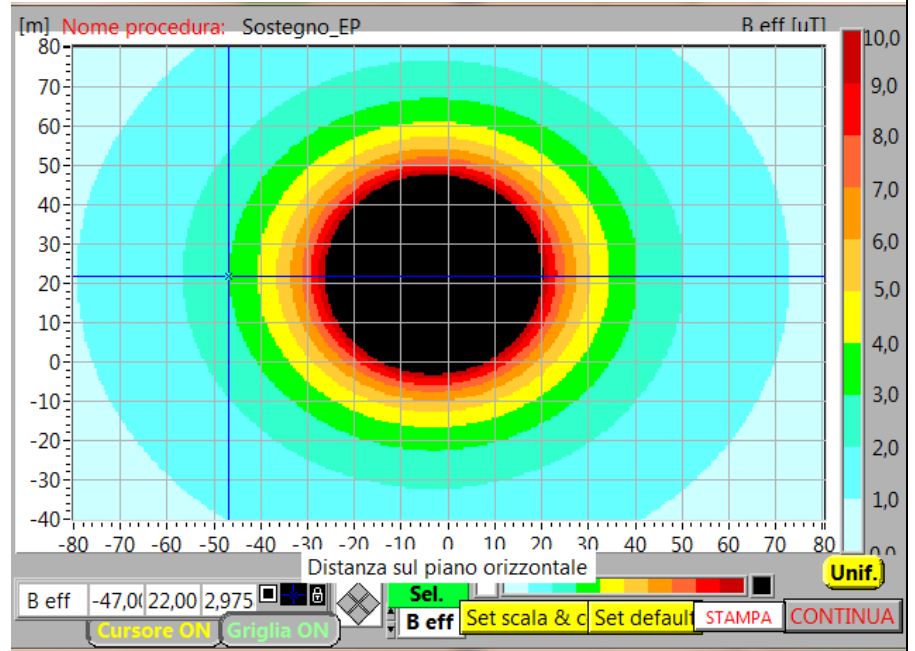
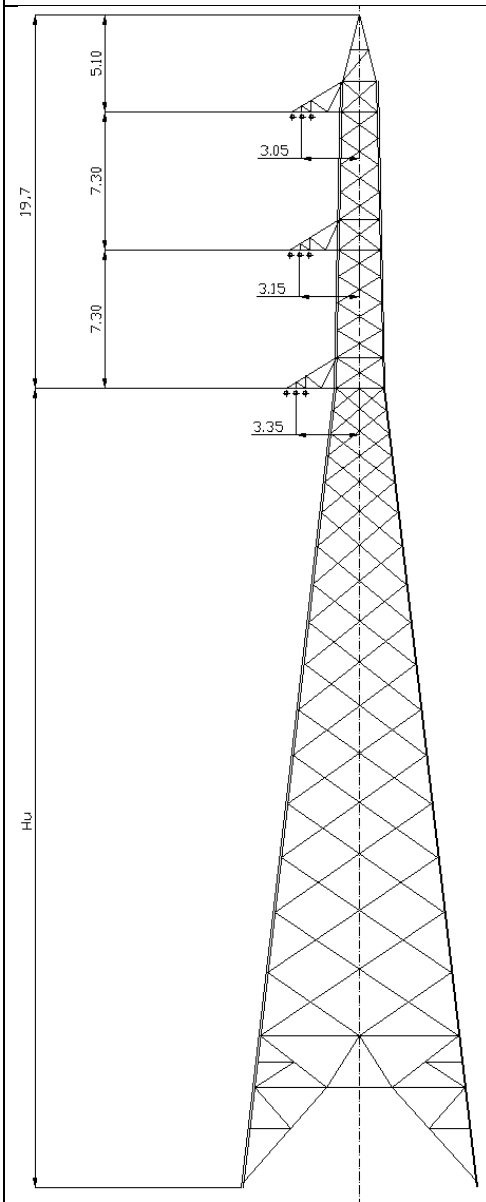
Sezione 380kV

SOSTEGNO A TRALICCIO SEMPLICE TERNA 380 kV TIPO EA



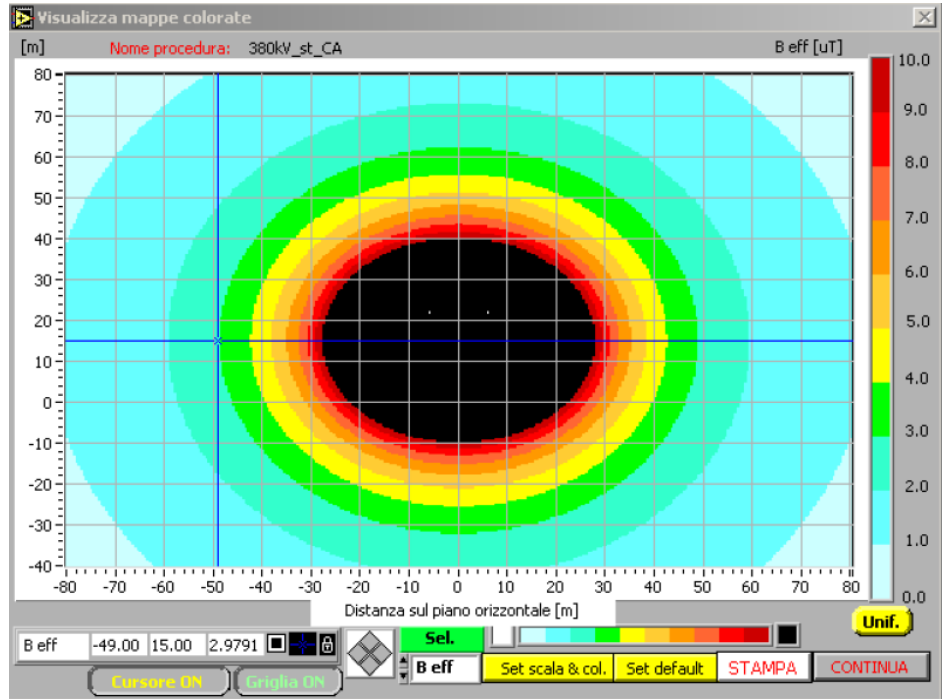
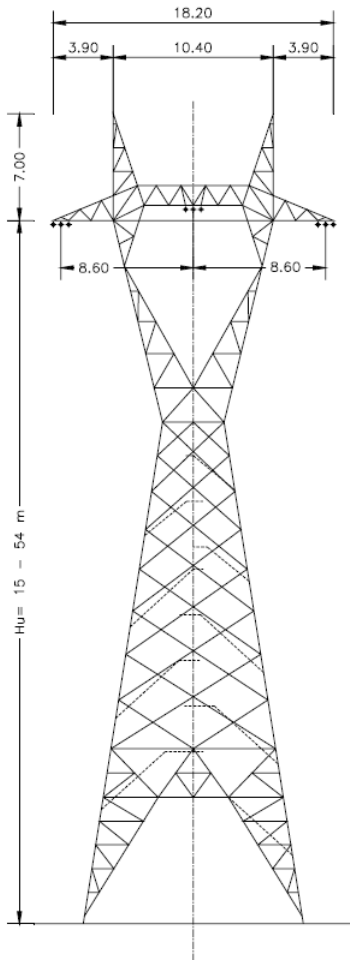
DPA = 53 m

SOSTEGNO A TRALICCIO SEMPLICE TERNA 380 kV TIPO EP



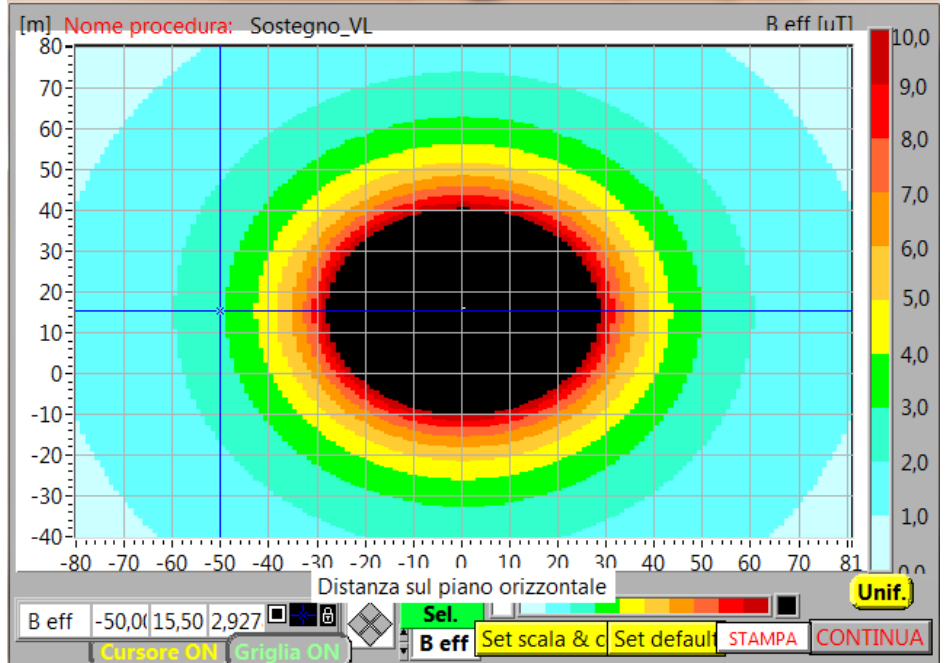
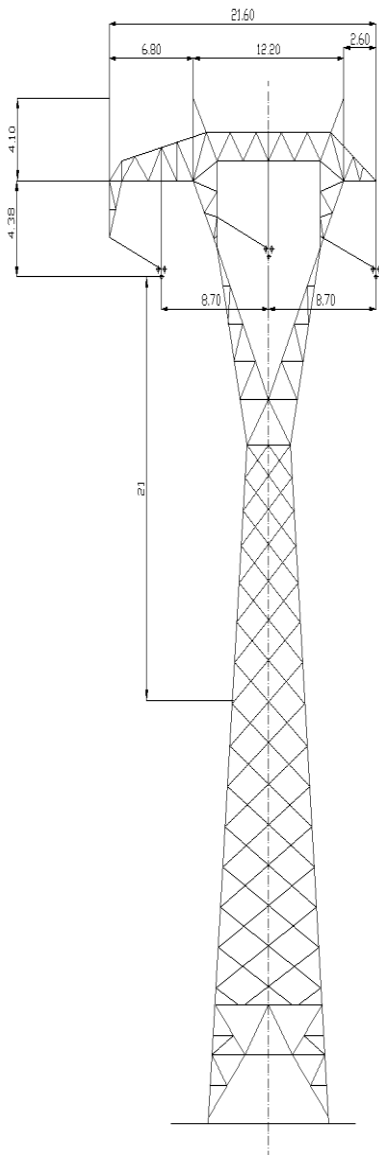
DPA = 47 m

SOSTEGNO A TRALICCIO SEMPLICE TERNA 380 kV TIPO CA



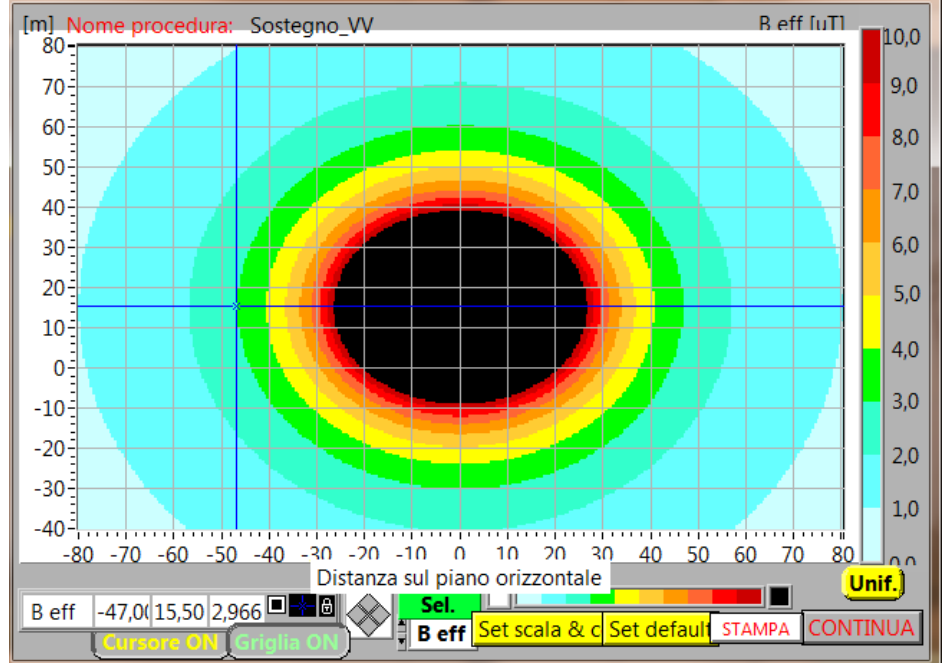
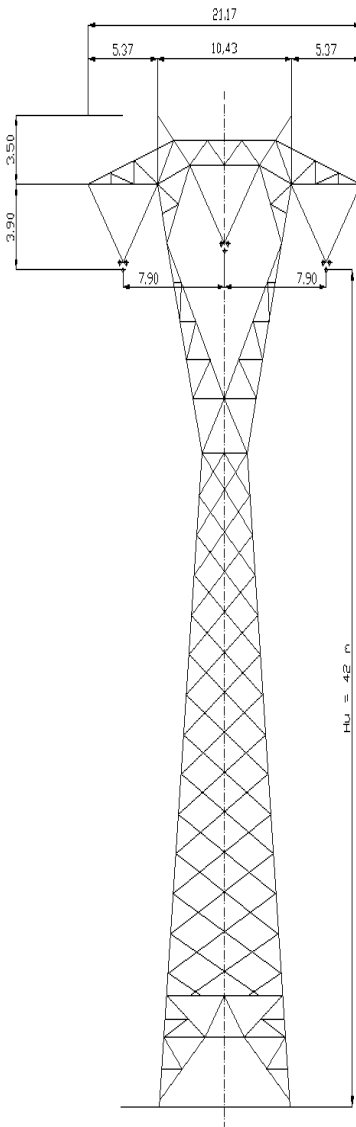
DPA = 49 m

SOSTEGNO A TRALICCIO SEMPLICE TERNA 380 kV TIPO VL



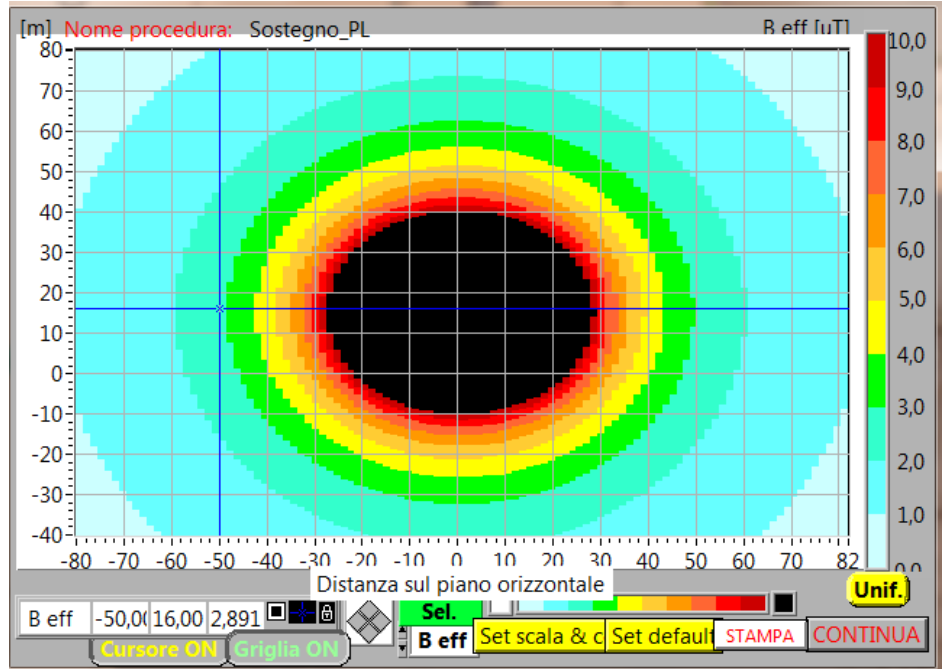
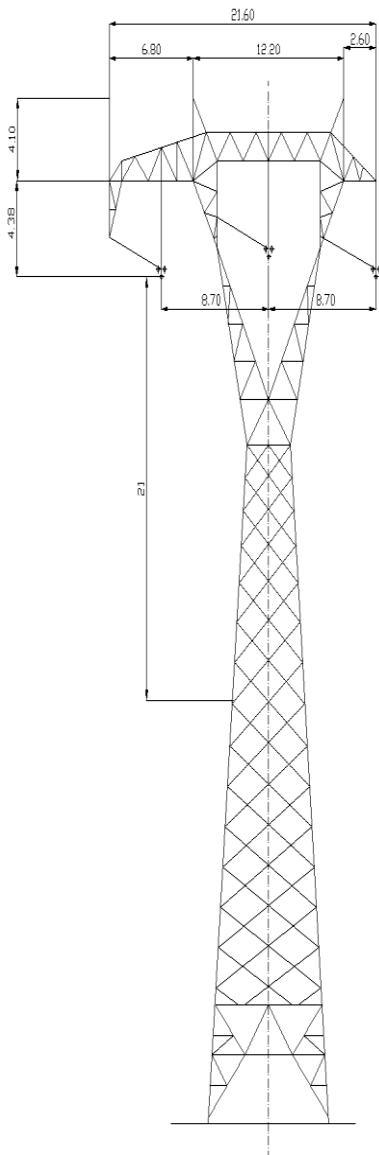
DPA = 50 m

SOSTEGNO A TRALICCIO SEMPLICE TERNA 380 kV TIPO VV



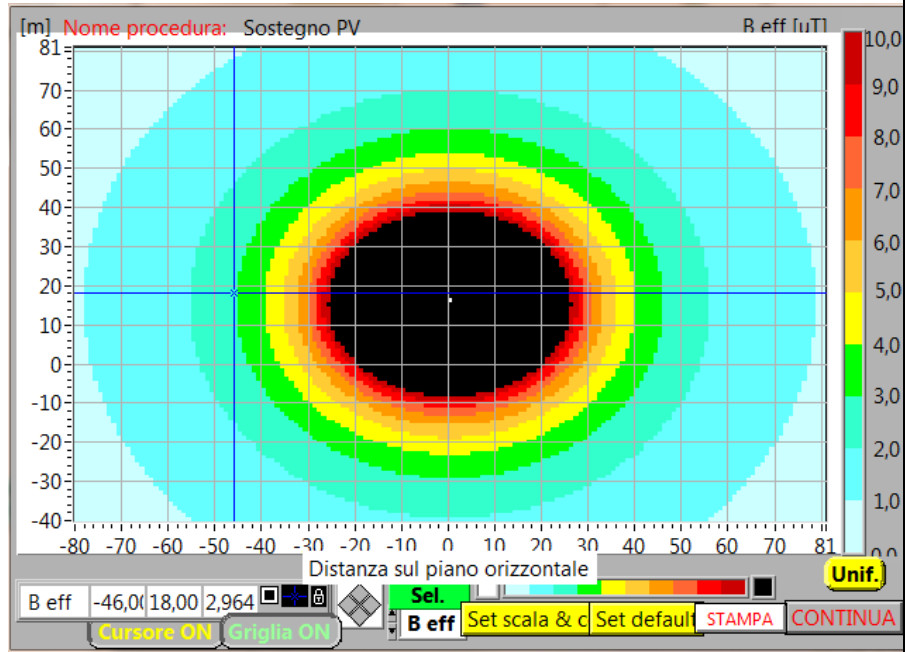
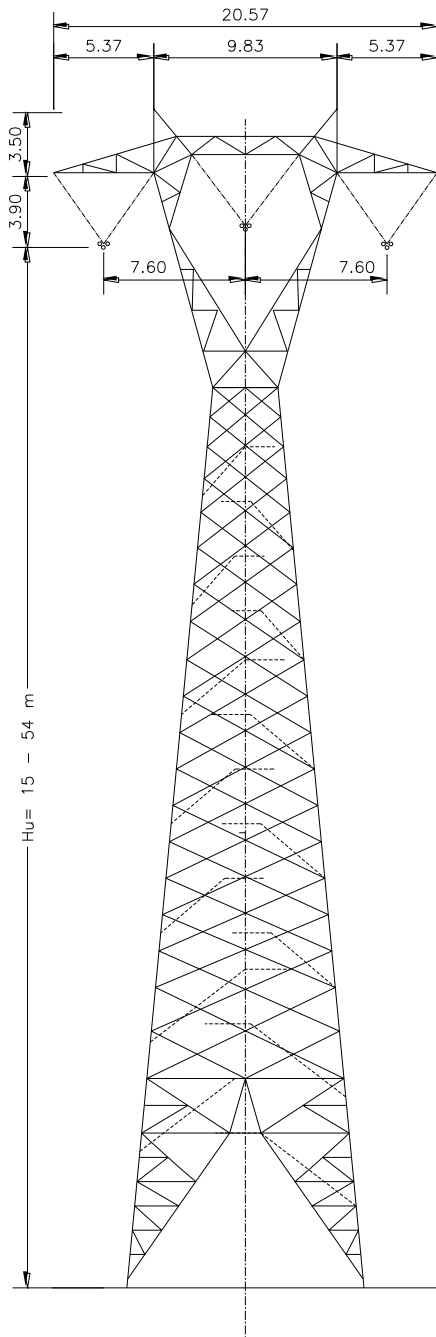
DPA = 47 m

SOSTEGNO A TRALICCIO SEMPLICE TERNA 380 kV TIPO PL



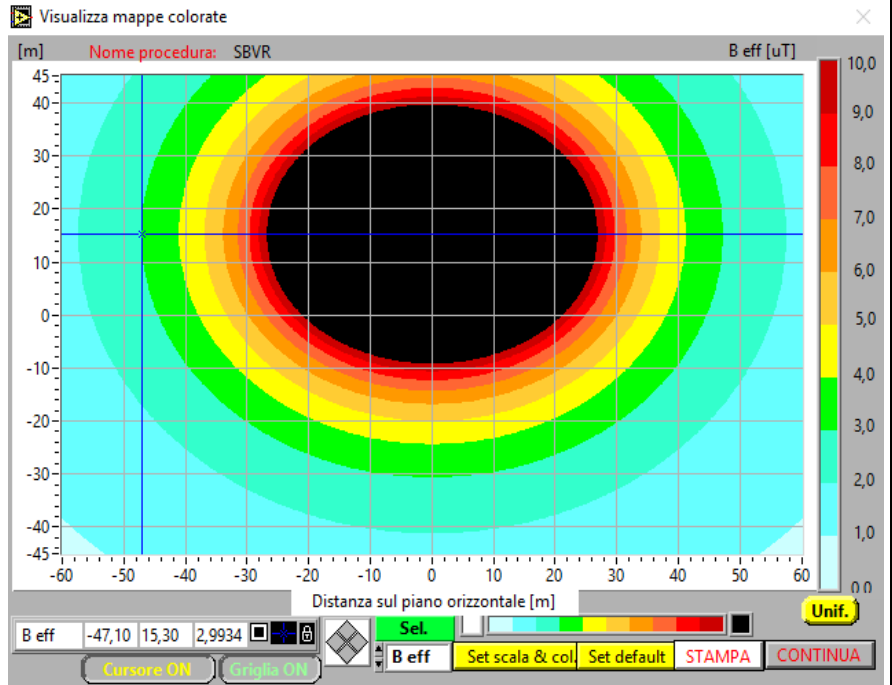
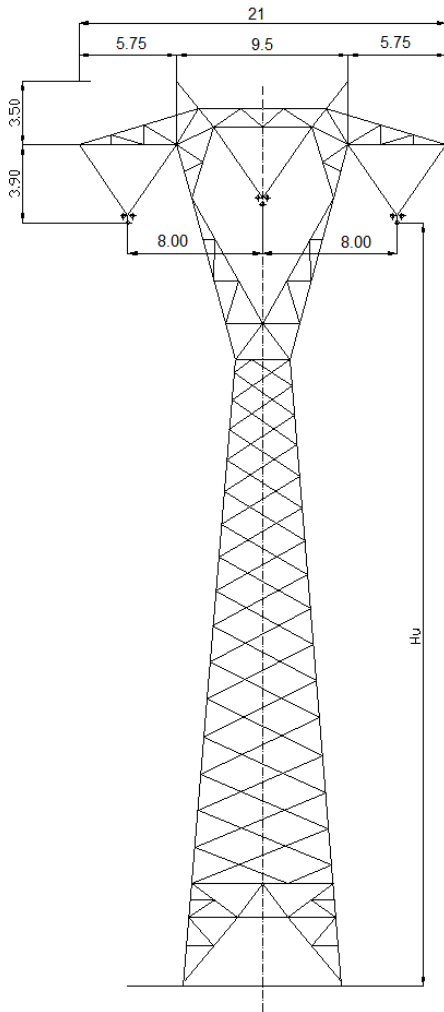
DPA = 50 m

SOSTEGNO A TRALICCIO SEMPLICE TERNA 380 kV TIPO PV



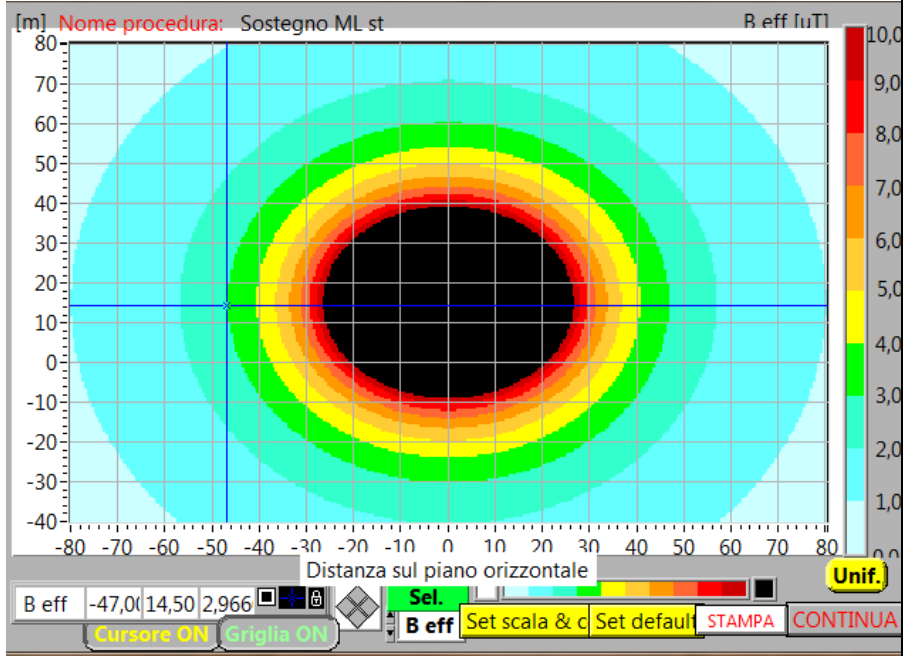
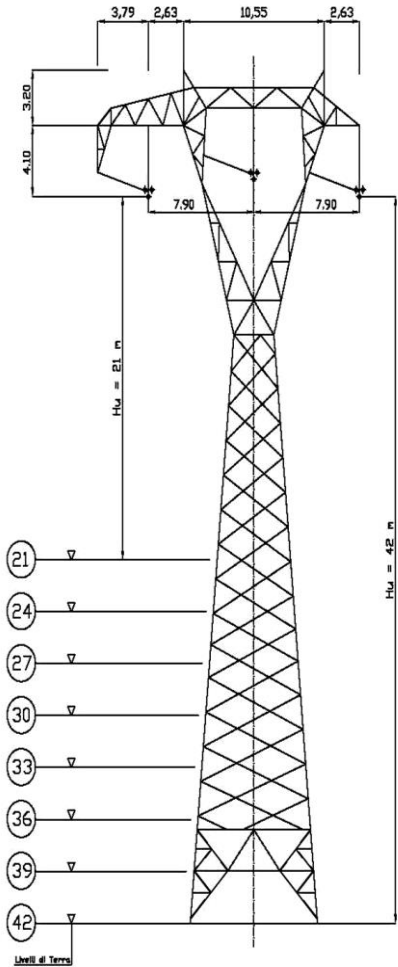
DPA = 46 m

SOSTEGNO A TRALICCIO SEMPLICE TERNA 380 kV TIPO SBVR



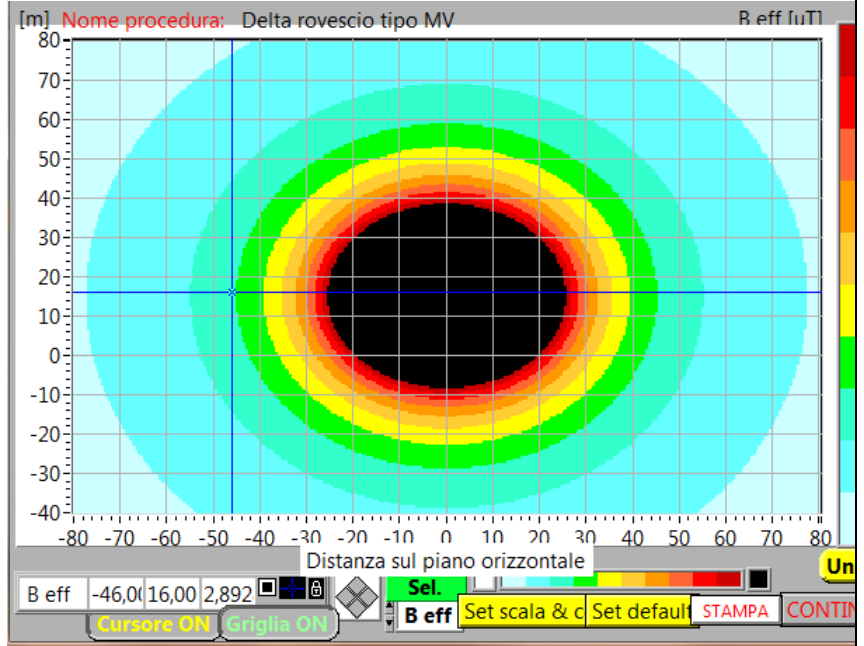
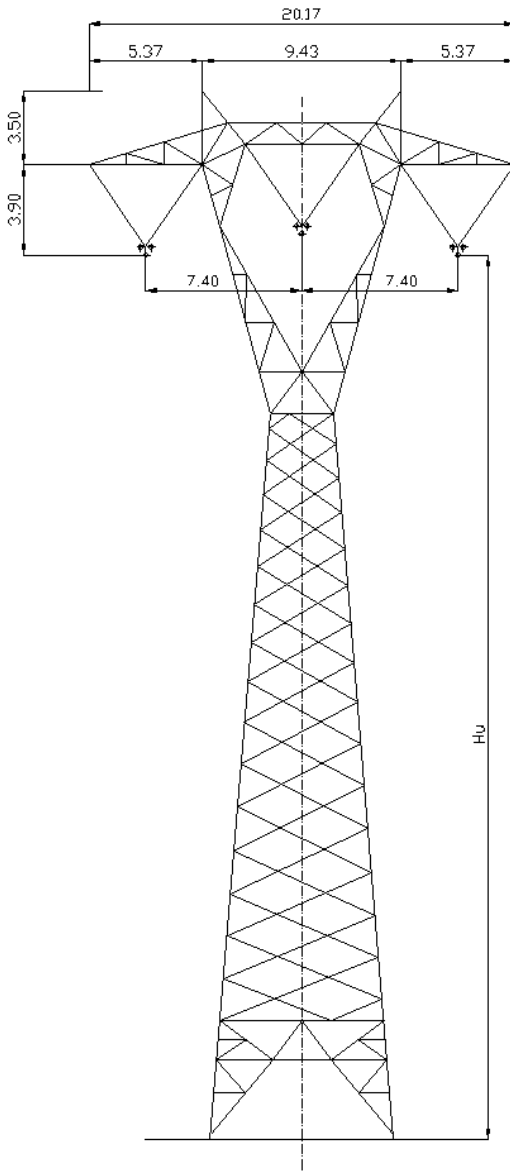
DPA = 48 m

SOSTEGNO A TRALICCIO SEMPLICE TERNA 380 kV TIPO ML



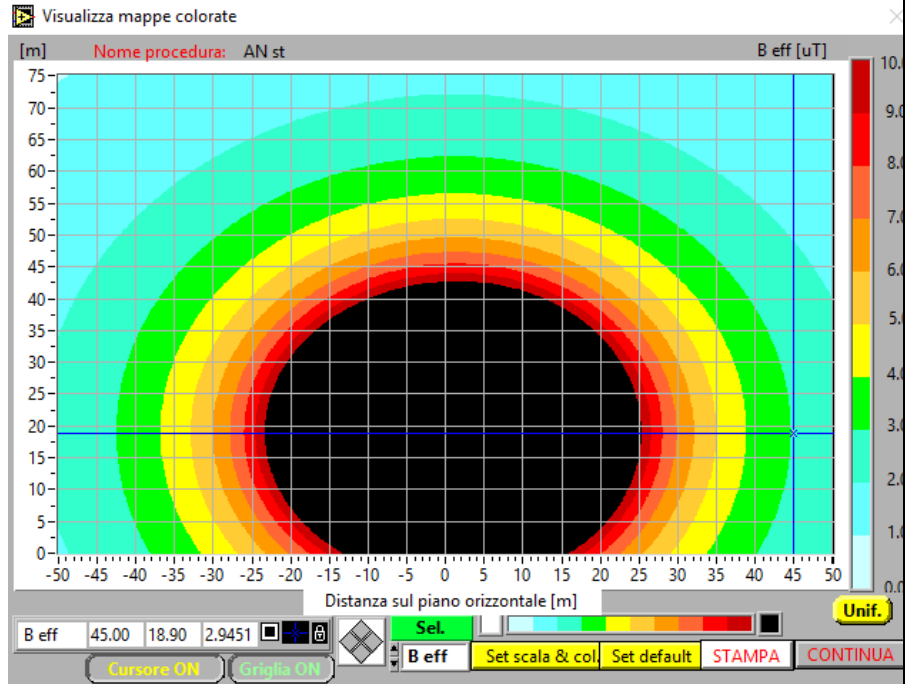
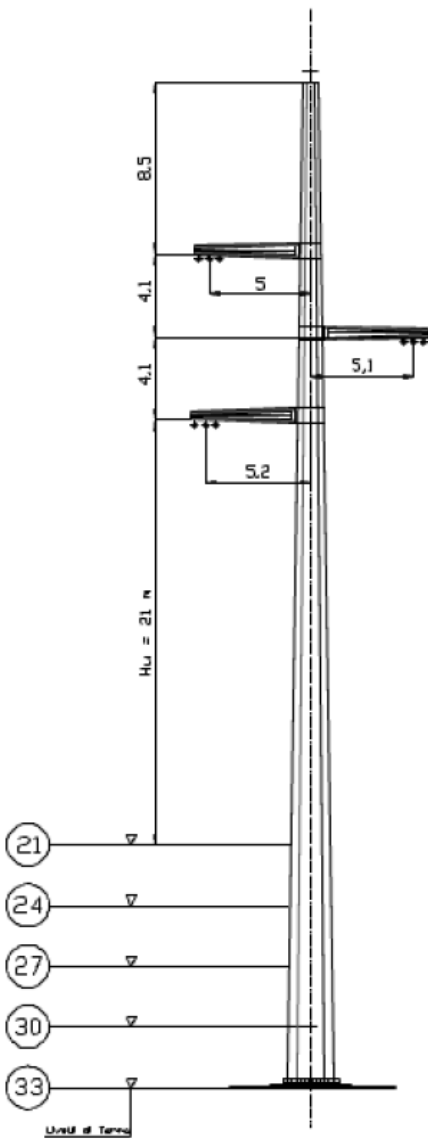
DPA = 47 m

SOSTEGNO A TRALICCIO SEMPLICE TERNA 380 kV TIPO MV



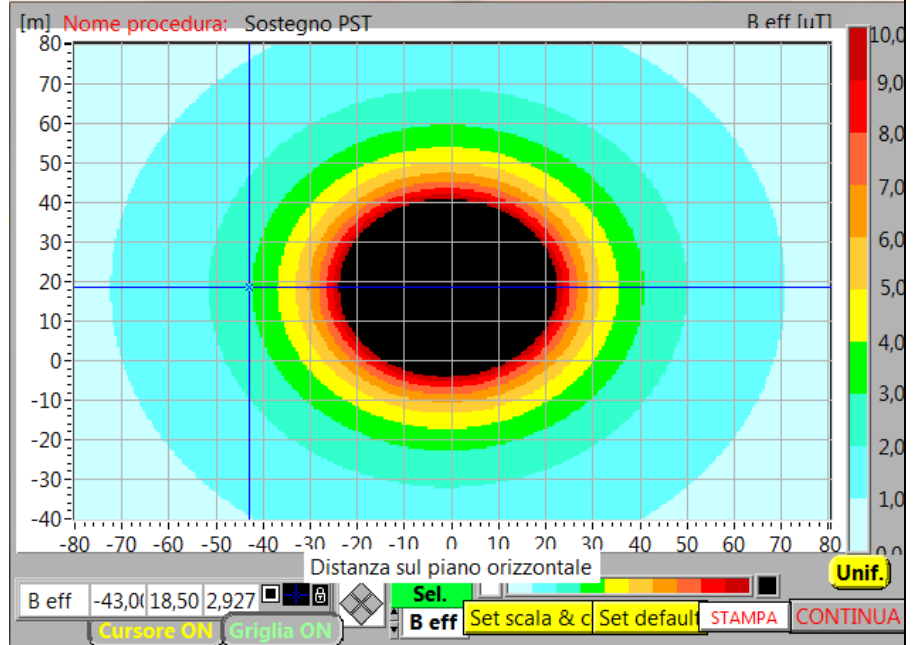
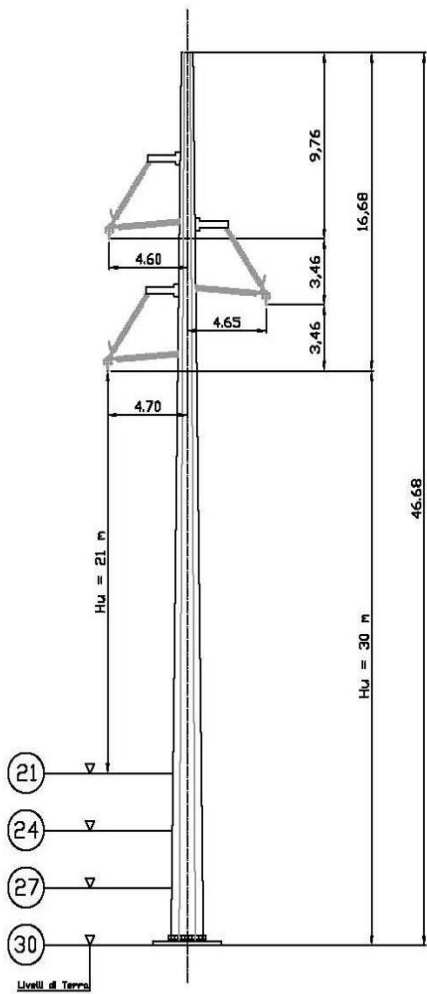
DPA = 46 m

SOSTEGNO TUBOLARE SEMPLICE TERNA 380 kV TIPO AN ST



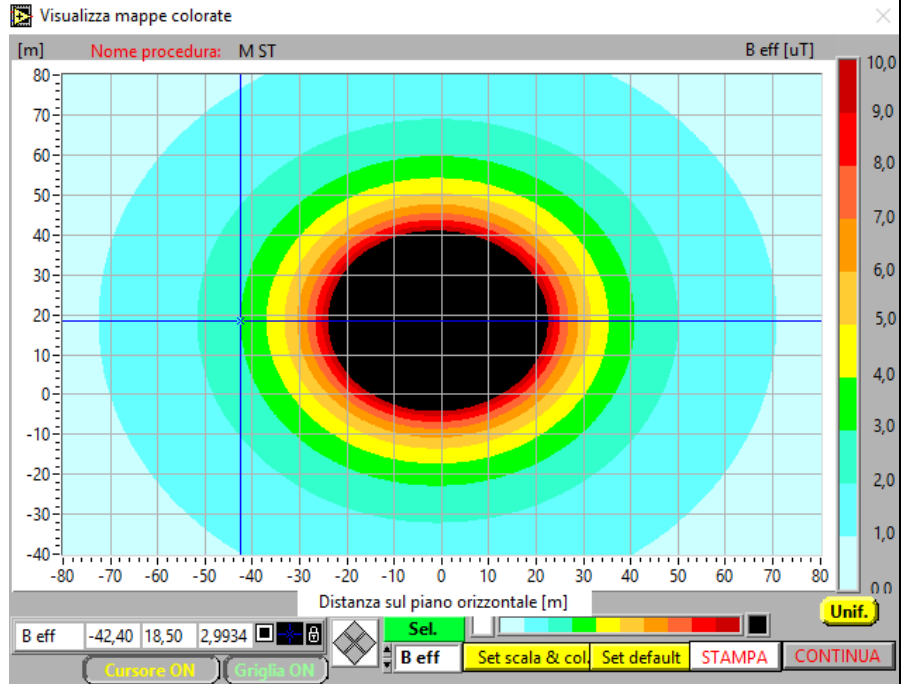
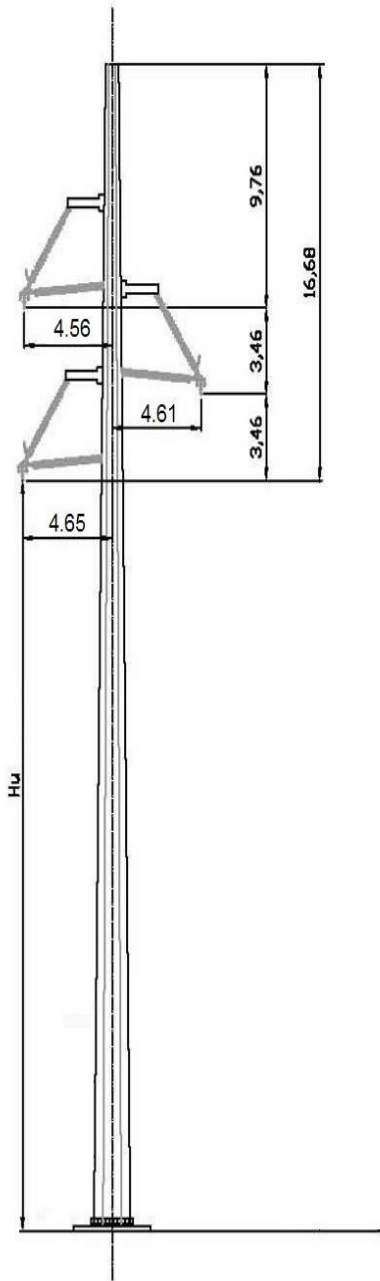
DPA = 45 m

SOSTEGNO TUBOLARE SEMPLICE TERNA 380 kV TIPO P ST



DPA = 43 m

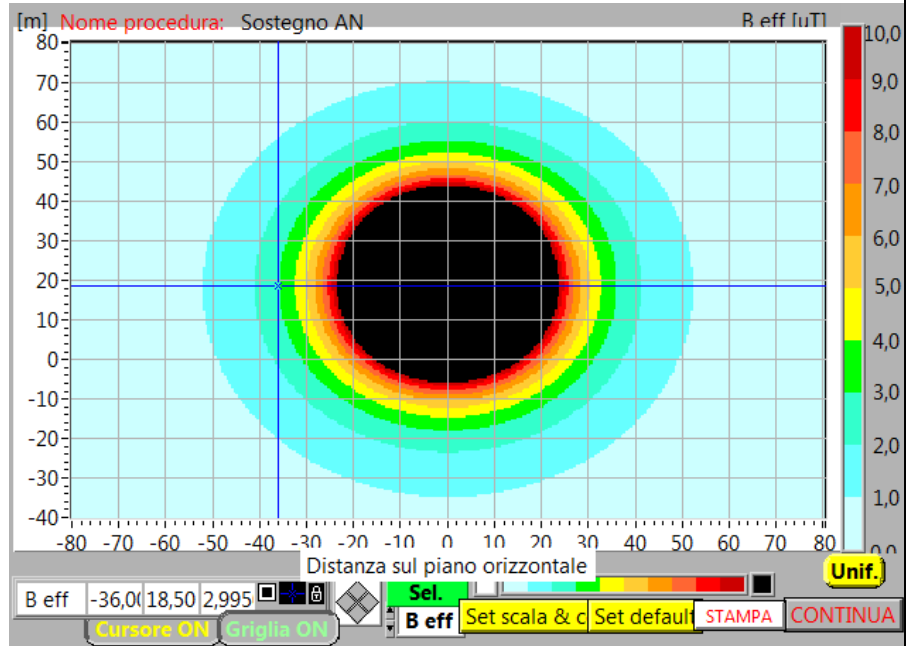
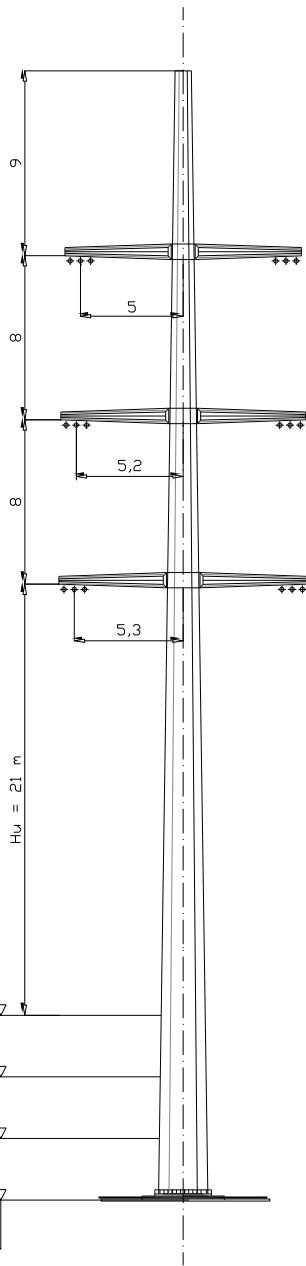
SOSTEGNO TUBOLARE SEMPLICE TERNA 380 kV TIPO M ST



DPA = 43 m

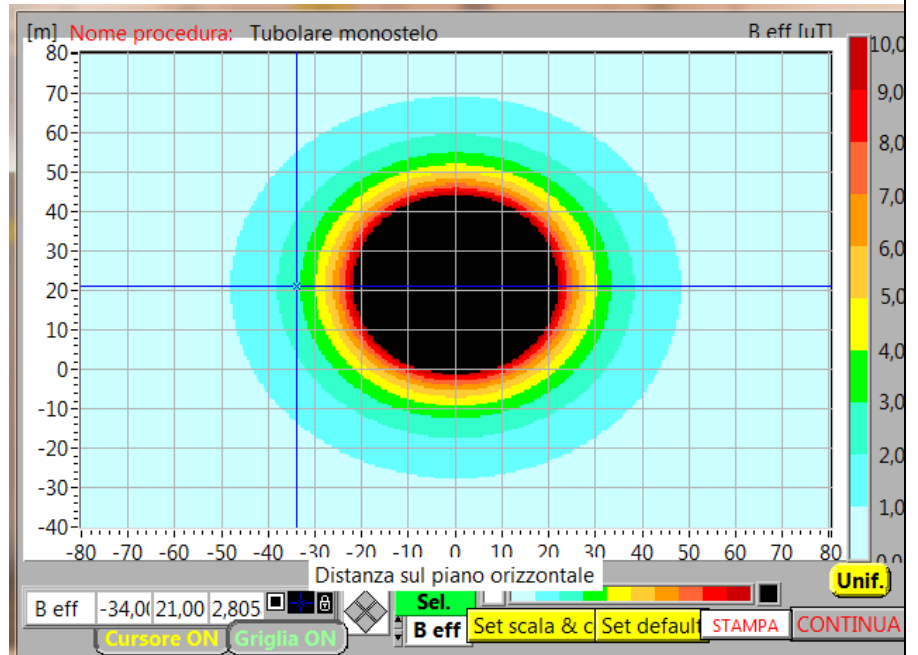
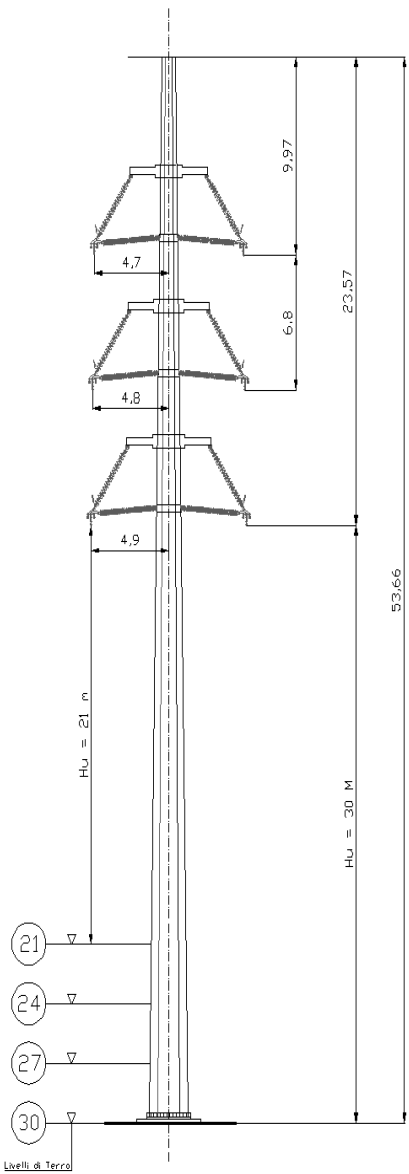
SOSTEGNO TUBOLARE DOPPIA TERNA 380 kV TIPO AN

+



DPA = 36 m

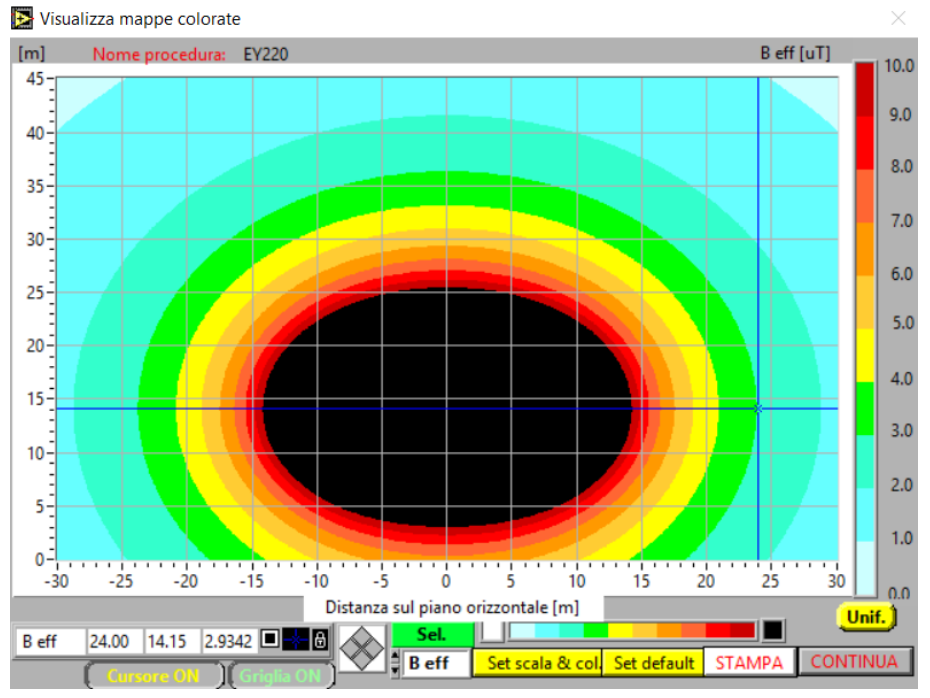
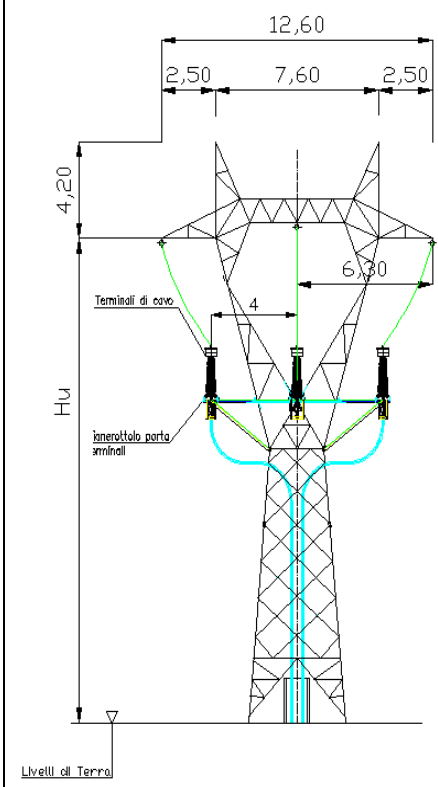
SOSTEGNO TUBOLARE DOPPIA TERNA 380 KV TIPO MDT/PDT



DPA = 34 m

Sezione 220 kV

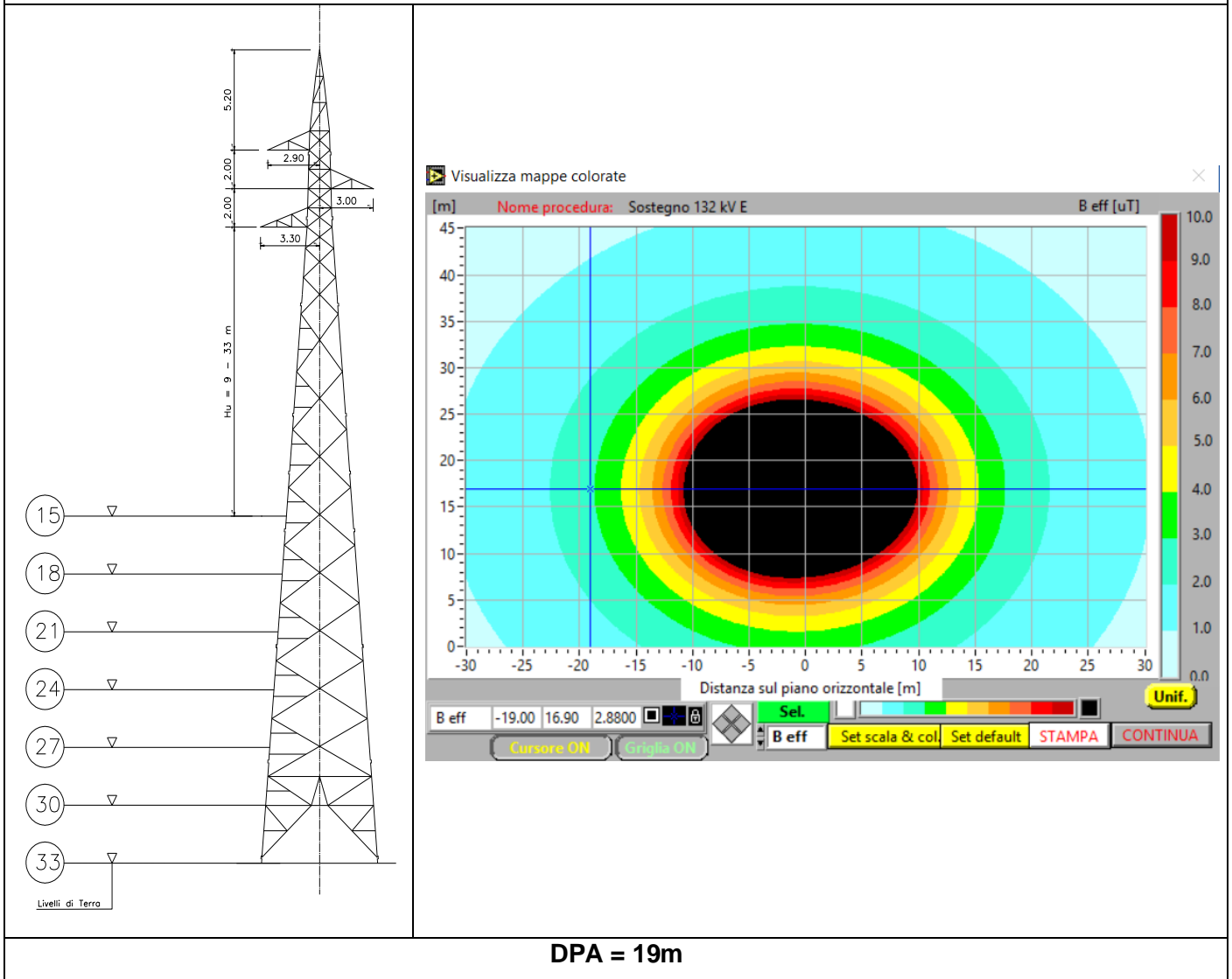
SOSTEGNO A DELTA 220KV TIPO EY



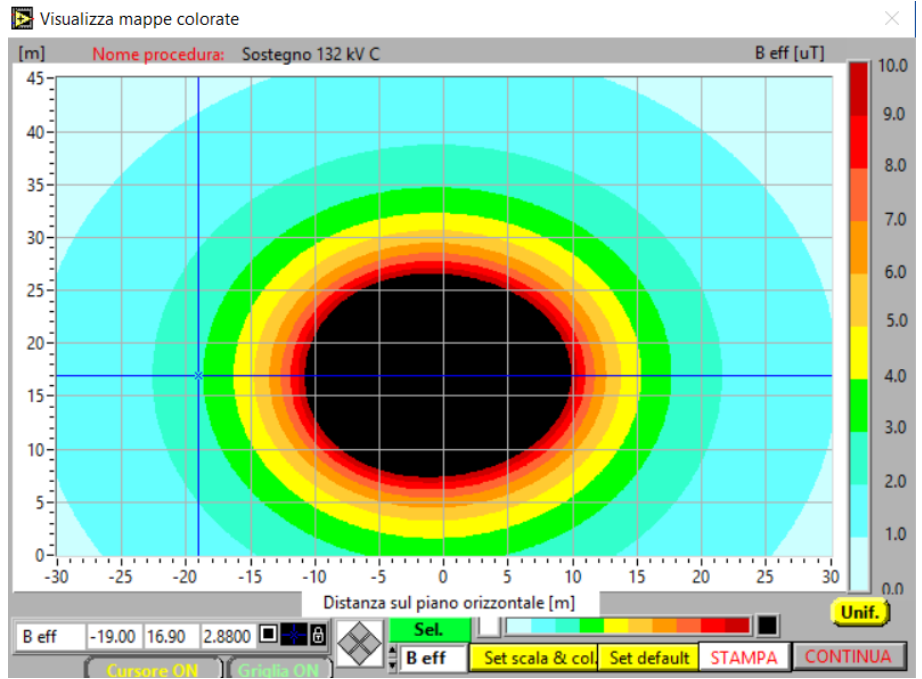
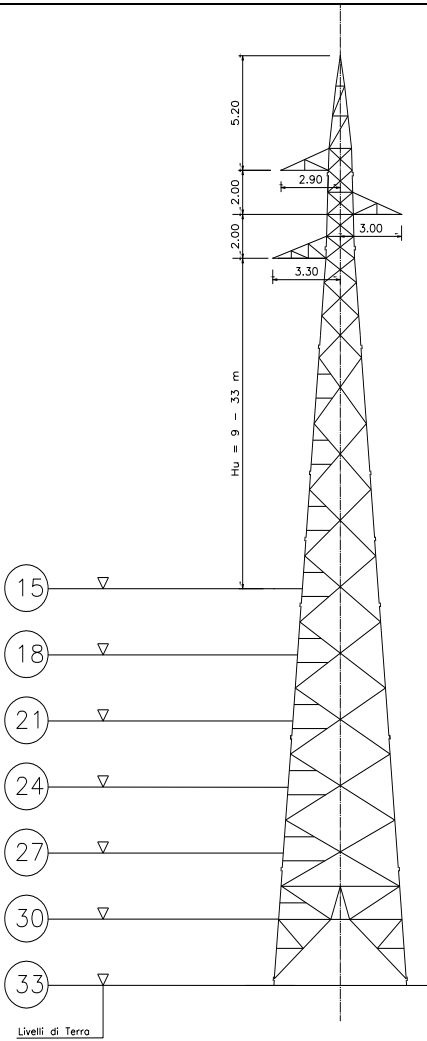
DPA = 24m

Sezione 132 kV

SOSTEGNO TRONCOPIRAMIDALE SEMPLICE TERNA 132 kV TIPO E

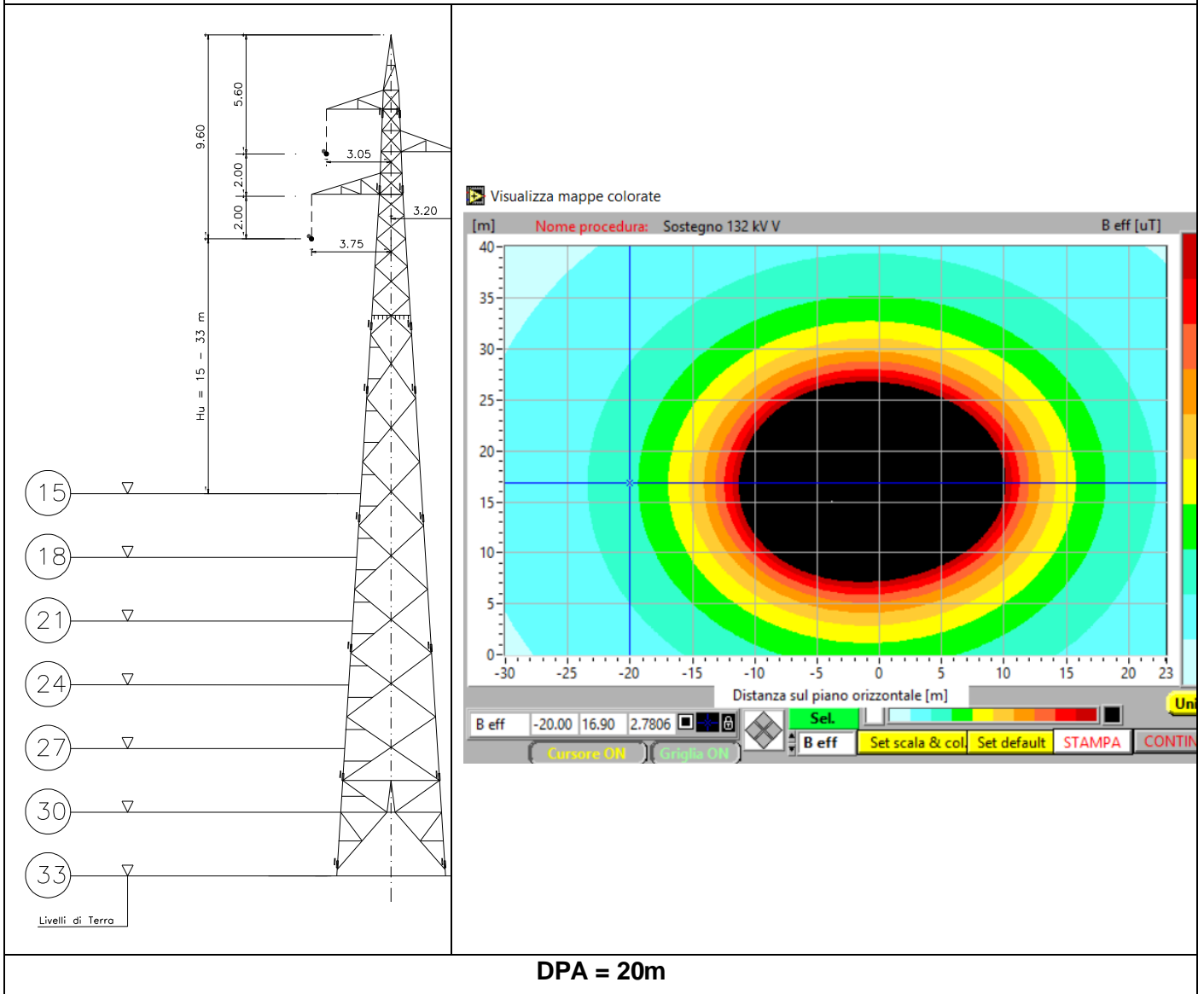


SOSTEGNO TRONCOPIRAMIDALE SEMPLICE TERNA 132 kV TIPO C

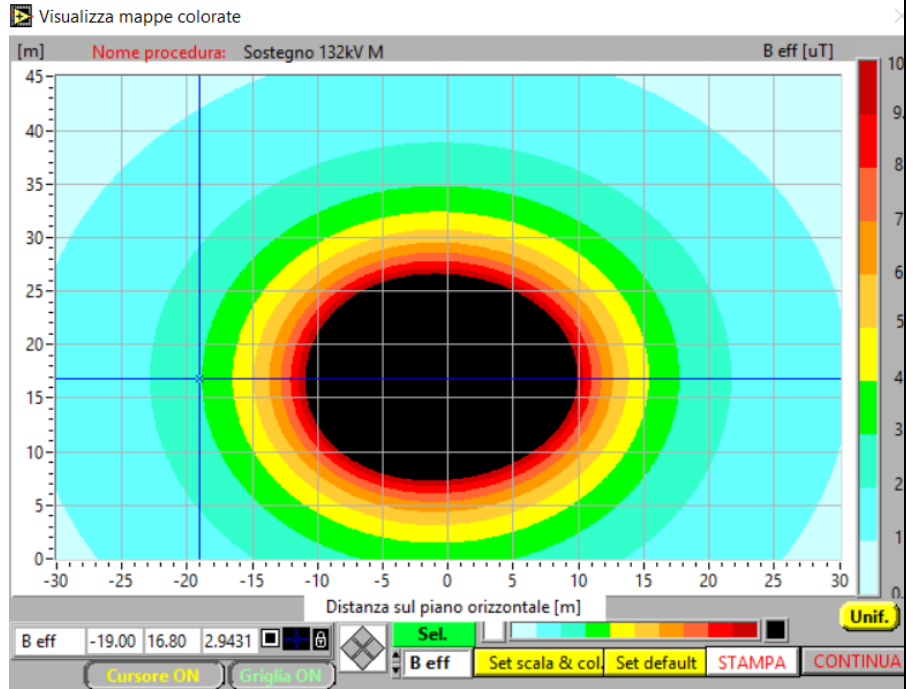
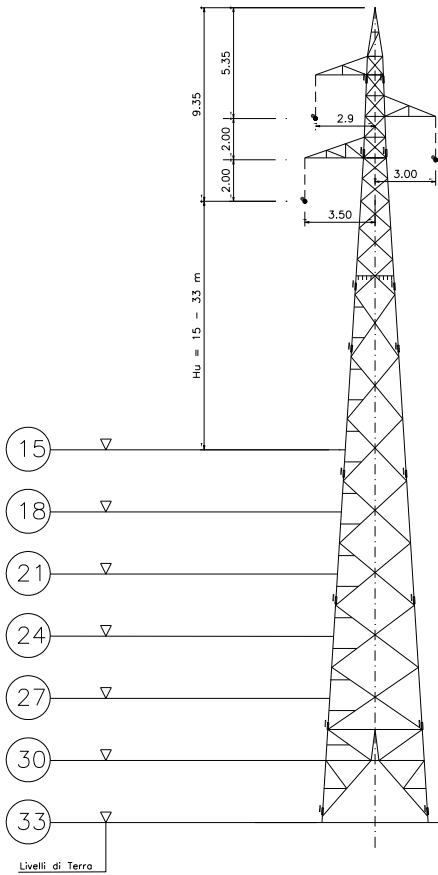


DPA = 19m

SOSTEGNO TRONCOPIRAMIDALE SEMPLICE TERNA 132 kV TIPO V

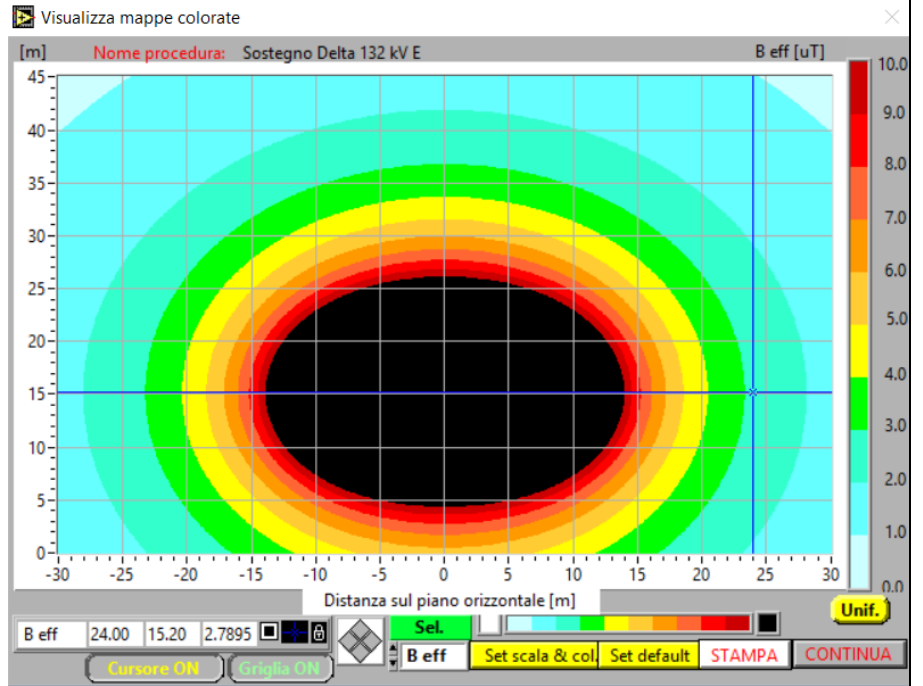
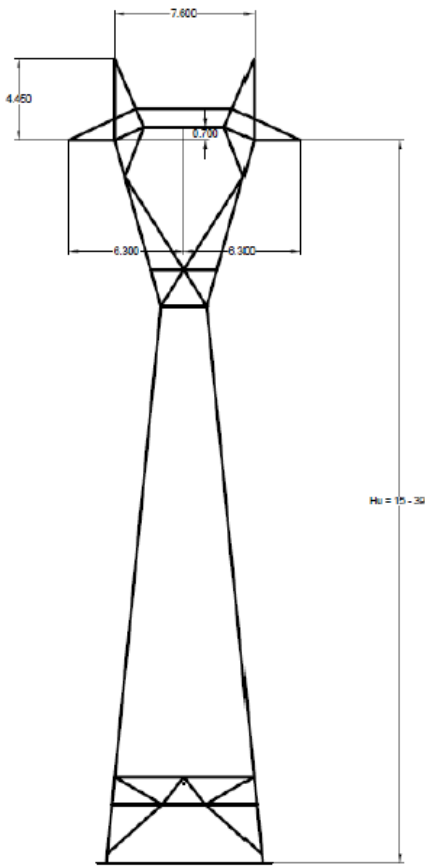


SOSTEGNO TRONCOPIRAMIDALE SEMPLICE TERNA 132 kV TIPO M



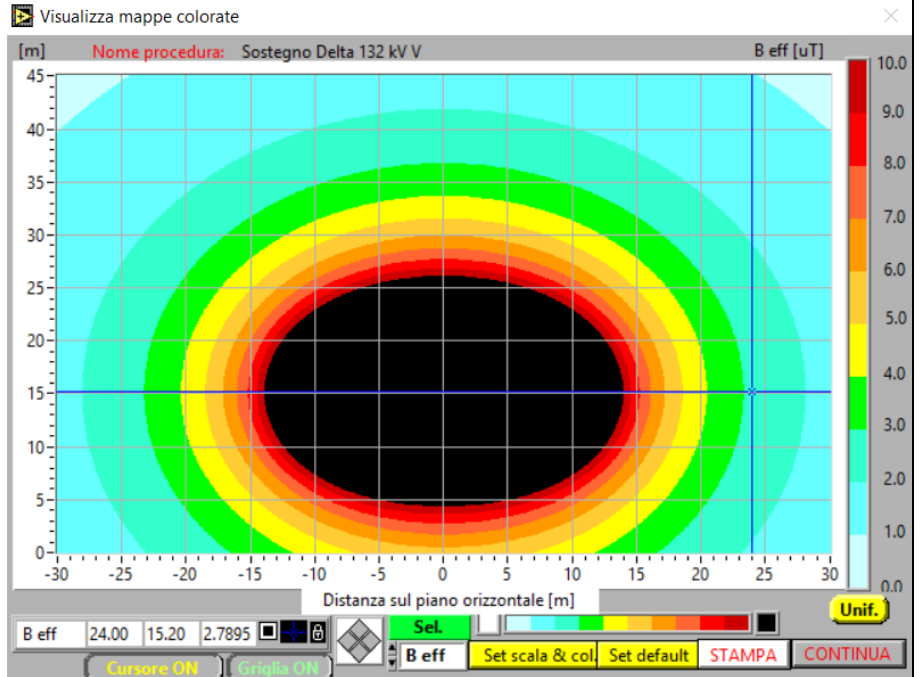
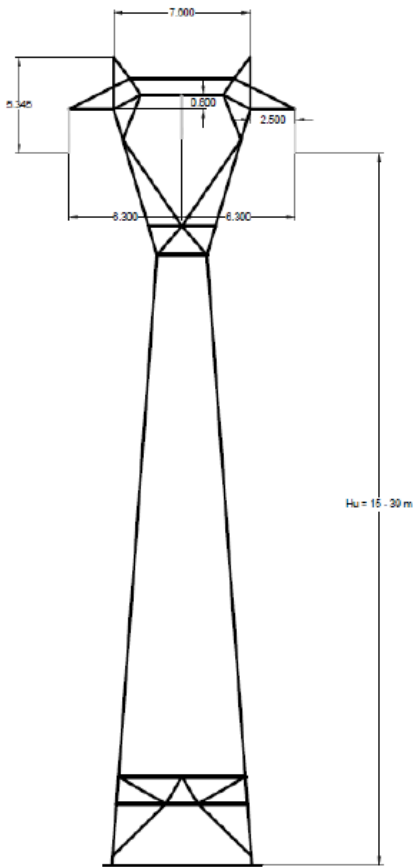
DPA = 19 m

SOSTEGNO A DELTA SEMPLICE TERNA 132 kV TIPO EY



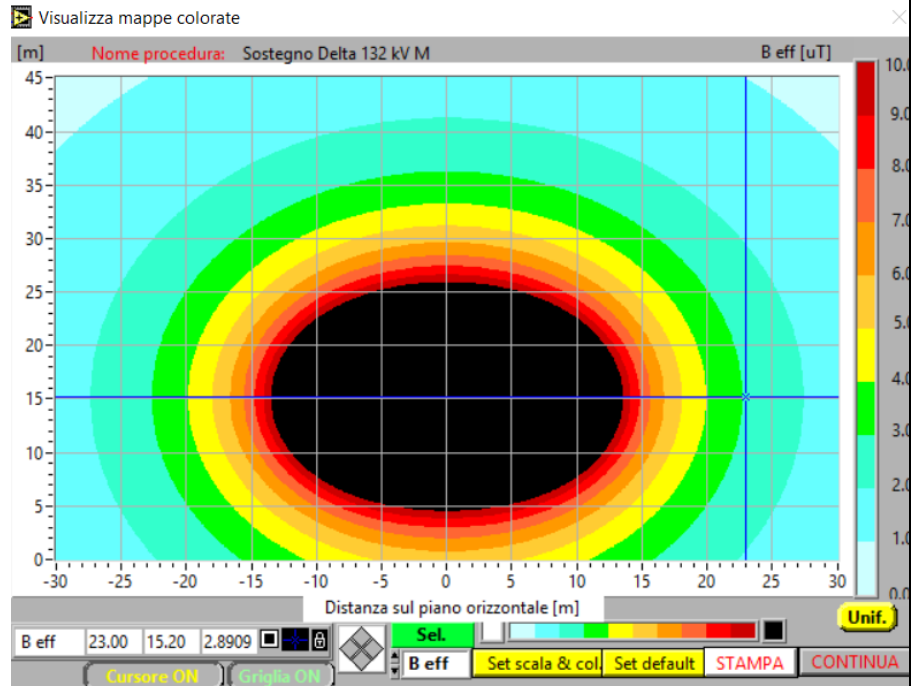
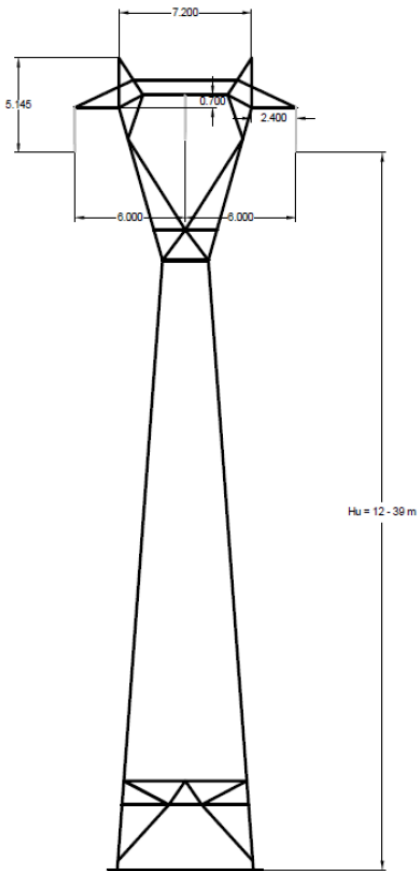
DPA = 24m

SOSTEGNO A DELTA SEMPLICE TERNA 132 kV TIPO V



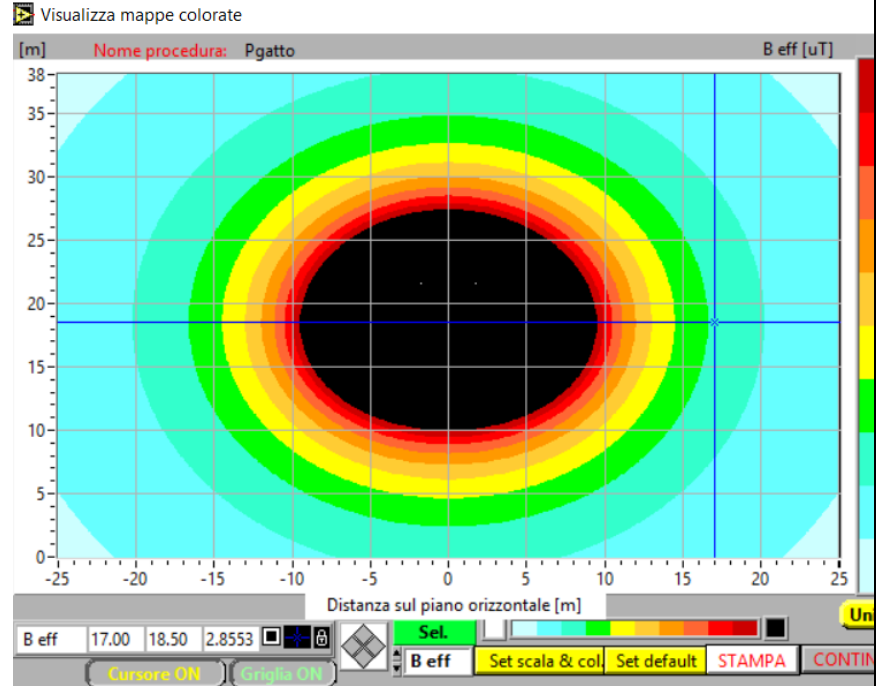
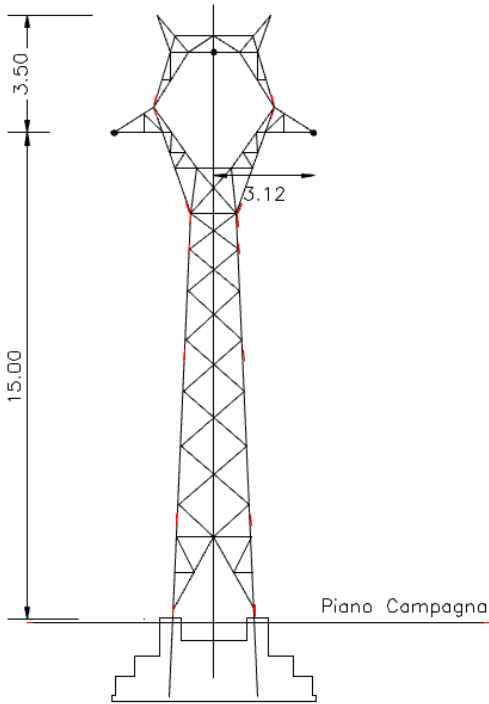
DPA = 24m

SOSTEGNO A DELTA SEMPLICE TERNA 132 kV TIPO M



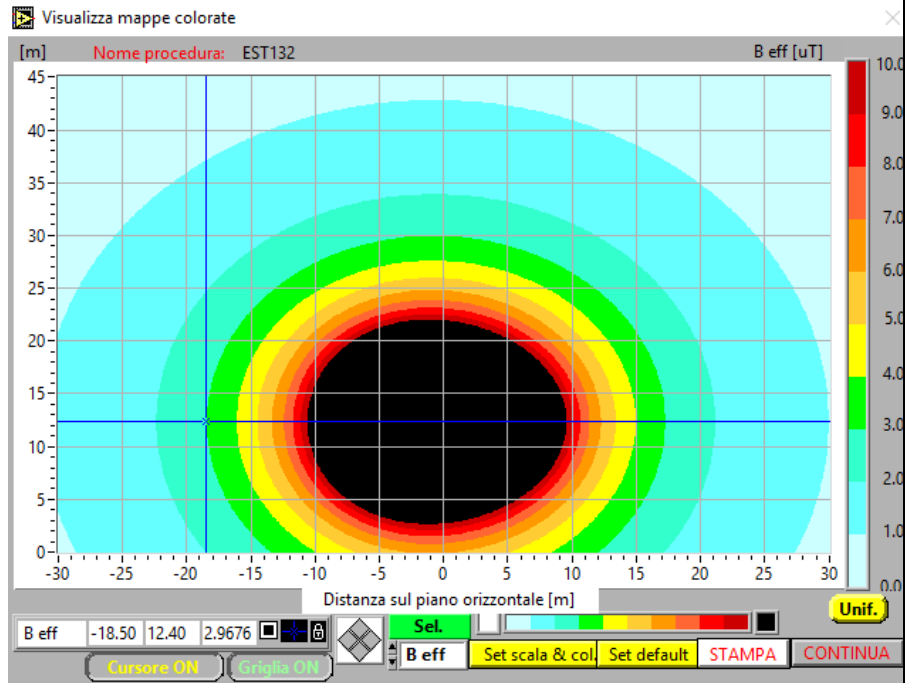
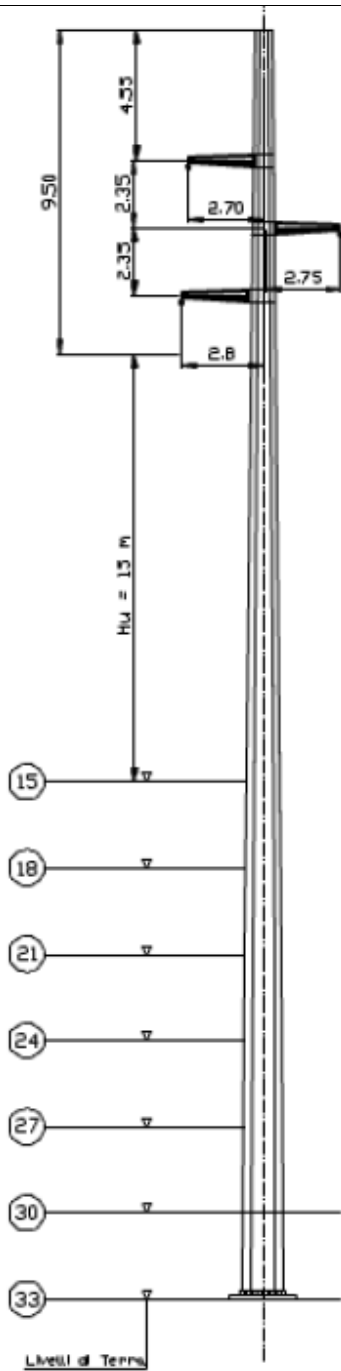
DPA = 23m

PALO GATTO



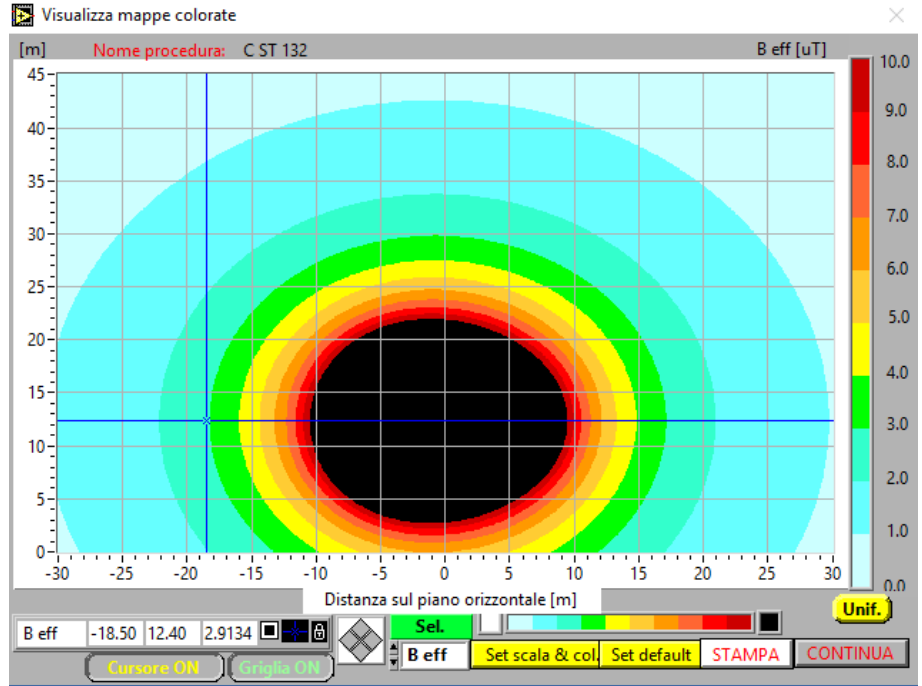
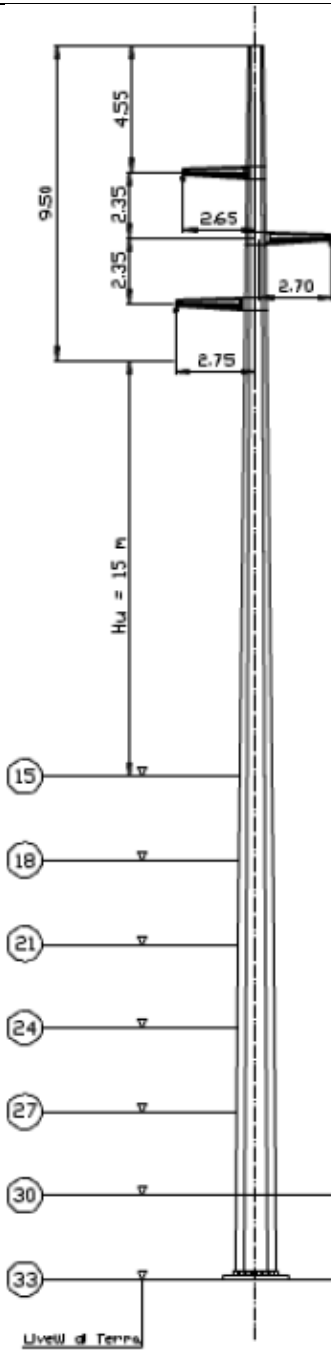
DPA = 17m

SOSTEGNO TUBOLARE SEMPLICE TERNA 132 kV TIPO E ST



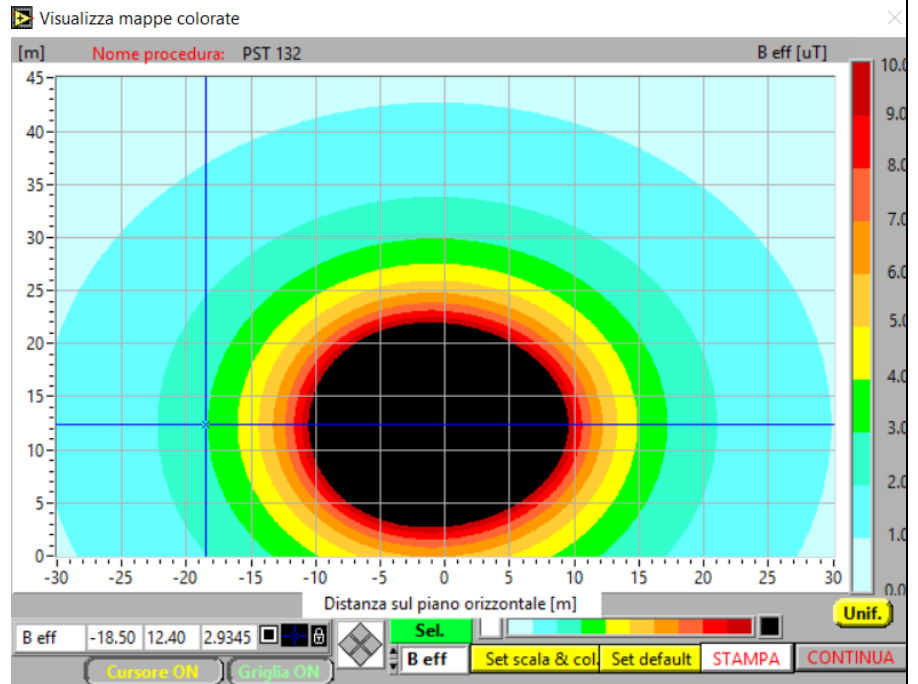
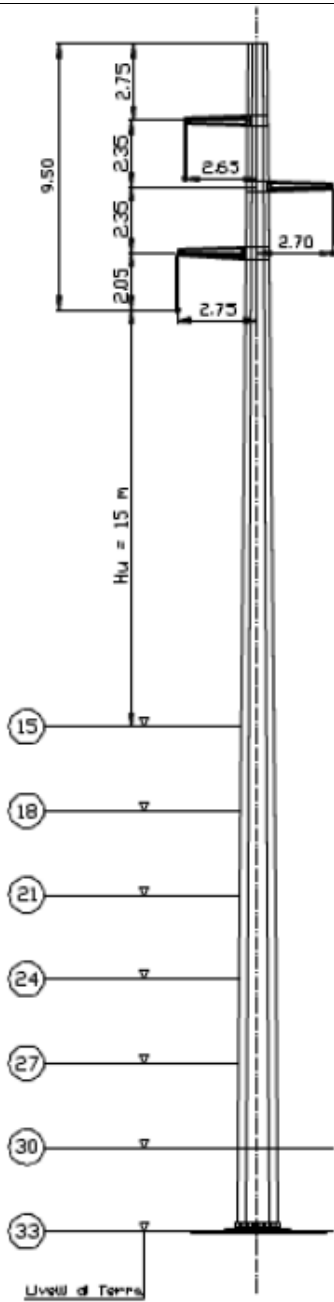
DPA = 19m

SOSTEGNO TUBOLARE SEMPLICE TERNA 132 kV TIPO C ST



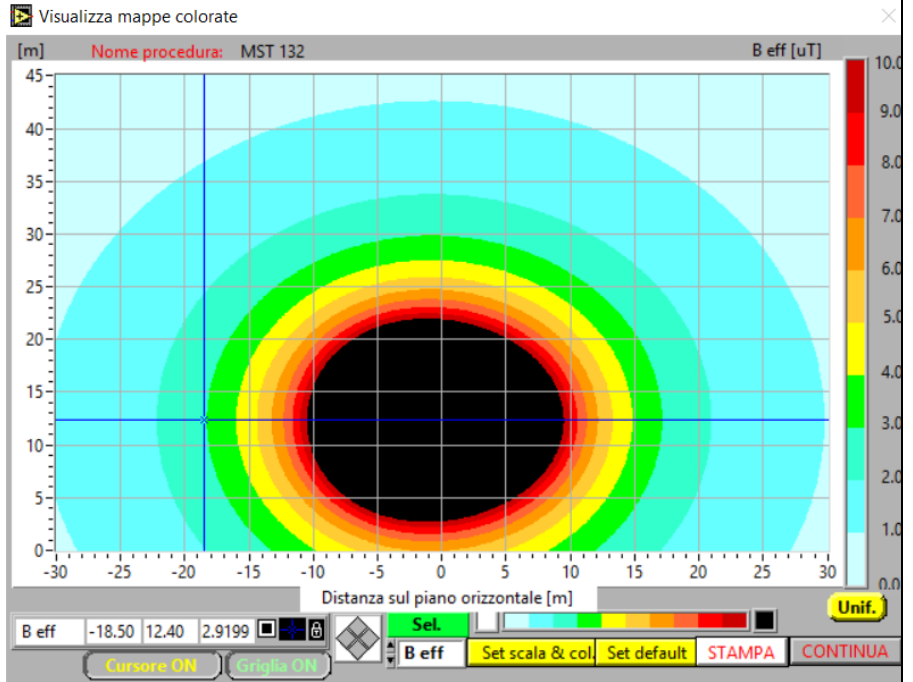
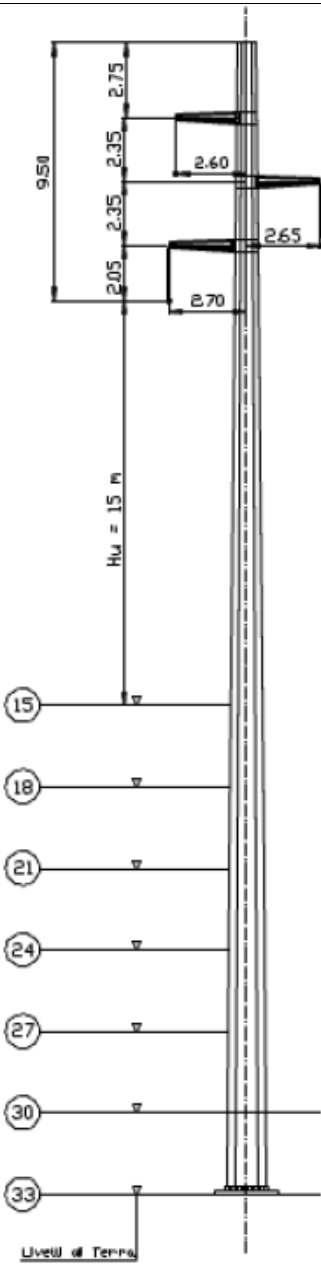
DPA = 19m

SOSTEGNO TUBOLARE SEMPLICE TERNA 132 kV TIPO P ST



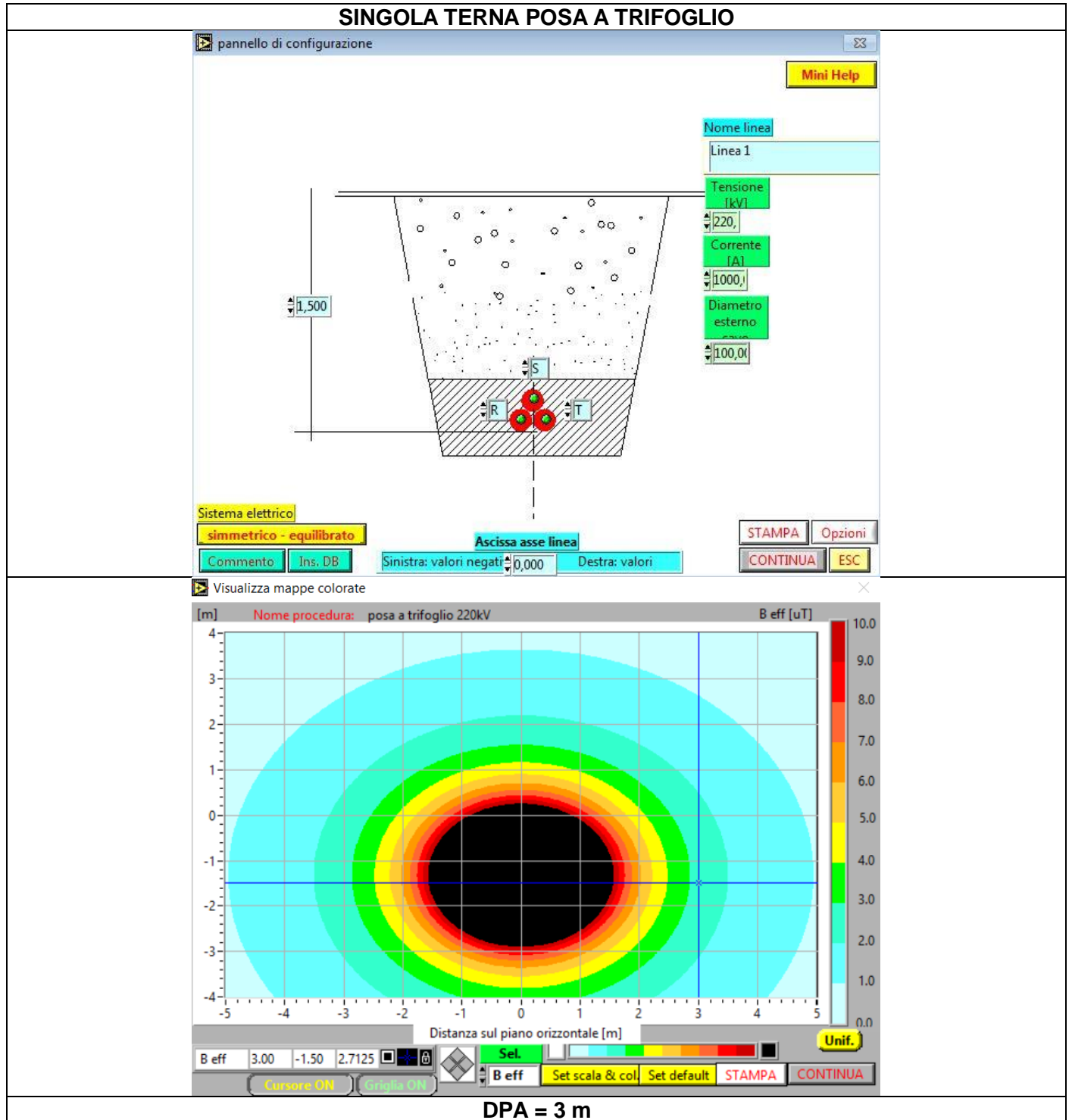
DPA = 19m

SOSTEGNO TUBOLARE SEMPLICE TERNA 132 KV TIPO M ST

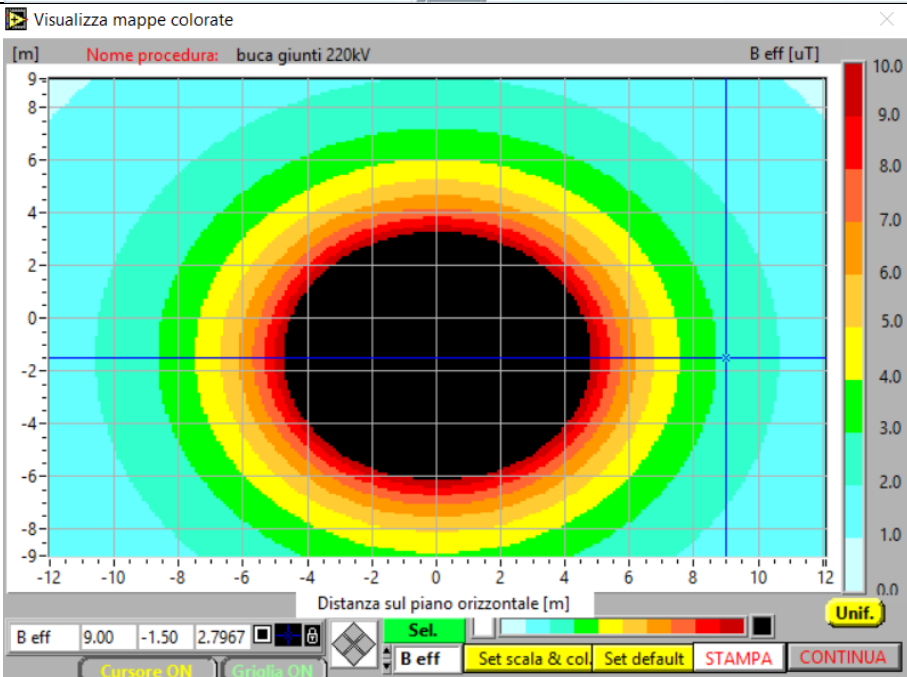
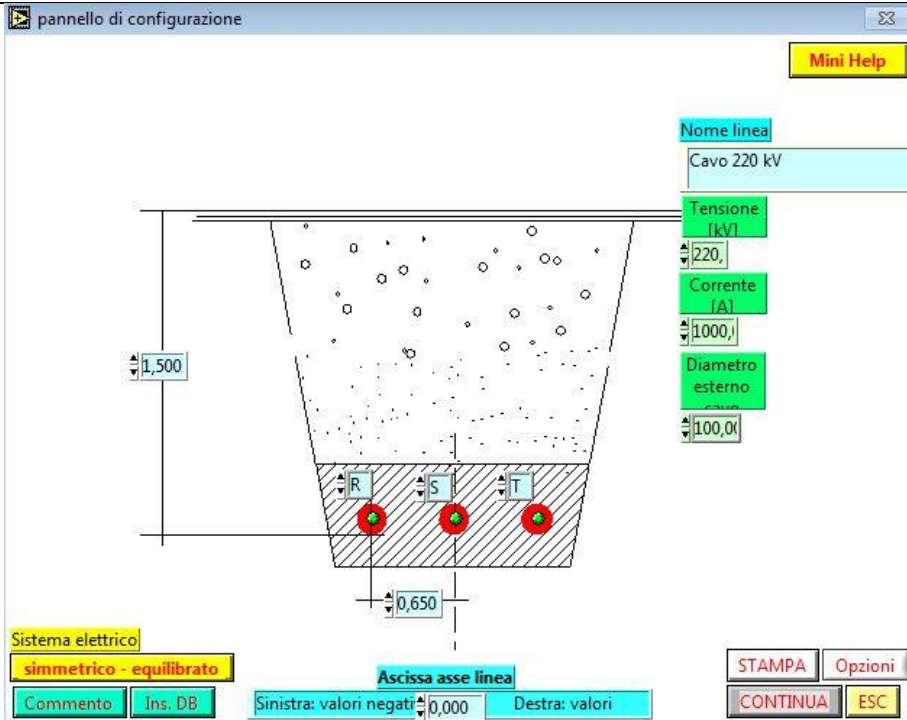


DPA = 19m

ANNESSO 2 – Calcolo DPA per linee elettriche in cavo interrato
Sezione 220kV



SINGOLA TERNA POSA IN BUCA GIUNTI



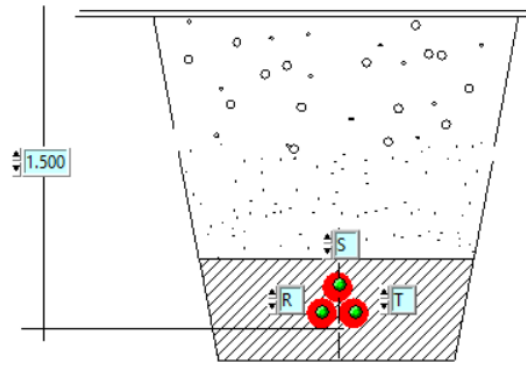
DPA = 9 m

Sezione 132kV

SINGOLA TERNA POSA A TRIFOGLIO

pannello di configurazione

Mini Help



Nome linea

Posa a Trifoglio

Tensione

[kV]

132.

Corrente

[A]

1000.

Diametro

esterno

[m]

100.0

Sistema elettrico

simmetrico - equilibrato

Ascissa asse linea

Commento Ins. DB

Sinistra: valori negati

0.000

Destra: valori

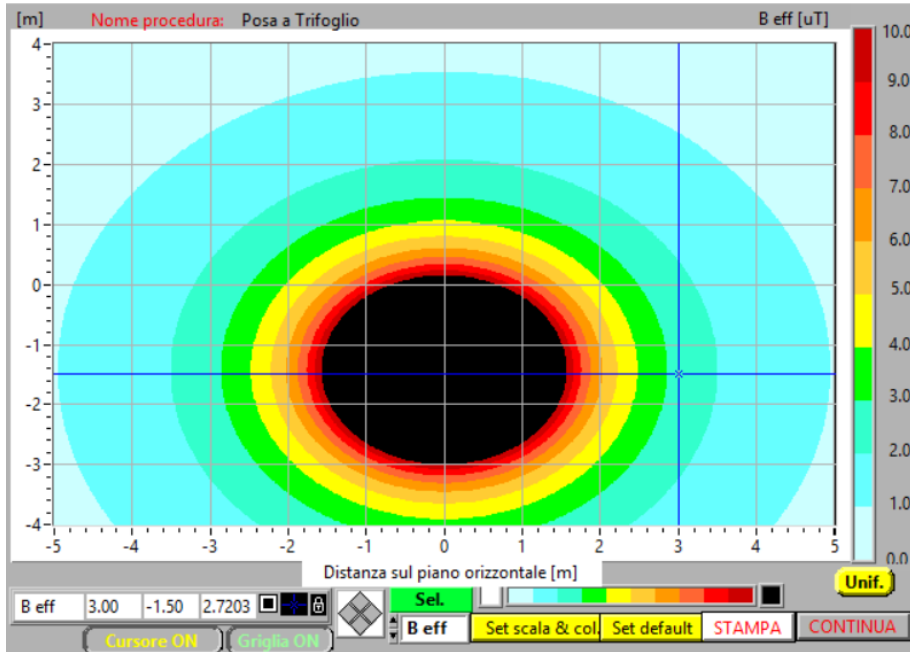
STAMPA

Opzioni

CONTINUA

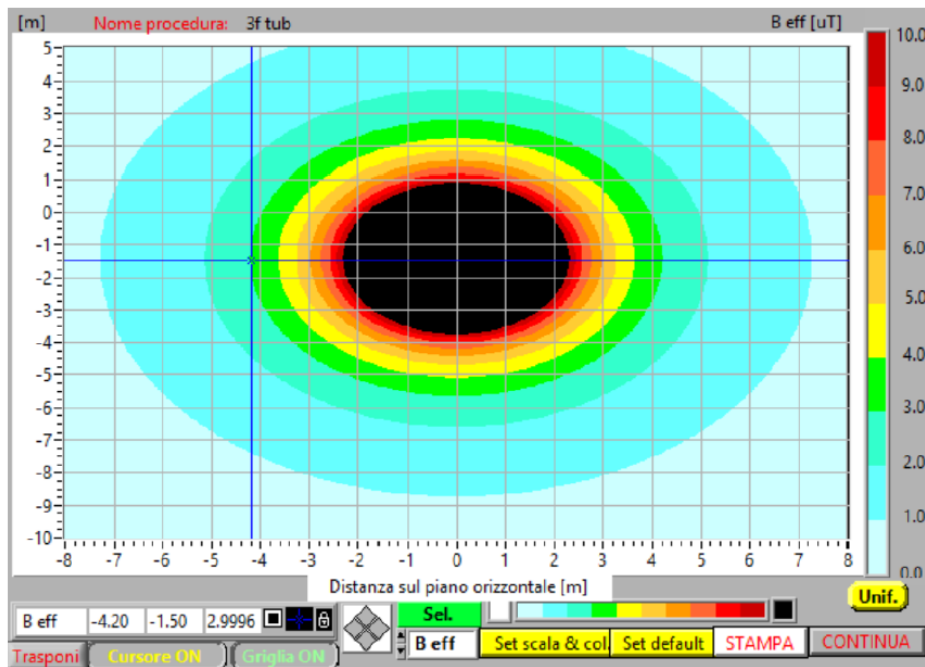
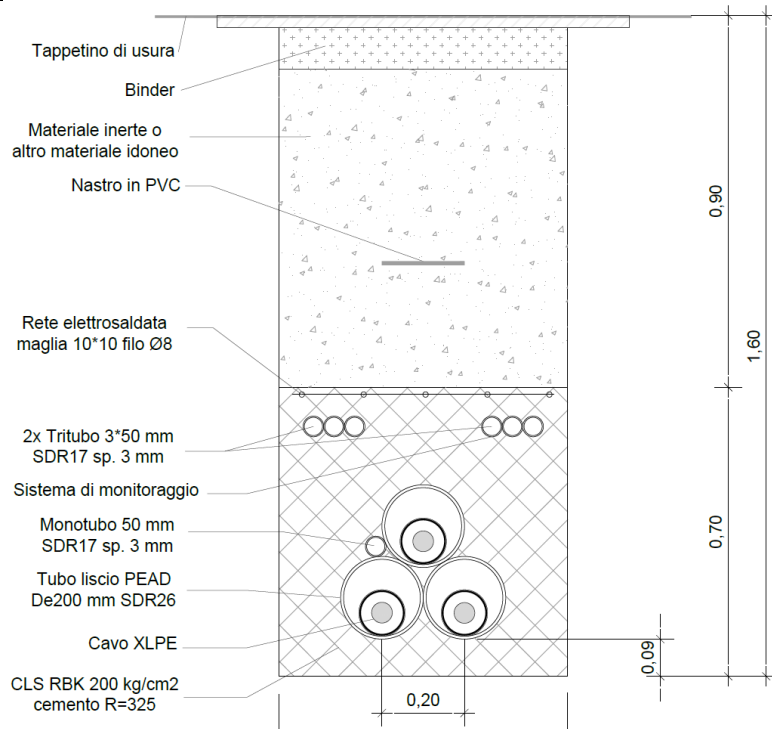
ESC

Visualizza mappe colorate



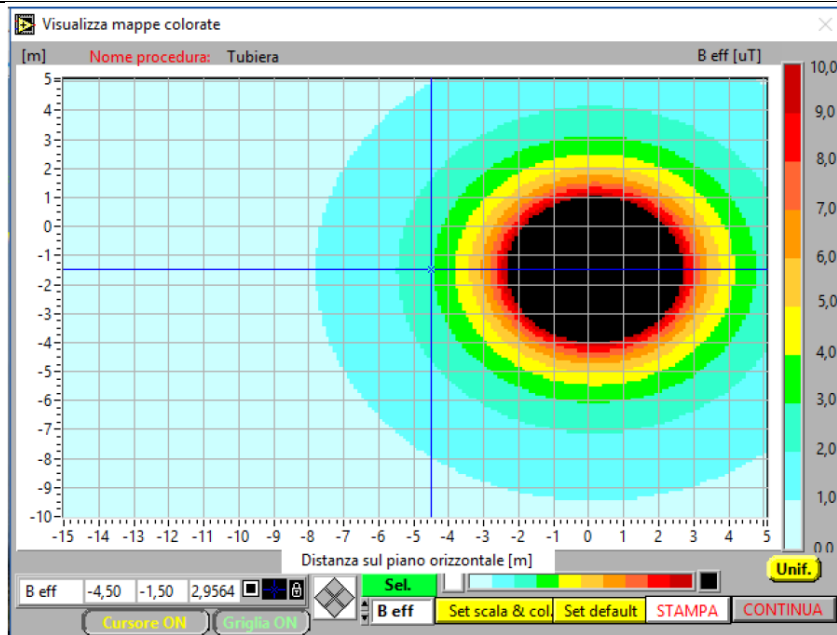
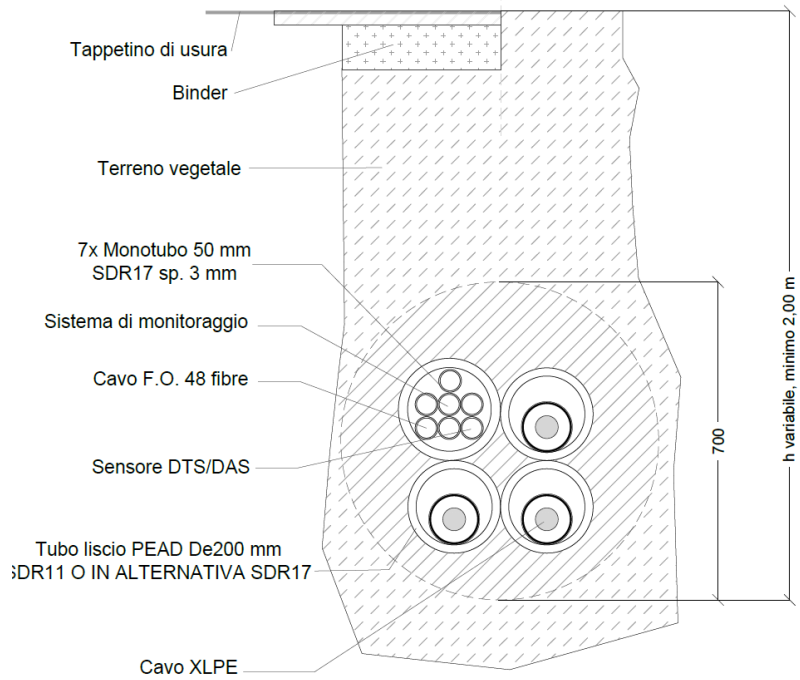
DPA = 3 m

SINGOLA TERNA POSA A TRIFOGLIO IN TUBIERA



DPA = 4,2 m

SINGOLA TERNA IN TOC



DPA = 4,5 m

SINGOLA TERNA POSA IN BUCA GIUNTI

pannello di configurazione

Mini Help

Nome linea

Posa in buca giunti

Tensione [kV]

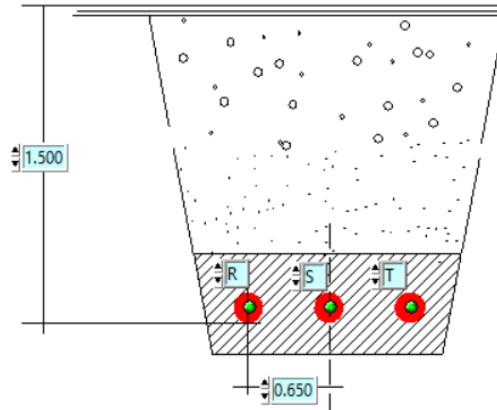
132.

Corrente [A]

1000.

Diametro esterno

100.0



Sistema elettrico

simmetrico - equilibrato

Ascissa asse linea

Commento

Ins. DB

Sinistra: valori negati 0.000

Destra: valori

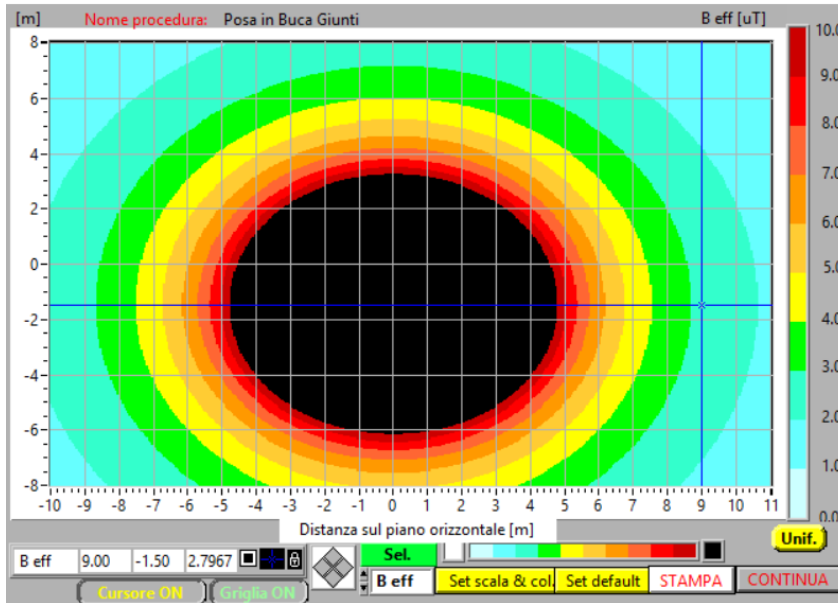
STAMPA

Opzioni

CONTINUA

ESC

Visualizza mappe colorate



DPA = 9 m