

PROPONENTE
Resol Brullo Srl
Via Lavaredo, 44/52
30174 Venezia

REPOWER
L'energia che ti serve.

PROGETTAZIONE E CORDINAMENTO

LAAP ARCHITECTS®
urban quality consultants

LAAP ARCHITECTS Srl
via Francesco Laurana 28
90143 - Palermo - Italy
t 091.7834427 - fax 091.7834427
laap.it - info@laap.it

Numero di commessa laap: 348

Architetto e Dottore Agrotecnico Antonino Palazzolo



CONSULENTE

Ingegnere Salvatore Caltabellotta



N° COMMESSA

1545

IMPIANTO AGRIVOLTAICO BRULLO 9,8 MW E OPERE DI CONNESSIONE
LIBERO CONSORZIO COMUNALE DI TRAPANI
COMUNI DI CASTELLAMMARE DEL GOLFO (TP), CUSTONACI (TP), BUSETO PALIZZOLO (TP)
VALDERICE (TP), ERICE (TP), TRAPANI E MISILISCEMI (TP)

PROGETTO DEFINITIVO - PIANO TECNICO OPERE DI RETE E-DISTRIBUZIONE

ELABORATO

ALLEGATO B - RELAZIONE SPECIALISTICA SUI CAMPI
ELETTROMAGNETICI E CALCOLO DPA

CODICE ELABORATO

PTOE.01.B

NOME FILE: 1545_CART_elaborato_r00- PTOE.dwg

REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	REDATTO	VERIFICA	APPROVAZIONE
00	12/04/2024	PRIMA EMISSIONE	Ing. Salvatore Caltabellotta	Arch. Sandro Di Gangi	Arch. e Agr. Antonino Palazzolo

INDICE

1. PREMESSA	3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
3. DATI GENERALI DEL PROGETTO	7
3.1. Inquadramento territoriale	8
4. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO DI RETE PER LA CONNESSIONE	12
5. INQUADRAMENTO NORMATIVO	14
6. DESCRIZIONE DELLE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE MT	17
6.1. Linea elettrica MT in cavo sotterraneo	18
7. METODOLOGIA DI CALCOLO CAMPO MAGNETICO	20
7.1. Definizioni e terminologia	20
7.2. Cenni teorici sul modello utilizzato	20
7.3. Metodo di calcolo	21
7.4. Determinazione del campo di induzione magnetica	21
7.4.1. Cabina primaria CP AT/MT	24
8. CONCLUSIONI	26

1. PREMESSA

La società LAAP Architects Srl è stata incaricata di redigere il progetto definitivo dell'impianto agrivoltaico denominato "Brullo" di potenza **9,8 MW**, ubicato nei Comuni di Castellammare del Golfo (TP) e Custonaci (TP), e delle relative opere di connessione. Il progetto è proposto dalla società Resol Brullo Srl con sede legale in Venezia (VE) via Lavaredo 44/52 CAP 30174, d'ora in avanti chiamato **Proponente**.

Nello specifico si propone la realizzazione di:

1. **Un impianto agrivoltaico** su di un'area di circa 25 ettari sita nel territorio comunale di Castellammare del Golfo (TP) e Custonaci (TP), costituito da tracker ad inseguimento solare monoassiale composti da 30 moduli fotovoltaici da 640 W disposti su una singola fila. Il Parco agrivoltaico sarà suddiviso in **2 aree d'impianto**, così nominate:
 - **Area impianto "Ancona"** ulteriormente suddiviso in due aree nominate **BA1 e BA2**
 - **Area impianto "Catuffo"** ulteriormente suddiviso in due aree nominate **BC1, BC2 e BC3**

Al loro interno sono previste:

- mantenimento e ampliamento dell'attività colturale
- **opere di mitigazione** come fasce arboree/arbustive lungo il perimetro esterno dell'impianto
- **opere civili e idrauliche** a servizio dell'impianto e della produzione agricola

Da un punto di vista elettromeccanico, per il sistema di conversione dell'energia elettrica si è ipotizzato di installare un sistema di conversione DC/AC del tipo distribuito; tale tecnologia prevede l'adozione di inverter di piccola taglia (250 e 350 kW) installati all'interno del campo agrivoltaico in modo distribuito. Il sistema di trasformazione prevede l'installazione di trasformatori MT/BT 20/0.8 kV della taglia di 2.5 MVA e 1.25 MVA ubicati all'interno di apposite cabine di trasformazione all'interno del campo stesso (cabine di campo). Oltre all'impianto agrivoltaico verranno realizzati:

2. **Cavidotti interrati 20 kV interni al sito** per collegare le cabine di campo alla cabina di consegna CC. Verranno utilizzati cavi unipolari in formazione a trifoglio adatti alla posa direttamente interrata. All'interno dei campi le cabine di trasformazione sono collegate fra loro in entra-esce ed alla cabina di consegna;
3. Una **cabina di consegna CC** (DG 2061 Ed.9), situata nel territorio comunale di Castellammare del Golfo (TP) all'esterno dell'impianto agrivoltaico, da cui partiranno i cavidotti MT a 20 kV verso uno stallo nella cabina primaria CP AT/MT Custonaci
4. **Cavidotti interrati 20 kV esterni al sito** per il collegamento tra la cabina di consegna CC e lo stallo di consegna nella cabina primaria CP AT/MT Custonaci;
5. Un nuovo **elettrodotto RTN a 150 kV** di collegamento tra la SE "Buseto" e la Cabina Primaria di Ospedaletto, presso la quale dovrà essere realizzato uno stallo 150 kV, il cui tracciato si svilupperà per circa 12 km, ricadente nei comuni di Buseto Palizzolo (TP), Valderice (TP), Erice (TP) e Trapani, di cui la medesima società Repower Renewable s.p.a. ne è **Capofila**.
6. Un **ampliamento** della SE RTN 220/150 kV di Fulgatore.

La connessione alla rete MT di E-distribuzione è basata sulla soluzione tecnica minima generale per la connessione STMG, con codice rintracciabilità 351909565, ricevuta per l'impianto in oggetto da e-distribuzione S.p.A. Il collegamento è vincolato al potenziamento della capacità di trasformazione della CP Custonaci e alle opere del PdS Terna che prevede la realizzazione del nuovo elettrodotto RTN a 220 kV "Fulgatore - Partinico" e delle opere non previste a PdS Terna, ovvero realizzazione di un nuovo elettrodotto RTN a 150 kV di collegamento tra la SE Buseto e la Cabina Primaria di Ospedaletto e l'ampliamento della SE RTN 220/150 kV di Fulgatore.

L'impianto, ricadendo all'interno di un'area classificata come idonea ai sensi dell'art. 20 comma 8 c-quater del D.Lgs. 8 novembre 2021, n.199, non è soggetto a Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) ai sensi dell'art.6 comma 9-bis del D.Lgs. 3 marzo 2011, n.28 (comma sostituito dall'art. 9, comma 1-bis, legge n.34 del 2022).

Le opere di rete ricadono invece tra gli interventi sottoposti a Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) riportati nell'allegato II-Progetti di competenza statale, della Parte Seconda del Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, all' art. 4-bis) *Elettrodotti aerei per il trasporto di energia elettrica, con tensione nominale superiore a 100 kV e con tracciato di lunghezza superiore a 10 Km.* Il nuovo elettrodotto prevede la realizzazione di 44 tralicci di sostegno con altezza variabile tra i 28 e i 44 metri a seconda della morfologia del terreno; in cartografia ogni nuovo traliccio è numerato in ordine crescente a partire dalla SE Buseto. Vengono inoltre indicati i tralicci di vertice al quale viene associata la seguente denominazione V+n. (es. V12).

Il documento si propone di fornire una descrizione generale dei campi elettromagnetici e delle distanze di prima approssimazione del piano tecnico delle opere di rete E-distribuzione, in particolar modo le opere ai punti **3** e **4** ovvero una **cabina di consegna CC (DG 2061 Ed.9)** e i **cavidotti interrati 20kV esterni al sito** per il collegamento tra la cabina di consegna CC e lo stallo di consegna nella **cabina primaria CP AT/MT Custonaci**.



Figura 1. Schema generale impianto

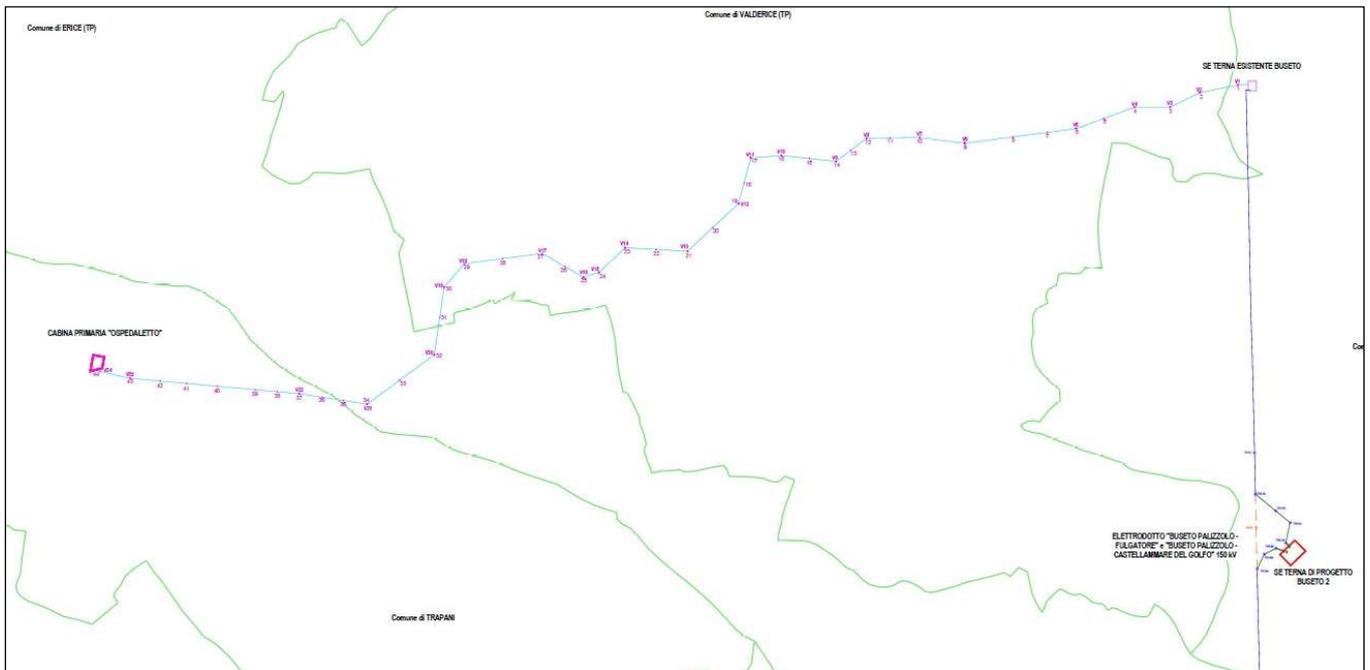


Figura 2. Schema generale delle Opere di Rete

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per la realizzazione della presente relazione si è fatto riferimento alla seguente normativa:

- Legge 22 febbraio 2001, n. 36 “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”;
- DPCM 8 luglio 2003 “Fissazione dei limiti di esposizione, valori di attenzione ed obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti”;
- DM 29 maggio 2008, GU n. 156 del 5 luglio 2008, “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti”;
- CEI 106-11 “Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6). Parte I”;
- Linea guida ENEL “Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche)
- APAT "Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti";
- CEI 11-17 “Impianti di produzione, trasmissione, distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo”;
- CEI 20-21 “Calcolo della portata di corrente” (IEC 60287);

3. DATI GENERALI DEL PROGETTO

Nella tabella seguente sono riepilogate in forma sintetica le principali caratteristiche tecniche delle opere di rete in progetto.

Tabella 1. Tabella sinottica dati di progetto opere di rete e-distribuzione

Resol Brullo Srl	
Dati area di progetto:	Cabina di consegna: Comune di Castellammare del Golfo (TP) Cavidotti interrati 20 kV esterni al sito: Comuni di Castellammare di Golfo (TP) e Custonaci (TP) Stallo di consegna in Cabina Primaria AT/MT Custonaci: Comune di Custonaci (TP)
ConneSSIONE:	ConneSSIONE ad uno lo stallo di consegna nella cabina primaria CP AT/MT Custonaci;
Tipologia Cabina di consegna:	Cabina di consegna energia CC conforme alla specifica di E-Distribuzione "DG2061 ed.9"
Tipologia Cavidotti interrati 20 kV:	Cavi unipolari RG7H1M1X 12/20 kV da 300 mm ²
Caratterizzazione urbanistico/vincolistica:	Programma di Fabbricazione di Custonaci; Piano Regolatore di Castellammare del Golfo; Piano Paesaggistico dell'Ambito 1 Provincia di Trapani
Coordinate Cabina di Consegna	38° 2'30.65"N, 12°43'18.17"E
Coordinate baricentrica Cavidotti 20 kV	38° 2'26.79"N, 12°42'3.82"E
Coordinate Stallo di Consegna/Cabina Primaria Custonaci	38° 3'31.30"N, 12°41'7.07"E

3.1. Inquadramento territoriale

L'intervento in oggetto riguarda la realizzazione dell'impianto agrivoltaico da realizzarsi in zona agricola in località Contrada Brullo nei comuni di Custonaci (TP) e Castellammare del Golfo (TP). Nel dettaglio si ricordi che:

- il Comune di Castellammare del Golfo è interessato dalle aree d'impianto "Ancona" e "Catuffo", dalla cabina di consegna CC, dai cavidotti interrati 20kV interni al sito da parte dei cavidotti interrati 20kV esterni al sito.
- il Comune di Custonaci è interessato da parte dei cavidotti interrati 20kV esterni al sito di collegamento con uno stallo di consegna nella cabina primaria CP AT/MT Custonaci;
- il Comune di Buseto Palizzolo è interessato da una porzione di nuovo elettrodotto RTN a 150 kV di collegamento alla Cabina Primaria di Ospedaletto;
- il Comune di Valderice è interessato da una porzione di nuovo elettrodotto RTN a 150 kV di collegamento alla Cabina Primaria di Ospedaletto;
- il Comune di Erice è interessato da una porzione di nuovo elettrodotto RTN a 150 kV di collegamento alla Cabina Primaria di Ospedaletto;
- il Comune di Trapani è interessato da una porzione di nuovo elettrodotto RTN a 150 kV di collegamento alla Cabina Primaria di Ospedaletto e dallo stallo a 150 kV ad Ospedaletto.
- Il Comune di Misiliscemi è interessato dall'ampliamento della SE RTN 220/150 kV di Fulgatore.

Le opere di rete si trovano all'interno delle seguenti cartografie e fogli di mappa catastali:

- Fogli IGM in scala 1:25.000 di cui alle seguenti codifiche: 248-II-SO -Buseto Palizzolo e 248-III-SE-Erice.
- CTR in scala 1:10.000, di cui alle seguenti codifiche: 593140, 593130, 593090.
- Fogli di mappa nn. 12, 10 nel Comune di Castellammare del Golfo (TP)

Di seguito una tabella che riassume le particelle interessate dalla realizzazione delle opere di rete e-distribuzione e le strade percorse dal cavidotto di collegamento tra la Cabina di Consegna e lo stallo di consegna nelle Cabina Primaria AT/MT Custonaci:

Tabella 2. Particelle catastali interessate dalle opere di rete e-distribuzione

Impianto	Comune	Foglio	Particelle
Cabina di consegna CC	Castellammare del Golfo	10	38
Cavidotto 20 kV (Cabina di consegna - CP Custonaci)	Custonaci	182	93, 94, 95, 524, 526, 529, 309, 428, 308, 356, 504
	Custonaci	113	562, 563, 564, 567, 566, 568, 570, 572, 574, 576, 577, 581, 88, 586, 588, 617, 619, 621, 623, 625, 627, 629, 635, 637, 639, 641, 516, 644, 647, 648, 646, 650, 685, 687, 689, 653, 527, 654, 656, 657, 667, 658, 666, 319, 664, 501, 320, 238, 249

Di seguito si riporta l'inquadramento su IGM (Scala 1:25000), CTR (Scala 1:5000), ortofoto (Scala 1:5000) e catastale (1:5000) delle opere in progetto. Per una migliore rappresentazione si riporta agli elaborati cartografici (cod. PTOE.02 "Layout delle opere di rete su IGM", cod. PTOE.03 "Layout delle opere di rete su CTR", cod. PTOE.04 "Layout delle opere di rete su ortofoto", cod. PTOE.05 "Layout delle opere di rete su planimetria catastale")

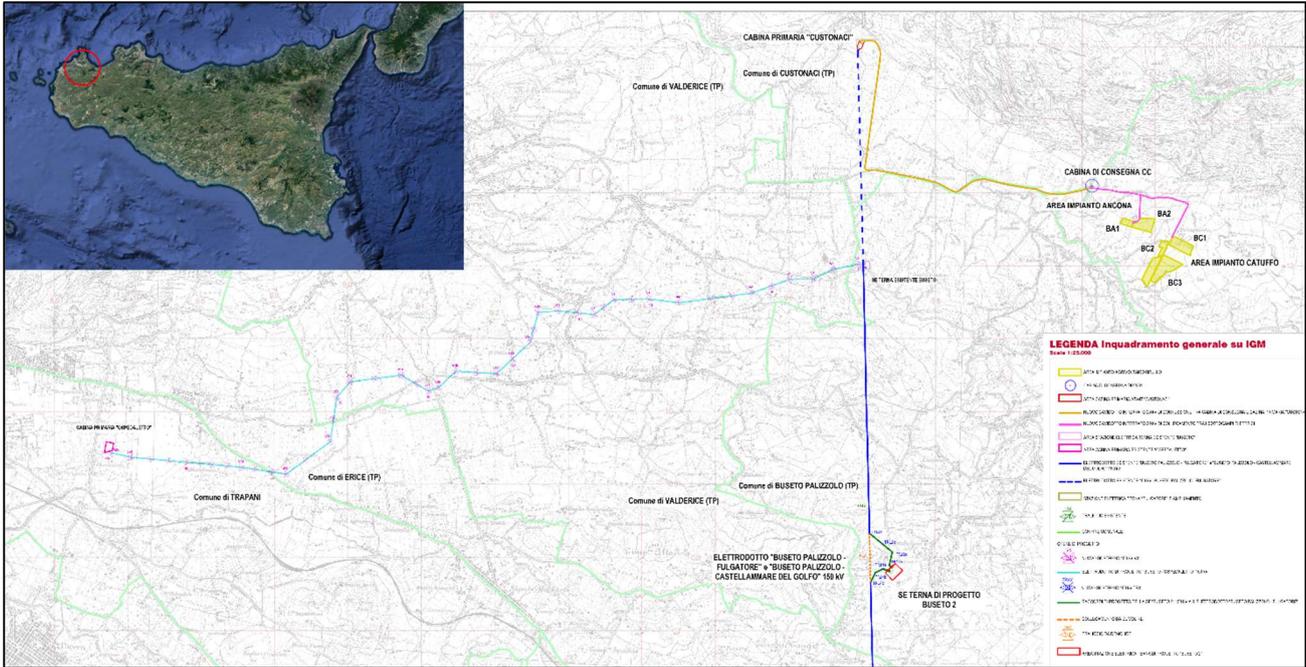


Figura 3. Localizzazione del sito e Inquadramento IGM (Scala 1:25.000) delle opere in progetto

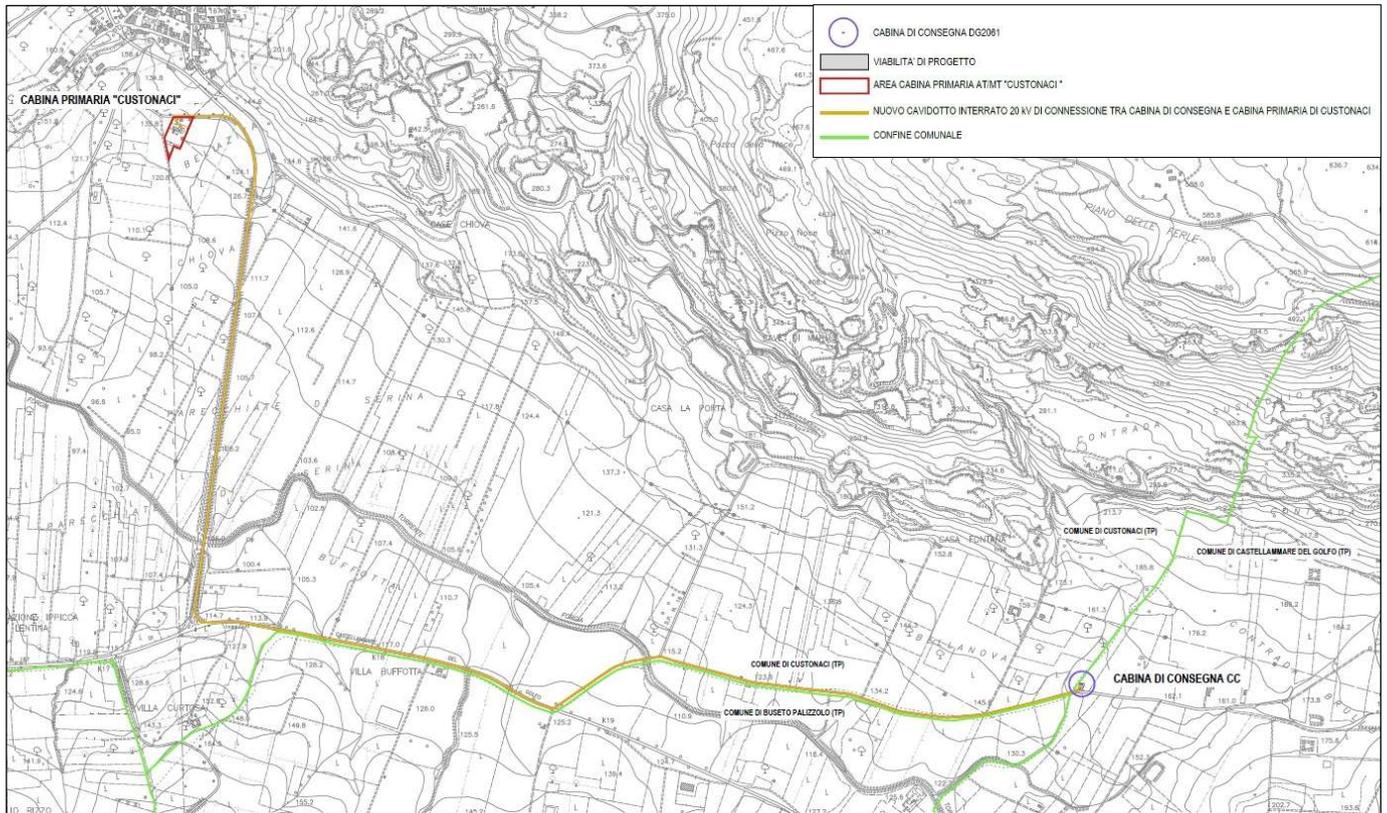


Figura 4. Inquadramento opere di rete e-distribuzione in progetto su CTR (Scala 1:10000)



Figura 5. Inquadramento opere di rete e-distribuzione in progetto su Ortofoto (Scala 1:10000)



Figura 6. Inquadramento su planimetria catastale (Scala 1:10000)

4. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO DI RETE PER LA CONNESSIONE

Il collegamento tra la cabina di consegna CC (DG 2061 Ed.9) dell'impianto agrivoltaico Brullo e la cabina primaria CP AT/MT Custonaci avverrà per mezzo di elettrodotti interrati MT 20 kV formati da terne di cavidotto unipolare in formazione a trifoglio.

Il tracciato degli elettrodotti interrati è stato studiato al fine di assicurare il minor impatto possibile sul territorio, prevedendo il percorso all'interno delle sedi stradali esistenti. I cavi transiteranno all'interno dei comuni di Castellammare del Golfo (TP) e di Custonaci. Si prevede di utilizzare cavi unipolari RG7H1M1X 12/20 kV da 300 mm² adatti alla posa interrata, in conformità all'art. 4.3.11 della norma CEI 11-17.

Nel caso di coesistenza di più cavidotti all'interno nel medesimo percorso si prevede di ubicare tutte le linee necessarie all'interno della medesima trincea in maniera tale da minimizzare l'impatto sul territorio e sui costi di scavo. Le terne saranno inoltre opportunamente distanziate in maniera tale da diminuire, per quanto possibile, la mutua influenza termica delle medesime.

Nello stesso scavo verrà steso anche un ulteriore tri-tubo in PVC di sezione minima 50 mm per la posa di Fibre ottiche a servizio dell'impianto.

Il percorso si sviluppa per lo più su strade secondarie o poderali e come tali non dovrebbero presentare particolari problemi nella realizzazione dello scavo. In caso di interferenza con infrastrutture di una certa entità, si dovrà prevedere il loro superamento per mezzo di Trivellazione Orizzontale Controllata (T.O.C.).

Qualora la soluzione tecnica di connessione alla rete dell'impianto di produzione dovesse risultare, in tutto o in parte, comune ad altri impianti di produzione, sarà indispensabile mettere in atto un coordinamento tra i vari richiedenti interessati.

Tabella 3. Strade percorse dall'elettrodotto collegante il parco agrivoltaico Brullo con la CP Custonaci

CAVIDOTTO 20 kV IMPIANTO AGRIVOLTAICO CABINA DI CONSEGNA – CP CUSTONACI	
COMUNE DI APPARTENENZA	STRADE PERCORSE
Castellammare del Golfo (TP) Custonaci (TP)	SB 53
	SS 187
	Strada comunale Circonvallazione di Custonaci
	SP 16

Si prevede la connessione dell'impianto agrivoltaico alla rete di distribuzione con tensione nominale di 20kV tramite la costruzione di una nuova cabina di consegna per l'impianto da collocare su proprietà del produttore censito al N.C.E.U. di Castellammare del Golfo (TP) al **Fg. 10 particella 38**, in prossimità della strada carrabile accessibile dal personale E-Distribuzione.

L'inserimento della cabina di consegna dell'impianto agrivoltaico Brullo con la linea dedicata sarà avverrà in antenna da Cabina primaria AT/MT "Custonaci", mediante la posa di linea in cavo sotterraneo (interrato) da 300mm² in formazione a trifoglio per una lunghezza complessiva di 5270 m circa.

La nuova linea MT dovrà essere equipaggiata con cavo ottico dielettrico costituito da n. 24 fibre ottiche rispondenti alle caratteristiche previste dalla norma ITU-T/G.652 comprensiva di certificati di collaudo rispondente alla tabella di unificazione ENEL DISTRIBUZIONE DCF002.

All'interno delle cabine di consegna saranno installati quadri MT in SF6 (con ICS) 3Lei (DY900/3) (matr. 162107) più quadro Utente in SF6 (DY808/1) (matr.162032), dimensionati per reti con corrente di corto circuito pari a 16kA.

Dati identificativi impianto:

I seguenti dati sono relativi al punto di connessione dell'impianto in oggetto alla rete MT con tensione nominale 20000 V ed identificato con il codice di rintracciabilità della richiesta 351909565.

Indirizzo: Contrada Brullo, sn - Castellammare Del Golfo

Località: Castellammare Del Golfo 91014 (TP)

Codice POD: IT001E111132526 (Art. 37, c.1 Delibera 111/06)

Codice presa: 8106504501002

Codice fornitura: 111132526

5. INQUADRAMENTO NORMATIVO

La normativa nazionale per la tutela della popolazione dagli effetti dei campi elettromagnetici disciplina separatamente le basse frequenze (es. elettrodotti) e le alte frequenze (es. impianti radiotelevisivi, stazioni radio base, ponti radio).

Il 14 febbraio 2001 è stata approvata dalla Camera dei deputati la legge quadro sull'inquinamento elettromagnetico (L.36/01). In generale il sistema di protezione dagli effetti delle esposizioni agli inquinanti ambientali distingue tra:

- **effetti acuti** (o di breve periodo), basati su una soglia, per cui si fissano limiti di esposizione che garantiscono - con margini cautelativi - la non insorgenza di tali effetti;
- **effetti cronici** (o di lungo periodo), privi di soglia e di natura probabilistica (all'aumentare dell'esposizione aumenta non l'entità ma la probabilità del danno), per cui si fissano livelli operativi di riferimento per prevenire o limitare il possibile danno complessivo.

È importante dunque distinguere il significato dei termini utilizzati nelle leggi.

Tabella 4: Terminologia per la classificazione dei valori di campo elettromagnetico

Limiti di esposizione	Valori di CEM che non devono essere superati in alcuna condizione di esposizione, ai fini della tutela dagli effetti acuti
Valori di attenzione	Valori di CEM che non devono essere superati negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate. Essi costituiscono la misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti di lungo periodo.
Obiettivi di qualità	Valori di CEM causati da singoli impianti o apparecchiature da conseguire nel breve, medio e lungo periodo, attraverso l'uso di tecnologie e metodi di risanamento disponibili. Sono finalizzati a consentire la minimizzazione dell'esposizione della popolazione e dei lavoratori ai CEM anche per la protezione da possibili effetti di lungo periodo.

In Italia la normativa di riferimento per la valutazione degli impatti elettromagnetici delle linee elettriche è il DPCM del 08/07/2003 (G.U. n. 200 del 29.8.2003) "Fissazione dei limiti massimi di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti".

In tale DPCM vengono stabiliti i seguenti limiti:

- I limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la tutela della salute della popolazione nei confronti dei campi elettromagnetici generati a frequenze non contemplate dal D.M. 381/98, ovvero i campi a bassa frequenza (ELF) e a frequenza industriale (50 Hz);
- I limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la tutela della salute dei lavoratori professionalmente esposti nei confronti dei campi elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 0 Hz e 300 GHz (esposizione professionale ai campi elettromagnetici);
- Le fasce di rispetto per gli elettrodotti.

Relativamente alla definizione di limiti di esposizione, valori di attenzione e obiettivi di qualità per l'esposizione della popolazione ai campi di frequenza industriale (50 Hz) relativi agli elettrodotti, il DPCM 08/07/03 propone i valori descritti in tabella 2, confrontati con la normativa europea.

Tabella 5: Limiti previsti per l'induzione magnetica

Normativa	Limiti previsti	Induzione magnetica B (μ T)	Intensità del campo elettrico E (V/m)
DPCM	Limite d'esposizione	100	5.000
	Limite d'attenzione	10	[-]
	Obiettivo di qualità	3	[-]
Race. 1999/512/CE	Livelli di riferimento (ICNIRP1998, OMS)	100	5.000

Il valore di attenzione di 10μ T si applica nelle aree di gioco per l'infanzia, negli ambienti abitativi negli ambienti scolastici e in tutti i luoghi in cui possono essere presenti persone per più di 4 ore al giorno. Tale valore è da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

L'obiettivo di qualità di 3μ T si applica ai nuovi elettrodotti nelle vicinanze dei sopraccitati ambienti e luoghi, nonché ai nuovi insediamenti ed edifici in fase di realizzazione in prossimità di linee e di installazioni elettriche già esistenti (valore inteso come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio). Da notare che questo valore corrisponde approssimativamente al livello di induzione prevedibile, per linee a pieno carico, alle distanze di rispetto stabilite dal vecchio DPCM 23/04/92.

Si ricorda che i limiti di esposizione fissati dalla legge sono di 100μ T per lunghe esposizioni e di 1000μ T per brevi esposizioni.

Oltre alle norme legislative esistono dei rapporti informativi dell'Istituto superiore della sanità (ISTISAN 95/29 ed ISTISAN 96/28) che approfondiscono la problematica e mirano alla determinazione del principio cautelativo. Questi rapporti definiscono la cosiddetta Soglia di Attenzione Epidemiologia (SAE) per l'induzione magnetica, che è posta pari a 0.2μ T (microTesla): un valore limite, cautelativo, al di sotto del quale è dimostrata la non insorgenza di patologie.

Per quanto riguarda la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti, il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, sentite le ARPA, ha approvato, con Decreto 29 Maggio 2008, "La metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti". Tale metodologia, ai sensi dell'art. 6 comma 2 del D.P.C.M. 8 luglio 2003, ha lo scopo di fornire la procedura da adottarsi per la determinazione delle fasce di rispetto pertinenti alle linee elettriche aeree e interrato, esistenti e in progetto. I riferimenti contenuti in tale articolo implicano che le fasce di rispetto debbano attribuirsi ove sia applicabile l'obiettivo di qualità. Al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto è stato introdotto nella metodologia di calcolo un procedimento semplificato che trasforma la fascia di rispetto (volume) in una distanza di prima approssimazione (misurata in metri). Per quanto appena detto, per il calcolo delle distanze di prima approssimazione e per la misura dei campi elettromagnetici si richiamano le principali Norme CEI:

- CEI 106-11 “Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (art. 6) – Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo”;
- CEI 211-7 “Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettromagnetici nell’intervallo di frequenza 10 kHz – 300 GHz, con riferimento all’esposizione umana”;

In merito alla tutela della salute dei lavoratori che opereranno sull’impianto si fa riferimento al D.Lgs. n. 159 del 1° agosto 2016 “Attuazione della direttiva 2013/35/UE sulle disposizioni minime di sicurezza e di salute relative all’esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) e che abroga la direttiva 2004/40/CE” il quale apporta modifiche al già esistente D.Lgs. n. 81 del 9 aprile 2008 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.

In particolare, nel suddetto D.Lgs. 159/2016 vengono indicati, nelle tabelle B1 e B2, i valori di azione (VA) per esposizione rispettivamente ai campi elettrici e ai campi magnetici.

Tabella 6: Elenco valori di azione per i campi elettrici ambientali

Intervallo di frequenza	VA (E) inferiori per l’intensità del campo elettrico [Vm^{-1}] (valori RMS)	VA (E) superiori per l’intensità del campo elettrico [Vm^{-1}] (valori RMS)
$1 \leq f < 25$ Hz	$2,0 \times 10^4$	$2,0 \times 10^4$
$25 \leq f < 50$ Hz	$5,0 \times 10^5 / f$	$2,0 \times 10^4$
$50 \text{ Hz} \leq f < 1,64$ kHz	$5,0 \times 10^5 / f$	$1,0 \times 10^6 / f$
$1,64 \leq f < 3$ kHz	$5,0 \times 10^5 / f$	$6,1 \times 10^2$
$3 \text{ kHz} \leq f \leq 10$ MHz	$1,7 \times 10^2$	$6,1 \times 10^2$

Tabella 7: Elenco valori di azione per i campi magnetici ambientali

Intervallo di frequenza	VA (B) inferiori per l’induzione magnetica [μT] (valori RMS)	VA (B) superiori per l’induzione magnetica [μT] (valori RMS)	VA (B) per l’induzione magnetica per esposizione localizzata degli arti [μT] (valori RMS)
$1 \leq f < 8$ Hz	$2,0 \times 10^5 / f^2$	$3,0 \times 10^5 / f$	$9,0 \times 10^5 / f$
$8 \leq f < 25$ Hz	$2,5 \times 10^4 / f$	$3,0 \times 10^5 / f$	$9,0 \times 10^5 / f$
$25 \leq f < 300$ Hz	$1,0 \times 10^3$	$3,0 \times 10^5 / f$	$9,0 \times 10^5 / f$
$300 \text{ Hz} \leq f < 3$ kHz	$3,0 \times 10^5 / f$	$3,0 \times 10^5 / f$	$9,0 \times 10^5 / f$
$3 \text{ kHz} \leq f \leq 10$ MHz	$1,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^2$	$3,0 \times 10^2$

Nel caso degli impianti a frequenza industriale (50 Hz), i valori limite da rispettare sono dunque per il campo elettrico:

$$\frac{5 \cdot 10^5}{50} = 1000 [V/m]$$

E per il campo magnetico:

$$1 \cdot 10^3 [\mu T]$$

6. DESCRIZIONE DELLE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE MT

Per realizzare la connessione sono necessari lavori di tipo COMPLESSO (art. 10.1 TICA) che riporta:

“Nel caso di:

- a) lavori semplici, il tempo di realizzazione della connessione è pari, al massimo, a 30 (trenta) giorni lavorativi;
- b) lavori complessi, il tempo di realizzazione della connessione è pari, al massimo, a 90 (novanta) giorni lavorativi, aumentato di 15 (quindici) giorni lavorativi per ogni km di linea da realizzare in media tensione eccedente il primo chilometro. Nel caso in cui l'impianto per la connessione implichi interventi su infrastrutture in alta tensione, il gestore di rete comunica il tempo di realizzazione della connessione, espresso in giorni lavorativi, nel preventivo per la connessione, descrivendo gli interventi da effettuare sulle infrastrutture in alta tensione. Nel caso in cui l'impianto per la connessione implichi interventi su infrastrutture di altri gestori di rete, si applicano le modalità di coordinamento tra gestori di rete di cui alla Parte V, Titolo II. Qualora la data di completamento dei lavori sul punto di connessione fosse antecedente ai termini di cui al comma 9.6, il tempo di realizzazione della connessione decorre dal termine ultimo previsto dal comma 9.6 per la presentazione delle richieste di autorizzazione da parte del gestore di rete.”

Di seguito si riporta il dettaglio dei lavori da eseguire, come da STMG e successiva comunicazione da parte del gestore di rete, per l'impianto in oggetto. Questi si distinguono tra lavori a cura del produttore e lavori ad esclusiva cura del Distributore.

Lavori a cura del produttore:

- Connessione in antenna da stazione AT/MT “CP CUSTONACI” mediante la costruzione di una nuova linea MT interrata con cavo tripolare Al 300mm², singola terna, su strada pubblica asfaltata fino alla cabina di consegna dell'impianto agrivoltaico Brullo, per una lunghezza di 5.270 m circa (vedi Tabella 3 per elenco strade percorse)
- Equipaggiamento della linea MT interrata con cavo ottico dielettrico costituito da n. 24 fibre ottiche rispondenti alle caratteristiche previste dalla norma ITU-T/G.652 comprensiva di certificati di collaudo rispondente alla tabella di unificazione ENEL DISTRIBUZIONE DCFO02.
- Costruzione (posa in opera di box prefabbricato in cemento armato vibrato) di una cabina di consegna conforme alla specifica tecnica di E-Distribuzione DG2061/7 ed.9;
- Installazione nei locali di consegna delle cabine di Quadro MT del tipo compatto isolato in SF6 3 (DY900/3) più quadro Utente in SF6 (DY808/1) dimensionati per reti con correnti di corto circuito pari a 16kA, per la protezione e sezionamento della linea e consegna utente “misure.

Lavori in Cabina Primaria ad esclusiva cura di E-Distribuzione:

- Installazione stallo nella CP comprensivo di opere civili, 1
- Stallo interruttore MT di CP ed apparecchiature connesse, 1
- Installazione trasformatore da 40 MVA all'interno della CP, 1
- Installazione apparecchiatura per telecontrollo UP e modulo gsm
- Installazione di un quadro MT tipo container modulare DY 770 ad U;

- Installazione montaggi di Petersen bobina mobile, montaggi elettromeccanici e opere civili, 1

6.1. Linea elettrica MT in cavo sotterraneo

Come già accennato il collegamento tra cabina di consegna CC (DG 2061 Ed.9) e la cabina primaria CP AT/MT Custonaci avverrà per mezzo di un elettrodotto interrato MT 20 kV formato da una terna di cavidotto unipolare in formazione a trifoglio **cordato ad elica visibile**. Il cavo impiegato per la veicolazione dell'energia elettrica a 20 kV nel presente progetto è lo RG7H1M1X 12/20 kV della Com Cavi S.P.A. La Figura 7 mostra schematicamente la struttura costruttiva del caso in esame.

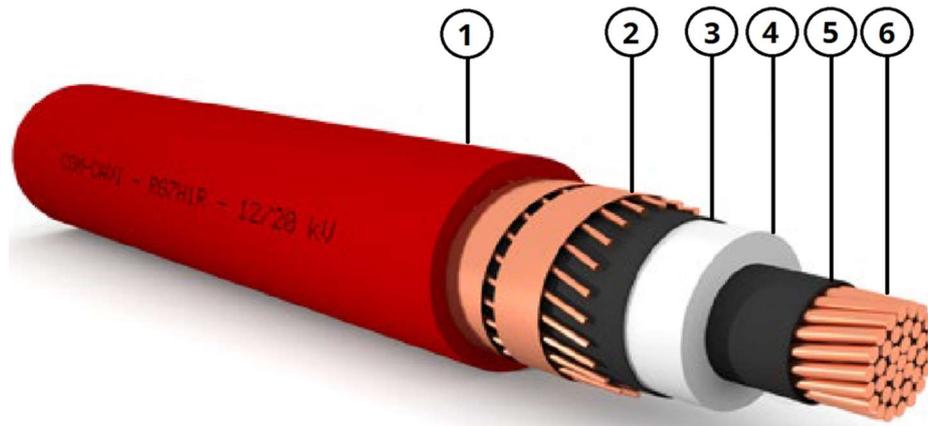


Figura 7. Parti costituenti un cavo unipolare MT

Per il cavo in esame si possono identificare le seguenti parti:

- 1) Guaina esterna LS0H, qualità M1
- 2) Schermo metallico composto da fili di rame rosso, con nastro di rame in controspirale
- 3) Semiconduttore esterno- Estruso, pelabile a freddo
- 4) Isolante - Gomma HEPR, qualità G7, senza piombo
- 5) Semiconduttore interno - Estruso, pelabile a freddo
- 6) Conduttore - Rame Rosso in formazione rigida

All'interno dei campi le cabine sono collegate fra loro in entra-esce ed infine alla cabina di consegna CC da cui partirà il cavidotto verso la cabina primaria CP Custonaci. La figura seguente mostra schematicamente il collegamento per l'impianto in oggetto. Nella seguente tabella sono mostrati i dettagli del collegamento tra il parco agrivoltaico e la CP AT/MT Custonaci.

Tabella 8: Cavidotto a 20 kV per il collegamento del parco agrivoltaico con la CP Custonaci

TAG CAVIDOTTO	Lunghezza	P	Vn	In	n° terne	Sezione cavo	ΔV	ΔP	Iz
	[m]	[kW]	[kV]	[A]	[-]	[mm ²]	[V]	[kW]	[A]
CC - CP CUSTONACI	5,270	9,792	20	288.4	1	300	315.65	157.70	579.7

La segnalazione della presenza dei cavi elettrici avviene tramite nastro monitor di plastica. Il nastro deve essere di Polietilene reticolato, PVC plastificato, o altri materiali di analoghe caratteristiche, con dicitura nera "ENEL CAVI ELETTRICI" ripetuta per l'intera lunghezza, termicamente saldato ad una seconda pellicola in polipropilene trasparente a protezione della scritta.

La scritta di cui sopra dovrà essere intervallata da uno spazio di circa 100 mm, entro il quale sarà inserito il Nome o marchio del Costruttore. Le altre caratteristiche dimensionali sono riportate in figura:



Figura 8: Esempio di nastro segnalatore cavi elettrici con caratteristiche dimensionali

In ogni punto è garantito il rispetto delle distanze previste dalle norme vigenti. La fascia di terreno sulla quale grava la servitù di elettrodotto ha larghezza di metri lineari 4. La fascia di terreno asservita è coassiale al tracciato dell'elettrodotto.

Si riporta di seguito la sezione tipo di posa:

Posa su strada asfaltata cavi 20 kV - Sezione tipo 3

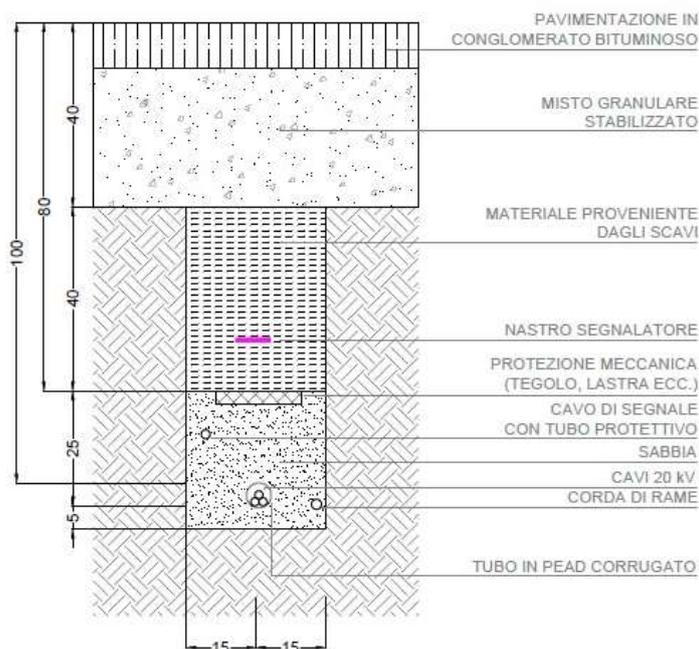


Figura 9: Esempio di tipo di scavo per posa cavidotto a 20 kV

7. METODOLOGIA DI CALCOLO CAMPO MAGNETICO

7.1. Definizioni e terminologia

In riferimento all'allegato del D.M. del 29 Maggio 2008 "Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto" si introducono le seguenti definizioni:

- **Corrente:** valore efficace dell'intensità di corrente elettrica.
- **Portata in corrente in servizio normale:** corrente che può essere sopportata da un conduttore per il 100% del tempo con limiti accettabili del rischio di scarica sugli oggetti mobili e sulle opere attraversate e dell'invecchiamento. Essa è definita nella norma CEI 11-60 par. 2.6 e sue successive modifiche e integrazioni.
- **Portata in regime permanente:** massimo valore della corrente che, in regime permanente e in condizioni specificate, il conduttore può trasmettere senza che la sua temperatura superi un valore specificato (secondo CEI 11-17 par. 1.2.05).
- **Fascia di rispetto:** spazio circostante un elettrodotto, che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.
- **Distanza di prima approssimazione (DPA):** distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più di DPA si trovi all'esterno delle fasce di rispetto. Per le cabine è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra.

7.2. Cenni teorici sul modello utilizzato

L'induzione magnetica \vec{B} generata da N_R conduttori filiformi, numerati con la variabile n che va da 0 a (N_R-1) , può essere calcolata con l'espressione riportata di seguito; si fa notare che solo i conduttori reali contribuiscono al campo magnetico, perché si assume il suolo perfettamente trasparente dal punto di vista magnetico e non si considerano quindi i conduttori immagine.

$$\vec{B} = -\frac{\mu_0}{2\pi} \sum_{n=0}^{N_R-1} \frac{i_n}{R_n}$$

Dove:

- μ_0 è la permeabilità magnetica del vuoto;
- N_R è il numero dei conduttori,
- i_n la corrente nel generico conduttore;
- R_n la distanza tra il tratto elementare del conduttore generico e il punto dove si vuole calcolare il campo.

Dalla formula sopra mostrata è possibile notare che l'induzione magnetica è inversamente proporzionale alla distanza dal conduttore in esame.

7.3. Metodo di calcolo

Lo studio dell'impatto elettromagnetico nel caso di linee elettriche aeree e non, si traduce nella determinazione di una fascia di rispetto. Per l'individuazione di tale fascia si deve effettuare il calcolo dell'induzione magnetica basato sulle caratteristiche geometriche, meccaniche ed elettriche della linea presa in esame.

Esso deve essere eseguito secondo modelli tridimensionali o bidimensionali con l'applicazione delle condizioni espresse al paragrafo 6.1 della **Norma CEI 106-11**.

La guida CEI 106-11 propone una serie di formule analitiche approssimate, applicabili senza l'uso di software, che permettono il calcolo immediato dell'induzione magnetica ad una data distanza dal baricentro dei conduttori della linea elettrica. Risultano formule molto utili per effettuare analisi approssimate (ma piuttosto precise) e soprattutto immediate delle fasce di rispetto. Tali formule, a causa della loro origine, hanno una validità tanto maggiore quanto più è elevata la distanza dai conduttori

Al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto, in prima approssimazione è possibile:

- Calcolare la fascia di rispetto combinando la configurazione dei conduttori, geometrica e di fase, e la portata in corrente in servizio nominale che forniscono il risultato più cautelativo sull'intero tronco;
- Proiettare al suolo verticalmente tale fascia;
- Individuare l'estensione rispetto alla proiezione del centro linea (DPA).

7.4. Determinazione del campo di induzione magnetica

Il calcolo del campo di induzione magnetica dei conduttori interrati si è effettuato in accordo a quanto prescritto dalla norma **CEI 106-11** per il caso di "cavo interrato con cavi unipolari posati a trifoglio". La formula da applicare è la seguente:

$$B = \frac{P \cdot I}{R^2} \cdot 0,1 \cdot \sqrt{6}$$

Dove:

- P [m] è la distanza fra i conduttori disposti ai vertici di un triangolo (in caso di distanze differenti, P diventa la media delle distanze fra i tre conduttori)
- I [A] è la corrente, simmetrica ed equilibrata, che attraversa i conduttori
- R [m] è la distanza dal baricentro dei conduttori alla quale calcolare l'induzione magnetica B (la formula è valida per R >> P).

Per la realizzazione dei conduttori di collegamento sono stati considerati tutti gli accorgimenti che consentono la minimizzazione degli effetti elettromagnetici sull'ambiente e sulle persone. In particolare, la scelta di operare con linee in 36 kV interrate permette di eliminare la componente elettrica del campo, grazie all'effetto schermante del terreno; inoltre, la limitata distanza tra i cavi (ulteriormente ridotta grazie all'impiego di Terre cosiddette "a trifoglio") fa sì che l'induzione magnetica risulti significativa solo in prossimità dei cavi.

Premesso che la profondità di interramento è pari a 1,00 m, facendo riferimento ai dati contenuti in Tabella 8, si riporta di seguito la simulazione condotta:

- **CC – CP Custonaci**: Terna di conduttori di sezione di 300 mm² disposti a trifoglio percorsa da corrente pari a 288.4 [A]

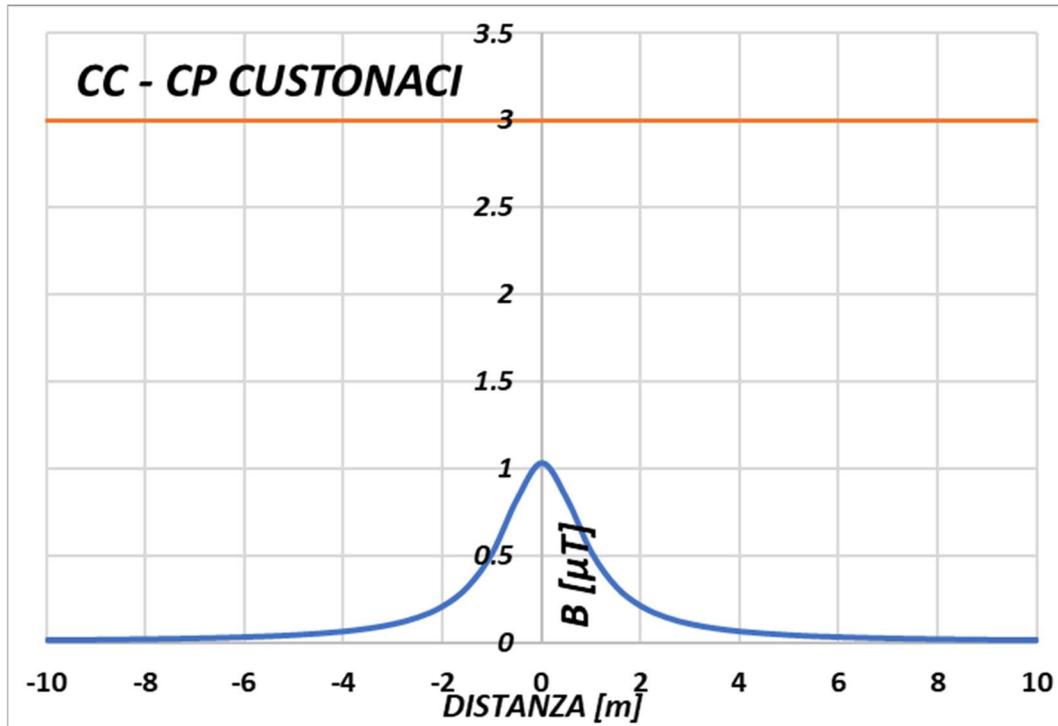


Figura 10. Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse del conduttore per il cavidotto T2 – T1

La figura sopra esposta mostra l'andamento del campo di induzione magnetica in funzione della distanza, per il cavidotto di collegamento dalla cabina di consegna CC DG2061 dell'impianto alla CP AT/MT Custonaci. I valori del campo magnetico sono stati misurati ad altezza conduttori (per la determinazione della DPA). Più precisamente, i risultati riportati nelle figure precedenti illustrano l'andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori interrati per la terna analizzata.

Nella simulazione effettuata il campo magnetico risulta inferiore al limite di obiettivo di qualità di $3 \mu\text{T}$ a qualsiasi distanza dall'asse della terna. Tale risultato valore conferma la regola generale proposta dalla norma CEI 11-60 che suggerisce per elettrodotti interrati con corrente di funzionamento di 1110 [A] una D.P.A di 3.1 [m].

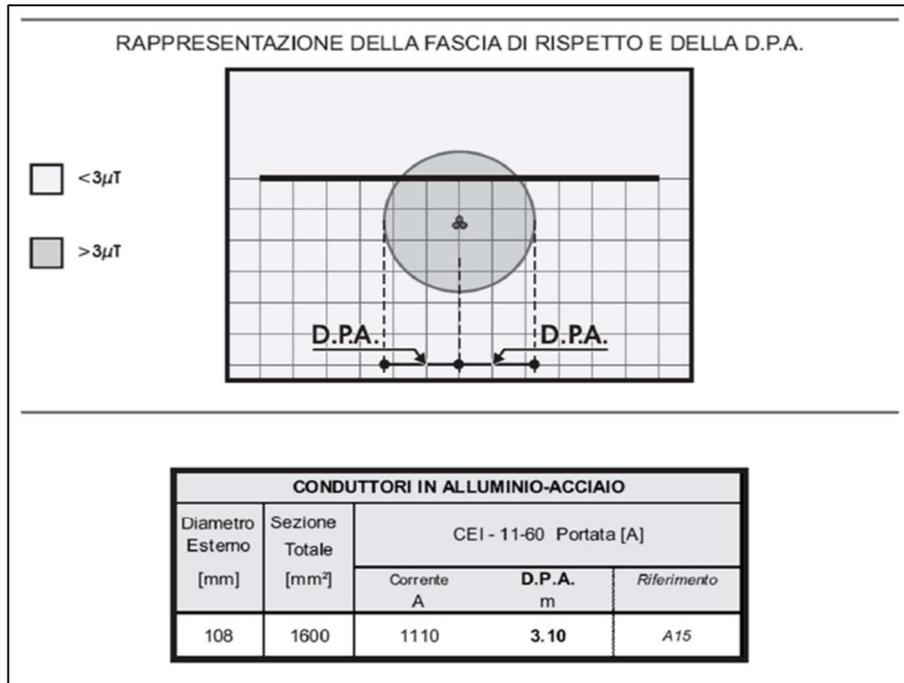


Figura 11: D.P.A per cavidotto interrato secondo norma CEI 11-60

7.4.1. Cabina primaria CP AT/MT

Come dichiarato nel documento “Linea Guida per l’applicazione del § 5.1.3 dell’Allegato al DM 29.05.08 - Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche” di e-distribuzione, LA DPA delle cabine primarie AT/MT è sicuramente interna alla cabina se sono rispettate le seguenti distanze dal perimetro esterno, non interessato dalle fasce di rispetto delle linee in ingresso/uscita:

- 14 M DALL’ ASSE DELLE SBARRE DI AT IN ARIA
- 7 M DALL’ ASSE DELLE SBARRE DI MT IN ARIA

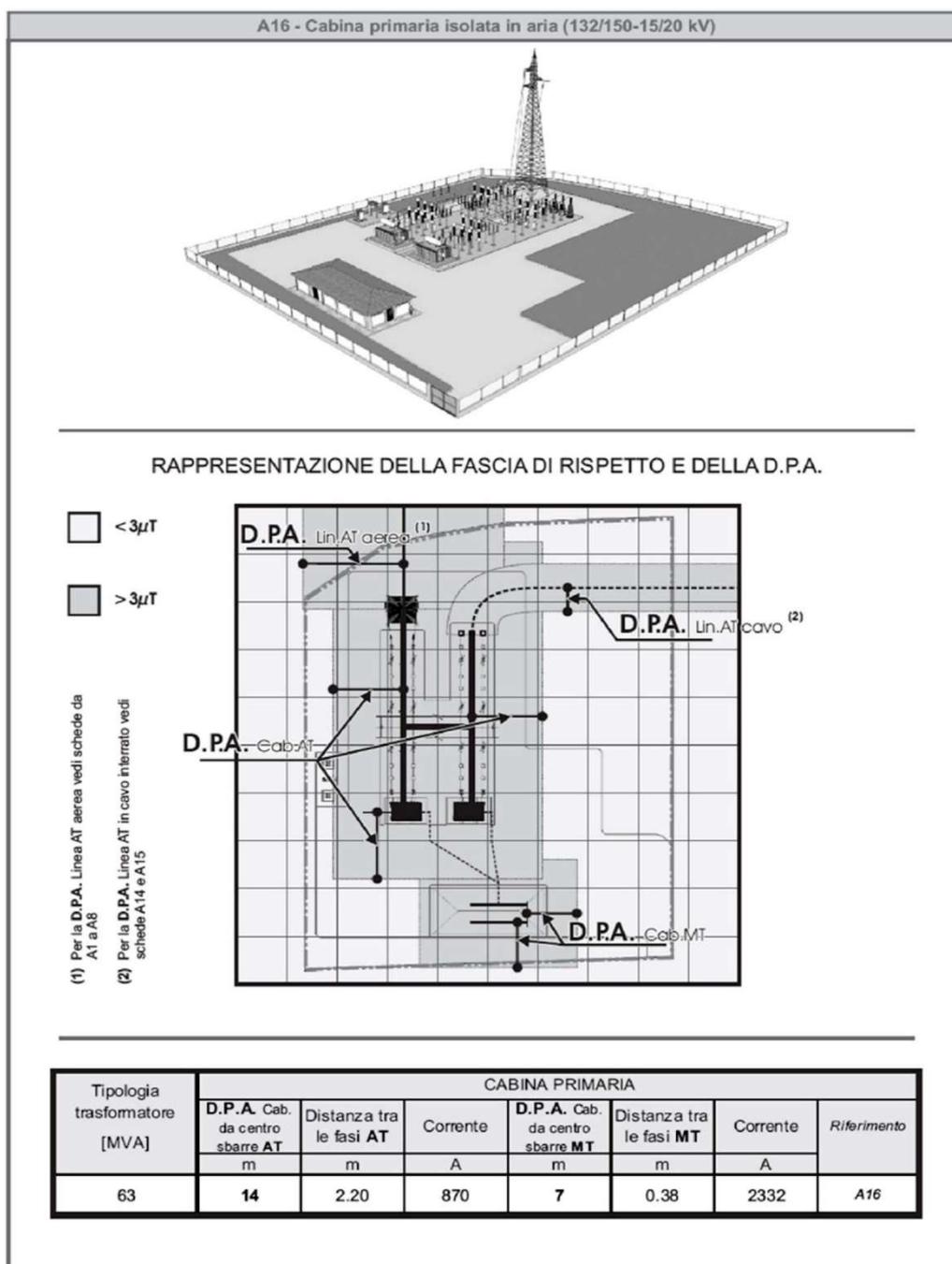




Figura 12: Inquadramento cabina primaria AT/MT Custonaci

In Figura 12 è mostrato l'inquadramento della CP AT/MT per la connessione in oggetto.

8. CONCLUSIONI

La determinazione delle DPA è stata effettuata in accordo al D.M. del 29/05/2008 e alle Norme CEI di riferimento, riportando per ogni opera elettrica la già menzionata DPA.

Tutte i cavidotti, delimitati dalla propria DPA, ricadono all'interno di aree nelle quali non risultano essere presenti recettori sensibili ovvero aree di gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici, luoghi adibiti a permanenza di persone per più di quattro ore giornaliere. Attraverso il calcolo del campo dell'induzione magnetica nelle varie sezioni del cavidotto è stato rilevato che non ci sono fattori di rischio per la salute umana dovuti all'esercizio dell'impianto, poiché è esclusa la presenza di recettori sensibili entro le fasce per le quali i valori di induzione magnetica attesa non sono inferiori agli obiettivi di qualità fissati per legge, mentre, per quanto riguarda il campo elettrico generato si può sostenere che è nullo a causa dello schermo dei cavi e negli altri casi alquanto trascurabile per distanze superiori a qualche cm dalle parti in tensione.

Non si ritiene, pertanto, necessario adottare misure di salvaguardia particolari in quanto il parco in oggetto si trova in lontananza da possibili recettori sensibili presenti. In particolare, non si ravvisano pericoli per la salute dei lavoratori eventualmente presenti nelle aree interessate in quanto le zone che rientrano nel limite di attenzione ma non nell'obiettivo di qualità non richiedono la presenza umana per più di 4 h giornaliere, rientrando quindi nei limiti di legge. Si fa inoltre presente che, in fase di costruzione dell'impianto le linee saranno fuori tensione, pertanto i lavoratori non saranno esposti a nessun campo elettromagnetico; nelle fasi di collaudo e manutenzione ordinaria e/o straordinaria invece, come precedentemente descritto, per tutte le componenti dell'impianto vengono rispettati i valori di azione (e pertanto i valori limite di esposizione) indicati nel D.Lgs. 159/2016.

Non si ritiene pertanto necessario adottare misure di salvaguardia particolari in quanto il parco in oggetto si trova in zona agricola e sia gli impianti di produzione e le opere connesse (linee elettriche interrate) sono state posizionate in modo da osservare le relative fasce di rispetto dai possibili ricettori sensibili presenti.

Si sottolinea, peraltro, che tutte le componenti dell'impianto e le opere connesse sono state posizionate in luoghi che non sono adibiti a permanenze prolungate della popolazione e tanto meno negli ambienti particolarmente protetti, quali scuole, aree di gioco per l'infanzia, ecc.

In ogni caso si rammenta che i calcoli sono stati effettuati con le correnti nominali in caso di massima potenza dell'impianto, correnti che saranno raggiunte solamente in limitati archi temporali. Si fa, inoltre, presente che all'interno delle stazioni elettriche posso accedere solamente persone esperte del settore e che le stesse risultano rispettare i limiti di campo elettromagnetico se realizzate secondo le specifiche ENEL, TERNA e le Norme CEI.

Si può concludere, pertanto, che la realizzazione dell'opere elettriche relative all'impianto agrivoltaico sito in località "Brullo" nei comuni di Custonaci (TP), Castellammare del Golfo (TP), Erice (TP), Buseto Palizzolo (TP), Valderice (TP), Trapani e Misiliscemi (TP), di proprietà della Resol Brullo Srl rispetta la normativa vigente.