



AGROVOLTAICO CANDELA - COMUNI DI CANDELA E ASCOLI SATRIANO (FG)

PROGETTO DEFINITIVO

Autorizzazione Unica ai sensi del D.Lgs. 29 dicembre 2003, n. 387 per un impianto agrovoltaiico di superficie pari a 136ha costituito da olivo, vite, officinali, orticole e foraggere integrate ad un impianto fotovoltaico con tracker monoassiali (78 MWp) sito nel Comune di Candela (FG) e Ascoli Satriano (FG)

CODICE ELABORATO:

A.6

TITOLO ELABORATO:

Relazione campi elettromagnetici

SCALA:

-

FORMATO:

A4

PROPONENTE:

ARGOS S.R.L.

Via Guido d'Arezzo 15 - 20145 Milano (MI)

C.F. e P.IVA 02377660564

argos.srls@legalmail.it

AMMINISTRATORE

Filberto Fons Francesc

PROGETTISTA:



Innovation in Energy



We support the Sustainable Development Goals



CERTIFIED ISO 9001, ISO 14001, ISO 50001

Studio Santi srl con socio unico

Via Enrico Fermi n. 46 - 00058 Santa Marinella (RM)

www.studiosanti.eu - info@studiosanti.eu

tel +39 0766 53 68 98

Ing. Federico Santi
Ordine degli Ingegneri di Roma N. A20930



iride

Istituto per la Ricerca e l'Ingegneria Dell'Ecosostenibilità

Istituto I.R.I.D.E. Srl

Via Cristoforo Colombo 163 - 00147 Roma

www.istituto-iride.com - iride@pec.istituto-iride.com

Tel +39 06 51606033

Ing. Mauro Di Prete
Ordine degli Ingegneri di Roma N. A14624



CONSORZIO
COMUNSI

REV.	DATA	STATO	PREPARATO	RIESAMINATO	APPROVATO
00	05-07-2023	PRIMA EMISSIONE	Fio. CASTELLANI	Fra. CASTELLANI	F. SANTI

Questo documento o parte di esso non può essere riprodotto, salvato, trasmesso, riutilizzato in altri progetti in alcuna forma sia essa elettronica, meccanica, fotografica senza la preventiva autorizzazione di Studio Santi srl. Le informazioni contenute nel presente documento sono da intendersi valide limitatamente all'oggetto del documento stesso. Altre informazioni sono da ritenersi non valide ai fini dell'esecuzione. Le informazioni riportate nel presente documento non sono da intendersi "shop drawing" e pertanto l'esecutore delle opere dovrà verificare in campo quanto necessario per l'acquisto dei materiali.

Sommario

1	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	2
1.1	Legislazione vigente.....	2
1.2	Norme CEI, EN, IEC,UNI, ISO, ASTM.....	2
2	PRINCIPALI RIFERIMENTI NORMATIVI IN MATERIA DI CAMPI ELETTRICI E LIMITI DI RIFERIMENTO GENERATI DA LINEE ELETTRICHE IN CORRENTE ALTERNATA	4
2.1	Limiti di riferimento.....	5
2.2	Obiettivo di qualità, Fascia di rispetto e Dpa	6
3	DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO	7
4	CALCOLO DEI CAMPI ELETTRICI.....	8
4.1	Moduli fotovoltaici	8
4.2	Linee BT in corrente continua e in corrente alternata	8
4.3	Inverter	8
4.4	Cabina di trasformazione BT/MT.....	9
4.5	Linee MT	9
4.6	Stazione trasformazione.....	10
4.7	Elettrodotto alta tensione	10

1 RIFERIMENTI NORMATIVI

1.1 Legislazione vigente

- Legge 28 giugno 1986 n. 339 "Nuove norme per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne";
- Decreto Interministeriale 21 marzo 1988 n. 449 "Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee aeree esterne";
- Decreto Interministeriale 16 gennaio 1991 n. 1260 "Aggiornamento delle norme tecniche per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne";
- D.P.C.M. 14 Novembre 1997 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore";
- Legge 22 febbraio 2001, n. 36, "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici";
- DPR 8 giugno 2001 n°327 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di Pubblica Utilità" e ss.mm.ii.;
- DPCM 8 luglio 2003, "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti";
- Legge 23 agosto 2004, n. 239 "Riordino del settore energetico, nonché delega al Governo per il riassetto delle disposizioni vigenti in materia di energia" e ss.mm.ii.;
- Decreto 29 maggio 2008, "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti".

1.2 Norme CEI, EN, IEC,UNI, ISO, ASTM

- Norma CEI 7-2 "Conduttori di alluminio, alluminio-acciaio, lega d'alluminio e lega di alluminio-acciaio per linee elettriche aeree" ed. quarta, 1997;
- Norma CEI 7-11 "Conduttori di acciaio rivestito di alluminio a filo unico o a corda per linee elettriche aeree" ed. prima, 1997;
- CEI 11-17 "Impianti di produzione, trasmissione, distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo".
- Norma CEI EN 60383-1, "Isolatori per linee aeree con tensione nominale superiore a 1000 V. Parte 1: Isolatori in materiale ceramico o in vetro per sistemi in corrente alternata. Definizioni, metodi di prova e criteri di accettazione", ed. prima, 1998;
- Norma CEI EN 61284, "Linee aeree. Prescrizioni e prove per la morsetteria", ed. seconda, 1999;
- Norma CEI 11-60, "Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne", seconda edizione, 2002-06;
- Norma CEI 304-1 "Interferenza elettromagnetica prodotta da linee elettriche su tubazioni metalliche" ed. prima, 2005;
- Norma 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" Prima edizione, 2006;

- Norma CEI 211-4 “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche” Seconda edizione, 2008;
- Norma IEC 60652-2002 “Loading tests on overhead lines structures”.
- Rapporto CESI-ISMES A7034603 “Linee Guida per l’uso della piattaforma di calcolo - EMF Tools v. 3.0”.
- Rapporto CESI-ISMES A8021317 “Valutazione teorica e sperimentale della fascia di rispetto per cabine primarie”.

2 PRINCIPALI RIFERIMENTI NORMATIVI IN MATERIA DI CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI E LIMITI DI RIFERIMENTO GENERATI DA LINEE ELETTRICHE IN CORRENTE ALTERNATA

Le linee elettriche dell'impianto agrivoltaico Candela sono progettate nel pieno rispetto della normativa vigente in tema di campi elettrici e magnetici. Tra i principali riferimenti normativi in materia di protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati da linee elettriche aeree in corrente alternata è utile ricordare le Linee Guida dell'ICNIRP, acronimo di International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, organismo non governativo riconosciuto dall'Organizzazione Mondiale della Sanità, per la limitazione dell'esposizione a campi elettrici e magnetici variabili nel tempo (1Hz – 100 KHz) (2010), che hanno sostituito le precedenti Linee Guida del 1998 introducendo nuovi limiti basati sul campo elettrico indotto e non più sulla corrente elettrica indotta. Con riferimento all'esposizione della popolazione è utile menzionare a livello europeo la Raccomandazione del Consiglio dell'Unione Europea del 12 luglio 1999 relativa alla limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici fino a 300 GHz (n. 1999/519/CE) che ha recepito le Linee Guida dell'ICNIRP fino a quel momento emesse, sostituite dalle più recenti, chiedendo agli Stati membri che le disposizioni nazionali relative alla protezione dall'esposizione ai campi elettromagnetici si uniformassero alle stesse. Come precisa la stessa Raccomandazione, i limiti derivati sulla base degli effetti a breve termine provati, adottano fattori di sicurezza pari a 50 che implicitamente tutelano anche da possibili effetti a lungo termine, ad oggi non provati.

A livello nazionale il quadro normativo è rappresentato da:

- Legge quadro 22 febbraio 2001 n. 36 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici" [si applica a frequenze comprese tra 0 Hz e 300 GHz];
- DPCM 8 luglio 2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50Hz) generati dagli elettrodotti";
- Decreto 29 maggio 2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti" [si applica alle linee esercite alla frequenza di rete (50Hz)]. I principali riferimenti tecnici per il calcolo dei valori di campo elettrico e magnetico sono rappresentati dalle norme tecniche CEI, in particolare:
- Norma 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" Prima edizione 2006;
- Norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche" Seconda edizione, 2008.

Nonché relativamente alla corrente da utilizzare per il calcolo:

- Norma CEI 11-60 "Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne con tensione maggiore di 100 kV" Seconda edizione, 2002;
- Norma CEI 11-17 per le linee in cavo;

2.1 Limiti di riferimento

livelli di riferimento raccomandati dall'ICNIRP per la popolazione sono, per le linee elettriche esercite alla frequenza di rete di 50 Hz:

- campo elettrico: 5 kV/m (valori efficaci)
- campo magnetico: 200 μ T (valori efficaci)

A livello europeo la Raccomandazione del Consiglio dell'Unione Europea del 12 luglio 1999 ha invece recepito i valori indicati dalle precedenti Linee Guida dell'ICNIRP (Linee Guida per la limitazione dell'esposizione a campi elettrici e magnetici variabili nel tempo del 1998); tali valori per le linee elettriche esercite alla frequenza di rete a 50 Hz sono:

1. campo elettrico: 5 kV/m (valori efficaci)
2. campo magnetico: 100 μ T (valori efficaci)

In ambito nazionale, ai fini della protezione della popolazione, la legge n. 36 del 22 febbraio 2001 e il successivo D.P.C.M. 8 luglio 2003 hanno introdotto, relativamente alla frequenza di rete di 50 Hz, i seguenti limiti:

1. Limite di esposizione
 - a. 5 kV/m per il campo elettrico
 - b. 100 μ T per l'induzione magnetica (da intendersi come valori efficaci) (RMS values)
2. Valore di attenzione
 - a. 10 μ T per l'induzione magnetica, facenti parte della RTN (da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio)
3. Obiettivo di qualità
 - a. 3 μ T per il valore dell'induzione magnetica (da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio)

Mentre i limiti di esposizione si applicano in ogni condizione di esposizione, i valori di attenzione si applicano nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere nel caso di linee esistenti nei confronti di edificato esistente. Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz si applicano invece gli obiettivi di qualità.

Di seguito un prospetto dei limiti attualmente vigenti:

Frequenza [HZ]	OMS		CONSIGLIO EUROPEO		ITALIA		
	ICNIRP (2010)		Racc.Cons.Europeo 12/07/99		D.Lgs 36/01 + DPCM 8/07/2003		
	E [Kv/m]	B [μ T]	E [Kv/m]	B [μ T]	E [Kv/m]	B [μ T]	
50						Limite di esposizione	100

	5	200	5	100	5	Valore di Attenzione	10
						Obiettivo di qualità	3

2.2 Obiettivo di qualità, Fascia di rispetto e Dpa

Come già chiarito, l'obiettivo di qualità si applica nel caso di progettazione di nuovi elettrodotti in prossimità di insediamenti esistenti, o nel caso di progettazione di nuovi insediamenti in prossimità di elettrodotti esistenti. Con riferimento agli elettrodotti eserciti alla frequenza di rete, 50 Hz, e con specifico riferimento all'obiettivo di qualità, sono introdotti i concetti di Fascia di rispetto e di Distanza di prima approssimazione (Dpa). Come definita dalla norma CEI 106-11, Fascia di rispetto è lo spazio circostante i conduttori di una linea elettrica aerea, o in cavo interrato, 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 ad un valore prefissato, in particolare all'obiettivo di qualità. Come meglio specifica il DPCM 8 luglio 2003 [art.6] per la determinazione delle fasce di rispetto si dovrà fare riferimento all'obiettivo di qualità ed alla portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto, come definita dalla norma CEI 11-60.

Come previsto dallo stesso art.6 del DPCM 8 luglio 2003, la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto è stata definita dall'APAT, sentite le ARPA, ed approvata dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio con Decreto 29 maggio 2008 - "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti". Come specificato al par.3.2, tale metodologia, ai sensi dell'art. 6 comma 2 del DPCM 08.07.03, ha lo scopo di fornire la procedura da adottarsi per la determinazione delle fasce di rispetto pertinenti alle linee elettriche aeree e interrate, esistenti e in progetto I riferimenti contenuti nell'art. 6 del DPCM 8 luglio 2003 implicano che le fasce di rispetto debbano attribuirsi ove sia applicabile l'obiettivo di qualità: "Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni già presenti nel territorio." (art. 4 del DM 8 luglio 2003) Il concetto di Distanza di prima approssimazione (Dpa) è stato per la prima volta introdotto dal Decreto 29 maggio 2008 che ne riporta anche la definizione: "per le linee è 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..."

Tale concetto è stato introdotto al fine di semplificare la gestione territoriale e procedere in prima approssimazione al calcolo delle fasce di rispetto senza dover ricorrere a complessi modelli di calcolo bidimensionale o tridimensionale, il Decreto prevede infatti anche dei metodi semplificati da poter applicare nel caso di parallelismo o incrocio di linee elettriche aeree

3 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

L'impianto fotovoltaico "Agrovoltaiico Candela" sorgerà nel Comune di Candela (FG), e verrà allacciato alla Rete di Trasmissione Nazionale. L'estensione complessiva del campo fotovoltaico sarà pari a circa 136 ha e la potenza in immissione massima dell'impianto sarà pari a 76 MW. L'impianto fotovoltaico, è costituito da 41 cabine di campo, denominate CT, che saranno connesse fra di loro da una linea in media tensione a 30 kV completamente interrata. Questa linea sarà poi collegata alla stazione di elevazione 30 kV/150 kV all'interno del lotto a Sud-Est. Da questa stazione partirà poi un elettrodotto che allaccerà l'impianto alla rete di Distribuzione AT con tensione nominale di 150 kV nella cabina primaria di Terna – Camerelle. La stazione di trasformazione di utenza sarà costituita principalmente da due trasformatori media tensione/alta tensione a 150 kV in olio e sezionatori ed interruttori con isolamento in aria, oltre a locali di servizio. Il dimensionamento della stazione è realizzato sulla base di una potenza generata da 117.320 moduli fotovoltaici con potenza complessiva del singolo modulo di 665 W tale da ottenere una potenza di picco dell'intero impianto pari a 78 MWp. La conversione da corrente continua a corrente alternata sarà realizzata mediante n° 42 convertitori statici trifase (inverter), alloggiati nelle 41 cabine di trasformazione. I trasformatori di elevazione BT/MT saranno della potenza di 500-1000-1500-2000 kVA ed avranno una tensione primaria di 30 kV ed una tensione secondaria di 450 V. Ognuno di essi sarà alloggiato in uno shelter nel quale sono alloggiati anche gli inverter.

4 CALCOLO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI

Le componenti impiantistiche che possono essere generatrici di campi elettromagnetici sono:

- Moduli fotovoltaici
- Linee BT in corrente continua
- Linee BT in corrente alternata
- Inverter
- Cabine di trasformazione BT/MT
- Linee MT
- Stazione di trasformazione MT/AT
- Linea alta tensione

4.1 Moduli fotovoltaici

I moduli fotovoltaici sono caratterizzati da un funzionamento in corrente continua in regime stazionario. La generazione di campi magnetici è da considerarsi trascurabile in quanto limitati ai momenti di gradienti di corrente, tipicamente al momento dell'accensione dell'impianto e durante l'inseguimento della stessa corrente al funzionamento in regime di MPP dell'inverter.

4.2 Linee BT in corrente continua e in corrente alternata

Relativamente alle linee in corrente continua ed in corrente alternata dell'impianto, sulla base di quanto riportato nel Decreto 29 maggio 2008, la tutela in merito alle fasce di rispetto di cui all'art. 6 del DPCM 8 luglio 2003 si applica alle linee elettriche aeree ed interrate, esistenti ed in progetto ad esclusione di:

- linee esercite a frequenza diversa da quella di rete di 50 Hz (ad esempio linee di alimentazione dei mezzi di trasporto);
- linee di prima classe ai sensi del DM 21 marzo 1988, n. 449 (quali le linee di bassa tensione);
- linee di Media Tensione in cavo cordato ad elica

in quanto le relative fasce di rispetto hanno un'ampiezza ridotta, inferiore alle distanze previste dal DM 21 marzo 1988, n. 449 e s.m.i. 60.

4.3 Inverter

Gli inverter prescelti per l'impianto "Agrovoltaiico Candela" sono dotati delle certificazioni a norma di legge. In particolare le EMC e standard di sicurezza seguenti:

EN 61000-6-1, EN 61000-6-2, EN 61000-6-4, EN 61000-3-11, EN 61000-3-12, EN 62109-1, EN 62109-2, IEC62103, EN 50178, FCC Part 15, AS3100

Tra gli altri aspetti queste norme riguardano:

- i livelli armonici: le direttive del gestore di rete prevedono un THD globale (non riferito al massimo della singola armonica) inferiore al 5% (inferiore all'8% citato nella norma CEI 110-10). Gli inverter presentano un THD globale contenuto entro il 3%;
- Disturbi alle trasmissioni di segnale operate dal gestore di rete in sovrapposizione alla trasmissione di energia sulle sue linee;

- Variazioni di tensione e frequenza. La propagazione in rete di queste ultime è limitata dai relè di controllo della protezione di interfaccia asservita al dispositivo di interfaccia.
- La componente continua immessa in rete. Il trasformatore elevatore comunque contribuisce a bloccare tale componente. In ogni modo il dispositivo di interfaccia di ogni inverter interviene in presenza di componenti continue maggiori dello 0,5% della corrente nominale.

Le questioni di compatibilità elettromagnetica concernenti i buchi di tensione sono in genere dovute al coordinamento delle protezioni effettuato dal gestore di rete locale.

4.4 Cabina di trasformazione BT/MT

Le cabine di campo di trasformazione BT/Mt sono poste tutte all'interno dell'impianto fotovoltaico e sufficientemente lontane da luoghi di residenza o permanenza umana. Nel caso specifico, per le cabine la Dpa viene valutata sulla base della relazione:

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

Con:

DPA = Distanza di prima approssimazione (m)

I = Corrente nominale (A)

x= diametro dei cavi (m)

Considerando la taglia di trasformatore più grande installato, pari a 2000 kVA e una tensione al secondario di 450 V, la massima corrente al secondario sarà pari a:

$$I_{max} = 2.000.000 / (450 * \sqrt{3}) = 2566 A$$

Considerando quindi la corrente massima sul lato BT del trasformatore sarà di I=2566 A con il cavo di massima sezione, sempre sul lato di bassa tensione sul trasformatore di 240 mm² con diametro esterno pari a circa 28,4 mm, si ottiene una DPA pari a 8,2 m che, arrotondata come previsto dal DPCM per eccesso all'intero superiore, viene 9 m dalla parete esterna del box del trasformatore.

4.5 Linee MT

Le linee in media tensione si sviluppano in parte all'interno del campo fotovoltaico e in parte in interrato su strada. In entrambi i casi sono realizzate in soluzione interrata ad una tensione di 30 kV. Anche in questo caso, come per le linee in bassa tensione, essendo utilizzato una soluzione in cavo cordato ad elica, sono esclusi dal campo di applicazione del DPCM 8 luglio 2003. Per quanto riguarda il tratto di cavo di MT che dal primario del trasformatore si collega alla cella di media attigua, applicando la stessa relazione sopra riportata, considerando un rapporto di trasformazione 450/30000 e la stessa corrente pari I=2566 A, si ottiene una Dpa pari a 0,86 cm che approssimato ad 1 metro fa ricadere la fascia all'interno del locale MT. Quest'ultima considerazione fa sì che, anche nella cabina di parallelo MT, non ci sono zone di presenza umana continuativa all'interno della Dpa.

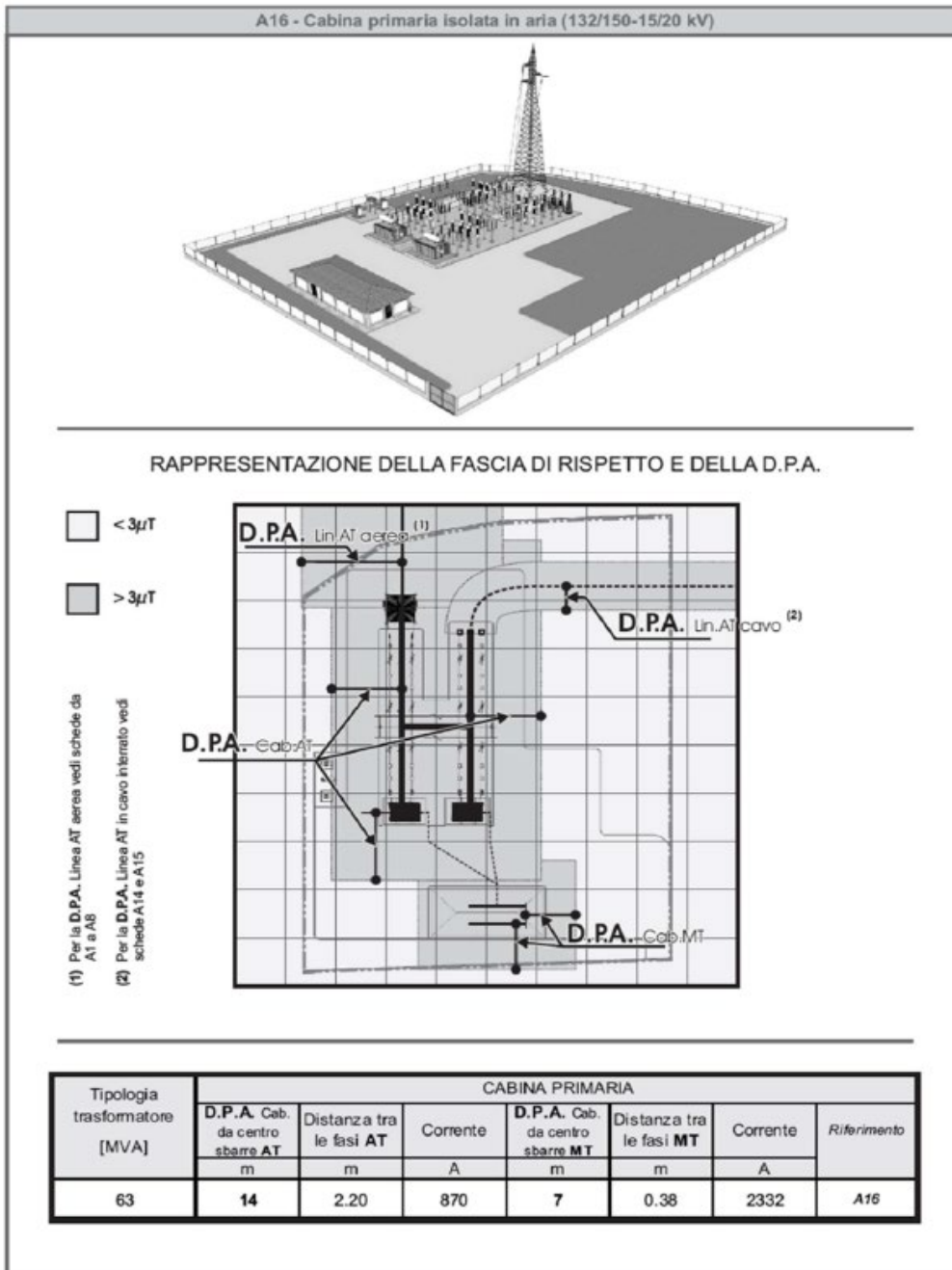
4.6 Stazione trasformazione

La stazione di elevazione è posizionata in maniera tale da rientrare nelle disposizioni di cui alla 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" In particolare nel rispetto della Scheda A16 dell'allegato A "DPA per Linee AT e Cabine Primarie" ossia Cabine primarie isolate in aria, tensione primaria 150 kV, tensione secondaria 30 kV e trasformatore da 50 MVA si è osservata una distanza di 14 metri dal centro dei conduttori in alta tensione.

4.7 Elettrodotto alta tensione

L'elettrodotto in alta tensione di connessione alla stazione RTN di TERNA si sviluppa interamente in interrato per un tratto di circa 9.000m su strada. Anche in questo caso sono rispettate le DPA previste dall'Allegato A "DPA per Linee AT e Cabine Primarie" della linea Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08. In particolare l'elettrodotto presenta una fascia di 5,1 m per lato.

A.6 - Relazione campi elettromagnetici



A.6 - Relazione campi elettromagnetici

