

COMUNE DI MASSERANO








PROVINCIA DI BIELLA



PROGETTO DI REALIZZAZIONE NUOVO IMPIANTO AGRIVOLTAICO DA 54,77 MWp

Richiesta di rilascio di provvedimento autorizzatorio unico regionale per la costruzione e l'esercizio di impianti di produzione di energia elettrica alimentati da fonti rinnovabili ai sensi dell'art. 27 bis D.lgs. n.152/2006



IMMOBILE	Località Martinella Foglio 58 - 63 Mappali vari	
PROGETTO PROVVEDIMENTO AUTORIZZATORIO UNICO REGIONALE (PAUR)	OGGETTO DOC19 – RELAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI	SCALA --
REVISIONE - DATA	VERIFICATO	APPROVATO
REV.01 - 29/06/2022		
IL RICHIEDENTE	ELLOMAY SOLAR ITALY SEVEN S.R.L. 39100 Bolzano - Via Sebastian Altmann 9 FIRMA 	
IL PROGETTISTA	Ing. Riccardo Valz Gris FIRMA  	
TEAM DI PROGETTO	Arch. Rosalba Teodoro - Ing. Francesca Imbrogno Studio Ing. Valz Gris 20124 Milano - Citycenter Regus - Via Lepetit 8/10 Tel. +39 02 0069 6321 13900 Biella - Via Repubblica 41 Tel. +39 015 32838 - Fax +39 015 30878	



**PROGETTO DI REALIZZAZIONE NUOVO IMPIANTO
AGRIVOLTAICO DA 54,77 MWp**
Località Martinella- Comune di Masserano
**PROVVEDIMENTO AUTORIZZATORIO UNICO REGIONALE
(PAUR)**
RELAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI

Pag 1 di 23

INDICE

INDICE	1
1. PREMESSA	2
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO PER I CAMPI ELETTROMAGNETICI	3
3. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO	5
4. SPECIFICHE TECNICHE DEI COMPONENTI UTILIZZATI	6
Moduli fotovoltaici.....	6
Inverter e cabine di trasformazione	8
Trasformatori ad olio:	11
Collegamenti elettrici e cavidotti.....	11
5. CALCOLI SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI IMPIANTO FOTOVOLTAICO	12
Campi EM relativi ai moduli fotovoltaici.....	12
Campi EM relativi agli inverter.....	12
Campi EM relativi alle Linee elettriche in corrente alternata	12
Campi EM relativi alle cabine elettriche di trasformazione.....	15
Campi EM delle opere di connessione alla RTN - Linee elettriche in corrente alternata in media tensione	15
Campi EM delle opere di connessione alla RTN – Step-Up di progetto, SSE Terna e cavidotti AT	18
6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	22



**PROGETTO DI REALIZZAZIONE NUOVO IMPIANTO
AGRIVOLTAICO DA 54,77 MWp**
Località Martinella- Comune di Masserano
**PROVVEDIMENTO AUTORIZZATORIO UNICO REGIONALE
(PAUR)**
RELAZIONE CAMPI ELETTRROMAGNETICI

Pag 2 di 23

1. PREMESSA

Scopo del presente documento è quello di descrivere le emissioni elettromagnetiche associate alle infrastrutture elettriche presenti nell'impianto fotovoltaico in oggetto e connesse ad esso, ai fini della verifica del rispetto dei limiti della legge n.36/2001 e dei relativi Decreti attuativi.

L'impianto, oggetto del presente documento, si propone di produrre una notevole quantità di **energia da fonte di tipo rinnovabile da immettere nella rete elettrica pubblica**. In particolare, si utilizza in questo impianto l'effetto fotovoltaico per convertire la radiazione luminosa proveniente dal sole in energia elettrica in maniera diretta, senza cioè passare per altre forme di energia.

Nel Piano Energetico Nazionale (SEN 2017) l'Italia si è posta l'ambizioso obiettivo di installare oltre 30 GW di nuova potenza fotovoltaica entro il 2030. Questo traguardo permetterebbe una rivoluzione energetica epocale per il nostro paese, passando dalle fonti fossili ad una produzione di energia prevalentemente rinnovabile, con enormi vantaggi in termini ambientali, ma anche in chiave di autonomia energetica rispetto all'attuale situazione di dipendenza da importazione di fonti fossili o di energia elettrica dall'estero. Questa rivoluzione sarà di supporto inoltre ad un ulteriore passo in avanti verso un mondo sostenibile, quello della mobilità elettrica.

In generale l'applicazione della tecnologia fotovoltaica consente:

- la produzione di energia senza alcuna emissione di sostanze inquinanti;
- il risparmio di combustibile fossile;
- nessun inquinamento acustico;
- soluzioni di progettazione compatibili con le esigenze di tutela ambientale (es. impatto visivo);
- la possibilità di ottenere profitto da terreni non usati a scopi agricoli.

In particolare, le innovazioni tecnologiche adottate nei nostri progetti, permettono inoltre:

- Essere pienamente concorrenziali con le centrali elettriche a fonti fossili, così da non necessitare di incentivi pubblici;
- Una maggiore integrazione nel contesto agricolo e/o urbano grazie all'utilizzo di strutture più basse e compatte, e alla attenta selezione di soluzioni di mitigazione;
- Impianti più performanti, anche oltre il 30% rispetto a qualche anno fa, con conseguente riduzione dell'occupazione del suolo;
- Impianti con più lunghe attese di vita.



**PROGETTO DI REALIZZAZIONE NUOVO IMPIANTO
AGRIVOLTAICO DA 54,77 MWp**
Località Martinella- Comune di Masserano
**PROVVEDIMENTO AUTORIZZATORIO UNICO REGIONALE
(PAUR)**
RELAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI

Pag 3 di 23

2. **NORMATIVA DI RIFERIMENTO PER I CAMPI ELETTROMAGNETICI**

Per redigere la presente relazione, si sono tenuti in considerazione i documenti e la normativa italiana relativa alla protezione contro l'esposizione dei campi elettromagnetici. In particolare ci si riferisce alla legge 22/2/01 n°36, legge quadro sulla protezione dalle esposizioni ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici completata a regime con l'emanazione del D.P.C.M. 8.7.2003.

In particolare nel 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", vengono fissati i limiti di esposizione e i valori di attenzione, per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) connessi al funzionamento e all'esercizio degli elettrodotti.

Per il progetto in oggetto si mettono in evidenza i seguenti articoli : "Nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti non deve essere superato il limite di esposizione di 100 μ T per l'induzione magnetica e 5kV/m per il campo elettrico intesi come valori efficaci" [art. 3, comma 1]; "A titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per l'induzione magnetica il valore di attenzione di 10 μ T, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio." [art. 3, comma 2]; "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, è fissato l'obiettivo di qualità di 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". [art. 4].

Ci fissiamo l'obiettivo quindi di avere un valore di intensità di campo magnetico non superiore ai 3 μ T come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio, questo in riferimento alla potenza massima erogabile dall'impianto fotovoltaico.

Il 28 Agosto 2003 G.U. n.199, è stato pubblicato il Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 Luglio 2003: "Fissazione dei limiti di esposizione, di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalla esposizione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz". L'art. 3 di tale Decreto riporta i limiti di esposizione e i valori di attenzione come riportato nelle Tabelle 1 e 2:

Tabella 1 Limiti di esposizione di cui all'art.3 del DPCM 8 luglio 2003.

Intervallo di FREQUENZA (MHz)	Valore efficace di intensità di CAMPO	Valore efficace di intensità di CAMPO	DENSITA' DI POTENZA dell'onda piana equivalente
0.1-3	60	0.2	-
3 - 3000	20	0.05	1
3000 - 300000	40	0.01	4

Tabella 2 Valori di attenzione di cui all'art.3 del DPCM 8 luglio 2003 in presenza di aree, all'interno di edifici adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore.



**PROGETTO DI REALIZZAZIONE NUOVO IMPIANTO
AGRIVOLTAICO DA 54,77 MWp**
Località Martinella- Comune di Masserano
**PROVVEDIMENTO AUTORIZZATORIO UNICO REGIONALE
(PAUR)**
RELAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI

Pag 4 di 23

Intervallo di FREQUENZA (MHz)	Valore efficace di intensità di CAMPO	Valore efficace di intensità di CAMPO	DENSITA' DI POTENZA dell'onda equivalente	piana
0.1 – 300000	6	0.016	0.10 (3 MHz – 300	

L'art. 4, invece, riporta i valori di immissione che non devono essere superati in aree intensamente frequentate come riportato in Tabella 3:

Tabella 3 Obiettivi di qualità di cui all'art.4 del DPCM 8 luglio 2003 all'aperto in presenza di aree intensamente frequentate.

Intervallo di FREQUENZA (MHz)	Valore efficace di intensita' di CAMPO	Valore efficace di intensita' di CAMPO	DENSITA' DI POTENZA dell'onda equivalente	piana
0.1 – 300000	6	0.016	0.10 (3 MHz – 300	

Per quanto riguarda la metodologia di rilievo il D.P.C.M. 8 Luglio 2003 fa riferimento alla norma CEI 211-7.



**PROGETTO DI REALIZZAZIONE NUOVO IMPIANTO
AGRIVOLTAICO DA 54,77 MWp**
Località Martinella- Comune di Masserano
**PROVVEDIMENTO AUTORIZZATORIO UNICO REGIONALE
(PAUR)**
RELAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI

Pag 5 di 23

3. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Il progetto in esame rappresenta la realizzazione di un nuovo impianto fotovoltaico definito "agrivoltaico" di taglio industriale nel territorio del Comune di Masserano, Provincia di Biella, e riguarda l'installazione di pannelli fotovoltaici su tracker nell'area denominata "Martinella", su terreno a destinazione agricola (risaie).

Il progetto infatti prevede l'integrazione del fotovoltaico nell'attività agricola, con installazioni che permettono di coniugare alla produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili il pascolo, l'allevamento ovino e l'attività di apicoltura. Inoltre, è previsto da progetto un corridoio ecologico Est-Ovest che divide il campo in due parti e un'area umida a est dell'impianto all'interno del vincolo Galasso.

L'impianto fotovoltaico sarà realizzato utilizzando 88.344 moduli in silicio monocristallino e inverter centralizzati come dettagliatamente descritto negli elaborati grafici e di seguito.

Come si mostra nella planimetria di progetto su riportata, il progetto prevede la suddivisione dell'impianto fotovoltaico in 20 distinti sottocampi ciascuno dei quali dotati di cabine di trasformazione ed inverter. I pannelli sono su tracker singoli da 24, 48 e 112 pannelli schierati in doppia fila e tracker a mono fila da 40 pannelli, posti a interasse di 8,25 m.

L'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico verrà veicolata mediante un cavidotto MT interrato prevalentemente su Strada Provinciale il quale percorre diversi comuni: Brusnengo, Rovasenda, San Giacomo Vercellese, una piccola porzione di Arborio, fino alla Step-Up di progetto situata nel Comune di Villarboit nella quale avverrà la trasformazione da Media a Alta e all'interno del progetto è previsto anche il cavidotto in AT che collega la Step-Up di progetto con la Futura sottostazione di Terna a 132/220 kV.

Stringhe	n. moduli in serie	n. moduli totali	Potenza Singolo modulo (Wp)	Potenza Totale (kWp)	
Sottocampo 1	184	24	4416	620	2737,92
Sottocampo 2	184	24	4416	620	2737,92
Sottocampo 3	184	24	4416	620	2737,92
Sottocampo 4	184	24	4416	620	2737,92
Sottocampo 5	184	24	4416	620	2737,92
Sottocampo 6	184	24	4416	620	2737,92
Sottocampo 7	184	24	4416	620	2737,92
Sottocampo 8	184	24	4416	620	2737,92
Sottocampo 9	184	24	4416	620	2737,92
Sottocampo 10	184	24	4416	620	2737,92
Sottocampo 11	184	24	4416	620	2737,92
Sottocampo 12	184	24	4416	620	2737,92
Sottocampo 13	184	24	4416	620	2737,92
Sottocampo 14	184	24	4416	620	2737,92
Sottocampo 15	184	24	4416	620	2737,92
Sottocampo 16	184	24	4416	620	2737,92
Sottocampo 17	184	24	4416	620	2737,92
Sottocampo 18	184	24	4416	620	2737,92
Sottocampo 19	184	24	4416	620	2737,92
Sottocampo 20	185	24	4440	620	2752,80
Totale per Campo fotovoltaico			88344		54773,28



**PROGETTO DI REALIZZAZIONE NUOVO IMPIANTO
AGRIVOLTAICO DA 54,77 MWp**
Località Martinella- Comune di Masserano
**PROVVEDIMENTO AUTORIZZATORIO UNICO REGIONALE
(PAUR)**
RELAZIONE CAMPI ELETTRICITÀ

Pag 6 di 23

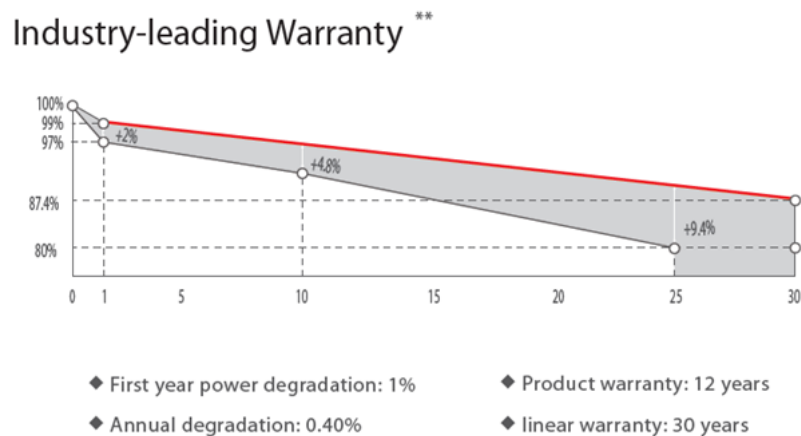
4. SPECIFICHE TECNICHE DEI COMPONENTI UTILIZZATI

Moduli fotovoltaici

L'impianto fotovoltaico sarà realizzato utilizzando moduli in silicio monocristallino marca tipo **SUNTECH Ultra V Pro STP620S-C78/Nmh+** e potenza di circa **620 Wp**.

L'impianto fotovoltaico sarà realizzato utilizzando moduli in silicio monocristallino con caratteristiche tecniche dettagliate nel datasheet allegato.

Ogni modulo dispone di diodi di by-pass alloggiati in una cassetta IP68 e posti in antiparallelo alle celle così da salvaguardare il modulo in caso di contro-polarizzazione di una o più celle dovuta ad ombreggiamenti o danneggiamenti. I moduli scelti sono forniti di cornice e con garanzia di una potenza non inferiore al 95% del valore iniziale dopo 10 anni di funzionamento ed all'90% dopo 25 anni.



Ogni stringa di moduli sarà munita di diodo di blocco per isolare ogni stringa dalle altre in caso di accidentali ombreggiamenti, guasti etc.

La linea elettrica proveniente dai moduli fotovoltaici sarà messa a terra mediante appositi scaricatori di sovratensione con indicazione ottica di fuori servizio, al fine di garantire la protezione dalle scariche di origine atmosferica.



**PROGETTO DI REALIZZAZIONE NUOVO IMPIANTO
AGRIVOLTAICO DA 54,77 MWp**
Località Martinella- Comune di Masserano
**PROVVEDIMENTO AUTORIZZATORIO UNICO REGIONALE
(PAUR)**
RELAZIONE CAMPI ELETTRICI

Pag 8 di 23

Inverter e cabine di trasformazione

E' prevista l'installazione di inverter centralizzati.

Sono previste 20 Cabine tipo SINACON PV - MARCA Siemens con inverter PV2500.





**PROGETTO DI REALIZZAZIONE NUOVO IMPIANTO
AGRIVOLTAICO DA 54,77 MWp**
Località Martinella- Comune di Masserano
**PROVVEDIMENTO AUTORIZZATORIO UNICO REGIONALE
(PAUR)**
RELAZIONE CAMPI ELETTRROMAGNETICI

Storage, transportation and operation

Temperature	-40 °C ... +60 °C
Relative humidity	0% ... 100%
Maximum altitude of installation site without derating	< 1,500 m above MSL

Cooling

Cooling method	Forced cooling by means of fans and liquid cooling
----------------	--

Applicable standards and conformity

BDEW (Germany)	BDEW Guideline, FGW TG3, TG4 and TG8
IEC 61683 (efficiency)	IEC 61683: 1999
IEC 62116 (anti islanding)	IEC 62116: 2014 (at 50 Hz)
EMC Emission	IEC 61000-6-4: 2007 + A1: 2011
EMC Immunity	IEC 61000-6-2: 2005
Electrical Safety	IEC 62109-1: 2010, IEC 62109-2: 2011, IP65 according to IEC 60529: 1989
Degree of protection: IP65 (cabinet only)	IEC 60529

General data

Control strategy	MPPT	
Efficiency (PV 5000)	(97.6 98.5 98.9 98.9 99.0 98.9 98.8 98.7)%	For (5 10 20 25 30 50 75 100)% power at 1,006 V _{DC} without self-consumption for cooling
EU and CEC efficiency	98.8%	Without internal consumption
Infeed starts from	260 W ... 2,500 W	Depending on cooling
Standby loss	80 W ... 150 W	-
Max. self-consumption for cooling	5,000 W	Without cabinet heating

Mechanical data

Mounting position	Vertical	-
Type of mounting	Floor mounting	-



	1	2	3	4
Number of Power Units	1	2	3	4
SINACON PV series	PV1000 ... PV1250	PV2000 ... PV2500	PV3000 ... PV3750	PV4000 ... PV5000
Dimensions (without pallet, with heat exchanger); (W x H x D)	2,120 x 3,760 x 1,170 mm		3,690 x 3,760 x 1,170 mm	
Weight ¹⁾	< 1,600 kg	< 2,200 kg	< 3,300 kg	< 3,900 kg
Color	RAL 7035			

Input data (DC)

Independent inputs	1 ... 2	Depending on configuration
Nominal voltage	min. MPP voltage	-
DC voltage (max. MPP)	1,500 V	Depending on application
DC voltage (min. MPP)	802 V/882 V (AC 550 V) 838 V/922 V (AC 575 V) 875 V/962 V (AC 600 V) 919 V/1,010 V (AC 630 V) 962 V/1,058 V (AC 660 V) 1,006 V/1,107 V (AC 690 V)	For 100% / 110% nominal grid voltage
DC current (max.)	1 ... 4 x 1,200 A	-
Short-circuit current (max.)	6,4 kA/7 kA	250 A /315 A DC fuses
Nominal power	1 ... 4 x 1,016 kW 1 ... 4 x 1,062 kW 1 ... 4 x 1,108 kW 1 ... 4 x 1,159 kW 1 ... 4 x 1,209 kW 1 ... 4 x 1,270 kW	-
Capacitance to ground (max.)	2,000 µF	Per IT system

¹⁾ The weight refers to a complete system without extra options.

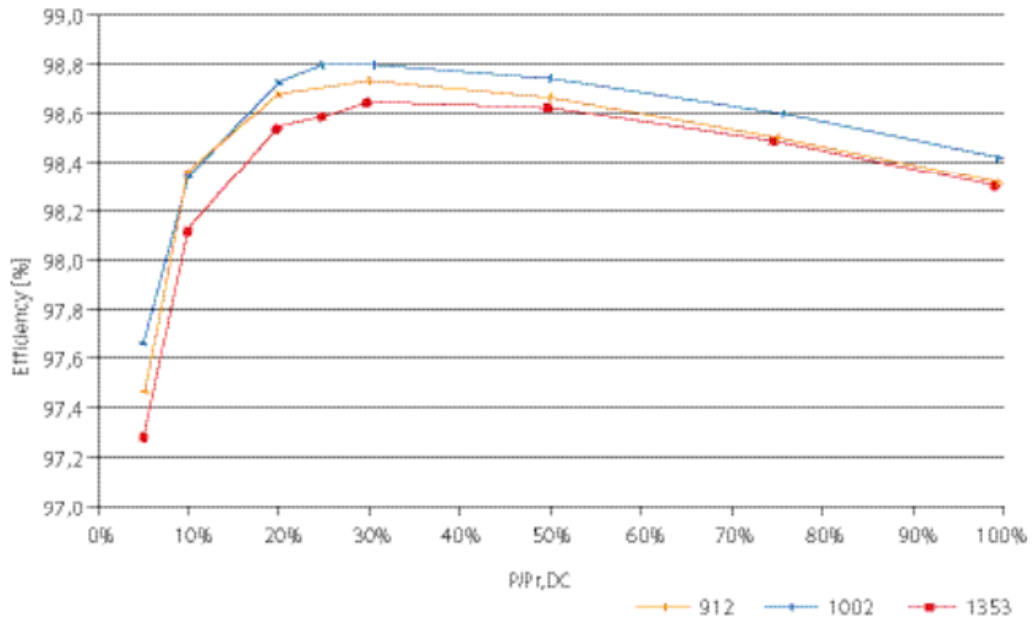


**PROGETTO DI REALIZZAZIONE NUOVO IMPIANTO
AGRIVOLTAICO DA 54,77 MWp**
Località Martinella- Comune di Masserano
**PROVVEDIMENTO AUTORIZZATORIO UNICO REGIONALE
(PAUR)**
RELAZIONE CAMPI ELETTRROMAGNETICI

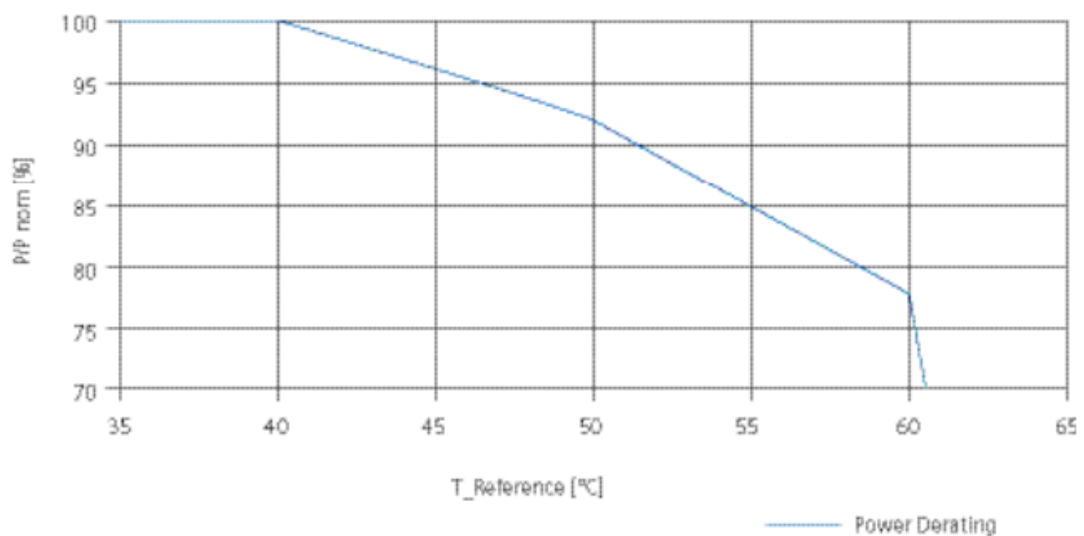
Output data (AC)

Apparent power (max.) and nominal power	PV1000 ... PV4000 kVA (AC 550 V) PV1045 ... PV4180 kVA (AC 575 V) PV1090 ... PV4360 kVA (AC 600 V) PV1140 ... PV4560 kVA (AC 630 V) PV1200 ... PV4800 kVA (AC 660 V) PV1250 ... PV5000 kVA (AC 690 V)	With nominal grid voltage, $\cos \varphi = 1$
Number of independent systems	1 ... 2	-
Grid voltage	550 ... 690 V ($\pm 10\%$ at $U_n(AC)$)	-
Nominal frequency	50 Hz / 60 Hz ($\pm 10\%$)	-
Output current (max.)	1 ... 4 x 1,050 A	-
Short-circuit current (max.)	50 kA	-
Power factor $\cos \varphi$	-	Adjustable to local requirements
Harmonic distortion	< 3%	-

Measured values²⁾ without internal consumption for AC 600 V (PV4360)



Derating





**PROGETTO DI REALIZZAZIONE NUOVO IMPIANTO
AGRIVOLTAICO DA 54,77 MWp**
Località Martinella- Comune di Masserano
**PROVVEDIMENTO AUTORIZZATORIO UNICO REGIONALE
(PAUR)**
RELAZIONE CAMPI ELETTRICI

Pag 11 di
23

Trasformatori ad olio:

I trasformatori marca tipo Sirmet Elettrica srl modello UE2500-6/0.4-0

- $15 \pm 2 \times 2,5\%$ / 0.4kV
- 2500 kVA a 35°C
- $V_{cc}\%$ = da 5 a 8,5% rif.
- Dyn11
- I prim. = 82°
- I secon. = 3.080 A
- Grado di protezione IP54

Contenimento olio:

- 1.130 kg totali, 1.270 L;
- fossa in basamento ca al di sotto dei trasformatori dim. ca 2,80 m x 1,78 m x 1.10 m protetta da pioggia tramite tettoia copertura trasformatori.

Collegamenti elettrici e cavidotti

La connessione in serie dei moduli fotovoltaici dovrà essere effettuata utilizzando i connettori multicontact pre-installati dal produttore nelle scatole di giunzione poste sul retro di ogni modulo. I cavi dovranno essere stesi fino a dove possibile all'interno degli appositi canali previsti nei profili delle strutture di fissaggio.

Per la distribuzione dei cavi all'esterno si devono praticare degli scavi (profondità non inferiore a 0,8 m per i cavi di media tensione su proprietà privata e pari ad almeno 1 metro su terreno pubblico) seguendo un percorso il più possibile parallelo a strade o passaggi.

I cavi MT dovranno essere separati da quelli BT e i cavi BT separati da quelli di segnalazione e monitoraggio. Ad intervalli di circa 15 / 20 m per tratti rettilinei e ad ogni derivazione si interporranno dei pozzetti rompitratta (del tipo prefabbricato con chiusino in cemento) per agevolare la posa delle condutture e consentire l'ispezione ed il controllo dell'impianto. I cavi, anche se del tipo per posa direttamente interrata, devono essere protetti meccanicamente mediante tubi. Il percorso interrato deve essere segnalato, ad esempio colorando opportunamente i tubi (si deve evitare il colore giallo, arancio, rosso) oppure mediante nastri segnalatori posti a 20 cm sopra le tubazioni.

Le tubazioni dei cavidotti in PVC devono essere di tipo pesante (resistenza allo schiacciamento non inferiore a 750 N).

Ogni singolo elemento è provvisto ad una estremità di bicchiere per la giunzione. Il tubo è posato in modo che esso si appoggi sul fondo dello scavo per tutta la lunghezza; è completo di ogni minuteria ed accessorio per renderlo in opera conformemente alle norme CEI 23-29.



5. CALCOLI SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Campi EM relativi ai moduli fotovoltaici

Nei moduli fotovoltaico i campi elettromagnetici si limitano ad una brevissima durata e riguardano solo alcuni circuiti integrati, in quanto lavorano a corrente e tensione continua. I campi elettromagnetici sono quindi irrilevanti.

Campi EM relativi agli inverter

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

Gli inverter selezionati rispettano tutta la normativa vigente che prevede tra le varie cose l'immunità dai disturbi elettromagnetici esterni, e ridottissime emissioni per evitare interferenze con altre apparecchiature o con la rete elettrica.

Tali normative di compatibilità elettromagnetica sono:

- CEI EN 50273 (CEI 95-9);
- CEI EN 61000-6-3 (CEI 210-65);
- CEI EN 61000-2-2 (CEI 110-10);
- CEI EN 61000-3-2 (CEI 110-31);
- CEI EN 61000-3-3 (CEI 110-28);
- CEI EN 55022 (CEI 110-5);
- CEI EN 55011 (CEI 110-6).

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%;
- 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. Le fluttuazioni di tensione e frequenze sono però causate per lo più dalla rete stessa. Si rendono quindi necessarie finestre abbastanza ampie, per evitare una continua inserzione e disinserzione dell'impianto fotovoltaico;
- Ecc

Campi EM relativi alle Linee elettriche in corrente alternata

Come anticipato, per quanto riguarda il rispetto delle distanze da ambienti presidiati ai fini dei campi elettrici e magnetici, si è considerato il limite di qualità dei campi magnetici, fissato dalla suddetta legislazione a $3 \mu\text{T}$.

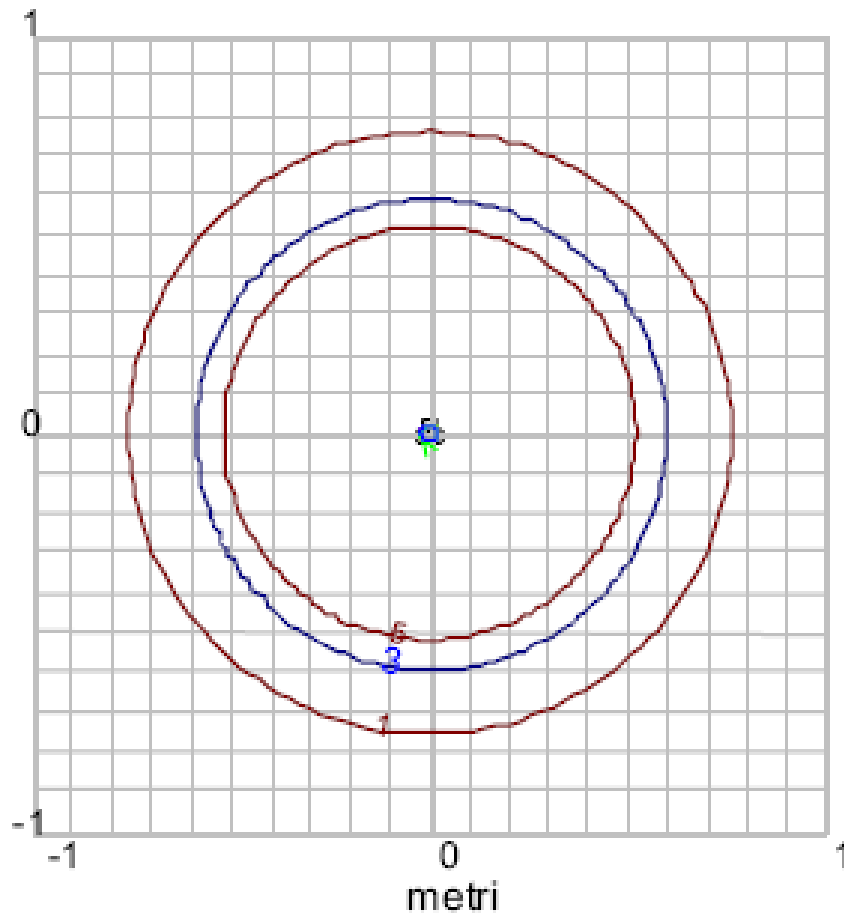
I cavidotti che saranno presenti nell'impianto prevederanno l'utilizzo di soli cavi elicordati, per i quali vale quanto riportato nella norma CEI 106-11 e nella norma CEI 11-17.

Come illustrato nella suddetta norma CEI 106-11 la ridotta distanza tra le fasi e la loro continua trasposizione, dovuta alla cordatura, fa sì che l'obiettivo di qualità di $3 \mu\text{T}$, anche in condizioni limite con conduttori di sezione elevata, venga raggiunto già a brevissima distanza ($50 \div 80 \text{ cm}$) dall'asse del cavo stesso.



**PROGETTO DI REALIZZAZIONE NUOVO IMPIANTO
AGRIVOLTAICO DA 54,77 MWp**
Località Martinella- Comune di Masserano
**PROVVEDIMENTO AUTORIZZATORIO UNICO REGIONALE
(PAUR)**
RELAZIONE CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI

Pag 13 di
23

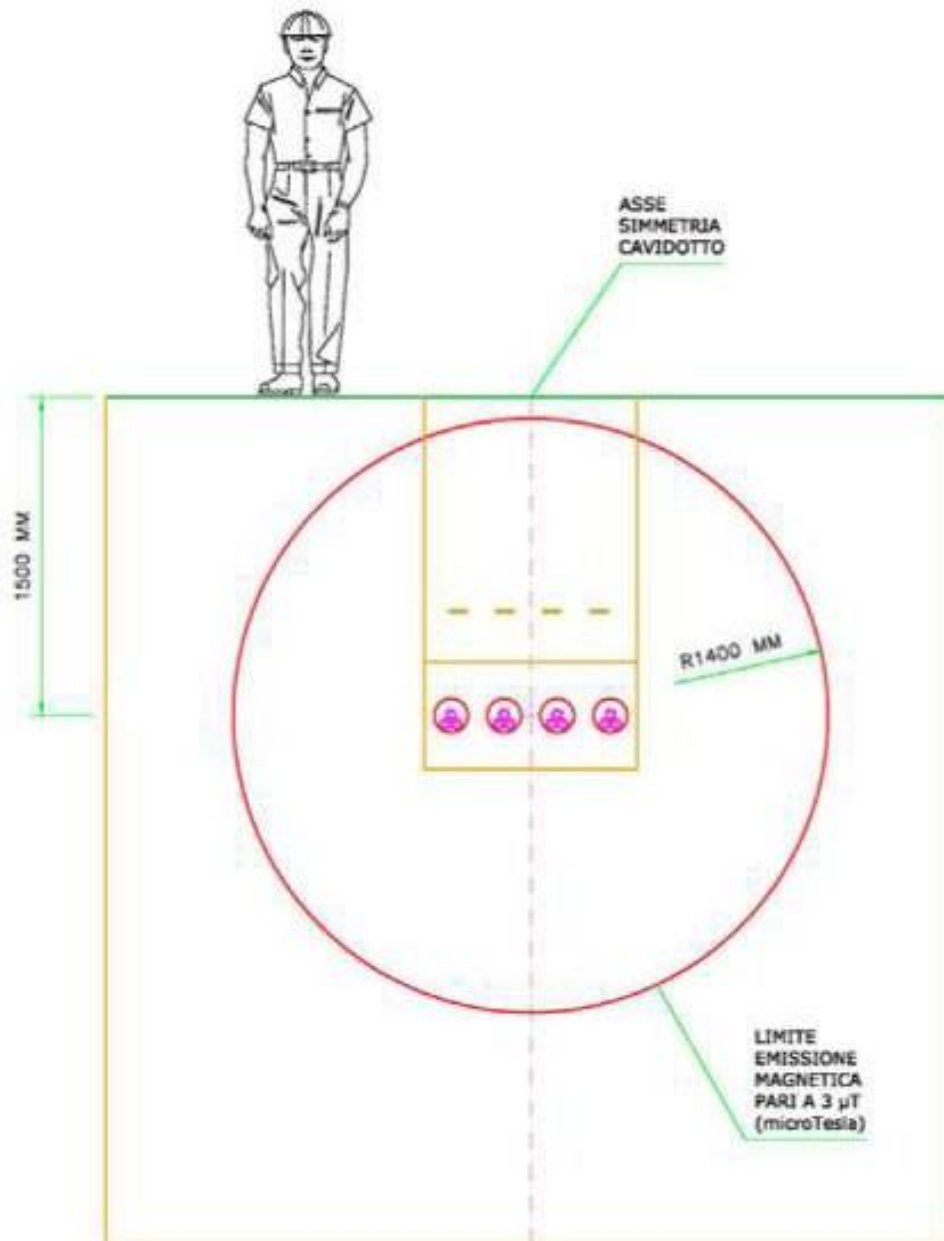


Curve di equivello per il campo magnetico di una linea MT in cavo elicordato interrata (dalla Norma CEI 106-11)



**PROGETTO DI REALIZZAZIONE NUOVO IMPIANTO
AGRIVOLTAICO DA 54,77 MWp**
Località Martinella- Comune di Masserano
**PROVVEDIMENTO AUTORIZZATORIO UNICO REGIONALE
(PAUR)**
RELAZIONE CAMPI ELETTRICI

Pag 14 di
23



Volume di rispetto per il campo magnetico di una linea MT in cavo elicordato interrata.

Si sottolinea che si asservirà una fascia di 1 metro per le linee. Considerando quindi che anche il decreto del 29.05.2008, sulla determinazione delle fasce di rispetto, ha esentato dalla procedura di calcolo le linee MT in cavo interrato e/o aereo con cavi elicordati, pertanto a tali fini si ritiene valido quanto riportato nella norma richiamata, ne consegue che in tutti i tratti realizzati mediante l'uso di cavi elicordati si può considerare che l'ampiezza della semi-fascia di rispetto sia pari a 1m, a cavallo dell'asse del cavidotto, pertanto uguale alla fascia di asservimento della linea.



**PROGETTO DI REALIZZAZIONE NUOVO IMPIANTO
AGRIVOLTAICO DA 54,77 MWp**
Località Martinella- Comune di Masserano
**PROVVEDIMENTO AUTORIZZATORIO UNICO REGIONALE
(PAUR)**
RELAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI

Pag 15 di
23

Campi EM relativi alle cabine elettriche di trasformazione

Per quanto riguarda i componenti dell'impianto, le principali considerazioni riguardano le cabine elettriche di trasformazione. La principale sorgente di emissione è il trasformatore BT/MT e quindi nel nostro caso si valutano le emissioni dovute ai trasformatori collocati nelle cabine di trasformazione stesse.

La presenza del trasformatore BT/MT viene usualmente presa in considerazione limitatamente alla generazione di un campo magnetico nei locali vicini a quelli di cabina.

In base al DM del MATTM del 29.05.2008, cap.5.2.1, l'ampiezza delle DPA si determina come di seguito descritto. Tale determinazione si basa sulla corrente di bassa tensione del trasformatore e considerando una distanza dalle fasi pari al diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore. Per determinare le DPA si applica quanto esposto nel cap.5.2.1 e cioè:

$$\frac{DPA}{\sqrt{I}} = 0,40942 \cdot x^{0,5242}$$

dove:

DPA= distanza di prima approssimazione (m)

I= corrente nominale (A)

x= diametro dei cavi (m)

Considerando che il cavo scelto con sezione maggiore sul lato MT del trasformatore è 3x(3x120) mm², con diametro esterno pari a circa 22,4 mm, si ottiene una **DPA**, arrotondata per eccesso all'intero superiore, pari a **3 m**.

Si sottolinea comunque che nel caso in questione la cabina è posizionata all'aperto, a grandi distanze dai confini dell'impianto e normalmente non è permanentemente presidiata (e comunque lo sarebbe solo da personale formato, e sono chiuse a chiave).

Campi EM delle opere di connessione alla RTN - Linee elettriche in corrente alternata in media tensione

L'energia verrà veicolata dalla cabina di consegna alla step-up distante circa 16 km.

Per determinare le DPA dei cavi in MT si applica l'analoga formula:

$$\frac{DPA}{\sqrt{I}} = 0,40942 \cdot x^{0,5242}$$

dove:

DPA= distanza di prima approssimazione (m)

I= corrente nominale (A)

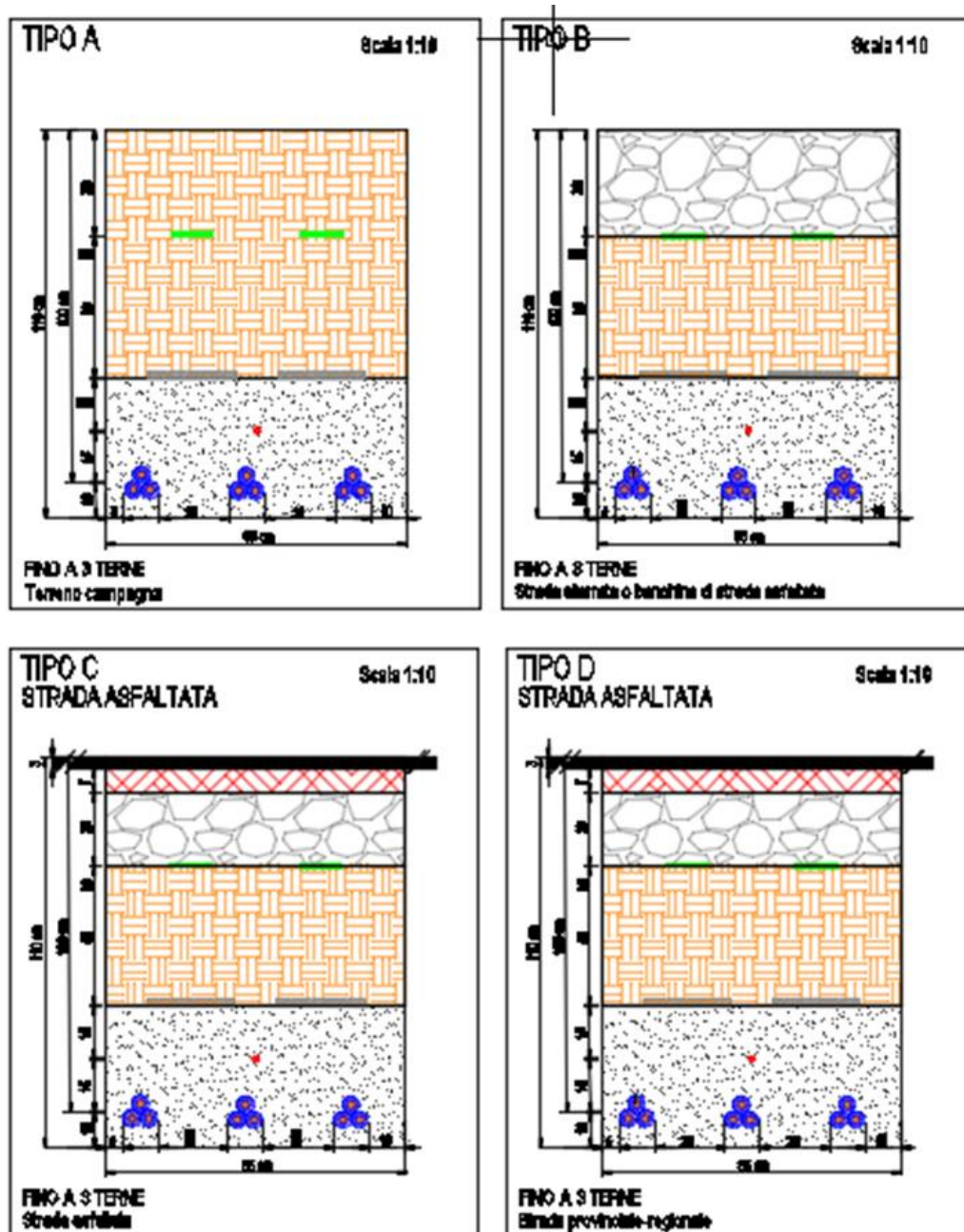
x= diametro dei cavi (m)

Considerando che il cavo scelto sul lato MT del trasformatore è 3x(3x400) mm², con diametro esterno pari a circa 44,3 mm, si ottiene una **DPA**, arrotondata per eccesso all'intero superiore, pari a **8 m**.

Si sottolinea comunque che nel caso in questione la cabina è posizionata all'aperto, a grandi distanze dai confini dell'impianto e normalmente non è permanentemente presidiata (e comunque lo sarebbe solo da personale formato, e sono chiuse a chiave).



**PROGETTO DI REALIZZAZIONE NUOVO IMPIANTO
AGRIVOLTAICO DA 54,77 MWp**
Località Martinella- Comune di Masserano
**PROVVEDIMENTO AUTORIZZATORIO UNICO REGIONALE
(PAUR)**
RELAZIONE CAMPI ELETTRICI



Sezione tipica di posa della linea in cavo su sede stradale per triplo cavidotto in MT

Il valore della induzione magnetica proporzionale alla corrente transitante nella linea, è stata quindi presa in considerazione la configurazione di carico che prevede, come detto, una posa dei cavi a trifoglio, ad una profondità di 1 m, con portata massima della linea elettrica in cavo, secondo la Norma CEI 20-21.

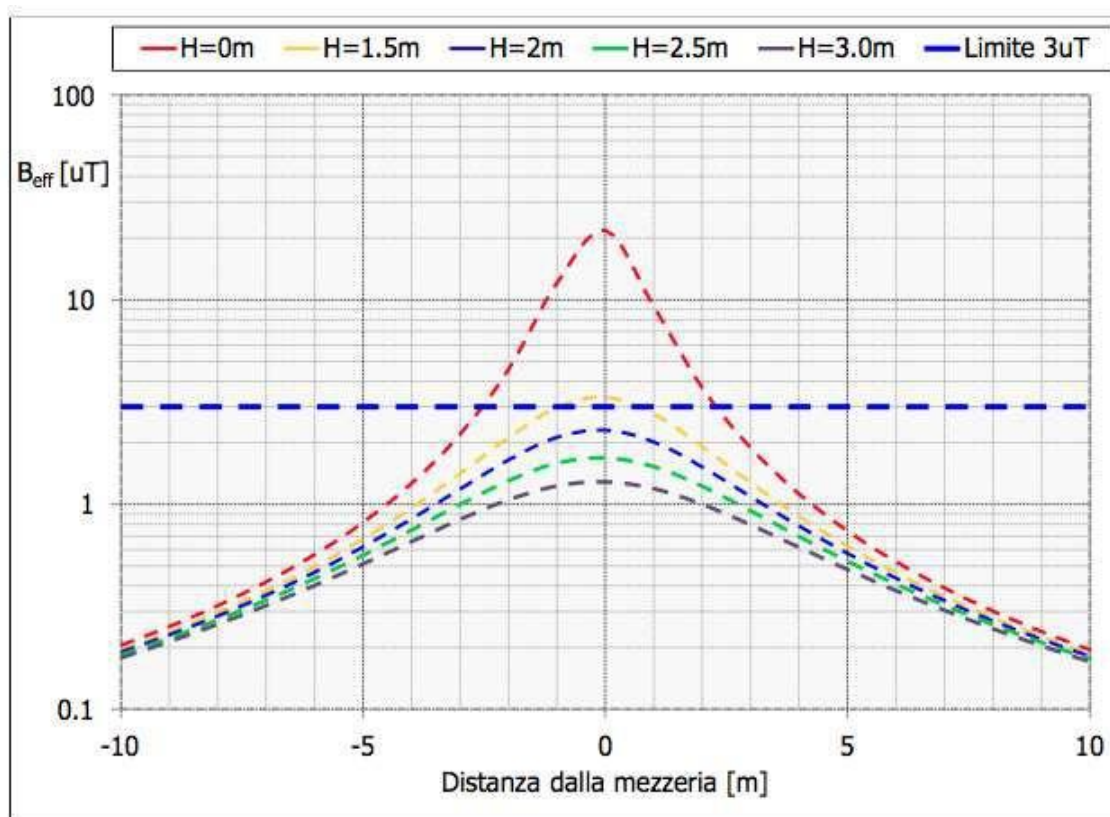
La configurazione dell'elettrodotto è quella di assenza di schermature e distanza minima dei conduttori dal piano viario. Il calcolo è stato effettuato a differenti altezze.

Nella figura sotto è riportata l'andamento dell'induzione magnetica per una sezione trasversale a quella di posa, considerando che lungo il tracciato del cavidotto saranno posate come detto, una o più terne di cavi nella medesima trincea.



**PROGETTO DI REALIZZAZIONE NUOVO IMPIANTO
AGRIVOLTAICO DA 54,77 MWp**
Località Martinella- Comune di Masserano
**PROVVEDIMENTO AUTORIZZATORIO UNICO REGIONALE
(PAUR)**
RELAZIONE CAMPI ELETTRICI

Pag 17 di
23



Andamento dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo per la massima corrente del cavo

Si può osservare come nel caso peggiore il valore di $3 \mu\text{T}$ è raggiunto a circa 2,6 m dall'asse del cavidotto.

È da notare che la condizione di calcolo è ampiamente cautelativa. Se si tiene conto della effettiva corrente, il grafico sopra riportato si modifica come in figura seguente. In tal caso il valore di $3 \mu\text{T}$ è raggiunto a circa 1,8 m dall'asse del cavidotto.

Il tracciato di posa dei cavi è stato studiato in modo che il valore di induzione magnetica sia sempre inferiore a $3 \mu\text{T}$ in corrispondenza dei ricettori sensibili (abitazioni e aree in cui si prevede una permanenza di persone per più di 4 ore nella giornata), pertanto **è esclusa la presenza di tali recettori all'interno della fascia calcolata.**

Per la determinazione dell'ampiezza della fascia di rispetto è stata effettuata la simulazione di calcolo per il caso del numero massimo di terne di cavi previste dal progetto alla profondità di 1 m, secondo quanto riportato nel presente documento. Si può quindi considerare che l'ampiezza della fascia di rispetto sia pari a 3 m, a cavallo dell'asse del cavidotto.



Campi EM delle opere di connessione alla RTN – Step-Up di progetto, SSE Terna e cavidotti AT

La sottostazione di trasformazione MT/AT ha lo scopo di elevare la tensione dai 30 kV della rete MT proveniente dal parco agrivoltaico ai 220 kV finali della rete di trasmissione nazionale, nella quale il parco conferirà l'energia prodotta. Tale elevazione avverrà attraverso due stadi di trasformazione, il primo all'interno della Step-Up di progetto da 30 a 132 kV e quello finale nella SSE Terna da 132 a 220 kV.

La Step-Up di progetto e la SSE Terna saranno connesse attraverso un cavidotto interrato a 132 kV, mentre la SSE Terna si collegherà alla linea 220 kV "Turbigo – Biella" T287 mediante una connessione entra/esci realizzata su sostegni DT.

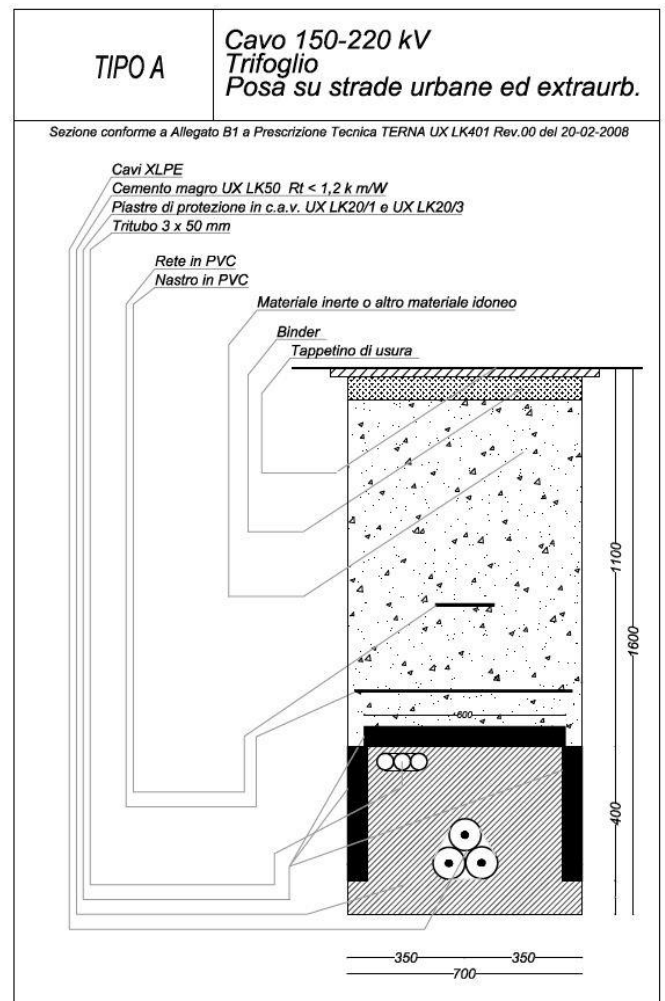
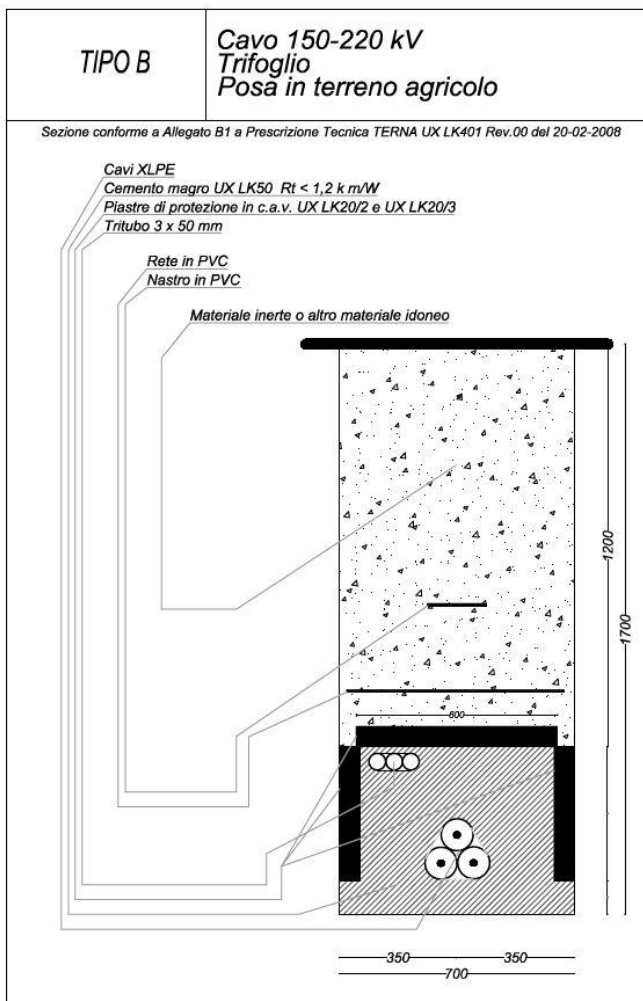
Nel seguito si presenta inizialmente la previsione delle Dpa per le due linee (cavidotto 132 kV Step-Up – SSE Terna ed elettrodotto aereo 220 kV per collegamento entra/esci della SSE Terna alla dorsale 220 kV "Turbigo – Biella" T287) per poi passare alla determinazione della Dpa anche per l'insieme di tutti gli apparati di trasformazione della Sottostazione Utente e della SSE Terna.

Per quanto riguarda il collegamento tra Step-Up alla Sottostazione futura di Terna per determinare le DPA dei cavi in AT si fa riferimento alle Linee Guida per l'applicazione del cap. 5.1.3. dell'allegato al DM 29.05.08. La DPA per cavi interrati (Semplice Terna cavi disposti a trifoglio serie 132/150 kV – Scheda A15) risulta pari a 6,2 m (3,10 per parte).

Il campo magnetico è calcolato in funzione della corrente circolante nei cavidotti in esame e della disposizione geometrica dei conduttori. L'unica situazione significativa è quella relativa al tratto di posa del cavo che porta la potenza generata dall'impianto fotovoltaico in oggetto alla sottostazione utente.

Nel nostro progetto si tratta di linee interrate, quindi il valore del CAMPO ELETTRICO è da ritenersi insignificante grazie anche all'effetto schermante del rivestimento del cavo e del terreno.

Si riporta di seguito le sezioni tipiche delle pose in cavo per le varie tratte del progetto, per il tratto dalla Step-Up alla Stazione Terna (circa 0,2 km).



Sezione tipica di posa della linea in cavo su sede stradale per cavidotto in AT

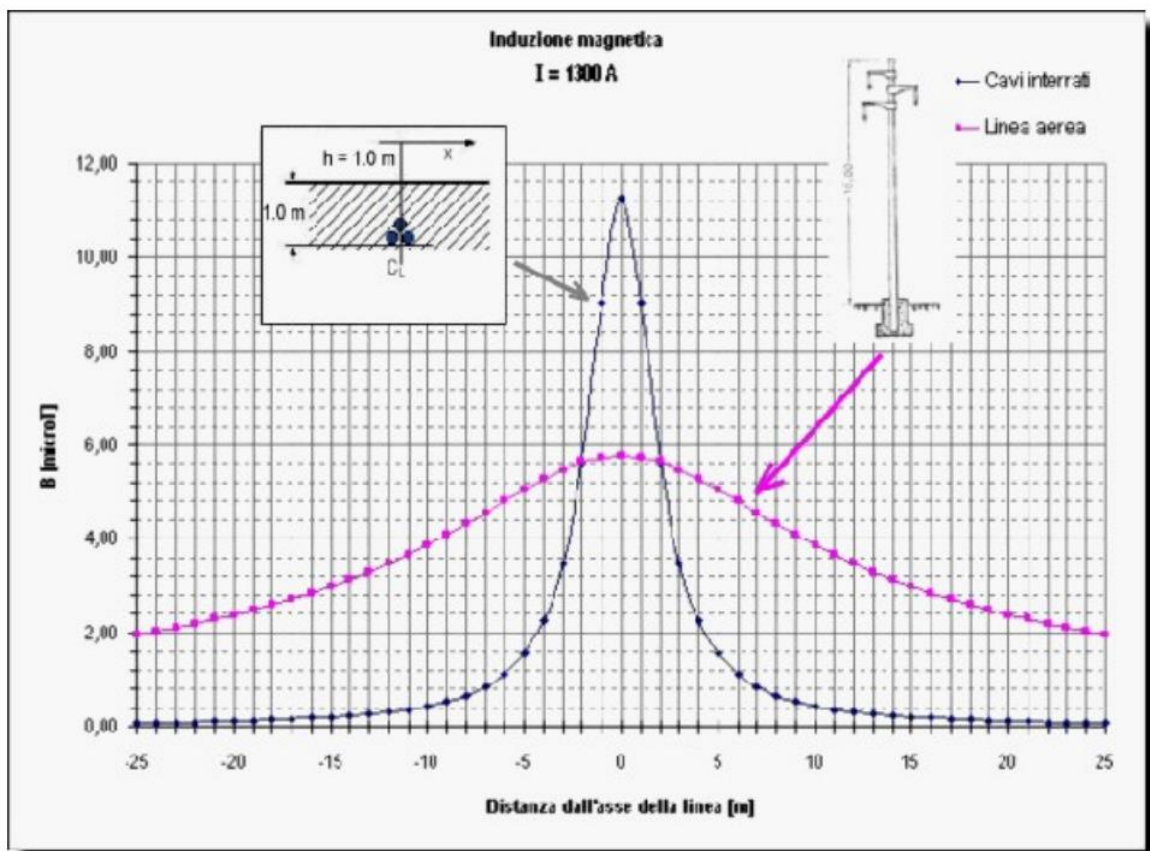


**PROGETTO DI REALIZZAZIONE NUOVO IMPIANTO
AGRIVOLTAICO DA 54,77 MWp**
Località Martinella- Comune di Masserano
**PROVVEDIMENTO AUTORIZZATORIO UNICO REGIONALE
(PAUR)**
RELAZIONE CAMPI ELETTRROMAGNETICI

Pag 19 di
23

Il valore della induzione magnetica proporzionale alla corrente transitante nella linea, è stata quindi presa in considerazione la configurazione di carico che prevede, come detto, una posa dei cavi a trifoglio, ad una profondità di 1,6 m, con portata massima della linea elettrica in cavo, secondo la Norma CEI 11-17. La configurazione dell'elettrodotta è quella di assenza di schermature e distanza minima dei conduttori dal piano viario. Il calcolo è stato effettuato a differenti altezze.

Nella figura sotto è riportata l'andamento dell'induzione magnetica per una sezione trasversale a quella di posa, considerando che lungo il tracciato del cavidotto saranno posate come detto, una o più terne di cavi nella medesima trincea.



Andamento dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo per la massima corrente del cavo

Si può osservare come nel caso peggiore il valore di $3 \mu\text{T}$ è raggiunto a circa 3 m dall'asse del cavidotto. È da notare che la condizione di calcolo è ampiamente cautelativa.

Il tracciato di posa dei cavi è stato studiato in modo che il valore di induzione magnetica sia sempre inferiore a $3 \mu\text{T}$ in corrispondenza dei ricettori sensibili (abitazioni e aree in cui si prevede una permanenza di persone per più di 4 ore nella giornata), pertanto **è esclusa la presenza di tali recettori all'interno della fascia calcolata.**

Per la determinazione dell'ampiezza della fascia di rispetto è stata effettuata la simulazione di calcolo per il caso del numero massimo di terne di cavi previste dal progetto alla profondità di 1 m, secondo quanto riportato nel presente documento. Si può quindi considerare che l'ampiezza della fascia di rispetto sia pari a 3 m, a cavallo dell'asse del cavidotto.

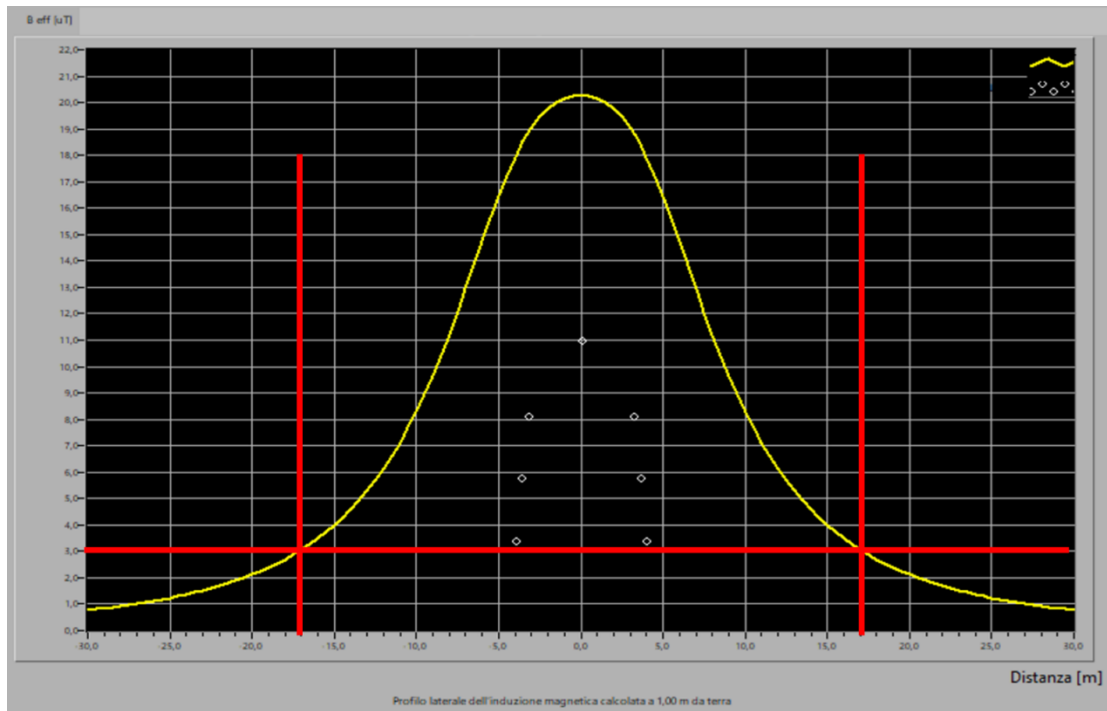
L'impatto elettromagnetico può pertanto essere considerato non significativo e conforme agli standard per quanto concerne questo tipo di opere.

In riferimento alla linea di connessione tra la SSE Terna e la dorsale 220 kV "Turbigo – Biella" T287 per la determinazione della Dpa si riporta uno studio effettuato utilizzando il software EMF, versione 4.08. La seguente Figura mostra il profilo trasversale dei valori di induzione magnetica B calcolati alla quota standard di 1 m dal p.c.:

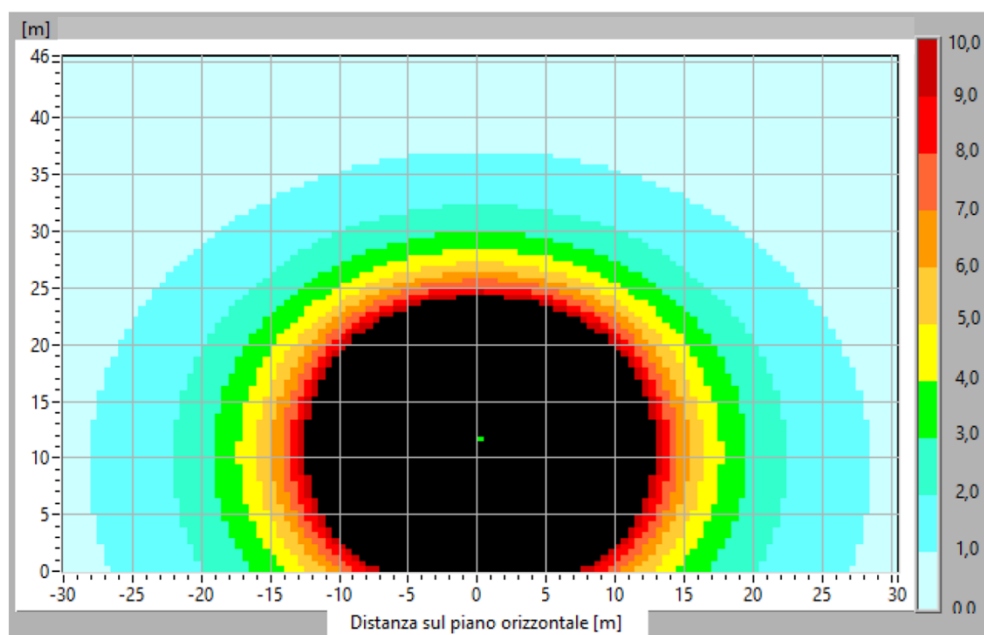


**PROGETTO DI REALIZZAZIONE NUOVO IMPIANTO
AGRIVOLTAICO DA 54,77 MWp**
Località Martinella- Comune di Masserano
**PROVVEDIMENTO AUTORIZZATORIO UNICO REGIONALE
(PAUR)**
RELAZIONE CAMPI ELETTRROMAGNETICI

come si può notare, l'obiettivo di qualità per il campo di induzione magnetica ($3 \mu\text{T}$) viene raggiunto ad una distanza di circa 17 m dalla proiezione al suolo della linea.



Anche in questo caso le aree interessate da livelli di induzione magnetica B superiori all'obiettivo di qualità previsto dalla vigente normativa, ovvero le zone a meno di 17 m di distanza dalla proiezione al suolo della linea, rientrano all'interno del perimetro di impianto, ove è precluso l'accesso e non si possono quindi localizzare recettori. La seguente Figura mostra invece una sezione trasversale, in asse alla linea, della distribuzione del campo di induzione magnetica B per l'elettrodotto aereo 220 kV.



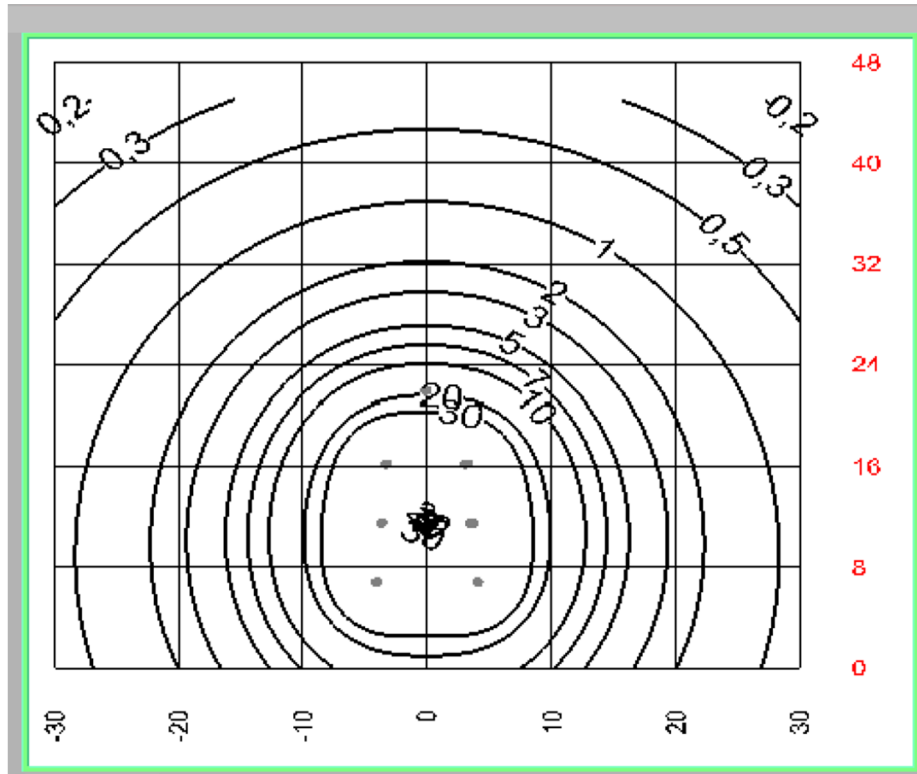
La sua analisi permette di confermare che la Dpa rientra nell'area recintata di impianto.



**PROGETTO DI REALIZZAZIONE NUOVO IMPIANTO
AGRIVOLTAICO DA 54,77 MWp**
Località Martinella- Comune di Masserano
**PROVVEDIMENTO AUTORIZZATORIO UNICO REGIONALE
(PAUR)**
RELAZIONE CAMPI ELETTRROMAGNETICI

Pag 21 di
23

La successiva Figura presenta per completezza ancora la distribuzione trasversale del campo di induzione magnetica B ma con una rappresentazione di livello di B a isolinee



Infine, per quanto riguarda l'area recintata della Sottostazione Utente e la SSE Terna, le possibili sorgenti di campi elettromagnetici possono essere individuate nei sistemi di trasformazione 30/132 kV della Sottostazione Utente e 132/220 kV della SSE Terna.

Trattandosi di una cabina primaria isolata in aria, il D.M.29/05/08, allegato APAT, par. 5.2.2, non prevede di dover ricorrere al calcolo dei campi generati, in quanto le DPA, e quindi le fasce di rispetto, ricadono all'interno dell'area di pertinenza della stessa cabina.

Ad ulteriore conferma di quanto appena riportato, ENEL Distribuzione S.p.a., nel già citato documento "Linee Guida per l'applicazione del p.5.1.3 dell'Allegato al DM 29-05-2008 – Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche" riporta le DPA da applicare per le sottostazioni di trasformazione analoghe a quella oggetto della presente relazione.

In particolare, nell'allegato A del sopracitato documento, scheda A16 (§ seguente Figura 21), vengono riportate le distanze minime da garantire dal centro sbarre AT e dal centro sbarre MT rispetto al perimetro dell'area della sottostazione. Tali distanze, per sistemi con caratteristiche analoghe a quelle della sottostazione in oggetto, risultano essere:

- circa 14 m dal centro sbarre AT
- circa 7 m dal centro sbarre MT

In particolare, tutta la fascia di rispetto ricade quindi all'interno dell'area di pertinenza della sottostazione, non rendendo ipotizzabile l'interessamento di recettori, in quanto la perimetrazione dell'area ne impedisce l'accesso.



**PROGETTO DI REALIZZAZIONE NUOVO IMPIANTO
AGRIVOLTAICO DA 54,77 MWp**
Località Martinella- Comune di Masserano
**PROVVEDIMENTO AUTORIZZATORIO UNICO REGIONALE
(PAUR)**
RELAZIONE CAMPI ELETTRROMAGNETICI

Pag 22 di
23

6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Nel presente documento si è dimostrato che gli unici punti in cui si “può” riscontrare un valore superiore a 3 μ T è solo in corrispondenza delle cabine dei trasformatori (per un massimo di 4 metri di fascia), che sono in area protetta e chiuse a chiave, e in prossimità del cavidotto MT, entro però una fascia estremamente limitata. Si esclude quindi la presenza di recettori sensibili entro le fasce descritte sopra.
Si soddisfa quindi l’obiettivo qualità fissato dal DPCM 8/08/2003.

Invece per quanto riguarda il campo elettrico in media tensione esso è notevolmente inferiore a 5kV/m (valore imposto dalla normativa) e per il livello 150 kV esso diventa inferiore a 5 kV/m già a pochi metri dalle parti in tensione.

L’impatto elettromagnetico può pertanto essere considerato non significativo e conforme agli standard per quanto concerne questo tipo di opere.