

# COMUNE DI PALMANOVA, PRADAMANO E TRIVIGNANO UDINESE



PROVINCIA DI UDINE



## IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO DA 29,67072 + 14,38896 + 31,14384 MWp TRIVIGNANO SOLAR 1

Istanza di valutazione di impatto ambientale per la costruzione e l'esercizio di impianti di produzione di energia elettrica alimentati da fonti rinnovabili ai sensi dell'art. 23 D.lgs. n.152/2006

IMMOBILE	Comune di Trivignano Udinese	Foglio 05 Mappali 58 - 404 - 409 Foglio 06 Mappali 20 - 22 - 48 - 49 - 60 - 226 - 227 - 234 - 236 - 237 - 239 - 257 - 259 - 265 - 268 - 391 - 394 - 440 - 445 Foglio 16 Mappali 18 - 19 - 55
	Comune di Palmanova	Foglio 07 Mappale 12
	Comune di Pradamano	Foglio 03 Mappale 303 Foglio 05 Mappale 564
PROGETTO: <b>VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE</b>	OGGETTO <b>DOC08 – Relazione campi elettromagnetici</b>	SCALA --
REVISIONE - DATA	VERIFICATO	APPROVATO
REV.00 - 05/12/2022		
IL RICHIEDENTE	ELLOMAY SOLAR ITALY EIGHT 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	
	Dott. Agr. Giovanni Cattaruzzi Dott. Agr. Luigi dott. Pravisani  Studio Cattaruzzi 33100 UDINE – Via Gemona	



## **INDICE**

<b>INDICE</b> .....	<b>1</b>
<b>1. PREMESSA</b> .....	<b>2</b>
<b>2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO PER I CAMPI ELETTROMAGNETICI</b> .....	<b>3</b>
<b>3. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO</b> .....	<b>5</b>
<b>4. SPECIFICHE TECNICHE DEI COMPONENTI UTILIZZATI</b> .....	<b>7</b>
Moduli fotovoltaici .....	7
Inverter e cabine di trasformazione .....	9
Collegamenti elettrici e cavidotti .....	13
<b>5. CALCOLI SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI IMPIANTO FOTOVOLTAICO</b> .....	<b>14</b>
Campi EM relativi ai moduli fotovoltaici .....	14
Campi EM relativi agli inverter .....	14
Campi EM relativi alle Linee elettriche in corrente alternata .....	14
Campi elettromagnetici relativi alle cabine elettriche di trasformazione .....	16
Campi EM delle opere di connessione alla RTN - Linee elettriche in corrente alternata in media tensione ....	16
Campi EM delle opere di connessione alla RTN - Linee elettriche in corrente alternata in alta tensione .....	18
<b>6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE</b> .....	<b>21</b>

	<b>IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO DA 29,67072+14,38896+31,14384 MWp TRIVIGNANO SOLAR 1</b> Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese <b>RELAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI</b>	Pag 2 di 22
--	--	-------------

## 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.

## 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 DECRETO LEGISLATIVO 1 agosto 2016, n. 159 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(16G00172). Inoltre fa riferimento 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  $\mu$ 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  $\mu$ 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  $\mu$ 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 $\mu$ 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.

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

	<b>IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO DA 29,67072+14,38896+31,14384 MWp TRIVIGNANO SOLAR 1</b> Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese <b>RELAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI</b>	Pag 4 di 22
--	--	-------------

- 
- 

**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.

<b>Intervallo di FREQUENZA (MHz)</b>	<b>Valore efficace di intensità di CAMPO</b>	<b>Valore efficace di intensità di CAMPO</b>	<b>DENSITA' DI POTENZA dell'onda piana equivalente</b>
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 luglio2003 all'aperto in presenza di aree intensamente frequentate.

<b>Intervallo di FREQUENZA (MHz)</b>	<b>Valore efficace di intensità di CAMPO</b>	<b>Valore efficace di intensità di CAMPO</b>	<b>DENSITA' DI POTENZA dell'onda piana equivalente</b>
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.



### 3. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

L'allegato tecnico "Schemi elettrici generali" riporta lo schema elettrico unifilare generale a partire dal quale è possibile evidenziare le principali funzioni svolte dai sottosistemi ed apparecchiature costituenti l'impianto stesso. Si tratta di tre campi fotovoltaici in siti che si trovano sotto differenti comuni ed elettricamente indipendenti. L'energia prodotta dagli impianti sarà veicolata tramite un cavidotto in MT interrato della lunghezza:

- Area 1 - Pradamano - ST pari a 11,7 km;
- Area 2 – Trivignano Sud - -ST pari a 7,1 km;
- Area 3 – Trivignano Nord – ST pari a 5 km

percorrendo la strada provinciale in una sottostazione AT di Terna da 220 kV situata in località Persereano.

#### AREA 1 – PRADAMANO

Descrizione	Potenza installata	Moduli installati	Superficie moduli
	MW	numero	m <sup>2</sup>
<b>Sottocampo 1</b>	2,470	3984	11028
<b>Sottocampo 2</b>	2,470	3984	11028
<b>Sottocampo 3</b>	2,470	3984	11028
<b>Sottocampo 4</b>	2,470	3984	11028
<b>Sottocampo 5</b>	2,470	3984	11028
<b>Sottocampo 6</b>	2,470	3984	11028
<b>Sottocampo 7</b>	2,470	3984	11028
<b>Sottocampo 8</b>	2,470	3984	11028
<b>Sottocampo 9</b>	2,485	4008	11161
<b>Sottocampo 10</b>	2,470	3984	11028
<b>Sottocampo 11</b>	2,470	3984	11028
<b>Sottocampo 12</b>	2,470	3984	11028
<b>Sottocampo 13</b>	0,015	24	66
<b>Totale</b>	<b>29,67072</b>	<b>47856</b>	<b>132535</b>

#### AREA 2 – TRIVIGNANO SUD

Descrizione	Potenza installata	Moduli installati	Superficie moduli
	MW	numero	m <sup>2</sup>
<b>Sottocampo 1</b>	2,396	3864	10696
<b>Sottocampo 2</b>	2,396	3864	10696
<b>Sottocampo 3</b>	2,396	3864	10696
<b>Sottocampo 4</b>	2,396	3864	10696
<b>Sottocampo 5</b>	2,396	3864	10696
<b>Sottocampo 6</b>	2,411	3888	10762
<b>Totale</b>	<b>14,38896</b>	<b>23208</b>	<b>64242</b>



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO DA  
29,67072+14,38896+31,14384 MWp  
TRIVIGNANO SOLAR 1**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI**

Pag 6 di 22

*AREA 3 – TRIVIGNANO NORD*

Descrizione	Potenza installata	Moduli installati	Superficie moduli
	MW	numero	m <sup>2</sup>
<b>Sottocampo 1</b>	2,589	4176	11028
<b>Sottocampo 2</b>	2,589	4176	11028
<b>Sottocampo 3</b>	2,589	4176	11028
<b>Sottocampo 4</b>	2,589	4176	11028
<b>Sottocampo 5</b>	2,589	4176	11028
<b>Sottocampo 6</b>	2,589	4176	11028
<b>Sottocampo 7</b>	2,589	4176	11028
<b>Sottocampo 8</b>	2,604	4200	11028
<b>Sottocampo 9</b>	2,604	4200	11028
<b>Sottocampo 10</b>	2,604	4200	11028
<b>Sottocampo 11</b>	2,604	4200	11028
<b>Sottocampo 12</b>	2,604	4200	11161
<b>Totale</b>	<b>31,14384</b>	<b>50232</b>	<b>132469</b>



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO DA  
29,67072+14,38896+31,14384 MWp  
TRIVIGNANO SOLAR 1  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
RELAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI**

**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.



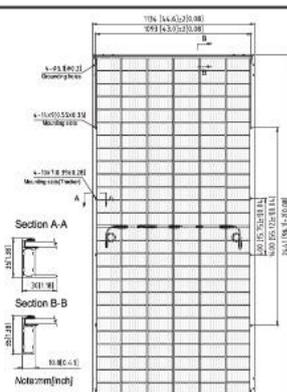
HALF-CELL N-TOPCon BIFACIAL MODUL

TYPE: STPXXXS - C78/Nmh+

POWER OUTPUT      MAX EFFICIENCY  
**600-620W      22.4%**

**Mechanical Characteristics**

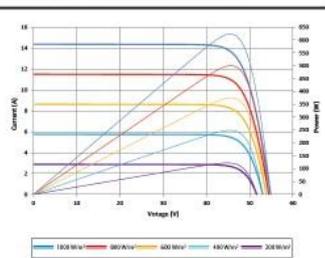
Solar Cell	N-type Monocrystalline silicon 182 mm
No. of Cells	156 (6 x 26)
Dimensions	2441 x 1134 x 35 mm (96.1 x 44.6 x 1.4 inches)
Weight	35.1 kgs (77.4 lbs.)
Front \ Back Glass	2.0±2.0 mm (0.079±0.079inches) semi-tempered glass
Output Cables	4.0 mm <sup>2</sup> , (-) 350 mm and (+) 160 mm in length or customized length
Junction Box	IP68 rated (3 bypass diodes)
Operating Module Temperature	-40 °C to +85 °C
Maximum System Voltage	1500 V DC (IEC)
Maximum Series Fuse Rating	25 A
Power Tolerance	0/+5 W
Refer. Bifaciality Factor	(80 ± 5)%
Packing Configuration	Packaging box dimensions (mm) : 2470x1130x1269 Packaging box weight (kg) : 1163 31 Pieces per pallet 558 Pieces per container / 40' HC



**Different Rearside Power Gain** Reference to 615S Front

Rearside Power Gain	5%	15%	25%
Maximum Power at STC (Pmax)	640.5	701.5	762.5
Optimum Operating Voltage (Vmp/V)	46.1	46.1	46.2
Optimum Operating Current (Imp/A)	13.91	15.24	16.56
Open Circuit Voltage (Voc/V)	54.5	54.5	54.6
Short Circuit Current (Isc/A)	14.96	16.39	17.81
Module Efficiency (%)	23.1	25.3	27.5

**Graphs** Current-Voltage & Power-Voltage (I200)



**Temperature Characteristics**

Nominal Module Operating Temperature (NMOT)	42 ± 2 °C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.320%/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.260%/°C
Temperature Coefficient of Isc	0.046%/°C

**Electrical Characteristics**

STC: Irradiance 1000 W/m<sup>2</sup>, module temperature 25 °C, AM=1.5; NMOT: Irradiance 800 W/m<sup>2</sup>, ambient temperature 25 °C, AM=1.5, wind speed 1 m/s; Tolerance of Pmax is within +/- 3%.

Module Type	STP620S-C78/Nmh+		STP615S-C78/Nmh+		STP610S-C78/Nmh+		STP605S-C78/Nmh+		STP600S-C78/Nmh+	
Testing Condition	STC	NMOT								
Maximum Power (Pmax/W)	620	473.2	615	469.3	610	465.6	605	461.6	600	457.8
Optimum Operating Voltage (Vmp/V)	46.43	43.0	46.25	42.8	46.07	42.6	45.89	42.4	45.71	42.3
Optimum Operating Current (Imp/A)	13.36	11.02	13.30	10.97	13.25	10.93	13.19	10.88	13.13	10.83
Open Circuit Voltage (Voc/V)	54.86	51.9	54.68	51.7	54.50	51.5	54.32	51.4	54.14	51.2
Short Circuit Current (Isc/A)	14.37	11.59	14.31	11.54	14.25	11.50	14.19	11.45	14.13	11.40
Module Efficiency (%)	22.4		22.2		22.0		21.9		21.7	

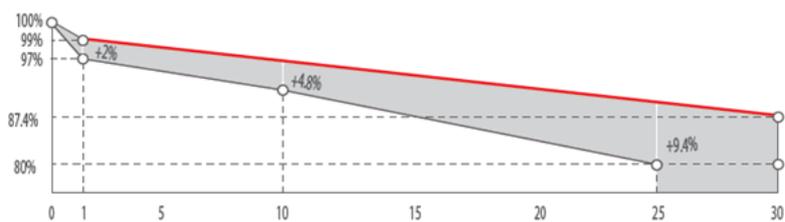
For tracker installation, please turn to Suntech for mechanical and information.

**FIGURA 1 - DATI PANNELLO**

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.



### Industry-leading Warranty \*\*



- ◆ First year power degradation: 1%
- ◆ Annual degradation: 0.40%
- ◆ Product warranty: 12 years
- ◆ linear warranty: 30 years

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.



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO DA  
29,67072+14,38896+31,14384 MWp  
TRIVIGNANO SOLAR 1**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI**

### Inverter e cabine di trasformazione

Le tre aree in cui è diviso l'impianto sono servite nel complesso da 30 inverter, trasformatori e cabine di trasformazione.

#### Container di trasformazione:

È prevista l'installazione di inverter centralizzati.

- **Pradamano** sono previste n. 7 Cabine tipo SINACON PV - MARCA Siemens con inverter PV2180; n. 5 Cabine tipo SINACON PV - MARCA Siemens con inverter PV2090 e n. 1 cabine tipo SMA da 50 kW.
- **Trivignano Sud** sono previste n.6 cabine con inverter tipo SINACON PV - MARCA Siemens con inverter PV2180.
- **Trivignano Nord** sono previste n. 12 Cabine tipo SINACON PV - MARCA Siemens con inverter PV2180.

L'insieme degli inverter ha una potenza complessiva di 65 MW.

Di seguito vengono riportate le schede tecniche di riferimento:



Inverter - Sinacon PV2180			
<b>Manufacturer</b>	Siemens		<b>Commercial data</b>
<b>Model</b>	Sinacon PV2180		Availability : Prod. Since 2017
			Data source : Manufacturer 2019
			<b>Remarks</b>
			Tecnologia: Without LV Transfo, 3Level NPC-IGBT
			Protezione: IP65
			Controllo: Touchscreen
			<b>Sizes</b>
			Width 1860 mm
			Height 3734 mm
			Depth 1142 mm
			Weight 2200.00 kg
			<b>Input characteristics (PV array side)</b>
Operating mode	MPPT		
Minimum MPP Voltage (Vmin)	875 V	Nominal PV Power (Pnom DC)	2216 kW
Maximum MPP Voltage (Vmax)	1500 V	Maximum PV Power (Pmax DC)	4360 kW
Absolute max. PV Voltage (Vmax array)	1500 V	Power Threshold (Pthresh.)	1000 W
Behaviour at Vmin/Vmax	Limitation		
Behaviour at Pnom	Limitation		
			<b>Output characteristics (AC grid side)</b>
Grid voltage (Imax)	Triphased 600 V	Nominal AC Power (Pnom AC)	2180 kWac
Grid frequency	50/60 Hz	Maximum AC Power (Pmax AC)	2180 kWac
		Nominal AC current (Inom AC)	2100 A
		Maximum AC current (Imax AC)	2100 A
			<b>Efficiency defined for 3 voltages</b>
	V	Maximum efficiency	European average efficiency
		%	%
Low voltage	952	98.9	98.8
Medium voltage	1000	98.9	98.7
High voltage	1350	98.7	98.5
			<b>Remarks and Technical features</b>
			Array isolation monitoring
			Internal DC switch
			Internal AC switch
			Output Voltage disconnect adjustment



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO DA  
29,67072+14,38896+31,14384 MWp  
TRIVIGNANO SOLAR 1**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI**

**Inverter - Sinacon PV2090**

Manufacturer: Siemens  
Model: Sinacon PV2090

**Commercial data**  
Availability: Prod. Since 2017  
Data source: Manufacturer 2019

**Remarks**  
Technology: Without LV Transfo, 3Level NPC-IGBT  
Protection: IP65  
Control: Touchscreen

**Sizes**  
Width: 1860 mm  
Height: 3734 mm  
Depth: 1142 mm  
Weight: 2200.00 kg

**Input characteristics (PV array side)**  
Operating mode: MPPT  
Minimum MPP Voltage (Vmin): 838 V  
Maximum MPP Voltage (Vmax): 1500 V  
Absolute max. PV Voltage (Vmax array): 1500 V  
Behaviour at Vmin/Vmax: Limitation  
Behaviour at Pnom: Limitation

Nominal PV Power (Pnom DC): 2124 kW  
Maximum PV Power (Pmax DC): 2090 kW  
Power Threshold (Pthresh.): 1000 W

**Output characteristics (AC grid side)**  
Grid voltage (lmax): Triphased 575 V  
Grid frequency: 50/60 Hz

Nominal AC Power (Pnom AC): 2090 kWac  
Maximum AC Power (Pmax AC): 2090 kWac  
Nominal AC current (Inom AC): 2100 A  
Maximum AC current (lmax AC): 2100 A

**Efficiency defined for 3 voltages**

	V	Maximum efficiency	European average efficiency
		%	%
Low voltage	874	98.8	98.7
Medium voltage	1000	98.8	98.6
High voltage	1350	98.6	98.4

**Remarks and Technical features**  
Array isolation monitoring  
Internal DC switch  
Internal AC switch  
Output Voltage disconnect adjustment

**Efficiency profile vs Input power**

— 874 V, T°C = °C, CosPhi = 1.00  
— Eff. for U = 1350 V  
— Eff. for U = 1000 V  
— Eff. for U = 874 V



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO DA  
29,67072+14,38896+31,14384 MWp  
TRIVIGNANO SOLAR 1  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
RELAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI**

Inverter - SP-50K-L 3 MPPT			
Manufacturer	Sineng		
Model	SP-50K-L 3 MPPT		
<b>Commercial data</b>			
Availability :	Prod. Since 2016	Data source :	Manufacturer 2019
<b>Remarks</b>		<b>Sizes</b>	
Technology: TL transformerless, IGBT		Width	585 mm
Protection: -25 - +60°C, IP 65: outdoor installation		Height	853 mm
Control:		Depth	295 mm
		Weight	72.00 kg
<b>Input characteristics (PV array side)</b>			
Operating mode	MPPT		
Minimum MPP Voltage (Vmin)	200 V	Power Threshold (Pthresh.)	250 W
Maximum MPP Voltage (Vmax)	1000 V		
Absolute max. PV Voltage (Vmax array)	1000 V		
<b>"String" inverter with input protections</b>		<b>Multi MPPT capability</b>	
Number of string inputs	10	Number of MPPT inputs	3
Behaviour at Vmin/Vmax	Limitation		
Behaviour at Pnom	Limitation		
<b>Output characteristics (AC grid side)</b>			
Grid voltage (Imax)	Triphased 400 V		
Grid frequency	50/60 Hz		
		Nominal AC Power (Pnom AC)	50 kWac
		Maximum AC Power (Pmax AC)	55 kWac
		Nominal AC current (Inom AC)	72 A
		Maximum AC current (Imax AC)	80 A
Maximum efficiency	98.9 %		
European average efficiency	98.6 %		
<b>Remarks and Technical features</b>			
Array isolation monitoring			
Internal DC switch			
Output Voltage disconnect adjustment			
ENS protection			

**Efficiency profile vs Input power**

P In (kW)	Efficiency [%]
0	0
10	99
20	99
30	99
40	99
50	99
60	85

La scheda tecnica dei trasformatori è la seguente:

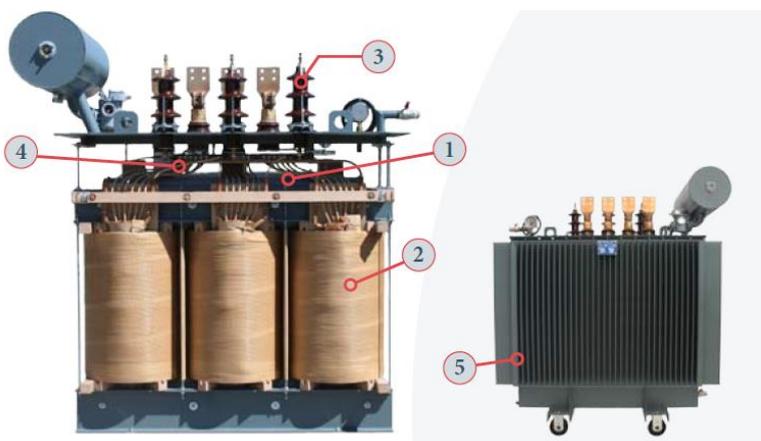


**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO DA  
29,67072+14,38896+31,14384 MWp  
TRIVIGNANO SOLAR 1**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI**

**TRASFORMATORI TRIFASI IN OLIO kV 15.20 / 0.4 Dyn11 - Serie UE**  
*THREE-PHASE OIL TRANSFORMERS kV 15.20 / 0.4 Dyn11 - UE Series*

Codice* Codex*	Potenza Power	W <sub>fe</sub>	W <sub>cc</sub> 75°C	v <sub>cc</sub>	I <sub>0</sub>	Peso olio Oil weight	Peso totale Tot. weight	Dimensioni (mm) Dimensions (mm)			Interasse ruote Wheel base	Ø ruote Ø wheels	L <sub>w</sub>	L <sub>t</sub>
								Lung. Length	Larg. Width	Altezza Height				
UE 50-XX/0.4-0	50	0,090	1,1	4	0,4	145	610	840	630	1350	420	100	37	31
UE 100-XX/0.4-0	100	0,145	1,75	4	0,3	165	850	1020	710	1400	520	125	39	32
UE 160-XX/0.4-0	160	0,210	2,35	4	0,3	190	1120	1050	720	1540	520	125	42	34
UE 200-XX/0.4-0	200	0,270	2,8	4	0,4	210	1180	1050	740	1500	520	125	46	39
UE 250-XX/0.4-0	250	0,300	3,25	4	0,4	230	1280	1110	770	1560	520	125	46	38
UE 315-XX/0.4-0	315	0,360	3,9	4	0,3	260	1490	1150	800	1640	670	125	47	39
UE 400-XX/0.4-0	400	0,430	4,6	4	0,3	315	1700	1200	780	1700	670	125	48	39
UE 500-XX/0.4-0	500	0,510	5,5	4	0,3	355	2030	1250	980	1700	670	125	49	40
UE 630-XX/0.4-4-0	630	0,600	6,5	4	0,3	390	2300	1500	880	1850	670	125	50	40
UE 630-XX/0.4-6-0	630	0,600	6,5	6	0,25	430	2400	1400	890	1850	670	125	52	42
UE 800-XX/0.4-0	800	0,650	8,4	6	0,2	510	2850	1650	910	1880	670	125	51	41
UE 1000-XX/0.4-0	1000	0,770	10,5	6	0,2	610	3100	1650	940	1960	820	160	55	45
UE 1250-XX/0.4-0	1250	0,950	11,0	6	0,2	820	4400	1800	950	2200	820	160	58	48
UE 1600-XX/0.4-0	1600	1,20	14,0	6	0,2	910	4800	1850	1000	2420	820	160	60	50
UE 2000-XX/0.4-0	2000	1,45	18,0	6	0,2	1070	5400	1910	1050	2520	1070	200	62	52
UE 2500-XX/0.4-0	2500	1,75	22,0	6	0,25	1130	6200	2050	1160	2680	1070	200	67	56
UE 3150-XX/0.4-0	3150	2,20	27,5	6	0,25	1270	7400	2200	1260	2900	1070	200	80	71

\* Nel codice prodotto sostituire "XX" con la tensione primaria voluta (15 o 20) | \* In the product code instead of "XX" put the desired primary voltage (15 or 20)



- 1 NUCLEO**  
Realizzato con lamierini al silicio a cristalli orientati a bassa cifra di perdita, con taglio a 45° e montaggio step-lap in modo da ridurre al minimo la rumorosità.
- 2 AVVOLGIMENTI**  
Realizzati con l'impiego di macchine computerizzate in grado di assicurare una giusta trazione del conduttore ed ottenere bobine perfettamente omogenee e simmetriche.  
**Avvolgimenti BT** - costruiti in nastro (rame o alluminio) per garantire una migliore resistenza agli sforzi elettrodinamici dovuti a corto circuiti e con isolamento in carta di pura cellulosa.  
**Avvolgimenti AT** - costruiti in filo smaltato o piattina ricoperta da carta di pura cellulosa.
- 3 ISOLATORI**  
Sono del tipo passante in porcellana, rispondenti alle norme UNEL, scelti in base alle correnti nominali ed alla classe di isolamento del trasformatore.
- 4 COMMUTATORE DI TENSIONE**  
Viene posto sotto il coperchio e manovrato esternamente per regolare la tensione d'uscita del trasformatore.
- 5 CASSA**  
Costituita da lamiera e profilati d'acciaio con sistemi di raffreddamento ad onde o radiatori.
- OLIO ISOLANTE**  
Ha caratteristiche chimiche ed elettriche conformi alle norme C.E.I. e I.E.C. L'olio viene essiccato e degassato prima del riempimento del trasformatore.

	<b>IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO DA 29,67072+14,38896+31,14384 MWp TRIVIGNANO SOLAR 1</b> Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese <b>RELAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI</b>	Pag 13 di 22
--	--	-----------------

### **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 prevedranno 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.

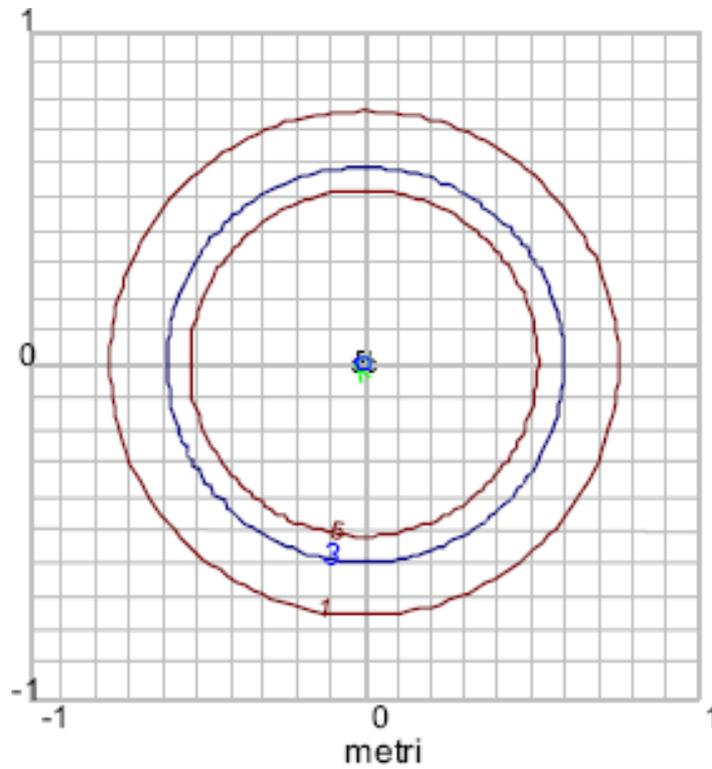


Fig. 1 Curve di equivello per il campo magnetico di una linea MT in cavo elicordato interrata (dalla Norma CEI 106-11)

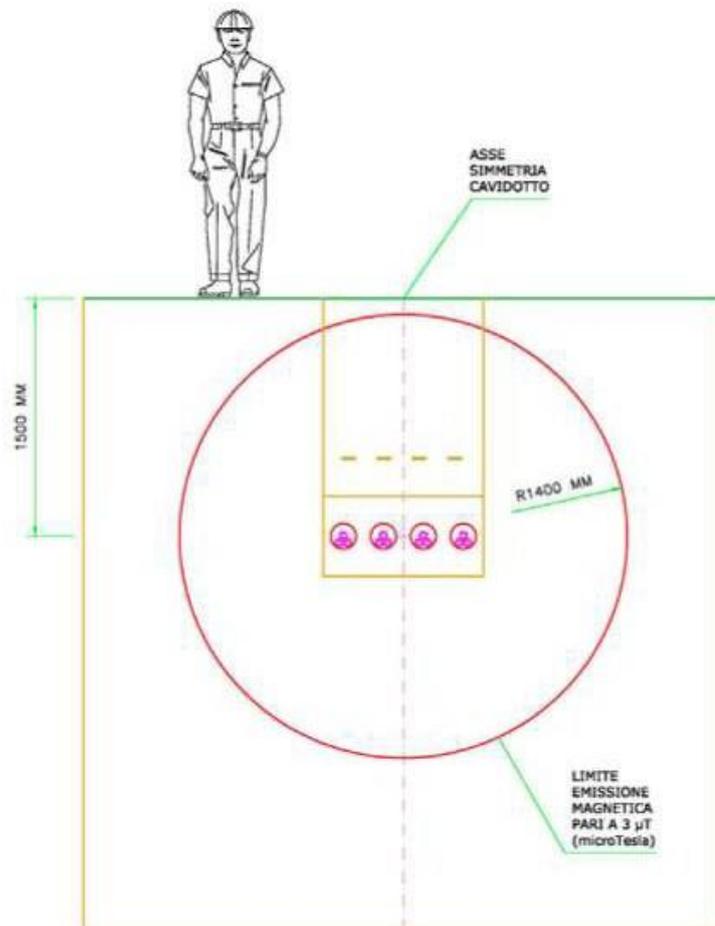


Fig. 2 Volume di rispetto per il campo magnetico di una linea MT in cavo elicordato interrato.

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.

### Campi elettromagnetici relativi alle cabine elettriche di trasformazione

Per quanto riguarda i componenti dell'impianto, le principali considerazioni riguardano sono da considerare 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 sul lato MT del trasformatore è:

- Area 1 – Pradamano pari a 3x(2x240) mm<sup>2</sup>, con diametro esterno pari a circa 39,7 mm, si ottiene una **DPA**, arrotondata per eccesso all'intero superiore, pari a **5 m**;
- Area 2 – Trivignano Sud pari a 3x(2x120) mm<sup>2</sup>, con diametro esterno pari a circa 35,2mm, si ottiene una **DPA**, arrotondata per eccesso all'intero superiore, pari a **3 m**;
- Area 3 – Trivignano Nord a 3x(2x150) mm<sup>2</sup>, con diametro esterno pari a circa 36,1mm, si ottiene una **DPA**, arrotondata per eccesso all'intero superiore, pari a **5 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

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.

Nel seguito verranno pertanto trattati i risultati del solo calcolo del campo magnetico. Considerando che nel nostro progetto vi sono tratti diversi in cui a seconda dei casi sono presenti una o più terne di cavi MT isolati a 30 kV (distanziate di 25 cm), tratteremo prima il caso generale per poi fare le considerazioni puntuali per ogni situazione specifica delle varie tratte.



Si riportano di seguito le sezioni tipiche delle pose in cavo per le varie tratte del progetto, per il tratto dalla Cabina di Consegna alla sottostazione step-up dove avverrà la trasformazione da MT a At per collegarsi alla sottostazione Terna, quindi con una o più terne.

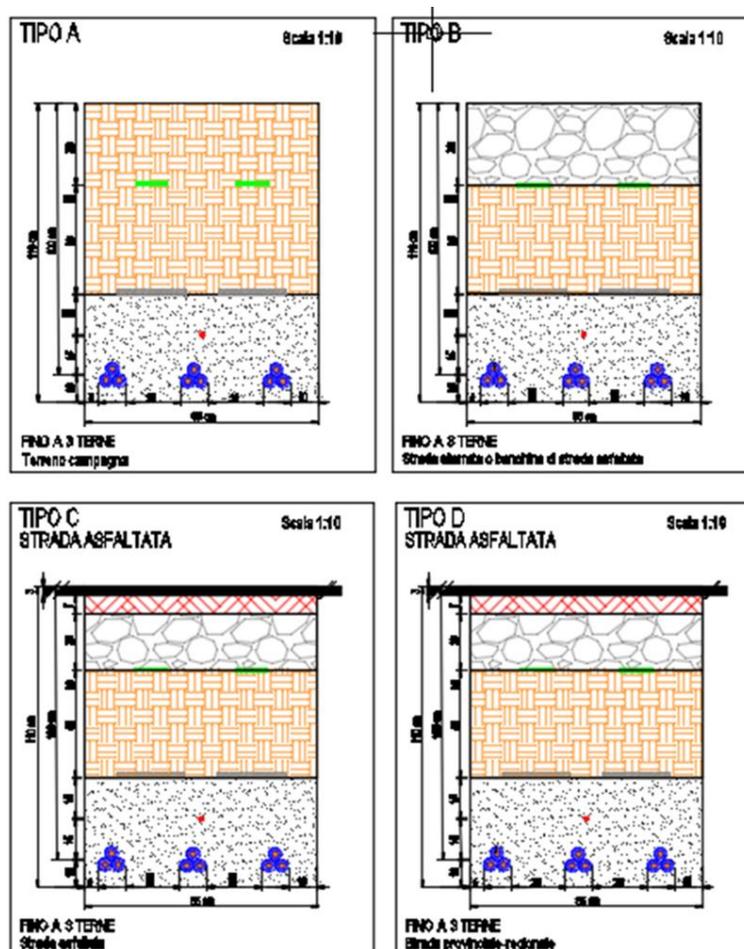


Fig. 3 Sezione tipica di posa della linea in cavo su sede stradale per triplo cavidotto in MT

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 4 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.

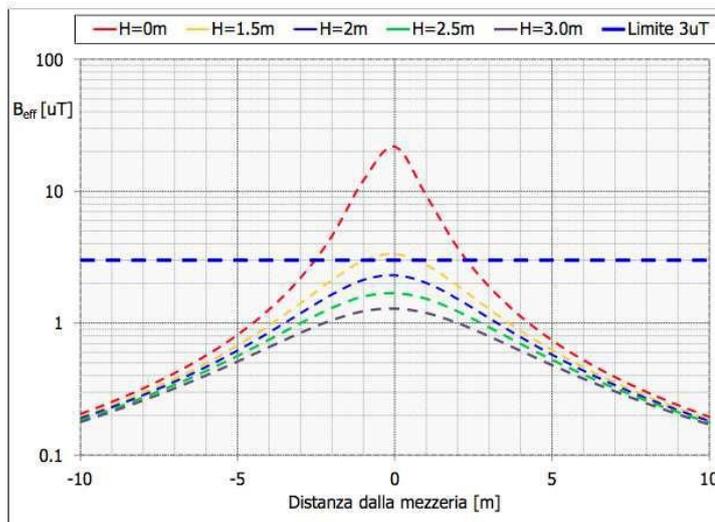


Fig. 4 Andamento dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo per la massima corrente del cavo

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.

E' 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 - Linee elettriche in corrente alternata in alta tensione**

L'energia verrà veicolata dalle Cabine posizionate nei pressi della Sottostazione di Terna.

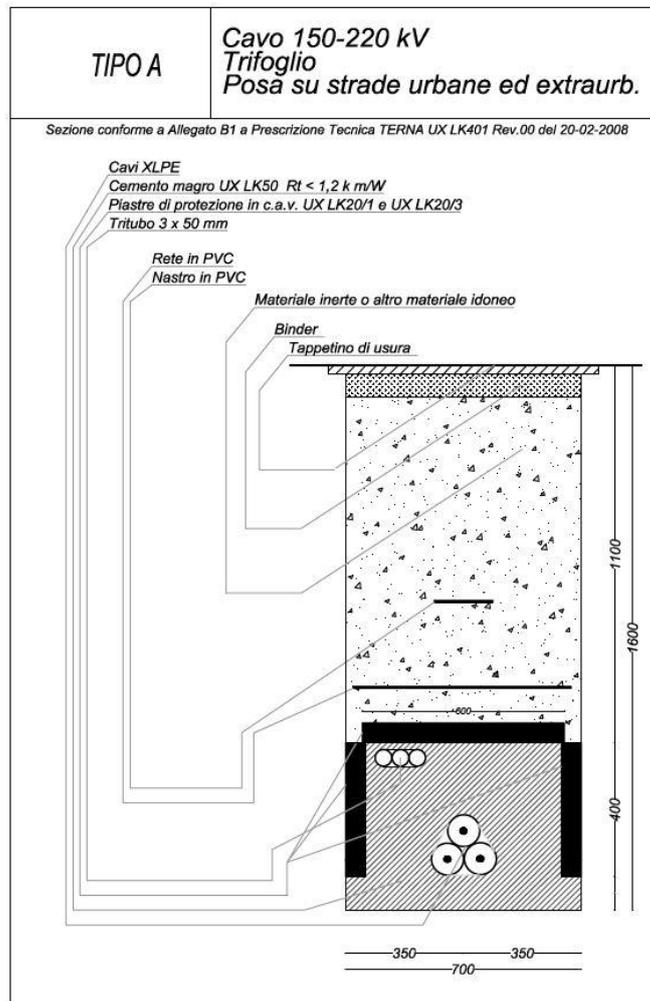
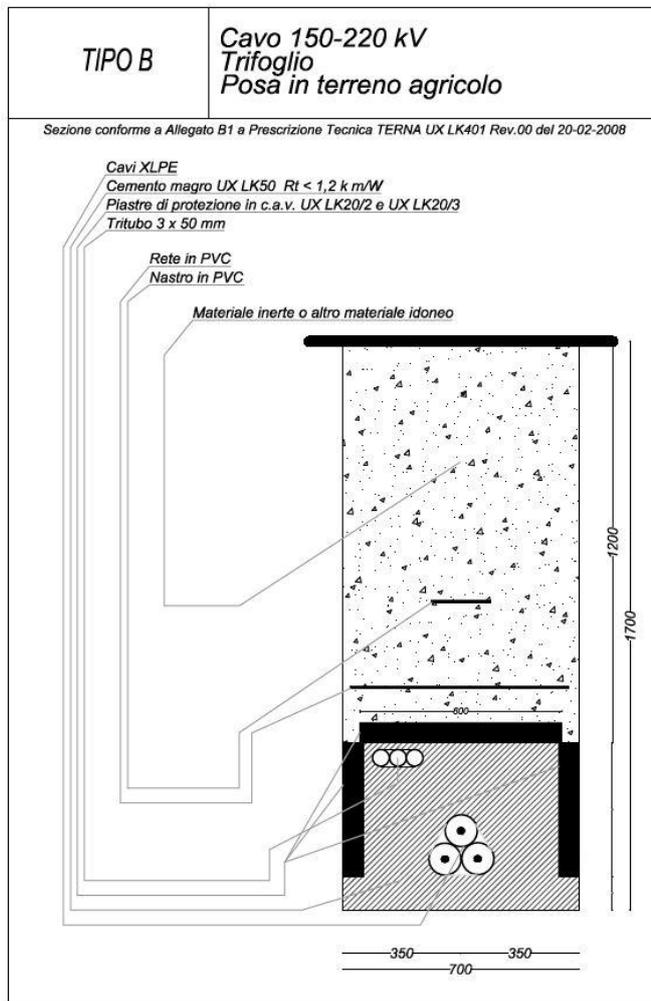
Per determinare le DPA dei cavi in AT si fa riferimento alle Linee Guida per l'applicazione del cap. 5.1.3. dell'allegato al DM 29.05.08. La DPA per cavi interrati (Semplice Terna cavi disposti a trifoglio serie 132/150 kV – Scheda A15) risulta pari a 6,2 m (3,10 per parte).

Considerando che il cavo scelto sul lato AT del trasformatore è pari a  $3 \times (1 \times 400) \text{ mm}^2$ , con diametro esterno pari a circa 33 mm.

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 ELETTTRICO 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.

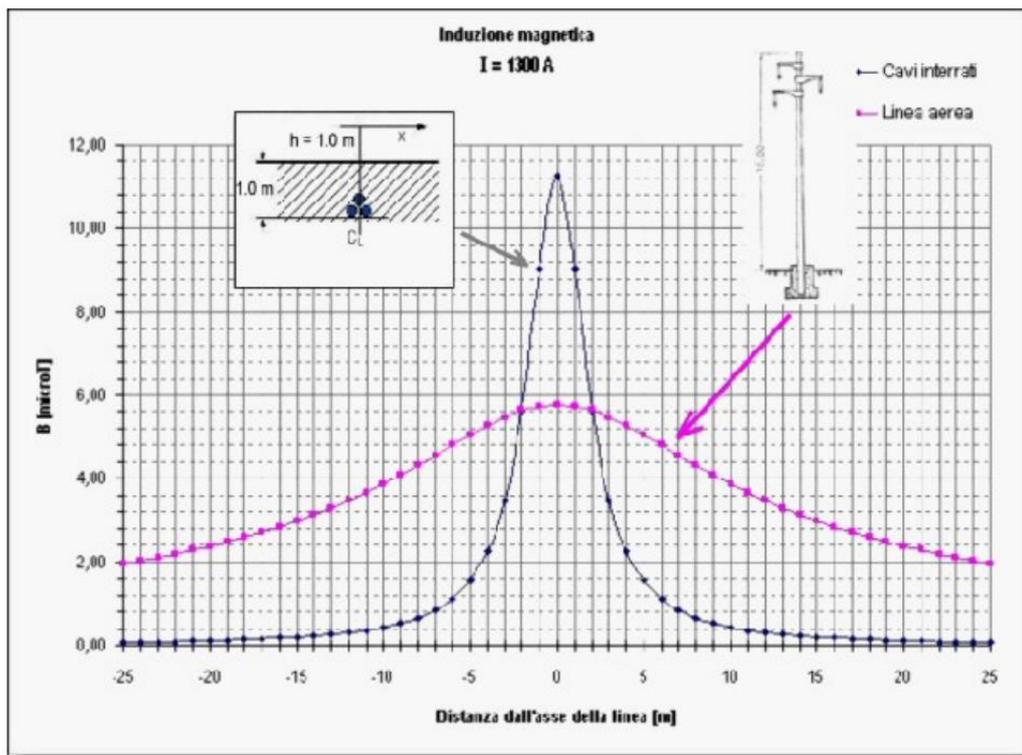


*Sezione tipica di posa della linea in cavo su sede stradale per cavidotto in AT*

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 1,6/1,7 m, con portata massima della linea elettrica in cavo, secondo la Norma CEI 11-17.

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.



*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.

	<p style="text-align: center;"><b>IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO DA 29,67072+14,38896+31,14384 MWp TRIVIGNANO SOLAR 1</b> Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese <b>RELAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI</b></p>	<p style="text-align: right;">Pag 21 di 22</p>
--	---	--

## **6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE**

---

Nel presente documento si è dimostrato che gli unici punti in cui si “può” riscontrare un valore superiore a  $3 \mu\text{T}$  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  $5\text{kV/m}$  (valore imposto dalla normativa) e per il livello 150 kV esso diventa inferiore a  $5 \text{kV/m}$  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.