LAND LIVE

SALUSSOLA

PROVINCIA DI BIELLA

IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO DA 47,36 MWp
MADAMA LIVE

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 Salussola	Foglio 21 Mappali 17-27; Foglio 22 Mappali 14-15-16; Foglio 23 Mappali 34-148-146; Foglio 24 Mappali 11-13-14-15-21; Foglio 27 Mappale 16

PROGETTO: **VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE**	OGGETTO **DOC08 – RELAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI**	SCALA --
REVISIONE - DATA	VERIFICATO	APPROVATO
REV.00 - 14/09/2023		
IL RICHIEDENTE	MADAMA LIVE FIRMA _____	
I PROGETTISTI	Ing. Riccardo Valz Gris FIRMA _____	Firmato digitalmente da **Riccardo Valz Gris** CN = Valz Gris Riccardo C = IT
	Arch. Andrea Zegna FIRMA _____	Andrea Zegna 27.09.2023 08:52:14 GMT+01:00
TEAM DI PROGETTO	Land Live srl 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	LAND LIVE

I N D I C E

I N D I C E **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
Collegamenti elettrici e cavidotti 12

5. CALCOLI SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI IMPIANTO FOTOVOLTAICO **13**

Campi EM relativi ai moduli fotovoltaici 13
Campi EM relativi agli inverter 13
Campi EM relativi alle Linee elettriche in corrente alternata in BT e MT 13
Campi elettromagnetici relativi alle cabine elettriche di trasformazione 14
Campi EM delle opere di connessione alla RTN - Linee elettriche in corrente alternata in AT 15

6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE **17**

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 Pianto 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 μT 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 μT, 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 μT 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 3μT 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 ELETTRICO	Valore efficace di intensità di CAMPO MAGNETICO	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.

Intervallo di FREQUENZA (MHz)	Valore efficace di intensità di CAMPO ELETTRICO	Valore efficace di intensità di CAMPO MAGNETICO	DENSITA'DI POTENZA dell'onda piana equivalente
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.

Intervallo di FREQUENZA (MHz)	Valore efficace di intensità di CAMPO ELETTRICO	Valore efficace di intensità di CAMPO MAGNETICO	DENSITA'DI POTENZA dell'onda piana equivalente
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'impianto fotovoltaico sarà realizzato utilizzando **75168** moduli in silicio monocristallino da 630 Wp ciascuno e 41 inverter centralizzati da 1000 kW nominali 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 sette distinti sottocampi dotati di cabine di trasformazione ed inverter. I pannelli sono su tracker 1P da 12, 24 e 48 pannelli, posti a interasse di 6 m.
In particolare, si distinguono:

Stringhe		n. moduli in serie	n. moduli totali	Potenza Singolo modulo (Wp)	Potenza Totale (kWp)
Sottocampo A	137	24	3276	630	2063,88
Sottocampo B	554	24	13284	630	8368,92
Sottocampo C	1166	24	27972	630	17622,36
Sottocampo D	372	24	8916	630	5617,08
Sottocampo E	307	24	7368	630	4641,84
Sottocampo F	237	24	5688	630	3583,44
Sottocampo G	361	24	8664	630	5458,32
Totali per Campo fotovoltaico	3132	24	75168	630	47,35584

Il calcolo delle superfici coperte dai moduli e dalle cabine è riassunto in un'unica tabella:

Calcolo Superfici coperte da moduli e cabine			
	Quantità	Superficie Singolo elemento [m2]	Superficie coperta [m2]
Trackers 1x12	360,00	34,09	12.270,96
Trackers 1x24	370,00	68,17	25.223,64
Trackers 1x48	1.291,00	136,34	176.020,10
Cabina di Consegna	1,00	81,00	81,00
Cabina Smistamento	1,00	81,00	81,00
Cabina di trasformazione	41,00	32,58	1.335,78
Container	2,00	18,00	36,00
Ricovero ovini	4,00	121,66	486,64
Superficie totale coperta[m2]			215.535,12

I moduli fotovoltaici saranno posati a terra tramite idonee strutture in acciaio zincato con inseguimento mono-assiale, come meglio descritto in seguito, disposti in file parallele opportunamente distanziate onde evitare fenomeni di ombreggiamento reciproco. L'impianto sarà di tipo GRID-CONNECTED (connesso alla rete elettrica per l'immissione dell'energia).

4. SPECIFICHE TECNICHE DEI COMPONENTI UTILIZZATI

Moduli fotovoltaici

I moduli previsti sono **Longi Solar JKM625N-78HL4-BDV da 630 Wp.**

Tiger Neo N-type
78HL4-BDV
605-625 Watt

BIFACIAL MODULE WITH
DUAL GLASS

N-Type

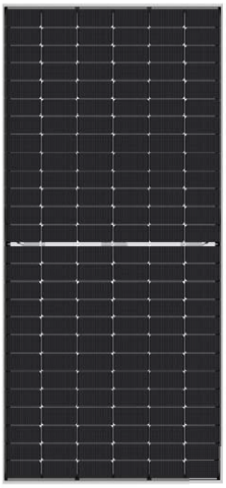
Positive power tolerance of 0~+3%

IEC61215(2016), IEC61730(2016)

ISO9001:2015: Quality Management System

ISO14001:2015: Environment Management System

ISO45001:2018
Occupational health and safety management systems



Key Features

SMBB Technology
Better light trapping and current collection to improve module power output and reliability.

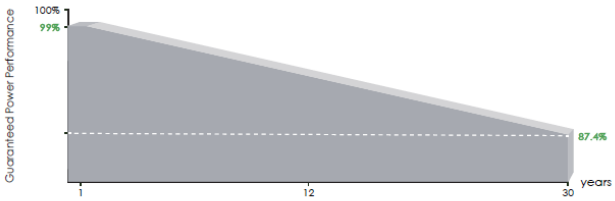
Hot 2.0 Technology
The N-type module with Hot 2.0 technology has better reliability and lower LID/LETID.

PID Resistance
Excellent Anti-PID performance guarantee via optimized mass-production process and materials control.

Enhanced Mechanical Load
Certified to withstand: wind load (2400 Pascal) and snow load (5400 Pascal).

Higher Power Output
Module power increases 5-25% generally, bringing significantly lower LCOE and higher IRR.

LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

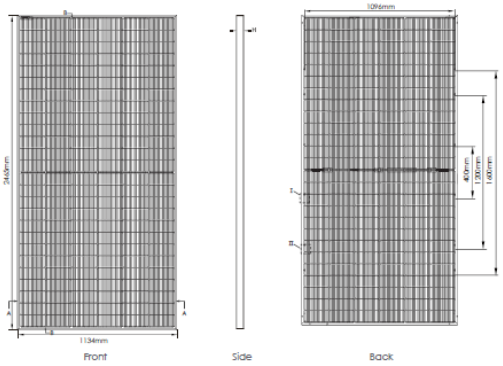


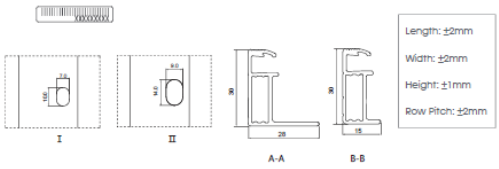
12 Year Product Warranty

30 Year Linear Power Warranty

0.40% Annual Degradation Over 30 years

Engineering Drawings



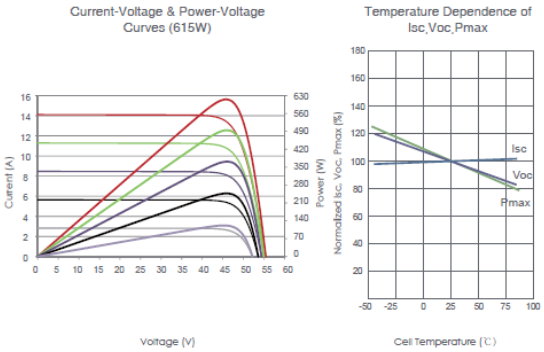


Packaging Configuration

(Two pallets = One stack)

36pcs/pallets, 72pcs/stack, 576pcs/ 40'HQ Container

Electrical Performance & Temperature Dependence



Mechanical Characteristics

Cell Type	N type Mono-crystalline
No. of cells	156 (2×78)
Dimensions	2465×1134×30mm (97.05×44.65×1.18 inch)
Weight	34.6kg (76.38 lbs)
Front Glass	2.0mm, Anti-Reflection Coating
Back Glass	2.0mm, Heat Strengthened Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP68 Rated
Output Cables	TUV 1×4.0mm² (+): 400mm , (-): 200mm or Customized Length

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM605N-78HL4-BDV		JKM610N-78HL4-BDV		JKM615N-78HL4-BDV		JKM620N-78HL4-BDV		JKM625N-78HL4-BDV	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	605Wp	455Wp	610Wp	459Wp	615Wp	462Wp	620Wp	466Wp	625Wp	470Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	45.42V	42.23V	45.60V	42.35V	45.77V	42.46V	45.93V	42.57V	46.10V	42.68V
Maximum Power Current (Imp)	13.32A	10.77A	13.38A	10.83A	13.44A	10.89A	13.50A	10.95A	13.56A	11.01A
Open-circuit Voltage (Voc)	55.17V	52.41V	55.31V	52.54V	55.44V	52.66V	55.58V	52.79V	55.72V	52.93V
Short-circuit Current (Isc)	13.95A	11.26A	14.03A	11.33A	14.11A	11.39A	14.19A	11.46A	14.27A	11.52A
Module Efficiency STC (%)	21.64%		21.82%		22.00%		22.18%		22.36%	
Operating Temperature(℃)	-40℃~+85℃									
Maximum system voltage	1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	30A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.29%/℃									
Temperature coefficients of Voc	-0.25%/℃									
Temperature coefficients of Isc	0.045%/℃									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2℃									
Refer. Bifacial Factor	80±5%									

BIFACIAL OUTPUT-REARSIDE POWER GAIN

5%	Maximum Power (Pmax)	635Wp	641Wp	646Wp	651Wp	656Wp
	Module Efficiency STC (%)	22.73%	22.91%	23.10%	23.29%	23.48%
15%	Maximum Power (Pmax)	696Wp	702Wp	707Wp	713Wp	719Wp
	Module Efficiency STC (%)	24.89%	25.10%	25.30%	25.51%	25.71%
25%	Maximum Power (Pmax)	756Wp	763Wp	769Wp	775Wp	781Wp
	Module Efficiency STC (%)	27.05%	27.28%	27.50%	27.73%	27.95%

*STC: Irradiance 1000W/m² Cell Temperature 25℃ AM=1.5

NOCT: Irradiance 800W/m² Ambient Temperature 20℃ AM=1.5 Wind Speed 1m/s

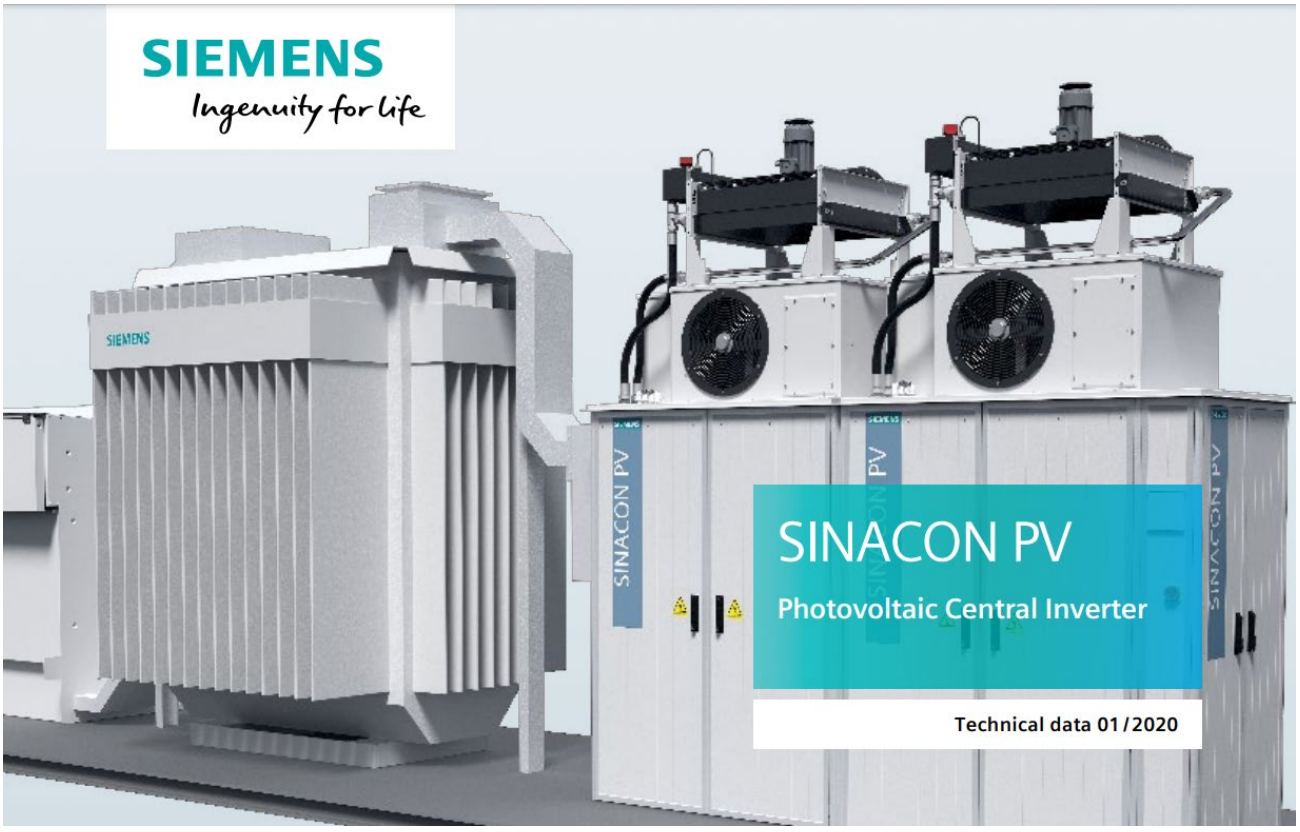
©2022 Jinko Solar Co., Ltd. All rights reserved.
Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.

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 94,60 % del valore iniziale dopo 12 anni di funzionamento ed all'87,40% dopo 30 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.

Inverter e cabine di trasformazione

È prevista l'installazione di inverter centralizzati.
All'interno dell'area di progetto sono presenti 41 inverter di marca Siemens e modello PV1000. L'insieme degli inverter ha una potenza complessiva di 41 MW.
Di seguito vengono riportate le schede tecniche di riferimento:



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

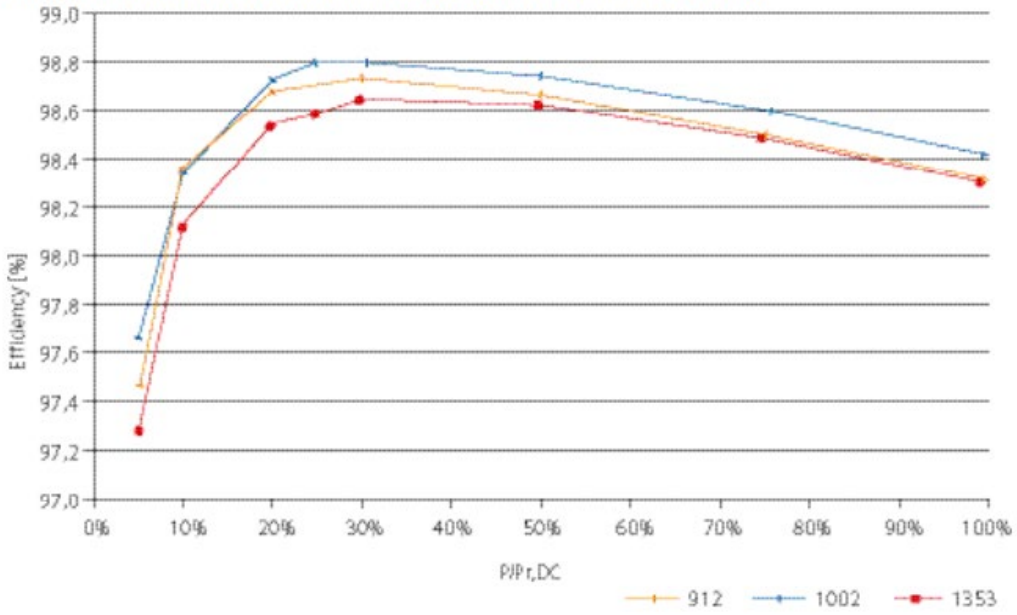
Mechanical data				
Mounting position	Vertical		–	
Type of mounting	Floor mounting		–	
Number of Power Units	1	2	3	4
SINACON PV series	PV1000 ... PV1250	PV2000 ... PV2500	PV3000 ... PV3750	PV4000 ... PV5000
Dimensions (without pallet, with heat exchanger); (W x H x D)	2,120 x 3,760 x 1,170 mm		3,690 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

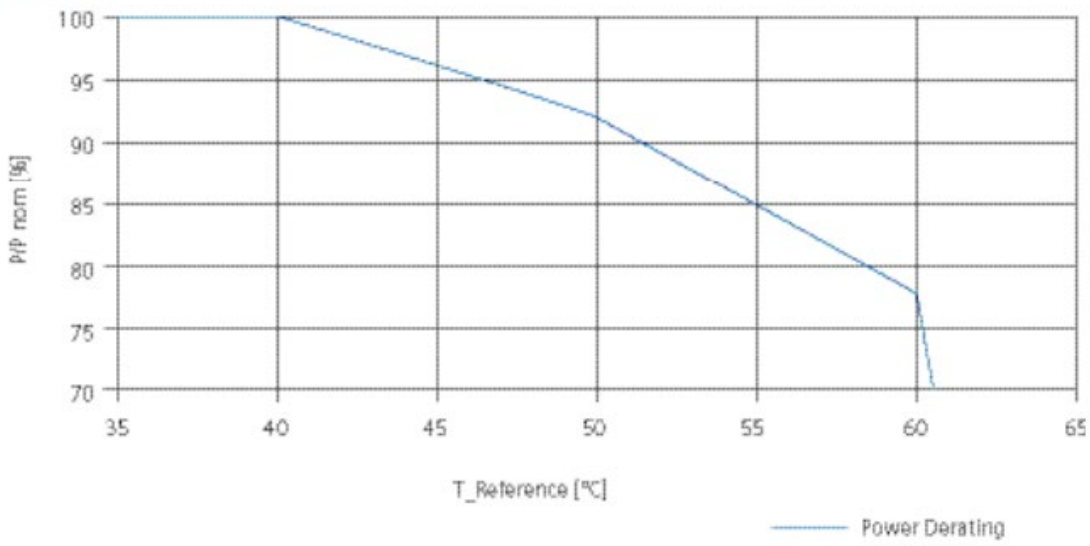
[1)] The weight refers to a complete system without extra options.

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 φ = 1
Number of independent systems	1 ... 2	–
Grid voltage	550 ... 690 V (±10% at $U_{n\,(AC)}$)	–
Nominal frequency	50 Hz / 60 Hz (±10%)	–
Output current (max.)	1 ... 4 x 1,050 A	–
Short-circuit current (max.)	50 kA	–
Power factor cos φ	–	Adjustable to local requirements
Harmonic distortion	< 3%	–

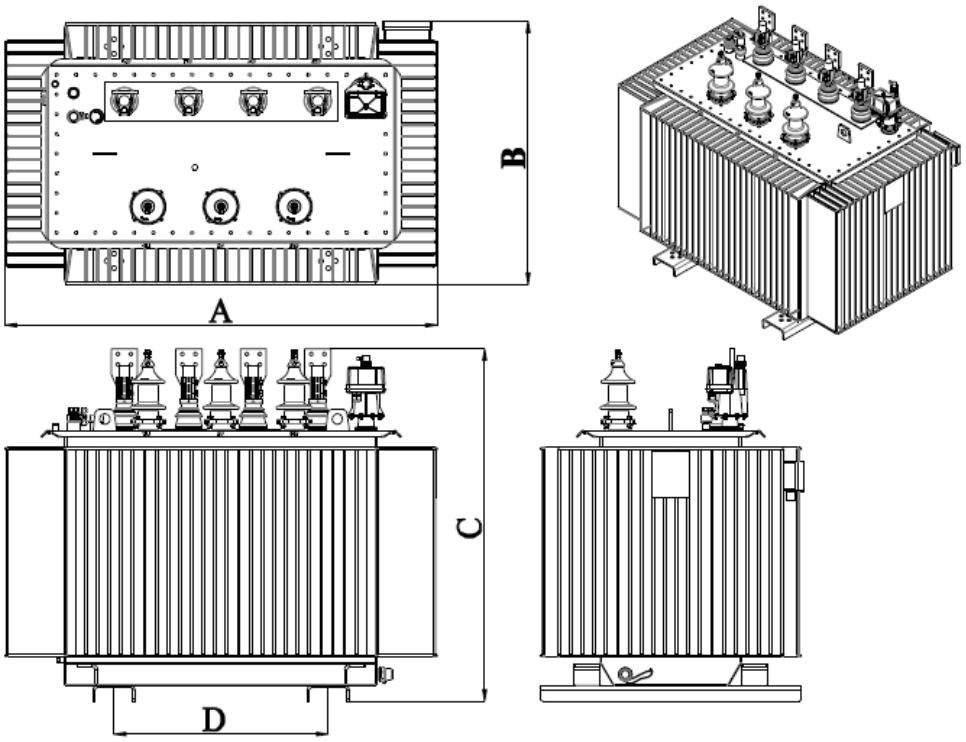
Measured values[2] without internal consumption for AC 600 V (PV4360)



Derating



La scheda tecnica dei trasformatori è la seguente:



Tensione primaria (kV)	Potenza (kVA)	Perdite a vuoto (W)	Perdite a carico a 120°C (W)	Tensione di Cortocircuito (%)	Livello di rumorosità (dB)	Lunghezza A (mm)	Larghezza B (mm)	Altezza C (mm)	Distanza tra le ruote D (mm)	Peso dell'olio (kg)	Peso della parte attiva (kg)	Peso totale (kg)
36	25	80	990	4,5	46	910	610	1320	520	140	220	410
	50	103	1210	4,5	50	890	630	1360	520	150	290	490
	100	166	1925	4,5	54	950	670	1410	520	190	390	650
	160	241	2585	4,5	57	1050	730	1400	520	230	530	850
	250	345	3575	4,5	60	1130	870	1460	520	290	680	1110
	315	414	4290	4,5	61	1170	830	1530	670	320	790	1280
	400	494	5060	4,5	63	1230	890	1730	670	370	910	1470
	500	586	6.050	4,5	64	1230	930	1740	670	390	1040	1670
	630	690	7150	4,5	65	1230	970	1820	670	430	1170	1890
	800	747	9240	6	66	1410	970	1830	820	510	1350	2210
	1000	885	11550	6	67	1550	970	1900	820	580	1570	2570
	1250	1092	12100	6	68	1630	1010	1940	820	680	1900	3040
	1600	1380	15400	6	69	1810	1.130	2060	820	790	2180	3580
	2000	1667	19800	6	71	1810	1110	2150	1000	950	2390	4.200
	2500	2012	24200	6	73	1950	1150	2290	1000	1.130	2890	5090
	3150	2530	30250	6	75	2230	1170	2.400	1070	1480	3800	6550

Tolleranza di dimensioni e di peso ±10

Collegamenti elettrici e cavidotti

La connessione in serie dei moduli fotovoltaici dovrà essere effettuata utilizzando i connettori multicontact preinstallati 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 di profondità non inferiore a 1,6 m per l'alta tensione e di profondità non inferiore a 0,6 m per la bassa tensione, seguendo un percorso il più possibile parallelo a strade o passaggi. I cavi AT dovranno essere separati da quelli BT e i cavi BT separati da quelli di segnalazione e monitoraggio. Ad intervalli di circa 500 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 fotovoltaici 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:

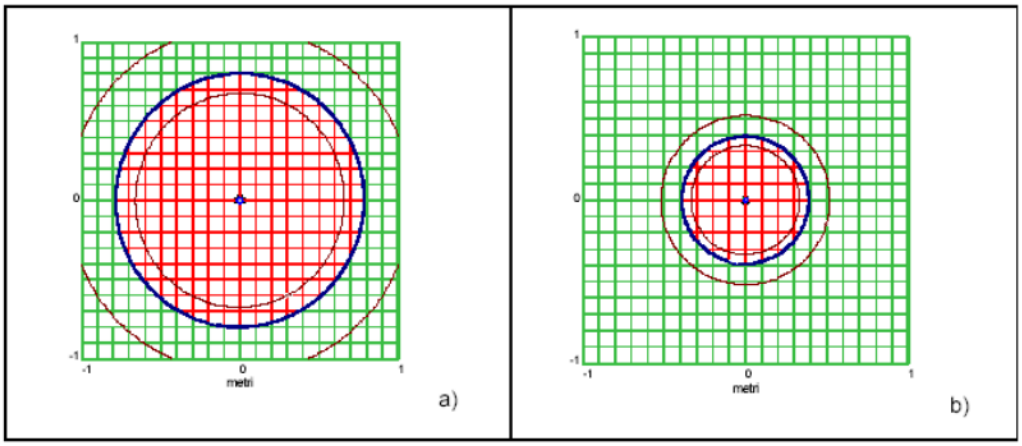
- CEI EN 50273 (CEI 95-9);
- CEI EN 61000-6-3 (CEI 210-65);
- CEI EN 61000-2-2 (CEI 110-10);
- CEI EN 61000-3-2 (CEI 110-31);
- CEI EN 61000-3-3 (CEI 110-28);
- CEI EN 55022 (CEI 110-5);
- CEI EN 55011 (CEI 110-6)

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

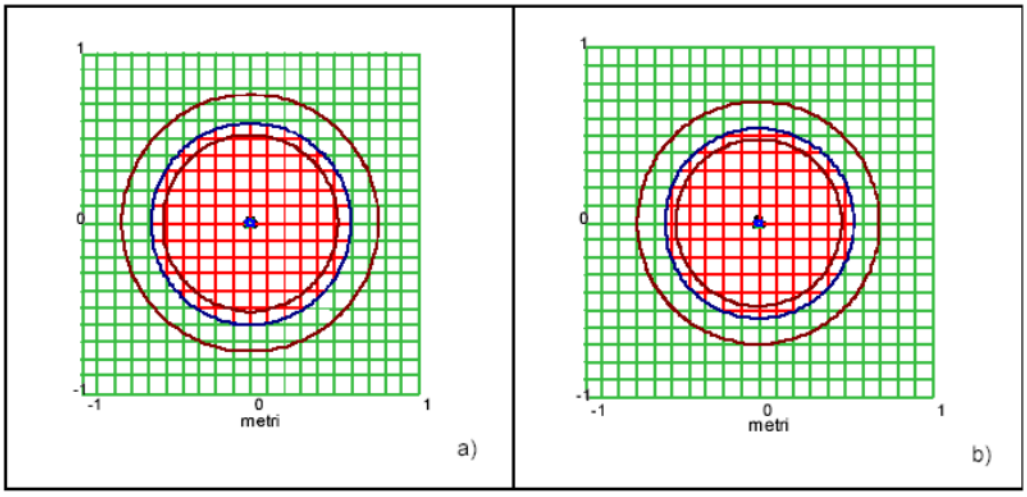
Campi EM relativi alle Linee elettriche in corrente alternata in BT e MT

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 μT.
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 3μT, anche in condizioni limite con conduttori di sezione elevata, venga raggiunto già a brevissima distanza (50÷80 cm) dall'asse del cavo stesso, sia per le linee in BT che per quelle in MT. Per i motivi appena elencati, si ritiene che il calcolo delle fasce di rispetto per le linee MT e BT per cavi cordati (aerei ed interrati) sia superfluo. Di seguito si riportano le curve isolivello dell'induzione magnetica tipiche di cavi cordati ad elica in BT e MT.
Si ritiene dunque ragionevole che la profondità dello scavo per cavi elicordati BT sia di 0,6 m.



Curve isolivello dell'induzione magnetica per cavi cordati ad elica BT
(in rosso la fascia "proibita" con valori superiori ai 3 μT)
a) Cavo BT sotterraneo 3x240 + 150 XLPE Al. I=425 A
b) Cavo BT aereo 3x70 + 54,6N XLPE Al. I=180 A
(CEI 106-11)

Fig. 1 Curve isolivello dell'induzione magnetica per cavi cordati ad elica BT



Curve isolivello dell'induzione magnetica per cavi cordati ad elica MT
(in rosso la fascia "proibita" con valori superiori ai 3 μT)
c) Cavo MT sotterraneo 3x(1x185) EPR Al. I=360 A
d) Cavo MT aereo 3x150 + 50Y XLPE Al. I=340 A
(CEI 106-11)

Fig. 2 Curve isolivello dell'induzione magnetica per cavi cordati ad elica MT

Campi elettromagnetici 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/AT quindi si valutano le emissioni dovute ai trasformatori collocati nelle cabine di trasformazione stesse.
La presenza del trasformatore BT/AT 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 (che presenta valori molto alti, quindi molto

impattanti in questo tipo di analisi) 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 BT del trasformatore è di 240 mm², con diametro esterno (conduttore+isolante) pari a circa 30,02 mm e la corrente è di 1443 A, si ottiene una **DPA**, arrotondata per eccesso, pari a **2,5 m**.
Il valore ottenuto risulta riducibile nella pratica adottando alcuni accorgimenti, come quello di riunire i cavi in terne, riducendo al minimo le distanze tra i conduttori ed ottenendo così una diminuzione del campo magnetico nell'area interessata.

Si sottolinea comunque che nel caso in questione la cabina è posizionata all'aperto, a grandi distanze dai confini dell'impianto, non è normalmente presidiata (salvo il caso di personale formato) ed è dotata di chiusura a chiave.

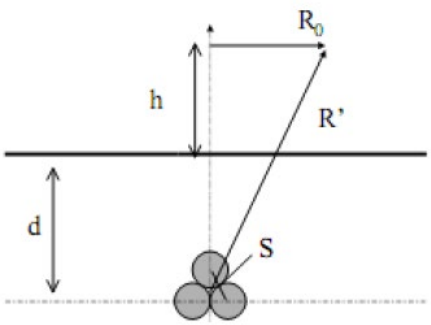
Campi EM delle opere di connessione alla RTN - Linee elettriche in corrente alternata in AT

L'energia verrà veicolata dalla cabina di consegna alla Stazione elettrica 380/132 kV di Carisio mediante cavidotto interrato. La linea utilizzata per il collegamento ha formazione 3x(2x150), presenta corrente pari a 656,4 A e tensione nominale di 36 kV.

Come suggerito dalla norma CEI 106-11 cap 6.2.3, si ricorre ad una formula approssimata per la determinazione della fascia di rispetto. In via cautelativa, si ritiene che la fascia di rispetto sia pari al raggio della circonferenza che rappresenta il luogo dei punti aventi induzione magnetica pari a 3 μT. Considerando la posa dei conduttori a trifoglio, si applica la seguente formula:

$$R' = 0{,}286 \cdot \sqrt{S \cdot I} \quad (m)$$

Nella figura seguente si rappresenta il significato dei simboli riportati in formula.



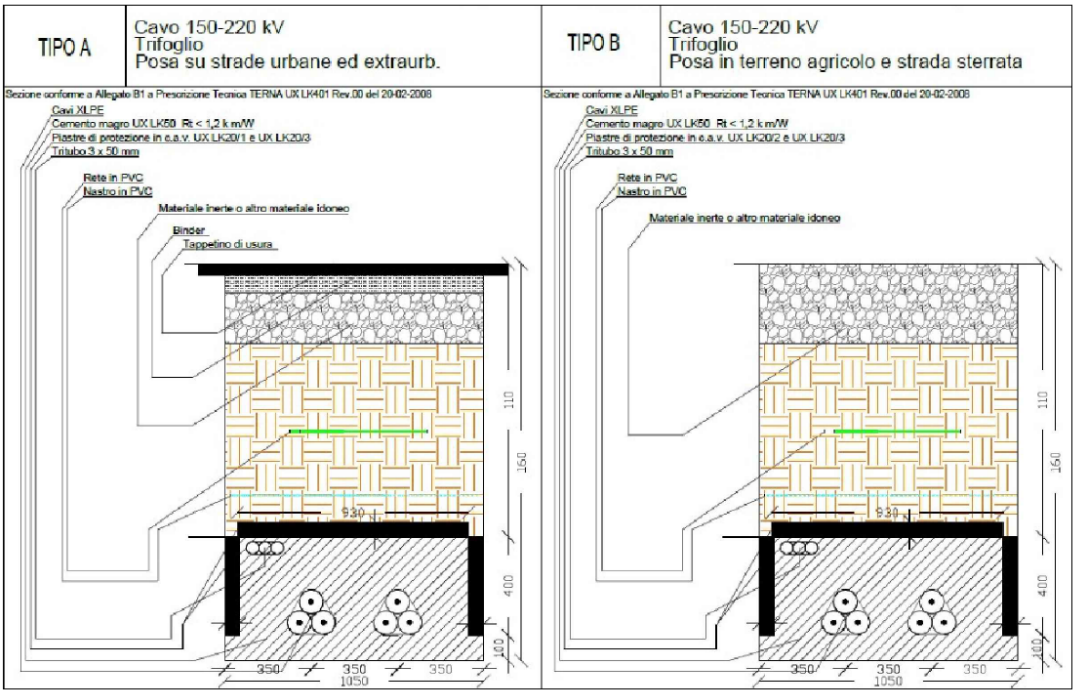
Ponendo:
I=656,4 A
S=0,0451 m (diametro esterno del cavo)

Si ottiene R'=1,56 m, che arrotondando, fornisce un valore della fascia di rispetto pari a **1,6 m** rispetto all'asse del cavidotto. In base a quanto ottenuto, si ritiene ragionevole e cautelativo interrare le linee ad una profondità di 1,6 m.

Il tracciato di posa dei cavi è studiato in modo che non ci siano ricettori sensibili (abitazioni e aree in cui si prevede una permanenza di persone per più di 4 ore nella giornata) intorno ad esso.

Per quanto attiene ai campi elettrici, sono generati dalle tensioni rispetto all'ambiente circostante, assunto a potenziale zero e pertanto riguardano solo gli elettrodotti a media e alta tensione.
Non è rappresentato il calcolo del campo elettrico, poiché adottando un cavo schermato, il campo elettrico al di fuori della schermatura è nullo.

Si riporta di seguito la sezione tipica di scavo per la posa della linea in AT prevista in progetto.



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

6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Nel presente documento si è dimostrato che gli unici punti in cui è possibile riscontrare un valore superiore a 3 μT è solo in corrispondenza delle cabine dei trasformatori (per una distanza massima di 2,5 metri). Le aree in questione sorgono entro terreni privati e recintati e non sono normalmente frequentate, si ritiene dunque di non dover dotare la costruzione di ulteriori protezioni.

Si soddisfa quindi l'obiettivo qualità fissato dal DPCM 8/08/2003.

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