



## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA E DESCRIZIONE SOMMARIA DEGLI IMPIANTI</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>GENERALITA'</b> .....	<b>22</b>
<b>3</b>	<b>INQUADRAMENTO NORMATIVO</b> .....	<b>25</b>
<b>4</b>	<b>SORGENTI DI CEM NEI SISTEMI ELETTRICI</b> .....	<b>28</b>
<b>5</b>	<b>CALCOLO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI</b> .....	<b>37</b>
5.1	CAMPI ELETTROMAGNETICI IMPIANTO FOTOVOLTAICO .....	37
5.2	CAMPI ELETTROMAGNETICI DELLE OPERE CONNESSE .....	41
<b>6</b>	<b>PROBABILITA' DELL'IMPATTO</b> .....	<b>51</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSIONI</b> .....	<b>52</b>

## 1 PREMESSA E DESCRIZIONE SOMMARIA DEGLI IMPIANTI

S&P 12 s.r.l. intende realizzare nei territori dei Comuni di Corleone (PA), Monreale (PA) e Roccamena (PA) un impianto agro-fotovoltaico ad inseguimento monoassiale per la produzione di energia elettrica.

L'impianto che la S&P 12 srl presenta in autorizzazione è suddiviso in 3 macro-aree ed è composto da:

- **Lotto A**, con campi agro-fotovoltaici siti nel Comune di Monreale (PA), nelle contrade Arcivocale, Castellana, Giangrosso;
- **Lotto B**, con campi agro-fotovoltaici siti nei territori dei Comuni di Monreale (PA) e Roccamena (PA), nelle contrade Capparini, Gamberi, Ponte e Sticca;
- **Lotto C**, con campi agro-fotovoltaici siti nei territori del Comune di Corleone (PA) e Roccamena (PA), nelle contrade Galardo, Giammaria, Petrulla;
- Stazione di elevazione e Utente, sita in C. da Arcivocale (Lotto A) nel Comune di Monreale (PA);
- Stazione di Rete, sita in C. da Aquila nel Comune di Monreale (PA);
- Stazione di elevazione **B1**, sita nel Lotto B, in C. da Ponte (Monreale, PA);
- Stazione di elevazione **B2**, sita nel Lotto B, in C. da Sticca (Roccamena, PA);
- Stazione di elevazione **C**, sita nel Lotto C, in C. da Galardo (Roccamena, PA);
- Cavidotti di collegamento MT (30 kV) alle stazioni di elevazione, nei Comuni di Corleone (PA), Monreale (PA) e Roccamena (PA);
- Cavidotti di collegamento AT (150 kV), tra le stazioni di elevazione e la stazione Utente sita nel lotto A (Arcivocale);
- Cavidotti di collegamento AT (220 kV), tra la stazione Utente e la stazione Rete.

L'impianto si sviluppa su una superficie lorda complessiva di circa 1.065,09 ha di cui:

- 233,40 ha appartenenti all'area di impianto ricadente nel Comune di Monreale (PA), Lotto A;
- 570,01 ha appartenenti all'area di impianto ricadente nei Comuni di Monreale (PA) e Roccamena (PA), Lotto B;
- 261,68 ha appartenenti all'area di impianto ricadente nei Comuni di Corleone (PA) e

Roccamena (PA), Lotto C;

- 9,85 ha appartenenti alla stazione utente-rete sita nel Comune di Monreale.

Gli impianti avranno una potenza di 367.572,00 kWp (300.000,00 kW) e l'energia prodotta sarà ceduta alla rete elettrica di alta tensione, tramite la costruenda stazione di trasformazione a 220 kV, idonea ad accettare la potenza.

L'area di interesse ricade nella Zona Territoriale Omogenea "ZONA E", ossia Zona Agricola e non vi è alcun tipo di vincolo in corrispondenza delle strutture, locali e attrezzature che compongono l'impianto. L'area ricade all'interno del bacino idrografico "BAC-057 Fiume del Belice", secondo il Piano del bacino dell'Assetto Idrogeologico (PAI).

Le coordinate geografiche (baricentro approssimativo) del sito di impianto e della stazione sono:

Coordinate Stazione Rete- Utente	Coordinate Lotto A	Coordinate Lotto B	Coordinate Lotto C
Lat: 37.941111 Long: 13.212222	Lat: 37.859841 Long: 13.066033	Lat: 37.881053 Long: 13.058682	Lat: 37.870515 Long: 13.096639



Fig. 1 A– Ubicazione area impianti e stazione di consegna (Google Earth)



Fig. 2 A - Ortofoto dell'area della stazione ricadente sul territorio di Monreale (PA) Contrada Aquila

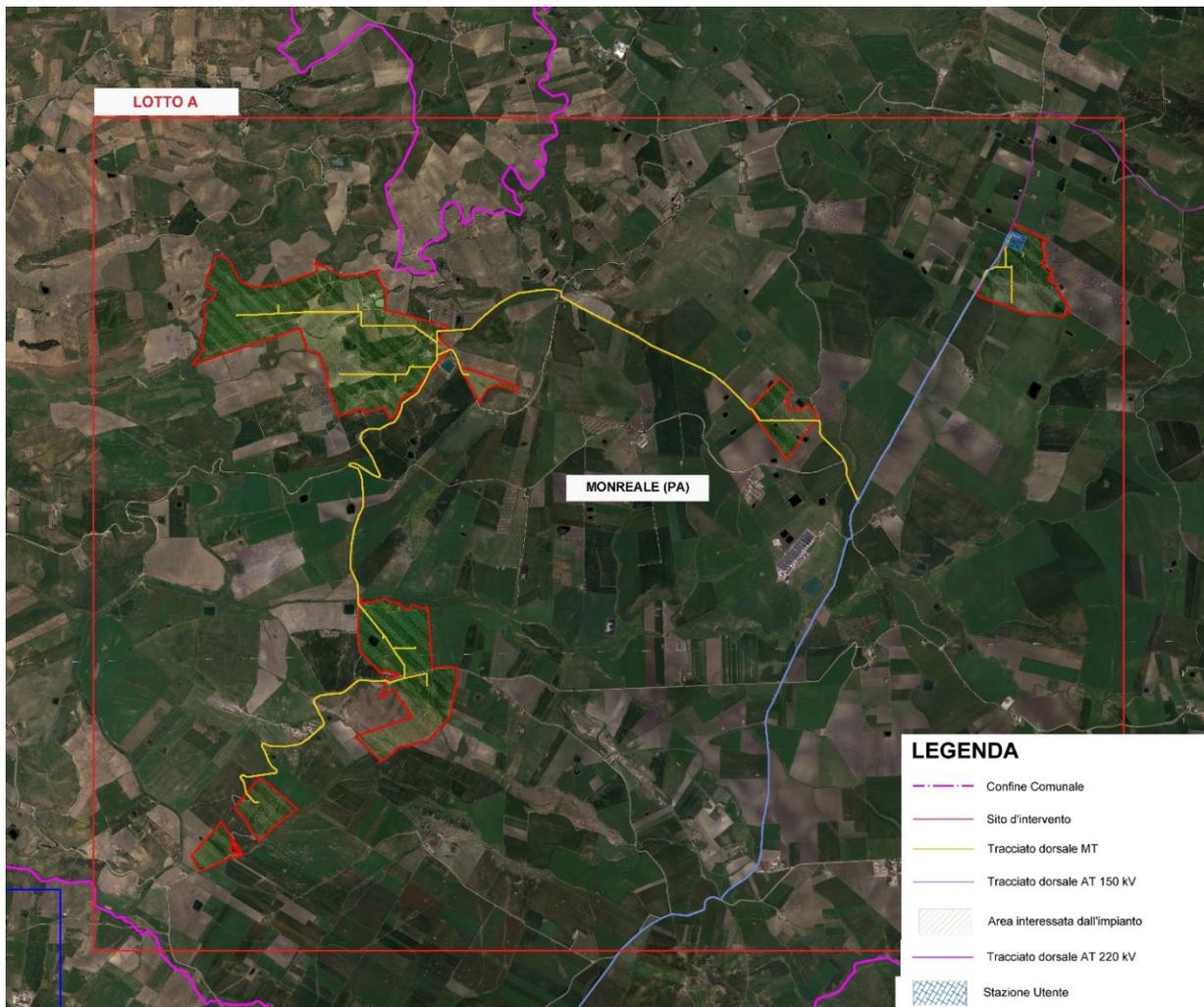


Fig. 2 B - Ortofoto dell'area di impianto e stazione utente ricadente sul territorio di Monreale (PA) – Lotto A e cavidotto di connessione

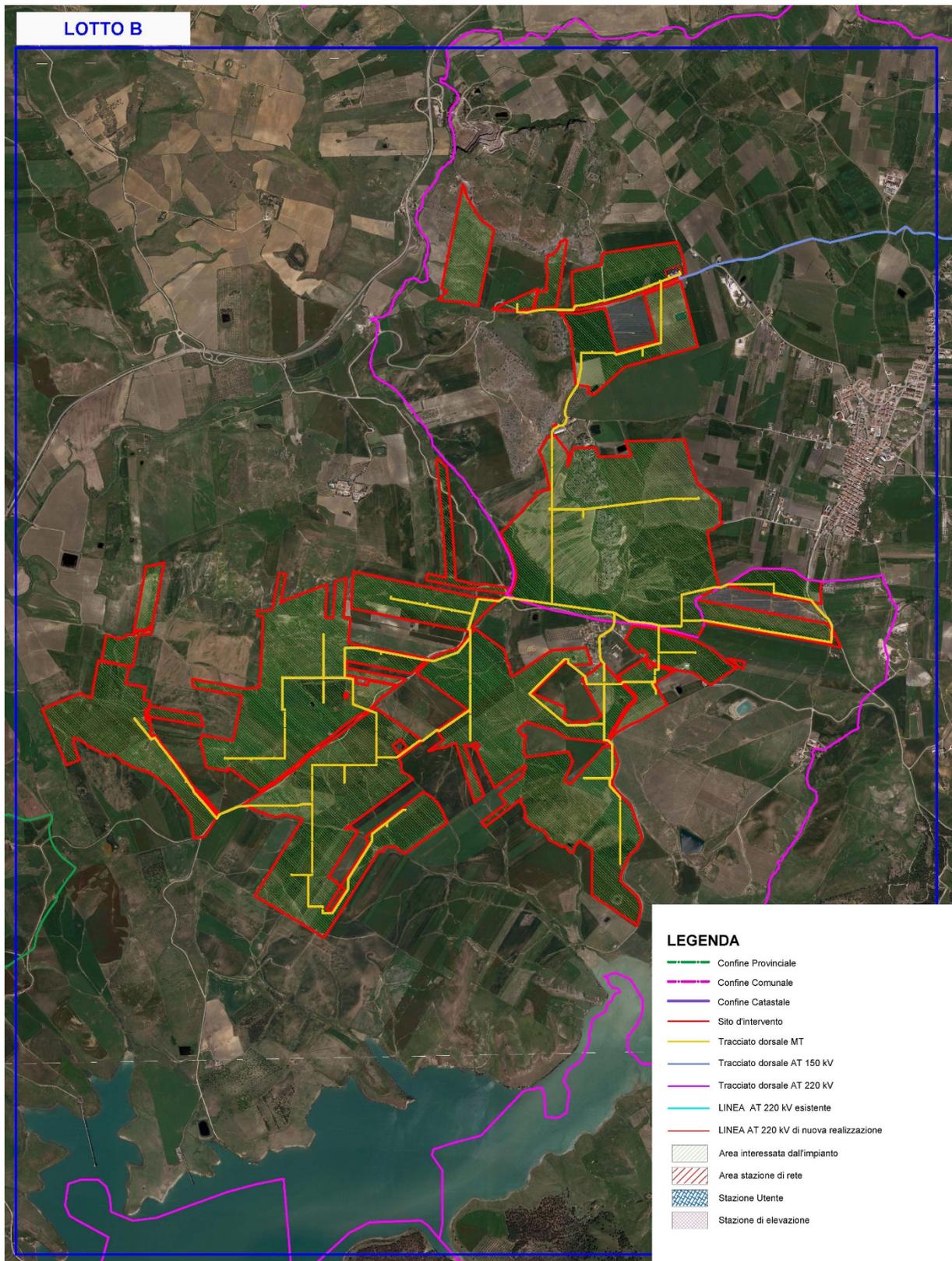


Fig. 2 C - Ortofoto dell'area di impianto ricadente sul territorio di Monreale e Roccamena (PA) – **Lotto B** e cavidotto di connessione

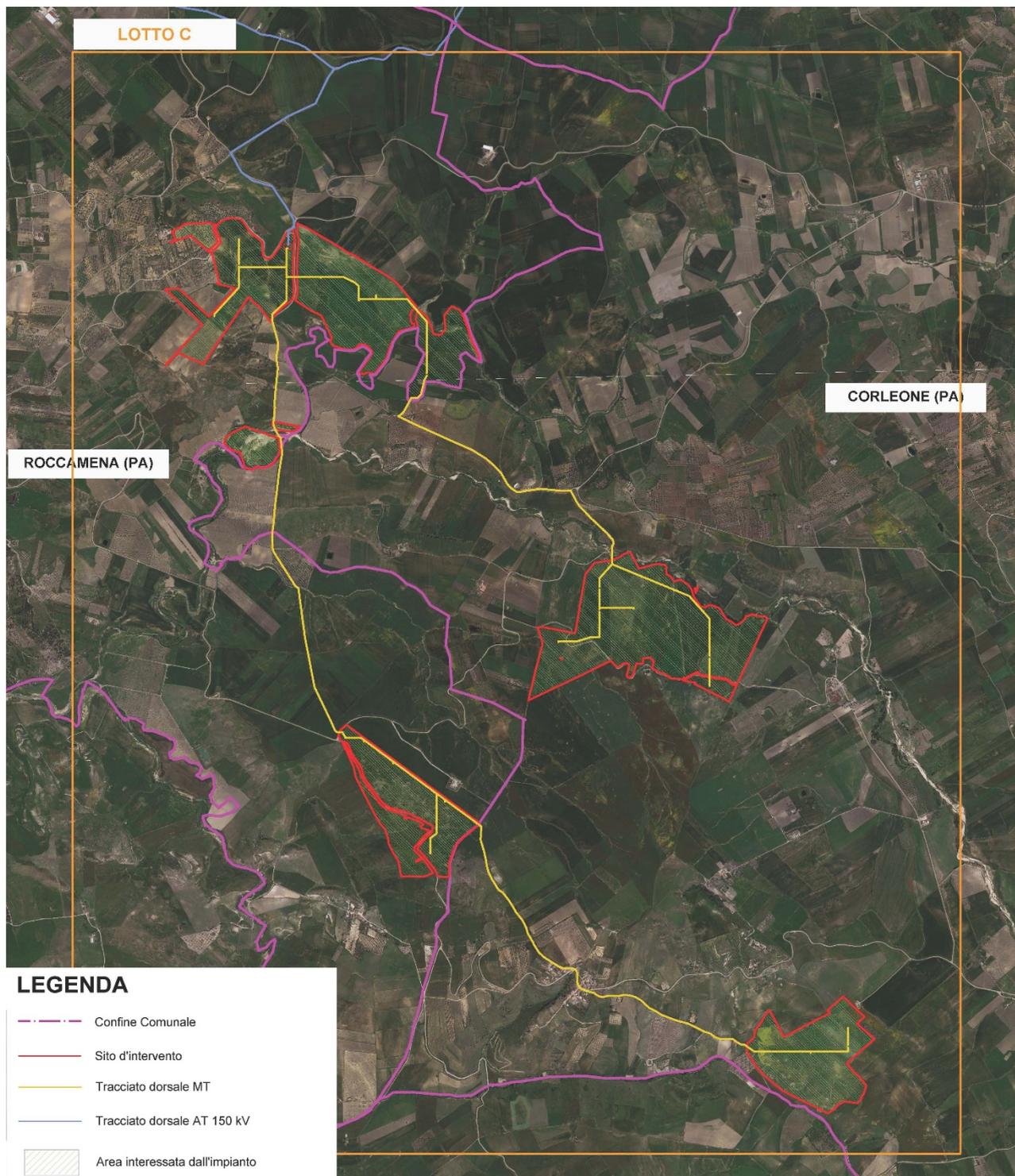


Fig. 2 D - Ortofoto dell'area di impianto ricadente sul territorio di Roccamena e Corleone (PA) – **Lotto C** e cavidotto di connessione

Il sito dell'impianto agro-fotovoltaico è individuato nella porzione centroccidentale della Tavoletta "Piana degli Albanesi", Foglio N°258, Quadrante I, Orientamento N.O., nella Tavoletta "Rocche di Rao", Foglio N° 258, Quadrante I, Orientamento S.O., nella Tavoletta "Camporeale", Foglio N° 258,

Quadrante IV, Orientamento S.E., nella Tavoletta "Monte Bruca", Foglio N° 258, Quadrante III, Orientamento N.E. e nella Tavoletta "Corleone", Foglio N° 258, Quadrante II, Orientamento N.O. della Carta d'Italia scala 1: 25.000 edita dall'I.G.M. e nelle sezioni 607080 (stazione rete), 607070 (stazione utente, Arcivocalotto e Giangrosso), 607100 (sito Sticca), 607110 (sito Castellana e Giangrosso), 607140 (sito Balata e Gamberi), 607150 (sito Galardo, Petrulla e Giammaria) e 619030 (sito Giammaria) della Carta Tecnica Regionale in scala 1: 10.000.

La S&P 12 s.r.l. ha ottenuto in data 19/07/2021 (cod. pratica 202100476) dal gestore di rete Terna la soluzione tecnica minima generale (STMG) per connettere 300 MWn sulla linea AT Ciminna-Partinico prevedendo che il parco fotovoltaico venga collegato alla Linea AT del distributore tramite la costruenda stazione a 220 kV denominata "Monreale 3".

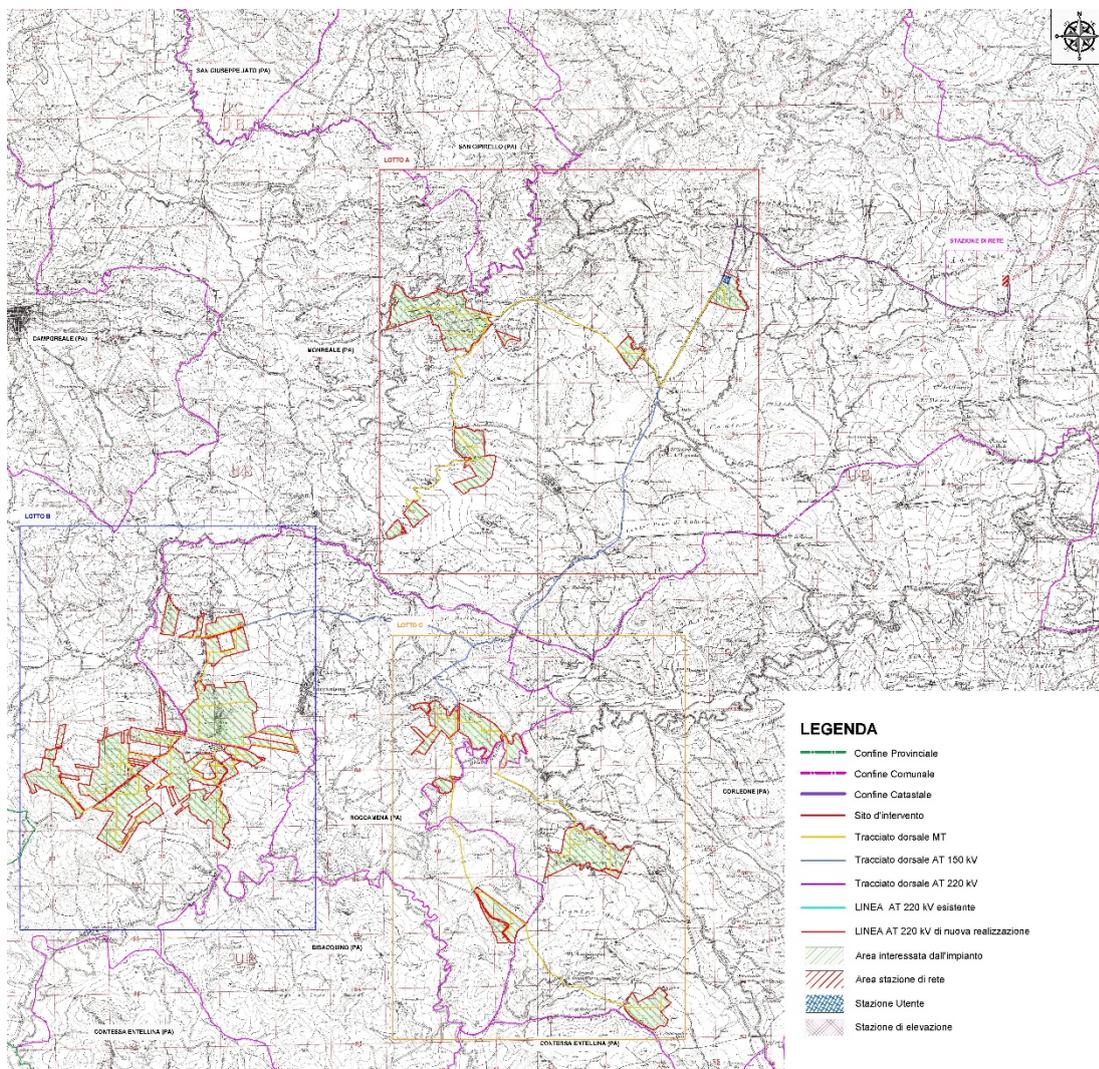


Fig. 3 – Inquadramento territoriale di S&P 12 I.G.M. scala 1:25.000 (TAV. IT-COG)

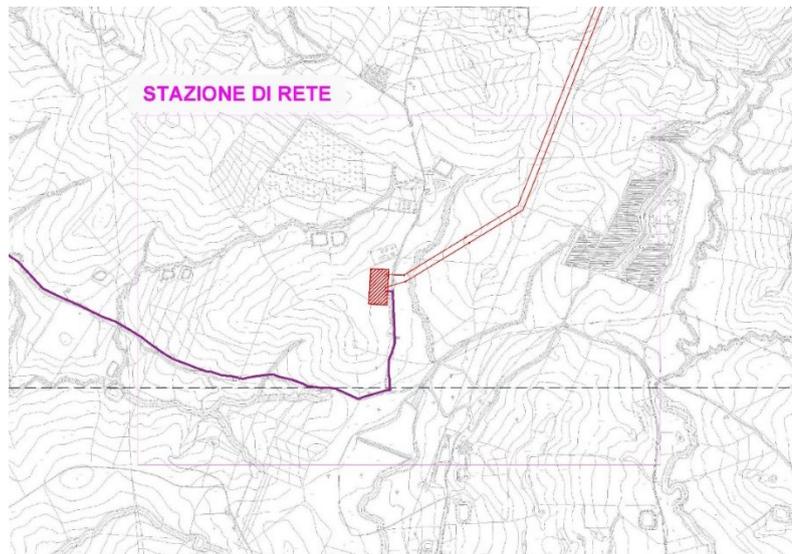


Fig. 4 – Inquadramento territoriale dell'area della stazione ricadente sul territorio di Monreale (PA - Contrada Aquila) su C.T.R. scala 1:10.000

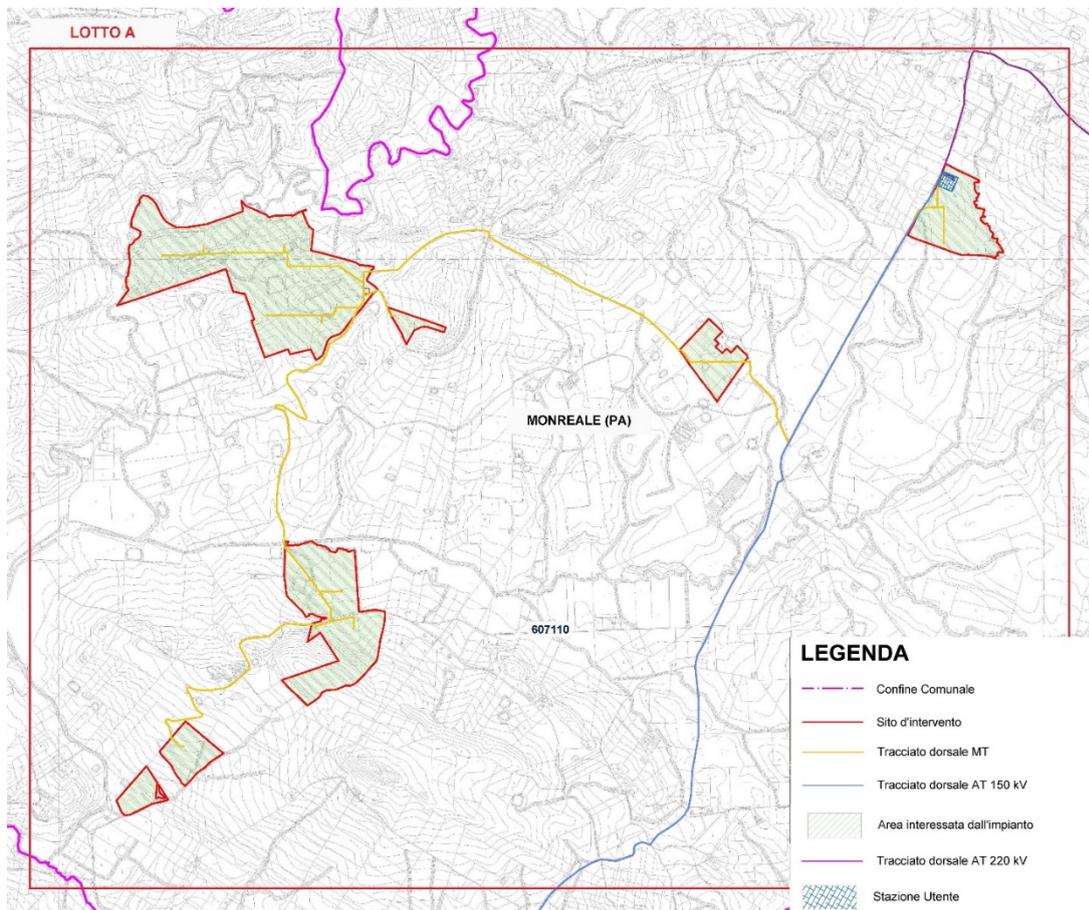


Fig. 5 A– Inquadramento territoriale dell'area dell'area di impianto ricadente nel territorio di Monreale (PA) Lotto A e cavidotto di connessione su C.T.R. scala 1:10.000

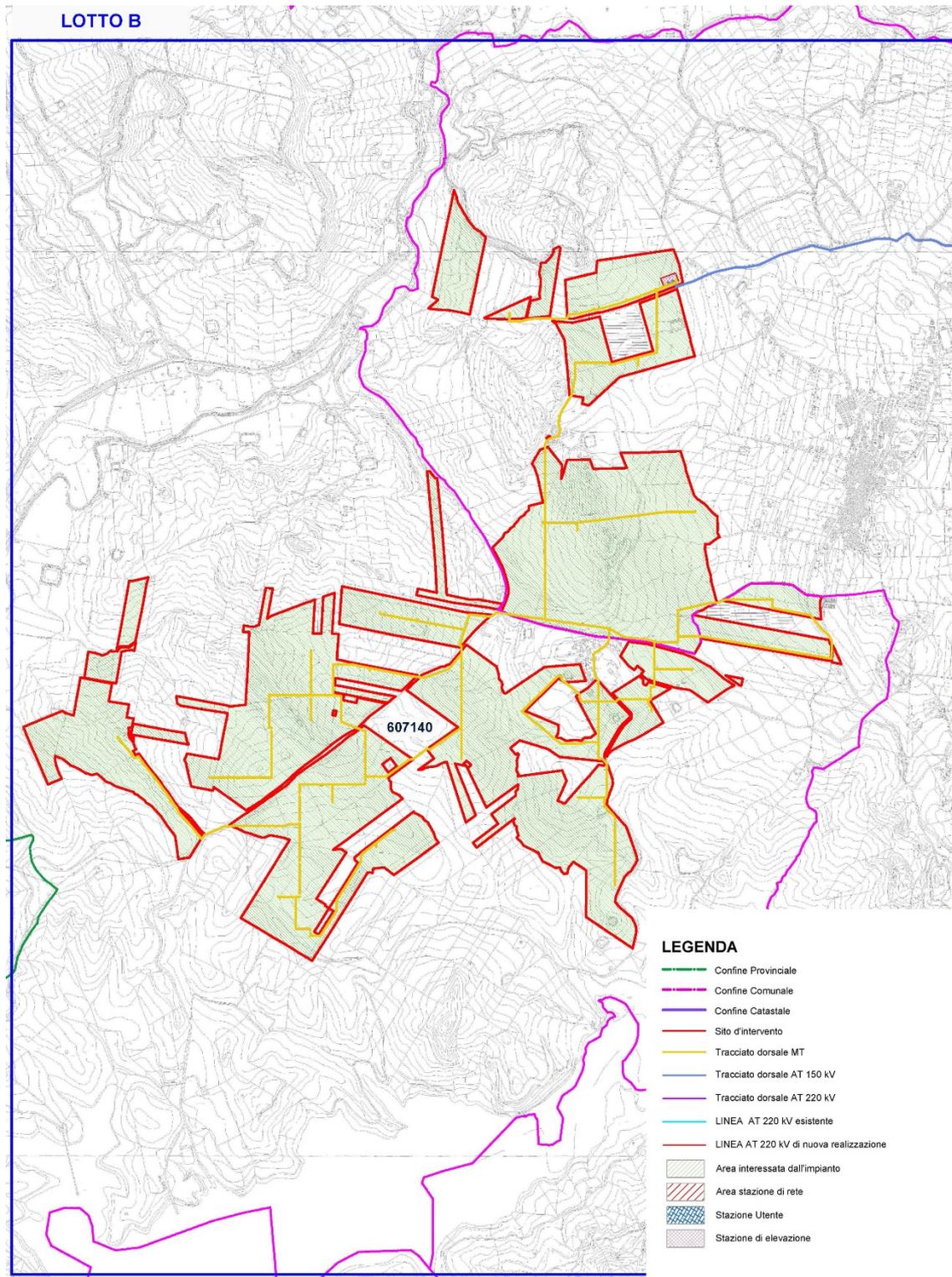


Fig. 5 B - Inquadramento dell'area di impianto ricadente sul territorio di Monreale e Roccamena (PA) – **Lotto B** eavidotto di connessione su C.T.R. scala 1:10.000

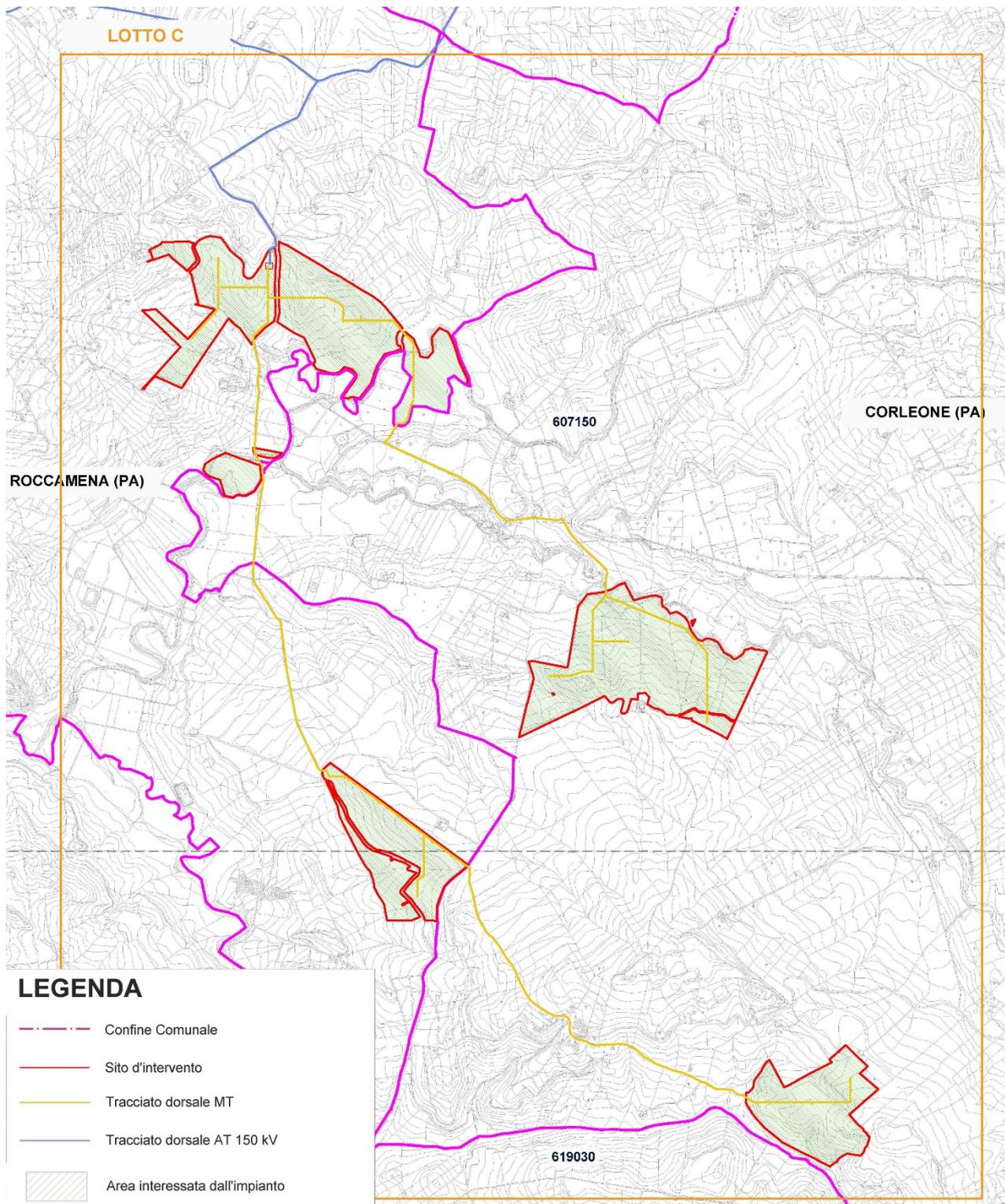


Fig. 5 C - Inquadramento dell'area di impianto ricadente sul territorio di Roccamena e Corleone (PA) – **Lotto C** e cavidotto di connessione su C.T.R. scala 1:10.000

Il dimensionamento di massima sarà realizzato con un modulo fotovoltaico composto da 132 celle fotovoltaiche in silicio monocristallino 2.357 x 1.512 mm, ad alta efficienza e connesse elettricamente in serie, per una potenza complessiva di **830 Wp**.

L'impianto sarà costituito da un totale di **430.875 moduli** per una conseguente potenza di picco pari a 367.572,00 kWp (300.000,00 kW). La conversione da corrente continua a corrente alternata sarà realizzata mediante n° **92** convertitori statici trifase (inverter) della SMA.

Le stringhe verranno collegate alle cassette di parallelo stringa della Ingecon modello STRING COMBX- 1500V ubicate su appositi supporti alloggiati sotto le strutture, protetti da agenti atmosferici e saranno realizzati in policarbonato ignifugo, dotato di guarnizioni a tenuta stagna grado isolamento IP65 cercando di minimizzare le lunghezze dei cavi di connessione.

Al fine di avere la massima efficacia ed efficienza dall'impianto, si prevede una struttura elettrica ad albero con un quadro generale in Media Tensione all'interno del locale di controllo previsto nel lotto del terreno precedentemente identificato. In considerazione di ciò, avremo linee di produzione indipendenti da collegare a valle dei locali di trasformazione e a monte dei locali di misura e consegna.

L'energia in uscita dai campi fotovoltaici al valore di tensione di 30 kV verrà elevata a 150 kV nelle stazioni di elevazione, per poi raggiungere la stazione di Utente e successivamente, tramite cavidotti AT 220 kV, la stazione di Rete. Detta stazione di consegna sarà collegata alle sbarre di parallelo della stazione RTN tramite un unico stallo esercito alla stessa tensione di rete. È prevista la soluzione con installazione a terra "non integrata" con pannelli fotovoltaici, del tipo **SDHYPER MONO**, con una potenza di picco di **830 Wp**, disposti su strutture ad inseguimento monoassiale.

Tali supporti, saranno in acciaio zincato e saranno opportunamente distanziati sia per evitare l'ombreggiamento reciproco, sia per avere lo spazio necessario al passaggio dei mezzi nella fase di installazione. Tale soluzione permette di ottimizzare l'occupazione del territorio massimizzando al contempo la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile. La struttura impiegata verrà fissata al suolo tramite zavorre in CLS armato adeguatamente dimensionate per resistere alle varie sollecitazioni.

**CABINE ELETTRICHE INVERTER TRASFORMATORE STORAGE**

**INGECON**

**SUN**

PowerStation  
1,500 Vdc

**MEDIUM VOLTAGE  
INVERTER STATION,  
CUSTOMIZED  
UP TO 7.20 MVA**

**From 2100 to 7200 kVA**

This brand new medium voltage solution integrates all the devices required for a multi-mega-watt system.

**Maximize your investment  
with a minimal effort**

Ingeteam's Inverter Station is a compact, customizable and flexible solution that can be configured to suit each customer's requirements. It is supplied together with up to four photovoltaic inverters (two dual inverters). The main equipments such as inverters and MV transformer are suitable for outdoor installation and the IP54 shelter includes in two separate compartments the MV switchgear and the LV auxiliary equipments. The LV compartment can be implemented with auxiliary devices provided by the customer and is available with forced air cooling or air conditioner cooling system.

**Higher adaptability and power density**

This PowerStation is now more versatile, as it presents the MV transformer integrated into a steel base frame together with the MV switchgear. Moreover, it features the greatest power density on the market: 326 kW/m<sup>3</sup>.

**Plug & Play technology**

This MV solution integrates power conversion equipment –up to 7.20 MVA-, liquid-filled hermetically sealed transformer up to 34,5 kV and provision for low voltage equipment. The MV Mini-Skid is delivered pre-assembled for a fast on-site connection with up to four PV inverters from Ingeteam's B Series central inverter family.

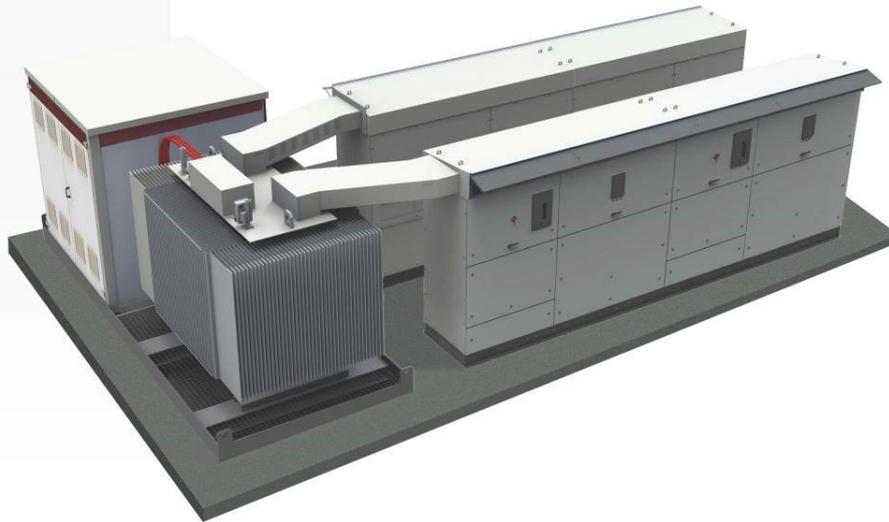
**Complete accessibility**

Thanks to the lack of housing, the inverters and the transformer can have immediate access. Furthermore, the design of the B Series central inverters has been conceived to facilitate maintenance and repair works.

**Maximum protection**

Ingeteam's B Series central inverters integrate the latest generation electronics and a much more efficient electronic protection. Apart from that, they feature the main electrical protections and they deploy grid support functionalities, such as low voltage ride-through capability, reactive power deliverance and active power injection control.

Furthermore, the electrical connection between the inverters and the transformer is fully protected from direct contact.



www.ingeteam.com  
solar.energy@ingeteam.com

**Ingeteam**

### Medium voltage inverter station, customized up to 7.20 MVA

#### CONSTRUCTION

- Steel base frame.
- Suitable for slab or piers mounting.
- Compact design, minimizing freight costs.

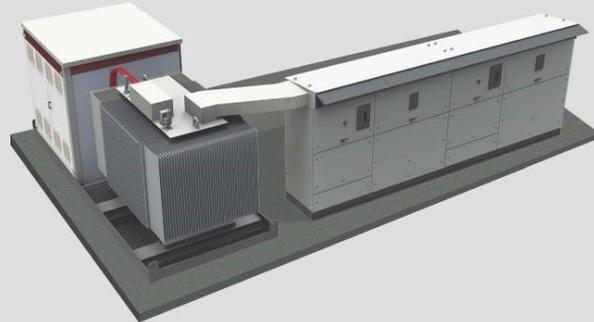
#### STANDARD EQUIPMENT

- Up to four inverters with an output power of 7.20 MVA.
- Liquid-filled hermetically sealed transformer up to 34.5 kV.
- Oil-retention tank.
- Shelter for installation of LV equipment.
- Minimum installation at project site installation at project site.

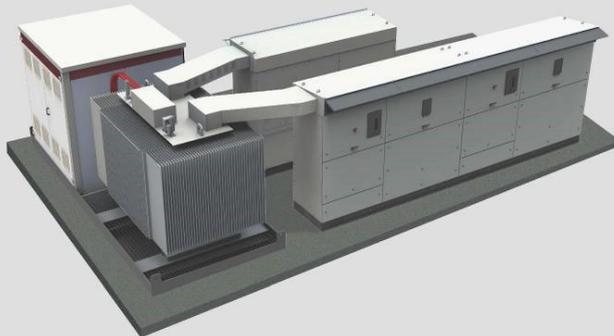
#### OPTIONS UPON REQUEST

- Electrical gear as per customer necessities: low voltage distribution panels, auxiliary transformers, SCADA panels, and integration on shelter.
- Metering equipment.
- Remote communications.
- Start-up at the system site.

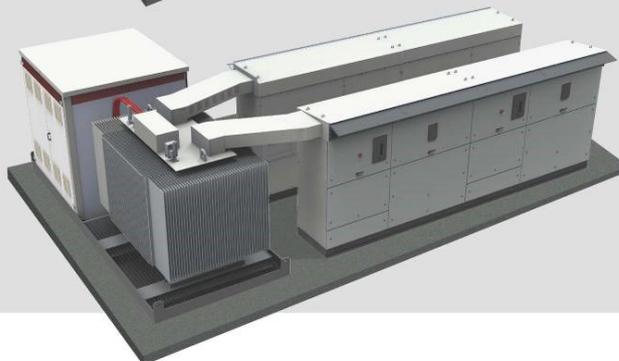
#### Three possible configurations



**Dual Inverter Station** From 2,100 up to 3,600 kVA.



**Single Inverter + Dual Inverter Station** From 3,150 up to 5,400 kVA.



**Two Dual Inverter Stations** From 4,200 up to 7,200 kVA.

**Ingeteam**

Medium voltage inverter station, customized up to 7.2 MVA

STANDARD EQUIPMENT

- From one up to four inverters with an output power of 7.2 MVA.
- Liquid-filled hermetically sealed transformer up to 34.5 kV with reduced power losses.
- LV/MV Shelter integrating the LV panel, MV switchgear and auxiliary services transformer.

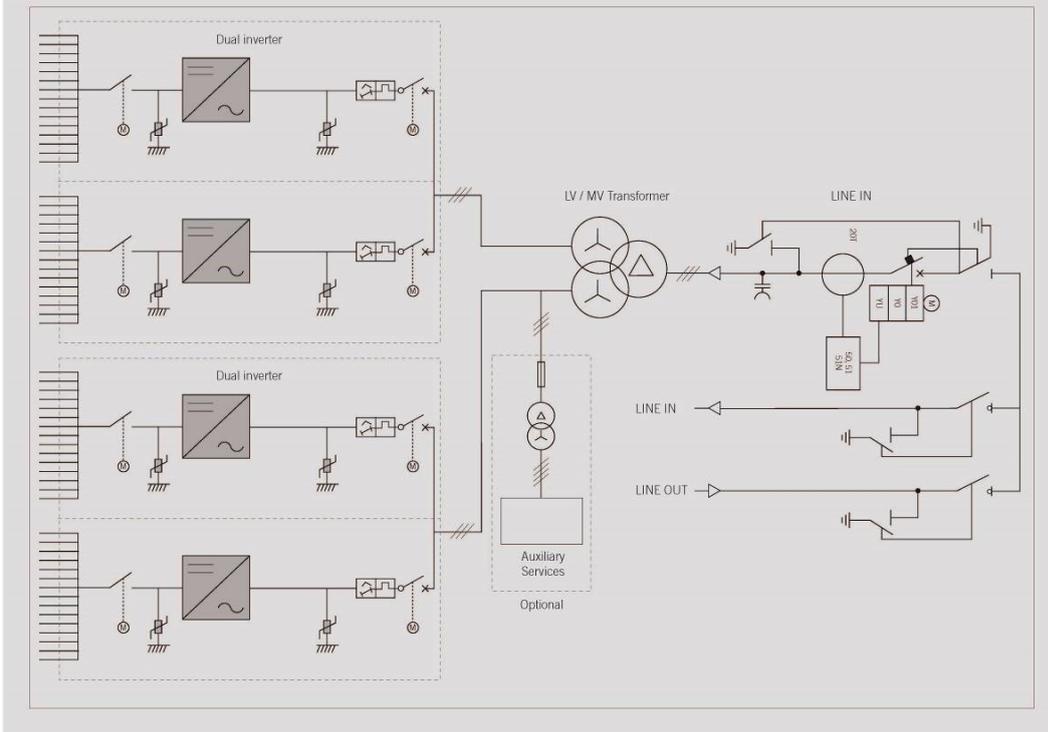
OPTIONS UPON REQUEST

- Electrical gear as per customer necessities:
- Low voltage distribution panels.
  - UPS for auxiliary services.
  - Start-up at the system site.
  - Air conditioning cooling system.
  - High-speed Ethernet / Fiber Optic communication system for a plug-and-play connection to the PPC or SCADA.
- INGECON® SUN StringBox with 16, 24 or 32 input strings.
  - Gateway for the grid operator to monitor and control the PV plant by using standard protocols, like IEC61850, IEC60870-5-101/104, DNP 3.0, etc.
  - Sand trap kit.
  - Meteo station.
  - Energy meter for the auxiliary services and/or energy production.
  - Insulation monitoring relay for the IT systems.
  - Reactive power regulation without PV power.
  - Ground connection of the PV array.

	SKL - Dual Inverter	SKL - Single + Dual Inverter	SKL - Double Dual Inverter
Number of inverters	2	3	4
Rated power @50 °C / 122 °F	3,227 kVA	4,840 kVA	6,454 kVA
Max. power @30 °C / 86 °F	3,586 kVA	5,379 kVA	7,172 kVA
Voltage class	24 - 36 kV	24 - 36 kV	24 - 36 kV
Installation altitude <sup>(1)</sup>	Up to 4,500 m (14,765 ft)	Up to 4,500 m (14,765 ft)	Up to 4,500 m (14,765 ft)
Operating temperature range	-20 °C to +60 °C / -4 °F to +140 °F	-20 °C to +60 °C / -4 °F to +140 °F	-20 °C to +60 °C / -4 °F to +140 °F

Notes: <sup>(1)</sup> For installations beyond 1,000 m (3,280 ft), please contact Ingeteam's solar sales department.

Configuration with two dual inverters



**Ingeteam**

## CABINA IN STAZIONE UTENTE

**INGECON SUN**

PowerMax Dual B Series 1,500 V<sub>dc</sub>

### Long-lasting design

These inverters have been designed to guarantee a long life expectancy. Standard 5 year warranty, extendable for up to 25 years.

### Grid support

The INGECON® SUN PowerMax B Series has been designed to comply with the grid connection requirements, contributing to the quality and stability of the electric system. These inverters therefore feature a low voltage ride-through capability, and can deliver reactive power and control the active power delivered to the grid. Moreover, they can operate in weak power grids with a low SCR.

### Ease of maintenance

All the elements can be removed or replaced directly from the inverter's front side, thanks to its new design.

### Easy to operate

The INGECON® SUN PowerMax inverters feature an LCD screen for the simple and convenient monitoring of the inverter status and a range of internal variables. The display also includes a number of LEDs to show the inverter operating status with warning lights to indicate any incidents. All this helps to simplify and facilitate maintenance tasks.

### Monitoring and communication

Ethernet communications supplied as standard. The following applications are included at no extra cost: INGECON® SUN Manager, INGECON® SUN Monitor and its Smartphone version Web Monitor, available on the App Store. These applications are used for monitoring and recording the inverter's internal operating variables through the Internet (alarms, real time production, etc.), in addition to the historical production data.

Two communication ports available for each inverter (one for monitoring and one for plant controlling), allowing fast and simultaneous plant control.

#### PROTECTIONS

- DC Reverse polarity.
- Short-circuits and overloads at the output.
- Anti-islanding with automatic disconnection.
- Insulation failure DC.
- Up to 15 pairs of fuse-holders per power block.
- Lightning induced DC and AC surge arresters, type II.
- Motorized DC switch to automatically disconnect the inverter from the PV array.
- Low voltage ride-through capability.
- Motorized AC circuit breaker.
- Hardware protection via firmware.
- Additional protection for the power stack, as it is air-cooled by a closed loop.

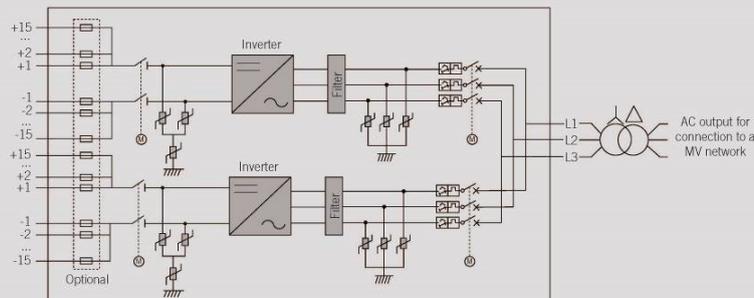
#### OPTIONAL ACCESSORIES

- Insulation failure AC.
- Grounding kit.
- Heating kit, for operating at an ambient temperature of down to -30 °F.
- DC surge arresters type I+II.
- DC fuses.
- Monitoring of the group currents at the DC input.
- PID prevention kit (PID: Potential Induced Degradation).
- Night time reactive power injection.
- Sand trap kit.
- Integrated DC combiner box.

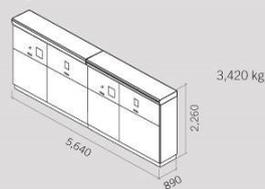
#### ADVANTAGES OF THE B SERIES

- Higher power density.
- Latest generation electronics.
- More efficient electronic protection.
- Night time supply to communicate with the inverter at night.
- Enhanced performance.
- Easier maintenance thanks to its new design and enclosure.
- Lightweight spares.
- It allows to ground the PV array.
- Components easily replaceable.

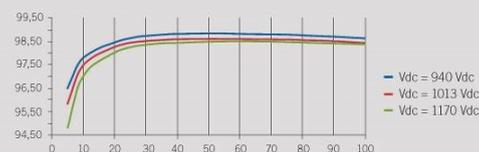
### PowerMax B Series



### Size and weight (mm and kg)



### Efficiency DUAL INGECON® SUN 1690TL B650



**Ingeteam**

	1640TL B630	1665TL B640	1690TL B650	1740TL B670	1800TL B690
<b>Input (DC)</b>					
Recommended PV array power range <sup>(1)</sup>	1,620 - 2,128 kWp	1,646 - 2,162 kWp	1,672 - 2,196 kWp	1,723 - 2,263 kWp	1,775 - 2,330 kWp
Voltage Range MPP <sup>(2)</sup>	910 - 1,300 V	922 - 1,300 V	937 - 1,300 V	965 - 1,300 V	994 - 1,300 V
Maximum voltage <sup>(3)</sup>	1,500 V				
Maximum current	1,850 A				
N° inputs with fuse holders	6 up to 15 (up to 12 with the combiner box)				
Fuse dimensions	63 A / 1,500 V to 500 A / 1,500 V fuses (optional)				
Type of connection	Connection to copper bars				
Power blocks	1				
MPPT	1				
Max. current at each input	From 40 A to 350 A for positive and negative poles				
<b>Input protections</b>					
Overvoltage protections	Type II surge arresters (type I+II optional)				
DC switch	Motorized DC load break disconnect				
Other protections	Up to 15 pairs of DC fuses (optional) / Insulation failure monitoring / Anti-islanding protection / Emergency pushbutton				
<b>Output (AC)</b>					
Power IP54 @30 °C / @50 °C	1,637 kVA / 1,473 kVA	1,663 kVA / 1,496.5 kVA	1,689 kVA / 1,520 kVA	1,741 kVA / 1,567 kVA	1,793 kVA / 1,613 kVA
Current IP54 @30 °C / @50 °C	1,500 A / 1,350 A				
Power IP56 @27 °C / @50 °C <sup>(4)</sup>	1,637 kVA / 1,449 kVA	1,663 kVA / 1,472 kVA	1,689 kVA / 1,495 kVA	1,741 kVA / 1,541 kVA	1,793 kVA / 1,587 kVA
Current IP56 @27 °C / @50 °C <sup>(4)</sup>	1,500 A / 1,328 A				
Rated voltage <sup>(5)</sup>	630 V IT System	640 V IT System	650 V IT System	670 V IT System	690 V IT System
Frequency	50 / 60 Hz				
Power Factor <sup>(6)</sup>	1				
Power Factor adjustable	Yes, 0-1 (leading / lagging)				
THD (Total Harmonic Distortion) <sup>(7)</sup>	<3%				
<b>Output protections</b>					
Overvoltage protections	Type II surge arresters				
AC breaker	Motorized AC circuit breaker				
Anti-islanding protection	Yes, with automatic disconnection				
Other protections	AC short circuits and overloads				
<b>Features</b>					
Maximum efficiency	98.9%				
Euroefficiency	98.5%				
Max. consumption aux. services	4,250 W				
Stand-by or night consumption <sup>(8)</sup>	90 W				
Average power consumption per day	2,000 W				
<b>General Information</b>					
Operating temperature	-20 °C to +60 °C				
Relative humidity (non-condensing)	0 - 100%				
Protection class	IP54 (IP56 with the sand trap kit)				
Maximum altitude	4,500 m (for installations beyond 1,000 m, please contact Ingeteam's solar sales department)				
Cooling system	Air forced with temperature control (230 V phase + neutral power supply)				
Air flow range	0 - 7,800 m <sup>3</sup> /h				
Average air flow	4,200 m <sup>3</sup> /h				
Acoustic emission (100% / 50% load)	<66 dB(A) at 10m / <54.5 dB(A) at 10m				
Marking	CE				
EMC and security standards	EN 61000-6-1, EN 61000-6-2, EN 61000-6-4, EN 61000-3-11, EN 61000-3-12, EN 62109-1, EN 62109-2, IEC62103, EN 50178, FCC Part 15, AS3100				
Grid connection standards	IEC 62116, Arrêté 23-04-2008, CEI 0-16 Ed. III, Terna A68, G59/2, BDEW-Mittelspannungsrichtlinie:2011, P.O.12.3, South African Grid code (ver 2.6), Chilean Grid Code, Ecuadorian Grid Code, Peruan Grid code, Thailand PEA requirements, IEC61727, UNE 206007-1, ABNT NBR 16149, ABNT NBR 16150, IEEE 1547, IEEE1547.1, GGC&CGC China, DEWA (Dubai) Grid code, Jordan Grid Code				

**Notes:** <sup>(1)</sup> Depending on the type of installation and geographical location. Data for STC conditions <sup>(2)</sup> V<sub>mpp,min</sub> is for rated conditions (V<sub>ac</sub>=1 p.u. and Power Factor=1) <sup>(3)</sup> Consider the voltage increase of the 'V<sub>oc</sub>' at low temperatures <sup>(4)</sup> With the sand trap kit <sup>(5)</sup> Other AC voltages and powers available upon request <sup>(6)</sup> For P<sub>out</sub>>25% of the rated power <sup>(7)</sup> For P<sub>out</sub>>25% of the rated power and voltage in accordance with IEC 61000-3-4 <sup>(8)</sup> Consumption from PV field when there is PV power available.

**Ingeteam**

**INGECON**

**SUN STORAGE**

PowerMax B Series  
1,500 V<sub>dc</sub>

**THREE-PHASE  
TRANSFORMERLESS  
BATTERY INVERTER**

**860TL B330 / 1170TL B450 / 1325TL B510 /  
1380TL B530 / 1500TL B578 / 1560TL B600 /  
1640TL B630**

The INGECON® SUN STORAGE PowerMax is a three-phase bidirectional battery inverter that can be used in grid-connected and stand-alone systems. This inverter offers a high-power density in a single power block, providing different configurable operating modes. Besides, it features the same technology as Ingeteam's PV inverters, facilitating the supply of spare parts.

**Easy maintenance**

String inverter philosophy has been applied in the design of this central inverter, facilitating the inverter usage. Moreover, the input and output lines are integrated into the same cabinet, in order to make maintenance work easier.

**Battery management**

The INGECON® SUN STORAGE PowerMax features a highly advanced battery control technology, ensuring the maximum life of the storage system. The battery temperature could be controlled at all times ensuring an enhanced lifespan of the accumulator. This inverter is 100% compatible with Ingeteam's PV inverters.

**Software included**

Included at no extra cost the software INGECON® SUN Manager for monitoring and recording the inverter data over the Internet. Ethernet communications are supplied as standard.

The INGECON® SUN STORAGE PowerMax three-phase inverter complies with the most demanding international standards.

**Standard 3 year warranty, extendable for up to 25 years**



**PROTECTIONS**

- Output short-circuits and overloads.
- Insulation failures.
- Motorized DC load break disconnect.
- IP66 protection class for the electronics.
- DC and AC surge arresters, type 2.
- Motorized AC circuit breaker.

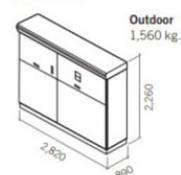
**INTEGRATED ACCESSORIES**

- Ethernet communication.
- DC pre-charge system.
- AC pre-charge system.

**OPTIONAL ACCESSORIES**

- DC fuses.
- Heating kit, for operating at an ambient temperature of -30 °C (-22 °F).

**Size (mm)**



[www.ingeteam.com](http://www.ingeteam.com)  
[solar.energy@ingeteam.com](mailto:solar.energy@ingeteam.com)

**Ingeteam**

INGECON

SUN

EMS Plant Controller

## PV PLANT CONTROL SYSTEM

The INGECON® SUN EMS Plant Controller helps the grid operator to manage the PV plant performance and to guarantee the quality and stability of the electricity supply.

### Maximum PV plant control

An advanced algorithm combined with a fast and efficient communications system, with response times of less than one second, permit precise control of the active and reactive power delivered by the plant to the grid.

The INGECON® SUN EMS Plant Controller controls the PV inverters, ensuring compliance with the grid operator's requirements at the PV plant connection point. It is also possible to manage energy storage systems and other devices such as diesel generators, through the use of INGECON® SUN STORAGE Power Max inverters.



This is a flexible system that can easily be adapted to the needs and configurations of each particular plant, whilst complying with the country-specific standards and regulations.

### Description of the complete system

A PV plant with a plant controller typically consists of:

- INGECON® SUN EMS Plant Controller, comprising two basic systems: metering and control. It can additionally incorporate a communication channel with the grid operator in order to receive the operating set-points.
- INGECON® SUN PV inverters connected to the PV array.
- INGECON® SUN STORAGE battery inverters connected to the energy storage system. Only when energy storage systems are required to cover situations in which the solar radiation is too low or to provide energy for night-time use.
- SCADA, plant monitoring system.
- Communications network. Connecting the INGECON® SUN EMS Plant Controller with the different inverters, transmitting the operating setpoints and monitoring the status of the equipment.

### Continuous communication with all the devices

The Power Plant Controller permits the dynamic reception of the grid operator's set-points. For this purpose, a number of communication protocols are incorporated such as Modbus TCP / RTU, DNP3, IEC 60870-5-101, IEC 60870-5-104 and OPC UA. Likewise, it is also possible to add digital and analogue I/O modules in order to extend the communication capabilities with third-party devices.

Furthermore, the INGECON® SUN EMS Plant Controller permits communication with the plant SCADA to transmit the connection point data. It is also possible a manual control for temporary maintenance or engineering operations.

[www.ingeteam.com](http://www.ingeteam.com)  
[solar.energy@ingeteam.com](mailto:solar.energy@ingeteam.com)

**Ingeteam**

**INGECON**

**SUN**

StringBox+StringMonitoring Box

**SIMPLE AND SAFE  
CONNECTION  
OF PHOTOVOLTAIC  
STRINGS**

160 / 240 / 320

The new INGECON® SUN StringBox is a cost-effective PV string combiner box series designed for central inverter-based PV systems. The INGECON® SUN StringBox features efficient input and output DC wiring with fully rated DC disconnect switches for safe maintenance. When used in combination with INGECON® SUN PowerMax central inverters, the INGECON® SUN StringBox outputs can be monitored by means of the optional DC input groups monitoring kit available for INGECON® SUN PowerMax B series inverter. Optionally is available the INGECON® SUN StringMonitoring Box a device for measuring and control of each PV string current. The string currents can be monitored through the built-in RS485 communication interface.

A complete range of equipment for all types of projects. Available in models ranging from 16 to 32 inputs and from 1,000 to 1,500 Vdc, the INGECON® SUN StringBox provide the maximum flexibility and expandability in system design. The compact and rugged IP65 enclosure is designed for installation in outdoor environments, such as roof-mounted systems and large-scale solar farms.

**Maximum protection**  
The INGECON® SUN StringBox combiner boxes are equipped with touch-safe DC fuse holders, DC fuses, lightning induced DC surge arresters and load disconnect switch.

**MAIN FEATURES**

- Built to minimize system costs by providing the maximum flexibility.
- Available in 16, 24 and 32 input configurations.
- 1.500 Vdc maximum voltage.
- Simplifies input and output wiring.
- Capability to connect up to 2 DC output cables per polarity.
- IP65 protection rating.
- Maximum protection to corrosion and pollution thanks to the isolating thermo plastic enclosure.

**ADDITIONAL MAIN FEATURES WITH INGECON® SUN STRINGMONITORING BOX**

- RS485 communication interface Modbus RTU.
- Current monitoring at string level.
- DC Switch status (open/closed).
- SPD status.

**PROTECTIONS**

- Up to 32 pairs of DC fuses.
- Available fuses: 10A, 12A, 15A, 16A (15A standard).
- Lightning induced DC surge arresters, type 2.
- Manual DC isolating switch.

**OPTIONAL ACCESSORIES FOR INGECON® SUN STRINGMONITORING BOX**

- PT100 input for ambient or module temperature.
- Analog inputs for meteoric sensor (i.e. Pyranometers, Solarimeters, wind speed, humidity, rain, etc).



www.ingeteam.com  
solar.energy@ingeteam.com

**Ingeteam**

**INGECON**

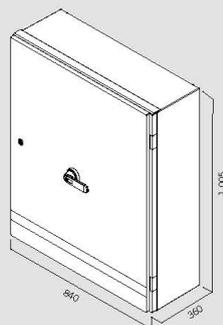
**SUN**

StringBox+StringMonitoring Box

	1,500 V		
	StringBox 160	StringBox 240	StringBox 320
<b>Input</b>			
Maximum number of input strings	16	24	32
Rated current per string	10 A	10 A	10 A
Maximum current per string	12 A	12 A	12 A
Number of protection fuses	2 x 16	2 x 24	2 x 32
Type of fuses	gPV fuses, 10 x 85 mm, 30 kA		
Maximum DC voltage	1,500 V		
Inlet connections	M32 cable glands (n.4 cables entry diameter: 3.5 to 7 mm for each cable gland) with Direct connection on fuse holders		
<b>Output</b>			
Rated total current	160 A	240 A	320 A
Maximum total current <sup>(1)</sup>	192 A	288 A	360 A
Outlet connections	Up to 2 pairs of M50 cable glands (cable diameter: 2.7 to 35 mm) with direct connection on copper plates		
DC switch disconnect rating	315 A	315 A	400 A
<b>SPD Grounding</b>			
SPD Grounding connection	M16 cable gland (cable diameter: 4.5 to 10 mm)		
<b>General Information</b>			
Enclosure type	Outdoor use, insulating cabinet (thermoplastic enclosure)		
Protection rating	IP65		
Impact strength	IK10		
Over voltage protections	Type II DC surge arrester (optional Type I DC surge arrester)		
Operating temperature range	-20 °C to +55 °C		
Relative humidity (non-condensing)	0 to 100%		
Maximum altitude <sup>(2)</sup>	2,000 m a.s.l.		
DC switch handle	External (front) access, lockable in open position		
Consumption	0 W		
Weight	32 kg	46 kg	48 kg
Marking	CE		
LV Switchgear standards	IEC 61439-1, IEC 61439-2		
Electric shock protection	Class II equipment		

**Notes:** <sup>(1)</sup> Over 50 °C ambient temperature, the current will be reduced at the rate of 3.5% every °C up to 55°C. <sup>(2)</sup> Please contact Ingeteam for altitudes higher than 2,000 m.

**Size** (mm)



StringBox 160 / 240 / 320

**Ingeteam**

## 2 GENERALITA'

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 e di valutare i livelli dei campi elettrici e magnetici generati dai dispositivi elettrici e dai conduttori in bassa e media tensione presenti nell'impianto fotovoltaico che sarà installato.

Le apparecchiature o le condutture oggetto di valutazione saranno poste all'esterno o in locali privi di personale.

Lo scopo è quello di confrontare il livello di esposizione (valutato) con i limiti di attenzione e qualità imposti dal D.P.C.M. 8/07/2003 N. 200.

Si tratta di individuare le sorgenti presenti nell'impianto e le condizioni di lavoro ordinarie.

I campi elettrici e quelli magnetici sono grandezze fisiche differenti, che però interagiscono tra loro e dipendono l'uno dall'altro al punto di essere considerati manifestazioni duali di un unico fenomeno fisico: il campo elettromagnetico.

Il campo magnetico può essere definito come una perturbazione di una certa regione spaziale determinata dalla presenza nell'intorno di una distribuzione di corrente elettrica o di massa magnetica, la cui unità di misura è l'Ampère [A/m].

Il campo elettrico può essere definito come una perturbazione di una certa regione spaziale determinata dalla presenza nell'intorno di una distribuzione di carica elettrica, la cui unità di misura è il Volt [V/m].

Il campo magnetico è difficilmente schermabile e diminuisce soltanto allontanandosi dalla linea che lo emette. Il campo elettrico è invece facilmente schermabile da parte di materiali quali legno o metalli, ma anche alberi o edifici.

Questi campi si concatenano tra loro per determinare nello spazio la propagazione di un campo chiamato elettromagnetico (CEM).

Le caratteristiche fondamentali che distinguono i campi elettromagnetici e ne determina le proprietà sono la frequenza [Hz] e la lunghezza d'onda [m], che esprimono tra l'altro il contenuto energetico del campo stesso.

Col termine inquinamento elettromagnetico si riferisce alle interazioni fra le radiazioni non ionizzanti (NIR) e la materia.

I campi NIR a bassa frequenza sono generati dalle linee di trasporto e distribuzione dell'energia

elettrica ad alta, media e bassa tensione, e dagli elettrodomestici e i dispositivi elettrici in genere.

Con riferimento specifico alle linee di vettoriamento dell'energia elettrica dai produttori agli utilizzatori, si possono distinguere diversi tipi di elettrodotto, in base alla tensione di alimentazione:

- a) Linee elettriche di trasporto ad altissima tensione (380 kV): collegano le centrali di produzione alle stazioni primarie dove la tensione viene abbassata dal valore di trasporto a quello delle reti di distribuzione (ambito super- regionale);
- b) Linee elettriche di distribuzione o linee di subtrasmissione ad alta tensione (132 kV e 220 kV): partono dalle stazioni elettriche primarie ed alimentano le grandi utenze o le cabine primarie da cui originano le linee di distribuzione a media tensione;
- c) Linee elettriche di distribuzione a media tensione (15 kV): partono dalle cabine primarie ed alimentano le cabine secondarie e le medie utenze industriali e talvolta utenti particolari;
- d) Linee elettriche di distribuzione a bassa tensione (220 – 380 V): partono dalle cabine secondarie e alimentano gli utenti della zona.

Per i campi a bassa frequenza (elettrodotti, apparecchi elettrici) si misura l'intensità del campo elettrico [V/m] e l'induzione magnetica[T], ma generalmente in millesimi di Tesla [mT], e milionesimi di Tesla [ $\mu$ T].

La crescente domanda di energia elettrica e di comunicazioni ha prodotto negli ultimi anni un aumento considerevole del numero di linee elettriche e di stazioni radio base per la telefonia cellulare. Ciò ha comportato un aumento dei CEM nell'ambiente in cui viviamo e quindi dell'esposizione della popolazione alle radiazioni elettromagnetiche.

Per l'impianto in questione in particolare, saranno valutate le emissioni elettromagnetiche dovute agli inverter, ai cavidotti e alla stazione utente per la trasformazione.

Si individueranno, in base al DM del MATTM del 29.05.2008, le DPA (Distanze di Prima Approssimazione) per le opere sopra dette. Nel presente studio sono state prese in considerazione le condizioni maggiormente significative al fine di valutare la rispondenza ai requisiti di legge dei nuovi elettrodotti.

Verrà riportata l'intensità del campo elettromagnetico sulla verticale dei cavidotti e nelle immediate vicinanze, fino ad una distanza massima di 15 m dall'asse del cavidotto; la rilevazione del campo magnetico è stata fatta alle quote di 0m, +1,5m, +2m, +2,5m e +3m dal livello del suolo.

Si fa presente che la quota di +1,5m dal livello del suolo è la quota nominale cui si fa riferimento nelle misure di campo elettromagnetico.

### 3 INQUADRAMENTO NORMATIVO

L'art. 3 del DPCM del 8 luglio 2003, decreto attuativo della legge quadro 36/2001, stabilisce i limiti di esposizione e i valori di attenzione per campi elettrici e magnetici generati da elettrodotti per la trasmissione di energia elettrica a 50 Hz. L'articolo dispone che, 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 5 V/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.

In generale il sistema di protezione dagli effetti delle esposizioni agli inquinanti ambientali distingue tra:

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

In Italia la normativa in materia di inquinamento elettromagnetico, e nello specifico campo delle radiazioni non ionizzanti quali gli ELF, è molto frammentaria. È stata approvata in Parlamento la L. n. 36 del 22/02/01, "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici".

La legge n.36/2001 ricorre a differenti strumenti di prevenzione e controllo, intervenendo sulle sorgenti dei campi elettromagnetici, con lo scopo di ridurre ai livelli più restrittivi le loro produzioni e quindi diminuendo l'esposizione della popolazione. Oggetto della normativa sono infatti gli impianti e le apparecchiature per usi civili, militari e delle forze di polizia, che possano comportare l'esposizione dei lavoratori e della popolazione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici con frequenze comprese tra 0 Hz e 300 GHz.

L'aspetto innovativo della legge quadro italiana riguarda l'introduzione dei "valori di attenzione" così da considerare anche gli effetti di lungo e medio termine sulla popolazione; nella L. 36/01 sono, infatti, definiti:

- Limite di esposizione: valore di campo elettrico, magnetico, elettromagnetico (considerato come valore di immissione), da considerarsi come limiti inderogabili a

tutela della salute umana da effetti acuti di esposizione;

- Valore di attenzione: valore di campo elettrico, magnetico, elettromagnetico definiti a fine cautelativo per la protezione della popolazione da effetti cronici dei campi elettromagnetici nel caso di abitazioni, scuole e permanenze prolungate;
- Obiettivi di qualità: volti a prefigurare i progressivi e gradualmente miglioramenti della qualità ambientale, in una prospettiva temporale di durata.

Si suddividono in:

- criteri localizzativi, standard urbanistici, prescrizioni ed incentivi per l'utilizzo delle BAT;
- valori di campo elettrico, magnetico, elettromagnetico, definiti dallo Stato, per il raggiungimento di una progressiva minimizzazione dell'esposizione a tali campi.

È chiaro quindi che i valori di attenzione (come, per esempio, i 6 V/m del Decreto Ministeriale sulle radiofrequenze) e gli obiettivi di qualità (come il valore di 0,2  $\mu$ T della Legge della Regione Veneto sugli elettrodotti) non devono essere considerati come soglie di sicurezza, ma come riferimenti operativi per il conseguimento di obiettivi di tutela da possibili effetti di lungo periodo nell'applicazione del "principio cautelativo".

Non essendoci ancora i decreti applicativi della legge quadro L. 36/01, ci si riferisce, per le basse e bassissime frequenze, al D.P.C.M. 23/04/92 e al D.P.C.M. 28/09/95.

Il D.P.C.M. 23/04/92 in materia di "Limiti massimi di esposizione ai campi elettrico e magnetico generati alla frequenza industriale nominale (50 Hz) negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno", è limitato alla tutela dell'esposizione della popolazione e presenta limiti d'esposizione per la protezione degli effetti accertati a breve termine. Il Decreto prevede inoltre le distanze di sicurezza dagli elettrodotti per garantire il rispetto di limiti di esposizione.

Caratteristiche dell'esposizione	Intensità del campo elettrico [kV/m]	Induzione magnetica [mT]	Distanze di rispetto
Aree in cui l'esposizione è ridotta a poche ore giornaliere	10	1	Linee a 132 kV 10 m, Linee a 220 kV 18 m, Linee a 380 kV 28 m
Aree in cui si trascorre una parte significativa della giornata	5	0,1	

Tabella 1.1 - Valori di induzione magnetica e distanze di rispetto

Il D.P.C.M 28/09/95 in materia di "Norme tecniche procedurali di attuazione del D.P.C.M. 23/04/92 limitatamente agli elettrodotti", limita, in una prima fase, le azioni di risanamento al rispetto dei limiti di esposizione e fissa il termine per il completamento delle azioni di risanamento al 31/12/04.

I riferimenti adottati sono quelli del D.P.C.M. 23/04/92 per i valori di induzione magnetica e delle distanze di rispetto dagli elettrodotti.

Normativa	Limiti previsti	Campo B ( $\mu$ T)	Campo E (kV/m)
DPCM 08/07/2003	Limite di esposizione	100	5
	Valore si attenzione (24 ore di esposizione)	10	-
	Obbiettivo di qualità	3	-
DPCM 23/04/1992	Limite esposizione intera giornata	100	5
	Limite esposizione per poche ore	1000	10
1999/512/CE	Livelli di riferimento	100	5

Tabella 1.2 - Norme tecniche procedurali di attuazione

## 4 SORGENTI DI CEM NEI SISTEMI ELETTRICI

I sistemi elettrici di potenza (costituiti da centrali, stazioni e linee elettriche) costituiscono particolari sorgenti di campi elettromagnetici che in dipendenza della loro frequenza di funzionamento (50 Hz) vengono definiti come sorgenti ELF (Extremely Low Frequency).

I sistemi di potenza sono costituiti da sottosistemi a differenti tensioni di esercizio:

altissima tensione	AAT	(da 220 kV a 380 kV);
alta tensione	AT	150/220 kV
media tensione	MT	(da 1 kV a 30 kV);
bassa tensione	BT	(400 V)

Attualmente, il sistema elettrico nazionale è gestito per la maggioranza dall'ENEL e, per una porzione inferiore, dalle Aziende Elettriche Municipalizzate e dalle Ferrovie dello Stato.

Nelle tabelle 2.1 e 2.2 vengono riportati i valori indicativi dei campi elettrico e magnetico esistenti al di sotto degli elettrodotti.

In tabella 2.3 è riportata la lunghezza, suddivisa per regione, delle tipologie di linee elettriche ad AAT e AT, appartenenti all'ENEL, in cui, per ciascuna tipologia di linea considerata, viene mostrata anche la lunghezza in rapporto alla superficie regionale.

Nella tabella 2.4 è illustrata la consistenza del sistema elettrico nazionale.

Tensione della linea elettrica (kv)	Campo elettrico al suolo in (V/m) (valori massimi)
380	5000 - 6000
220	2000 - 2500
130 - 150	1000 - 1500
15	100 - 300

Tabella 2.1 Campo elettrico sotto le linee aree AT e MT (ad 1 m dal suolo a metà tracciato)

Tensione della linea elettrica (kv)	Induzione Magnetica ( $\mu$ T) (valori massimi)
380 (1500 A)	16 - 21
220 (550 A)	7
130 (300 A)	5
15 (150 A)	0,3

Tabella 2.2 Campo magnetico sotto le linee aree AT e MT (ad 1 m dal suolo a metà tracciato)

Regione	L	L	L	L	L	L/S(1)
	380	220	30-150	/S(1)	/S(1)	30-150
	Kv	kV	kV	380	220	kV
	(km)	(km)	(km)	kV	kV	(km4)
				(km4)	(km4)	
Abruzzo	232	319	1064	2	3	10
Basilicata	189	140	875	2	1	9
Calabria	399	142	1852	3	1	13
Campania	572	674	1800	4	5	14
Emilia R.	936	395	2446	4	2	11
Friuli V.G.	165	255	962	2	3	12

Lazio	1334	338	2187	8	2	13
Liguria	192	413	815	4	8	15
Lombardia	1233	795	4829	5	3	20
Marche	216	175	1214	2	2	13
Molise	44	28	397	1	1	9
Trentino	0	788	816	0	6	6
Piemonte	827	1042	3292	3	4	13
Puglia	1004	124	2195	5	1	11
Sardegna	301	1227	2206	1	5	9
Sicilia	248	1538	3106	1	6	12
Toscana	1074	624	2703	5	3	12
Umbria	71	166	887	1	2	10
V. D'Aosta	130	238	229	4	7	7
Veneto	600	866	3357	3	5	19
Totale	9767	10337	37232	3	4	13

Tabella 2.3 Lunghezza (L) delle linee elettriche ENEL diversificate per tensione e per regione in valore assoluto e normalizzata alla superficie (S) regionale (comunicazione ENEL del 1999)

	ENEL	Aziende Municipalizzate	FS	Funzione	Tracciati
Tipologia	Linee AAT	Linee AAT	Linee AAT	Sono dedicate al trasporto e sono l'ossatura del sistema elettrico nazionale: collegano gli imèianti di produzione.  Interessano di norma ambiti super regionali	Non interessano in pratica le aree urbanizzate
Tensione	(220/380 kV)	(220 kV)	(220 kV)		
Lunghezza	20.600 km	2.075 km	11 km		
Tipologia	Linee AT	Linee AT	Linee AT	Partono dalle 299 stazioni elettriche ed alimentano le cabine primarie o clienti particolari: rispondono ad esigenze di sviluppo del servizio su scala regionale	Interessano solo marginalmente le aree urbanizzate
Tensione	(132/150 kV)	(120/150 kV)	(132/150 kV)		
Lunghezza	36.500 km	1.985 km	6.177 km		
Tipologia	Linee MT	Linee MT	Linee MT	Partono dalle 1.774 cabine primarie ed alimentano le cabine secondarie o clienti particolari	Interessano spesso le aree urbanizzate
Tensione	(15/20kV)				
Lunghezza	322.000 km	28.200 km	5.000 km		
Tipologia	Linee BT	Linee BT		Partono dalle 394.000 cabine secondarie ed alimentano i singoli clienti	Interessano le aree urbanizzate
Tensione	(380 kV)				
Lunghezza	685.000 km	126.000 km			

Tabella 2.4 Consistenza del sistema elettrico nazionale

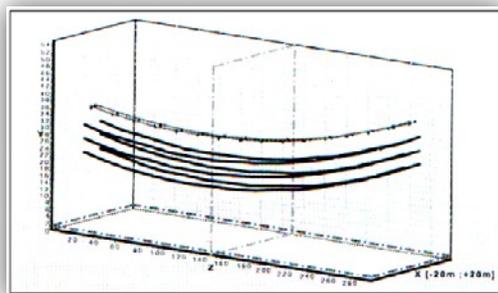
Quasi la totalità della distribuzione di energia in Italia è ottenuta con linee aeree. Pur non conoscendo i reali rischi associati alla presenza di campi elettromagnetici a frequenza industriale, si cerca di trovare modelli per valutare i campi generati dai diversi elettrodotti, ed i possibili rimedi per abbassare questi livelli di campo.

L'approssimazione quasi-statica permette di analizzare i due campi, elettrico e magnetico, in modo separato.

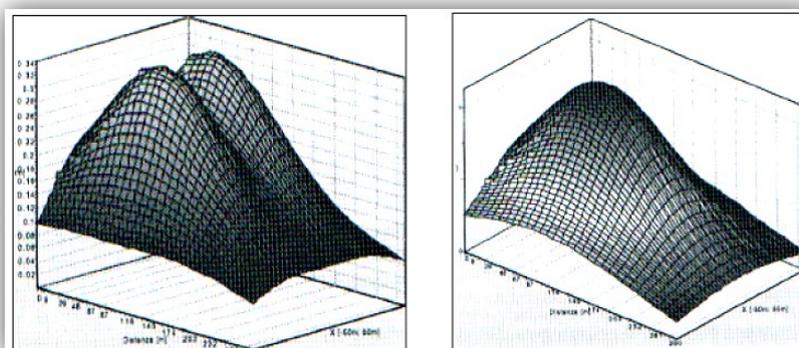
Il campo elettrico prodotto da un sistema polifase di conduttori posti entro uno spazio imperturbato è esprimibile con un vettore di intensità  $E$  che ruota in un piano trasversale rispetto ai conduttori descrivendo un'ellisse. Esso è sempre presente appena la linea si mette in tensione indipendentemente dal fatto che essa trasporti o meno potenza.

Il campo magnetico  $H$  è un vettore ortogonale al campo elettrico, ed è associato alla corrente (quindi alla potenza) trasportata. Nel caso di un sistema polifase in corrente alternata, il vettore campo magnetico nasce dalla composizione dei contributi di tutte le correnti circolanti nei conduttori e, come per il campo elettrico, ruota su un piano trasversale descrivendo un'ellisse.

La figura seguente mostra una tipica campata (con pali di estremità a dislivello) di una linea 132 kV, 300 A a doppia terna:



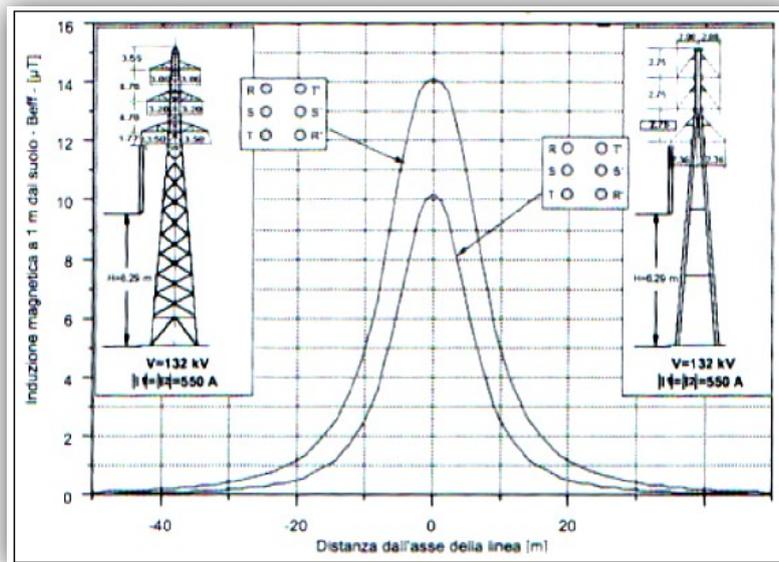
Le figure successive mostrano la distribuzione spaziale del campo elettrico (a sinistra) e dell'induzione magnetica (a destra) sotto una linea di distribuzione dell'energia elettrica:



Considerando i valori ad una altezza di 1,5 m dal suolo, e sotto al punto più basso della campata che dista dal suolo circa 18 m, il campo elettrico mostra due massimi pari a circa 0,28 kV/m, mentre l'induzione magnetica ha un solo massimo, pari a circa 1 $\mu$ T.

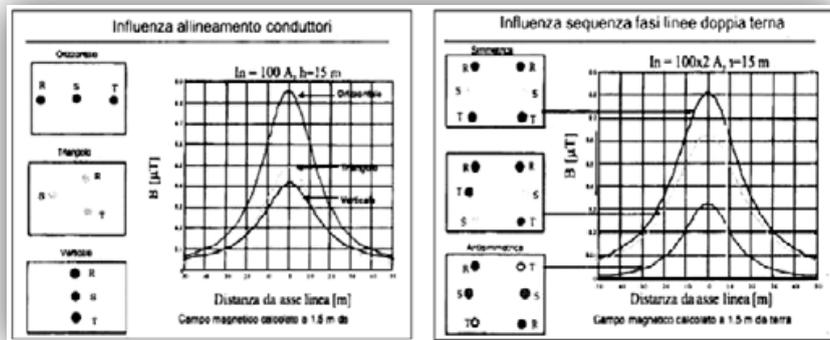
Esistono opportuni accorgimenti tecnici per ridurre tali valori.

Come mostra la figura seguente, con un supporto a "V" si riesce ad avvicinare una doppia terna unificata a 132 kV ottenendo una linea compatta, con una riduzione da 14  $\mu$ T a 10  $\mu$ T proprio sotto la linea.



Dalle due figure seguenti si nota come anche l'allineamento dei conduttori, da orizzontale a verticale, riesca a ridurre l'induzione di campo da 0,85 µT a 0,42 µT.

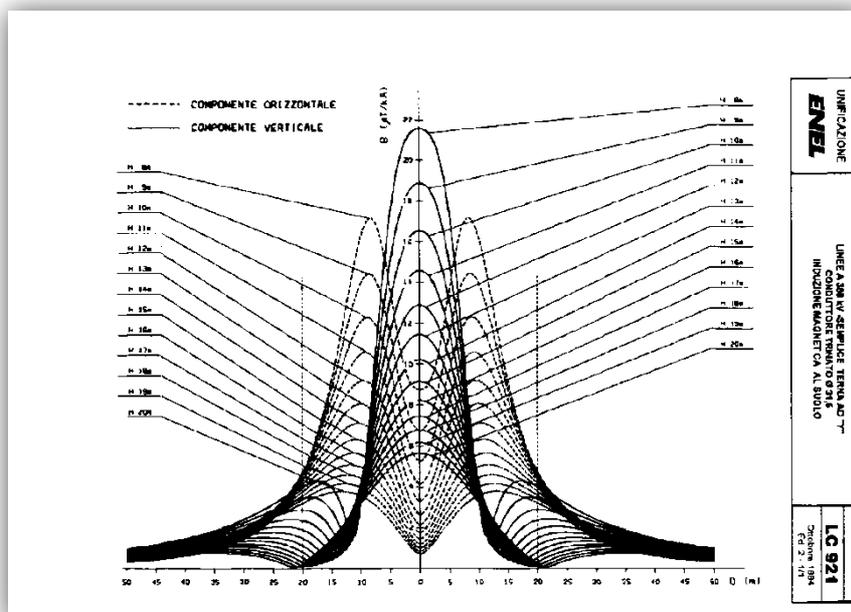
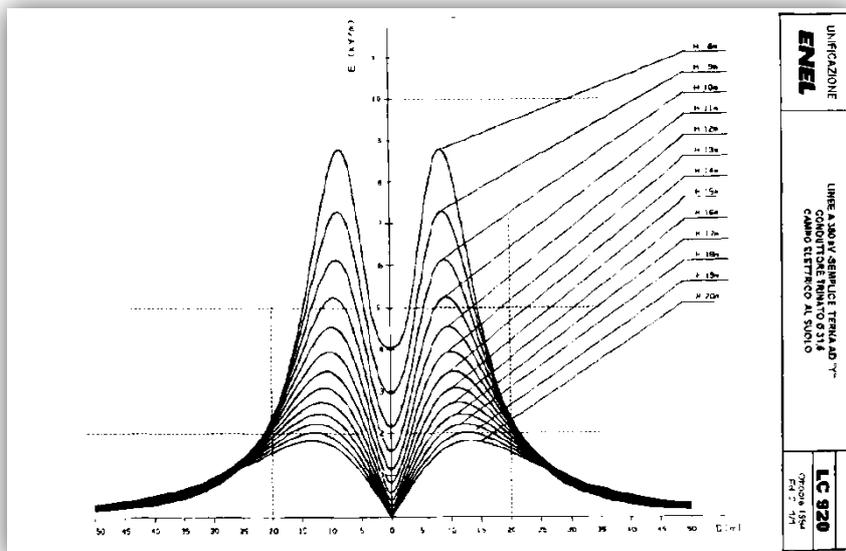
Cambiando la disposizione delle fasi dalla situazione simmetrica a quella antisimmetrica si ottiene una riduzione da 0,8 µT a 0,32 µT.



L'utilizzo di terne multiple è una soluzione che si ottiene dallo sdoppiamento dei conduttori, ottenendo da una singola terna due terne antisimmetriche, con una riduzione fino al 90% dell'induzione magnetica.

Nelle figure successive sono riportati gli andamenti dei campi elettrico e magnetico al suolo in funzione della distanza dall'asse di una linea elettrica aerea ad alta tensione.

I valori sono rapidamente decrescenti all'aumentare della distanza dall'asse linea; sono inoltre decrescenti in senso longitudinale (lungo la linea) dal punto più basso della catenaria.



In normali condizioni atmosferiche, il campo elettrico tra la superficie terrestre e la ionosfera è di 200 V/m. Nel corso di un temporale, ad esempio, tale valore cresce di molto, fino a raggiungere anche i 20000 V/m. Campi di intensità simile a quella riconducibile ad un temporale possono essere riconducibili alla carica elettrostatica dei pavimenti, sempre tenendo presente che l'intensità di tali campi decresce rapidamente con la distanza.

Il campo elettrico misurato direttamente su una linea di alta tensione può arrivare fino a 6000 V/m, mentre allontanandosi di 50 m dai conduttori si assesta nel range 200 – 500 V/m. In prossimità di apparecchi elettrici (fino ad una distanza di 30 cm circa) i valori dei campi che si generano raggiungono circa 200 V/m. Il valore dell'inquinamento derivato agli impianti elettrici di una civile abitazione tipo, a causa principalmente delle linee elettriche che passano all'interno delle pareti, è normalmente compreso fra 5 e 40 V/m.

Il campo magnetico della terra è compreso fra 30 e 60  $\mu\text{T}$ . Una semplice calamita ha un campo magnetico di 4500  $\mu\text{T}$  (4.5 T); il magnete di un comune altoparlante presenta valori di circa 100000  $\mu\text{T}$  (100 T). Come per il campo elettrico, i valori sopra riportati sono significativi per distanza dalla sorgente di circa 1 cm. Aumentando la distanza a pochi centimetri, il campo magnetico non risulta più rilevabile dalla strumentazione.

I campi magnetici vengono generati anche da apparecchi elettrici e da impianti tecnici. All'interno di una metropolitana il campo è di circa 80  $\mu\text{T}$ . In caso di esposizione a una linea di alta tensione, il campo magnetico assume valori di 16  $\mu\text{T}$ , mentre a 50 m di distanza dall'asse dei conduttori scende fino a 3  $\mu\text{T}$ . A una distanza massima di 30 cm da apparecchi elettrici e linee di corrente vi sono circa 40  $\mu\text{T}$ . Il normale inquinamento connesso ad un impianto domestico è compreso fra 0.05 e 0.1  $\mu\text{T}$ .

I fattori che influenzano il campo magnetico, prodotto da un cavo interrato, sono: distanza tra le fasi, profondità di posa, geometria di posa e le correnti indotte dal campo magnetico stesso nelle guaine metalliche.

Sostanzialmente ci sono tre modi diversi per posare un cavo interrato:

- posa piana: i tre cavi sono disposti in una linea orizzontale;
- a trifoglio: sono disposti uno vicino all'altro a 120°;
- a separazione di fasi: con l'ausilio di cinque cavi, la terra al centro e gli altri quattro messi in modo che ogni coppia di fasi abbia nel mezzo il cavo di terra.

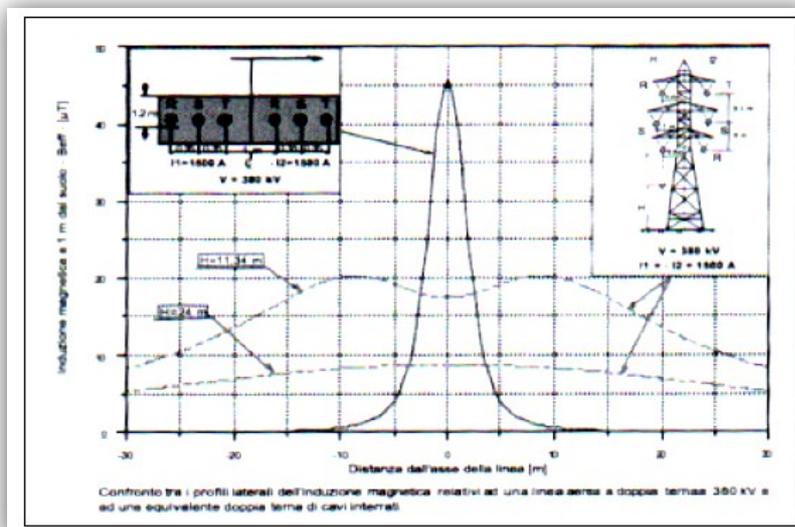
Oltre alla disposizione si può introdurre anche uno schermo più o meno aperto che abbassa ulteriormente il campo magnetico in superficie.

Quello che però risulta più interessante è il confronto tra una linea aerea e una in cavo.

Come si vede nella figura successiva, vengono confrontate due linee a doppia terna a 380 kV, una aerea (con il cavo più basso distante dal suolo 11,34 m) ed una interrata (con una profondità di posa pari a 1,2 m).

Entro i 3 m la linea interrata presenta un'induzione di 45  $\mu\text{T}$ , maggiore di quasi 20  $\mu\text{T}$  rispetto a quella aerea.

Superati i 10 m, la linea interrata presenta un'induzione magnetica di circa 1  $\mu\text{T}$  rispetto ai quasi 20  $\mu\text{T}$  di quella aerea.



## 5 CALCOLO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI

---

### 5.1 Campi elettromagnetici impianto fotovoltaico

#### Moduli fotovoltaici

I moduli fotovoltaici lavorano in corrente e tensione continue e non in corrente alternata; per cui la generazione di campi variabili è limitata ai soli transitori di corrente (durante la ricerca del MPP da parte dell'inverter e durante l'accensione o lo spegnimento) e sono comunque di brevissima durata.

Nella certificazione dei moduli fotovoltaici alla norma CEI 82-8 (IEC 61215) non sono comunque menzionate prove di compatibilità elettromagnetica, poiché assolutamente irrilevanti.

#### 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).

A questo scopo gli inverter prescelti possiedono la certificazione di rispondenza alle normative di compatibilità elettromagnetica (EMC) (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%;
- Disturbi alle trasmissioni di segnale operate dal gestore di rete in super-imposizione alla trasmissione di energia sulle sue linee;

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

Le questioni di compatibilità elettromagnetica concernenti i buchi di tensione (fino ai 3 s in genere) sono in genere dovute al coordinamento delle protezioni effettuato dal gestore di rete locale.

### **Linee elettriche in corrente alternata**

Per quanto riguarda il rispetto delle distanze da ambienti presidiati ai fini dei campi elettrici e magnetici, si è tenuto conto del limite di qualità dei campi magnetici, fissato dalla suddetta legislazione a 3  $\mu$ T.

La tipologia di cavidotti presenti nell'impianto prevede, all'interno del campo fotovoltaico, 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 $\mu$ T, anche in condizioni limite con conduttori di sezione elevata, venga raggiunto già a brevissima distanza (50 - 80 cm) dall'asse del cavo stesso.

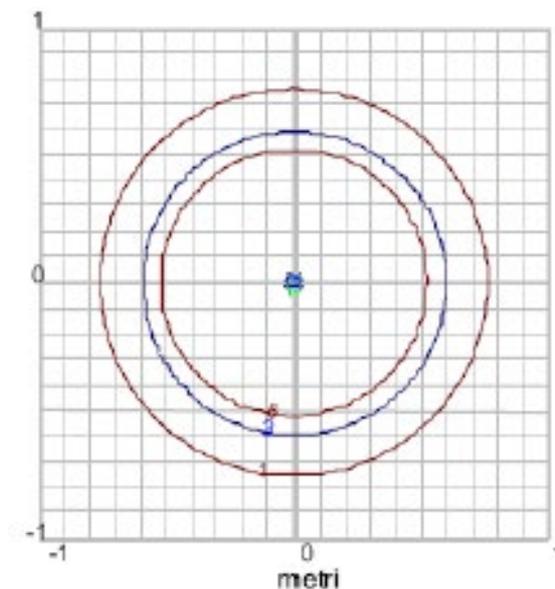


Fig. 6: Curve di equilivello per il campo magnetico di una linea MT in cavo elicordato interrata (dalla Norma CEI 106-11)

Si fa notare peraltro 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.

### Cabine elettriche Inverter trasformatore Storage

Per quanto riguarda i componenti dell'impianto sono da considerare le cabine elettriche di trasformazione, all'interno delle quali, la principale sorgente di emissione è il trasformatore BT/MT.

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 segue:

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

dove:

$DPA$  = distanza di prima approssimazione (m)

$I$  = corrente nominale (A)

$x$  = diametro dei cavi (m)

Considerando che  $I = 6693$  A e che il cavo scelto sul lato BT del trasformatore è  $3 \times (7 \times 300)$  mm<sup>2</sup>, con diametro esterno pari a circa **34,60** mm, si ottiene una  $DPA$ , arrotondata per eccesso all'intero superiore, pari a **6** m. D'altra parte, nel caso in questione la cabina è posizionata all'aperto e normalmente non è permanentemente presidiata.

Inverter	
Dati utili ai calcoli	Valore
tensione nominale	30 kV
tipologia collegamenti	cavo 630 mm <sup>2</sup> interrato, profondità 1,0 m da p.c.
DPA	6 m

### Cabina elettrica MT

Per quanto riguarda i componenti dell'impianto resta da considerare la cabina elettrica MT d'impianto, alla quale confluiscono i cavidotti MT provenienti dalle cabine di trasformazione, all'interno della quale, la principale sorgente di emissione sono le stesse correnti dei quadri MT, in quanto in questo caso il trasformatore MT/BT è utilizzato solo per l'alimentazione dei servizi ausiliari. La massima corrente BT, considerando un trasformatore da 100 kVA, è pari a 145 A. Mentre la massima corrente MT dovuta alla massima produzione è pari a circa 645 A.

Come già indicato precedentemente, i cavi impiegati nei collegamenti in MT prevedono sezioni massime di 630 mm<sup>2</sup>, ma comunque in configurazione di trifoglio elicordato, per cui si potrebbe considerare più che sufficiente la fascia di rispetto di 1 m.

D'altra parte, anche nel caso in questione la cabina normalmente non è presidiata, quindi viene rispettato l'obiettivo qualità.

### Altri cavi

Altri campi elettromagnetici dovuti al monitoraggio e alla trasmissione dati possono essere trascurati, essendo le linee dati realizzate normalmente in cavo schermato.

## 5.2 Campi elettromagnetici delle opere connesse

### 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. Per quanto riguarda il valore del campo elettrico, trattandosi di linee interrate, esso è da ritenersi insignificante grazie anche all'effetto schermante del rivestimento del cavo e del terreno. Nel seguito verranno pertanto esposti i risultati del solo calcolo del campo magnetico.

Visto l'impianto fotovoltaico, è stata esaminata come unica situazione significativa ai fini del calcolo dell'intensità del campo di induzione magnetica, quella generata dai tratti di posa dei cavi che evacuano la potenza elettrica generata nelle cabine di trasformazione MT/AT alla stazione di elevazione 30/150 kV, posti in parallelo alla distanza di circa 25 cm con terna di cavi che trasporta verso la medesima stazione di elevazione, l'intera potenza dell'impianto agro-fotovoltaico, caratterizzato dalle sezioni riportate nelle seguenti figure:

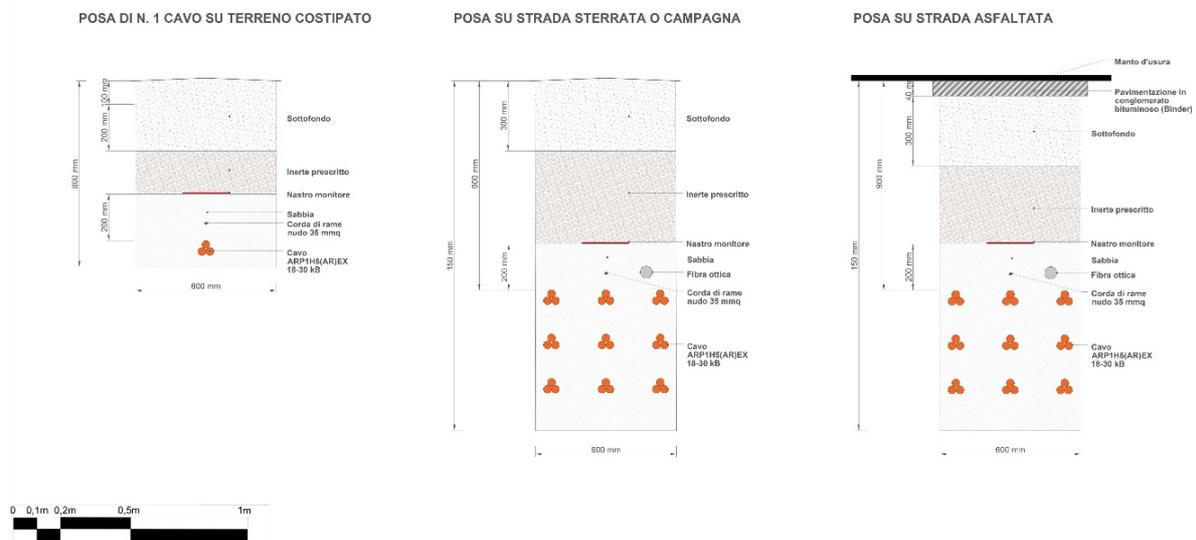


Fig.7: Sezione tipica di posa della linea in cavo

All'interno del cavidotto in esame si trovano terne di cavi MT isolati a 30 kV che trasferiscono l'intera potenza dell'impianto agro-fotovoltaico verso la stazione di elevazione 30/150kV.

La corrente massima che può interessare le linee di collegamento MT per l'impianto in oggetto è la seguente:

$$I_{b\_max} = \frac{P_{max}}{\sqrt{3}V_n \cos\varphi} = \frac{20 \cdot 10^6}{0,95 \cdot \sqrt{3} \cdot 30 \cdot 10^3} = 405,4$$

Nel calcolo, essendo il valore della induzione magnetica proporzionale alla corrente transitante nella linea, è stata presa in considerazione la configurazione di carico che prevede, come detto, una posa dei cavi a trifoglio, ad una profondità di 1 m, con un valore di corrente di 725 A, pari alla portata massima della linea elettrica in cavo, secondo la Norma CEI 20-21. La configurazione dell'elettrodotto, **nel caso peggiorativo**, è quella di assenza di schermature e distanza minima dei conduttori dal piano viario. Il calcolo è stato effettuato a differenti altezze.

Nella seguente Figura 8 è riportato l'andamento dell'induzione magnetica per una sezione trasversale a quella di posa, considerando che lungo il tracciato del cavidotto saranno posate due terne di cavi, relative a due differenti impianti fotovoltaici, nella medesima trincea. Non è invece rappresentato il calcolo del campo elettrico prodotto dalla linea in cavo, poiché in un cavo schermato il campo elettrico esterno allo schermo è nullo.

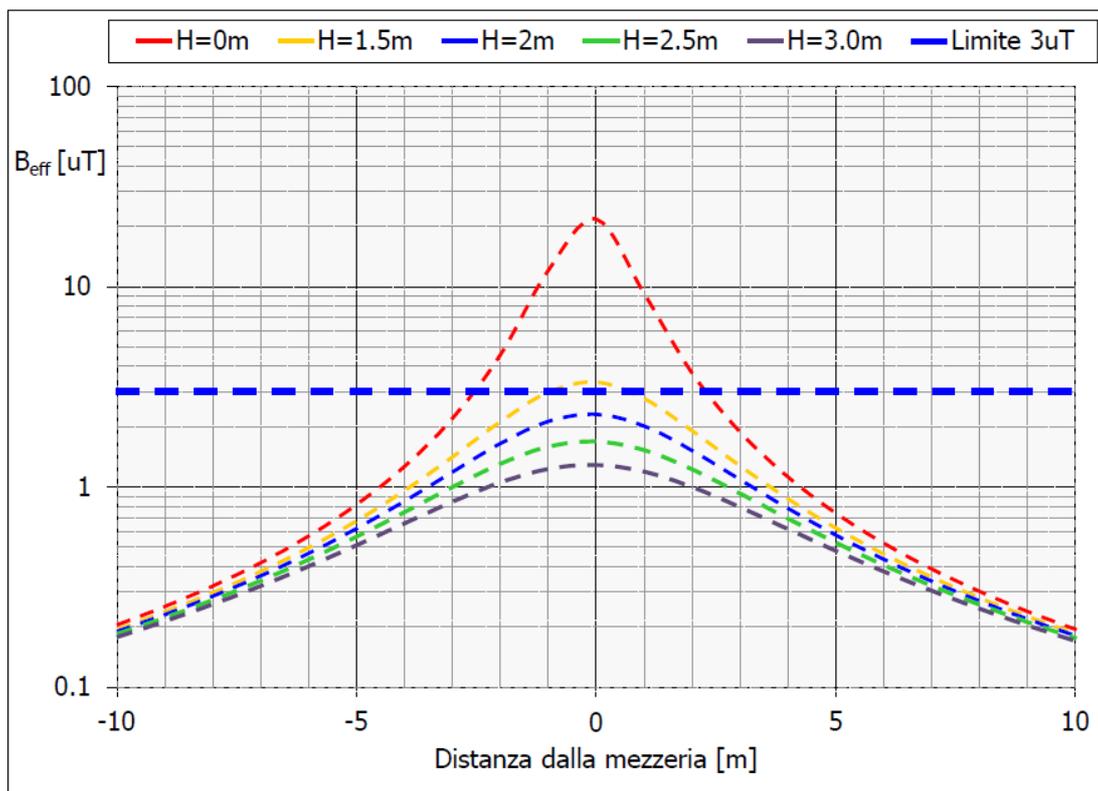


Fig. 8: Andamento dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo per la massima corrente del cavo

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

È da notare che la condizione di calcolo è ampiamente cautelativa, in quanto la corrente che fluirà nel cavidotto sarà quella prodotta dall'impianto fotovoltaico, che, come detto, è pari a 645 A nelle condizioni di massima erogazione.

Se si tiene conto della effettiva corrente, il grafico sopra riportato si modifica come in figura seguente, dove per ciascuna delle terne si è considerato un valore di corrente pari alla corrente di impiego, e cioè 645 A. In tal caso il valore di  $3 \mu\text{T}$  è raggiunto a circa 1,85 m dall'asse del cavidotto.

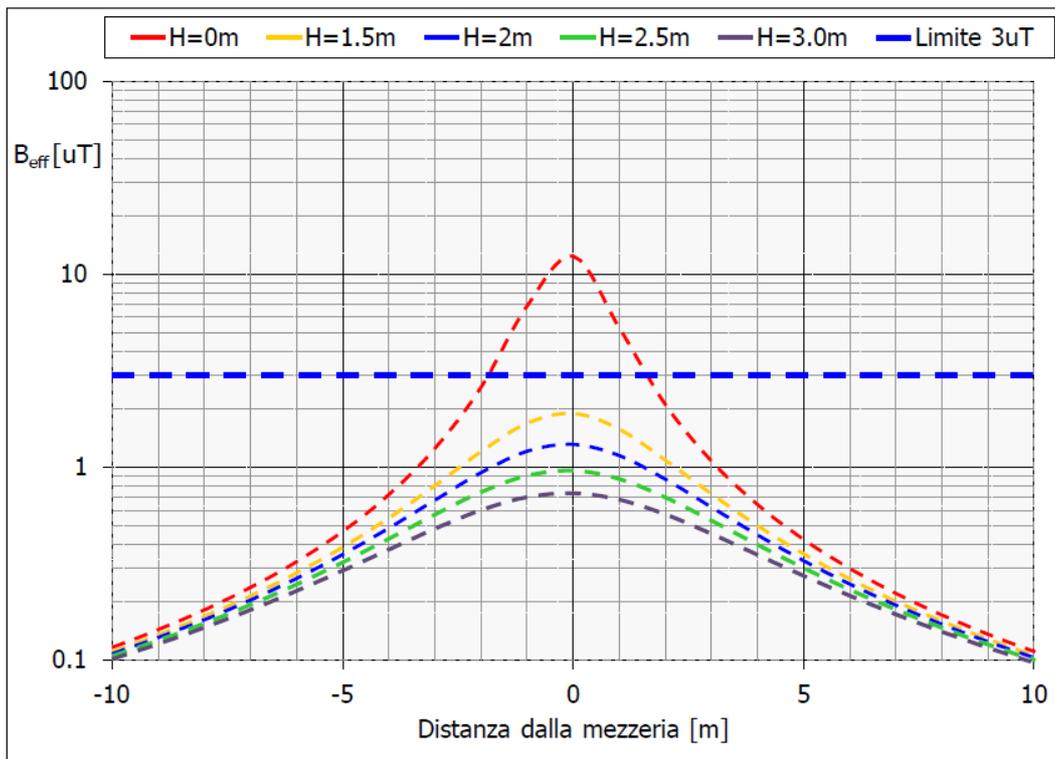


Fig. 9 - Andamento dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo per la massima corrente dell'impianto

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 ricettori all'interno della fascia calcolata.

Per la determinazione dell'ampiezza della fascia di rispetto è stata effettuata la simulazione di calcolo per il caso di due terne di cavi, posati alla distanza di 250 mm alla profondità di almeno 1 m, secondo quanto riportato nel presente documento e con la corrente massima per ciascuno dei cavi utilizzati e cioè pari a 725 A. Il risultato del calcolo è riportato nella figura seguente.

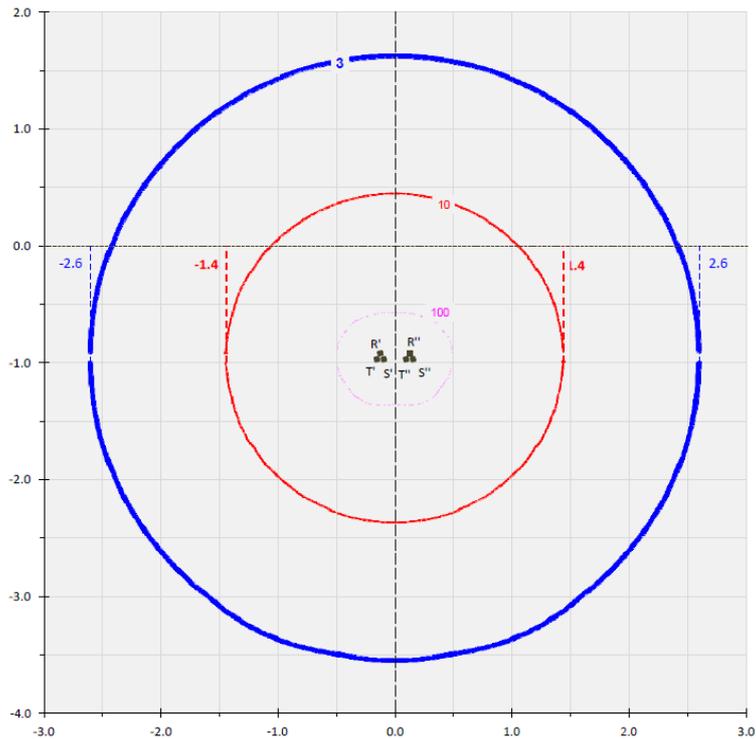


Fig. 10 - Curve di equivello per il campo di induzione magnetica generato da una linea MT posata a trifoglio ( $I_{max}=725$  A; formazione 3x1x630)

Si può quindi considerare che l'ampiezza della fascia di rispetto sia pari a 3 m, a cavallo dell'asse del cavidotto, **distanza molto abbondante, ricordando che i cavi sono tutti elicordati.**

Cavidotto MT - 30 kV	
Dati utili ai calcoli	Valore
tipologia cavo	ARP1H5(AR)EX, cavo tipo schermato, conduttore in alluminio
sezione cavo	630 mm <sup>2</sup>
formazione cavo	trifoglio elicordato
posa cavo	interrato, profondità 1 m dal p.c.
tensione nominale	30 kV
portata nominale cavo	725 A
portata nominale linea	625 A
DPA	3 m

Infine, poiché in un cavo schermato il campo elettrico esterno allo schermo è nullo, non è rappresentato il calcolo del campo elettrico prodotto dalla linea in oggetto. Gli elettrodotti, infatti, generano un campo elettrico ed uno magnetico che sono indipendenti l'uno dall'altro e che si attenuano molto rapidamente con la distanza dalle linee elettriche. Lungo il percorso del cavidotto dell'impianto S&P 12 non sono stati riscontrati recettori sensibili.

### Stazione elettrica e Linee in corrente alternata e cavidotti in Alta Tensione

Le apparecchiature previste e le geometrie degli impianti AT sono analoghe a quelle di altri impianti già in esercizio, dove sono state effettuate verifiche sperimentali dei campi elettromagnetici al suolo nelle diverse condizioni di esercizio, con particolare attenzione alle zone di transito del personale (strade interne e fabbricati).

I valori di campo elettrico al suolo risultano massimi in corrispondenza delle apparecchiature AT a 220 kV con valori attorno a qualche kV/m, ma si riducono a meno di 1 kV/m a ca. 10 m di distanza da queste ultime.

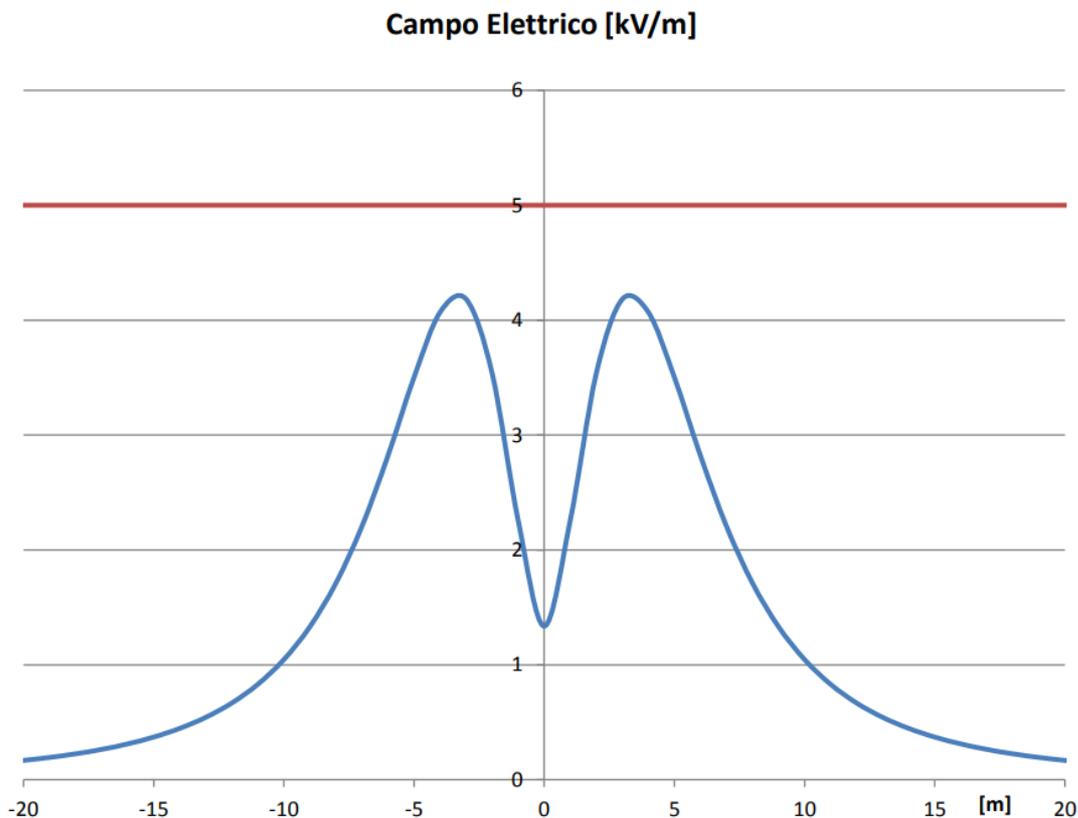


Fig. 11: Campo elettrico al suolo generato dal sistema di sbarre a 220 kV

I valori di campo magnetico al suolo sono massimi nelle stesse zone di cui sopra ed in corrispondenza della via cavi, ma variano in funzione delle correnti in gioco: con correnti sulle linee pari al valore di portata massima in esercizio normale delle linee si hanno valori pari a qualche decina di microtesla, che si riducono a meno di 3  $\mu$ T a 4 m di distanza dalla proiezione dell'asse della linea.

I valori in corrispondenza della recinzione della stazione sono notevolmente ridotti ed ampiamente sotto i limiti di legge.

A titolo orientativo nel seguito si riporta il profilo di campo magnetico dovuto ad un sistema

trifase con caratteristiche e disposizione dei conduttori analoghe a quelle dei condotti sbarre presenti in stazione

Nella seguente figura è riportata la geometria di un sistema trifase con disposizione dei conduttori assimilabile a quella delle sbarre della stazione d'utenza.

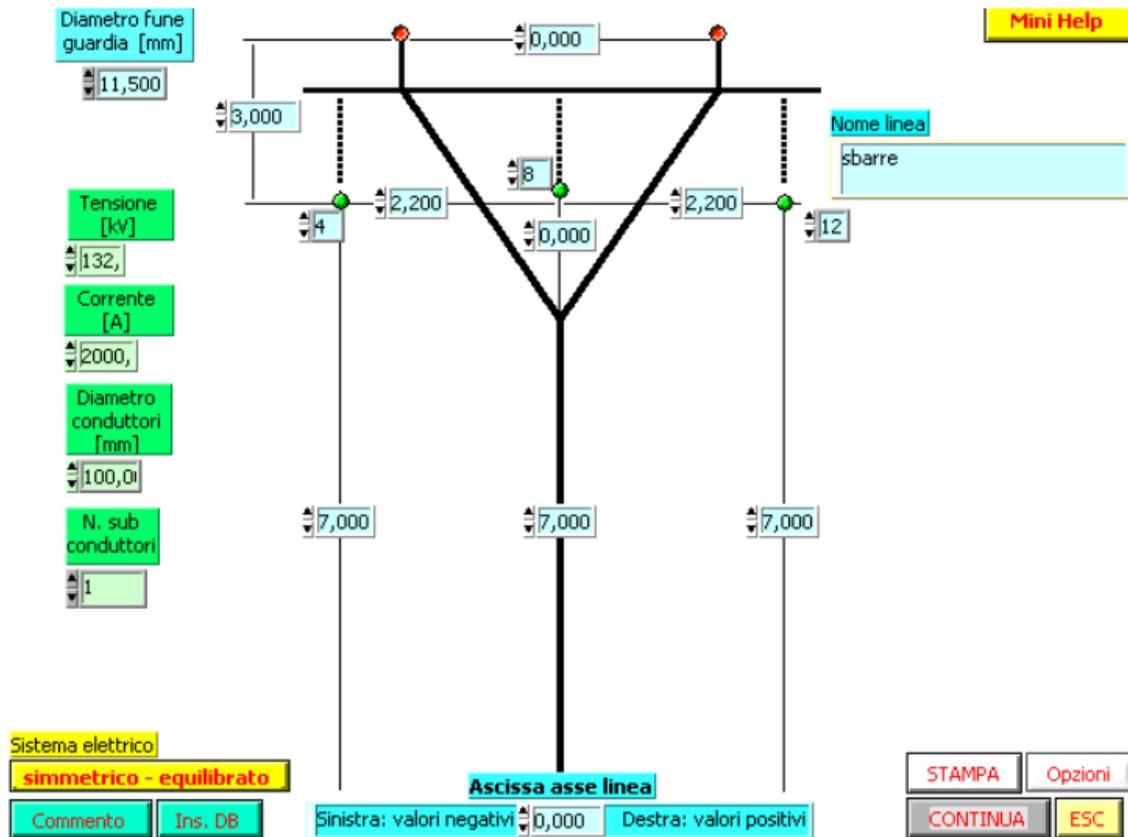


Fig. 12: Geometria "tipo" di un sistema trifase

Con conduttori percorsi da una terna trifase (corrente max sopportabile dalle sbarre), estremamente cautelativa rispetto alla max corrente reale, si ha un andamento di campo magnetico come riportato nella figura seguente.

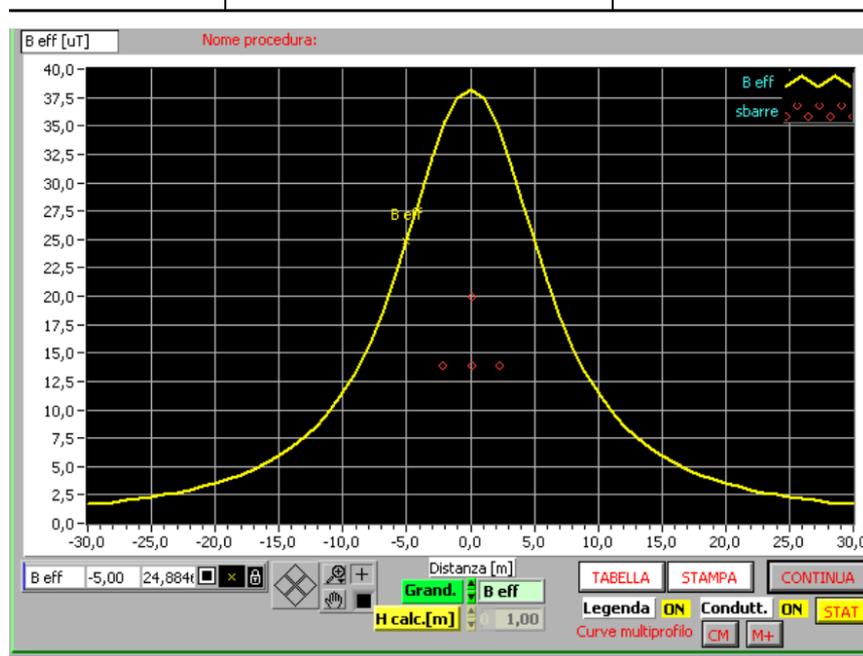


Fig. 13: Andamento campo magnetico

Si può notare che ad una distanza di circa 22 m dall’asse del sistema di sbarre l’induzione magnetico è inferiore al valore di 3  $\mu\text{T}$ .

Ciascun cavo d’energia a 220 kV sarà costituito da un conduttore in alluminio compatto di sezione indicativa pari a circa 400 mm<sup>2</sup> tamponato, schermo semiconduttivo sul conduttore, isolamento in polietilene reticolato (XLPE), schermo semiconduttivo sull’isolamento, nastri in materiale igroespandente, guaina in alluminio longitudinalmente saldata, rivestimento in polietilene con grafitatura esterna. Stesse caratteristiche tecniche per i cavi a 150 kV.

Tali dati potranno subire adattamenti, comunque, non essenziali dovuti alla successiva fase di progettazione esecutiva e di cantierizzazione, anche in funzione delle soluzioni tecnologiche adottate dai fornitori e/o appaltatori.

#### DATI CONDIZIONI DI POSA E DI INSTALLAZIONE

Posa	Interrata in letto di sabbia a bassa resistività termica
Messa a terra degli schermi	"cross bonding" o "single point-bonding"
Profondità di posa del cavo	Minimo 1,50 m
Formazione	Una terna a Trifoglio
Tipologia di riempimento	Con sabbia a bassa resistività termica o letto di cemento magro h 0,50 m
Profondità del riempimento	Minimo 1,10 m
Copertura con piastre di protezione in C.A. (solo per riempimento con sabbia)	spessore minimo 5 cm
Tipologia di riempimento fino a piano terra	Terra di riporto adeguatamente selezionata
Posa di Nastro Monitor in PVC – profondità	1,00 m circa

Di seguito viene esposto il grafico dell'andamento dell'induzione magnetica rispetto all'asse dell'elettrodotto. Nel calcolo, essendo il valore dell'induzione magnetica proporzionale alla corrente transitante nella linea, è stata presa in considerazione la configurazione di carico che prevede una posa dei cavi a trifoglio, ad una profondità di 1,5 m, con un valore di corrente pari a 530 A, dove la configurazione dell'elettrodotto è quella in assenza di schermature e distanza minima dei conduttori dal piano viario.

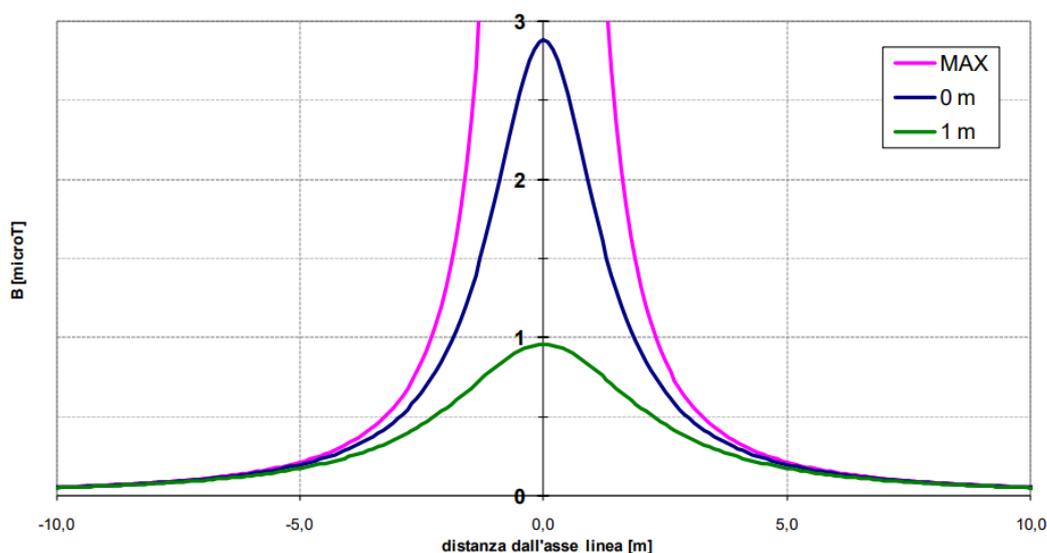


Fig. 14: Andamento dell'Induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo

Il limite di 3 µT si raggiunge nel caso peggiore ad una distanza dall'asse linea di circa 1,5 m. Il tracciato di posa dei cavi è tale per cui intorno ad esso non vi sono ricettori sensibili (zone in cui si prevede una permanenza di persone per più di 4 ore nella giornata) per distanze molto più elevate di quelle calcolate. Non è rappresentato il calcolo del campo elettrico prodotto dalla linea in cavo, poiché in un cavo schermato il campo elettrico esterno allo schermo è nullo.

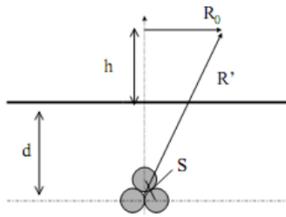
Secondo quanto riportato nel DM del MATTM del 29.05.2008, il calcolo delle fasce di rispetto può essere effettuato usando le formule della norma CEI 106-11, che prevedono l'applicazione dei modelli semplificati della norma CEI 211-4.

Pertanto, il calcolo della fascia di rispetto si può intendere in via cautelativa pari al raggio della circonferenza che rappresenta il luogo dei punti d'induzione magnetica pari a 3 µT.

La formula da applicare è la seguente in quanto si considera la posa dei conduttori a trifoglio:

$$R' = 0,286 \cdot \sqrt{S \cdot I} \text{ [m]}$$

Con il significato dei simboli di figura seguente:



Pertanto, ponendo:

$$S = 0.11 \text{ m}$$

$$I = 530 \text{ A}$$

Si ottiene:

$$R' = 2.18 \text{ m}$$

Che arrotondato al metro, fornisce un **valore della fascia di rispetto paria a 3 m per parte**, rispetto all'asse del cavo. Come anticipato non si ravvisano ricettori all'interno della suddetta fascia.

Tenendo conto delle linee guida per l'applicazione del paragrafo 5.1.3 dell'allegato al DM 29-05-2008, nel caso di cavi interrati AT, disposti a trifoglio, si considera una DPA di 3,10 m.

Cavidotto AT - 150 kV e 220 kV	
Dati utili ai calcoli	Valore
tipologia cavo	cavo con conduttore in alluminio tamponato, schermato, con isolamento XLPE
sezione cavo	400 mm <sup>2</sup>
formazione cavo	trifoglio elicordato
posa cavo	interrato, profondità 1,5 m dal p.c.
tensione nominale	150 kV - 220 kV
DPA	3,1 m

### Stazioni trasformazione/elevazione e stazione utente

Per quanto riguarda le stazioni di trasformazione in AT, si è tenuto conto delle linee guida per l'applicazione del paragrafo 5.1.3 dell'allegato al DM 29-05-2008, in cui si riportano le DPA da applicare per le sottostazioni di trasformazione.

Nello specifico le stazioni di trasformazione/elevazioni (30-150 kV) e la stazione di consegna alla stazione utente (150-220 kV) si sono assimilate alla "cabina primaria isolata in aria".

Le distanze indicate nella guida sono le seguenti:

- c.a 14 m dal centro sbatte AT;

- c.a 7 m dal centro sbarre MT.

Si noti che la fascia di rispetto ricade per intero all'interno dell'area di pertinenza della sottostazione o all'interno delle adiacenti stazioni elettriche di Terna.

Una porzione minore della fascia di rispetto ricade invece sulla viabilità di accesso alla medesima sottostazione, pertanto non interferente con le aree da sottoporre a tutela secondo il DPCM per il rispetto dell'obiettivo qualità.

Stazione Utente	
Dati utili ai calcoli	Valore
tensione nominale	220 kV
tipologia collegamenti	sbarre in AT a 220 kV in aria, altezza c.a 5,5 m da p.c.
tipologia collegamenti	corda in AT a 220 kV in aria, altezza c.a 5,1 m da p.c.
tipologia collegamenti	cavo 400 mm <sup>2</sup> interrato, profondità 1,5 m da p.c.
DPA lato AT	14 m
DPA lato MT	7 m

### Analisi dei risultati ottenuti

Come mostrato nelle tabelle e figure dei paragrafi precedenti le azioni di progetto fanno sì che sia possibile riscontrare intensità del campo di induzione magnetica superiore al valore obiettivo di 3  $\mu$ T, sia in corrispondenza delle cabine di trasformazione che in corrispondenza dei cavidotti AT; d'altra parte è stato dimostrato come la fascia entro cui tale limite viene superato è circoscritto intorno alle opere suddette e, in particolare, ha una semi-ampiezza complessiva di circa 3 m a cavallo della mezzeria di tutto il cavidotto AT.

Trattandosi di cavidotti che si sviluppano sulla viabilità stradale esistente o in territori scarsamente antropizzati, si può certamente escludere la presenza di recettori sensibili entro le predette fasce, venendo quindi soddisfatto l'obiettivo di qualità da conseguire nella realizzazione di nuovi elettrodotti fissato dal DPCM 8 Luglio 2003.

La stessa considerazione può ritenersi certamente valida per una fascia di circa 4 m attorno alle cabine di trasformazione/elevazione e di stazioni smistamento/utente.

## 6 PROBABILITA' DELL'IMPATTO

---

I valori più elevati del campo elettrico sono attribuibili al funzionamento dei sezionatori di sbarra (1.2-5.0 kV/ma), mentre il valore più elevato di induzione magnetica è registrabile in corrispondenza dei trasformatori (6.0-15.0  $\mu$ T). Le cabine ad alta tensione, quindi, sono caratterizzate da valori di induzione magnetica e di campo elettrico inferiori ai limiti normativi vigenti.

Cavi interrati: La rete di connessione tra le varie apparecchiature dell'impianto è interamente interrata e consta in: cavi in MT (30 kV) per la connessione delle cabine di campo e alla cabina di smistamento. Le linee interrate sono costituite da terne trifase con varie geometrie, sistemate in apposito alloggiamento sotterraneo; ciò consente di avere campi elettrici assai ridotti, grazie alla possibilità di avvicinare i cavi ed all'effetto schermante del terreno, basta osservare che il valore massimo di campo elettrico e di induzione magnetica rilevati sotto la linea aerea a 15 kV, ad un metro dal suolo, a metà tracciato, sono rispettivamente di 0,3 kV/m e 0,3  $\mu$ T.

In riferimento ai valori di sicurezza imposti dalla legge, si consideri che il valore del campo elettrico ad un metro di distanza, nel caso di linee aeree a 150 kV è Ev6 ovvero 0,73 kV/m, e l'induzione magnetica 0,73  $\mu$ T. Tenendo presente che alle 3 stazioni di trasformazione/elevazione convergono fino a 5 terne da 30 kV per ciascuna stazione, e che alla stazione utente convergono linee a 220 kV, tutte linee interrate a profondità rispettivamente di 1 m e 1,5 m, i valori su riportati saranno notevolmente ridotti. Eventuali punti sensibili hanno distanza nettamente superiore ad un metro, per cui le DPA considerate nella relazione sono adeguate.

La probabilità dell'impatto è da considerarsi del tutto trascurabile. Le frequenze elettromagnetiche sono estremamente basse (50-300 Hz) e quindi, di per sé, assolutamente innocue. Inoltre, l'intensità di tutti i campi elettromagnetici decade nello spazio più velocemente che con il quadrato della distanza dalla sorgente.

Lo studio dell'impatto elettromagnetico di tali impianti permette di evitare che, le già basse emissioni, possano in qualche modo interferire con le attività umane. Molta attenzione è, quindi, riservata al rispetto dei limiti di legge, sia per quanto riguarda l'influenza elettromagnetica dell'impianto, sia per le linee elettriche a corredo.

Gli eventuali limiti spaziali dell'impatto sono confinati ad un'area molto ristretta intorno alla cabina o stazione di elevazione/consegna/rete.

## 7 CONCLUSIONI

I valori di riferimento, per l'esposizione ai campi elettrici e magnetici, sono stabiliti dalla Legge n. 36 del 22/02/2001 e dal successivo 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 di 50 Hz degli elettrodotti".

In generale, per quanto riguarda il campo elettrico in media tensione esso è notevolmente inferiore a 5kV/m (valore imposto dalla normativa) e per il livello 220 kV esso diventa inferiore a 5 kV/m già a pochi metri dalle parti in tensione. Negli altri cavi interni al campo, come trasmissione dati, il campo elettrico generato è nullo a causa dello schermo dei cavi o assolutamente trascurabile negli altri casi per distanze superiori a qualche cm dalle parti in tensione.

<b>Distanze di Prima Approssimazione</b>	
<b>Elemento</b>	<b>DPA [m]</b>
<b>Cavidotto MT</b>	<b>3</b>
<b>Cavidotto AT</b>	<b>3,1</b>
<b>Stazione Elevazione - Utente, lato AT</b>	<b>14</b>
<b>Stazione Elevazione - Utente, lato MT</b>	<b>7</b>
<b>Inverter</b>	<b>6</b>

Per quel che riguarda il campo di induzione magnetica il calcolo nelle varie sezioni di impianto ha dimostrato come non ci siano fattori di rischio per la salute umana a causa delle azioni di progetto, poiché è esclusa la presenza di recettori sensibili entro le fasce per le quali i valori di induzione magnetica attesa non sono inferiori agli obiettivi di qualità fissati per legge.

Relativamente ai cavidotti MT/AT, in tutti i tratti realizzati mediante l'uso di cavi elicordati, il campo magnetico si può considerare trascurabile ad una distanza pari all'ampiezza della semi-fascia di rispetto di 1 m a cavallo dell'asse del cavidotto, pertanto uguale alla fascia di asservimento della linea stessa. Per quanto concerne i tratti, realizzati mediante l'uso di cavi unipolari posati a trifoglio, è stata calcolata un'ampiezza della semi-fascia di rispetto pari a **3,10** m e, sulla base della scelta del tracciato, si esclude la presenza di luoghi adibiti alla permanenza di persone per durate non inferiori alle 4 ore al giorno.

D'altra parte, trattandosi di cavidotti che si sviluppano sulla viabilità stradale esistente o in territori scarsissimamente antropizzati, si può certamente escludere la presenza di recettori sensibili entro le predette fasce, venendo quindi soddisfatto l'obiettivo di qualità da

conseguire nella realizzazione di nuovi elettrodotti fissato dal DPCM 8 Luglio 2003.

La stessa considerazione può ritenersi certamente valida per una fascia di circa 6 m attorno alle cabine di trasformazione (*inverter*), oltre che nelle immediate vicinanze della stazione utente AT. Le uniche radiazioni associabili a questo tipo di impianti sono le radiazioni non ionizzanti costituite dai campi elettrici e magnetici a bassa frequenza (50 Hz), prodotti rispettivamente dalla tensione di esercizio degli elettrodotti e dalla corrente che li percorre.

Per quanto riguarda la cabina d'impianto, vista la presenza del solo trasformatore per l'alimentazione dei servizi ausiliari in BT e l'entità delle correnti circolanti nei quadri MT l'obiettivo di qualità si raggiunge a circa 3 m (DPA) dalla cabina stessa.

Il limite temporale dell'eventuale impatto è dato dalla vita utile dell'impianto, pari a 30 anni. Per ciò che riguarda le cabine di trasformazione l'unica sorgente di emissione è rappresentata dal trasformatore BT/MT, quindi in riferimento al DPCM 8 luglio 2003 e al DM del MATTM del 29.05.2008, l'obiettivo di qualità si raggiunge, già a circa 6 m (DPA) dalla cabina stessa. Per quanto riguarda la cabina d'impianto, vista la presenza del solo trasformatore per l'alimentazione dei servizi ausiliari in BT e l'entità delle correnti circolanti nei quadri MT l'obiettivo di qualità si raggiunge a circa 3 m (DPA) dalla cabina stessa.

*In merito alle stazioni elettriche di elevazione e stazione utente, per la parte in AT, le fasce di rispetto dei 14 m ricadono entro le zone di pertinenza, opportunamente recintate; non è possibile prevedere la presenza di personale non autorizzato, quindi rispettati gli obiettivi di qualità. A maggior ragione per la parte in MT con una distanza di rispetto di 7 m.*

Secondo quanto riportato nel DM del MATTM del 29.05.2008, il calcolo delle fasce di rispetto può essere effettuato usando le formule della norma CEI 106-11, che prevedono l'applicazione dei modelli semplificati della norma CEI 211-4.

Comunque, considerando che nelle stazioni di trasformazione e nella cabina d'impianto non è prevista la presenza di persone per più di quattro ore al giorno e che l'intera area dell'impianto agro-fotovoltaico sarà racchiusa all'interno di una recinzione metallica che impedisce l'ingresso di personale non autorizzato, si può escludere pericolo per la salute umana. L'impatto elettromagnetico può pertanto essere considerato non significativo.