

COCO ENERGY S.r.l

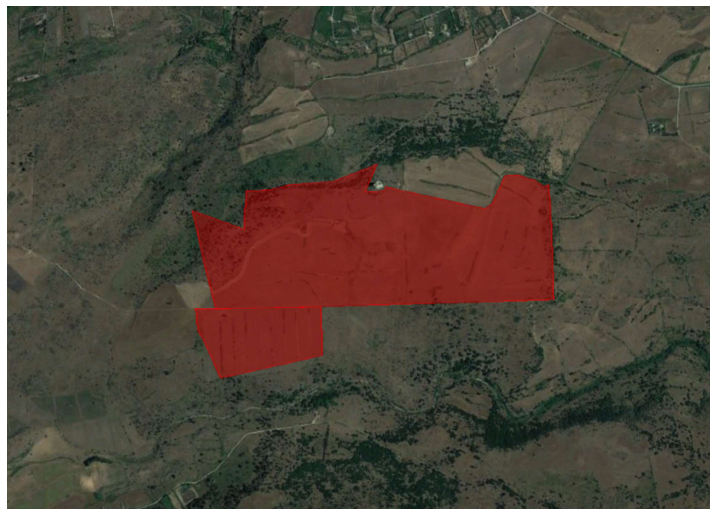
Via Savona, 97 - 20144 Milano (MI)



Regione Siciliana

Assessorato Regionale dell'Energia e dei servizi di pubblica utilità
Dipartimento dell'Energia

Realizzazione di parco Fotovoltaico della potenza complessiva di
88,74 MW e relativo cavidotto da realizzarsi nel territorio del
comune di Melilli



Elaborato : Relazione verifica campi elettromagnetici

Progettazione

dott. ing. Giuseppe De Luca

Geologia: dott. Gaetano Turco

RCEM



FORMATO

A4

SCALA:

NOTE:

DATA:

NOTE:

DATA EMISSIONE :

FEBBRAIO 2023

Ambiente : dott.ssa Isabella Buccheri

Collaborazione progettazione

dott. ing. Chiara Morello

geom. Antonino Deuscit



Antonino Deuscit

Sommario

PREMESSE	2
RISCHIO CAMPI ELETTROMAGNETICI: LE NORMATIVE DI RIFERIMENTO	3
VALUTAZIONE RISCHIO CAMPI ELETTROMAGNETICI: FATTORI DA CONSIDERARE	5
MISURE DI PREVENZIONE E PROTEZIONE DAL RISCHIO CEM	6
DEFINIZIONI	7
GENERALITÀ SUI CEM E CLASSIFICAZIONE DEI POTENZIALI EFFETTI SUL CORPO UMANO	9
ESPOSIZIONE DI CARATTERE PROFESSIONALE E NON PROFESSIONALE AI CEM	11
LIMITI PER L'ESPOSIZIONE DI CARATTERE PROFESSIONALE – EFFETTI NON TERMICI	12
LIMITI PER L'ESPOSIZIONE DI CARATTERE PROFESSIONALE – EFFETTI TERMICI	14
LIMITI PER L'ESPOSIZIONE DI CARATTERE NON PROFESSIONALE	15
DESCRIZIONE ARCHITETTURA DI IMPIANTO.	19
IDENTIFICAZIONE DELLE SORGENTI E DEI RECETTORI	29
SORGENTI.....	29
RECETTORI.....	30
ANALISI CAMPI ELETTROMAGNETICI	31
NORMATIVA	31
CAMPO ELETTROMAGNETICO IMPIANTO FOTOVOLTAICO.....	31
CAMPO ELETTROMAGNETICO INVERTER.....	32
CAMPO ELETTROMAGNETICO GENERATO DALLE CABINE DI TRASFORMAZIONE	34
CALCOLO E VERIFICA DEI CAMPI EMESSI DALLA LINEA INTERRATA IN ESAME.....	35
<i>Cavi in MT interni ed esterni al campo.</i>	36
<i>CLASSIFICAZIONE DELLE ZONE</i>	38
MISURE DI PROTEZIONE DA ADOTTARE	39
CONCLUSIONI	40

Premesse.

La presente relazione tecnica si riferisce al progetto dell'allacciamento e messa in servizio di un impianto di produzione fotovoltaica di potenza pari a 88,74_(DC) MW denominato "Coco Energy" sito in territorio del comune di Melilli (SR) in c/da Monte Cassara.

In particolare, lo scopo della relazione è, in via previsionale, la **valutazione del rischio campi elettromagnetici** (CEM) che possano derivare dall'esercizio dell'impianto, operante in parallelo con la rete elettrica nazionale.

In questa sede verranno valutate anche le eventuali fasce di rispetto dai conduttori.

La presente valutazione dei rischi è uno strumento importante per la tutela della salute e la sicurezza dei lavoratori esposti, e viene predisposta ai sensi del Testo Unico (articolo 207), che individua il campo di applicazione nei "*campi magnetici statici e campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici variabili nel tempo, di frequenza inferiore o pari a 300 GHz*".

Rischio campi elettromagnetici: le normative di riferimento

Le leggi italiane, nazionali e regionali, prevedono che, in sede di progettazione di impianti per la produzione di energia elettrica, si debbano applicare criteri specifici per tutelare la popolazione e i lavoratori dai possibili effetti dei campi elettrici e di induzione magnetica dispersi, individuando i livelli di riferimento per il conseguimento di questo obiettivo. La legislazione e le norme tecniche forniscono gli strumenti per l'analisi e la determinazione dei livelli attesi. Di seguito si elencano le principali fonti normative e tecniche di riferimento.

- **Legge quadro 22.02.2001, n. 36**, "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici"
- **Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 08.07.2003**, "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti"
- Valutazione dei rischi secondo il **Decreto Legislativo 19 novembre 2007, n. 257** Attuazione della direttiva 2004/40/CE sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici);
- **D.Lgs. 81/08 - Capo IV (Titolo VIII)** : "Protezione dei lavoratori dai rischi di esposizione a campi elettromagnetici";
- **D.M. 29.05.2008**: approvazione delle procedure di misura e valutazione dell'induzione magnetica (G.U. n. 153 del 02.07.2008).
- **D.M. 29.05.2008**: approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti (G.U. n. 160 del 05.07.2008).
- Direttiva Europea 2013/35/UE, recepita in Italia con il **D.Lgs. n. 159 del 1° agosto 2016**;
- Guida non vincolante di buone prassi per l'attuazione della Direttiva 2013/35/UE relativa ai campi elettromagnetici", pubblicata dalla Commissione Europea.
- Norme tecniche di riferimento (*elenco non esaustivo*) per quanto riguarda misura e valutazione dei campi elettromagnetici e procedure di valutazione all'esposizione :
 - CEI 211-6: "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana";

- CEI 211-7: "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 10 kHz – 300 GHz, con riferimento all'esposizione umana".
- CEI EN 50499: "Procedura per la valutazione dell'esposizione dei lavoratori ai campi elettromagnetici".

Valutazione rischio campi elettromagnetici: fattori da considerare

La valutazione dei rischi da CEM permette di comprendere l'entità dei rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori derivanti dagli effetti nocivi di tali campi.

Gli **effetti possono essere diretti o indiretti**, e le normative si pongono l'obiettivo di proteggere la persona da entrambi. I primi sono quelli immediatamente riscontrabili, e che possono provocare ad esempio nausea, riscaldamento del corpo (o parti di esso), effetti su nervi, muscoli o organi sensoriali.

Gli effetti indiretti, invece, insorgono a livelli espositivi più bassi e riguardano, ad esempio:

- interferenze con dispositivi elettronici impiantati passivi (protesi, piastre di metallo, ecc.);
- interferenze con dispositivi elettronici impiantati attivi (come pacemaker o defibrillatori impiantati);
- interferenze con altre attrezzature e dispositivi medici elettronici;
- innesco involontario di detonatori, incendi o esplosioni;
- effetti su schegge metalliche, tatuaggi, body piercing e body art;
- scosse elettriche o ustioni dovute a correnti di contatto.

Secondo quanto previsto all'art. 209 (comma 4) del D.Lgs. 81/08, in fase di valutazione dei rischi da campi elettromagnetici **i fattori da considerare sono:**

- livello, spettro di frequenza, durata e tipo di esposizione;
- valori limite di esposizione e valori di azione;
- effetti sulla salute e sicurezza dei lavoratori;
- effetti indiretti (ad esempio, quelli elencati in precedenza);
- esistenza di attrezzature di lavoro alternative, volte a ridurre i livelli di esposizione ai campi elettromagnetici;
- disponibilità di azioni di risanamento volte a minimizzare i livelli di esposizione ai CEM;
- informazioni raccolte nel corso della sorveglianza sanitaria;
- sorgenti multiple di esposizione;
- esposizione simultanea a campi di frequenze diverse.

Misure di prevenzione e protezione dal rischio CEM

Per la valutazione dei rischi, vengono presi come riferimento due parametri fondamentali: **valori limite di esposizione e valori di azione**.

I primi si basano sugli effetti sulla salute (accertati) e su considerazioni biologiche, in modo che i lavoratori esposti siano protetti contro gli effetti nocivi a breve termine.

I **valori limite di azione**, invece, riguardano parametri direttamente misurabili, come:

- intensità di campo elettrico (E);
- intensità di campo magnetico (H);
- induzione magnetica (B);
- densità di potenza (S).

In base ai dati rilevati, andrà stabilito se e quali **misure di prevenzione e protezione mettere in atto**.

Il datore di lavoro, infatti, dovrà tenere in considerazione:

- altri metodi di lavoro che implicino una minore esposizione ai campi elettromagnetici;
- scelta di attrezzature che emettano campi elettromagnetici di intensità inferiore, a seconda del lavoro da svolgere;
- misure tecniche per ridurre l'emissione dei campi elettromagnetici, incluso (se necessario) l'uso di dispositivi di sicurezza, schermature o di analoghi meccanismi di protezione della salute;
- appropriati programmi di manutenzione delle attrezzature di lavoro, dei luoghi e delle postazioni;
- progettazione e struttura dei luoghi e delle postazioni di lavoro;
- limitazione della durata e dell'intensità dell'esposizione;
- disponibilità di adeguati dispositivi di protezione individuale.

Il rispetto dei valori limite di azione assicura, quindi, anche quello dei valori limite di esposizione.

Definizioni

- 1. Campo elettrico:** così come definito nella norma CEI 211-6 data pubblicazione 2001-01, classificazione 211-6, prima edizione, guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana.
- 2. Campo magnetico:** così come definito nella norma CEI 211-6 data pubblicazione 2001-01, classificazione 211-6, prima edizione, "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana".
- 3. Campo di induzione magnetica:** così come definito nella norma CEI 211-6 data pubblicazione 2001-01, classificazione 211-6, prima edizione "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana".
- 4. Frequenza:** così come definita nella norma CEI 211-6 data pubblicazione 2001-01, classificazione 211-6, prima edizione, "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana".
- 5. Elettrodotto:** è l'insieme delle linee elettriche delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione **Limite di esposizione:** è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, definito ai fini della tutela della salute da effetti acuti, che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione dalla popolazione e dei lavoratori per le finalità di cui all'articolo 1, comma 1, lettera a) della Legge Quadro;
- 6. Valore di attenzione:** è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, che non deve essere superato negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate per le finalità di cui all'articolo 1, comma 1, lettere b) e c). Esso costituisce misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine e deve essere raggiunto nei tempi e nei modi previsti dalla legge;
- 7. Obiettivi di qualità:** o sono i criteri localizzativi, gli standard urbanistici, le prescrizioni e le incentivazioni per l'utilizzo delle migliori tecnologie disponibili, indicati dalle leggi regionali secondo le competenze definite dall'articolo 8 della Legge Quadro; o sono i valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, definiti dallo Stato secondo le previsioni di cui all'articolo 4, comma 1, lettera a), ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi medesimi.

- 8. Fascia di rispetto:** è definita come lo spazio circostante un elettrodotto (al di sopra e al di sotto) del livello del suolo, costituito da tutti i punti caratterizzati da un'induzione magnetica di valore superiore all'obiettivo di qualità per l'induzione magnetica di 3 [μT], stabilito dal già citato D.P.C.M. 8 luglio 2003.
- 9. Distanza di prima approssimazione (Dpa):** distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea, che garantisce che ogni punto, la cui proiezione al suolo disti dal centro linea più di Dpa, si trovi all'esterno delle fasce di rispetto.

Generalità sui CEM e classificazione dei potenziali effetti sul corpo umano

I Campi Elettromagnetici nei luoghi di lavoro possono essere di origine naturale o antropica.

Le caratteristiche dei CEM e le relative interazioni con i soggetti esposti variano in base alla frequenza.

Nella gamma di frequenze comprese tra 0 Hz e 300 GHz, l'energia associata al campo magnetico non è in grado di causare ionizzazione, ovvero l'alterazione dei legami chimici e delle strutture atomiche, di atomi e molecole nei sistemi biologici, pertanto i CEM rientrano tra gli agenti fisici identificati come “**radiazioni non ionizzanti**”.

Secondo la classificazione in funzione della frequenza adottata dalla International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) si possono definire:

1. Campi statici e campi variabili nel tempo fino a 1 Hz (campi quasi statici);
2. Campi a bassa frequenza (1 Hz -100 kHz);
3. Campi a frequenze intermedie (100 kHz -10 MHz);
4. Campi ad alta frequenza (10 MHz – 300 GHz).

Tale classificazione è strettamente connessa ai meccanismi di interazione dei CEM con il corpo umano e ai relativi effetti, anch'essi dipendenti dall'intervallo di frequenze di esposizione.

Gli effetti scientificamente accertati associati all'esposizione ai CEM sono gli *effetti acuti* per i quali è ben definito il meccanismo d'interazione e in relazione a cui è possibile individuare soglie di insorgenza. Pertanto, l'ICNIRP definisce i limiti solo per gli effetti accertati.

Gli *effetti acuti* si distinguono in *effetti di tipo diretto*, derivanti dall'interazione diretta del campo con i tessuti biologici, ed *effetti di tipo indiretto*, provocati dalla presenza di un oggetto in un campo elettromagnetico, che potrebbe essere causa di un pericolo per la salute e sicurezza (quali l'interferenza con attrezzature e dispositivi medici elettronici, compresi stimolatori cardiaci e altri impianti o dispositivi medici portati sul corpo; il rischio propulsivo di oggetti ferromagnetici all'interno di campi magnetici statici; l'innescò di dispositivi elettro-esplosivi; gli incendi e le esplosioni dovuti all'accensione di materiali infiammabili a causa di scintille prodotte da campi indotti, correnti di contatto o scariche elettriche; le correnti di contatto IC).

Pertanto, i soggetti portatori di dispositivi medici o inclusi metallici, insieme ad altre tipologie di lavoratori (ad esempio donne in gravidanza e minori), rientrano nella categoria dei *lavoratori particolarmente sensibili al rischio CEM*, per la quale

deve essere *condotta una valutazione specifica del rischio e devono essere attuate specifiche misure di prevenzione e protezione nonché di sorveglianza sanitaria.*

Gli effetti di tipo diretto che i Campi Elettromagnetici, a livello biologico, possono indurre in un soggetto a causa dell'esposizione, dipendono dalle modalità di esposizione, dalla frequenza e dall'intensità del campo, e possono essere classificati in due differenti categorie:

- **effetti sanitari**, ovvero effetti che possono comportare un rischio per la salute;
- **effetti sensoriali**, che di per sé non comportano un rischio per la salute ma possono generare disturbi temporanei e influenzare le capacità cognitive o altre funzioni cerebrali o muscolari.

Nel campo delle basse frequenze ($f < 100$ kHz), gli effetti diretti associati all'esposizione ai CEM sono relativi alla possibile stimolazione degli organi sensoriali, nervi e muscoli (**effetti non termici**). Nel campo delle alte frequenze ($f > 10$ MHz) gli effetti diretti sono relativi alla possibile generazione di fenomeni di riscaldamento dei tessuti (**effetti termici**). Alle frequenze intermedie (100 kHz – 10 MHz) si associano sia effetti di stimolazione sia effetti di tipo termico.

In relazione all'esposizione ai campi elettrici statici, gli unici effetti accertati sono riconducibili a fenomeni di microscariche, mentre l'esposizione ai campi magnetici statici, per campi di induzione magnetica di intensità superiore a 2 Tesla, può determinare stimolazioni degli organi sensoriali e del sistema nervoso centrale (SNC) e periferico (SNP) simili a quelli generati dai campi a bassa frequenza nel caso in cui l'individuo si muova all'interno del campo. Campi statici con induzione magnetica superiore a 7-8 Tesla, possono esercitare forze sulle cariche elettriche ioniche in movimento del sangue.

La **Direttiva 2013/35/UE** recepita nel Testo Unico sulla Sicurezza attraverso il D.Lgs.159/2016, fa riferimento esclusivamente agli **effetti acuti** associati all'esposizione ai CEM *poiché attualmente non si dispone di prove scientifiche accertate dell'esistenza di un nesso causale fra l'esposizione ai CEM ed i possibili effetti a lungo termine, compresi i possibili effetti cancerogeni.*

È tuttavia da rilevare che, in ambito nazionale, la Legge 36/2001 (LQ) e i relativi decreti attuativi (DPCM 8/7/2003), modificati dalla Legge 221/2012, recepiscono l'insieme completo delle restrizioni stabilite dalla Raccomandazione Europea 1999/519/CE. Gli stessi fissano misure di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine e della progressiva minimizzazione dell'esposizione che, in ambito lavorativo, si applicano alle esposizioni di tipo non professionale.

Esposizione di carattere professionale e non professionale ai CEM

La Legge Quadro n° 36 del 2001 sulla protezione dei lavoratori e della popolazione dall'esposizione ai CEM, definisce come:

- **esposizione dei lavoratori e delle lavoratrici:** ogni tipo di esposizione dei lavoratori e delle lavoratrici che, per la loro specifica attività lavorativa, sono esposti a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (n.d.r. esposizioni di carattere professionale);
- **esposizione della popolazione:** ogni tipo di esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici, ad eccezione dell'esposizione intenzionale per scopi diagnostici o terapeutici;

A tutte le categorie di lavoratori si applicano le disposizioni generali del Testo Unico, mentre i limiti di esposizione da adottare dipendono dalla tipologia di esposizione.

Come stabilito dalla Legge Quadro sopra menzionata, si deve intendere come esposizione di carattere professionale al rischio CEM quella relativa alla specifica attività lavorativa che preveda, per esigenze correlate e necessarie alle finalità del processo produttivo, la possibilità di esposizione a livelli di CEM superiori ai limiti per la popolazione fissati dalla Normativa Nazionale vigente.

In relazione alle tipologie di esposizione individuate dalla LQ, si distinguono i seguenti due casi a cui si applicano limiti di esposizione differenti:

- 1) **esposizioni di carattere professionale**, quelle cui sono soggetti i lavoratori durante le attività per le quali il rischio CEM rappresenta un rischio specifico, a cui si applicano le disposizioni specifiche ed i limiti di esposizione stabiliti dal TUS;
- 2) **esposizioni di carattere non professionale**, quelle cui sono soggetti i lavoratori durante le

attività per le quali il rischio CEM non rappresenta un rischio specifico. A queste si applicano oltre alle disposizioni generali del Testo Unico, anche i limiti fissati dalla legislazione nazionale vigente (DPCM 8/7/2003 per l'esposizione della popolazione, ulteriormente modificati dalla Legge 221/2012 che recepisce l'insieme completo delle restrizioni stabilite dalla Raccomandazione Europea 1999/519/CE e fissa specifici *limiti di esposizione* nonché ulteriori restrizioni (*valori di attenzione e obiettivi di qualità*) in relazione al tempo di permanenza e/o a luoghi specifici per due specifiche categorie di sorgenti CEM riconducibili agli elettrodotti operanti alla frequenza di rete (50 Hz) e ai sistemi fissi delle telecomunicazioni e radiotelevisivi (100 kHz – 300 GHz) (Cfr. 8.2).

La tipologia di esposizione è, pertanto, determinata dalla specifica attività svolta dal

lavoratore in relazione alla finalità del processo produttivo. Ne consegue che, in funzione dell'attività svolta, a uno stesso lavoratore potranno applicarsi i limiti di esposizione stabiliti dal Testo Unico oppure i limiti per la popolazione.

Limiti per l'esposizione di carattere professionale – effetti non termici

I limiti per l'esposizione dei lavoratori ai CEM statuiti dal TUS nel Titolo VIII (Agenti Fisici), Capo IV (Campi elettromagnetici) e nell'Allegato XXXVI si articolano in due categorie:

- valori limite di esposizione (V_{LE}), i quali garantiscono la tutela del lavoratore da possibili rischi per la salute e la sicurezza derivante dall'esposizione ai CEM;
- valori di azione (VA), il cui rispetto garantisce il rispetto dei pertinenti V_{LE} .

Il superamento dei VA non implica necessariamente il superamento dei V_{LE} , tuttavia implica l'obbligo di adottare le pertinenti misure tecniche ed organizzative di prevenzione e protezione.

Nell'allegato XXXVI parte II del Testo Unico sulla Sicurezza, vengono definiti i valori limite di esposizione e i valori di azione relativi agli effetti non termici di tipo sanitario e sensoriale, di seguito riportati per comodità:

Tabella 3 – VALORI LIMITE DI ESPOSIZIONE (V_{LE}) – EFFETTI NON TERMICI

TABELLE ALLEGATO XXXVI PARTE II	INTERVALLO DI FREQUENZA	GRANDEZZA FISICA		TIPO DI EFFETTO		CONDIZIONE DI ESPOSIZIONE	SIGNIFICATO PROTEZIONISTICO/NOTE
				SENSORIALE	SANITARIO		
A1	0 – 1 Hz	Induzione magnetica esterna B_2 [T]	I V_{LE} per le frequenze inferiori a 1 Hz sono limiti per il campo magnetico statico la cui misurazione non è influenzata dalla presenza del soggetto esposto.	2		Condizioni di lavoro normali	I V_{LE} relativi agli effetti sensoriali sono connessi a disturbi dell'organo di equilibrio umano (vertigini e altri effetti fisiologici) risultanti principalmente da movimenti in un campo magnetico statico.
				8		Esposizione localizzata degli arti	
					8	Condizioni di lavoro controllate	Il V_{LE} relativo agli effetti sanitari è applicabile su base temporanea durante il turno di lavoro, ove giustificato dalla prassi o dal processo. Le condizioni di lavoro controllate prevedono l'adozione di misure di protezione specifiche quali il controllo dei movimenti al fine di prevenire possibili effetti sensoriali e l'informazione dei lavoratori.
A2	$1 \text{ Hz} \leq f < 3 \text{ kHz}$	Campo elettrico interno (<i>in situ</i>) E_{int} [V/m]			1,1		I V_{LE} relativi agli effetti sanitari sono correlati alla stimolazione elettrica di tutti i tessuti del sistema nervoso centrale e periferico all'interno del corpo, compresa la testa. I V_{LE} relativi agli effetti sensoriali sono correlati agli effetti del campo elettrico sul sistema nervoso centrale nella testa, cioè fosfeni retinici e modifiche minori e transitorie di talune funzioni cerebrali. f è la frequenza espressa in Hertz [Hz].
	$3 \text{ kHz} \leq f \leq 10 \text{ MHz}$				$3,8 \times 10^{-2} f$		
A3	$1 \text{ Hz} \leq f < 10 \text{ Hz}$	Campo elettrico interno (<i>in situ</i>) E_{int} [V/m]		$0,7 / f$			I V_{LE} sono valori di picco in termini temporali che sono pari ai valori efficaci moltiplicati per $\sqrt{2}$ per i campi sinusoidali. Nel caso di campi non sinusoidali, la valutazione dell'esposizione si basa di norma sul metodo del picco ponderato. Possono essere applicate procedure di valutazione alternative scientificamente provate e convalidate purché conducano a risultati comparabili.

Tabella 1: Valori limite di esposizione (V_{LE}) -Effetti non termici

Tabella 4 – VALORI DI AZIONE (VA) – EFFETTI NON TERMICI

Per i lavoratori particolarmente sensibili al rischio si applicano ulteriori restrizioni (Cfr. Art. 7 e Allegato A)						
TABELLE ALLEGATO XXXVI PARTE II	INTERVALLO DI FREQUENZA	GRANDEZZA FISICA (CAMPI AMBIENTALI)	VA _{INF} (VALORI EFFICACI)	VA _{SUP} (VALORI EFFICACI)	VA ESPOSIZIONE LOCALIZZATA DEGLI ARTI (VALORI EFFICACI)	SIGNIFICATO PROTEZIONISTICO / NOTE
B1	1 Hz ≤ f < 25 Hz	Intensità di campo elettrico E [V/m]	2,0 × 10 ⁴	2,0 × 10 ⁴		<p>Il rispetto dei VA_{inf}(E) garantisce il rispetto dei VLE sanitari e sensoriali e permette di prevenire le scariche elettriche nel luogo di lavoro;</p> <p>Il rispetto dei VA_{sup}(E) garantisce il rispetto dei VLE sanitari e sensoriali ma non assicura la prevenzione delle scariche elettriche nel luogo di lavoro.</p> <p>f è la frequenza espressa in Hertz [Hz].</p> <p>I VA sono valori efficaci (RMS) che sono pari ai valori di picco divisi per √2 per i campi sinusoidali. Nel caso di campi non sinusoidali, la valutazione dell'esposizione si basa di norma sul metodo del picco ponderato. Possono essere applicate procedure di valutazione alternative scientificamente provate e convalidate, purché conducano a risultati comparabili.</p>
	25 Hz ≤ f < 50 Hz		5,0 × 10 ⁵ /f	2,0 × 10 ⁴		
	50 Hz ≤ f < 1,64 kHz		5,0 × 10 ⁵ /f	1,0 × 10 ⁵ /f		
	1,64 kHz ≤ f < 3 kHz		5,0 × 10 ⁵ /f	6,1 × 10 ²		
	3 kHz ≤ f ≤ 10 MHz		1,7 × 10 ²	6,1 × 10 ²		
B2	1 Hz ≤ f < 8 Hz	Induzione magnetica B [μT]	2,0 × 10 ⁵ /f ²	3,0 × 10 ⁵ /f	9,0 × 10 ⁵ /f	<p>Il rispetto dei VA_{inf} (B) nell'intervallo di frequenza 1 Hz – 400 Hz garantisce il rispetto dei pertinenti VLE_{senz}, al di sopra dei 400 Hz, coincidendo con i VA_{sup} (B), garantisce il rispetto dei pertinenti VLE_{senz}.</p> <p>Il rispetto dei VA_{sup} (B) garantisce il rispetto dei VLE sanitari, ma non di quelli sensoriali;</p> <p>I VA_{art} (B) garantiscono il rispetto dei VLE sanitari relativi alla stimolazione elettrica dei tessuti limitatamente agli arti, tenuto conto del fatto che il campo magnetico presenta un accoppiamento più debole negli arti che nel corpo. Questi valori possono essere utilizzati in caso di esposizione strettamente confinata agli arti, restando ferma la necessità di valutare il rispetto dei VA su tutto il corpo del lavoratore.</p>

VA – CORRENTI DI CONTATTO I _c (valori efficaci)					
B3	fino a 2,5 kHz	Corrente di contatto stazionaria I _c [mA]	1,0		Tali correnti derivano dal contatto con un oggetto conduttore (per es. una struttura metallica) che, pur non essendo direttamente in tensione, in presenza di un campo elettrico si trova a una tensione diversa dal corpo del lavoratore.
	2,5 kHz ≤ f < 100 kHz		0,4 × f [kHz]		
	100 kHz ≤ f ≤ 10 000 kHz		40		
VA - INDUZIONE MAGNETICA DI CAMPI MAGNETICI STATICI					
B4	0 Hz – 1 Hz	Induzione magnetica esterna B _z [mT]	0,5		Valore di azione per prevenire il rischio di interferenza con dispositivi medici impiantati attivi, ad esempio stimolatori cardiaci.
			3		<p>Valore di azione per prevenire il rischio di attrazione e propulsivo nel campo periferico di sorgenti di campo magnetico statico ad alta intensità (> 100 mT).</p> <p>Si applica a dispositivi medici impiantati passivi o inclusi metallici se contenenti materiali ferromagnetici o conduttivi (per es. piercing, schegge, ecc.) al fine di prevenire il rischio di torsioni o spostamenti.</p>

Tabella 2: Valori limite di azione (VA) - Effetti non termici

Limiti per l'esposizione di carattere professionale – effetti termici

Nell'allegato XXXVI, parte III del Testo Unico sono definiti i valori limite di esposizione e i valori di azione relativi agli effetti termici:

Tabella 6 – VALORI DI AZIONE (VA) – EFFETTI TERMICI

Per i lavoratori particolarmente sensibili al rischio si applicano ulteriori restrizioni (Cfr. Art. 7 e Allegato A)							
TABELLE ALL. XXXVI PARTE III	INTERVALLO DI FREQUENZA	GRANDEZZA FISICA			VA (I _c) per la corrente di contatto stazionaria [mA] (valore efficace)	VA (I _a) per la corrente indotta in qualsiasi arto [mA] (valore efficace)	SIGNIFICATO PROTEZIONISTICO / NOTE
		CAMPI AMBIENTALI					
		VA (E) per l'intensità del campo elettrico [V/m] (valore efficace)	VA (B) per l'induzione magnetica [µT] (valore efficace)	VA (S) per la densità di potenza [W/m ²]			
B2	100 kHz ≤ f < 1 MHz	810	2,0 × 10 ⁹ /f	40	100	I VA(E) e VA(B) derivano dal VLE relativi al SAR e dalla densità di potenza. Il VA(S) viene a coincidere con il corrispondente VLE. I [VA(E)] ² , [VA(B)] ² e [VA(I _a)] ² devono essere mediati per ogni periodo di 6 minuti. I VA(S) sono relativi a valori mediati su intervalli temporali diversi in funzione della frequenza: tra 6 GHz e 10 GHz sono mediati per ogni periodo di 6 minuti, al di sopra di 10 GHz sono mediati su periodi di 68 / f ^{0,5} minuti (dove f è la frequenza in GHz) per tenere conto della graduale diminuzione della profondità di penetrazione con l'aumento della frequenza. I VA(E) e VA(B) corrispondono ai valori del campo imperturbato e sono intesi come valori massimi calcolati o misurati sul posto di lavoro nello spazio occupato dal corpo o da parti del corpo del lavoratore. In specifiche condizioni di esposizione non uniforme possono essere utilizzati criteri relativi alla media spaziale dei campi misurati. Il rispetto del VA(S) deve essere garantito in termini di valore medio per ogni superficie corporea esposta di 20 cm ² , con la condizione aggiuntiva che la densità di potenza mediata su ogni superficie di 1 cm ² non superi il valore di 1000 W/m ² . Nel caso di segnali impulsivi a radiofrequenza, la densità di potenza di picco mediata sull'ampiezza dell'impulso non deve superare di 1000 volte il rispettivo VA(S). Per campi a frequenze multiple (campi non sinusoidali) l'analisi è basata sulla sommatoria dei contributi, descritta nelle norme tecniche di riferimento (Guida CEM, Allegato C). In caso di esposizione a una sorgente molto localizzata, distante pochi cm dal corpo, il campo elettrico interno (in situ) e la conformità ai VLE possono essere determinati caso per caso mediante dosimetria (Cfr. Art. 6).	
	1 MHz ≤ f < 10 MHz	6,1 × 10 ⁵ / f					
	10 MHz ≤ f ≤ 100 MHz						
	100 MHz ≤ f ≤ 110 MHz	81	0,2				
	110 MHz ≤ f < 400 MHz						
	400 MHz ≤ f < 2 GHz	3 × 10 ⁻³ f ^{0,2}	1,0 × 10 ⁻⁶ f ^{0,2}				
B1	2 GHz ≤ f < 6 GHz						
	6 GHz ≤ f ≤ 300 GHz	140	0,45	50			

Tabella 3: valori limite di azione (VA) -Effetti termici

Tabella 5 – VALORI LIMITE DI ESPOSIZIONE (VLE) – EFFETTI TERMICI

TABELLE ALLEGATO XXXVI PARTE III	INTERVALLO DI FREQUENZA	GRANDEZZA FISICA	TIPO DI EFFETTO		CONDIZIONE DI ESPOSIZIONE	SIGNIFICATO PROTEZIONISTICO / NOTE
			SENSORIALE	SANITARIO		
A1	100 kHz ≤ f < 6 GHz	Tasso di assorbimento specifico SAR [W/kg]		0,4	Esposizione a corpo intero	I VLE _{max} proteggono dal riscaldamento termico dei tessuti od organi derivante dall'esposizione a campi elettromagnetici.
				10	Esposizione localizzata di testa e tronco	I VLE _{max} riferiti al SAR (potenza assorbita per unità di massa di tessuto corporeo) sono relativi a valori mediati per ogni periodo di sei minuti.
				20	Esposizione localizzata degli arti	Il rispetto dei VLE _{max} sul SAR per l'esposizione localizzata deve essere assicurato in termini di valore medio su ogni elemento di massa pari a 10 g di tessuto continuo con proprietà elettriche approssimativamente omogenee; il massimo valore di SAR così ricavato deve essere impiegato per la verifica di conformità con il pertinente VLE.
A2	0,3 GHz ≤ f ≤ 6 GHz	Assorbimento specifico locale di energia SA [mJ/kg]	10		Esposizione della testa a campi elettromagnetici pulsati	Il VLE _{max} è finalizzato alla prevenzione degli effetti uditivi provocati dall'esposizione della testa a microonde pulsate. Esso è riferito all'energia assorbita per ogni massa di 10 g di tessuto all'interno della testa.
A3	6 GHz ≤ f ≤ 300 GHz	Densità di potenza incidente sulla superficie corporea S [W/m ²]		50		I VLE _{max} proteggono dal riscaldamento termico dei tessuti od organi derivante dall'esposizione a campi elettromagnetici. I VLE _{max} riferiti alla densità di potenza S sono relativi a valori mediati su intervalli temporali diversi in funzione della frequenza: tra 6 GHz e 10 sono mediati per ogni periodo di sei minuti, al di sopra di 10 GHz sono mediati su periodi di 68/f ^{0,5} minuti (dove f è la frequenza in GHz) per tenere conto della graduale diminuzione della profondità di penetrazione con l'aumento della frequenza. Il rispetto del VLE su S deve essere garantito in termini di valore medio per ogni superficie corporea esposta di 20 cm ² con la condizione aggiuntiva che la densità di potenza mediata su ogni superficie di 1 cm ² non superi il valore di 1000 W/m ² .

Tabella 4: Valori limite di esposizione (VLE) - Effetti termici

Con riferimento agli effetti termici, i VLE relativi agli effetti sanitari per esposizione a campi elettromagnetici a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz proteggono dal riscaldamento termico dei tessuti o organi.

Per lo stesso intervallo di frequenza, è definito un valore di azione relativo alla densità di potenza ambientale. Questo valore di soglia, viene a coincidere con il corrispondente valore limite di esposizione essendo espresso nella medesima unità di misura, sebbene quest'ultimo, in quanto grandezza dosimetrica, sia relativo alla densità di potenza incidente sulla superficie corporea.

I VA(E) e VA(B) consentono una valutazione semplificata della conformità ai pertinenti VLE. A seguito della valutazione dell'esposizione, qualora risulti che i VA sono superati, il DL, a meno che la valutazione dimostri che i pertinenti VLE non sono superati e che possono essere esclusi rischi relativi alla sicurezza, elabora ed applica un programma d'azione che comprenda misure tecniche e organizzative intese a prevenire esposizioni superiori ai VLE relativi agli effetti sensoriali e ai VLE relativi agli effetti sanitari. In caso di esposizione a una sorgente molto localizzata, distante pochi cm dal corpo, il campo elettrico interno (in situ) e la conformità ai VLE possono essere determinati, caso per caso, mediante dosimetria.

Limiti per l'esposizione di carattere non professionale

Alle esposizioni non professionali si applicano le disposizioni generali del TUS e i limiti per la popolazione fissati dalla legislazione nazionale vigente.

Nel caso di esposizioni a campi multisorgente o esposizioni a campi multifrequenza (campi non sinusoidali, ovvero campi caratterizzati da molteplici armoniche in frequenza), la valutazione dell'esposizione si basa di norma sul **metodo della somma spettrale**, come indicato nell'Allegato IV alla Raccomandazione Europea 1999/519/CE [21]. Il metodo conduce alla determinazione di un indice adimensionale, il cui valore deve essere inferiore ad 1 o a 100 se espresso in percentuale, al fine di garantire il rispetto delle prescrizioni normative.

Il metodo della somma spettrale non considera le relazioni di fase delle diverse componenti spettrali che tuttavia assumono rilevanza nel caso del regime degli effetti non termici. In questi casi la valutazione basata sul metodo della somma spettrale fornisce risultati estremamente conservativi. Ai fini di una valutazione più realistica si potrebbe considerare la possibilità di adottare il metodo del picco ponderato anche per le

esposizione di carattere non professionale alle basse frequenze. Essendo la tipologia di esposizione determinata dalla specifica attività svolta dal lavoratore, ne consegue che a uno stesso lavoratore, in funzione dell'attività svolta, potranno applicarsi i limiti di esposizione stabiliti dal TUS piuttosto che i limiti per la popolazione.

Per i *lavoratori particolarmente sensibili al rischio CEM* si applicano ulteriori restrizioni e si richiede una valutazione specifica del rischio.

I limiti per l'esposizione della popolazione e per le esposizioni non professionali sono definiti dalla *Legge 22 febbraio 2001 n. 36* "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici" [3] e dai relativi decreti attuativi:

- *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" (di seguito richiamato come DPCM BF);
- *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 a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz" (di seguito richiamato come DPCM AF).

I due DPCM *recepiscono* (rispettivamente negli artt. 3 e 4) l'insieme delle restrizioni per la popolazione definite dalla *Raccomandazione 1999/519/CE*, che si articolano in limiti di base (LB) e livelli di riferimento (LR), *fatta eccezione per le categorie di sorgenti* riconducibili agli elettrodotti operanti alla frequenza di rete (50 Hz) e ai sistemi fissi delle telecomunicazioni e radiotelevisivi (100 kHz – 300 GHz). Per le suddette categorie di sorgenti, i medesimi DPCM fissano specifiche restrizioni in termini di:

- *limite di esposizione*, valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, definito ai fini della tutela della salute da effetti acuti, che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione;
- *valore di attenzione*, valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, che non deve essere superato negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere; esso costituisce misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine.
- *obiettivi di qualità*, sono criteri localizzativi, standard urbanistici, prescrizioni e incentivazioni per l'utilizzo delle migliori tecnologie disponibili, indicati dalle leggi

regionali, nonché valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico definiti ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai CEM.

Tabella 7 – Articolazione dei limiti per l'esposizione della popolazione e per le esposizioni di carattere non professionali applicabili ai sensi della legislazione nazionale vigente

Per i lavoratori particolarmente sensibili al rischio si applicano ulteriori restrizioni (Cfr. Art. 7 e Allegato A)

SORGENTI	INTERVALLO DI FREQUENZA	CAMPO ELETTRICO (valore efficace)	CAMPO MAGNETICO (valore efficace)	DENSITÀ DI POTENZA (valore efficace)	SIGNIFICATO PROTEZIONISTICO / NOTE
SORGENTI NON RICONDUCIBILI ALLE CATEGORIE DI CUI SOTTO (Rif. RACC.1999/519/CE)	0 Hz - 300 GHz	TABELLA 8 – Limiti di Base (LB) TABELLA 9 – Livelli di Riferimento (LR)			
ELETTRODOTTI (Rif. DPCM BF e s.m.l.)	50 Hz	5 [kV/m]	100 [μT] valore di induzione magnetica		Limite di esposizione Valore di campo elettrico e campo magnetico, considerato come valore di immissione definito ai fini della tutela della salute da effetti acuti. Il limite non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione.
			10 [μT] valore di induzione magnetica mediana su 24 h per permanenze ≥ 4 h		Valore di attenzione Valore di immissione, definito 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). Si applica nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a 4 ore giornaliere. Il valore è da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.
			3 [μT] valore di induzione magnetica mediana su 24 h per permanenze ≥ 4 h		Obiettivo di qualità Valore definito ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di rete (50 Hz). Si applica 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 giornaliere e nella progettazione di nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio. Il valore è da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Tabella 5: Articolazione dei limiti per l'esposizione della popolazione e per le esposizioni di carattere non professionali applicabili ai sensi della legislazione nazionale vigente (D.P.C.M. 8 luglio 2003 B.F.)

SORGENTI	INTERVALLO DI FREQUENZA	Campo ELETTRICO (valore efficace)	CAMPO MAGNETICO (valore efficace)	DENSITÀ DI POTENZA (valore efficace)	SIGNIFICATO PROTEZIONISTICO / NOTE
SISTEMI FISSI DELLE TELECOMUNICAZIONI E RADIOTELEVISIVI (Rif. DPCM AF e s.m.l.)	$0,1 < f \leq 3$ MHz	60 [V/m]	0,2 [A/m]		Limiti di esposizione Valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerati come valore di immissione, definiti ai fini della tutela della salute da effetti acuti, che non devono essere superati in alcuna condizione di esposizione. Sono da intendersi come valori rilevati ad un'altezza di 1,5 m sul piano di calpestio e mediati su qualsiasi intervallo di sei minuti.
	$3 < f \leq 3000$ MHz	20 [V/m]	0,05 [A/m]	1 [W/m ²]	
	$3 < f \leq 300$ GHz	40 [V/m]	0,01 [A/m]	4 [W/m ²]	
	100 kHz < f ≤ 300 GHz		6 [V/m]	0,016 [A/m]	0,10 [W/m ²] (3 MHz – 300 GHz)
		6 [V/m]	0,016 [A/m]	0,10 [W/m ²] (3 MHz – 300 GHz)	Obiettivi di qualità Definiti come valori di immissione, calcolati o misurati all'aperto nelle aree intensamente frequentate, ai fini della progressiva minimizzazione delle esposizioni ai campi elettromagnetici generati da sorgenti fisse con frequenza compresa tra 100 kHz e 300 GHz. Sono da intendersi come valori rilevati a un'altezza di 1,5 m dal piano di calpestio come media dei valori nell'arco delle 24 ore.

Tabella 6: Articolazione dei limiti per l'esposizione della popolazione e per le esposizioni di carattere non professionali applicabili ai sensi della legislazione nazionale vigente (D.P.C.M. 8 luglio 2003 A.F.)

Descrizione architettura di impianto.

Il parco fotovoltaico sorgerà nel territorio del comune di Melilli, in contrada Monte Cassara.

Dalle cabine di raccolta dei campi è previsto che l'energia prodotta venga trasportata secondo gli standard TERNA a una tensione pari a 36 kV su una nuova stazione elettrica di trasformazione (SE) 380/150/36 kV della RTN, da inserire in entra – esce sul futuro elettrodotto RTN a 380 kV della RTN “Paternò – Priolo”, previsto nel Piano di Sviluppo Terna.

L'area della costruenda Stazione Elettrica è stata individuata in un lotto di terreno confinante con il parco fotovoltaico.

L'impianto insisterà su un'area della estensione di circa 93,08 Ha.

L'intervento costruttivo oggetto della presente relazione, consiste nella realizzazione di un parco fotovoltaico della potenza complessiva di 88,74 Mwp.

L'area è prospiciente la SP 95, la quale se percorsa in direzione est per circa 8,00 Km conduce allo svincolo di ingresso dell'Autostrada Catania – Siracusa.

Il suddetto impianto è costituito da 141.986 moduli fotovoltaici, suddivisi in sottocampi e stringhe, i quali sono collegati in serie o in parallelo a seconda del livello e verranno montati su strutture fisse.

L'utilizzo di tale struttura è stato dettato da esigenze legate all'orografia del terreno.

Una serie di moduli costituisce una stringa, la quale si collega in parallelo ad altre stringhe per formare il sottocampo, il quale forma con altri sottocampi sempre collegati in parallelo il campo fotovoltaico.

Saranno presenti 105 strutture da 26 moduli e 2678 da 52 moduli.

I pannelli fotovoltaici previsti in progetto saranno:

- marca JinKo Solar – **bifacciale**, con potenza di picco pari a 625 W, e presentano dimensione massima pari a 2465 x 1134 mm, e sono inseriti in una cornice di alluminio anodizzato dello spessore di 35 mm (*installati esclusivamente sui supporti fissi*).

Tutti supporti verranno realizzati in acciaio al carbonio galvanizzato, resistente alla corrosione e ogni struttura sarà costituita da due vele (*file di pannelli*) affiancate per il lato minore.

Le strutture dei sostegni verticali infissi al suolo senza l'ausilio di cemento armato.

I supporti fissi avranno un'altezza minima pari a 0,90 ml dal p.c. e una inclinazione pari a 25 ° sull'orizzontale.

L'impianto sarà suddiviso in 7 distinti sottocampi, e relativi raggruppamenti afferenti all'inverter di competenza, per un totale di 24 inverter identici marca **SMA** modello *Sunny central* di potenza variabile da **4,00 KVA** a **4,20 KVA**.

Per il dimensionamento del campo sono state assunte delle ipotesi in merito alla potenziale componentistica da installare. È opportuno precisare che tutti i componenti selezionati sono a carattere prettamente indicativo, e potrebbero essere sostituiti in fase di costruzione con componenti di caratteristiche simili ma tecnologicamente migliori, nel rispetto delle superfici impegnate in progetto.

Per scelta progettuale il layout di impianto è stato suddiviso in 7 sottocampi, con la seguente composizione :

	Num. supporti fissi da 26 moduli	Num. Supporti fissi da 52 moduli	Moduli installati	Potenza (W)	Numero inverter installati
Campo 1	13	315	16.718	10.448.800	3
Campo 2	12	421	22.204	13.877.500	4
Campo 3	20	371	19.812	12.382.500	3
Campo 4	21	450	23.946	14.966.300	4
Campo 5	2	446	23.244	14.527.500	4
Campo 6	16	313	16.692	10.432.500	3
Campo 7	21	362	19.370	12.106.300	3
TOTALE	105	2678	141.986	88.741.300	24

Tabella 1 – Composizione campo

Operativamente, durante le ore giornaliere l'impianto fotovoltaico converte la radiazione solare in energia elettrica in corrente continua.

Ogni trasformatore a valle dell'inverter è collegato mediante un cavidotto MT interrato denominato "cavidotto interno" ad una cabina di raccolta a partire dalla quale si svilupperà un altro cavidotto MT interrato, denominato "cavidotto esterno" di collegamento alla stazione utente o di elevazione, che eleverà la potenza da 30 KV a 380 KV.

L'intera area d'impianto sarà delimitata da una recinzione continua lungo il perimetro e sarà costituita da elementi modulari rigidi in tondini di acciaio elettrosaldati di diverso diametro che conferiscono una particolare resistenza e solidità alla recinzione. La recinzione verrà posizionata sul ciglio della strada perimetrale, in modo da essere coperta dalla fascia di mitigazione larga 10.00 ml che coprirà l'intero perimetro di impianto.

La recinzione avrà altezza complessiva di circa 200 cm con pali di sezione 60x60 mm disposti ad interassi regolari di circa 1 m con 4 fissaggi su ogni pannello ed infissi nel terreno alla base fino alla profondità massima di 1,00 m dal piano campagna.

A distanze regolari di 4 interassi le piantane saranno controventate con paletti tubolari metallici inclinati con pendenza 3:1.

Per consentire il passaggio della fauna selvatica di piccola taglia si prevede di installare la recinzione in modo da garantire varchi di passaggio con larghezza pari a 20 cm, lungo tutto il perimetro dell'impianto, con passo regolare pari a 20,00 ml.

L'accesso alle aree d'impianto avverrà attraverso un cancello carraio scorrevole, con luce netta 6,00 m e scorrevole montato su un binario in acciaio fissato su un cordolo di fondazione in cls armato, dal quale spiccano i pilastri scatolari quadrati 120 x 4 che fungono da guide verticali.

All'interno dell'area d'impianto e perimetralmente alla recinzione è previsto un sistema di illuminazione e videosorveglianza che sarà montato su pali in acciaio zincato fissati al suolo con plinto di fondazione in cls armato.

L'illuminazione avverrà dall'alto verso il basso in modo da evitare la dispersione verso il cielo della luce artificiale in accordo con quanto previsto dalla normativa regionale e nazionale in materia di inquinamento luminoso.

Tutti i cavidotti interrati che collegano le cabine di raccolta alla Stazione Utente, attraverseranno brevissimi tratti di viabilità interpoderale o di Strada Provinciale per poi giungere direttamente alla Stazione di Elettrica di Smistamento.

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

BIFACIAL MODULE WITH
DUAL GLASS

N-Type

Positive power tolerance of 0~+3%

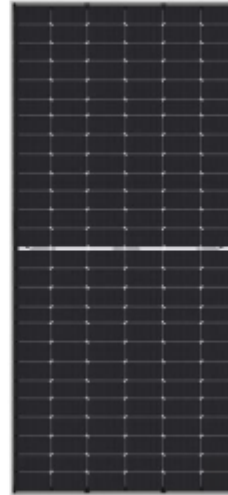
IEC61215(2016), IEC61730(2016)

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).

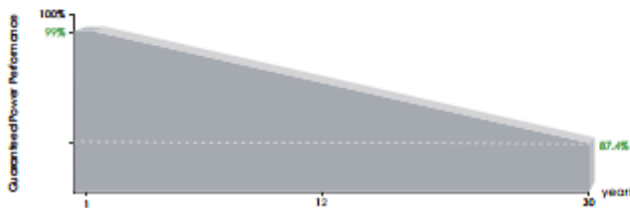


Higher Power Output

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



LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

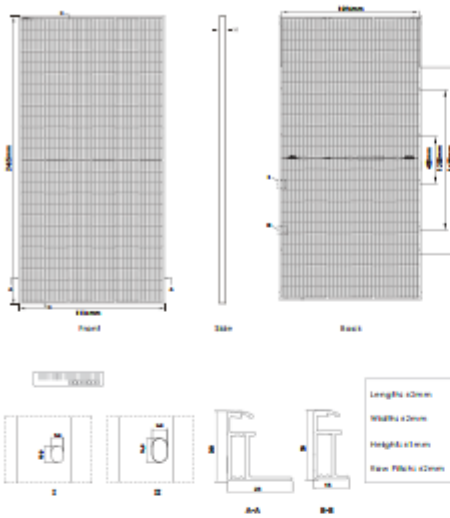


12 Year Product Warranty

30 Year Linear Power Warranty

0.40% Annual Degradation Over 30 years

Engineering Drawings

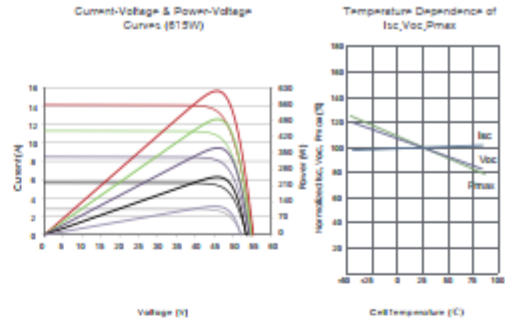


Packaging Configuration

(Two pallets = One stack)

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

Electrical Performance & Temperature Dependence



Mechanical Characteristics

Cell Type	N type Mono-crystalline
No. of cells	156 (2x78)
Dimensions	2445x1134x30mm (97.05x44.65x1.18 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 1x4.0mm ² [+]: 400mm, [-]: 200mm or Customized Length

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM605N-78HL4-8DV		JKM610N-78HL4-8DV		JKM615N-78HL4-8DV		JKM620N-78HL4-8DV		JKM625N-78HL4-8DV	
	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 (°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	30A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.29%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.25%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.045%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									
Refer. Bifacial Factor	80±5%									

BIFACIAL OUTPUT-REAR SIDE POWER GAIN

		JKM605N-78HL4-8DV				
		5%	15%	25%	35%	45%
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°C AI=1.5
 NOCT: Irradiance 800W/m² Ambient Temperature 20°C AI=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.

JKM605-625N-78HL4-8DV-F4-EN

I gruppi di conversione adottati per tale tipologia di impianto sono composti dal componente principale inverter e da un insieme di componenti, quali filtri e dispositivi di sezionamento, protezione e controllo, che rendono il sistema idoneo al trasferimento della potenza dal generatore alla rete, in conformità ai requisiti normativi, tecnici e di sicurezza applicabili.

I gruppi di conversione di progetto saranno tutti di marca SMA **o similare**, e presenteranno potenza variabile in funzione del campo di riferimento :

MV POWER STATION 4000-S2 / 4200-S2 / 4400-S2 / 4600-S2



MVPS-4000-S2 / MVPS-4200-S2 / MVPS-4400-S2 / MVPS-4600-S2

Resistente

- La stazione e tutti i componenti sono sottoposti a test
- Perfetta per condizioni ambientali estreme

Pratica

- Sistema "plug and play"
- Completamente preassemblata per un'installazione e messa in servizio semplice

Conveniente

- Semplicità di progetto e installazione
- Costi di trasporto ridotti grazie alla piattaforma da 20 piedi

Flessibile

- Un unico design per tutto il mondo
- DC-Coupling Ready
- Numerose opzioni

MV POWER STATION 4000-S2 / 4200-S2 / 4400-S2 / 4600-S2

Soluzione chiavi in mano per centrali fotovoltaiche

Con la potenza fornita dai nuovi inverter centralizzati Sunny Central UP e Sunny Central Storage UP e i componenti di media tensione appositamente studiati, la nuova MV Power Station offre una densità di potenza maggiore e può essere fornita chiavi in mano in tutto il mondo. Ideale per la nuova generazione di centrali fotovoltaiche da 1500 V_{CC}, la soluzione integrata nel container da 20 piedi assicura semplicità di trasporto e rapidità di montaggio e messa in servizio. La MVPS e tutti i componenti sono sottoposti a test. La MV Power Station garantisce la massima sicurezza dell'impianto, massimi rendimenti energetici, e minimi rischi operativi. Naturalmente la MV Power Station è predisposta per i collegamenti CC.

MV POWER STATION

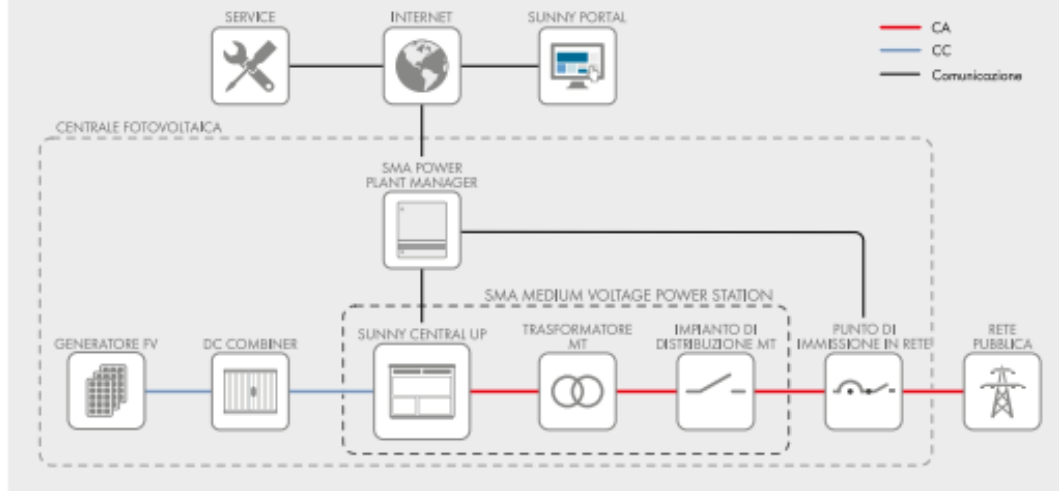
4000-S2 / 4200-S2 / 4400-S2 / 4600-S2

Dati tecnici	MVPS 4000-S2	MVPS 4200-S2
Ingresso (CC)		
Inverter selezionabili	1 x SC 4000 UP oppure 1 x SCS 3450 UP oppure 1 x SCS 3450 UP:XT	1 x SC 4200 UP oppure 1 x SCS 3600 UP oppure 1 x SCS 3600 UP:XT
Tensione d'ingresso max	1500 V	1500 V
Numero ingressi CC	a seconda dell'inverter scelto	
Zone Monitoring integrata	0	
Amperaggi disponibili dei busbar (per ciascun ingresso)	200 A, 250 A, 315 A, 350 A, 400 A, 450 A, 500 A	
Uscita (CA) lato di media tensione		
Potenza nominale con SC UP (da -25°C a +35°C / 40°C opzionale 50°C) ¹⁾	4000 kVA / 3600 kVA	4200 kVA / 3780 kVA
Potenza nominale con SCS UP (da -25°C a +25°C / 40°C opzionale 50°C) ¹⁾	3450 kVA / 2930 kVA	3620 kVA / 3075 kVA
Potenza di carica SCS UP:XT (da -25°C a +25°C / 40°C opzionale 50°C) ¹⁾	3590 kVA / 3000 kVA	3770 kVA / 3150 kVA
Potenza di scarica con SCS UP:XT (da -25°C a +25°C / 40°C opzionale 50°C) ¹⁾	4000 kVA / 3600 kVA	4200 kVA / 3570 kVA
Tensioni nominali tipiche CA	da 10 kV a 35 kV	da 10 kV a 35 kV
Frequenza di rete CA	50 Hz / 60 Hz	50 Hz / 60 Hz
Gruppo vettoriale del trasformatore Dy11 / YNd11 / YNy0	● / ○ / ○	● / ○ / ○
Tipo di raffreddamento del trasformatore	KNAN ²⁾	KNAN ²⁾
Perdite standard a vuoto del trasformatore / Eco Design 1 / Eco Design 2	● / ○ / ○	● / ○ / ○
Perdite standard di corto circuito del trasformatore / Eco Design 1 / Eco Design 2	● / ○ / ○	● / ○ / ○
Fattore massimo di distorsione		< 3%
Immissione di potenza reattiva (fino a max 60% della potenza nominale)		0
Fattore di potenza a potenza nominale / fattore di sfasamento regolabile		1 / 0,8 induttivo fino a 0,8 capacitivo
Rendimento inverter		
Grado di rendimento max ³⁾ / Grado di rendimento europeo ³⁾ / Grado di rendimento CEC ⁴⁾	98,8% / 98,6% / 98,5%	98,8% / 98,7% / 98,5%
Dispositivi di protezione		
Dispositivo di disconnessione lato ingresso		Sezionatore di carica CC
Dispositivo di agancio lato uscita		Interruttore a vuoto MT
Protezione contro sovratensioni CC		Scaricatore di sovratensioni tipo I
Separazione galvanica		●
Resistenza ad archi elettrici cabina elettrica MT (secondo IEC 62271-202)		IAC A 20 kA 1 s
Dati generali		
Dimensioni (L / A / P)	6058 mm / 2896 mm / 2438 mm	
Peso	< 18 t	
Autoconsumo (max / carica parziale / medio) ⁵⁾	< 8,1 kW / < 1,8 kW / < 2,0 kW	
Autoconsumo (stand-by) ⁵⁾	< 370 W	
Temperatura ambiente da -25°C a +45°C / da -25°C a +55°C / da -40°C a +45°C	● / ○ / ○	
Grado di protezione secondo IEC 60529	Cabine elettriche IP23D, elettronica inverter IP54	
Ambiente: standard / critico	● / ○	
Grado di protezione secondo IEC 60721-3-4 (4C1, 4S2 / 4C2, 4S4)	● / ○	
Valore massimo ammissibile per l'umidità relativa	95% (per 2 mesi/anno)	
Altitudine operativa max. s.l.m. 1000 m / 2000 m	● / ○	
Fabbisogno d'aria fresca inverter	6500 m ³ /h	
Dotazione		
Collegamento CC	Capicorda	
Collegamento CA	Connettore angolare canonico esterno	
Tap changer per trasformatore di media tensione: senza / con	● / ○	
Avvolgimento di schermatura per trasformatore MT: senza / con	● / ○	
Pacchetto monitoraggio	0	
Colore involucro cabina	RAL 7004	
Trasformatore per utilizzatori esterni: senza / 10 / 20 / 30 / 40 / 50 / 60 kVA	● / ○ / ○ / ○ / ○ / ○ / ○	
Impianto di distribuzione in media tensione: senza / 1 feeder / 3 feeder		
2 feeder con sezionatore di carica, 1 feeder trasformatore con interruttore di potenza, resistenza ad arco elettrico interno IAC A FL 20 kA 1 s secondo IEC 62271-200	● / ○ / ○	
Resistenza ai cortocircuiti impianto di distribuzione in media tensione (20 kA 1 s / 20 kA 3 s / 25 kA 1s)	● / ○ / ○	
Accessori dei quadri di distribuzione in media tensione: senza / contatti ausiliari / motore per feeder trasformatore / collegamento a cascata / monitoraggio	● / ○ / ○ / ○ / ○ / ○	
Contenitore di raccolta olio integrato: senza / con	● / ○	
Standard (per ulteriori standard si veda la scheda tecnica dell'inverter)	IEC 60076, IEC 62271-200, IEC 62271-202, EN50588-1, CSC Certificate	
● Dotazione di serie ○ Opzionale – Non disponibile		
Denominazione del tipo	MVPS-4000-S2	MVPS-4200-S2

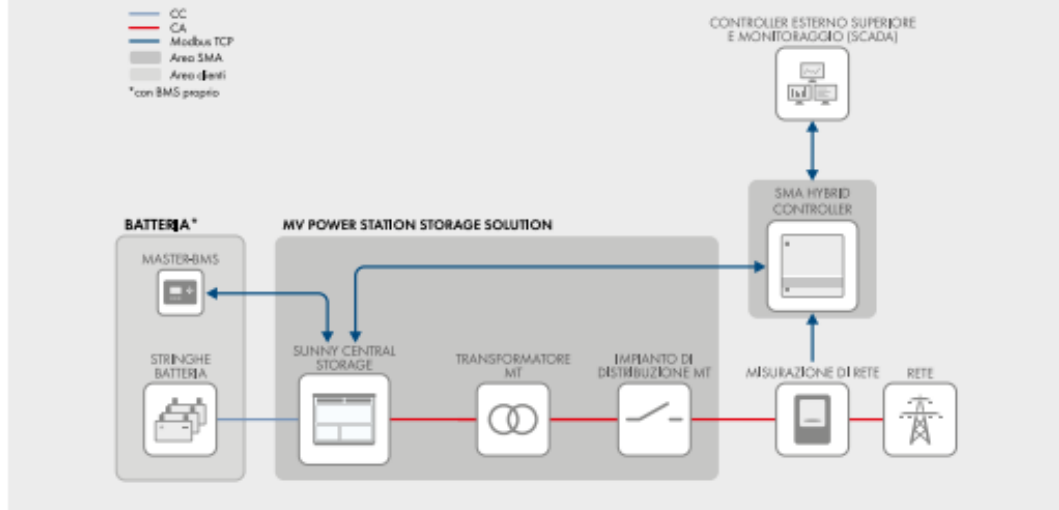
- 1) Dati riferiti all'inverter. Per ulteriori dettagli si veda la scheda tecnica dell'inverter.
 2) KNAN = essere con raffreddamento naturale ad aria
 3) Efficienza misurata sull'inverter senza autoalimentazione
 4) Efficienza misurata sull'inverter con autoalimentazione

Dati tecnici	MVPS 4400-S2	MVPS 4600-S2
Ingresso (CC)		
Inverter selezionabili	1 x SC 4400 UP oppure 1 x SCS 3800 UP oppure 1 x SCS 3800 UP-XT	1 x SC 4600 UP oppure 1 x SCS 3950 UP oppure 1 x SCS 3950 UP-XT
Tensione d'ingresso max	1500 V	1500 V
Numero ingressi CC	a seconda dell'inverter scelta	
Zone Monitoring integrata	0	
Amperaggi disponibili dei fusibili (per ciascun ingresso)	200 A, 250 A, 315 A, 350 A, 400 A, 450 A, 500 A	
Uscita (CA) lato di media tensione		
Potenza nominale con SC UP (da -25°C a +35°C / 40°C opzionale 50°C) ¹⁾	4400 kVA / 3960 kVA	4600 kVA / 4140 kVA
Potenza nominale con SCS UP (da -25°C a +25°C / 40°C opzionale 50°C) ¹⁾	3800 kVA / 3230 kVA	3960 kVA / 3365 kVA
Potenza di carico SCS UR-XT (da -25°C a +25°C / 40°C opzionale 50°C) ¹⁾	3950 kVA / 3300 kVA	4130 kVA / 3455 kVA
Potenza di scarica con SCS UR-XT (da -25°C a +25°C / 40°C opzionale 50°C) ¹⁾	4400 kVA / 3740 kVA	4600 kVA / 3910 kVA
Tensioni nominali tipiche CA	da 10 kV a 35 kV	da 10 kV a 35 kV
Frequenza di rete CA	50 Hz / 60 Hz	50 Hz / 60 Hz
Gruppo vettoriale del trasformatore Dy11 / YNd11 / YNy0	● / ○ / ○	● / ○ / ○
Tipo di raffreddamento del trasformatore	KNAN ²⁾	KNAN ²⁾
Perdite standard a vuoto del trasformatore / Eco Design 1 / Eco Design 2	● / ○ / ○	● / ○ / ○
Perdite standard di corto circuito del trasformatore / Eco Design 1 / Eco Design 2	● / ○ / ○	● / ○ / ○
Fattore massimo di distorsione	< 3%	
Immissione di potenza reattiva (fino a max 60% della potenza nominale)	0	
Fattore di potenza a potenza nominale / fattore di sfasamento regolabile	1 / 0,8 induttivo fino a 0,8 capacitivo	
Rendimento inverter		
Grado di rendimento max ³⁾ / Grado di rendimento europeo ³⁾ / Grado di rendimento CEC ⁴⁾	98,8% / 98,7% / 98,5%	98,8% / 98,7% / 98,5%
Dispositivi di protezione		
Dispositivo di distensione lato ingresso	Sezionatore di carica CC	
Dispositivo di agancio lato uscita	Interruttore a vuoto MT	
Protezione contro sovratensioni CC	Scaricatore di sovratensioni tipo I	
Separazione galvanica	●	
Resistenza ad archi elettrici cabina elettrica MT (secondo IEC 62271-202)	IAC A 20 kA 1 s	
Dati generali		
Dimensioni (L / A / P)	6058 mm / 2896 mm / 2438 mm	
Peso	< 18 t	
Autoconsumo (max / carica parziale / medio) ⁵⁾	< 8,1 kW / < 1,8 kW / < 2,0 kW	
Autoconsumo (stand-by) ⁵⁾	< 370 W	
Temperatura ambiente da -25°C a +45°C / da -25°C a +55°C / da -40°C a +45°C	● / ○ / ○	
Grado di protezione secondo IEC 60529	Cabine elettriche IP23D, elettronica inverter IP54	
Ambiente: standard / critico	● / ○	
Grado di protezione secondo IEC 60721-3-4 (4C1, 4S2 / 4C2, 4S4)	● / ○	
Valore massimo ammissibile per l'umidità relativa	95% (per 2 mesi/anno)	
Altitudine operativa max. s.l.m. 1000 m / 2000 m	● / ○	
Fabbisogno d'aria fresca inverter	6500 m ³ /h	
Dotazione		
Collegamento CC	Cappicorda	
Collegamento CA	Connettore angolare conico esterno	
Tap changer per trasformatore di media tensione: senza / con	● / ○	
Avvolgimento di schermatura per trasformatore MT: senza / con	● / ○	
Pacchetto monitoraggio	0	
Colore involucro cabina	RAL 7004	
Trasformatore per utilizzatori esterni: senza / 10 / 20 / 30 / 40 / 50 / 60 kVA	● / ○ / ○ / ○ / ○ / ○ / ○ / ○	
Impianto di distribuzione in media tensione: senza / 1 feeder / 3 feeder	● / ○ / ○	
2 feeder con sezionatore di carica, 1 feeder trasformatore con interruttore di potenza, resistenza ad arco elettrico interno IAC A FL 20 kA 1 s secondo IEC 62271-200	● / ○ / ○	
Resistenza ai cortocircuiti impianto di distribuzione in media tensione (20 kA 1 s / 20 kA 3 s / 25 kA 1s)	● / ○ / ○	
Accessori dei quadri di distribuzione in media tensione: senza / contatti ausiliari / motore per feeder trasformatore / collegamento a cascata / monitoraggio	● / ○ / ○ / ○ / ○	
Contenitore di raccolta olio integrato: senza / con	● / ○	
Standard (per ulteriori standard si veda la scheda tecnica dell'inverter)	IEC 60076, IEC 62271-200, IEC 62271-202, EN50588-1, CSC Certificate	
● Dotazione di serie ○ Opzionale – Non disponibile		
Denominazione del tipo	MVPS-4400-S2	MVPS-4600-S2

Schema impianto con Sunny Central UP



Schema impianto con Sunny Central Storage UP



IDENTIFICAZIONE DELLE SORGENTI E DEI RECETTORI

Sorgenti.

Come indicato in precedenza trattasi di un impianto di produzione fotovoltaica le cui componenti elettromeccaniche principali sono dislocate in:

- numero 24 inverter singoli con adiacenti i convertitori statici;
- numero 1 cabina di raccolta che contiene le apparecchiature di protezione MT e BT ausiliari, i trasformatori elevatori.

In relazione alle problematiche di emissione ed esposizione di campi elettromagnetici possiamo valutare che le aree significative al fine della presente valutazione, sono:

- le immediate vicinanze degli inverter;
- il cavidotto di connessione interrato interno ed esterno al campo per la cessione dell'energia elettrica alla rete di distribuzione nazionale.

Nel dettaglio le caratteristiche delle sorgenti emissive sono:

1. Cabina di campo

- Trasformatore elevatore BT/MT da 36 kVA
- Tensione primaria 36 kV
- Tensione secondaria 0,4 kV
- Frequenza 50Hz

2. Cabina di raccolta

- Tensione primaria 36 kV
- Tensione secondaria 0,4 kV
- Frequenza 50Hz

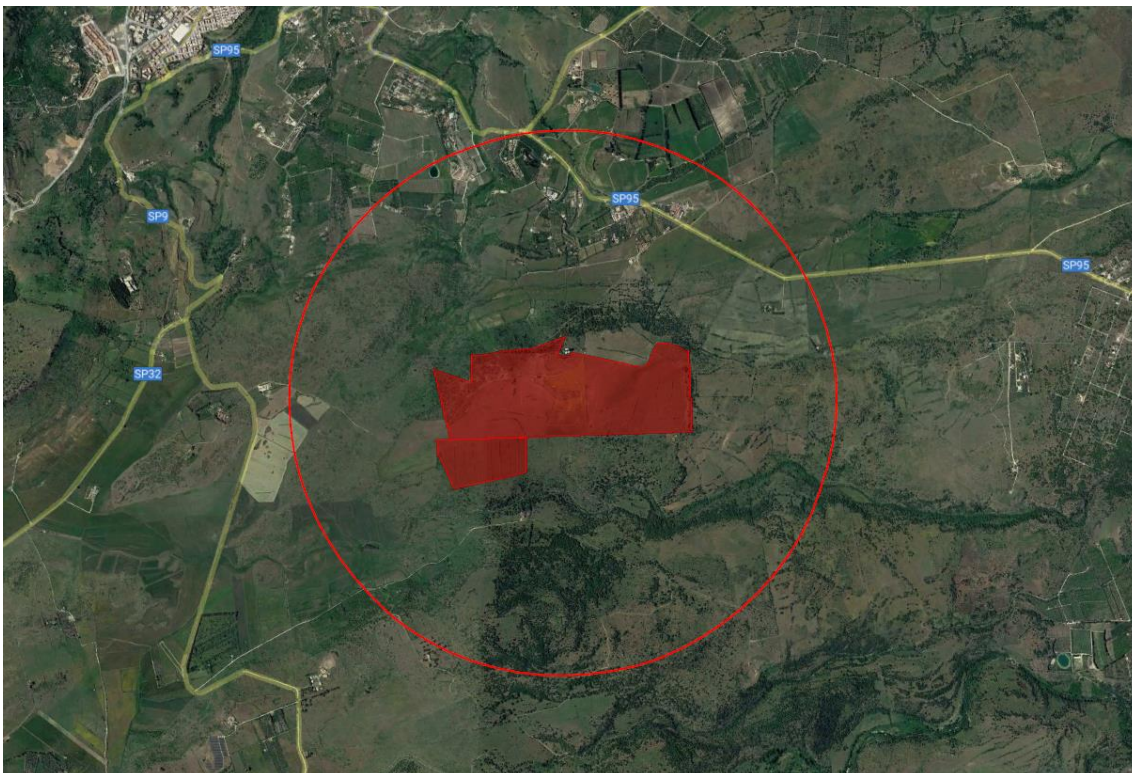
3. Cavidotto a 36 kV interno al campo, dalla cabina di raccolta in cavo interrato 3x1x240 mmq alla stazione utente, cavi tripolari con schermo a fili di alluminio e anime riunite a spirale visibile e conduttore in alluminio;

In funzione delle caratteristiche su esposte, è possibile sostenere che le sorgenti associabili alla centrale di produzione e trasformazione, produrranno campi elettromagnetici esclusivamente nel range delle basse frequenze e che le sorgenti significative da tenere in considerazione saranno proprio i trasformatori elevatori presenti all'interno delle cabine di campo, e gli elettrodotti interrati interni ed esterni al sito

Recettori.

L'area in cui verrà installato il parco fotovoltaico, ricade in località c/da Monte Cassara territorio del Comune di Melilli (SR), ed individuata come zona E di PRG – Verde agricolo.

Il terreno è allo stato attuale inutilizzato e costituisce un naturale terrazzamento a nord dalla SP95.



Nella ortofoto è evidenziata la circonferenza con raggio 1,00 Km avente centro nel baricentro geometrico del perimetro di impianto.

È evidente che le sorgenti individuate ai fini della valutazione di impatto elettromagnetico (cabine di campo e cabina di consegna) siano ubicate in aree interne al sito o comunque lontane da aree con presenza continua di popolazione. Pertanto, emissioni elettromagnetiche esauriranno la loro interferenza con fasce di rispetto molto modeste nell'ordine di 2-3 metri.

ANALISI CAMPI ELETTROMAGNETICI

Normativa

Il DPCM 8 luglio 2003, all'art. 6, in attuazione della Legge 36/01 (art. 4 c. 1 lettera h), introduce la metodologia di calcolo delle fasce di rispetto, definita nell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti). Detta fascia comprende tutti i punti nei quali, in normali condizioni di esercizio, il valore di induzione magnetica può essere maggiore o uguale all'obiettivo di qualità. Esso in particolare fissa, all'art. 4, gli obiettivi di qualità.

“La metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti” prevede una procedura semplificata di valutazione con l'introduzione della Distanza di Prima Approssimazione (DPA). Detta DPA, nel rispetto dell'obiettivo di qualità di 3 μ T del campo magnetico (art. 4 del DPCM 8 luglio 2003), si applica nel caso di:

- realizzazione di nuovi elettrodotti (inclusi potenziamenti) in prossimità di luoghi tutelati;
- progettazione di nuovi luoghi tutelati in prossimità di elettrodotti esistenti.
- Il fine di tale metodologia è di agevolare/semplificare:
 - l'iter autorizzativo relativo alla costruzione ed esercizio degli elettrodotti (linee e cabine elettriche);
 - le attività di gestione territoriale relative a progettazioni di nuovi luoghi tutelati e alle richieste di redazione dei piani di gestione territoriale inoltrate dalle amministrazioni locali.

Campo elettromagnetico impianto fotovoltaico.

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.

Campo elettromagnetico 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 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 disinserzione 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.

Pertanto si conclude affermando che per gli inverter utilizzati all'interno delle

cabine di trasformazione si può ritenere ininfluenza o poco rilevante il contributo dal punto di vista elettromagnetico.

Campo elettromagnetico generato dalle cabine di trasformazione

Per quanto riguarda i componenti dell'impianto sono da considerare le cabine elettriche di trasformazione, ove all'interno delle quali, la principale sorgente di emissione è il trasformatore BT/MT (n°24 da 1250 kVA).

In questo caso si valutano le emissioni dovute ai trasformatori di potenza 1250 kVA collocati all'interno delle rispettive cabine di trasformazione.

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

In base al DM del 29.05.2008, (cap.5.2.1), l'ampiezza delle DPA si determina come di seguito descritto.

Tale determinazione si basa sulla ipotesi che tutta la corrente del lato bassa tensione sia canalizzata in un unico cavo collocato adiacente il muro interno della cabina.

Le formule per determinare le DPA sono le seguenti :

$$A) \frac{DPA}{\sqrt{I}} = 0,40942 \times X^{0,5242} \quad \text{Relazione valida per potenze nominali fino a 630 KVA}$$

$$B) DPA = 0,014 \times P^{0,75} \quad \text{Relazione valida per potenze nominali superiori a 630 KVA}$$

dove:

DPA= distanza di prima approssimazione (m)

I= corrente nominale (A)

x= diametro dei cavi (m)

P = Potenza di esercizio trasformatore in KVA

Poiché il trasformatore presenta una potenza pari a 1250 KVA, per il caso in specie, verrà applicata la relazione di cui al **punto B**), la quale indicherà una DPA di sicurezza pari a **2,95 m**.

La distanza è da riferirsi ai muri della cabina, per cui si assumerà un valore di DPA pari a 3,00 ml dal perimetro.

Calcolo e verifica dei campi emessi dalla linea interrata in esame.

I campi ELF oltre che misurati possono essere stimati attraverso l'utilizzo di programmi di calcolo per la cui applicazione è necessaria la conoscenza di alcuni dati della linea elettrica. In particolare serve conoscere le caratteristiche geometriche della linea (diametro dei conduttori e loro reciproca posizione spaziale, distanza da terra), le sue caratteristiche elettriche (tensione, intensità di corrente) e la posizione (distanza e altezza) del punto dove devono essere valutati i campi rispetto ai conduttori della linea. Il calcolo che segue si rifà direttamente alle indicazioni della norma CEI 211- 4 *“Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche”* pubblicata dal Comitato Elettrotecnico Italiano nel luglio 1996. Trascurando il calcolo di verifica del campo elettrico che, per come detto in precedenza, risulta non significativo per le linee elettriche interrate, l'algoritmo di calcolo utilizzato per il calcolo dell'induzione magnetica generata da una linea ha come punto di partenza la legge Biot-Savart che consente di calcolare in un generico punto dello spazio il valore dell'induzione magnetica B prodotta da un conduttore rettilineo percorso da una corrente I attraverso la :

$$B = \frac{0,20 \times I}{r}$$

In prima approssimazione l'induzione magnetica generata da un conduttore singolo si può calcolare con la seguente formula (Biot e Savart), dove B rappresenta l'induzione magnetica misurata in micro Tesla (μT), I la corrente in ampere (A) e r la distanza in metri (m).

Per una linea trifase costituita da tre conduttori piani, tipicamente presente in ambito industriale, l'andamento rispetta la seguente formula:

$$B = \frac{0,35 \times I \times D}{r^2}$$

dove D è la distanza tra i due conduttori in metri. Se i tre conduttori sono posati nella configurazione a trifoglio l'induzione magnetica si può calcolare con la seguente formula:

$$B = \frac{0,25 \times I \times D}{r^2}$$

Cavi in MT interni ed esterni al campo.

È prevista la realizzazione di cavidotti interrati in MT sia all'interno del campo fotovoltaico che all'esterno dello stesso per connettersi alla Stazione Utente, le differenze tra le due tipologie di cavi saranno relative alle sezioni utilizzate.

Nello specifico si avranno i seguenti tipi di cavi, comunque interrati :

- 1. Cavo Tipo RG7HIRX - 26/45 kV collegamento Inverter/Cabina di raccolta*

In ogni caso, al fine di rispettare le prescrizioni Normative, si è tenuto conto del limite di qualità dei campi magnetici, fissato dalla Legislazione al valore minimo cautelativo di $3 \mu\text{T}$.

La tipologia di cavidotti presenti sia nell'impianto prevede all'interno del campo fotovoltaico l'utilizzo di soli cavi non elicordati.

Il cavo tripolare ha un ottimo comportamento dal punto di vista dei campi magnetici in quanto, essendo la somma delle tre correnti che circolano nei conduttori istante per istante nulla, almeno teoricamente non vi sono correnti parassite circolanti negli eventuali rivestimenti metallici esterni.

Verso le cabine utente convergono le terne di cavi MT da 36 kV interrate, il valore del campo elettrico e l'induzione magnetica e, quindi, i punti sensibili hanno distanza tale da non interferire con le attività umane considerando che il limite di massima sicurezza è già rispettato grazie alla distanza dalle aree accessibili da personale qualificato.

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.

Va ricordato che la profondità di posa dei cavi è pari a 1,20 ml dal piano di campagna, pertanto l'intensità maggiore del campo indotto risulta già essere schermata dal terreno stesso.

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.

Qui di seguito si esamineranno le condizioni di induzione elettromagnetica

relativamente a tutti i cavi utilizzati e alle loro condizioni di esercizio.

Utilizzando la seguente relazione, si potrà ricavare l'intensità di corrente di esercizio :

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos \varphi}$$

Dove :

P potenza trasferita

V tensione nominale

cosφ angolo di sfasamento assunto pari a 0,9

In relazione alla sezione di impianto analizzata, avremo le seguenti intensità di corrente :

Tipo collegamento	Tipo di cavo	Pmax (KW)	V (KV)	cos φ	I (A)
<i>Inverter/Cabina di raccolta</i>	<i>RG7HIRX - 26/45 kV</i>	4200,00	36,00	0,95	70,90
<i>Cabina di raccolta/Stazione Utente</i>	<i>RG7HIRX - 26/45 kV</i>	92510,00	36,00	0,95	2550,58

Tipo collegamento	Sezione cavo	I (A)	D (mm)	B (μT)	r (m)
<i>Inverter/Cabina di raccolta</i>	<i>3x1x240</i>	70,90	0,40	3,00	1,82
<i>Cabina di raccolta/Stazione Utente</i>	<i>3x1x240</i>	2250,58	0,40	3,00	10,91

Essendo la linea trifase costituita da tre conduttori piani, verrà applicata per i 3 casi in esame la seguente relazione :

$$B = \frac{0,35 \times I \times D}{r^2}$$

Dove :

B Induzione magnetica in μT

I Intensità di corrente

D distanza tra i conduttori

r distanza dal conduttore

Imponendo come limite massimo di Induzione il valore di 3 μT, così come imposto dalla Norma, troveremo le seguenti fasce di rispetto, da intendersi a destra e sinistra dell'asse del conduttore.

CLASSIFICAZIONE DELLE ZONE

Zona 0 “*Area accessibile al pubblico e ai lavoratori non esposti per motivi di carattere professionale*”: area nella quale le esposizioni sono conformi alle restrizioni per l’esposizione della popolazione (come definite dalla Legge Quadro 36/2001 e dal DPCM BF 8 luglio 2003); la Zona 0, in virtù della specifica legislazione italiana, verrà suddivisa in due ulteriori sottozone:

- **Zona 0a**: area in cui saranno rispettati sia i limiti di esposizione sia il valore di attenzione e l’obiettivo di qualità relativi all’esposizione della popolazione;
- **Zona 0b**: area in cui sono rispettati i limiti di esposizione ma in cui possono essere superati il valore di attenzione o l’obiettivo di qualità relativi all’esposizione della popolazione.

Zona 1: “*Area accessibile esclusivamente a lavoratori esposti per motivi professionali*” e solo in relazione allo svolgimento di specifiche attività. In conformità alla Norma CEI EN 50499, tale zona andrà suddivisa in due ulteriori sottozone:

- **Zona 1a**: area in cui le esposizioni possono essere superiori ai limiti per la popolazione ma conformi ai VA_{inf} o ai VLE_{sen};
- **Zona 1b**: area in cui le esposizioni sono conformi ai VA_{sup} o ai VLE_{san} ma possono superare i VA_{inf} o i VLE_{sen} in cui può essere necessario adottare misure di controllo specifiche.

Zona 2: “*Area di accesso vietato*”, in cui l’esposizione può superare i VLE_{san}.

MISURE DI PROTEZIONE DA ADOTTARE

Zona 0: la zona 0 non presenta alcun rischio in relazione all'esposizione ai CEM. Possono accedere anche la popolazione e i lavoratori appartenenti a gruppi particolarmente sensibili al rischio CEM. Qualora si configuri anche un'esposizione a campi magnetici statici, non deve essere superato il VA di 0,5 mT per l'induzione magnetica di campi magnetici statici per i rischi di interferenza con i DMIA. Per i portatori di DMIA devono essere rispettate le distanze di separazione dalle sorgenti giustificabili di CEM indicate nella tabella 1 della Norma CEI EN 50527-1.

Zona 1: nell'area 1 verranno adottate le seguenti misure di protezione:

- a) Verrà interdetto l'accesso al pubblico e ai lavoratori non addetti;
- b) Verrà vietato l'accesso ai lavoratori appartenenti a gruppi particolarmente sensibili al rischio CEM;
- c) Verrà delimitato l'accesso all'area con l'apposizione della pertinente segnaletica per i CEM ai sensi della normativa vigente;
- d) Verrà erogata specifica formazione ai lavoratori che vi accedono;
- e) In caso di superamento dei VLEsen, lo stesso sarà temporaneo e verranno adottate misure di protezione specifiche, quali il controllo dei movimenti nel caso di esposizione a campi magnetici statici o quasi statici;
- f) Verranno adottate misure di protezione finalizzate a prevenire il rischio di microscariche.

Zona 2: verranno adottate procedure autorizzative per l'accesso. In tale zona nessuno potrà accedere, salvo ridurre temporaneamente l'esposizione fino a ricadere almeno nel caso della Zona.

L'accesso alla Zona 2 verrà impedito a mezzo di ostacoli fisici o provvedimenti organizzativi.

Le misure di prevenzione e protezione descritte, verranno adottate in fase di costruzione ed esercizio dell'impianto. Qualora dovessero risultare insufficienti, verranno applicati ulteriori provvedimenti di mitigazione del campo elettrico e del campo magnetico.

Conclusioni.

I risultati ottenuti ci dimostrano che i cavidotti interrati, e le cabine di trasformazione rispettano i limiti Normativi di cui agli articoli 3 e 4 del DPCM 8 Luglio 2003 relativamente alle soglie imposte per l'Induzione elettromagnetica.

In particolare, le cabine di campo, i trasformatori e tutti gli apprestamenti impiantistici saranno interni al campo, in un perimetro debitamente recintato e non accessibile ai non addetti ai lavori.

La non accessibilità consente solo agli addetti ai lavori di potere operare all'interno delle varie zone, con livello di tutela e attenzione coerente con le zone di appartenenza (0,1,2).

In merito all'elettrodotto si precisa che il trasporto dell'energia elettrica avviene in Media Tensione, mediante cavo interrato, e sia all'interno dell'area di impianto, che su strada pubblica vi sarà la medesima profondità di interramento del conduttore.

Si precisa altresì che la verifica eseguita, individua le Distanze di Prima Approssimazione senza tenere conto che i cavi sono interrati con profondità pari a 1,20 ml, l'interramento, riduce sensibilmente la DPA a livello del piano di campagna, in alcuni casi (Cavidotto Interno e Cavidotto di Collegamento Cabina Primaria – Campo 3) l'effetto all'esterno viene praticamente annullato.

Comunque considerando che :

1. nelle cabine di trasformazione e in tutte le altre cabine di impianto comprese le cabine di consegna non è prevista la presenza di persone per più di quattro ore al giorno;
2. l'intera area dell'impianto fotovoltaico sarà racchiusa all'interno di una recinzione metallica che ne impedisce l'ingresso a personale non autorizzato;
3. il percorso dello stesso cavidotto non interessa aree con presenza umana continuativa e comunque l'interramento del cavo favorisce valori dell'induzione magnetica a livello del terreno inferiori a $3 \mu\text{T}$;

Si può escludere pericolo per la salute umana e l'impatto elettromagnetico può pertanto essere considerato non significativo.

Ciò nonostante i lavoratori esposti ai CEM per motivi di carattere professionale, in relazione allo svolgimento di specifiche attività lavorative, verranno sottoposti a sorveglianza sanitaria e riceveranno una formazione ed addestramento in relazione al rischio specifico.

In ogni caso nella realizzazione del parco fotovoltaico denominato “Coco Energy”, ubicato in Melilli (SR) , c/da Monte Cassaro saranno rispettati i valori indicati nella Legge n. 36/2001 e dal DPCM 8 Luglio 2003.

Il Progettista

(dott. Ing. Giuseppe De Luca)

