



CITTÀ DI LUCCA

Amministrazione Comunale

Settore 5 - Lavori Pubblici e Traffico U.O. 5.3 – Edilizia Sportiva
Lucca Riscossioni e Servizi S.R.L.

Dirigente: Ing. Antonella Giannini
Responsabile Unico di Progetto: Ing. Arianna De Cicco

REALIZZAZIONE DEL PALAZZETTO DELLO SPORT SILVER 1 NELL'AREA "EX CROCEROSSA" STRALCIO 2

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

IMPIANTO FOTOVOLTAICO RELAZIONE TECNICA

RTP: "PALAZZETTO DELLO SPORT AREA "EX CROCEROSSA"

Capogruppo, Progetto Opere Edili e Strutture:
Ing. Giuseppe Amante

Progetto Impianti, Antincendio, Acustica:
Studio Bellandi & Petri s.r.l. s.t.p.

Coordinatore della Sicurezza in fase di Progettazione:
Ing. Dario Lucarotti

Collaboratori alla Progettazione:
Ing. Dario Lucarotti
Arch. Riccardo Ricci

Giovane Professionista:
Arch. Barbara Tomei

Committente per la parte del Progetto di competenza Lucca Riscossioni e Servizi



Geologia:
Studio INGEO

Rilievo: Geom. Paolo Paoli, Comune di Lucca



Studio Bellandi & Petri s.r.l. s.t.p.
Servizi di ingegneria
Viale Agostino Marti, 181 - 55100 Lucca



Data Emissione

Revisione n°/data

Revisione 1 del 30/01/2026

Revisione 2 del 27/02/2026

IE FV.2

Premessa

Oggetto della presente relazione, che costituisce parte integrante del progetto ad essa allegato, sono gli impianti di produzione di energia elettrica mediante la conversione diretta della radiazione solare tramite l'effetto fotovoltaico, da realizzare presso il Palazzetto dello Sport Silver 1 di Lucca, area "Ex Crocerossa".

Viene redatta ad integrazione degli elaborati grafici di progetto, dei quali fa parte integrante, a chiarimento dei principali criteri di progettazione e del rispetto delle disposizioni vigenti in materia.

Il presente documento illustra l'intervento di cui trattasi, considerando tutti gli impianti ed i componenti relativi al sistema di distribuzione principale, ai quadri elettrici di distribuzione, fino al punto di connessione con il sistema di MT.

Sono esclusi dal progetto in questione tutti gli altri impianti elettrici del sito non interessati dalle lavorazioni di cui all'oggetto, gli impianti a bordo macchina e gli utilizzatori fissi, mobili e trasportabili per i quali si prevede la sola alimentazione.

Il dettaglio delle specifiche tecniche ed il posizionamento planimetrico degli impianti interessati dagli interventi in oggetto sono deducibili dagli elaborati grafici di progetto allegati al documento.

Nel presente documento si evidenzia quanto segue:

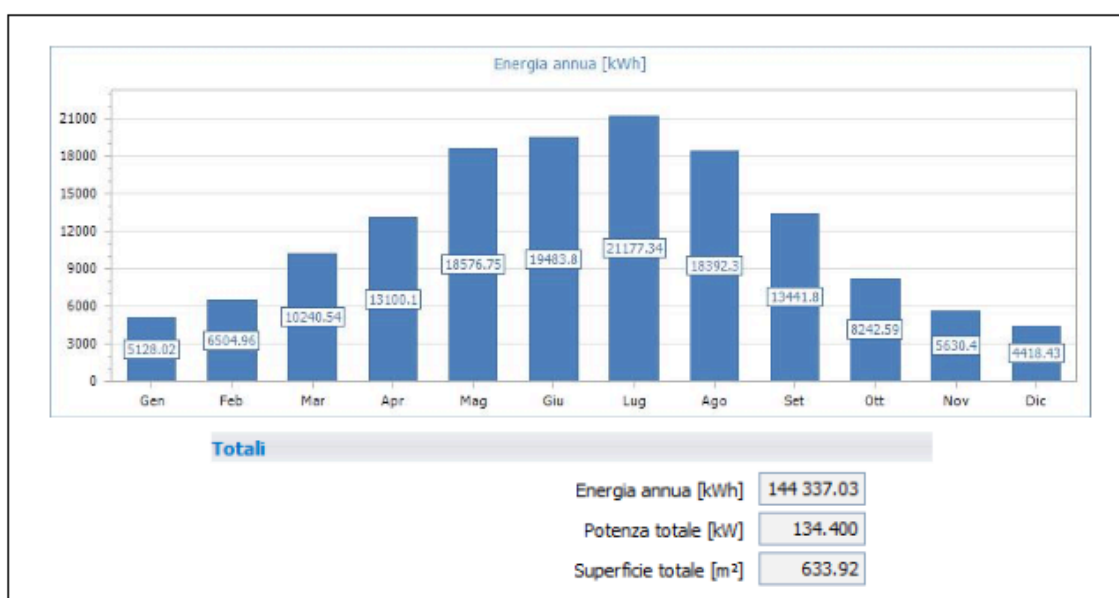
- norme tecniche di riferimento per gli impianti ed i componenti;
- classificazione della tipologia dei sistemi di distribuzione e di utilizzazione dell'energia elettrica;
- classificazione degli ambienti in relazione alle condizioni ambientali, alle attività svolte e ad eventuali particolarità;
- descrizione della tipologia degli impianti e dei componenti elettrici principali in relazione ai parametri elettrici, alle condizioni ambientali e di utilizzazione;
- criteri di dimensionamento degli impianti;
- descrizione delle misure di protezione contro i contatti diretti;
- descrizione delle misure di protezione contro i contatti indiretti.

Descrizione dell'impianto fotovoltaico

L'edificio di cui trattasi sarà dotato di un impianto di produzione di energia elettrica mediante la conversione diretta della radiazione solare tramite l'effetto fotovoltaico.

L'impianto fotovoltaico sarà installato totalmente sulla copertura principale dell'edificio; la disposizione dei moduli proposta risulta la più idonea per la resa energetica dell'impianto in funzione delle caratteristiche costruttive della copertura ed alle condizioni di esposizione e captazione della radiazione solare incidente, minimizzando l'effetto di ombreggiamento e producendo pertanto perdite correlate praticamente nulle.

I dati meteorologici e radiometrici a cui si è fatto riferimento sono quelli riportati nella norma UNI 10349, relativi al sito di installazione, impiegando inoltre i metodi di calcolo della UNI 8477.



Saranno impiegati moduli fotovoltaici confacenti alle esigenze del sito per dimensioni e caratteristiche tecniche, collegati in serie e raggruppati in stringhe.

Le singole stringhe di moduli saranno collegate tra loro in parallelo.

Il generatore fotovoltaico sarà costituito da 224 moduli di potenza di 600 Wp ciascuno, Classe di reazione al fuoco 1, Classe II, Classificazione esterna B-roof,

conformi alle Norme UNI EN IEC 61215, 61730 e 13501-5, costituiti da celle ad alta efficienza in silicio monocristallino, che garantiscono stabilità delle prestazioni elettriche nel tempo grazie all'utilizzo di materie prime di qualità ed a ridotta tolleranza sulla potenza in uscita.

Gli stessi saranno distribuiti in copertura secondo il lay out indicato nell'elaborato planimetrico, raggruppati in sottoinsiemi secondo quanto segue, in conformità con quanto indicato dalle linee guida VVF:

- dimensioni massime di ciascun sottoinsieme: minore di 20 metri in tutte le direzioni;
- distanza tra sottoinsiemi: non inferiore a 2 metri;
- distanza dal limite della copertura: superiore a 1 metro.

La potenza del campo fotovoltaico sarà pari a 134,4 kWp, somma delle potenze nominali dei singoli moduli; l'impianto sarà in grado di erogare 144.337,03 kWh/anno, garantendo un risparmio di emissioni in atmosfera annuo di CO2 pari a 68.416 kg.

	CO ₂	SO ₂	NO _x	Polveri
Emissioni specifiche in atmosfera [g/kWh]	474.0	0.373	0.427	0.014
Emissioni evitate in un anno [kg]	68 415.75	53.84	61.63	2.02
Emissioni evitate in 20 anni [Kg]	1 257 406.78	989.48	1 132.73	37.14

I moduli saranno dotati di cornice in alluminio anodizzato, con fori predisposti per il fissaggio sulle strutture metalliche di sostegno; i pannelli disporranno di strati protettivi posteriori e vetro protettivo sul lato superiore ed EVA (etilene- vinil-acetato).

Le scatole di collegamento sul lato posteriore dei pannelli saranno sigillate ai bordi per evitare infiltrazioni d'acqua ed all'interno conterranno i diodi di protezione.

Le stringhe di moduli fotovoltaici previste sulla copertura saranno sostenute da idonee strutture in alluminio, al fine di garantirne la perfetta portanza e staticità, sotto l'azione dei carichi permanenti agenti (pesi propri dei componenti)

e di quelli accidentali (azione di vento e neve).

L'impianto di produzione di energia sarà connesso a n° 2 gruppi di conversione DC/AC (inverter) a commutazione forzata, conformi alle Norme CEI 0-16, potenza 80 kW caduno, che erogheranno la potenza elettrica generata dal campo fotovoltaico.

Il sistema si completerà con il dispositivo di protezione di interfaccia esterno agli inverter, conforme alle Norme CEI 0-16.

Gli inverter, dichiarati conformi ai requisiti richiesti per la connessione alle reti di media tensione ed idonei per il collegamento futuro con sistemi di accumulo, saranno in grado di gestire le curve di limitazione della potenza ed idonei per rimanere connessi alla rete anche durante brevi buchi di tensione; gli stessi dialogheranno con i sistemi di gestione della rete mediante protocolli standard (rete Lan – RS485), saranno in grado di regolare la potenza attiva prodotta su comando del Controllore Centrale di Impianto ed in grado di sfasare automaticamente la corrente al fine di regolare la tensione della rete del distributore.

Le apparecchiature di conversione di cui sopra, aventi grado di protezione meccanica IP 65, saranno ubicate, debitamente protette dagli agenti atmosferici, sulla copertura della porzione di edificio adibita a spogliatoi e servizi, secondo quanto indicato negli allegati elaborati grafici.

Gli inverter saranno collegati ad un quadro di parallelo, disposto in prossimità degli stessi, cui saranno interconnessi mediante cavi unipolari in rame di idonea sezione.

La tensione in corrente alternata in uscita dal gruppo di conversione dalla corrente continua risulta di 400, Vca – 50 Hz.

L'impianto sarà completo dei richiesti dispositivi di sezionamento e scaricatori di sovratensione, presenti anche a bordo degli inverter.

Le condutture destinate ad alloggiare i circuiti in c.c. non saranno causa di innesco o di propagazione dell'incendio: saranno pertanto utilizzati cavi di Classe di isolamento II e passerelle metalliche con caratteristiche di non propagazione della fiamma nelle varie condizioni di posa.

La distribuzione sarà realizzata con conduttori unipolari del tipo H1Z2Z2-K posati in vista e/o all'interno di passarelle in filo di acciaio e/o guaine portatavi poste sulla copertura ed adeguatamente zavorrate.

I moduli fotovoltaici saranno installati nella loro totalità fuori dalla portata delle persone.

E' prevista l'installazione di un dispositivo di comando di emergenza con segnalazione luminosa di presenza rete destinato a porre fuori tensione l'intero impianto fotovoltaico.

Lo stesso sarà ubicato all'esterno dell'edificio, in prossimità dell'ingresso nord-est e del locale tecnico contenente i quadri elettrici, affiancato agli altri dispositivi di sgancio elettrico di emergenza a servizio della struttura.

Il dispositivo di cui sopra sarà installato in luogo facilmente identificabile e debitamente segnalato, facilmente accessibile ed azionabile dall'operatore.

Poiché l'uso intempestivo dei dispositivi di emergenza può essere causa di inconveniente alle persone, il loro azionamento potrà avvenire solamente dopo la rimozione di un vincolo frangibile.

Le apparecchiature e gli impianti facenti parte dell'impianto fotovoltaico saranno disposti e conformati in modalità conformi alle normative vigenti e nel rispetto delle prescrizioni VVF, secondo quanto indicato negli elaborati grafici di riferimento e nei fascicoli tecnici di prevenzione incendi.

Tipo di fornitura e sistema di distribuzione

La fornitura di energia elettrica al sito in questione avviene direttamente dall'Ente erogatore in media tensione mediante cabina elettrica di trasformazione MT/BT.

Il tipo di distribuzione è definito in funzione del suo sistema di conduttori attivi e dal loro modo di collegamento a terra.

In questo caso avremo:

- a) anello di guasto costituito esclusivamente da elementi metallici in sistema trifase a quattro conduttori;
- b) conduttore neutro separato dal conduttore di protezione.

Il tipo di distribuzione sarà pertanto di tipo "TN-S".

Tipologia di impianto

Gli impianti, nelle aree oggetto di trattazione, saranno distribuiti mediante condutture a vista costituite da canali e passerelle di acciaio zincato.

Il grado di protezione meccanica delle apparecchiature e componenti impiegati sarà non inferiore a IP 55, in conformità con quanto indicato dalle norme CEI 64-8/7.

Conduttori e canalizzazioni

Le condutture non saranno causa di innesco o di propagazione dell'incendio: saranno pertanto utilizzati cavi e tubi protettivi aventi caratteristiche di non propagazione della fiamma nelle varie condizioni di posa.

Gli impianti elettrici in c.a. oggetto di trattazione saranno distribuiti con conduttori multipolari ed unipolari aventi classe di reazione al fuoco Cca,s3,d1,a3, denominazione FG16R/OR16-0,6/1 kV, conformi al Regolamento Prodotti da Costruzione (C.P.R.).

Sarà garantita una corretta sfilabilità dei conduttori e questi non saranno sottoposti ad alcun tipo di trazione.

I cavi saranno del tipo flessibile e saranno installati in modo da non sottoporre a sforzi di trazione le connessioni dei conduttori ai morsetti terminali.

Il diametro interno delle tubazioni sarà almeno 1.3 volte il diametro del cavo e/o fascio di cavi in essi inseriti; il rapporto tra la sezione dei canali e l'area della sezione retta occupata dai cavi dovrà essere superiore a due.

Le curve di raccordo tra le varie condutture saranno seguite tramite raccordi normalizzati in modo da non danneggiare i cavi e rispettandone il loro raggio minimo di curvatura.

Nella realizzazione dell'impianto elettrico saranno utilizzati accessori normalizzati e le tubazioni saranno raccordate alle scatole attraverso adeguati pressatubo e/o pressacavo atti a mantenere il prescritto grado di protezione.

Le giunzioni tra i conduttori saranno eseguite esclusivamente all' interno di adeguate scatole di derivazione che saranno impiegate anche nel caso di bruschi cambiamenti di direzione delle linee, le giunzioni saranno effettuate mediante idonei morsetti, del tipo fisso o mobile, in materiale plastico autoestinguente.

Il montaggio delle condutture avverrà secondo le specifiche del costruttore e sarà comunque adeguato alle condizioni di installazione, in modo da evitare danneggiamenti di cavi in posa.

I raccordi tra le canalizzazioni di tipo diverso saranno realizzati con appositi accessori adeguati allo scopo.

Sarà rispettata la separazione tra i circuiti di potenza e comando, e tra circuitazioni appartenenti a tensioni di esercizio diverse.

Colorazione dei circuiti

I conduttori saranno posati in modo tale da poter essere identificati per le ispezioni, le prove, le riparazioni e manutenzioni o per le modifiche dell'impianto.

Per l'individuazione dei colori distintivi dei cavi sarà fatto riferimento alla tabella CEI-UNEL 00722 ed in particolare:

- conduttori di protezione, equipotenziali principali, supplementari e di terra: giallo - verde;
- conduttori di neutro: celeste;
- conduttori di fase: colorazioni indicate dalle relative tabelle CEI - UNEL.

Quadri elettrici

I quadri elettrici sono previsti a seconda dei casi sia in lamiera pressopiegata e verniciata sia in materiale termoplastico, tutti del tipo da esterno, con idoneo grado di protezione in relazione al rispettivo ambiente di installazione ed alle condizioni ambientali (IP 65).

Essi saranno disposti in modo da essere facilmente manovrabili e chiusi a chiave in modo da evitare sia la penetrazione di corpi estranei, sia per evitare la manovra da parte di persone estranee al personale cui é affidato l'esercizio e/o la manutenzione dell'impianto elettrico.

Tutti i quadri comprenderanno le necessarie apparecchiature di protezione, controllo e comando secondo quanto rappresentato negli allegati elaborati.

Il loro montaggio sarà predisposto in modo da rendere facile il controllo, la manutenzione, la riparazione e la sostituzione di tutti gli elementi.

Sul fronte dei pannelli saranno disposti cartelli o targhette che daranno una chiara indicazione della funzione dei diversi elementi e delle posizioni di aperto e chiuso degli interruttori.

Per il cablaggio del quadro saranno utilizzati conduttori del tipo FS17 con le colorazioni ed il rivestimento secondo le tabelle CEI-UNEL 00722.

Per ogni terminale sarà usato esclusivamente un unico conduttore, la cui sezione sarà adeguata alla portata nominale dei vari apparecchi, come riportato negli schemi allegati.

Controllore Centrale di Impianto

Al fine di consentire all'Ente distributore l'osservabilità ed il controllo della rete elettrica in termini di:

- corretta lettura della potenza prodotta e della tensione al punto di connessione in modo da prevenire sovratensioni sulla rete pubblica;
- possibilità inviare comandi remoti all'impianto di produzione di energia per la riduzione di produzione di potenza attiva, regolazione della potenza reattiva mediante azione sugli inverter ed eventualmente effettuarne il distacco;

l'impianto di produzione di energia oggetto di trattazione, connesso alla fornitura del sito in media tensione, sarà dotato di dispositivo Controllore Centrale di Impianto, conforme alle Norme CEI 0-16, posto all'interno della cabina di trasformazione MT/BT, connesso con idonei TA e TV del quadro di media tensione ed agli inverter.

Il dispositivo di cui sopra, predisposto anche per la gestione dei carichi interni in funzione dell'eventuale implementazione di impianto in termini di sistemi di accumulo, sarà in grado di centralizzare tutti i dati provenienti dagli

inverter fornendo un unico punto di interfaccia per il monitoraggio e la diagnostica dello stesso.

Il CCI, lato utente, sarà interconnesso con l'impianto di produzione di energia (interruttore generale o dispositivo di interfaccia) mediante infrastruttura di comunicazione costituita da cavo in fibra ottica antiroditoro allocata all'interno di tubazione di PVC interrata a profondità non inferiore a 0,6 metri, sarà dotato di alimentatore a sua volta alimentato da una sorgente di energia preferenziale (UPS) in grado di sostenerne il servizio, in caso di black out per almeno 1 ora.

Lato Ente distributore il CCI dovrà garantire idonea connettività e, per questo, dovrà essere pertanto dotato di router industriale 4G/5G per creare un canale protetto (VPN) verso il distributore, munito di SIM Card con IP Statico necessaria per il dialogo tra l'impianto utente ed il distributore ed essere connesso con il sistema di antenna esterno all'edificio per garantire la presenza di segnale.

Criteri di calcolo

La sezione dei conduttori è stata determinata tenendo conto delle massime perdite di potenza ammesse e delle relative cadute di tensione (massimo 4%), nonché dei seguenti parametri:

- temperatura ambiente 30°C;
- temperatura del terreno 20°C;
- condizioni di posa dei cavi.

Il tutto secondo le disposizioni CEI 64 - 8/5.

La sezione minima adottata per i conduttori è comunque di mmq. 1,5.

Particolare cura è stata posta nella determinazione delle protezioni contro le sovracorrenti ed i corto circuiti e del coordinamento di dette protezioni con le rispettive linee protette.

Correnti di impiego

Per il calcolo delle correnti di impiego ci si è riferiti alle norme CEI 64 - 8/2, con le notazioni che seguono.

In regime permanente la corrente di impiego corrisponde alla più grande potenza trasportata dal circuito in servizio ordinario tenendo conto dei fattori di utilizzazione e di contemporaneità.

In regime variabile si considera la corrente termicamente equivalente che, in regime continuo, porterebbe gli elementi del circuito alla stessa temperatura.

Per fattore di utilizzazione di un apparecchio utilizzatore si intende il rapporto tra la potenza che si prevede l'apparecchio utilizzatore debba assorbire nell'esercizio ordinario e la massima potenza che lo stesso apparecchio utilizzatore può assorbire.

Per fattore di contemporaneità si intende il fattore che, applicato alla somma delle potenze prelevate dai singoli apparecchi utilizzatori, dà la potenza da prendere in considerazione per il dimensionamento dei circuiti.

Protezione contro le sovracorrenti

Il calcolo delle caratteristiche di intervento dei dispositivi di protezione contro le sovracorrenti, realizzata con interruttori magnetotermici, risponde alle seguenti condizioni:

1) $IB \leq I_n \leq I_Z$

2) $I_F \leq 1.45 * I_Z$

dove:

I_B = massima corrente di impiego del circuito;

I_Z = corrente in regime permanente della condotta;

I_n = corrente nominale del dispositivo di protezione;

I_F = corrente che assicura l'effettivo funzionamento del dispositivo di protezione.

Protezione contro i cortocircuiti

Il calcolo delle correnti di cortocircuito è stato effettuato considerando la corrente di corto circuito immediatamente a valle del trasformatore MT/BT.

Gli interruttori adottati avranno potere di interruzione superiore alla corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione degli stessi; la protezione risulta pertanto garantita.

I tempi di intervento dei dispositivi di protezione sono inferiori a quelli atti ad evitare il superamento della temperatura limite ammessa per i conduttori, determinata dalla formula

$$(I^2t) \leq K^2 S^2$$

dove:

I = corrente di corto circuito in ampere;

t = durata in secondi;

K = costante in relazione al tipo di conduttore;

S = sezione in mmq.

Protezione contro i contatti diretti

Tutte le parti attive non isolate saranno protette dai contatti diretti mediante schermi o ripari di idonea resistenza meccanica, rimovibili solo mediante l'impiego di un attrezzo e costruiti in modo da realizzare comunque un grado di protezione non inferiore a IP XXB.

Protezione contro i contatti indiretti

Gli impianti elettrici oggetto di trattazione disporranno di un idoneo impianto di messa a terra interconnesso con l'impianto generale di terra del sito, per mezzo di corda di rame di idonea sezione.

Allo stesso saranno collegati tramite nodi, tutte le masse, tutte le masse estranee con conduttori di protezione, equipotenziali, ed equipotenziali supplementari.

L' impianto unico di terra così costituito sarà tale che non si verifichino, a seguito di guasti a terra sui sistemi di seconda categoria, anche in relazione delle caratteristiche del dispositivo che realizza la protezione contro i contatti indiretti sia all' interno sia all' esterno dell' impianto utilizzatore, tensioni di contatto e passo superiori ai limiti previsti dalle Normative vigenti secondo la relazione

$$U_t \geq I_g \times R_t.$$

dove:

- U_t è la tensione totale di terra dedotta dalla Norma CEI 11-1;
- I_g è la corrente di guasto a terra;
- R_t è la resistenza di terra.

I conduttori di protezione saranno inseriti nelle medesime canalizzazioni dei conduttori di fase ed avranno medesima sezione degli stessi per sezioni di questi fino a 16 mmq..

Per sezioni dei conduttori di fase non inferiore a 35 mmq, la sezione dei conduttori di protezione sarà pari alla metà dei conduttori di fase stessi.

La protezione contro i contatti indiretti, lato BT, sarà garantita inoltre dalle protezioni differenziali presenti nei quadri di distribuzione, di adeguata sensibilità e comunque sarà garantita l'interruzione dell'alimentazione nei tempi specificati dalla tabella 41A della Norma CEI 64-8 nel pieno rispetto della relazione

$$Z_s \times I_a \leq U_o$$

dove:

- Z_s è l'impedenza dell'anello di guasto che comprende la sorgente, il conduttore attivo fino al punto di guasto ed il conduttore di protezione tra il punto di guasto e la sorgente;
- I_a è la corrente che provoca l'interruzione automatica del dispositivo di protezione entro il tempo definito nella suddetta tabella 41A in funzione della tensione nominale U_o , oppure, nelle condizioni specificate in 413.1.3.5. della Norma CEI 64-8, entro un tempo convenzionale non superiore a 5 secondi; utilizzando l' interruttore differenziale, I_a corrisponde alla corrente differenziale nominale I_{dn} ;
- U_o è la tensione nominale in c.a., valore efficace tra fase e terra.

Le strutture metalliche di supporto ai moduli fotovoltaici di Classe 2, non essendo destinate al contenimento dei cavi, non necessitano di collegamento a terra.

Principali norme di riferimento

I criteri normativi che hanno guidato la redazione del presente documento sono quelli dettati dalle disposizioni vigenti in materia, con particolare riferimento a:

- 1) Legge 01.03.68 n° 186 "disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni ed impianti elettrici ed elettronici";
- 2) D. L.vo 09.04.2008 "Testo Unico sulla salute e sicurezza sul lavoro - Attuazione dell'art. 1 della Legge 03.08.2007, n° 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro";
- 3) D.M. n° 37 del 22.01.2008 "Regolamento di riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici ;
- 4) Linee guida di prevenzione incendi per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti fotovoltaici, nota prot. 14030 del 01.09.25 di aggiornamento nota n°1324 del 07.02.12;
- 5) Norme CEI vigenti.