

LIBERO CONSORZIO COMUNALE DI AGRIGENTO
(L.R.15/2015)

ex Provincia Regionale di Agrigento

Settore Infrastrutture stradali

Edilizia scolastica Patrimonio e Manutenzione

Aggiornamento ed adeguamento alla normativa vigente del progetto esecutivo relativo ai lavori di costruzione dell'Istituto Tecnico per il Commercio in Campobello di Licata. Completamento.

PROGETTO ESECUTIVO

Procedura di affidamento ai sensi dell'art. 50 comma 1 lett.b) del D.lgs n.36/2023 a conferma dell'art. 1 comma 2 lett.a) del D.L. 16 Luglio 2020 n.76. D.Lgs. 50/2016 in deroga all'art. 36 comma 2,lett.a) del D.Lgs. 50/2016 come mod dall'art.1 della L.n.78 21 giugno 2022, (G.U. n. 77 del 31 marzo 2023 - S.O. n. 12) - CIG: A0374BAA46 -



N. Elaborato:

12.7

Titolo elaborato:

12 - LABORATORI: IMPIANTO ELETTRICO
Relazione impianto elettrico

Il Responsabile Unico del Procedimento
(Arch. Alfonso Giulio)

Il progettista
Delta Ingegneria
Ing. Desiderio Carlino



| | | | | |
|------|-------------|-------------|------------------------|--|
| | | | | |
| A | Luglio 2024 | Emissione | Ing. Desiderio Carlino | |
| REV. | DATA | DESCRIZIONE | REDATTO | |

INDICE

Sommario

| | |
|--|-----------|
| 1. PREMESSE | 2 |
| 2. NORME DI RIFERIMENTO | 2 |
| 3. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO IN PROGETTO | 3 |
| 3.1. Configurazione funzionale dell'impianto | 3 |
| 3.2. Struttura dell'impianto elettrico | 4 |
| 3.3. Circuiti elettrici | 6 |
| 3.4. Calcolo delle correnti di corto circuito | 8 |
| 3.5. Protezione dai sovraccarichi | 11 |
| 3.6. Protezione dai cortocircuiti | 11 |
| 3.7. Protezione dai contatti diretti | 14 |
| 3.8. Protezione dai contatti indiretti | 14 |
| 3.9. Impianto di messa a terra | 15 |
| 3.10. COMANDO DI EMERGENZA: Interruttore di sgancio | 16 |
| 3.11. Calcoli elettrici | 16 |
| 4. CALCOLI ILLUMINOTECNICI | 17 |
| 4.1. Illuminazione Laboratori | 17 |
| 4.2. Illuminazione di Sicurezza | 18 |
| 5. IMPIANTO FOTOVOLTAICO | 18 |
| 5.1. Premesse | 18 |
| 5.2. Ottemperanza all'obbligo di impianti da energia rinnovabile | 19 |
| 5.3. Dati Generali dell'impianto | 19 |
| 5.4. Dimensionamento dell'impianto | 20 |
| 5.5. Descrizione dell'impianto | 21 |
| 5.6. Pannelli fotovoltaici | 22 |
| 5.7. Strutture di sostegno | 22 |
| 5.8. Gruppo di conversione | 22 |
| 5.9. Quadri Elettrici | 22 |
| 5.10. Collegamento dell'impianto alla Bassa Tensione | 23 |
| 5.11. Dispositivi di Protezione | 23 |
| 5.12. Protezione degli Effetti contro le Scariche Atmosferiche | 24 |

1. PREMESSE

L'impianto in oggetto riguarda la dotazione di reti di distribuzione di Energia Elettrica nell'ambito di strutture sportive, e come tale è soggetto agli obblighi di calcolo e certificazione ai sensi del D.M n° 37 del 22 Gennaio 2008.

Con la presente relazione si descrive la strutturazione e la tipologia dell'impianto e dei singoli componenti, in attuazione delle prescrizioni normative in atto vigenti.

Fanno parte della presente Relazione, ancorché allegati a parte i seguenti documenti e grafici, allegati al progetto:

- 1) – Calcoli Elettrici ed illuminotecnici
- 2) – Pianta Quadri ed Utilizzatori
- 3) – Pianta Circuiti principali e cavidotti
- 4) – Pianta impianto di messa a terra
- 5) – Schema unifilare impianto elettrico

Per l'impianto Fotovoltaico sono allegati:

- 1) – Planimetri Impianto Fotovoltaico
- 2) – Schema unifilare Impianto e collegamento ai Quadri ed al Gestore

Per quanto sopra detto, la presente Relazione costituisce l'Elaborato obbligatorio previsto dal DM 37/2008.

2. NORME DI RIFERIMENTO

Di seguito si riportano le normative cogenti in materia di impianti cui il progetto fa espresso riferimento normativo:

| | |
|--------------------------------|--|
| D. M. n.37 del 22 gennaio 2008 | Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchine, installazioni e impianti elettrici ed elettronici. |
| D.Lgs. n. 81/2008 | - Testo Unico in materia di norme per la sicurezza sul lavoro, così come modificato ed integrato dal D.Lgs. n° 106/2009. |

L. n. 186 dell'01/03/1968 - Disposizioni concernenti la produzione, di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni d'impianti elettrici ed elettronici.

Altre norme e raccomandazioni del CEI riguardano:

CEI 17 – 70 - Guida all'applicazione delle norme dei quadri di bassa tensione. Fasc. n°5120

CEI 23 – 51 - Prescrizioni per la realizzazione, la verifica e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare. Fasc. n°7204

CEI 64 – 8/1 ÷ 7 - Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V a corrente continua. Fasc. n° 7321 7327.

CEI – UNEL 35024/1 - Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria. Fasc. n°3516

CEI – UNEL 35016 - Classi di Reazione al fuoco dei cavi elettrici in relazione al Regolamento UE prodotti da costruzione (305/2011)

3. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO IN PROGETTO

3.1. Configurazione funzionale dell'impianto

Il Progetto Esecutivo per la realizzazione della Palestra Polivalente, da sorgere a Villaggio Mosè, via Eraclito, si articola sulla previsione di 2 corpi di fabbrica di cui il più grande destinato ad accogliere le attività sportive ed il più piccolo destinato a spogliatoi e servizi generali.

I manufatti edilizi sorgeranno all'interno di un'area di pertinenza attualmente sistemata solo per la parte direttamente limitrofa alla Palestra, mentre un ulteriore intervento andrà a realizzare appositi parcheggi e sistemazione a verde sul fronte sud dell'impianto sportivo.

Dal punto di vista dimensionale i corpi di fabbrica sono così previsti:

1) Corpo palestra dimensioni interne di m 36.60x23.60 ed altezza media pari a m. 10,00

2) Corpo Spogliatoi, adiacente alla palestra, di dimensioni interne pari a 17.80 x13.90. All'interno del volume del Corpo Spogliatoi sono ubicati un portico di ingresso per l'accesso protetto agli impianti ed un atrio che da accesso separato alla Palestra ed al Corpo Spogliatoi.

3.2. Struttura dell'impianto elettrico

3.2.1. Configurazione

La Configurazione dell'impianto elettrico segue l'ordine e la configurazione funzionale degli ambienti sportivi e delle attrezzature esterne pertinenti, in relazione anche al diverso funzionamento e comando degli impianti installati, sia elettrici che meccanici e degli impianti antincendio e di illuminazione esterna ed interna.

In relazione alla tipologia di utilizzatori previsti l'impianto è stato configurato secondo le seguenti caratteristiche:

Categoria: TNS (Terra Neutro separato)

Tensione di alimentazione: 400 V

Frequenza: 50 Hz

Potenza installata 65 Kw

3.2.2. Utilizzatori

Sulla base degli tecnologici di progetto, quali sistema di illuminazione, impianti elettrici ed impianti meccanici, il progetto ha previsto la installazione dei seguenti utilizzatori:

Fabbricato Palestra (v. Tav. PE7.2IMELPI1): Plafoniere sospese tipo Led da 116 w, per illuminazione palestra, illuminazione di sicurezza ed illuminazione di emergenza

Fabbricato Spogliatoi e Servizi: Plafoniere da soffitto con lampade LED da 18 W da 28W e da 37 W; Plafoniere IP 65 montate nei bagni e nelle docce da 18 W , e plafoniere da 8 W IP 65 negli ambienti bagni più piccoli. Nel portico sono previste Plafoniere per esterni a soffitto

Illuminazione esterna: Per l'illuminazione esterne sono previsti apparecchi illuminanti tipo LED, a faretti da 400 W collocati con apposito braccio/ sostegno, direttamente sui fabbricati e diretti sulle strade perimetrali.

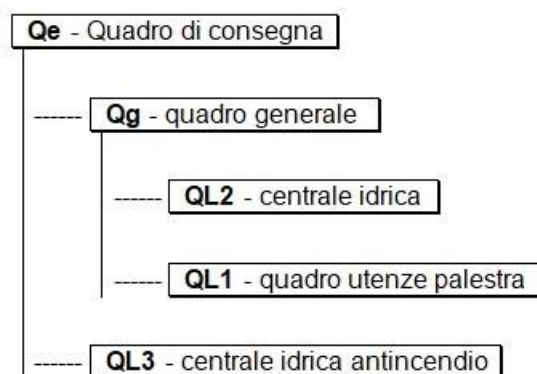
Sulle facciate della palestra nei lati Est ed Ovest sono previste delle strisce di LED, per illuminazione architettonica, montate su appositi canali in alluminio precablati, e fissati direttamente sui pannelli.

Centrale idrica: nella centrale idrica sono previsti, con derivazione da apposito quadro, utilizzatori per illuminazione con lampade LED 8 W e per alimentazione del gruppo di pressurizzazione, da 2 kW

Centrale idrica antincendio : La centrale idrica antincendio, come da normativa, è alimentata direttamente dal Quadro di Consegna. Gli utilizzatori sono gli impianti di illuminazione, prese e l'impianto di pressurizzazione da 3 Kw.

3.2.3. Schema a blocchi quadri elettrici

A valle del gruppo di consegna e misura del Gestore (E-Distribuzione) l'impianto in progetto si sviluppa nel Quadro antincendio e nel quadro generale QG secondo il seguente schema:



In allegato si produce il calcolo elettrico dei singoli elementi ed uno Schema Unifilare Quadri e Circuiti dove sono sintetizzati tutti gli elementi dell'impianto.

Nello Schema Unifilare sono indicati gli Elementi, i Circuiti, le apparecchiature di sezionamento e protezione e tutti gli elementi elettrici tali da configurare e realizzare i quadri ed i circuiti.

Nelle tavole Grafiche, (Vedi Tav. PE7.2IMELPI2) sono indicati i singoli circuiti elettrici, con diversa colorazione, che si snodano dai Quadri Elettrici di testa alle singole scatole di derivazione, cui sono collegate le derivazioni degli utilizzatori.

Detto schema riporta anche (con secondo codice) i cavidotti entri i quali collegare i circuiti elettrici.

Completa il Progetto Elettrico anche l'impianto di messa a terra, costituito da anello chiuso per il collegamento equipotenziale tra tutti gli impianti, gli utilizzatori e di tutte le masse metalli che potrebbero venire a contatto con tensione elettrica.

Si rimanda all'Allegato Schema Unifilare per la strutturazione dell'impianto, degli apparecchi di sezionamento e protezione, delle sezioni dei circuiti e delle potenze a servizio di ogni circuito.

3.3. Circuiti elettrici

Il progetto prevede l'utilizzo delle seguenti tipologie di cavi (v. Tav. 6.4.5):

- FG16OR16 con posa in cavidotto interrato e/o a parete
- FS17- 450/750V con posa in cavidotto a parete

Il dimensionamento della sezione dei conduttori è stato sviluppato attraverso la relazione

$$I_b = K_u \cdot P / k \cdot V \cdot \cos \phi$$

dove:

P è la potenza, in Watt, che la linea dovrà alimentare;

K_u è il fattore di utilizzazione;

k pari 1 per i circuiti monofase e $\sqrt{3}$ per quelli trifase;

V è il valore efficace della tensione nominale in Volt;

$\cos \phi$ è il fattore di potenza media.

Nel caso di linee non terminali o di distribuzione il valore di corrente circolante nella fase e nel neutro è calcolata come somma vettoriale delle correnti circolanti nelle linee derivate da quella in esame considerando il coefficiente di contemporaneità e in base ad esso la corrente circolante in ciascuna fase (e nell'eventuale neutro) di ogni linea è ricavata mediante la formula:

$$I_b = K_c \sum I_{fd}$$

La determinazione della sezione ottimale del cavo che deve portare la corrente di impiego dipende da tre fenomeni fisici: termico, elettrico e meccanico. Sulla base di questi fenomeni si dimensiona il conduttore di fase tenendo conto, rispettivamente, della portata del cavo, della caduta di tensione e della meccanica della posa.

La relazione fondamentale da soddisfare, al fine di evitare un eccessivo surriscaldamento del cavo, con conseguente danneggiamento dell'isolante con possibilità d'innescare incendio, è la seguente:

$$I_b \leq I_z$$

dove I_z è la portata della conduttura.

I valori di portata dei cavi sono ricavati dalle norme CEI-UNEL 35024/1. In fase di calcolo è stato inoltre ipotizzato, per i cavi con tratti in comune con altri circuiti, un coefficiente di riduzione della portata dipendente dal numero dei circuiti raggruppati.

Gli apparecchi utilizzatori sono costruiti per funzionare correttamente a un certo valore di tensione nominale e per questo è necessario verificare che la caduta di tensione lungo la linea non assuma valori troppo elevati. Il calcolo di verifica delle sezioni dei cavi adottati per ogni circuito, stabilito cautelativamente che la caduta di tensione massima non superasse mai il valore del 3,5% (la norma impone al massimo il 4%), è stato sviluppato dal software attraverso la seguente formulazione:

$$\Delta V_f = I_b \cdot [r \cos \phi_c + x \sin \phi_c] \cdot L + L^2 (r^2 + x^2) / 2V_f \text{ dove:}$$

- ΔV_f è la caduta di tensione;
- V_f è la tensione di fase
- I_b è la corrente di impiego della linea
- L è la lunghezza della conduttura;
- r è la resistenza specifica del conduttore
- x è la reattanza specifica del conduttore
- ϕ_c è l'angolo di sfasamento fra I_b e V_f

Le verifiche delle linee e degli interruttori sono state sviluppate attraverso specifico software che opera secondo i seguenti criteri.

Fissato per ciascuna linea $\Delta V_{\max} = 3,5\%$ e un $\cos \phi = 0.9$, dalla relazione I_b

$$= P / V \cos \phi$$

Si ricava il valore della corrente di impiego I_b

Dalla relazione

$$S = \Sigma M_{(A)} / K \cdot V$$

viene invece calcolato il valore della sezione del cavo che deve verificare le seguenti condizioni termiche:

verifica a regime: $I_z \geq I_b$

verifica al sovraccarico: $I_n \leq I_z$

verifica al corto circuito: $\int i^2 dt \leq K^2 S^2$

dove:

I_b è la corrente di esercizio,

I_z è la portata del cavo

I_n è la corrente di intervento del dispositivo di protezione.

Nel complesso allora sarà soddisfatta la condizione:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

Durante il processo di calcolo il software verifica che ogni circuito soddisfi le superiori disuguaglianze in relazione alla sezione e alla tipologia del cavo inserito.

Analoghi calcoli sono stati sviluppati per i nuovi circuiti previsti in progetto.

3.4. Calcolo delle correnti di corto circuito

Nel caso di sistema TT non si ha una propria cabina di trasformazione ma il punto di fornitura dell'energia elettrica è già in bassa tensione. Il software richiede, come valore per caratterizzare la rete a monte, i valori della corrente di corto circuito trifase ($I_{cco\ tr}$) e della corrente di corto circuito fase-neutro ($I_{cco\ f-n}$) nel punto di origine del sistema. Dal valore I_{ccotr} , fornito da Gestore, si ricava l'impedenza totale a monte del punto di consegna secondo la seguente relazione:

$$Z_{of} = \frac{V_n}{\sqrt{3}I_{cc0n}} [\Omega]$$

Per potere ripartire l'impedenza nelle sue componenti di resistiva e reattiva è necessario conoscere anche il fattore di sfasamento nel punto di origine in caso di corto circuito ($\cos\Phi_{cco}$) dato dalla:

$$R_{of} = Z_{of} \cdot (\cos\Phi_{cco}) [\Omega]$$

$$X_{of} = Z_{of} \cdot (\sin\Phi_{cco}) [\Omega]$$

Il programma assegna automaticamente un opportuno valore al ($\cos\Phi_{cco}$) a seconda del valore di I_{cco} dedotto dalla tabella:

| $I_{cco} (KA)$ | $\cos\Phi_{cco}$ |
|------------------|------------------|
| $I \leq 4,5$ | 0,8 |
| $4,5 < I \leq 6$ | 0,7 |
| $6 < I \leq 10$ | 0,5 |
| $10 < I \leq 20$ | 0,3 |
| $I > 20$ | 0,25 |

Dal valore I_{cco} f-n il programma ricava l'impedenza del neutro a monte del punto di consegna. Tale valore è necessario per effettuare il calcolo della corrente di corto circuito in caso di guasto fase-neutro in un punto qualunque del sistema TT:

$$Z_{0,fn} = \frac{V_n}{\sqrt{3}I_{cc0f-n}} [\Omega]$$

dove:

Z_{ofn} = somma delle impedenze di fase e di neutro a monte del punto di consegna.

Assumendo un fattore di sfasamento determinato attraverso la tabella sopra riportata, si ricavano le componenti resistive e reattive della Z_{ofn} :

$$R_{0fn} = Z_{0fn} \cdot (\cos \Phi_{cc0}) [\Omega]$$

$$X_{0fn} = Z_{0fn} \cdot (\sin \Phi_{cc0}) [\Omega]$$

Il valore della resistenza e della reattanza del neutro sono ricavabili come differenza:

$$R_{0n} = R_{0fn} - R_{0f} [\Omega]$$

$$X_{0n} = X_{0fn} - X_{0f} [\Omega]$$

A questo punto il software determina le correnti di corto circuito mediante le seguenti formule:

corto circuito trifase

$$I_{ccr} = \frac{V_n}{\sqrt{3} \sqrt{(R_{0f} + R_1)^2 + (X_{0f} + X_1)^2}} [A]$$

corto circuito fase-fase

$$I_{ccf-f} = \frac{V_n}{2 \sqrt{(R_{0f} + R_1)^2 + (X_{0f} + X_1)^2}} [A]$$

corto circuito fase-neutro

$$I_{ccf-n} = \frac{V_n}{\sqrt{3} \sqrt{(R_{0fn} + R_n + R_1)^2 + (X_{0fn} + X_n + X_1)^2}} [A]$$

La progettazione dell'impianto è stata inoltre effettuata in modo da garantire la sicurezza sia alle persone che agli apparecchi di utilizzazione nei riguardi:

- delle sovracorrenti (cortocircuiti e sovraccarichi);
- delle tensioni di contatto (dirette e indirette).

3.5. Protezione dai sovraccarichi

Questo tipo di protezione si ottiene dimensionando opportunamente un interruttore magnetotermico che posto a valle di un circuito interrompa lo stesso in caso di circolazione di correnti elevate per tempi tali da provocare danni.

Considerando le grandezze:

- I_b Corrente di impiego;
- I_z Portata della conduttura;
- I_n Corrente nominale del dispositivo di protezione;
- I_f Corrente reale di intervento del dispositivo di protezione.

si deve in ogni caso garantire la circolazione di corrente durante il normale funzionamento dell'impianto; cioè se nei circuiti circola una corrente minore o uguale alla corrente di impiego il dispositivo di protezione non deve intervenire, per cui deve essere:

$$I_b \leq I_n$$

In secondo luogo è opportuno che nei circuiti non circolino correnti superiori alla loro portata; cioè il dispositivo di protezione deve intervenire prima che la corrente superi il valore della portata, per cui deve essere:

$$I_n \leq I_z$$

Le suddette disuguaglianze implicano, secondo la CEI 64-8 art. 433.2, che in definitiva sia sempre:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

3.6. Protezione dai cortocircuiti

Secondo la norma CEI 64-8 art. 434.2, i dispositivi deputati alla protezione contro i cortocircuiti devono rispondere alle seguenti condizioni:

a) avere un potere di interruzione (P_i) non inferiore alla corrente di corto circuito presunta nel punto di installazione:

$$I_{ccmax} \leq P_i$$

b) intervenire in modo tale che tutte le correnti provocate da un corto circuito che si presenti in un punto qualsiasi del circuito siano interrotte in un tempo non superiore a quello che porta i conduttori alla temperatura massima ammissibile.

Al fine di verificare quest'ultima condizione è necessario soddisfare, per ogni valore possibile di corto circuito, alla seguente relazione:

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

Il termine $K^2 S^2$ rappresenta il massimo valore di energia specifica che il cavo è in grado di sopportare, supponendo un funzionamento adiabatico.

La formula della seconda condizione esprime chiaramente che se l'energia specifica lasciata passare dal dispositivo di protezione non supera il valore $K^2 S^2$ ammesso dal conduttore la protezione è assicurata in quanto la temperatura del cavo si mantiene inferiore al massimo valore ammissibile.

Il termine $K^2 S^2$ risulta composto da due termini:

– S è la sezione del conduttore in mm^2

– K è il coefficiente che tiene conto del materiale conduttore e delle caratteristiche termiche dell'isolante (calore specifico medio del materiale conduttore, resistività del materiale conduttore, temperatura iniziale e finale del conduttore).

I valori che assume K per i vari tipi di cavo, così come riportati dalla norma CEI 64-8 sono:

115 per i cavi in rame isolati in PVC

143 per i cavi in rame isolati in EPR

76 per i cavi in alluminio isolati in PVC

94 per i cavi in alluminio isolati in EPR

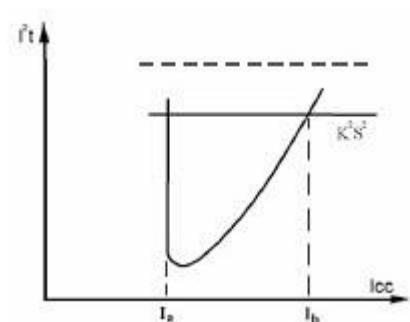
Se la protezione da corto circuito viene effettuata mediante interruttori con sola protezione magnetica, al fine di verificare la seconda condizione, si traccia sul diagramma $I^2 t - I_{cc}$ dell'interruttore la retta corrispondente al $K^2 S^2$ del cavo.

Se la retta non interseca la curva (retta tratteggiata in figura), cioè la retta sta sempre al di sopra, allora il cavo è protetto in quanto esso può sopportare un'energia superiore a quella lasciata passare dal dispositivo.

Se la retta e la curva si intersecano (retta continua in figura), allora si individuano i due punti I_a e I_b . Per correnti di corto circuito comprese tra questi due valori il cavo è protetto mentre per valori esterni non si ha protezione in quanto l'energia specifica che l'interruttore lascerebbe passare è superiore a quella sopportabile dal cavo. Al fine di avere una protezione totale dai corto circuiti è perciò necessario che risulti:

$$I_{cc_min} \geq I_a \quad e \quad I_{cc_max} \leq I_b$$

essendo I_{cc_min} e I_{cc_max} rispettivamente la minima e la massima corrente di corto circuito presunta al termine e all'inizio della condotta.



Nel caso di linea protetta solo da interruttore magnetico, una volta fissata la sezione dei cavi e il tipo di apparecchio posto a protezione, viene implicitamente imposto anche un vincolo alla lunghezza massima della linea da proteggere; infatti all'aumentare della lunghezza della condotta necessariamente diminuiscono i valori di corto circuito per guasto in fondo la linea, quando tali valori raggiungono I_a non è possibile allungare ulteriormente il cavo previo un mancato intervento del relè magnetico.

Se invece la linea è protetta da un interruttore magnetotermico che pertanto garantisce la protezione anche nel caso di sovraccarico, è necessario effettuare solo la verifica della I_{cc_max} in quanto per qualsiasi corrente di corto circuito per guasto all'estremità della linea di valore tale da non provocare l'intervento del relè magnetico, la linea è comunque protetta dal relè termico.

Nel presente caso saranno impiegati soltanto interruttori magnetotermici o magnetotermici differenziali per cui basterà verificare esclusivamente che la I_{cc_max} sia inferiore alla I_b .

3.7. Protezione dai contatti diretti

La protezione dai contatti diretti è assicurata dall'isolamento principale (al quale può risultare aggiunto quello supplementare) e dal grado di protezione IP delle apparecchiature e dei componenti.

3.8. Protezione dai contatti indiretti

Per contatto indiretto si intende il contatto con una massa in tensione a causa di un guasto dell'isolamento di un componente elettrico in tensione. Il sistema in esame attua la protezione TT: tutte le masse metalliche, le masse estranee e i contatti di terra delle prese a spina sono collegati a un impianto di messa a terra. In caso di difetto di isolamento, le protezioni sono state verificate in coordinamento tale da assicurare la tempestiva interruzione del circuito prima che la tensione di contatto assuma valori pericolosi. La norma CEI 64-8 capitolo 4 considera pericolosi valori di tensione di contatto superiori a 50V a.c. (Ambienti ordinari). Per attuare la protezione mediante dispositivi di massima corrente a tempo inverso (interruttori automatici magneto-termici) dovrà essere soddisfatta la seguente relazione:

$$R_a \times I_a \leq 50 \text{ V}$$

dove:

- R_a rappresenta la somma delle resistenze del dispersore e dei conduttori di protezione delle masse, espressa in ohm;
- I_a rappresenta la corrente che provoca l'intervento del dispositivo di protezione, espressa in Ampere;
- 50 V rappresentano il limite massimo della tensione di contatto.

Per ovviare a possibili valori elevati di R_a il sistema è stato dotato di interruttori differenziali la cui corrente nominale di intervento differenziale (I_{dn}) rappresenta la corrente che provoca l'intervento del dispositivo di protezione, pertanto la condizione d'interruzione dell'alimentazione è rilevabile dalla seguente disequazione:

$$R_t \leq 25/I_{dn}$$

3.9. Impianto di messa a terra

Il sistema di messa a terra è stato articolato su n°3 dispersori intenzionali a picchetto (PT1-PT2-PT3) collegati da una treccia di rame nudo da 35 mmq (v. Tav. 6.4.6). La configurazione dell'impianto è da intendersi come minima, nel senso che in ogni caso esso dovrà essere adeguato in modo che la sua resistenza di terra sia pari o inferiore al valore ricavato dalla seguente relazione:

$$R_t \leq 50 / I_d \text{ } [\Omega]$$

dove:

I_d è la corrente residua (A) più elevata degli interruttori differenziali di protezione, che nel caso in esame corrisponde a 0,3 A, per cui il valore massimo della resistenza di

terra dovrà essere inferiore a:

$$166,67 \text{ } [\Omega]$$

La resistenza di terra dell'impianto progettato R_d si valuta, con riferimento alla norma CEI 64-12, come segue.

La resistenza del singolo dispersore verticale a picchetto è pari a:

$$R_{dp} = p_m / L = 200 / 1,50 = 133,33 \text{ } [\Omega]$$

dove:

p_m = resistività media del terreno assunta pari a 200 Ω m

L = lunghezza del picchetto.

Avendo previsto l'utilizzo di n°4 picchetti il loro contributo alla resistenza di terra del circuito risulta pari a:

$$R_{dp/n} = 133,33 / 4 = 33,33 \text{ } [\Omega]$$

La resistenza del dispersore orizzontale in treccia di rame nudo è invece pari a :

$$R_{d0} = 2 \cdot p_m / L = 2 \cdot 200 / 30 = 13,33 \text{ } [\Omega]$$

dove:

p_m = resistività media del terreno assunta pari a 200 Ω m

L = lunghezza della treccia di rame adottata in 30 m

La resistenza di terra del sistema (picchetti e treccia di rame) considerati in parallelo risulta allora pari a:

$$R_d = 33,33 \cdot 13,66 / (33,33 + 13,66) = 9,68 \text{ } [\Omega]$$

e pertanto inferiore al valore di 200 $[\Omega]$

L'installatore rimane tuttavia obbligato a misurare l'effettivo valore della resistenza di terra al fine di effettuare il calcolo di verifica finale prima del rilascio del certificato di conformità.

3.10. COMANDO DI EMERGENZA: Interruttore di sgancio

In prossimità della via di uscita principale, costituita dall'ingresso alla struttura, ed in posizione isolata, è stato previsto il dispositivo di Comando d'Emergenza, in modo da interrompere la corrente di pieno carico, agendo direttamente sull'alimentazione.

Gli interruttori, i contatori, o simili comandati a distanza, devono aprire per diseccitazione delle bobine, oppure un interruttore con bobina di apertura a lancio di corrente, purché sia permanentemente segnalata l'integrità del circuito di comando.

L'impianto dell'edificio sarà munito di un comando di emergenza che agisce direttamente sul Quadro di Consegna, a valle dell'impianto antincendio (che rimane sempre attivo), sganciando direttamente l'interruttore generale cui sono collegati tutti i quadri elettrici a valle.

3.11. Calcoli elettrici

In allegato al Progetto si riportano i calcoli elettrici

4. CALCOLI ILLUMINOTECNICI

I calcoli illuminotecnici sono stati effettuati con i parametri richiesti dalla Normativa CONI 2008 (*Tab. b – livello 2 “non agonistico”*)

4.1. Illuminazione Laboratori

I valori di illuminamento di progetto previsti, in funzione della loro destinazione d'uso, sono riportati nelle tabelle allegate alla Normativa.

Per i calcoli illuminotecnici si effettua il metodo del flusso totale semplificato, secondo il quale la potenza P complessiva delle lampade, espressa in Watt, si ricava mediante la formula seguente:

$$P = 0,1 \cdot K \cdot S \cdot E \text{ [W]}$$

Dove:

- S = superficie del locale espressa in m²;
- E = illuminamento medio richiesto espresso in Lux;
- K_i è un coefficiente rappresentante la potenza, espressa in W, che deve avere un determinato tipo di lampada con una data efficienza luminosa per ottenere un illuminamento medio di 10 Lux su una superficie media di 1 m².

Il numero di lampade necessario per ciascuno ambiente si ottiene con la formula seguente:

$$n_{lampade} = \frac{P}{P_{lampade}}$$

Dove:

- P è la potenza valutata col metodo del flusso totale espressa in W;
- P_{lampade} è la potenza commerciale, espressa in W, della lampada scelta, esclusa la potenza dissipata negli alimentatori o trasformatori.

I valori riportati nella normativa CONI, per la Palestra prevedono LUX 200 per le Attività non agonistiche.

Tale valore è stato esteso a LUX 300 per tenere conto di eventuali diverse utilizzazioni che comportino maggiore illuminamento quali mostre, attività culturali e ludico-sportive in genere.

Negli Spogliatoi non si prevedono particolari normative specifiche e pertanto sono stati adottati i criteri illuminotecnici normalmente utilizzati in edilizia.

4.2. Illuminazione di Sicurezza

La struttura è normata, dal punto di vista antincendio dal nuovo regolamento di prevenzione incendi emanato con D.P.R. 1° agosto 2011, n. 151, come «impianti e centri sportivi» ricompresi al punto 65 dell'allegato I al decreto.

Attività n. 65 dell'allegato I al D.P.R. n. 151/2011

| N. | Attività | Cat. A | Cat. B | Cat. C |
|------------|---|--------|---------------------------|--------------------------|
| 65 (83) | Locali di spettacolo e di trattenimento ^[11] in genere, ^{[2][3][4]} impianti e centri sportivi , ^[5] palestre, sia a carattere pubblico che privato, con capienza ^[6] superiore a 100 persone, ovvero di superficie lorda in pianta al chiuso superiore a 200 m ² . Sono escluse le manifestazioni temporanee, ^{[7][8]} di qualsiasi genere, che si effettuano in locali o luoghi aperti al pubblico. ^[9] | | <i>fino a 200 persone</i> | <i>oltre 200 persone</i> |

Pertanto le uscite, le vie di esodo e di sfollamento dovranno dotarsi con luci di sicurezza autoalimentate, in esecuzione dell'art. 351 della norma CEI 64-8, che prescrive che la sorgente di alimentazione dei servizi di sicurezza sia indipendente da quella ordinaria.

L'accensione dei corpi illuminanti di emergenza avverrà automaticamente entro 0,5 secondi dal mancare dell'energia di rete.

La loro strategica dislocazione dovrà garantire livelli di illuminamento non inferiori a 5 lux, ad 1 m di altezza dal piano da calpestio. Il funzionamento dovrà essere assicurato per almeno due ore.

5. IMPIANTO FOTOVOLTAICO

5.1. Premesse

La vigente normativa sull'utilizzo di fonti rinnovabili nelle nuove costruzioni, impone la realizzazione di impianti da energia rinnovabile in tutto il ciclo di consumo energetico utilizzato dall'Edificio.

In particolare il D.lgs 28/2011, in attuazione della **Direttiva 2009/28/CE** fissa gli **obblighi di installazione di fonti rinnovabili** per soddisfare i fabbisogni termici ed elettrici delle abitazioni, stabilendo che dal 1° Giugno 2012 dovranno prevedersi impianti che consentano la produzione di energia da fonti rinnovabili, secondi diverse percentuali in ragione dei tempi di esecuzione degli interventi, con **un massimo del 50% dell'energia complessiva prodotta da fonti rinnovabili**, ed utilizzata per acqua calda sanitaria, riscaldamento e raffrescamento a partire dal 1/01/2017.

5.2. Ottemperanza all'obbligo di impianti da energia rinnovabile

L'obbligo di soddisfare almeno parte del fabbisogno energetico di un edificio mediante il consumo di energia rinnovabile viene introdotto con il **D.Lgs 199/2021**, che recepisce la Direttiva Europea 2018/2001, in aggiornamento del Decreto Legge n. 28/2011.

Da giugno 2022, tutti gli edifici privati di nuova costruzione o sottoposti a ristrutturazione rilevante devono coprire il 60% dei propri consumi energetici per la climatizzazione e per la produzione di acqua calda sanitaria con energie rinnovabili.

Se si tratta di edifici pubblici, l'obbligo sale al 65%.

L'evoluzione normativa ha visto crescere la percentuale prevista di rinnovabili in modo notevole, considerando che il **DL 28/11 è partito nel 2012 e 2013** con un obbligo di copertura dei consumi previsti per la produzione di ACS (acqua calda sanitaria), il riscaldamento invernale ed il raffrescamento estivo pari al 20% per il privato e al 22% per i pubblici.

Non è necessario soddisfare l'obbligo imposto di **copertura con rinnovabili al 60%**, purché si copra in questo modo l'intero fabbisogno energetico per riscaldamento e ACS.

L'evoluzione normativa si è andata via via definendo con diverse prescrizioni e raccomandazioni, fino all'ultimo Decreto sui Criteri Ambientali Minimi (CAM) per l'edilizia denominato Decreto 23/06/2022 che in esecuzione del "*Piano d'azione per la sostenibilità ambientale dei consumi nel settore della Pubblica Amministrazione*" approva i "CRITERI AMBIENTALI MINIMI PER L'AFFIDAMENTO DEL SERVIZIO DI PROGETTAZIONE ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI INTERVENTI EDILIZI" al punto 2.7 "Approvvigionamento Energetico, è imposto l'utilizzo di produzione di energia da fonti rinnovabili in loco".

Il progetto prevede l'utilizzo di energia proveniente dalle seguenti fonti rinnovabili:

- Utilizzo di energia solare termica per la produzione di Acqua Calda Sanitaria, con incremento di Pompa di calore alimentata da fonte rinnovabile per la produzione ausiliaria di acqua calda sanitaria

- Utilizzo di impianto di climatizzazione per gli spogliatoi con produzione di calore da parte da impianto di climatizzazione a pompa di calore alimentate totalmente energia rinnovabile.

Gli obblighi, pertanto sono stati soddisfatti, poiché l'intero fabbisogno energetico per riscaldamento ed Acqua calda sanitaria sono prodotte da fonti rinnovabili.

5.3. Dati Generali dell'impianto

L'impianto sorgerà all'interno dei lavori di realizzazione della nuova Palestra Polivalente di Villaggio Mosè in Agrigento, inteso come nuova costruzione e quindi in esecuzione della

Normativa che obbliga la produzione autonoma, in loco di impianti di produzione di energia rinnovabile.

L'impianto è stato progettato secondo le indicazioni riportate nella Nota DCPREV prot n. 1324 del 7 febbraio 2012 "Guida per l'installazione degli impianti fotovoltaici - Edizione Anno 2012", avente una potenza di picco pari a 176,58 kWp.

In particolare le Raccomandazioni di cui alla succitata nota indicano i seguenti criteri:

- L'installazione dovrà essere eseguita in modo da evitare la propagazione di un incendio dal generatore fotovoltaico al fabbricato nel quale è incorporato,
- i componenti dell'impianto non dovranno essere installati in luoghi definiti "luoghi sicuri" ai sensi del DM 30/11/1983, né essere di intralcio alle vie di esodo;
- le strutture portanti, ai fini del soddisfacimento dei livelli di prestazione contro l'incendio di cui al DM 09/03/2007, dovranno essere verificate e documentate tenendo conto delle variate condizioni dei carichi strutturali sulla copertura, dovute alla presenza del generatore fotovoltaico, anche con riferimento al DM 14/01/2008 "Norme tecniche per le costruzioni".
- A fine lavori dovrà essere acquisita la dichiarazione di conformità di tutto l'impianto fotovoltaico e non delle singole parti, ai sensi del D.M. 37/2008. Poiché trattasi di impianto con potenza nominale inferiore a 20 kW, **non dovrà** essere acquisita la documentazione prevista dalla Lettera Circolare M.I. Prot. n. P515/4101 sott. 72/E.6 del 24 aprile 2008 e successive modifiche ed integrazioni, sulle cosiddette "Officine Elettriche" sottoposte a controllo doganale.

5.4. Dimensionamento dell'impianto

La quantità di energia elettrica producibile è stata calcolata sulla base dei dati radiometrici di cui alla norma UNI 10349 e utilizzando i metodi di calcolo illustrati nella norma UNI 8477-1.

L'impianto è stato dimensionato per una potenza pari a **12,8 Kw**, già predisposto per l'espansione ad ulteriori 12,8 KWp.

Per l'impianto è stato rispettato il criterio di efficienza dei pannelli fotovoltaici secondo il quale in fase di avvio dell'impianto fotovoltaico, il rapporto fra l'energia o la potenza prodotta in corrente alternata e l'energia o la potenza producibile in corrente alternata (determinata in funzione dell'irraggiamento solare incidente sul piano dei moduli, della potenza nominale dell'impianto e della temperatura di funzionamento dei moduli) sia almeno superiore a 0,78 nel caso di utilizzo di inverter di potenza fino a 20 kW e 0,8 nel caso di utilizzo di inverter di potenza superiore, nel rispetto delle condizioni di misura e dei metodi di calcolo descritti nella medesima Guida CEI 82-25.

5.5. Descrizione dell'impianto

L'impianto fotovoltaico segue i principi minimi di integrazione, le modalità e le decorrenze di cui all'allegato 3, del decreto legislativo 30 novembre 2021, n. 199, dove

$$P = K \times S \times c$$

con S = superficie coperta,

$K = 0,05$ trattandosi di nuovi edifici

il tutto incrementato del 10% perché ad uso pubblico,

È costituito da n° 32 moduli fotovoltaici e da n°1 inverter con tipo di realizzazione "su edificio".

La potenza nominale complessiva è di 12,8 kWp distribuiti su una superficie di 200 m².

La modalità di connessione alla rete Trifase sarà in bassa tensione con tensione di fornitura 400 V.

Seguono le principali caratteristiche dei componenti impiantistiche:

- Inverter a commutazione forzata con tecnica PWM (pulse-width modulation), senza clock e/o riferimenti interni di tensione o di corrente, assimilabile a "sistema non idoneo a sostenere la tensione e frequenza nel campo normale", in conformità a quanto prescritto per i sistemi di produzione dalla norma CEI 11-20 e dotato di funzione MPPT (inseguimento della massima potenza)
- Ingresso lato cc da generatore fotovoltaico gestibile con poli non connessi a terra, ovvero con sistema IT.
- Rispondenza alle norme generali su EMC e limitazione delle emissioni RF: conformità norme CEI 110-1, CEI 110-6, CEI 110-8.
- Protezioni per la sconnessione dalla rete per valori fuori soglia di tensione e frequenza della rete e per sovracorrente di guasto in conformità alle prescrizioni delle norme CEI 11-20 ed a quelle specificate dal distributore elettrico locale. Reset automatico delle protezioni per predisposizione ad avviamento automatico.
- Conformità marchio CE.
- Grado di protezione adeguato all'ubicazione in prossimità del campo fotovoltaico (IP65).

- Dichiarazione di conformità del prodotto alle normative tecniche applicabili, rilasciato dal costruttore, con riferimento a prove di tipo effettuate sul componente presso un organismo di certificazione abilitato e riconosciuto.

5.6. Pannelli fotovoltaici

I pannelli fotovoltaici sono del tipo in silicio monocristallino da 400 Wp ciascuno, connessi in stringhe da 8 moduli ciascuna, per un totale di 3,2 Kwp per ogni stringa.

Le stringhe sono organizzate a coppia, alla testa della quale è presente un Quadro di Campo che connette le stringhe all'inverter. Il quadro di campo è munito da scaricatore di sovratensione per correnti estranee transitanti, come scariche atmosferiche, oltre i range preimpostati.

5.7. Strutture di sostegno

I moduli verranno montati tramite sistema di fissaggio su dei supporti in alluminio, aderenti al piano copertura, con una inclinazione di 0° sullo stesso, fissati ai pannelli di copertura tramite appositi connettori in alluminio.

5.8. Gruppo di conversione

Il gruppo di conversione è composto dai convertitori statici (Inverter).

Il convertitore c.c./c.a. utilizzato è idoneo al trasferimento della potenza dal campo fotovoltaico alla rete del distributore, in conformità ai requisiti normativi tecnici e di sicurezza applicabili. I valori della tensione e della corrente di ingresso di questa apparecchiatura sono compatibili con quelli del rispettivo campo fotovoltaico, mentre i valori della tensione e della frequenza in uscita sono compatibili con quelli della rete alla quale viene connesso l'impianto.

Le caratteristiche principali del gruppo di conversione sono:

Il gruppo di conversione è composto da 1 inverter da 15 kW.

5.9. Quadri Elettrici

L'impianto sarà dotato di quadri elettrici per ogni sezione ed in particolare:

- Quadro di Campo

All'interno del quadro sono previsti:

- Il dispositivo generale avente anche funzione di ricalzo
- n.7 interruttori magnetotermici per protezione e sezionamento degli inverter;

- n.1 contattore tetrapolare avente funzione di DDI (Dispositivo d'Interfaccia);
- La protezione d'interfaccia SPI;
- Varie protezioni con sezionatori e fusibili per i circuiti di comando e controllo;

Le caratteristiche delle apparecchiature sono rilevabili dallo schema funzionale.

5.10. Collegamento dell'impianto alla Bassa Tensione

L'impianto fotovoltaico verrà collegato in Bassa Tensione e la protezione d'interfaccia comunicherà con lo Scomparto di Celle misure da installare nella cabina elettrica esistente tramite cavo FG7H2R 0,6/1kV 2x2,5mmq.

5.11. Dispositivi di Protezione

Gli organi di sezionamento e protezione sono quelli comunemente utilizzati negli impianti elettrici. In particolare si individuano::

- Dispositivo generale: separerà l'intero impianto del produttore dalla rete pubblica;
- Dispositivo d'interfaccia: separerà i gruppi di generazione dalla rete pubblica;
- Protezione d'interfaccia: azionerà il dispositivo di interfaccia;
- Dispositivo del generatore: separerà la rete dall'inverter del generatore fotovoltaico.

Dispositivo generale (DG) : Sarà costituito da un interruttore magnetotermico, che potrà sezionare l'impianto dalla rete pubblica.. L'esecuzione del dispositivo generale soddisferà i requisiti sul sezionamento della norma CEI 64-8.

Dispositivo di interfaccia (DDI) : Tale dispositivo consisterà in un contattore categoria "AC3" equipaggiato di bobina 230V AC ed assicurerà inoltre la separazione del gruppo di produzione dalla rete pubblica. L'esecuzione del dispositivo d'interfaccia soddisferà i requisiti sul funzionamento della norma CEI 64-8 e CEI 0-16 e CEI 11-20.

Protezione di interfaccia (SPI) : La protezione d'interfaccia sarà anch'essa esterna e sarà costituita dal relè di interfaccia omologata Enel e conforme alla CEI 0-21 e CEI 0-16. I contatti del relè di tensione e di frequenza della protezione di interfaccia commanderanno la bobina del contattore. I segnali della V0 verranno prelevati direttamente da TV posti sul lato MT della cabina di trasformazione

Il riconoscimento di eventuali anomalie sulla rete avverrà considerando come anormali le condizioni di:

- massima tensione;
- minima tensione;
- massima frequenza;
- minima frequenza.

Dispositivo del generatore (DGEN) : Uno per generatore, sarà costituito da interruttore magnetotermico differenziale.

Protezioni contro il corto circuito : Per il lato DC (corrente continua) la protezione sarà assicurata dalle protezioni interne agli inverter (protezione con fusibili) per derivazione stringhe, tenendo in considerazione che la caratteristica tensione/corrente dei moduli FV limita la corrente di cortocircuito degli stessi a valori noti e di poco superiori alla loro corrente nominale.

Per il lato AC (corrente alternata) la protezione sarà assicurata dagli interruttori magnetotermici previsti nelle varie sezioni dell'impianto.

Protezioni contro i contatti indiretti :

La protezione dai contatti indiretti sarà assicurata dai seguenti accorgimenti:

- Tutte le masse saranno collegate al conduttore di protezione (PE) ad eccezione degli involucri metallici delle apparecchiature di classe II;
- In fase di collaudo sarà effettuata una verifica in modo tale da assicurarsi che i dispositivi di protezione inseriti nel quadro di distribuzione BT intervengano nel caso di primo guasto verso terra entro 5 secondi con tensione sulle masse in tale range temporale inferiore a 50V;
- Limitazione della corrente che potrà attraversare il corpo ad un valore inferiore a quello patologicamente pericoloso;
- Collegando le protezioni ai sistemi equipotenziale.
- Protezione mediante interruzione automatica del circuito prevista per i sistemi TN mediante interruttore a corrente differenziale

5.12. Protezione degli Effetti contro le Scariche Atmosferiche

La superficie e l'esposizione degli impianti fotovoltaici potrà comportare rischi derivanti da fulminazione diretta e indiretta. Il sistema fotovoltaico creerà infatti un collegamento con l'impianto dell'edificio, con il rischio conseguente di danni a persone e beni. La probabilità dell'insorgere di sovratensioni determinate da scariche atmosferiche in prossimità dell'impianto FV e sovratensioni di manovra potrebbe pertanto danneggiare i pannelli fotovol-

taici, i componenti come gli inverter e gli impianti, oltre a creare disservizi, mancanza di energia, incendi, ecc.

Sarà pertanto prevista l'installazione di opportuni limitatori di sovratensione (SPD).

L'installazione dei moduli FV, essendo per tipologia di impianto pressoché integrato nella copertura (non aumenterà l'altezza del fabbricato e delle apparecchiature esposte a fulminazione) non causerà un aumento della "probabilità di fulminazione" sull'edificio su cui verranno fissati.