



comune di **PRATO**

ASS.RE URBANIZZAZIONE SECONDARIA	GERARDINA CARDILLO
SETTORE EDILIZIA PUBBLICA	SERVIZIO LAVORI PUBBLICI
DIRIGENTE DI SETTORE	Ing. PAOLO BARTALINI
DIRIGENTE DEL SERVIZIO	Ing. PAOLO BARTALINI
CODICE FISCALE	84006890481
OGGETTO	REALIZZAZIONE DI TRE SEZIONI DI SCUOLA MATERNA A MEZZANA - EDIFICIO B -
UBICAZIONE	VIA VIOTTOLO DI MEZZANA
FASE	
ELABORATO	RELAZIONE TECNICO DESCRITTIVA E CALCOLO PER LA PROTEZIONE CONTRO LE SCARICHE ATMOSFERICHE - CEI 81-10
E_A	
PROGETTISTA OPERE ARCHITETTONICHE	Ing. Paolo BARTALINI
COLLABORATORI	Geom. Ivo FROSINI - Geom. Antonio SILVESTRI
PROGETTISTA OPERE STRUTTURALI	Ing. Alessandro BECHERUCCI
PROGETTISTA IMPIANTI MECCANICI	Ing. ir. Leonardo CECCHI
PROGETTISTA IMPIANTI ELETTRICI	Ing. Vittorio BARDAZZI
DATA	MARZO 2008

1. OGGETTO E SCOPO DEL PROGETTO

Oggetto del presente progetto è la realizzazione, nel rispetto della legislazione vigente in materia di impianti elettrici e delle Norme del Comitato Elettrotecnico Italiano - C.E.I., degli impianti elettrici di distribuzione F.M., di illuminazione ordinaria, di emergenza e degli impianti speciali relativi al plesso scolastico posto in via Viottolo di Mezzana nel comune di Prato.

Gli ambienti presenti nel plesso scolastico vengono impiegati per lo svolgimento della ordinaria attività didattica ed eventuali locali a destinazione particolare saranno valutati in seguito, per poterne effettuare una classificazione in relazione alle sollecitazioni dovute alle condizioni ambientali e stabilire così il grado di protezione dell'impianto a servizio degli stessi.

2. NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO PER GLI IMPIANTI ED I COMPONENTI

Gli impianti ed i componenti devono essere realizzati a regola d'arte e le caratteristiche degli impianti stessi dovranno corrispondere alle norme di legge e di regolamento vigenti alla data di presentazione del Progetto.

Si riporta qui di seguito l'elenco indicativo, e non esaustivo, delle principali Norme e Leggi (e successive modifiche ed integrazioni) a cui ci si dovrà attenere in fase di realizzazione dell'opera oggetto della presente Relazione:

Norma C.E.I. 64-8	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1.000V in ca e 1.500V in cc
Norma C.E.I. 31-30	Costruzioni elettriche per atmosfere esplosive per la presenza di gas. Parte 10 Classificazione dei luoghi pericolosi
Norma C.E.I. 31-35	Costruzioni elettriche potenzialmente esplosive per la presenza di gas. Classificazione dei luoghi pericolosi
Norma C.E.I. 31-35/A	Costruzioni elettriche potenzialmente esplosive per la presenza di gas. Classificazione dei luoghi pericolosi. Esempi di applicazione
Norma C.E.I. 17-13/1	Quadri elettrici per tensioni $U < 1.000V$
Norma C.E.I. 11-1	Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica. Impianti di terra
Norma C.E.I. 64-12	Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario
Norma C.E.I. 20-22	Cavi isolati non propaganti l'incendio
Norma C.E.I. 20-40	Guida all'uso dei cavi in bassa tensione
Norma C.E.I. 23-31	Sistemi di canali metallici e loro accessori ad uso portacavi e portapparecchi
Norma C.E.I. CEI-UNEL 00722-74	Colori distintivi delle anime dei cavi isolati con gomma o polivinilcloruro per energia o per comandi e segnalazioni con tensioni nominali U_0/U non superiori a 0.6/1kV
Norma C.E.I. 16-4	Individuazione dei conduttori isolati e dei conduttori nudi tramite colori
Norma C.E.I. 23-50	Prese a spina per usi domestici e similari
Norma C.E.I. 23-12	Prese a spina per usi industriali
Norma C.E.I. 23-8	Tubi protettivi rigidi in PVC
Norma C.E.I. 23-42	Interruttori differenziali
Norma UNI EN 12464-1	Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 1: Posti di lavoro in interni

Gli impianti dovranno inoltre essere realizzati in maniera tale da rispettare le vigenti leggi in materia ed in particolare dovranno rispettare quanto previsto per la prevenzione degli infortuni:

DPR n.547 del 27.04.1955

Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro

Legge n.186 del 01.03.1968

Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici

Legge n.791 del 18.10.1977

Attuazione della direttiva CEE n. 72/23 relativa alle garanzie di sicurezza che devono possedere il materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro alcuni limiti di tensione

D.Lgs. n.626 del 19.09.1994

Attuazione delle direttive CEE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro

D.Lgs. n.626 del 25.11.1996

Attuazione della direttiva 93/68/CEE in materia di marcatura del materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro taluni limiti di tensione.

D.M. 10.03.1998

Criteri generali di sicurezza antincendio e per la gestione dell'emergenza dei luoghi di lavoro

Decreto n.37 del 22.01.2008

Regolamento concernente l'attuazione dell'art. 11 quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 02.12.05, recante il riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici.

3. DOCUMENTAZIONE DI PROGETTO

Il progetto in oggetto è costituito dai seguenti documenti ed elaborati grafici:

- Tav. E_01 Legenda simboli grafici;
- Tav. E_02 Distribuzione impianto elettrico illuminazione ordinaria e di emergenza;
- Tav. E.03 Distribuzione impianto forza motrice, impianto telefonico, trasmissione dati e TV;
- Tav. E_04 Distribuzione impianto di terra e cavidotti;
- Tav. E_05 Schemi unifilari quadri elettrici;
- Tav. E_06 Particolare costruttivi;
- Tav. E_07 Posizione sistemi di captazione luce solare;
- Tav. E_08 Caratteristiche impianto fotovoltaico;
- Tav. E_09 Schema unifilari collegamenti impianto fotovoltaico;
- Tav. E_10 Schematico collegamenti elettrici componenti impianto termico;
- Tav. E_A Relazione tecnica e calcolo per la protezione contro le scariche atmosferiche – CEI 81-10
- Tav. E_B Progetto illuminotecnico
- Tav. E_C Disciplinare tecnico impianti elettrici
- Tav. E_D Computo Metrico, Computo Metrico Estimativo, Elenco Prezzi Opere Compiute

4. DATI DEL SISTEMA DI DISTRIBUZIONE E DI UTILIZZAZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA

Gli impianti elettrici oggetto della seguente relazione sono direttamente alimentati da parte dell'Ente di distribuzione dell'energia elettrica in Bassa Tensione.

Il sistema di distribuzione dell'energia elettrica è un sistema del tipo TT.

Il sistema di distribuzione del tipo TT avrà un punto collegato direttamente a terra mentre le masse dell'impianto saranno collegate ad un impianto di terra indipendente da quello del collegamento a terra del sistema di alimentazione (cioè da quello del neutro).

Nel caso in oggetto verrà attuata la protezione contro i contatti indiretti prevista per tale tipo di sistema.

5. CARATTERISTICHE GENERALI DELL'IMPIANTO

Gli impianti elettrici risponderanno in ogni loro parte alle prescrizioni delle Norme C.E.I. precedentemente elencate e previste per i singoli ambienti e saranno realizzati come rappresentato nelle tavole progettuali allegate.

La linea di alimentazione del quadro generale, in partenza dal quadro fornitura ENEL, posto in prossimità dell'accesso verrà realizzata in cavo FG7OR posato entro cavidotti interrati.

Le linee principali di distribuzione in uscita dal quadro elettrico generale (QEG) per l'alimentazione delle singole apparecchiature, verranno posate in tubo PVC flessibile da incasso a parete e a soffitto.

Per quanto riguarda gli ambienti ritenuti a maggior rischio in caso di incendio, le tubazioni di raccordo dalle tubazioni ai singoli utilizzatori saranno corredati di manicotti, giunti di raccordo ed ogni accessorio utile per garantire l'adeguato grado di protezione richiesto per il tipo di ambiente in cui verrà realizzato l'impianto.

Sia per quanto riguarda le tubazioni che le eventuali canalizzazioni le dimensioni dovranno essere adeguate, (con un rapporto, nel caso delle tubazioni, diametro interno/diametro del fascio di conduttori pari a circa 1.3 ÷ 1.4; rapporto tra sezione dei canali e sezione del fascio di conduttori maggiore o uguale a 1.4). Esse dovranno essere fissate con opportune staffe e sostegni a parete intervallati a non più di 80 cm e comunque per interdistanze non inferiori a quanto riportato nella sezione delle opere elettriche del Capitolato Tecnico Speciale.

Per quanto riguarda le tubazioni dovranno essere interrotte da apposita scatola di giunzione e/o di derivazione appena lo sviluppo in lunghezza supera i 15 m e si dovrà preservare il grado di protezione richiesto.

I circuiti a tensione diversa verranno adeguatamente separati tramite la posa in tubazioni dedicate.

La realizzazione degli impianti sarà effettuata in modo tale da garantire una perfetta sfilabilità in ogni sua parte.

Le connessioni tra le tubazioni e le scatole di derivazione e/o giunzione devono avvenire tramite raccordi idonei atti a garantire, laddove richiesto, un adeguato grado di protezione. Le dimensioni delle scatole di derivazione devono essere tali da garantire un buon contenimento per i conduttori ed una buona sfilabilità delle condutture, le giunzioni devono essere eseguite solo all'interno delle scatole ed impiegando idonei morsetti. Qualora si dovessero realizzare connessioni tra conduttori appartenenti a circuiti funzionanti a

tensioni diverse le connessioni devono essere eseguite o in scatole separate o in scatole equipaggiate con setti di separazione.

I quadri saranno conformi alle principali norme nazionali ed internazionali in vigore e dovranno corrispondere alla classificazione "AS" (apparecchiatura di serie) come definita nelle norme CEI 17.13/1 §2.1.1.1 e saranno realizzati in accordo agli elaborati grafici ed alle specifiche tecniche allegate.

Per la scelta dei materiali non univocamente specificati negli elaborati di progetto si prescrive che siano adatti all'ambiente in cui vengono installati, che abbiano caratteristiche tali da resistere ad eventuali sollecitazioni alle quali possono essere esposti in funzione del tipo di ambiente e dovranno essere idoneamente dimensionati in base alle grandezze elettriche nominali a cui saranno interessati.

Sistema Risparmio Energetico SRE

All'interno del plesso una parte dell'impianto sarà realizzato in maniera tale da consentire l'utilizzo dell'energia elettrica in modo razionale e conseguire così il massimo risparmio energetico possibile.

Le prese di servizio e le postazioni di lavoro PC installate all'interno delle aule saranno collegate ad un sistema denominato Sistema Risparmio Energetico.

Tale soluzione impiantistica consentirà di scollegare elettricamente tutte le utenze elettriche alimentate dalle prese di colore verde (o blu a scelta della DL) dopo un certo orario pomeridiano/notturno (a scelta del gestore della scuola) evitando così che durante i periodi di non utilizzo della scuola non rimangano alimentate utenze di cui non è necessario prevedere una alimentazione costante (ad esempio server, fax e frigorifero).

Tale soluzione consentirà di eliminare i consumi accidentali dovuti al funzionamento di led di stand by, perdite a vuoto di trasformatore all'interno di apparecchiature elettriche ed elettroniche ed altre utenze che presentano consumi (anche se lievi) anche quando sono non utilizzate.

Questo sistema sarà inoltre utilizzato per alimentare una elettrovalvola di "sicurezza perdite impianto idrico" che consentirà nei tempi e nelle modalità previste dal Sistema Risparmio Energetico di chiudere l'adduzione idrica alla scuola evitando così eventuali perdite dovute a rotture non rilevate o altri eventi che possono portare ad un consumo inutile di acqua potabile.

Il Sistema Risparmio Energetico potrà in qualunque momento essere disattivata gendo sul selettore a chiave automatico/manuale installato all'interno della portineria.

Impianto fotovoltaico

L'intervento prevedrà anche l'installazione di un impianto fotovoltaico. Tale predisposizione sarà realizzata mediante la posa di passerella forata con coperchio installate sulla zona della copertura piana con lo scopo di consentire il collegamento elettrico dei pannelli fotovoltaici, e la scatola di connessione installata in prossimità del quadro generale. Da questa scatola si dovrà inoltre prevedere il collegamento con il pozzetto adiacente all'edificio per il collegamento alla nicchia contatori (caratteristiche impianto fotovoltaico vedere paragrafo specifico)

Impianto telefonico

L'impianto telefonico fa riferimento alla distribuzione del servizio telefonico all'interno dell'edificio (integrato con l'impianto di trasmissione dati). I dati definitivi progettuali e dimensionali devono essere concordati con l'ente telefonico.

L'impianto sarà composto da tubazione per il raccordo dell'edificio alla rete telefonica esterna, nicchia per terminali della rete telefonica esterna, canalizzazioni montanti, cassette di derivazione.

Le tubazioni e le scatole devono essere ad uso esclusivo di tali impianti e non è consentito fare raccordi con tubi o scatole installate per il servizio elettrico.

Il collegamento fra l'armadio partitore posto all'esterno della proprietà e il terminale di rete dovrà avvenire con cavi telefonici posizionati in cavidotto interrato, in materiale isolante conforme a norma CEI EN 50086-2-4, di dimensione da concordare con la Telecom, oppure posizionati all'interno di cavidotto in PVC pesante interrato e con pozzetti rompitratta lungo il percorso. All'interno del fabbricato il cavo dovrà essere accessibile ed ispezionabile agevolmente, lo stesso dicasi per l'armadio del terminale di rete. Le varie predisposizioni indicate sulle tavole di progetto e nella presente relazione sono da intendere indicative e verranno quindi definite in corso d'opera insieme all'ente proposto all'allacciamento telefonico.

Impianto centralizzato antenna TV

Nell'edificio dovrà essere installato l'impianto d'antenna rispondente alla norma CEI 12-15. Questo impianto deve essere abilitato alla ricezione di reti televisive pubbliche e private ad eventualmente segnali via satellite e FM.

Le antenne riceventi dovranno essere fissate sul tetto mediante pali di sostegno, di tipo autoportante o controventato, protetti alla corrosione (CEI 12-15 app. B). Se sullo stesso sostegno vengono montate più antenne, queste devono essere distanziate tra loro in base alle varie direzioni di orientamento e alla banda di frequenza ricevuta.

Tutte le apparecchiature del centralino dovranno essere installate all'interno di un contenitore, in locale chiuso a chiave oppure in apposita nicchia o

contenitore, al riparo delle intemperie. Il circuito di alimentazione a 220V sarà protetto dai contatti indiretti e dalle sovracorrenti.

Le cassette dovranno essere separate dalle linee di segnale e il centralino (la sua massa) dovrà essere collegato all'impianto di terra. La distribuzione dei segnali potrà avvenire mediante collegamento delle prese, in derivazione o in cascata, con impedenza caratteristica di 75 Ω e dimensioni conformi alla tabella CEI-UNEL 84601-71 (CEI 12-15).

La distribuzione a cascata dovrà essere prevista solo per piccoli impianti onde evitare che una eventuale interruzione comprometta la ricezione di tutte le altre prese collegate a valle.

Per la distribuzione delle prese a cascata dovranno essere installate prese passanti, invece per la distribuzione in derivazione sarà necessario installare prese di derivazione.

Ogni colonna montante dovrà terminare con un carico resistivo di 75 Ω e tolleranza di $\pm 3 \Omega$ (CEI 12-15).

Il rapporto d'onde stazionarie (ROS), su uno spezzone di cavo lungo 100 m, deve essere al massimo 1,3 su una banda di frequenza da 50 a 800 MHz. L'attenuazione invece deve essere inferiore a 12dB/100 alla frequenza di 200MHz (CEI 12-15).

Protezione dai campi elettromagnetici a bassa frequenza all'interno dei locali ad uso scolastico

Le soluzioni progettuali adottate sono finalizzate a minimizzare l'esposizione ai campi elettrici e magnetici a bassa frequenza (50 Hz) negli ambienti interni ed in particolare saranno adottate le seguenti indicazioni durante l'esecuzione di lavori:

- configurazione della distribuzione dell'energia elettrica nei singoli locali secondo lo schema a "stella";
- scatole di derivazione ubicate in zone preferibilmente senza permanenza prolungata di persone

In particolare saranno messe in atto le seguenti strategie finalizzate alla protezione contro l'inquinamento da campi elettromagnetici

Si dovrà evitare la distribuzione di tipo ad anello prediligendo una distribuzione del tipo a stella con origine da un numero limitato di scatole di derivazione installate in posizione adeguata. Si prevederà la distribuzione della dorsale in zone della scuola poco frequentate o frequentate per tempi limitati (ad es. corridoio, ripostigli, ecc). Per le linee di alimentazione di carichi che rimangono costantemente alimentati (ad esempio frigorifero, hub, ecc) dovranno essere studiati con attenzione i percorsi delle linee di alimentazione in maniera tale da evitare il transito in zone a lunga permanenza di persone (ad esempio zona dormitorio, ecc).

In conformità alle norme, CEI 64-8 e CEI 64-50, verranno collegate all'impianto di terra tutte le masse metalliche e le masse estranee (secondo la

definizione prevista dalla norma stessa) ed inoltre, all'ingresso dei singoli locali, verranno collegate a terra eventuali tubazioni metalliche facenti parte dell'impianto idro-sanitario;

6. *CLASSIFICAZIONE DEGLI AMBIENTI IN RELAZIONE ALLE SOLLECITAZIONI DOVUTE ALLE CONDIZIONI AMBIENTALI*

Il presente progetto tiene conto dei vari fattori di rischio che possono venire a crearsi nell'attività che viene svolta negli ambienti presenti all'interno dell'immobile oggetto dell'intervento.

Si ricorda, in merito a ciò, che normalmente si individuano come ambienti ordinari quelli ad uso uffici, sale di attesa e ambienti equivalenti. Sono invece considerati ambienti speciali a maggior rischio in caso di incendio quelli che presentano un rischio maggiore rispetto agli ambienti definiti ordinari. Tale rischio dipende dalla possibilità che esso si verifichi e dall'entità del danno conseguente per le persone e per le cose e come tale dovranno essere adottati degli accorgimenti specifici nella realizzazione dell'impianto elettrico stesso. Ulteriori precauzioni dovranno essere prese per quegli ambienti che evidenziano presenza di forte umidità, zone bagnate, zone soggette a possibili urti, zone in cui le apparecchiature possono essere soggette a temperature elevate, ecc..

Superamento delle barriere architettoniche

In merito alle prescrizioni tecniche necessarie a garantire l'accessibilità, l'adattabilità e la visibilità degli edifici ai fini del superamento e dell'eliminazione delle barriere architettoniche, il Decreto Ministeriale n.236/89, in seguito denominato Decreto, fornisce alcune indicazioni sulle caratteristiche che devono possedere gli impianti elettrici per poter rispondere ai requisiti di adattabilità, accessibilità e visibilità degli ambienti in oggetto.

Il Decreto specifica dove devono essere collocati i componenti dell'impianto elettrico in maniera tale da essere facilmente individuabili ed utilizzabili, anche in condizioni di scarsa visibilità, ed allo stesso tempo risultare protetti dagli urti e da sollecitazioni meccaniche generiche.

Il comando dell'illuminazione delle scale deve essere individuabile al buio (ad esempio impiegando come organo di comando un dispositivo illuminato per consentirne la facile individuazione) e disposto su ogni pianerottolo delle scale.

Il Decreto comunque è coerente con quanto richiesto dalla CEI 64-8 e si limita solamente a prescrivere delle altezze minime dove installare le apparecchiature elettriche.

In proposito si ricorda che il Decreto impone che nei locali da bagno previsti per i portatori di handicap, sia installato un campanello di allarme in prossimità della vasca e/o del WC. La suoneria dovrà inoltre essere ubicata in luogo appropriato al fine di consentire l'immediata percezione dell'eventuale richiesta di assistenza.

Per quanto riguarda le prese di servizio il Decreto impone un range di altezza compreso tra 45 e 110 cm in cui si devono essere installate. Per tale tipo di

apparecchiatura si dovrà porre attenzione all'installazione in modo tale che la presa a spina inserita non possa venire accidentalmente urtata dalla ruota della sedia. Tale soluzione si attua disponendo opportunamente l'apparecchio ad un'altezza non inferiore a 70 cm.

Le altezza suddette dovranno essere rispettate anche dalle prese poste su eventuali torrette affioranti dal pavimento.

Un altezza ottimale per l'installazione dei dispositivi di comando (interruttori, deviatori, commutatori, etc) può essere quella prevista dalle norme sull'edilizia residenziale CEI 64-50 che consiglia di installare le suddette apparecchiature ad un'altezza di circa 90 cm dal piano di calpestio

Posa cavi interrati

Per la posa interrata il cavo dovrà essere di tipo adatto, tipo FG7OR, e posato all'interno di un tubo in PVC corrugato tipo pesante; protetto con tegoli o sistemi equivalenti o interrato a non meno di 50 cm dal piano di calpestio. Se non è possibile interrare il cavo ad almeno 50 cm si potrà accettare una profondità minore a condizione che il cavo sia comunque protetto da un tubo metallico o da una protezione in cls i quali resistano ad attrezzi manuali di scavo ed al traffico pesante interessante la zona.

La tubazione portacavo deve essere dotata lungo il percorso di pozzetti di ispezione e di infilaggio, con fondo perdente, di adeguate dimensioni (es. 40x40x40 cm) per permettere un agevole accesso.

7. DESCRIZIONE DELLE MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI E CONTATTI DIRETTI

La protezione contro i contatti indiretti sarà effettuata mediante l'interruzione automatica dell'alimentazione e assicurata dal coordinamento tra i dispositivi di protezione installati su ogni linea in partenza e un idoneo valore della resistenza di terra.

L'impianto di terra sarà costituito da un picchetto a croce in profilato di acciaio zincato di adeguate dimensioni e numero, installato all'interno della proprietà e da una corda di rame nuda interrata di sezione non inferiore a 35 mm², inoltre verranno collegati alla corda di rame i ferri dell'armatura della struttura stessa che avranno funzione di dispersori naturali.

L'impianto di terra sarà provvisto di un morsetto o di una sbarra con le funzioni di collettore principale di terra al quale si dovranno collegare tutti i conduttori di terra, i conduttori di protezione ed i conduttori equipotenziali principali. I conduttori equipotenziali principali (CEI 64-8/5 art. 547.1.1) dovranno avere sezione maggiore o uguale alla metà di quella del conduttore di protezione principale, con un minimo di 6 mm² (se il conduttore è in rame la sezione massima può essere di 25 mm²).

In particolare si dovranno collegare al circuito generale di terra tutte le masse metalliche costituite da tubazioni metalliche di adduzione e scarico acqua dei bagni, docce, etc, i poli delle prese di corrente, le carcasse metalliche degli utilizzatori e tutte le masse attualmente non identificabili ma comunque da collegare a terra.

E' consigliabile, nella realizzazione dell'impianto di terra, proteggere con nastro bituminoso, o con manicotto termorestringente, il conduttore di terra per circa 30 cm, sia sopra che sotto la superficie del suolo. In tale tratto il conduttore di terra è infatti particolarmente esposto alla corrosione

Il fissaggio del conduttore di terra alle suddette masse metalliche dovrà avvenire a mezzo di collari fissa tubo, con morsetti, capicorda o viti autofilettanti da fissare sulla massa metallica.

L'elemento orizzontali dell'impianto suddetto, conduttore in corda di rame nuda, dovrà deve essere posato entro uno scavo con profondità di posa di almeno 0,5 m dalla superficie calpestabile. Il conduttore sarà ricoperto con terra, argilla, humus, betonite e non con ghiaia o ciottoli o materiale di "risultato" del cantiere.

Le giunzioni tra i vari elementi, se necessarie, dovranno essere realizzate con idonei morsetti o con saldatura forte in alluminotermica e dovranno essere ridotte al minimo indispensabile. Si ricorda in proposito che per limitare i rischi da corrosione localizzata sulle superfici di contatto delle giunzioni, si può ricorrere a soluzioni evitando il contatto con l'ambiente umido proteggendo la

giunzione con nastri vulcanizzati o vernici bituminose, oppure limitando le coppie elettrochimiche impiegando materiali omogenei per morsetti quando si collegano i conduttori dello stesso metallo (ad es. Cu-Cu-Cu)

Tutte le linee in origine dai quadri devono essere dotate di un proprio conduttore di terra facente capo ad un'equipotenziale da prevedere all'interno dei quadri stessi

L'impianto di terra dovrà quindi essere realizzato in modo che vi sia un coordinamento ottimale tra il valore della resistenza di terra ed i dispositivi di protezione presenti nel circuito. Inoltre, dovrà essere predisposto ogni provvedimento atto a garantire la stabilità del valore della resistenza di terra.

Tutti i componenti dovranno poter sopportare senza danneggiamento, le sollecitazioni termiche e dinamiche più gravose che possono crearsi in caso di guasto.

I dispersori potranno essere costituiti da:

- tondi, profilati, tubi, nastri, corde, piastre, picchetti
- conduttori posti nello scavo di fondazione, ferri di armatura nel calcestruzzo incorporato nel terreno
- tubi metallici di un acquedotto "soltanto con il consenso dell'esercente dell'acquedotto e se vengono date adeguate disposizioni in base alle quali il responsabile degli impianti elettrici venga informato di ogni modifica che si intende apportare alle tubazioni dell'acquedotto" (CEI 64-8/5 art. 542.2.5). Nel caso in cui si dovesse adottare quest'ultima soluzione il contatore dell'acqua dovrà essere cortocircuitato da un collegamento di sezione adeguata (CEI 64-8/5 art. 547.1.3).
- guaina di piombo, armature e altri rivestimenti metallici di cavi non soggetti a danneggiamento per corrosione "soltanto con il consenso del proprietario delle condutture e se vengono date adeguate disposizioni in base alle quali il responsabile degli impianti elettrici venga informato di ogni modifica che si intenda apportare alle condutture stesse e che possa influenzare il loro corretto uso come dispersori" (CEI 64-8/5 art. 542.2.7)
- le tubazioni metalliche per liquidi o gas infiammabili non devono essere usate come dispersori (CEI 64-8/5 art. 542.2.6)

La sezione dei conduttori di terra, calcolata in modo uguale a quella dei conduttori di protezione, non dovrà essere inferiore a (CEI 64-8/5 art. 542.3.1):

- 16 mm² in rame o ferro zincato: con protezione contro la corrosione ma non meccanica
- 25 mm² in rame oppure 50 mm² ferro zincato: senza protezione contro la corrosione

Nei sistemi TT l'uso di dispositivi di protezione contro i contatti indiretti mediante interruzione automatica dell'alimentazione è possibile in pratica solo se la resistenza del dispersore soddisfa la seguente relazione:

$$R_A I_a \leq 50$$

dove

R_A è la somma delle resistenze del dispersore e dei conduttori di protezione delle masse. Di solito la resistenza del conduttore di protezione è trascurabile rispetto alla resistenza di terra R_T per cui nella maggior parte dei casi è ammesso porre $R_A = R_T$.

I_a è la corrente che provoca il funzionamento automatico del dispositivo di protezione

Quando il dispositivo di protezione è un dispositivo di protezione a corrente differenziale, I_a è la corrente nominale differenziale $I_{\Delta n}$. Tali tipi di dispositivi, sia di tipo generale che di tipo S, sono adatti per assicurare la protezione contro i contatti indiretti nei sistemi TT.

I tempi massimi di intervento previsti dalla appendice B della Pubblicazione IEC 947-2 (riguardante gli interruttori differenziali per uso industriale) sono tali da permettere di soddisfare le condizioni relative alla protezione contro i contatti indiretti. I conduttori di protezione, identificabili per il colore giallo-verde e le cui sezioni saranno conformi alle prescrizioni della norma CEI 64-8 e, avranno la funzione di collegare al collettore di terra tutte le utenze mobili e fisse presenti all'interno dell'attività.

Le misure di protezione mediante isolamento delle parti attive e mediante involucri o barriere sono intese a fornire una protezione totale contro i contatti diretti. La protezione del suddetto tipo di contatto sarà assicurata dai seguenti provvedimenti:

- copertura completa delle parti attive a mezzo di isolamento rimovibile solo con la distruzione di quest'ultimo;
- parti attive poste dentro involucri tali da assicurare il grado di protezione adeguato per il tipo di ambiente in cui sono installate.

Protezione contro le sovracorrenti

I conduttori attivi devono essere protetti da uno o più dispositivi che interrompano automaticamente l'alimentazione quando si produce un sovraccarico o un cortocircuito.

Tali dispositivi di protezione devono essere in grado di interrompere qualsiasi sovracorrente, sino alla corrente di cortocircuito presunta nel punto in cui i dispositivi sono installati.

I suddetti dispositivi di protezione possono essere interruttori automatici provvisti di sganciatori di sovracorrente, interruttori combinati con fusibili o fusibili stessi.

La protezione contro il sovraccarico e contro il cortocircuito delle linee sarà nel nostro caso assicurata dal corretto coordinamento tra la sezione dei conduttori e la corrente di taratura degli interruttori magnetotermici posti a protezione di ogni linea.

Dovranno quindi essere previsti dispositivi di protezione per interrompere le correnti di sovraccarico dei conduttori prima che tali correnti possano provocare un riscaldamento nocivo all'isolamento, ai collegamenti, etc.

Le protezioni sono in genere già studiate e stabilite con il progetto, tuttavia, ove in corso d'opera sia necessario apportare al progetto modifiche e/o integrazioni, ci si dovrà attenere alle norme CEI 64-8 o alle norme previste per tipo di ambiente.

Le caratteristiche di funzionamento del dispositivo di protezione delle condutture dovrà rispondere alle seguenti due condizioni:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

$$I_f \leq 1,45 I_Z$$

dove

I_B è la corrente d'impiego del circuito;

I_Z è la portata in regime permanente della conduttura;

I_n è la corrente nominale del dispositivo di protezione.

I_f è la corrente che assicura l'effettivo funzionamento del dispositivo di protezione entro il tempo convenzionale in condizioni definite

Per la protezione contro i cortocircuiti il dispositivo di protezione deve essere tale che tutte le correnti provocate da un cortocircuito che si presenti in un punto qualsiasi del circuito devono essere interrotte in un tempo che non sia superiore a quello che porta i conduttori alla temperatura limite ammissibile.

La formula che meglio esprime il concetto suddetto è la seguente:

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

dove

I è la corrente effettiva di cortocircuito in ampere, espressa in valore efficace;

t è la durata in secondi del cortocircuito;

K è una costante determinata sulla base della tipologia dei conduttori e delle temperature massime ammesse durante il servizio ordinario e durante il cortocircuito per l'isolamento dei cavi;

S è la sezione del conduttore in mm^2

8. ANALISI DEI CARICHI

L'analisi dei carichi è stata effettuata effettuando una stima delle potenze assorbite dai vari utilizzatori e supponendo eventuali utilizzatori che possono essere aggiunti in futuro.

Le potenze così ricavate sono state moltiplicate per i fattori di utilizzazione e contemporaneità ottenendo le potenze utili per il dimensionamento dell'impianto.

Qui di seguito si riportano i valori dei coefficienti di utilizzazione e contemporaneità adottati nel nostro caso:

Fattore di utilizzazione K_u

- per i circuiti di illuminazione $K_u = 1$
- per i circuiti di F.M. (prese di servizio) $K_u = 0,3 \div 0,5$

Fattore di contemporaneità K_c

- per i circuiti di illuminazione $K_c = 0,9 \div 1$
- per i circuiti di F.M. (prese di servizio) $K_c = 0,3 \div 0,4$

I quadri elettrici, di seguito denominati quadri, saranno realizzati in conformità alle tavole di progetto allegata ed alle Norme C.E.I..

In particolare i quadri dovranno rispettare le caratteristiche di resistenza alle eventuali sollecitazioni meccaniche, elettriche e termiche oltre alle caratteristiche complementari imposte dall'ambiente in cui sono installati.

I quadri dovranno essere costruiti in modo tale a garantire un'adeguata protezione contro i contatti diretti e dovranno essere realizzati prevedendo che l'accesso alle parti in tensione debba avvenire solamente con l'impiego di appositi attrezzi e che ogni dispositivo di comando e protezione riporti chiaramente una scritta indicante il circuito a cui si riferisce.

Tutte le parti attive devono essere completamente ricoperte con un isolante che può essere rimosso solamente mediante la sua distruzione (obbligo dell'impiego di capicorda).

Per garantire un'adeguata protezione contro i contatti indiretti tutte le parti metalliche dei quadri, sia esse fisse che mobili, dovranno essere collegate al conduttore di protezione che sarà di sezione uguale al conduttore di fase.

Onde garantire un corretto cablaggio del quadro si consiglia di installare, se possibile, all'interno dello stesso canalette in PVC di dimensioni adeguate in cui posare i cavi impiegati per il cablaggio del quadro.

I quadri risponderanno comunque, come precedentemente detto, alle seguenti specifiche tecniche e disposizioni:

- quadro in carpenteria metallica o materiale plastico autoestinguente;
- apparecchiature elettromeccaniche di costruzione idonea alle caratteristiche elettriche richieste e riportate negli schemi di progetto allegati;
- cablaggi eseguiti con cavo tipo N07V-K del colore idoneo alla tipologia del circuito, alloggiati all'interno di canalette di materiale autoestinguente;
- morsetterie numerate per tutte le linee che alimentano e che si derivano dal quadro;
- numerazione di tutti i conduttori facenti parte sia di circuiti di potenza che di comando;
- cartellini indicatori con scritta posta in corrispondenza dell'apparecchio riportante l'indicazione del circuito a cui si riferisce;
- collettore o morsettiera di terra proprio.

Gli interruttori automatici modulari saranno del tipo per montaggio su profilato DIN e qualora siano corredati di dispositivi differenziali quest'ultimi dovranno essere affiancati o incorporati agli interruttori stessi.

I quadri suddetti dovranno essere corredati di targhetta metallica indicante la Ditta Costruttrice, il numero di matricola ed i dati risultanti dalle prove di collaudo a Norma C.E.I..

Tutti i circuiti di nuova installazione saranno realizzati con conduttori rispondenti alle prescrizioni delle Norme C.E.I. 20-22, conduttori quindi non propaganti la fiamma ed a ridotta emissione di fumi di gas tossici e corrosivi.

Nel caso in oggetto saranno impiegati i seguenti tipi di cavi:

FG70R (isolamento in gomma HEPR ad alto modulo multipolare e guaina in PVC speciale)

N07V-K (isolamento in PVC di qualità R2)

Le sezioni dei conduttori, calcolate in funzione della potenza impegnata e della lunghezza dei circuiti (affinché la caduta di tensione non superi il valore del 4% della tensione a vuoto), dovranno corrispondere con quelle riportate negli schemi di progetto allegati ed essere scelte tra quelle unificate. In ogni caso non devono essere superati i valori delle portate di corrente ammesse, per i diversi tipi di conduttori, dalle tabelle di unificazione CEI-UNEL 35024-70 e 35023-70.

I cavi utilizzati nell'esecuzione degli impianti devono essere contraddistinti dalle colorazioni previste dalle vigenti tabelle di unificazione CEI-UNEL 00722-74 e 00712. In particolare i conduttori di neutro e protezione devono essere contraddistinti rispettivamente ed esclusivamente con il colore blu chiaro e con il bicolore giallo-verde.

Per quanto riguarda invece i conduttori di fase, devono essere contraddistinti in modo univoco per tutto l'impianto.

A titolo riepilogativo e conclusivo si riportano qui di seguito le precisazioni suddette:

FASI ⇒ nero, marrone, grigio

NEUTRO ⇒ blu chiaro

CONDUTTORE DI PROTEZIONE ⇒ giallo-verde

Particolare cura dovrà essere posta nella posa dei cavi facendo attenzione che le condutture non siano soggette a sforzi a trazione, raggi di curvatura inferiori a quelli imposti dalle norme, etc e le sezioni dovranno corrispondere con quelle riportate negli schemi di progetto allegati.

Le connessioni e le derivazioni dovranno essere sempre effettuate esclusivamente all'interno delle scatole di derivazione con morsetti metallici a vite con cappuccio isolato; dovrà sempre essere possibile identificare i conduttori tramite opportuna marcatura degli stessi (fascetta con targhetta sul conduttore)

Si ricorda inoltre che lungo le dorsali non sono ammesse riduzioni di sezione arbitrarie e che solo per i punti di utilizzazione è ammessa una riduzione di sezione quando non comprometta il coordinamento tra i dispositivi di protezione posti a monte di essa.

11. DATI DIMENSIONALI RELATIVI ALL'ILLUMINAZIONE ARTIFICIALE GENERALE

L'impianto di illuminazione in oggetto avrà il duplice compito di garantire un adeguato livello di illuminamento in relazione al tipo di attività svolta all'interno dei singoli ambienti ed allo stesso tempo avrà il compito di creare il giusto comfort visivo.

Il criterio di realizzazione dell'impianto di illuminazione dovrà svilupparsi in modo tale che il posizionamento degli apparecchi illuminanti non crei fastidiosi fenomeni di riflessione o abbagliamento alle persone che operano in quegli ambienti.

Per quegli ambienti in cui è richiesto uno specifico grado di protezione le plafoniere avranno una protezione contro la penetrazione dei corpi non inferiore a IP40

Ai fini della progettazione, gli illuminamenti iniziali di progetto vengono ottenuti moltiplicando quelli di esercizio per il fattore di deprezzamento (ad es. 1,25) in modo da tenere conto dell'invecchiamento e dell'insudiciamento dei materiali. Possono essere considerati fattori di deprezzamento minori di 1,25 se gli interventi manutentivi sono effettuati ad intervalli di tempo brevi. Si ricorda in proposito che occorre provvedere a manutenzioni appropriate quando l'illuminamento medio ai posti di lavoro risulta minore di 8/10 dell'illuminamento di esercizio.

L'impianto di illuminazione ordinario verrà realizzato con lampade fluorescenti, faretti da incasso e plafoniere con adeguato grado di protezione in funzione dell'ambiente in cui vengono installate. Plafoniere per tubi fluorescenti montate su binario per fila continua a sospensione saranno installate negli spazi per le attività ordinarie denominati "sezione A/B/C". L'accensione parzializzata, e regolabile, di suddette lampade sarà effettuata per mezzo di interruttori installati nei punti riportati dalle planimetrie allegate, il sistema di regolazione dell'intensità della luce verrà realizzato mediante centraline e sensori di luminosità (anch'essi regolabili) installati all'interno delle singole classi.

All'interno delle sezioni, come riportato negli elaborati grafici allegati, al fine di sfruttare al massimo le funzioni dell'impianto di regolazione automatica del flusso luminoso, verrà installato un sistema di captazione della luce solare (es. SOLATUBE) direttamente sulla superficie della copertura, che permetterà di sfruttare al massimo la luce naturale anche in quelle zone delle sezioni dove il contributo di luce diurna esterno dovuto alle superfici vetrate risulta minore.

Tale sistema, per garantire comunque una flessibilità di utilizzo degli spazi, sarà dotato di un motorizzato sistema di oscuramento comandabile mediante pulsanti installati in prossimità dei singoli ingressi

L'impianto di illuminazione nella sala insegnanti sarà realizzato con l'utilizzo di faretti da esterno muniti di lampade fluorescenti compatte. Tutti le lampade fluorescenti dovranno essere adeguatamente rifasate.

Per l'illuminazione decorativa delle facciate esterne saranno impiegati corpi illuminanti da parete con ottica bidirezionale (lenti specifiche che producono fasci di luce) che verranno comandati direttamente dal quadro elettrico generale.

L'impianto di illuminazione ordinario sopra descritto sarà inoltre completato ed integrato con un impianto di illuminazione di sicurezza. L'impianto di illuminazione di emergenza è identificato in un sistema completo composto da apparecchi per illuminazioni d'emergenza di tipo non permanente (SE) con potenza di 11W e 24W e autonomia non inferiore a 60 minuti.

L'impianto fotovoltaico ed i suoi componenti devono essere realizzati a regola d'arte e le caratteristiche degli impianti stessi dovranno corrispondere alle norme di legge e di regolamento vigenti riportate nel paragrafo 2 ed nello specifico alle seguenti norme:

- norme CEI/IEC e/o JRC/ESTI per i moduli fotovoltaici; in particolare, la CEI EN 61215 per moduli al silicio cristallino e la CEI EN 61646 per moduli a film sottile;
- conformità al marchio CE per i moduli fotovoltaici e per il convertitore c.c./c.a.;
- UNI 10349, o Atlante Europeo della Radiazione Solare, per il dimensionamento del campo fotovoltaico;
- UNI/ISO per le strutture meccaniche di supporto e di ancoraggio dei moduli fotovoltaici.

Per quanto riguarda il collegamento alla rete e l'esercizio dell'impianto, le scelte progettuali devono essere conformi alle seguenti normative e leggi:

- norma CEI 11-20 per il collegamento alla rete pubblica, con particolare riferimento al paragrafo 5.1 (IV edizione, agosto 2000);
- legge 133/99, articolo 10, comma 7, per gli aspetti fiscali: il comma prevede che l'esercizio di impianti da fonti rinnovabili di potenza non superiore a 20 kW, anche collegati alla rete, non è soggetto agli obblighi della denuncia di officina elettrica per il rilascio della licenza di esercizio e che l'energia consumata, sia autoprodotta che ricevuta in conto scambio, non è sottoposta all'imposta erariale e alle relative addizionali;
- deliberazione n. 224/00 dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas del 6 dicembre 2000, per gli aspetti tariffari: l'utente può optare per il regime di scambio dell'energia elettrica con il distributore; in tal caso, si applica la: "Disciplina delle condizioni tecnico- economiche del servizio di scambio sul posto dell'energia elettrica prodotta da impianti fotovoltaici con potenza nominale non superiore a 20 kW (Deliberazione 224/00)".

I riferimenti di cui sopra possono non essere esaustivi. Ulteriori disposizioni di legge, norme e deliberazioni in materia, anche se non espressamente richiamati, si considerano applicabili.

La quantità di energia elettrica producibile sarà calcolata sulla base dei dati radiometrici di cui alla norma UNI 10349 (o dell'Atlante Europeo della Radiazione Solare) e utilizzando i metodi di calcolo illustrati nella norma UNI 8477-1.

L'impianto dovrà essere realizzato per avere una potenza attiva, lato corrente alternata, superiore al 75% del valore della potenza nominale dell'impianto fotovoltaico, riferita alle condizioni STC.

Non sarà ammesso il parallelo di stringhe non perfettamente identiche tra loro per esposizione, e/o marca, e/o modello, e/o numero dei moduli impiegati. Ciascun modulo, infine, sarà dotato di diodo di by-pass. Dovrà inoltre essere sempre rilevabile l'energia prodotta (cumulata) e le relative ore di funzionamento.

Il presente progetto è relativo alla realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica tramite conversione fotovoltaica, avente una potenza di picco pari a 9900 Wp.

Dati relativi al posizionamento del generatore FV

Posizionamento del generatore FV:	Installazione su copertura di edificio scolastico
Angolo di azimut del generatore FV:	+30° SUD
Angolo di tilt del generatore FV:	25°
Fattore di albedo:	Erba verde

L'esposizione sopra riportata è la più idonea al fine di massimizzare l'energia producibile per un impianto di cui è prevista l'installazione integrata sull'edificio oggetto dell'intervento. L'impianto sarà installato in un edificio non soggetto a vincoli paesaggistici.

L'impianto fotovoltaico sarà costituito da 54 moduli, suddivisi in 6 stringhe aventi ognuna 9 moduli ciascuna. La superficie totale dell'impianto sarà di circa 73 m².

Si prevede di adottare un sistema di conversione dell'energia per ogni coppia di stringa e quindi di utilizzare 3 convertitori statici di adeguata potenza.

La valutazione della risorsa solare disponibile è stata effettuata prendendo come riferimento i dati relativi alla città di Prato riportati nella norma UNI 10349 che indica i dati storici di radiazione solare del comune.

Come per qualsiasi impianto ad energia rinnovabile, la fonte primaria risulta aleatoria e quindi solo statisticamente prevedibile. Per avere riferimenti oggettivi sui calcoli di prestazione dei sistemi, si fa riferimento a pubblicazioni ufficiali che raccolgono le elaborazioni di dati acquisiti sul lungo periodo fornendo così medie statistiche raccolte in tabelle di anni-tipo, ed alla norma UNI 10349.

Località di riferimento: PRATO
 Latitudine 43°55' N
 Longitudine 10°55' E
 Angolo inclinazione moduli (tilt) 25°
 Orientamento +30° SUD

Mese	Radiazione Diretta	Radiazione Diffusa	Albedo	Radiazione Totale [kWh/g]
Gennaio	1,23	0,69	0,02	1,93
Febbraio	1,68	0,98	0,03	2,69
Marzo	2,21	1,38	0,04	3,63
Aprile	2,69	1,80	0,05	4,54
Maggio	3,07	2,09	0,06	5,23
Giugno	3,43	2,20	0,07	5,70
Luglio	4,51	1,99	0,08	6,58
Agosto	4,09	1,80	0,07	5,96
Settembre	3,40	1,46	0,05	4,91
Ottobre	2,57	1,09	0,03	3,69
Novembre	1,43	0,74	0,02	2,19
Dicembre	1,12	0,61	0,01	1,74

Valori medi	2,62	1,40	0,04	4,07
-------------	------	------	------	------

Il generatore fotovoltaico si comporrà di moduli con una vita utile stimata di oltre 20 anni senza degrado significativo delle prestazioni. Le altre caratteristiche del generatore fotovoltaico sono:

Numero moduli: 54
 Potenza nominale 185 Wp
 Celle: Silicio policristallino alta efficienza
 Tensione circuito aperto V_{OC} 21,7 V
 Corrente di corto circuito I_{SC} 8,13 A
 Tensione V_{MP} 24,4 V
 Corrente I_{MP} 7,58 A
 Grado di efficienza: 13,4 %
 Dimensioni: 1658 x 834mm

La potenza complessiva da raggiungere sarà di $54 \times 185Wp = 9990 Wp$. Pertanto il campo fotovoltaico sarà così configurato:

Numero di stringhe	6
Numero di moduli per stringa	9
Tensione V_{MP} a 25°C	220 V
Corrente I_{MP} a 25°C	7,58 A
Superficie complessiva moduli	Circa 73 m ² .

I valori di tensione alle varie temperature di funzionamento (minima, massima e d'esercizio) rientrano nel range di accettabilità ammesso dall'inverter.

I moduli saranno forniti di diodi di by-pass. Ogni stringa di moduli sarà munita di diodo di blocco per isolare ogni stringa dalle altre in caso di accidentali ombreggiamenti, guasti etc.

La linea elettrica proveniente dai moduli fotovoltaici sarà messa a terra mediante appositi scaricatori di sovratensione con indicazione ottica di fuori servizio, al fine di garantire la protezione dalle scariche di origine atmosferica.

Il piano dei moduli risulterà inclinato rispetto all'orizzontale di circa 25 ° (tilt) ed avrà un orientamento azimutale a + 30° rispetto al sud. I moduli verranno montati su dei supporti in acciaio zincato aderenti al piano di copertura, avranno tutti la medesima esposizione. Gli ancoraggi della struttura saranno praticati avendo cura di ripristinare la tenuta contro le infiltrazioni prevista nella copertura e dovranno essere dimensionati e installati in maniera tale da resistere alle raffiche di vento presenti nella zona.

Il gruppo di conversione sarà composto dal convertitore statico (Inverter) 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 saranno compatibili con quelli del rispettivo campo fotovoltaico, mentre i valori della tensione e della frequenza in uscita saranno compatibili con quelli della rete alla quale viene connesso l'impianto

Le caratteristiche principali del gruppo di conversione sono:

- 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.
- Campo di tensione di ingresso adeguato alla tensione di uscita del generatore FV.
- Efficienza massima ≥ 90 % al 70% della potenza nominale.

Il gruppo di conversione sarà composto da n. 3 inverter con le seguenti caratteristiche:

Ingresso max:	2850 Wp
Tensioni in ingresso consentite:	fino a 500 V
Corrente massima di linea AC	13,90 A
Efficienza:	94,3 %
Peso:	12 kg (IP45)

Si prevede di installare un quadro sul lato DC di ogni convertitore per il sezionamento e la protezione delle stringhe. Oltre a questo si prevede l'installazione di un quadro di parallelo sul lato AC, all'interno di una cassetta posta a valle dei convertitori statici per la misurazione, il collegamento ed il controllo delle grandezze in uscita dagli inverter. All'interno di tale quadro, sarà inserito il sistema di interfaccia alla rete e il contatore in uscita della società distributrice dell'energia elettrica ENEL Distribuzione S.p.A. se questo non sarà già previsto all'interno dell'inverter.

Il cablaggio elettrico avverrà per mezzo di cavi con conduttori isolati in rame con le seguenti prescrizioni:

- Tipo FG7
- Tipo FG7 schermato
- tipo N07V-K
- tipo NFG70R

Inoltre i cavi saranno a norma CEI 20-13, CEI20-22II e CEI 20-37 I, marchiatura I.M.Q., colorazione delle anime secondo norme UNEL, grado d'isolamento di 4 kV.

Per non compromettere la sicurezza di chi opera sull'impianto durante la verifica o l'adeguamento o la manutenzione, i conduttori avranno la seguente colorazione:

- Conduttori di protezione: giallo-verde (obbligatorio)
- Conduttore di neutro: blu chiaro (obbligatorio)
- Conduttore di fase: grigio/marrone
- Conduttore per circuiti in C.C.: chiaramente siglato con indicazione del positivo con "+" negativo con "-"

Prima di procedere con l'installazione, una volta scelta la tipologia del cavo da utilizzare, si dovrà prevedere ad una verifica della caduta di potenziale valutata da qualsiasi modulo posato al gruppo di conversione.

Il sistema di controllo e monitoraggio del sistema, dovrà permettere per mezzo di un pc ed un software dedicato, di interrogare in ogni istante l'impianto al fine di verificare la funzionalità degli inverter installati e con la possibilità di verificare i parametri elettrici (tensione, corrente, potenza etc..) di ciascun inverter. Dovrà inoltre essere possibile verificare nella memoria eventi del convertitore tutte le grandezze elettriche dei giorni passati (storico dei dati).

Il campo fotovoltaico sarà gestito come sistema IT, ovvero con nessun polo connesso a terra. Le stringhe saranno, costituite dalla serie di singoli moduli fotovoltaici e singolarmente sezionabili, provviste di diodo di blocco e di protezioni contro le sovratensioni. Dovrà essere prevista la separazione galvanica tra la parte in corrente continua dell'impianto e la rete; tale separazione potrà essere sostituita da una protezione sensibile alla corrente continua solo nel caso di impianti monofase. Soluzioni tecniche diverse da quelle sopra suggerite, sono adottabili, purché nel rispetto delle norme vigenti e della buona regola dell'arte.

In base alle norme UNI 8477-1 e UNI 10349, l'irraggiamento calcolato su con moduli esposti a+30° rispetto al Sud ed inclinati rispetto all'orizzontale di 25° con il fattore di albedo scelto è di 4,07 kWh/g (1485 kWh/anno).

La potenza alle condizioni STC (irraggiamento dei moduli di 1000 W/m² a 25°C di temperatura) risulta essere:

$$P_{STC} = P_{MODULO} \times N_{MODULI} = 185 \times 54 = 9990 \text{ Wp}$$

Considerando un'efficienza del B.O.S. (Balance of system) del 85% che tiene conto delle perdite dovute a diversi fattori quali: maggiori temperature, superfici dei moduli polverose, differenze di rendimento tra i moduli, perdite dovute al sistema di conversione la potenza sul lato c.a. sarà uguale a:

$$P_{CA} = P_{STC} \times 85\% = 8491,50 \text{ Wp}$$

L'energia producibile su base annua dal sistema fotovoltaico, tenendo conto di un fattore di ombreggiatura pari a 0,9, è stimata in:

$$E = 11350 \text{ kWh/anno}$$

Valore di energia che il sistema fotovoltaico produrrà in un anno, se non vi sono interruzioni nel servizio.

I misuratori di energia prodotta saranno due:

- un misuratore dell'energia totale prodotta dal sistema fotovoltaico, fornito e posato a cura dell'installatore dell'impianto, sul quadro della c.a. del sistema, oppure direttamente integrato nell'inverter (display).
- un contatore di energia di tipo elettromeccanico con visualizzazione della quantità di energia ceduta alla rete elettrica esterna, e sarà posto a cura del Distributore di Energia Elettrica. Le predisposizioni murarie saranno a cura dell'installatore dell'impianto FV.

Al termine dei lavori l'installatore dell'impianto effettuerà le seguenti verifiche tecnico-funzionali:

- corretto funzionamento dell'impianto fotovoltaico nelle diverse condizioni di potenza generata e nelle varie modalità previste dal gruppo di conversione (accensione, spegnimento, mancanza rete, ecc.);
- continuità elettrica e connessioni tra moduli;
- messa a terra di masse e scaricatori;
- isolamento dei circuiti elettrici dalle masse;

L'impianto dovrà essere realizzato con componenti che assicurino l'osservanza delle due seguenti condizioni:

condizione da verificare: $P_{cc} > 0,85 \cdot P_{nom} \cdot I / I_{STC}$;

in cui:

- P_{cc} è la potenza in corrente continua misurata all'uscita del generatore fotovoltaico, con precisione migliore del $\pm 2\%$;
- P_{nom} è la potenza nominale del generatore fotovoltaico;
- I è l'irraggiamento [W/m^2] misurato sul piano dei moduli, con precisione migliore del $\pm 3\%$;
- I_{STC} , pari a $1000 W/m^2$, è l'irraggiamento in condizioni di prova standard;

Tale condizione dovrà essere verificata per $I > 600 W/m^2$.

condizione da verificare: $P_{ca} > 0,9 \cdot P_{cc}$.

in cui:

- P_{ca} è la potenza attiva in corrente alternata misurata all'uscita del gruppo di conversione della corrente generata dai moduli fotovoltaici continua in corrente alternata, con precisione migliore del 2% .

La misura della potenza P_{cc} e della potenza P_{ca} deve essere effettuata in condizioni di irraggiamento (I) sul piano dei moduli superiore a $600 W/m^2$.

Qualora nel corso di detta misura venga rilevata una temperatura di lavoro dei moduli, misurata sulla faccia posteriore dei medesimi, superiore a $40 \text{ }^\circ\text{C}$, è ammessa la correzione in temperatura della potenza stessa. In questo caso la condizione a) precedente diventa:

$$P_{cc} > (1 - P_{tpv} - 0,08) * P_{nom} * I / I_{STC}$$

Ove P_{tpv} indica le perdite termiche del generatore fotovoltaico (desunte dai fogli di dati dei moduli), mentre tutte le altre perdite del generatore stesso (ottiche, resistive, caduta sui diodi, difetti di accoppiamento) sono tipicamente assunte pari all'8%.

Le perdite termiche del generatore fotovoltaico P_{tpv} , nota la temperatura delle celle fotovoltaiche T_{cel} , possono essere determinate da:

- $P_{tpv} = (T_{cel} - 25) * \gamma / 100$

oppure, nota la temperatura ambiente T_{amb} da:

- $P_{tpv} = [T_{amb} - 25 + (NOCT - 20) * I / 800] * \gamma / 100$

in cui:

- γ : Coefficiente di temperatura di potenza (parametro, fornito dal costruttore, per moduli in silicio cristallino è tipicamente pari a 0,4÷0,5 %/°C).
- NOCT: Temperatura nominale di lavoro della cella (parametro, fornito dal costruttore, è tipicamente pari a 40÷50°C, ma può arrivare a 60 °C per moduli in vetrocamera).
- T_{amb} : Temperatura ambiente; nel caso di impianti in cui una faccia del modulo sia esposta all'esterno e l'altra faccia sia esposta all'interno di un edificio (come accade nei lucernai a tetto), la temperatura da considerare sarà la media tra le due temperature.
- T_{cel} : è la temperatura delle celle di un modulo fotovoltaico; può essere misurata mediante un sensore termoresistivo (PT100) attaccato sul retro del modulo.

Dovranno essere emessi e rilasciati dall'installatore i seguenti documenti:

- manuale di uso e manutenzione, inclusivo della pianificazione consigliata degli interventi di manutenzione;
- dichiarazione attestante le verifiche effettuate e il relativo esito;
- dichiarazione di conformità ai sensi della legge 46/90, articolo 1, lettera a);
- certificazione rilasciata da un laboratorio accreditato circa la conformità alla norma CEI EN 61215, per moduli al silicio cristallino, e alla CEI EN 61646 per moduli a film sottile;
- certificazione rilasciata da un laboratorio accreditato circa la conformità del convertitore c.c./c.a. alle norme vigenti e, in particolare, alle CEI 11-20 qualora venga impiegato il dispositivo di interfaccia interno al convertitore stesso;
- certificati di garanzia relativi alle apparecchiature installate;
- garanzia sull'intero impianto e sulle relative prestazioni di funzionamento.

13. CONCLUSIONI

Al termine dei lavori l'impresa installatrice sarà tenuta a rilasciare la dichiarazione di conformità degli impianti realizzati nel rispetto delle norme di cui all'art. 7 del Decreto 22 Gennaio 2008 n. 37. Di tale dichiarazione, sottoscritta dal titolare dell'impresa installatrice e recante i numeri di partita IVA e di iscrizione alla CCIAA faranno parte integrante la relazione contenente la tipologia di materiali impiegati, copia della iscrizione della ditta installatrice alla camera di commercio, nonché gli elaborati progettuali di cui la presente relazione è parte integrante.

Si ricorda infine che il Committente è tenuto ad affidare i lavori di installazione, di trasformazione, di ampliamento e di manutenzione degli impianti ad imprese abilitate ai sensi dell'art. 3 del Decreto 22 Gennaio 2008 n. 37 per non incorrere nelle sanzioni previste dall'art. 15 della stessa legge

Prato, lì Marzo 2008.

Dott. Ing. Vittorio Bardazzi

PROTEZIONE CONTRO I FULMINI
VALUTAZIONE DEL RISCHIO E SCELTA DELLE MISURE DI PROTEZIONE

1B. *NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO*

Questo documento è stato elaborato con riferimento alle seguenti norme CEI:

- CEI 81-10/1 (EN 62305-1):
"Protezione contro i fulmini. Parte 1: Principi Generali". Aprile 2006;
- CEI 81-10/2 (EN 62305-2):
"Protezione contro i fulmini. Parte 2: Valutazione del rischio". Aprile 2006;
- CEI 81-10/3 (EN 62305-3):
"Protezione contro i fulmini. Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone". Aprile 2006;
- CEI 81-10/4 (EN 62305-4):
"Protezione contro i fulmini. Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture". Aprile 2006;
- CEI 81-3 :
"Valori medi del numero dei fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato dei Comuni d'Italia, in ordine alfabetico." Maggio 1999.

2B. INDIVIDUAZIONE DELLA STRUTTURA DA PROTEGGERE

L'individuazione della struttura da proteggere è essenziale per definire le dimensioni e le caratteristiche da utilizzare per la valutazione dell'area di raccolta.

La struttura che si vuole proteggere coincide con un intero edificio a sé stante, fisicamente separato da altre costruzioni.

Pertanto, ai sensi dell'art. A.2.1.2 della Norma CEI EN 62305-2, le dimensioni e le caratteristiche della struttura da considerare sono quelle dell'edificio stesso.

3B. DATI DI PROGETTO

3b.1 Densità annua di fulmini a terra

Come rilevabile dalla Norma CEI 81-3, la densità annua di fulmini a terra per kilometro quadrato nel comune di PRATO in cui è ubicata la struttura vale :

$$N_t = 2,5 \text{ fulmini/km}^2 \text{ anno}$$

3b.2 Dati relativi alla struttura

Le dimensioni massime della struttura sono:

$$A \text{ (m): } 25 \quad B \text{ (m): } 28 \quad H \text{ (m): } 4,5 \quad H_{\max} \text{ (m): } 5$$

La destinazione d'uso prevalente della struttura è: scolastico

In relazione anche alla sua destinazione d'uso, la struttura può essere soggetta a :

- perdita di vite umane
- perdita economica

In accordo con la Norma CEI EN 62305-2 per valutare la necessità della protezione contro il fulmine, deve pertanto essere calcolato :

- rischio R1;

Le valutazioni di natura economica, volte ad accertare la convenienza dell'adozione delle misure di protezione, non sono state condotte perché espressamente non richieste dal Committente.

L'edificio ha struttura portante metallica o in cemento armato con ferri d'armatura continui.

3b.3 Dati relativi alle linee elettriche esterne

La struttura è servita dalle seguenti linee elettriche:

- Linea di energia: Linea da contatore ENEL
- Linea di segnale: Linea telefonica

Le caratteristiche delle linee elettriche sono riportate nell'Appendice Caratteristiche delle linee elettriche.

3b.4 Definizione e caratteristiche delle zone

Tenuto conto di:

- compartimenti antincendio esistenti e/o che sarebbe opportuno realizzare;
- eventuali locali già protetti (e/o che sarebbe opportuno proteggere specificamente) contro il LEMP (impulso elettromagnetico);
- i tipi di superficie del suolo all'esterno della struttura, i tipi di pavimentazione interni ad essa e l'eventuale presenza di persone;
- le altre caratteristiche della struttura e, in particolare il lay-out degli impianti interni e le misure di protezione esistenti;

sono state definite le seguenti zone:

- Z1: Interno scuola
- Z2: Esterno scuola

Le caratteristiche delle zone, i valori medi delle perdite, i tipi di rischio presenti e le relative componenti sono riportate nell'Appendice Caratteristiche delle Zone.

L'area di raccolta A_m dei fulmini a terra vicino alla struttura, che ne possono danneggiare gli impianti interni per sovratensioni indotte, è stata valutata analiticamente come indicato nella Norma CEI EN 62305-2, art.A.3.

Le aree di raccolta A_l e A_i di ciascuna linea elettrica esterna sono state valutate analiticamente come indicato nella Norma CEI EN 62305-2, art.A.4.

I valori delle aree di raccolta (A) e i relativi numeri di eventi pericolosi all'anno (N) sono riportati nell'Appendice Aree di raccolta e numero annuo di eventi pericolosi.

I valori delle probabilità di danno (P) per il calcolo delle varie componenti di rischio considerate sono riportate nell'Appendice Valori delle probabilità P per la struttura non protetta.

5B. VALUTAZIONE DEI RISCHI

5b.1 Rischio R1: perdita di vite umane

5b.1.1 Calcolo del rischio R1

I valori delle componenti ed il valore del rischio R1 sono di seguito indicati.

Z1: Interno scuola

RB: 3,21E-06

RU(Distribuzione impianto elettrico): 5,31E-11

RV(Distribuzione impianto elettrico): 5,31E-08

RU(Impianto Telefonico e trasmissione dati): 1,26E-10

RV(Impianto Telefonico e trasmissione dati): 1,26E-07

Totale: 3,39E-06

Z2: Esterno scuola

RA: 1,29E-06

Totale: 1,29E-06

Valore totale del rischio R1 per la struttura: 4,68E-06

5b.1.2 Analisi del rischio R1

Rischio complessivo R1 = 4,68E-06 inferiore a quello tollerato RT = 1E-05

6B. SCELTA DELLE MISURE DI PROTEZIONE

Poiché il rischio complessivo $R1 = 4,68E-06$ è inferiore a quello tollerato $RT = 1E-05$, non occorre adottare alcuna misura di protezione per ridurlo.

7B. CONCLUSIONI

Rischi che non superano il valore tollerabile R1

SECONDO LA NORMA CEI EN 62305-2
LA STRUTTURA E' PROTETTA CONTRO LE FULMINAZIONI.

In forza della legge 1/3/1968 n.186 che individua nelle Norme CEI la regola dell'arte, si può ritenere assolto ogni obbligo giuridico, anche specifico, che richieda la protezione contro le scariche atmosferiche.

Prato, lì Marzo 2008

Dott. Ing. Vittorio Bardazzi

APPENDICE A - Caratteristiche della struttura

Dimensioni: A (m): 25 B (m): 28 H (m): 4,5 Hmax (m): 5

Coefficiente di posizione: in area con oggetti di altezza uguale o inferiore (Cd = 0,5)

Schermo esterno alla struttura: assente

Densità di fulmini a terra (fulmini/km² anno) Nt = 2,5

APPENDICE B - Caratteristiche delle linee elettriche

Caratteristiche della linea: Linea da contatore ENEL

La linea ha caratteristiche uniformi lungo l'intero percorso.

Tipo di linea: energia - interrata

Lunghezza (m) Lc = 50

Resistività (ohm x m) $\rho = 1,5$

Coefficiente di posizione (Cd): in area con oggetti di altezza uguale o inferiore

Coefficiente ambientale (Ce): suburbano (h <= 10 m)

Caratteristiche della linea: Linea telefonica

La linea ha caratteristiche uniformi lungo l'intero percorso.

Tipo di linea: segnale - interrata

Lunghezza (m) Lc = 100

Resistività (ohm x m) $\rho = 1,5$

Coefficiente di posizione (Cd): in area con oggetti di altezza uguale o inferiore

Coefficiente ambientale (Ce): suburbano (h <= 10 m)

APPENDICE C - Caratteristiche delle zone

Caratteristiche della zona: Interno scuola

Tipo di zona: interna

Tipo di pavimentazione: legno (ru = 0,00001)

Rischio di incendio: ridotto (rf = 0,001)

Pericoli particolari: elevato rischio di panico (h = 10)

Protezioni antincendio: manuali (rp = 0,5)

Schermatura di zona: assente

Protezioni contro le tensioni di contatto: nessuna

Impianto interno: Distribuzione impianto elettrico

Alimentato dalla linea Linea da contatore ENEL

Tipo di circuito: Cond. attivi e PE nello stesso cavo (spire fino a 0,5 m²)
(Ks3 = 0,02)

Tensione di tenuta: 1,5 kV

Sistema di SPD - livello: Assente (Pspd =1)

Impianto interno: Impianto Telefonico e trasmissione dati

Alimentato dalla linea Linea telefonica

Tipo di circuito: cavo schermato $R \leq 1 \text{ ohm/km}$ (Ks3 = 0,0001)

Tensione di tenuta: 1,5 kV

Sistema di SPD - livello: Assente (Pspd =1)

Valori medi delle perdite per la zona: Interno scuola

Perdita per tensioni di contatto (relativa a R1) $L_t = 9,51E-02$

Perdita per danno fisico (relativa a R1) $L_f = 1,90E-01$

Perdita per danno fisico (relativa a R4) $L_f = 3,33E-01$

Perdita per avaria di impianti interni (relativa a R4) $L_o = 8,33E-03$

Rischi e componenti di rischio presenti nella zona: Interno scuola

Rischio 1: Rb Ru Rv

Rischio 4: Rb Rc Rm Rv Rw Rz

Caratteristiche della zona: Esterno scuola

Tipo di zona: esterna

Tipo di suolo: erba ($r_a = 0,01$)

Protezioni contro le tensioni di contatto e di passo: nessuna

Valori medi delle perdite per la zona: Esterno scuola

Perdita per tensioni di contatto e di passo (relativa a R1) $L_t = 3,81E-02$

Rischi e componenti di rischio presenti nella zona: Esterno scuola

Rischio 1: Ra

APPENDICE D - Valutazione carico specifico d'incendio

Zona Z1 - Interno scuola

Superficie totale della struttura: 675 m²

Scuola materna

300 MJ/m² - superficie: 675 m²

Carico specifico d'incendio (MJ/m²): 300,0

Rischio di incendio: ridotto

APPENDICE E - Aree di raccolta e numero annuo di eventi pericolosi.

Area di raccolta per fulminazione diretta della struttura $A_d = 2,70E-03 \text{ km}^2$

Area di raccolta per fulminazione indiretta della struttura $A_m = 2,23E-01 \text{ km}^2$

Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura $N_d = 3,38E-03$

Numero di eventi pericolosi per fulminazione indiretta della struttura $N_m = 5,54E-01$

Linee elettriche

Area di raccolta per fulminazione diretta (A_l) e indiretta (A_i) delle linee:

Linea da contatore ENEL

$A_l = 0,000045 \text{ km}^2$

$A_i = 0,001531 \text{ km}^2$

Linea telefonica

$A_l = 0,000106 \text{ km}^2$

$A_i = 0,003062 \text{ km}^2$

Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta (N_l) e indiretta (N_i) delle linee:

Linea da contatore ENEL

$N_l = 0,000056$

$N_i = 0,001914$

Linea telefonica

$N_l = 0,000132$

$N_i = 0,003827$

APPENDICE F - Valori delle probabilità P per la struttura non protetta

Zona Z1: Interno scuola

$P_a = 1,00E+00$

$P_b = 1,0$

P_c (Distribuzione impianto elettrico) = $1,00E+00$

P_c (Impianto Telefonico e trasmissione dati) = $1,00E+00$

$P_c = 1,00E+00$

P_m (Distribuzione impianto elettrico) = $9,00E-03$

P_m (Impianto Telefonico e trasmissione dati) = $1,00E-04$

$P_m = 9,10E-03$

P_u (Distribuzione impianto elettrico) = $1,00E+00$

P_v (Distribuzione impianto elettrico) = $1,00E+00$

P_w (Distribuzione impianto elettrico) = $1,00E+00$

P_z (Distribuzione impianto elettrico) = $1,00E+00$
 P_u (Impianto Telefonico e trasmissione dati) = $1,00E+00$
 P_v (Impianto Telefonico e trasmissione dati) = $1,00E+00$
 P_w (Impianto Telefonico e trasmissione dati) = $1,00E+00$
 P_z (Impianto Telefonico e trasmissione dati) = $1,00E+00$

Zona Z2: Esterno scuola

$P_a = 1,00E+00$
 $P_b = 1,0$
 $P_c = 1,00E+00$
 $P_m = 1,00E+00$

APPENDICE G – Grafico valori di rischio

