

L'IMPIANTO D'ILLUMINAZIONE

dei campi da gioco della

Lega Nazionale Dilettanti



LINEE GUIDA

per la **PROGETTAZIONE, REALIZZAZIONE E COLLAUDO**



FINALITA'

Lo scopo di questo documento è quello di definire i criteri di progettazione, realizzazione e collaudo degli impianti d'illuminazione destinati ai campi da gioco della Lega Nazionale Dilettanti (di seguito denominata LND). Esso contiene le informazioni utili a tutti quegli operatori che intendono dotare le proprie installazioni sportive di un impianto d'illuminazione artificiale e richiederne l'omologazione per l'attività agonistica ufficiale. Tali linee guida sono state elaborate in conformità alla normativa in vigore e la integrano con i requisiti definiti dalla LND in merito alle prestazioni illuminotecniche, alle caratteristiche dell'impianto elettrico e delle opere civili definite per le diverse tipologie di campi di gioco.

INDICE

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | REQUISITI GENERALI | 5 |
| 1.1 | Requisiti illuminotecnici | 6 |
| 1.2 | Requisiti dell'impianto elettrico | 6 |
| 2 | RIFERIMENTI TECNICO NORMATIVI | 9 |
| 2.1 | Riferimenti illuminotecnici | 10 |
| 2.2 | Riferimenti impianto elettrico | 10 |
| 2.2.1 | Norme generali | 10 |
| 2.2.2 | Norme specifiche per quadri elettrici | 11 |
| 2.2.3 | Norme specifiche per cavidotti | 13 |
| 2.2.4 | Norme specifiche per cavi elettrici | 13 |
| 2.2.5 | Riferimenti a norme e unificazioni elettrotecniche | 13 |
| 2.2.6 | Norme specifiche per apparecchi di illuminazione | 14 |
| 2.3 | Riferimenti sostegni | 15 |
| 3 | TERMINI E DEFINIZIONI | 18 |
| 4 | PROGETTAZIONE ILLUMINOTECNICA | 23 |
| 4.1 | Criteri illuminotecnici | 24 |
| 4.2 | Sorgenti luminose | 27 |
| 4.3 | Apparecchi di illuminazione | 28 |
| 4.3.1 | Caratteristiche fotometriche | 28 |
| 4.3.2 | Caratteristiche termiche | 29 |
| 4.3.3 | Caratteristiche meccaniche e aerodinamiche | 30 |
| 4.3.4 | Caratteristiche elettriche | 30 |
| 4.3.5 | Caratteristiche ergonomiche e manutentive | 30 |
| 4.3.6 | Caratteristiche di resistenza alla corrosione, insudiciamento e umidità | 31 |
| 4.3.7 | Dati di targa degli apparecchi di illuminazione | 31 |
| 4.3.8 | Caratteristiche tecniche dei proiettori | 31 |
| 4.3.9 | Caratteristiche tecniche delle unità di alimentazione | 32 |
| 4.4 | Sostegni | 32 |
| 4.4.1 | Disposizione e caratteristiche dimensionali | 32 |
| 4.5 | Requisiti d'illuminazione. Livelli e parametri | 35 |
| 4.6 | Illuminazione zone spettatori | 37 |
| 4.7 | Illuminazione d'emergenza | 37 |
| 4.8 | Verifiche illuminotecniche e reticolo di calcolo | 37 |
| 5 | PROGETTAZIONE IMPIANTO ELETTRICO | 39 |
| 5.1 | Generalità | 40 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 5.2 | Conformità alle norme dei componenti | 40 |
| 5.3 | Scelta dei grado di protezione | 41 |
| 6 | TORRI PORTAPROIETTORI | 46 |
| 6.1 | Generalità | 47 |
| 6.2 | Caratteristiche del materiale impiegato | 47 |
| 6.3 | Caratteristiche costruttive particolari | 47 |
| 6.4 | Caratteristiche strutturali | 49 |
| 6.4 | Plinti di fondazione | 49 |
| 7 | FASE REALIZZATIVA | 50 |
| 7.1 | Installazione e puntamento dei proiettori | 51 |
| 7.2 | Impianto elettrico | 51 |
| 7.2.1 | Descrizione dell'impianto | 51 |
| 7.2.2 | Alimentazione elettrica - interruttore generale | 53 |
| 7.2.3 | Quadro elettrico generale | 54 |
| 7.2.4 | Distribuzione principale | 54 |
| 7.5 | Quadro elettrico torre porta proiettori | 57 |
| 7.6 | Linee di alimentazione dei proiettori | 60 |
| 7.7 | Realizzazione dell'impianto di terra | 60 |
| 7.7.1 | Generalità | 60 |
| 7.7.2 | Realizzazione dell'impianto di terra per torri porta proiettori autoprotette dalla fulminazione diretta | 60 |
| 7.7.3 | Realizzazione dell'impianto di terra per torri non autoprotette dalla fulminazione diretta | 62 |
| 7.8 | Protezione contro i fulmini | 62 |
| 7.9 | Opere civili | 64 |
| 7.9.1 | Generalità | 64 |
| 7.9.2 | Analisi dei carichi | 64 |
| 7.9.3 | Calcolo delle sollecitazioni alla base | 65 |
| 7.9.4 | Definizione e verifica del plinto | 65 |
| 8 | VERIFICHE E COLLAUDI | 66 |
| 8.1 | Illuminotecnica | 67 |
| 8.1.1 | Strumenti di misura e tolleranze | 67 |
| 8.1.2 | Misure | 67 |
| 8.1.3 | Reticolo | 68 |
| 8.2 | Verifiche impianto elettrico | 69 |
| 8.2.1 | Esame a vista | 69 |
| 8.2.2 | Resistenza di isolamento | 69 |
| 8.2.3 | Caduta di tensione lungo la linea di alimentazione | 70 |
| 8.2.4 | Verifica degli impianti di terra e di protezione | 70 |
| 8.2.5 | Verifica dei quadri elettrici | 70 |

REQUISITI GENERALI

1 REQUISITI GENERALI

1.1 Requisiti illuminotecnici

Il dimensionamento dell'impianto di illuminazione destinato ad un campo di calcio richiede una approfondita analisi dei compiti visivi e delle esigenze di comfort di tre utilizzatori:

- giocatori
- giudici di gara
- spettatori

Giocatori e giudici di gara

I giocatori e i giudici di gara devono essere in grado di percepire in modo chiaro tutto ciò che avviene nell'area di gioco così da poter esprimere le loro migliori prestazioni.

Spettatori

Gli spettatori devono poter seguire le performances dei giocatori e le azioni del gioco con il minimo sforzo. L'ambiente visivo dovrebbe risultare altresì piacevole; ciò implica che deve risultare visibile non solo l'area di gioco, ma anche le zone immediatamente circostanti. L'illuminazione dovrebbe agevolare altresì l'ingresso e l'uscita dall'impianto sportivo. Nel caso di grande affluenza di pubblico questo aspetto legato alla sicurezza è di fondamentale importanza.

1.2 Requisiti dell'impianto elettrico

Gli impianti elettrici a servizio dei campi sportivi dovranno essere realizzati in modo che siano rispettati i seguenti criteri:

- sicurezza;
- funzionalità;
- facilità di gestione e manutenzione;
- flessibilità nell'esercizio.

Sicurezza

Gli impianti elettrici non devono essere causa di infortunio sia per i fruitori dei campi sportivi (giocatori e spettatori), sia per il personale preposto all'esercizio ed alla manutenzione degli stessi.

Le principali cause di danno alle persone legate all'uso ed all'esercizio degli

impianti sono le seguenti:

- elettrocuzione conseguente al contatto con parti in tensione;
- urti con parti dell'impianto non sufficientemente protette;
- caduta dall'alto durante le fasi di manutenzione degli apparecchi di illuminazione.

Gli impianti dovranno essere realizzati anzitutto in modo che siano eliminati o ridotti a valori ritenuti tollerabili i rischi di danno per le persone.

La protezione delle persone contro l'elettrocuzione dovrà essere conseguita attraverso l'adozione delle prescrizioni contenute nella legislazione e normativa relativa alle norme di sicurezza degli impianti (norme CEI).

La protezione dagli urti con parti dell'impianto interessa essenzialmente i giocatori durante lo svolgimento delle gare. Essa dovrà essere realizzata sia attraverso un opportuno distanziamento delle parti dell'impianto (torri porta proiettori, quadri elettrici) dall'area di gioco, sia attraverso un idoneo interrimento di elementi pericolosi in caso di caduta a terra, quali chiusini e blocchi di fondazione.

La protezione delle persone durante la fase di manutenzione degli apparecchi di illuminazione sarà conseguita attraverso l'installazione di scale di sicurezza.

Funzionalità

Gli impianti elettrici dovranno essere realizzati in modo da assicurare il corretto funzionamento e la protezione in caso di guasto degli apparecchi utilizzatori e dei componenti di distribuzione.

A tal fine occorrerà rispettare sia le prescrizioni legislative e normative, sia le istruzioni fornite dai costruttori degli apparecchi di illuminazione e dei componenti di distribuzione.

In particolare si dovranno utilizzare componenti idonei ai luoghi di installazione e si dovranno seguire le prescrizioni contenute nelle norme di sicurezza degli impianti (norme CEI).

Facilità di gestione e manutenzione

Gli impianti dovranno essere realizzati in modo da poter essere gestiti e mantenuti con facilità.

Occorrerà a tal proposito:

- garantire il facile accesso al personale incaricato a tutti gli organi di comando e di protezione (installazione del quadro elettrico di consegna e del quadro elettrico generale in luoghi facilmente accessibili);
- installare gli alimentatori degli apparecchi di illuminazione in idonei contenitori alla base delle torri portaproiettori, in modo da limitare l'accesso sulla sommità delle torri solo in occasione della sostituzione delle lampade.

Flessibilità nell'esercizio

Gli impianti dovranno essere dotati di una doppia accensione in modo da poter consentire la scelta tra due livelli l'illuminazione in occasione delle gare o degli allenamenti.

Inoltre, qualora fosse richiesto dalla committenza, occorrerà predisporre gli impianti in maniera da poterne consentire l'ampliamento ad esempio per il passaggio da una categoria sportiva ad una superiore.

RIFERIMENTI TECNICO NORMATIVI

2 **Riferimenti tecnico normativi**

2.1 **Riferimenti illuminotecnici**

CIE 01_1980

Guidelines for minimizing urban sky glow near astronomical observatories

CIE 17.4_1987

International lighting vocabulary, 4th ed.

CIE 33_1977

Depreciation of installation and their maintenance

CIE 43_1979

Photometry of floodlights

CIE 57_1983

Lighting for football

CIE 67_1986

Guide for the photometric specification and measurement of sports lighting installations

CIE 112_1994

Glare evaluation system for use within outdoor sports and area lighting

CIE 126_1997

Guidelines for minimizing sky glow

CIE 150_2003

Guide on the limitation of the effects of obstrusive light from outdoor lighting installations

CIE 154_2003

Maintenance of outdoor lighting systems

UNI EN 12193

Illuminazione di installazioni sportive

UNI EN 12665

Termini fondamentali e criteri per i requisiti illuminotecnici

2.2 Riferimenti impianto elettrico

2.2.1 Norme generali

Legge 186 1 marzo 1968

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

Legge 791 18 ottobre 1977

Attuazione della direttiva del consiglio delle Comunità Europee (n. 73/23/CEE) relativa alle garanzie che deve possedere il materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro alcuni limiti di tensione

D.P.R. 547 del 27/04/1955

Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro

D.P.R. 462/01

CEI 0-14

Legge 46 5 marzo 1990

Norme per la sicurezza degli impianti e relative circolari esplicative e regolamento di attuazione.

CEI EN 60617/2-3-4-7-8-11 (CEI 3/14-15-16-19-20-23) (Anno 1997/1998 - Fascicoli 4050-4051-3963-4411-4412-4414 - II Edizione)

Segni grafici per schemi. Parte 2-3-4-7-8-11

CEI 11-17 (Anno 1997 - Fascicolo 3407R - II Edizione)

Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica - Linee in cavo

CEI 81-1;V1 (Anno 1996 - Fascicolo 2943)

Protezione delle strutture contro i fulmini

Norma CEI 64-8 / V2 (Anno 2005)

Impianti elettrici di illuminazione pubblica

2.2.2 Norme specifiche per quadri elettrici

UNI EN ISO 9001 (ed. 2000)

Sistemi di qualità - Modello per l'assicurazione della qualità nella progettazione, sviluppo, fabbricazione, installazione ed assistenza

CEI 8-6 (Anno 1998 - Fascicolo 3859 - I edizione)

Tensioni nominali dei sistemi elettrici di distribuzione pubblica a bassa tensione.

CEI EN 60439 -1 (17-13/1) (Anno 2000 - Fascicolo 5862 - IV edizione)

Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione (quadri BT) - Parte 1: Apparecchiature di serie soggette a prove di tipo (AS) e apparecchiature non di serie parzialmente soggette a prove di tipo (ANS).

CEI EN 60439 -3/A2 (17-13/3; V1) (Anno 2001 - Fascicolo 6230)

Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione (quadri BT) - Parte 3: Prescrizioni particolari per apparecchiature assiemate di protezione e di manovra destinate ad essere installate in luoghi dove personale non addestrato ha accesso al loro uso. Quadri di distribuzione (ASD)

CEI EN 60529 (70-1) (Anno 1997 - Fascicolo 3227 - II edizione)

Gradi di protezione degli involucri (Codice IP);

CEI EN 60529/A1 (70-1;V1) (Anno 2000 - Fascicolo 5682)

Gradi di protezione degli involucri (Codice IP);

CEI EN 60898-1 (23-3/1) (Anno 2004 - Fascicolo 7276 - I edizione)

Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari. Parte 1: interruttori automatici per funzionamento in corrente alternata;

CEI EN 60947-2 (17-5) (Anno 2004 - Fascicolo 7490 - VII edizione)

Apparecchiature a bassa tensione Parte 2: interruttori automatici;

CEI EN 61009-1 (23-44) (Anno 1999 - Fascicolo 5398 - II edizione)

Interruttori differenziali con sganciatoci di sovracorrente incorporati per installazioni domestiche e similari. Parte 1: prescrizioni generali;

CEI 17 - 70 (Anno 1999 - Fascicolo 5120 - I edizione)

Guida all'applicazione delle norme dei quadri di bassa tensione;

CEI 64 - 4 (Anno 2004 - Fascicolo 7324 - V edizione);
Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua;

CEI 64-8;V1 (Anno 2004 - Fascicolo 7495);
Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua;

CEI 23-51 (Anno 2004 - Fascicolo 7204 - II edizione)
Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare;

2.2.3 Norme specifiche per cavidotti

CEI EN 50086-1 (23-39) (Anno 1997 - Fascicolo 3480R - I edizione);
Sistema di tubi ed accessori per installazioni elettriche. Parte 1: Prescrizioni generali

CEI EN 50086-2-4 (CEI 23/46) (Anno 1997 - Fascicolo 3484R - I Edizione);
Sistema di canalizzazione per cavi. Sistemi di tubi. Parte 2-4 Prescrizioni particolari per i sistemi di tubi interrati

CEI EN 50086-2-4/A1 (CEI 23/46;V1) (Anno 2001 - Fascicolo 6093);

UNI EN 124 (Anno 1995);
Dispositivi di coronamento e di chiusura per le zone di circolazione utilizzate da pedoni e da veicoli. Principi di costruzione, prove di tipo, marcatura, controllo qualità.

2.2.4 Norme specifiche per cavi elettrici

CEI 20-13 (Anno 1999 - Fascicolo 5172 - IV edizione);
Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30kV

CEI 20-13;V1 (Anno 2001 - Fascicolo 5914);

CEI 20-13;V2 (Anno 2001 - Fascicolo 6199);

CEI 20-13;V3 (Anno 2004 - Fascicolo 7399);

2.2.5 Riferimenti a norme e unificazioni elettrotecniche

- NORMA CEI UNEL 35375 - 35024/1 - 35023

- NORMA CEI UNEL 09812-74 (per l'imballo)
- NORMA CEI 20-11
- NORMA CEI 20-22 Cap. II
- NORMA CEI 20-35
- NORMA CEI 20-37 parte I°
- ENEL DC 4908 (per la stampigliatura)
- NORMA CEI UNEL 00721 - 00722

2.2.6 Norme specifiche per apparecchi di illuminazione

CEI EN 55015 (CEI 110/2) (Anno 2001 - Fascicolo 6290 - V Edizione);
Limiti e metodi di misura delle caratteristiche di radiodisturbi degli apparecchi di illuminazione elettrici e degli apparecchi analoghi;

CEI EN 55015/A1 (CEI 110/2;V1) (Anno 2002 - Fascicolo 6575);

CEI EN 55015/A2 (CEI 110/2;V2) (Anno 2003 - Fascicolo 6841);

CEI EN 60598-1 (CEI 34/21) (Anno 1998 - Fascicolo 4138 - VI edizione);
Apparecchi di illuminazione. Parte 1 prescrizioni generali e prove.

CEI EN 60598-1 (CEI 34/21) (Anno 2001 - Fascicolo 5991 - VII edizione);
Apparecchi di illuminazione. Parte 1 prescrizioni generali e prove.

CEI EN 60598-2-5 (CEI 34/30) (Anno 1999 - Fascicolo 5081 - III edizione);
Apparecchi di illuminazione. Parte 2 prescrizioni particolari proiettori.

CEI EN 61547 (CEI 34/75) (Anno 1996 - Fascicolo 2805 - I edizione);
Apparecchi per illuminazione generale. Prescrizioni di immunità EMC;

CEI EN 61547/A1 (CEI 34/75;V1) (Anno 2001 - Fascicolo 6096);

CEI EN 61000 (CEI 110/31) (Anno 2002 - Fascicolo 6431 - II edizione);
Compatibilità elettromagnetica (EMC). Parte 3-2: Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso $\leq 16^\circ$ per fase).

2.3 Riferimenti sostegni

D.P.R. 547 del 27/04/1955

Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro

Legge 5 Novembre 1971 n.1086

Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica

Legge 2 Febbraio 1974 n.64

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

Circolare LL.PP. n° 11951 14/02/1974

Istruzioni per l'applicazione della legge 5 novembre 71 n.1086

C.N.R. 10011-88

Costruzioni di acciaio: istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione.

C.N.R. 10022-84

Profilati formati a freddo: istruzioni per l'impiego delle costruzioni.

CNR 10024/86

Analisi di strutture mediante elaboratore: impostazione e redazione delle relazioni di calcolo;

UNI EN 10025-95:

Prodotti laminati a caldo di acciai non legati per impieghi strutturali.

D.M. del 09/01/1996:

Norme tecniche per i calcoli, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

D.M. del 16/01/1996

Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi.

Circolare 4 Luglio 1996 n. 156 AA.GG/STC

Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri genera-

li per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" di cui al D.M. 16 Gennaio 1996;

Circolare 15 Ottobre 1996 n. 252

Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche" di cui al D.M. del 9 Gennaio 1996;

D.M. n. 28 del 21/03/1998

Stabilità del blocco di fondazione.

D.M. del 16/01/1996

Norme tecniche relative alle costruzioni sismiche.

D.M.LL.PP. 11/03/1988

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione; Istruzioni per l'applicazione;

Circolare LL.PP. n° 304483 24/09/1988

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione; Istruzioni per l'applicazione.

TERMINI E DEFINIZIONI

3 Termini e definizioni

Abbagliamento

Condizione di visione nella quale si avverte disagio o riduzione della capacità visiva, provocata da una inadatta distribuzione (o gradiente di luminanza) o da un contrasto eccessivo nello spazio o nel tempo.

Abbagliamento fisiologico

Abbagliamento che inibisce la visione degli oggetti senza necessariamente causare disagio.

Abbagliamento psicologico

Abbagliamento che provoca disagio senza necessariamente inibire la visione degli oggetti.

Alimentatore

Dispositivo impiegato con lampade a scarica per stabilizzare la corrente nel tubo di scarica, ovvero per adeguare l'alimentazione di lampade ad incandescenza a bassissima tensione o a scarica alle caratteristiche della rete elettrica.

Ambiente luminoso

Illuminazione considerata in relazione ai suoi effetti fisiologici e psicologici.

Apparecchio di illuminazione

Dispositivo che distribuisce, filtra, trasforma la luce fornita da una o più lampade comprendente tutti i componenti necessari per fissare e per proteggere le lampade e per connetterle al circuito di alimentazione.

Area di riferimento

Area definita per i singoli sport alla quale si applicano i requisiti principali di illuminazione e che comprende le linee di marcatura e qualsiasi area supplementare centrata sull'area segnata.

Nota: in genere le dimensioni di tale area sono basate su quelle dell'area principale, per lo sport ed il livello di competizione considerati. Per la maggioranza degli sport tale area di riferimento è delimitata da un rettangolo sul piano orizzontale del terreno.

Area principale (PA)

Area di gioco reale necessaria per la pratica di un particolare sport.

Generalmente questa area si intende come l'area reale delimitata dalla marcatura esterna del "campo" di tale sport (per esempio per il calcio), ma in alcuni casi tale area comprende una zona di gioco supplementare attorno all'area segnata (per esempio per il tennis, la pallavolo, il tennis da tavolo).

Area totale (TA)

In generale, questa area comprende l'area principale (PA) più una zona supplementare di sicurezza attorno all'area principale denominata campo per destinazione.

Campo visivo (dell'occhio o degli occhi)

Ampiezza angolare dello spazio nel quale un oggetto può essere percepito quando l'osservatore guarda un oggetto direttamente davanti a sé. Il campo può essere monoculare o binoculare.

Comfort visivo

Condizione soggettiva di benessere visivo indotto dal campo visivo.

Contrasto

Apprezzamento soggettivo della differenza in apparenza di due parti di un campo visivo (osservate simultaneamente o in successione).

Efficienza luminosa (di una sorgente)

Rapporto fra flusso luminoso emesso e potenza elettrica assorbita dalla lampada. (lm/W).

Fattore di manutenzione

Rapporto tra l'illuminamento medio sul piano di lavoro dopo una certa durata di utilizzazione dell'istallazione e l'illuminamento medio ottenuto nelle stesse condizioni a installazione nuova.

Fattore di riflessione

Rapporto tra flusso luminoso riflesso e flusso incidente nelle condizioni date.

Fattore di utilizzazione

Rapporto tra fluissso luminoso utile e flusso emesso dalle lampade.

Flusso luminoso

Grandezza derivata dal flusso energetico radiante valutando la radiazione in base all'azione su un rivelatore selettivo, la cui sensibilità spettrale è defini-

ta dai fattori spettrali di visibilità normalizzati (osservato di riferimento CIE) (Im).

Fotometria

Misurazione delle grandezze che si riferiscono alla radiazione valutata secondo un fattore spettrale di visibilità dato, per esempio $V(\lambda)$.

Illuminamento (E) in un punto su una superficie

Rapporto tra flusso luminoso $d\Phi$ incidente sull'elemento di superficie contenente il punto e l'area dA dell'elemento stesso. (lux)

Illuminamento mantenuto

Illuminamento medio su una superficie di riferimento misurato alla fine di un ciclo di manutenzione.

Indice di resa cromatica (Ra)

Valutazione quantitativa del grado di accordo tra il colore psicofisico di un oggetto illuminato dall'illuminante in prova e quello dello stesso oggetto illuminato dall'illuminante di riferimento avendo tenuto conto dello stato di adattamento cromatico.

Intensità luminosa (I) in una data direzione

Rapporto tra flusso luminoso emesso in un elemento di angolo solido contenente la direzione data e l'elemento di angolo solido. (cd).

Lampada

Sorgente atta a generare una radiazione elettromagnetica solitamente visibile

Luminanza (L)

(in una direzione data di una superficie reale o fittizia)

Rapporto tra l'intensità luminosa I emessa, riflessa oppure trasmessa dalla superficie S nella direzione assegnata e l'area apparente della superficie stessa (l'area apparente è la proiezione della superficie S sul piano normale alla direzione dell'intensità). (cd/m^2)

Prestazione visiva

Grado di efficacia del sistema visivo, misurato per esempio tramite la velocità e la precisione con le quali viene compiuto un compito visivo.

Punti di reticolo per misurazione e calcolo

Disposizione dei punti di calcolo e di misurazione e loro numero in ciascuna delle dimensioni dell'area di riferimento.

Rendimento ottico (di un apparecchio di illuminazione)

Rapporto tra il flusso totale emesso dall'apparecchio, misurato in condizioni specifiche, e flusso luminoso emesso dalla o dalle lampade funzionanti senza apparecchio nelle stesse condizioni specificate.

Rendimento normale inferiore

Rapporto tra il flusso emesso verso il basso da un apparecchio, misurato in condizioni specificate, con le proprie lampade ed equipaggiamenti, e la somma dei flussi emessi dalle stesse lampade quando operano all'esterno degli apparecchi e funzionano con gli stessi equipaggiamenti nelle stesse condizioni specificate.

Resa del colore

Effetto di un illuminante sull'aspetto cromatico degli oggetti illuminati, aspetto che viene paragonato consciamente o inconsciamente a quello degli stessi oggetti illuminati da un illuminante di riferimento.

Ripartizione dell'intensità luminosa

Rappresentazione, per mezzo di curve o tabelle, dei valori dell'intensità luminosa di una sorgente di luce in funzione di direzioni nello spazio.

Sfarfallamento

Impressione d'instabilità nella sensazione visiva dovuto a uno stimolo luminoso caratterizzato da una luminanza o distribuzione spettrale che fluttua nel tempo.

Superficie di riferimento

Superficie sulla quale è specificato o misurato l'illuminamento.

Temperatura correlata di colore

Temperatura del radiatore di Plank il cui colore percepito assomiglia il più possibile, nelle condizioni di osservazione specificate, a quello di uno stimolo dato con la stessa luminosità.

Temperatura di colore

Temperatura del radiatore di Plank la cui radiazione ha la stessa cromaticità di quella di uno stimolo dato.

Uniformità di illuminamento

Rapporto tra il valori di illuminamento minimo e medio sulla superficie di riferimento. Si impiega altresì il rapporto tra i valori minimo e massimo.

Utilanza

Rapporto tra il flusso luminoso che investe la superficie di riferimento e la somma dei flussi emessi dai singoli apparecchi di illuminazione facenti parte dell'impianto.

Valore medio di illuminamento

Valore medio dell'illuminamento riferito ad una superficie specifica. Ciò, in pratica, può essere ricavato attraverso il rapporto tra il flusso luminoso che investe la superficie di riferimento e l'area della superficie di riferimento. Oppure attraverso la media aritmetica degli illuminamenti puntuali rilevati sulla superficie di riferimento.

PROGETTAZIONE ILLUMINOTECNICA

4 **Progettazione illuminotecnica**

4.1 **Criteri illuminotecnici**

I criteri illuminotecnici (lighting criteria) rilevanti dal punto di vista dell'illuminazione sportiva sono:

- illuminamento orizzontale
- illuminamento verticale
- uniformità
- limitazione dell'abbagliamento
- modellato e ombre
- colore della luce e resa dei colori

Illuminamento orizzontale

Dato che l'area di gioco illuminata costituisce lo sfondo e occupa la maggior parte del campo visivo sia dei giocatori che degli spettatori, è l'illuminamento su questo piano a livello del terreno (illuminamento orizzontale) che principalmente definisce il parametro più importante per lo stato di adattamento dell'occhio. Bisogna perciò prevedere un adeguato livello di illuminamento su di essa.

Le stesse considerazioni vanno fatte anche per le zone di transito, dove opportuni livelli di illuminamento permetteranno una più facile deambulazione degli spettatori nelle fasi di ingresso e di uscita dall'impianto sportivo, così come per l'illuminazione di emergenza che potrà evitare fenomeni di panico in caso di mancanza di alimentazione delle rete elettrica.

Illuminamento verticale

Un adeguato contrasto è essenziale per distinguere e identificare i giocatori e ciò si ottiene investendo i piani verticali con un'opportuna quantità di luce. In termini illuminotecnici significa che l'illuminamento verticale deve essere sufficiente, e ciò non solo in termini di valore assoluto ma anche in termini di direzionalità. Infatti, se per gli spettatori, le riprese fotografiche e televisive è importante unicamente l'illuminamento sul piano rivolto verso tali posizioni, per i giocatori è importante avere adeguati livelli di illuminamento verticale secondo tutte le direzioni.

L'adeguato livello di illuminamento verticale necessario per giocatori e spettatori, in pratica, si consegue quando vengono soddisfatti i requisiti relativi ai valori di illuminamento orizzontale. Ciò implica che l'illuminamento sul piano verticale, che dovrebbe essere misurato a quota pari a 1.5 metri dal terreno di gioco, è solo un criterio di progettazione per quei casi in cui siano previste delle riprese televisive o fotografiche, dato che influenza la qualità delle immagini televisive o fotografiche.

Riconoscimento dei giocatori e qualità delle immagini a parte, l'illuminamento deve risultare tale da assicurare che la traiettoria di un pallone lanciato in aria possa essere facilmente seguita sia da parte dei giocatori che da parte degli spettatori.

Le tribune e gli spettatori rientrano anch'essi nel campo visivo di una telecamera. E' quindi auspicabile provvedere un adeguato illuminamento verticale anche per questi elementi.

Uniformità dei valori di illuminamento

Una buona uniformità degli illuminamenti risulta importante sia per i valori relativi ai piani orizzontali che per quelli relativi ai piani verticali. Ciò consente di evitare problemi di adattamento da parte dei giocatori e degli spettatori e di correggere continuamente le telecamere a secondo delle direzioni di ripresa. Se l'uniformità non dovessero risultare adeguata s'incorre nel rischio (specialmente nel caso di riprese televisive) di non riuscire a distinguere il pallone e/o il giocatore in alcune zone dell'area di gioco.

L'uniformità viene espressa come il rapporto tra il valori minimo e massimo di illuminamento (U1) oppure attraverso il rapporto tra i valori minimo e medio (U2).

L'uniformità dei valori di illuminamento previsti/presenti sui quattro piani verticali di un punto di calcolo rivolti verso i lati dell'area di gioco è particolarmente importante.

Anche nel caso in cui il valore di uniformità sopra espresso risultasse accettabile i cambiamenti dei valori di illuminamento potrebbero disturbare qualora avvenissero entro distanze contenute. L'uniformità di illuminamento per un determinato punto del reticolo deve quindi essere espressa come scostamento percentuale rispetto al valore medio dell'illuminamento presente negli otto punti adiacenti del reticolo. Ciò viene comunemente definito

come gradiente di uniformità.

Abbagliamento

L'abbagliamento, condizione data dalla presenza nel campo visivo di superfici molto brillanti, comporta un effetto di disturbo al comfort visivo dei giocatori e degli spettatori.

Ciò può essere limitato prestando molta attenzione alla scelta, all'installazione e all'orientamento dei proiettori, e soprattutto tenendo in conto le principali direzioni di osservazione.

È importante tenere sotto controllo l'abbagliamento non solo per i giocatori e gli spettatori, quindi per l'area all'interno dell'impianto sportivo, ma anche per le zone limitrofe. Nel caso di installazione sportiva in esterni, infatti, la luce dispersa dall'impianto potrebbe disturbare le persone che si trovano al di fuori dell'area sportiva: i conducenti dei veicoli in transito lungo le vie adiacenti e gli abitanti degli immobili vicini.

Questo fenomeno è correlato alle qualità ottiche dei proiettori impiegati, ciò significa che è necessario prevedere/impiegare proiettori caratterizzati da una limitata emissione di flusso al di fuori del fascio luminoso principale e, ancora una volta, curare in modo particolare l'installazione e i puntamenti dei proiettori.

Modellato e ombre

La proprietà di un impianto di illuminazione di rivelare le forme degli oggetti dipende dalle ombre prodotte. Queste a loro volta dipendono dalle direzioni di proiezione, dal numero e dal tipo di sorgenti luminose impiegate.

Le forme, per esempio, appariranno dure in presenza di ombre profonde quali quelle prodotte da un unico proiettore a fascio stretto; oppure piatte, in assenza di ombre, come quella fornita da un cielo inuvoloso. Entrambi questi casi estremi non sono auspicabili, anche se nel secondo caso è sufficiente aggiungere qualche proiettore per ottenere un miglioramento dell'effetto.

Colore della luce e resa dei colori

Una buona percezione del colore è importante in tutti gli sports. Alcune distorsioni del colore attribuibili all'illuminazione artificiale sono accettabili ma non se tali da creare problemi di distinzione.

E' importante distinguere due aspetti del colore:

- il colore apparente della sorgente luminosa, che rappresenta l'impressione della tonalità data dalla luce a tutto l'ambiente;
- la resa cromatica della sorgente, che è la proprietà di riprodurre fedelmente i colori di un oggetto.

Sia il colore apparente che la resa cromatica della luce generata dalle lampade dipendono dalla distribuzione spettrale della radiazione che emettono. Un'indicazione della tonalità di colore di una lampada può essere ottenuta attraverso la sua temperatura correlata di colore, misurata in gradi kelvin (K), che solitamente varia tra 2000K e 6000K. Un ridotto valore della temperatura di colore corrisponde a una tonalità di luce "calda", un valore elevato comporta una tonalità di luce "fredda".

Le proprietà di riproduzione del colore da parte di una sorgente luminosa possono essere indicate mediante l'indice di resa cromatica Ra. Il valore massimo che l'indice di resa cromatica possa assumere è pari a 100, che è paragonabile a una condizione di luce naturale. La condizione visiva dell'ambiente è strettamente dipendente dal valore di Ra. Maggiore risulta Ra e più gradevole risulta l'ambiente.

4.2 Sorgenti luminose

Le lampade da impiegare nella realizzazione degli impianti destinati all'illuminazione dei campi di gioco della LND dovranno essere del tipo a ioduri metallici, caratterizzate da un'efficienza luminosa superiore a 85 lm/W. Tali sorgenti generano una luce "bianca" (temperatura di colore compresa tra 4200K e 5600K) e presentano una distribuzione spettrale tale da consentire una buona resa cromatica (Ra superiore a 80).

Un ulteriore aspetto che occorre considerare è il fatto che una sorgente a scarica ad alta intensità alimentata in corrente alternata genera un'emissione luminosa fluttuante; ciò è causato dal disinnescamento e reinnesco della scarica in ogni semiciclo dell'alimentazione elettrica. Quando questo effetto

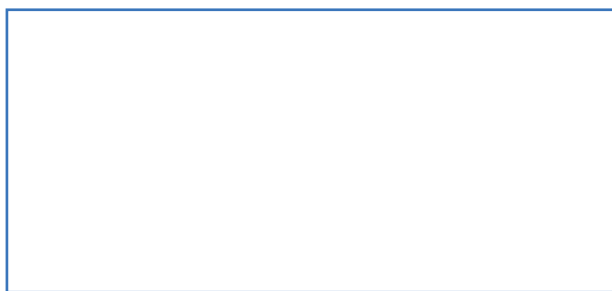


fig.1 Distribuzione spettrale di una buona lampada a ioduri metallici

diventa visibile si parla di effetto stroboscopico o sfarfallamento. Il fenomeno può essere minimizzato collegando i proiettori che illuminano le varie zone dell'area di gioco sequenzialmente sulle tre fasi della rete di alimentazione o del generatore.

4.3 Apparecchi di illuminazione

4.3.1 Caratteristiche fotometriche

Le due caratteristiche che rivestono maggiore importanza nella valutazione di un qualsiasi apparecchio di illuminazione sono il rendimento ottico e la ripartizione delle intensità luminose (curve fotometriche). Una buona progettazione illuminotecnica deve sempre adottare apparecchi di illuminazione caratterizzati da un buon rendimento ottico (>65%) associato ad una adeguata ripartizione fotometrica.

I proiettori impiegati per l'illuminazione di impianti sportivi vengono classificati in base alla loro ripartizione fotometrica:

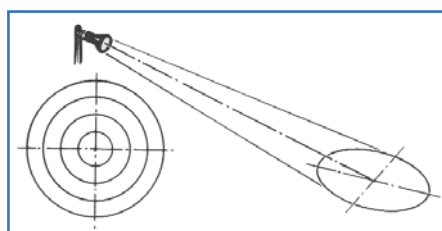


fig.2

- proiettori a fascio circolare, caratterizzati da un'emissione simmetrica con aperture di fascio stretto e largo (fig.2);

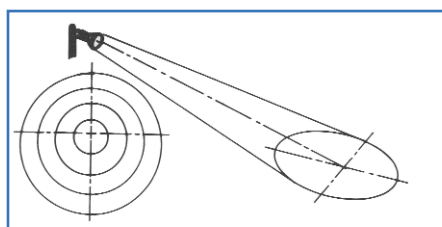


fig.3

- proiettori a fascio circolare, caratterizzati da emissione leggermente asimmetrica nel piano verticale con aperture di fascio stretto, medio, largo ed extra largo (fig.3);

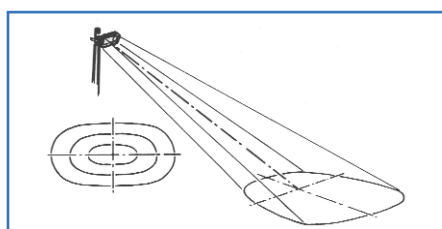


fig.4

- proiettori a fascio rettangolare, caratterizzati da un'emissione simmetrica sia sul piano verticale che orizzontale, solitamente con apertura di fascio largo sul piano orizzontale, mentre stretto o largo sul piano verticale (fig.4);

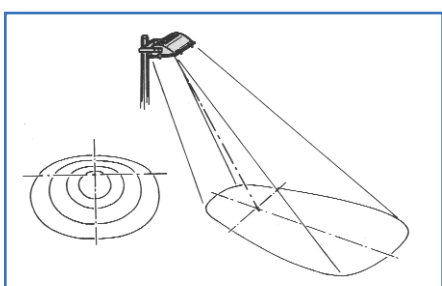


fig.5

- proiettori a fascio rettangolare, caratterizzati da un'emissione simmetrica sul piano orizzontale e asimmetrica sul piano verticale. Anche in questo caso l'apertura di fascio sul piano orizzontale è largo e quello sul piano verticale è stretto o largo (fig.5).

I proiettori a fascio rettangolare risultano più indicati nel caso di disposizioni lungo i lati maggiori dell'area di gioco (normalmente adottata per installazioni contenute, vedi figure 6, 7) mentre i proiettori a fascio circolare, risultano più idonei nei casi di disposizioni lungo le diagonali del campo di gioco (fig. 8, 9).

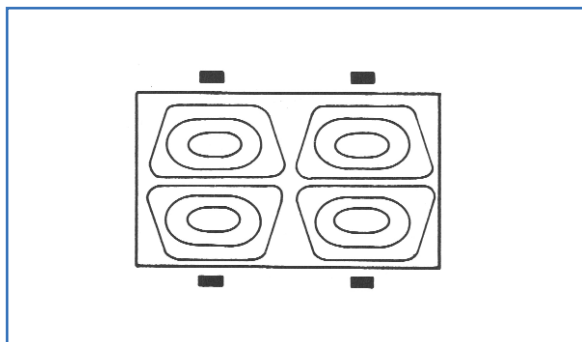


fig.6- Disposizione laterale con proiettori rettangolari, scelta consigliata.

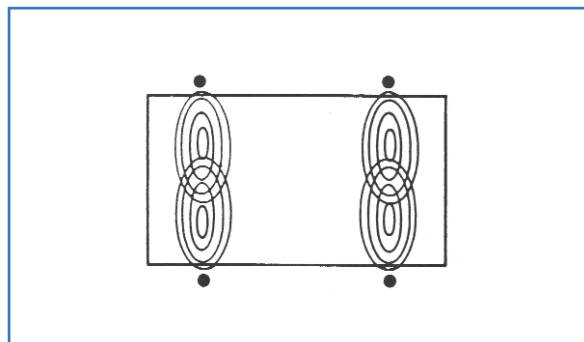


fig.7- Disposizione laterale con proiettori circolari, scelta non consigliata.

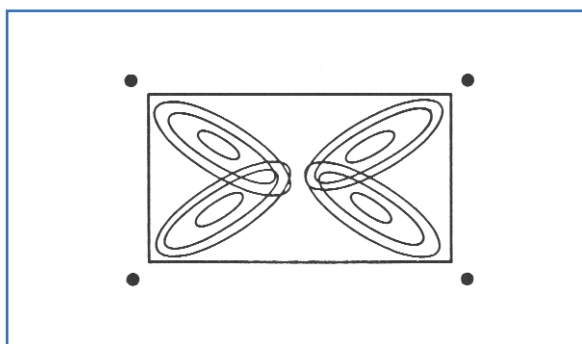


fig.8- Disposizione diagonale con proiettori circolari, scelta consigliata.

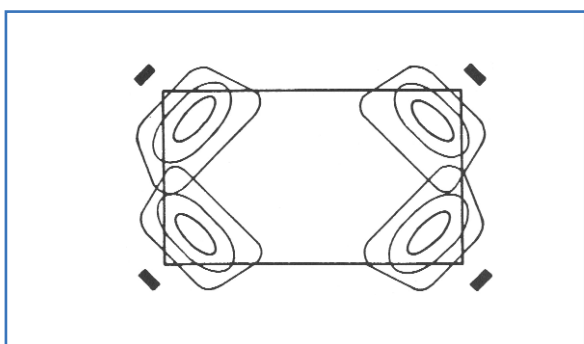


fig.9- Disposizione diagonale con proiettori rettangolari, scelta non consigliata.

4.3.2 Caratteristiche termiche

I materiali impiegati all'interno del corpo del proiettore e quelli che formano il corpo stesso devono essere in grado di resistere al calore prodotto dalla lampada (ed eventuali ausiliari) nelle condizioni di temperatura ambiente prevalenti.

La temperatura dell'apparecchio non deve aumentare eccessivamente durante l'esercizio perché potrebbe danneggiare o ridurre le prestazioni della o delle lampade con cui è equipaggiato. Il volume di un proiettore, specialmente per gli apparecchi che presentano un elevato grado di protezione (es. IP65), è determinante dal punto di vista dello smaltimento del calore e nel caso di proiettori caratterizzati da dimensioni contenute è necessario migliorare lo smaltimento del calore attraverso alette che aumentano la superficie di dispersione del calore.

4.3.3 Caratteristiche meccaniche e aerodinamiche

Gli apparecchi di illuminazione e i loro supporti devono garantire una robustezza tale da assicurare un corretto e sicuro posizionamento. E' importante evitare eventuali punti deboli che potrebbero causare il cambiamento delle unità installate, con conseguente modifica delle prestazioni illuminotecniche previste per l'impianto.

Il peso, la forma e la misura di tali apparecchi dovranno essere scelti in modo tale da garantire una buona resistenza alle vibrazioni e al vento. Se l'apparecchio montato su palo presenta un'area esposta al vento di ridotte dimensioni, le caratteristiche meccaniche del palo potranno essere un elemento meno importante in fase progettuale.

4.3.4 Caratteristiche elettriche

Gli elementi costruttivi di un apparecchio dovranno essere tali da garantire la sicurezza elettrica di coloro che maneggiano i suoi componenti. Le classificazioni IEC e CEE degli apparecchi garantiscono la protezione elettrica richiesta.

4.3.5 Caratteristiche ergonomiche e manutentive

La forma ergonomica degli apparecchi montati su sostegni alti rispetto al livello del suolo dovrà rendere le operazioni di montaggio, pulizia e cambio lampade il più facile ed agevole possibile (i vetri di chiusura, ad esempio, dovranno preferibilmente essere incernierate al corpo luminoso, in modo da permettere agli installatori una libertà di movimento durante le operazioni di manutenzione).

Allo stesso modo apparecchi aventi una semplicità costruttiva e una pulizia di forme possono garantire tempi brevi di cambio lampade e pulizia, riducendo in tal modo i costi di manutenzione.

4.3.6 Caratteristiche di resistenza alla corrosione, insudiciamento e umidità

Gli apparecchi per esterni dovranno essere realizzati con materiali costruttivi resistenti alla corrosione e all'accumulo di sporcizia o avere finiture protettive, mentre quelli per interni dovranno avere un'adeguata guarnizione.

4.3.7 Dati di targa degli apparecchi di illuminazione

Sull'apparecchio di illuminazione devono essere riportati i seguenti dati di targa:

nome della ditta costruttrice, numero di identificazione o modello;
tensione di funzionamento;

limiti della temperatura ambiente per cui è garantito il funzionamento ordinario, se diverso da 25°C;
grado di protezione IP;
simbolo della classe di appartenenza;
potenza nominale in W e tipo di lampada;
Il costruttore dell'apparecchio deve fornire le istruzioni per la corretta installazione e manutenzione.

4.3.8 Caratteristiche tecniche dei proiettori

Gli apparecchi dovranno essere idonei per lampade a ioduri metallici da 2000W (400V) e dovranno avere le seguenti caratteristiche elettriche:

- Classe di isolamento I
- Grado di protezione IP65

Il corpo dovrà essere realizzato in pressofusione di alluminio resistente alla corrosione,

L'ottica deve essere realizzata in alluminio purissimo 99,8%, anodizzato e brillantato e dovrà essere protetta completamente dal corpo del proiettore. Il vetro frontale dovrà essere temprato chimicamente avere spessore superiore a 1,5mm e dovrà essere protetto da una griglia in acciaio inossidabile. Il ricambio della lampada deve avvenire senza dover variare il puntamento. Il proiettore dovrà essere dotato di apposita staffa in acciaio per il fissaggio, di dispositivo a goniometro e predisposizione per sistema di puntamento a cannocchiale, di guarnizioni antinvecchianti, di microinterruttore per togliere la tensione all'interno del proiettore in caso di apertura dello stesso.

Il proiettore dovrà essere corredato di cassetta di connessione esterna (grado di protezione minimo IP44) in pressofusione di alluminio (contenente accenditore per lampada da 2000W) collegata al corpo proiettore tramite tubo flessibile, completa di morsettiera di collegamento.

4.3.9 Caratteristiche tecniche delle unità di alimentazione

L'unità di alimentazione è composta dal reattore e dalla batteria di condensatori per il rifasamento.

Le unità di alimentazione dovranno essere idonee all'installazione all'interno di armadio contenitore. Le unità dovranno essere montate su piastre portacomponenti in lamiera di acciaio e dovranno avere le seguenti caratteristiche:

- Classe di isolamento I
- Grado di protezione IP20

Le piastre dovranno essere dotate di morsettiera di collegamento per cavi

con sezione fino a 16mmq.

4.4 Sostegni

In fase progettuale si dovrà prestare particolare attenzione alle caratteristiche architettoniche del complesso sportivo cui è destinata l'illuminazione. Una migliore integrazione nascerà, infatti, dalla considerazione che alla struttura saranno aggiunti ulteriori elementi esterni che possono influenzarne l'aspetto estetico e formale.

4.4.1 Disposizione e caratteristiche dimensionali

La disposizione dei sostegni e le loro caratteristiche dimensionali dipenderanno dal livello delle attività svolte nell'impianto, se di tipo amatoriale o professionale.

Competizioni amatoriali e ricreative

Lungo le linee perimetrali del campo dovrà essere lasciata una fascia di 2,5 metri completamente libera da ostacoli. I pali dovranno essere posti ad almeno 10° da entrambi i lati delle linee di fondo, così da lasciare un'area libera per evitare fenomeni di abbagliamento ai giocatori. Nelle figure 10 e 11 sono riportati a titolo esemplificativo i casi a due e tre sostegni per lato. Per ciò che riguarda l'altezza del sostegno, essa dipenderà dall'interesse a

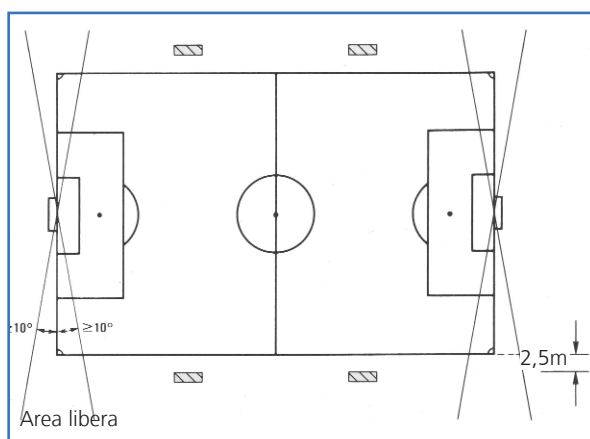


fig.10- Disposizione con due sostegni laterali.

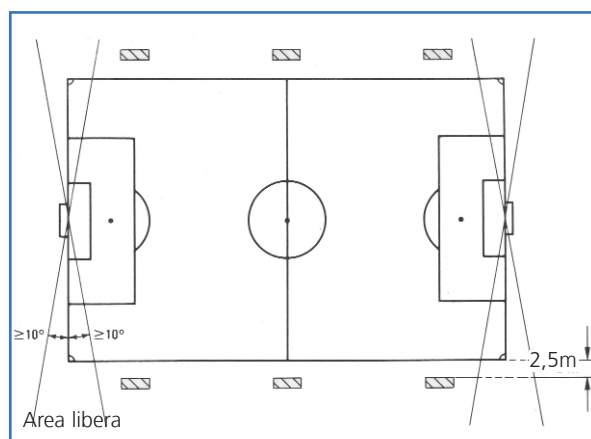


fig.11- Disposizione con tre sostegni laterali.

mantenere minimo il livello di abbagliamento che gli apparecchi potranno causare ai giocatori e agli spettatori. Tale altezza sarà determinata in modo che l'angolo tra la linea congiungente il centro del campo con il centro telaio dei sostegni e il piano orizzontale non sia comunque inferiore a 25°

(fig.12).

L'altezza minima degli apparecchi di illuminazione dovrà essere di 15 metri

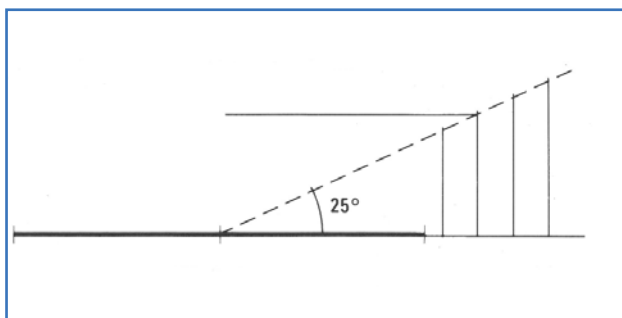


fig.12 Angolo per definizione altezza minima sostegni

per le competizioni ricreative e di 18 metri per l'attività agonistica ufficiale.

Competizioni professionali

Sono utilizzabili due disposizioni alternative per i proiettori. La prima prevede la loro collocazione su sostegni posti agli angoli del campo (diagonalmente), purché siano posti ad almeno 15° dalle linee di fondo e almeno 5° dalle linee laterali (fig. 13) Queste dovranno avere un'altezza determinata in modo tale che l'angolo tra la linea congiungente il centro del campo con il centro del telaio e la linea orizzontale non sia inferiore a 25° (per limitare l'abbagliamento).

La seconda soluzione prevede la loro collocazione lungo le linee laterali del

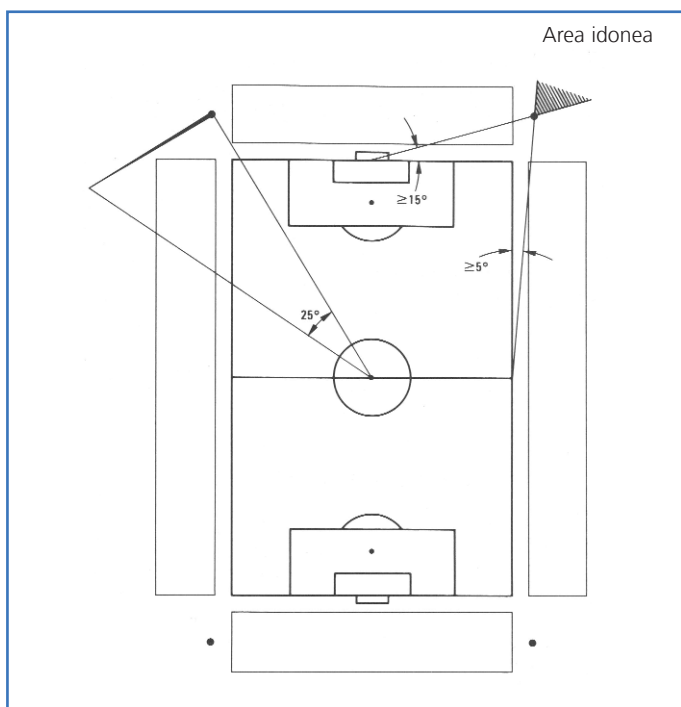


fig.13 - Disposizione con quattro sostegni ai vertici.

campo o sulla copertura degli spalti, purché non siano posti all'interno di una zona di 15° da entrambi i lati delle linee di fondo (fig. 14) e abbiano un'altezza determinata in modo tale che l'angolo tra la linea congiungente il centro del telaio portaproiettori e la linea orizzontale non sia inferiore a 25° .

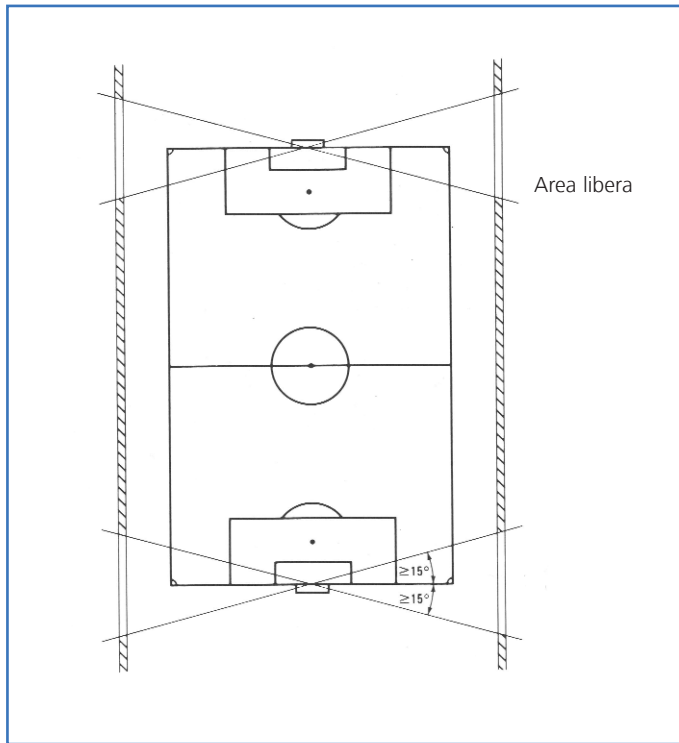


fig.14- Disposizione su coperture spalti lungo le fasce.

4.5 Requisiti d'illuminazione. Livelli e parametri

Nella definizione dei requisiti illuminotecnici si distinguono tre tipi di campi di gioco e tre classi di illuminazione.

I primi sono legati al tipo di attività svolta (es. di allenamento, amatoriale, agonistica...) e si suddividono in base alle dimensioni minime dettate dai regolamenti F.I.G.C. e LND:

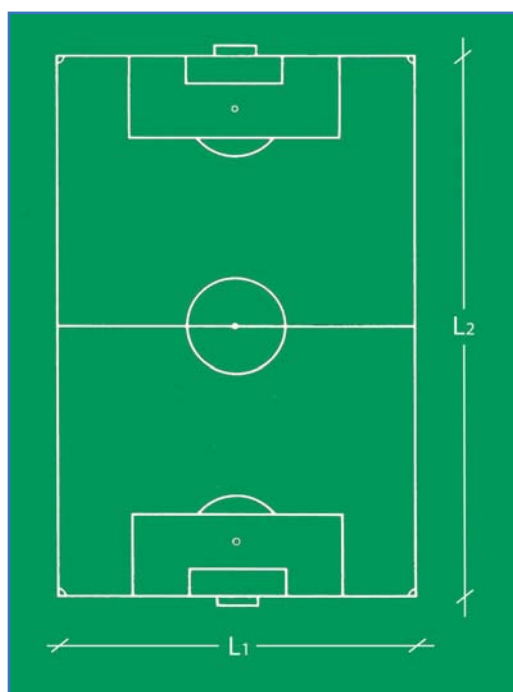


fig.15- Identificazione dimensioni campo di calcio.

-A) $L_1 \times L_2$ dim: 65x105 metri
 Campionato Nazionale Dilettanti
 Campionato di Eccellenza
 Campionato di Promozione

-B) $L_1 \times L_2$ dim: 50x100 metri
 Campionato di Prima Categoria
 Campionato di Seconda Categoria

-C) $L_1 \times L_2$ dim: 45x90 metri
 Campionato di Terza Categoria e Amatoriale
 Campionato per Attività Giovanile e Scolastica
 Campionato di Calcio Femminile

Le classi d'illuminazione, invece, dipendono dalle citate dimensioni e dal numero di spettatori ospitabili dalla struttura sportiva.

Classe I d'illuminazione:

La classe di illuminazione I è prevista per i campi di gioco di tipo a) e b) e capacità dell'impianto sportivo fino a 20.000 spettatori.

I livelli dei parametri quantitativi e qualitativi sono riportati nella tabella 1.

Classe II d'illuminazione:

La classe di illuminazione II è prevista anch'essa per i campi di gioco di tipo A) e B) ma con capacità dell'impianto sportivo fino a 5.000 spettatori.

I livelli dei parametri quantitativi e qualitativi sono riportati nella tabella 1.

Classe III d'illuminazione:

La classe di illuminazione III è prevista per i campi di gioco di tipo c) con capacità dell'impianto sportivo fino a 3.000 spettatori.

I livelli dei parametri quantitativi e qualitativi sono riportati nella tabella 1.

Considerazioni integrative

Tutti gli illuminamenti citati in tabella sono valori mantenuti ($m=0,80$) e si riferiscono all'area principale (PA). Per le aree totali (TA) i livelli d'illumina-

| Dimensioni (m) | Classe illuminazione | E_m (lx) | Uniformità | | Abbagliamento | P_{max} |
|-------------------|-------------------------|---------------|-------------------|-------------------|---------------|-----------|
| | | | E_{min}/E_{med} | E_{min}/E_{max} | GR_{max} | kW |
| 105x65 | 1 | 300 | 0,70 | 0,60 | 50 | 70 |
| | | | 0,70 | 0,60 | 50 | 70 |
| | | | 0,70 | 0,60 | 50 | 78 |
| | | | 0,70 | 0,60 | 50 | 70 |
| | 2 | 150 | 0,60 | 0,50 | 50 | 40 |
| | | | 0,60 | 0,50 | 50 | 40 |
| | | | 0,60 | 0,50 | 50 | 35 |
| | | | 0,60 | 0,50 | 50 | 35 |
| 100x50 | 1 | 300 | 0,70 | 0,60 | 50 | 60 |
| | | | 0,70 | 0,60 | 50 | 60 |
| | | | 0,70 | 0,60 | 50 | 55 |
| | 2 | 150 | 0,60 | 0,50 | 50 | 35 |
| | | | 0,60 | 0,50 | 50 | 35 |
| | | | 0,60 | 0,50 | 50 | 35 |
| 90x45 | 3 | 100 | 0,60 | 0,40 | 55 | 25 |
| | | | 0,60 | 0,40 | 55 | 25 |
| | | | 0,60 | 0,40 | 55 | 25 |
| | | | 0,60 | 0,40 | 55 | 25 |
| | | | 0,60 | 0,40 | 55 | 25 |

Tab.1 Requisiti illuminotecnici

mento devono essere pari ad un minimo di un 75% di quelli dell'area principale.

Inoltre, ai fini di una corretta visione delle azioni di gioco, è necessario garantire una componente verticale (E_v) minima che non deve essere minore del 30% del livello orizzontale.

La tabella 1 riporta, nell'ultima colonna, anche i valori massimi di potenza attiva **P** ammessi per ciascuna tipologia di campo.

Il valore di **P** è definito come il prodotto tra la potenza nominale del singolo proiettore e il numero dei proiettori previsti.

4.6 Illuminazione zone spettatori

Nel caso di campi destinati ad attività amatoriali e/o di allenamento, l'illuminazione è destinata quasi esclusivamente ai giocatori. Ciononostante è

buona regola prevedere un'illuminazione per la zona del pubblico (almeno 10 lx) avente un basso valore di illuminamento verticale, così da consentire una corretta visione da parte degli spettatori.

4.7 Illuminazione d'emergenza

L'illuminazione d'emergenza è necessaria per garantire in ogni momento la sicurezza di movimento degli spettatori all'ingresso e specialmente durante l'uscita dalle strutture sportive, anche in caso di fuga e come prevenzione a fenomeni di panico. Questa parte di impianto sarà alimentata da un circuito elettrico autonomo, tramite un generatore che entrerà in funzione automaticamente nei casi di guasto dell'impianto principale o da batterie avendo l'accortezza di impiegare apparecchiature e lampade adatte alla riaccensione immediata.

4.8 Verifiche illuminotecniche e reticolo di calcolo

I calcoli illuminotecnici sono necessari per valutare le prestazioni di un sistema di illuminazione prima della sua installazione, le misure fotometriche sono importanti per verificare che il sistema di illuminazione corrisponda alle richieste dopo l'installazione.

L'impiego del computer è un ottimo supporto per determinare i valori dei più importanti parametri illuminotecnici. Tra questi è possibile citare l'illuminamento orizzontale e verticale, l'uniformità dell'illuminamento e l'abbagliamento.

Per scopi pratici e per un calcolo sufficientemente accurato si considerano piccoli gruppi di apparecchi disposti come se fossero localizzati in un singolo punto (ovvero al centro del telaio). Nel caso, invece, di gruppi di apparecchi con una considerevole distanza fra i proiettori estremi si considerano più punti di riferimento, uno per ogni piccolo gruppo di apparecchi.

Per procedere nei calcoli è, inoltre, necessario dividere il campo di gioco in

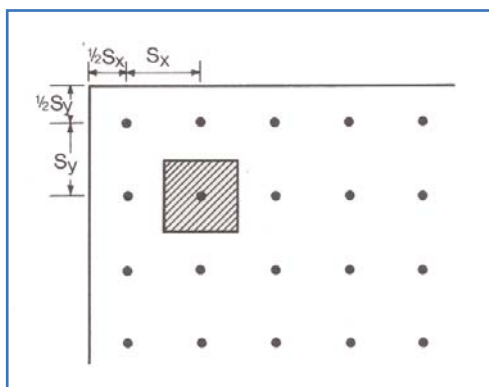


Fig.16 distanze tra i punti di reticolo.

un reticolo di punti sufficientemente vicini in modo che ciascun punto risulti essere rappresentativo dell'area di campo che circonda tale punto.

A tale scopo si fissa che le distanze "Sx" ed "Sy" (vedi fig. 16) tra i punti del reticolo non risultino superiori a 2,5 metri e la distanza da bordocampo dell'ultimo punto sia pari alla metà di tale misura.

PROGETTAZIONE IMPIANTO ELETTRICO

5 **Progettazione impianto elettrico**

5.1 **Generalità**

In generale gli impianti sono destinati sia all'alimentazione degli apparecchi per l'illuminazione dei campi di gioco (installati all'esterno e montati su torri porta proiettori), sia all'alimentazione di utenze elettriche ubicate all'interno dei locali di servizio (spogliatoi etc.).

Se l'impianto è posto completamente all'esterno non è soggetto all'applicazione della Legge 46/90.

Se l'impianto è collegato con impianti elettrici interni è soggetto all'applicazione della Legge 46/90.

Il progetto dell'impianto di illuminazione esterna è obbligatorio in base alla Legge 46/90 unicamente quando è collegato con impianti interni soggetti a progettazione.

Nella realizzazione degli impianti di cui al presente documento, si richiede in ogni caso la redazione del progetto che deve essere elaborato in accordo con quanto previsto nella guida CEI 0-2.

Qualora l'impianto rientri nel campo di applicazione della Legge 46/90 la Ditta installatrice dovrà, al termine delle opere, rilasciare la dichiarazione di conformità corredata dagli allegati obbligatori indicati nella Legge.

5.2 **Conformità alle norme dei componenti**

Tutti i componenti elettrici utilizzati devono essere realizzati a regola d'arte ed essere idonei all'ambiente di installazione.

Il materiale elettrico soggetto alla direttiva bassa tensione deve essere marcato CE.

Per il materiale elettrico non soggetto alla direttiva bassa tensione occorrerà installare prodotti dotati di marchio di conformità alle norme (ad esempio marchio IMQ).

Gli apparecchi elettrici che possono emettere disturbi (ad esempio armoniche) come le lampade a scarica, devono avere la marcatura CE in relazione alla direttiva EMC (CEE 89/336) riguardante la compatibilità elettromagneti-

ca.

Gli apparecchi di illuminazione devono essere provvisti di marchio di conformità Europeo ENEC che attesta la loro conformità alla norma europea EN 60598.

5.3 Scelta dei grado di protezione

Il grado minimo di protezione dei componenti deve essere:

- per i componenti interrati: IP 57;
- per i componenti installati a meno di 3 m dal suolo: IP 43;
- per i componenti installati a 3 m o più dal suolo: IP 23 se destinati a funzionare sotto la pioggia - IP 22 in caso contrario;
- per i proiettori IP65.

5.4 Conduiture

5.4.1 Generalità

L'alimentazione degli apparecchi di illuminazione posizionati sulla sommità di pali o torri porta proiettori, è effettuata a partire dal quadro elettrico generale attraverso linee elettriche in cavo posate all'interno di tubazioni interrate. All'interno dei sostegni i cavi sono invece posati in aria (senza protezione aggiuntiva). Nel presente capitolo sono indicate le caratteristiche dei cavi e dei sistemi di canalizzazione previsti nella realizzazione degli impianti di illuminazione.

5.4.2 Tipi di cavi - modalità di posa

Per la realizzazione degli impianti di illuminazione si prevede l'utilizzo dei seguenti cavi idonei per posa fissa all'interno ed all'esterno (anche interrata):

- FG7R 0,6/1kV: cavo unipolare, isolato in gomma G7 con guaina in PVC;
- FG7OR 0,6/1kV: cavo multipolare, isolato in gomma G7 con guaina in PVC;

Eventuali conduttori di terra, di protezione ed equipotenzialità possono essere realizzati con cavo tipo N07V-K (cavo unipolare isolato in PVC) anche se interrato.

Per i conduttori (isolati) di terra, di protezione ed equipotenzialità si deve utilizzare il bicolore giallo-verde per il conduttore di neutro il colore blu chiaro. I cavi unipolari di tipo FG7R hanno la guaina esterna di colore unico (grigio) e l'anima di colore nero. Qualora si usano tali cavi come conduttori di protezione devono essere contrassegnati da una fascetta giallo-verde alle estre-

mità e nei pozzetti rompitratta. Se utilizzati come conduttori di neutro devono essere contrassegnati con lastratura di colore blu chiaro alle estremità e nei pozzetti rompitratta.

La posa sotterranea dei cavi sarà effettuata, (salvo particolari condizioni) in conformità alla modalità N della Norma CEI 11-17 V1 (Edizione 2003), dovranno essere utilizzati cavidotti con resistenza alla compressione di 450 N, interrati ad una profondità di 50 cm.

5.4.3 Calcolo della sezione dei cavi

Generalità

Per determinare la sezione di un cavo bisogna conoscere la sua portata I_z , la corrente di impiego I_b del circuito e la sua lunghezza per limitare la caduta di tensione.

Calcolata la corrente di impiego (come specificato in seguito), dovrà essere scelto un cavo di portata I_z . La corrente dell'interruttore di protezione deve essere almeno uguale alla corrente di impiego e uguale o inferiore alla portata.

Inoltre la sezione del cavo deve essere tale da contenere la caduta di tensione entro i limiti ammessi come di seguito specificato.

Calcolo della corrente di impiego

La corrente di impiego I_b di un circuito si calcola con le relazioni:

$$I_B = \frac{P}{V_N \times \cos \varphi} \quad \text{per circuito monofase}$$

$$I_B = \frac{P}{\sqrt{3} \times V_N \times \cos \varphi} \quad \text{per circuito trifase}$$

essendo:

- P la potenza assorbita dagli utilizzatori (assunta pari alla somma della potenza nominale degli apparecchi di illuminazione e della potenza degli alimentatori degli apparecchi);
- V_n è la tensione nominale dell'impianto pari a 230V per circuiti monofase e 400V per circuiti trifase;
- $\cos \varphi$ il fattore di potenza dell'utilizzatore assunto pari a 0,9.

Determinazione della portata

La portata I_z del cavo è il più alto valore di corrente che a regime termico il cavo può condurre, in determinate condizioni di installazione, senza supera-

re la massima temperatura di servizio, specifica del tipo di isolante.

La portata dipende dalla sezione, dal tipo di conduttore e di isolante, dalla temperatura ambiente e dalle altre condizioni di posa.

Per cavi con diverse condizioni di posa bisogna far riferimento alla condizione di posa più gravosa.

La tabella CEI UNEL 35026 fasc. 5777 fornisce gli elementi ed il metodo per determinare la portata permanente dei cavi in bassa tensione interrati nelle varie modalità di posa.

Calcolo della caduta di tensione

Poiché l'efficienza luminosa di una lampada (lm/W) diminuisce con il diminuire della tensione di alimentazione, è opportuno che la caduta di tensione sia contenuta entro i limiti ammessi.

Per gli impianti in oggetto si assume come valore massimo della caduta di tensione il 5% della tensione nominale dell'impianto.

Si dovrà fare riferimento comunque ai valori di caduta di tensione ammissibili indicati dal costruttore.

Il calcolo della c.d.t. si effettua con le seguenti formule:

$$\Delta V = 2 \times I_B \times (R \times \cos \varphi + X \times \sin \varphi) \quad \text{per circuito monofase}$$

$$\Delta V = \sqrt{3} \times I_B \times (R \times \cos \varphi + X \times \sin \varphi) \quad \text{per circuito trifase}$$

Essendo:

I_B = corrente di fase in ampere;

R = resistenza, in ohm, relativa all'intera lunghezza del conduttore di fase;

X = reattanza, in ohm, relativa all'intera lunghezza del conduttore di fase;

$\cos \varphi$ il fattore di potenza del carico (in generale assunto pari a 0,9 in presenza di rifasatori)

La caduta di tensione percentuale si determina con la relazione:

$$\Delta V \% = \frac{\Delta V}{V_n} \times 100$$

5.5 Prescrizioni per la sicurezza

5.5.1 Protezione contro i contatti diretti

Contro i contatti diretti il sistema di protezione è realizzato mediante l'adozione di barriere ed involucri.

Gli elementi di protezione smontabili ed installati a meno di 2,5 m dal suolo,

devono potersi rimuovere solo con l'ausilio di chiavi od attrezzi.

Se uno sportello, pur apribile con chiave o attrezzo, è posto a meno di 2,5 m dal suolo e dà accesso a parti attive, queste devono essere inaccessibili al dito di prova (IP XXB) o devono essere protette da uno schermo con uguale grado di protezione.

5.5.2 Protezione contro i contatti indiretti

La protezione contro i contatti indiretti sarà effettuata attraverso l'interruzione automatica del circuito.

In accordo con la Norma CEI 64-8, per attuare tale protezione sarà realizzato un apposito impianto di terra.

A tale impianto saranno collegate attraverso appositi conduttori di protezione tutte le masse dell'impianto utilizzatore. Il conduttore di protezione dovrà essere separato dal conduttore di neutro.

All'impianto di terra saranno altresì collegate le masse estranee mediante conduttori di equipotenzialità.

Per consentire l'interruzione automatica dei circuiti in caso di guasto verso terra, si installeranno a monte degli utilizzatori interruttori automatici dotati di relè differenziali.

Al fine di assicurare la protezione delle persone il valore della resistenza di terra (R_t) dell'impianto dovrà essere coordinata con il valore nominale della corrente di intervento del dispositivo differenziale (I_{dn}), in modo da verificare la relazione:

$$R_t < 50/I_{dn}$$

5.5.3 Protezione contro il sovraccarico

Gli apparecchi di illuminazione non sono soggetti a correnti di sovraccarico. Si effettua comunque la protezione delle linee di alimentazione dal sovraccarico, ottenendo così una maggiore sicurezza; infatti, in mancanza di protezione contro il sovraccarico, il dispositivo di protezione contro il circuito potrebbe non proteggere una linea di notevole lunghezza per un cortocircuito in fondo alla linea stessa.

Per realizzare la protezione contro il sovraccarico deve risultare:

$$I_N \leq I_Z$$

dove:

- I_N è la corrente nominale dell'interruttore di protezione;

- I_Z è la portata del cavo.

Si mette altresì in evidenza che, la corrente nominale dell'interruttore deve essere almeno doppia della corrente nominale delle lampade, al fine di evitare interventi intempestivi durante la fase di accensione.

5.5.4 Protezione contro il cortocircuito

L'interruttore automatico idoneo per la protezione contro il sovraccarico garantisce anche la protezione contro il cortocircuito. Più in generale per verificare la protezione contro il cortocircuito occorrerà che:

-l'interruttore presenti un potere di cortocircuito I_{cn} almeno uguale alla corrente di cortocircuito presenta I_{cp} nel punto di installazione;
venga verificata la limitazione:

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

essendo:

$I^2 \times t$ l'energia specifica passante attraverso l'interruttore;

$K \times S^2$ l'energia specifica tollerabile dal cavo in condizione adiabatiche

5.6 Quadri elettrici

5.6.1 Generalità

I quadri elettrici utilizzati negli impianti di illuminazione dei campi sportivi considerati nel presente documento rientrano:

- nel campo di applicazione della norma CEI 23-51 se la corrente nominale in entrata I_{ne} (pari all'85% della corrente nominale del dispositivo di protezione e/o di manovra di ingresso del quadro) è non superiore a 125 A e la corrente presunta di cortocircuito nel punto di installazione I_{cp} è non superiore a 10kA;

-nel campo di applicazione della norma CEI EN 60439-1 se la corrente nominale in entrata I_{ne} è superiore a 125 A;

I quadri dovranno riportare una targa con i seguenti dati:

- nome o marchio del costruttore;
- tipo del quadro;
- corrente nominale del quadro;
- natura della corrente e frequenza;
- tensione nominale di funzionamento;
- grado di protezione.

5.6.2 Componenti dei quadri - interruttori automatici

I quadri saranno dotati di interruttori automatici con funzione di protezione delle linee contro gli effetti prodotti dalle correnti di sovraccarico e di cortocircuito e per la protezione contro i contatti indiretti.

5.6.3 Sezionamento

L'interruttore di protezione del circuito contro le sovracorrenti svolgerà anche la funzione di sezionare il circuito.

5.7 Protezione contro i fulmini

La valutazione del rischio legato alla fulminazione si rende necessario in quanto nelle applicazioni oggetto della presente relazione, si ha contemporanea presenza di questi elementi:

-probabile permanenza di numero elevato di persone nelle immediate vicinanze del sostegno;

-sostegni con rilevante altezza fuori terra.

Per la protezione dei sostegni contro i fulmini si fa riferimento alla norma CEI 81-1 e 81-4.

TORRI PORTA PROIETTORI

6 Torri porta proiettori

6.1 Generalità

La realizzazione degli impianti di illuminazione oggetto del presente scritto prevede l'installazione di torri porta proiettori di diversa altezza:

Tipo A: 16 m;

Tipo B: 20 m;

Tipo B: 25 m;

Tipo C: 30 m.

6.2 Caratteristiche del materiale impiegato

L'acciaio impiegato per la costruzione delle torri porta proiettori dovrà avere le seguenti caratteristiche minime:

Fusto: S355JR (ex FE 510B) in conformità alla norma UNI EN 10025;

Carpenterie: S235JR (ex FE 360B) in conformità alla norma UNI EN 10025;

Bulloneria: classe 6.8 in acciaio zincato

6.3 Caratteristiche costruttive particolari

Le torri porta proiettori sono composte dalle seguenti parti:

- Fusto;
- Scala con sistema anticaduta;
- Terrazzino/i di riposo
- Piattaforma porta proiettori

Il fusto dovrà essere di forma tronco-conica, a sezione poligonale e realizzato in lamiera di acciaio pressopiegata a freddo e saldata longitudinalmente. In base all'altezza di progetto, il fusto sarà composto da più tronchi da accoppiare in sito mediante sovrapposizione ad incastro. Il tronco di base sarà predisposto per l'infilamento diretto nel blocco di fondazione oppure con un'adeguata flangia saldata idonea per il fissaggio alla fondazione tramite tirafondi di ancoraggio, nonché di una piastrina per l'attacco della messa a terra.

La scala con dispositivo anticaduta (priva di guardicorpo) dovrà essere realizzata con scalini in tondo di acciaio provvisti di blocchi laterali antiscivolo.

La scala dovrà essere realizzata in modo da consentire l'ancoraggio della

stessa alla torre porta proiettori o tramite staffe o tramite collari.

La scala dovrà essere dotata di terrazzini di riposo ogni 10 m. I terrazzini in condizioni di non utilizzo non dovranno ostacolare il passaggio dell'operatore mentre dovranno essere dotati di maniglia al fine di poter essere portati in posizione orizzontale in situazione d'uso.

La scala dovrà essere realizzata in modo da renderne impraticabile l'uso a

persone sprovviste delle attrezzature necessarie per salire sulla scala in sicurezza (come prescritto dal D.M. 27/03/98)

La piattaforma porta proiettori sarà posizionata posteriormente al fronte d'illuminazione e dotata di idonea traversa per il sostegno dei corpi proiettori previsti, dovrà essere realizzata in elementi di acciaio da bullonare, dovrà avere il pianale in grigliato antidrucciolevole completo di fermapiEDE, una balaustra di protezione alta 1.000 mm con rompitratta intermedia e la botola di accesso. Le dimensioni della piattaforma sono funzione del numero di proiettori montati.

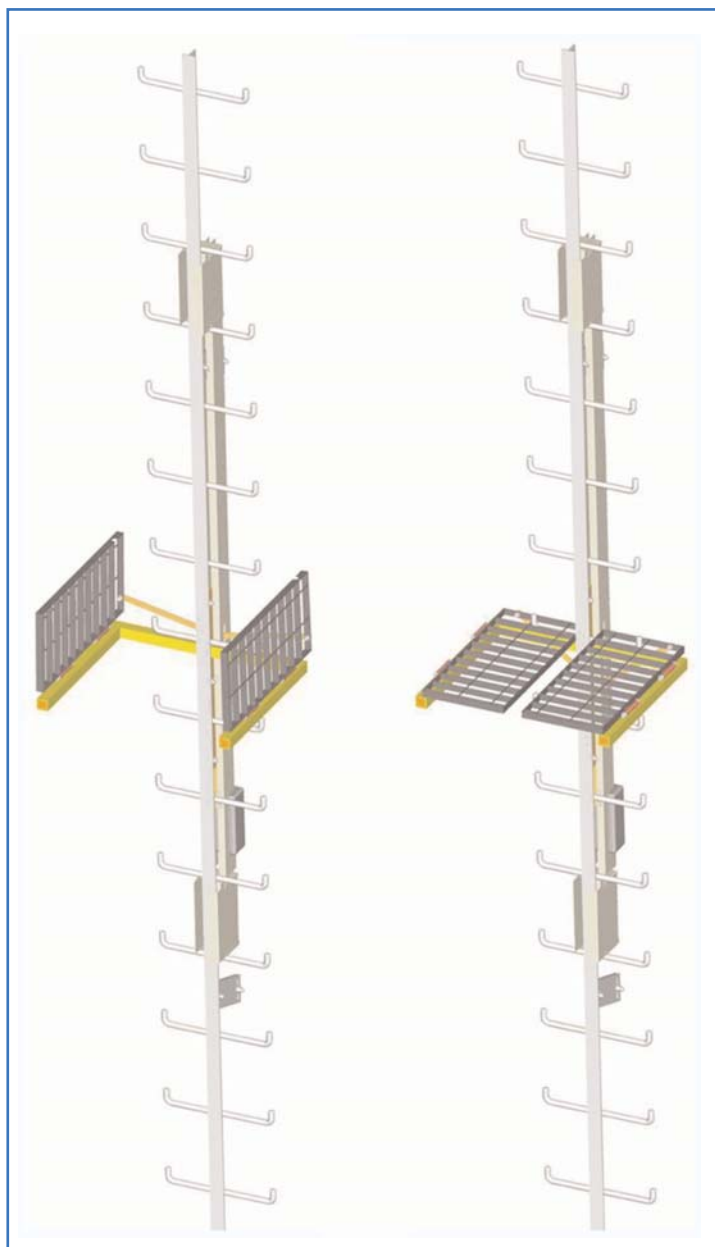


fig.17 Particolare scala

6.4 Caratteristiche strutturali

Definita la tipologia della torre porta proiettori (altezza del fusto, dimensioni della piattaforma, dimensioni e numero dei terrazzini di riposo, scala con guardiacorpo) ed il numero di proiettori da installare si procede al dimensionamento strutturale della torre stessa e del plinto di fondazione, in funzione della categoria di esposizione. Il dimensionamento è effettuato in accordo con le prescrizioni del D.M. 16 gennaio 1996

La categoria di esposizione dipende dai seguenti fattori:

- zona di ventosità;
- distanza dal mare;
- quota di installazione;
- classe di rugosità (parametro che quantifica se l'area di installazione è localmente più o meno esposta ai venti).

6.5 Plinti di fondazione

Le torri porta proiettori saranno dotate di plinti di fondazione che saranno calcolati secondo le indicazioni del D.M. del 16/01/96.

FASE REALIZZATIVA

7 Fase realizzativa

7.1 Installazione e puntamento dei proiettori

La fase conclusiva della realizzazione è il puntamento degli apparecchi. Esistono vari metodi di puntamento, tutti aventi lo scopo di garantire il corretto impiego prestazionale degli apparecchi. Questi sono:

- puntamento notturno con misura: questa procedura prevede la presenza di due persone, la prima manovra l'apparecchio mentre la seconda misura la luce sul campo di gioco con un luxmetro; quando il fascio luminoso è massimo sul punto stabilito, si procede al fissaggio finale.
- puntamento diurno o notturno con puntatori: in questa procedura viene montato un laser sull'apparecchio, in modo che il fascio del proiettore e il raggio laser siano paralleli e puntati verso il punto di riferimento.
- puntamento diurno con puntatori: questa procedura prevede il montaggio di un cannocchiale avente l'asse parallelo al fascio del proiettore; si osserva al cannocchiale il punto e ci si assicura che l'apparecchio non risulti fuori asse.
- puntamento diurno senza puntatori: questa procedura è la più complessa in quanto è necessario commutare il grafico di puntamento in angoli d'azimuth ed altezza; prevede l'impiego di due dispositivi, il primo è un telescopio che permette di stabilire il corretto azimuth (rotazione nel piano orizzontale) rispetto ad uno stabilito punto di riferimento, mentre il secondo è generalmente una scala goniometrica che fornisce l'altezza (rotazione nel piano verticale). Queste due funzioni possono essere combinate in un unico dispositivo. Il vantaggio di questo metodo consiste nel lasciare libero il campo di gioco durante le operazioni di puntamento, in modo che l'area può essere usata per altri scopi.

7.2 Impianto elettrico

7.2.1 Descrizione dell'impianto

Le opere elettriche previste sono le seguenti:

-realizzazione ed installazione dei seguenti quadri elettrici:

- 1 quadro interruttore generale ubicato in prossimità del gruppo di misura dell'Ente Distributore;
- 2 quadro elettrico generale ubicato in posizione facilmente accessibile e preferibilmente all'interno del fabbricato di servizio del campo sportivo;

- 3 quadri elettrici da ubicarsi in corrispondenza delle torri porta proiettori atti contenere i dispositivi di protezione e di alimentazione dei singoli apparecchi);
- realizzazione della linea di alimentazione del quadro elettrico generale a partire dall'interruttore generale con realizzazione del cavidotto e posa dei cavi elettrici;
- realizzazione delle linee di alimentazione dei quadri elettrici delle torri faro a partire dal quadro elettrico generale con realizzazione dei cavidotti e posa dei cavi elettrici;
- realizzazione dell'impianto di terra dimensionato sia per garantire la protezione contro i contatti indiretti sia (se necessaria la protezione delle torri porta proiettori dalla fulminazione diretta) la protezione contro gli effetti dei fulmini.
- installazione degli apparecchi di illuminazione su torri faro a piattaforma fissa;

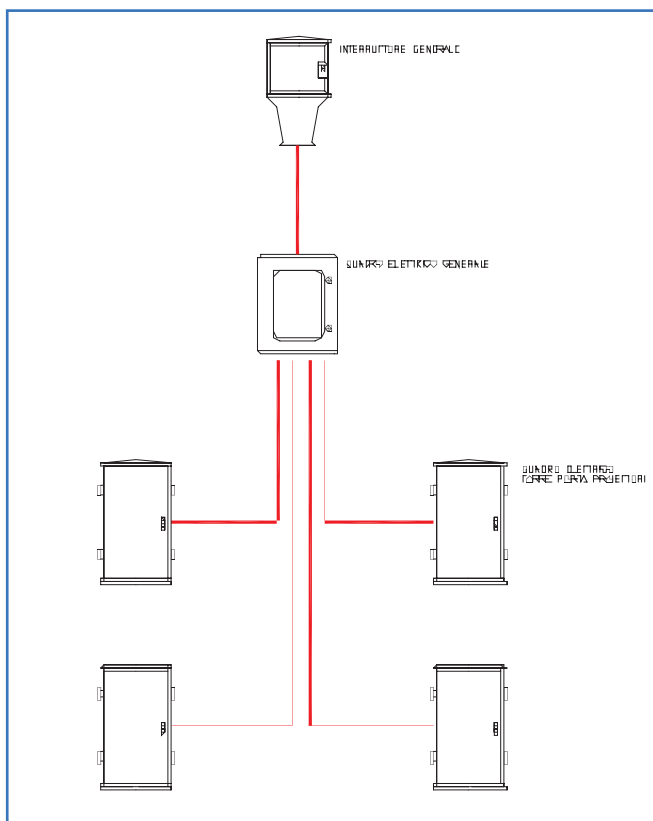


fig.18 Schema a blocchi

Nel dimensionamento dei vari componenti dell'impianto, si dovrà tenere conto anche delle utenze interne al fabbricato di servizio. Nel presente documento non sono considerati gli impianti di illuminazione di emergenza che dovranno essere presi in considerazione all'atto della redazione del progetto esecutivo in funzione delle specificità dei singoli impianti.

7.2.2 Alimentazione elettrica - interruttore generale

Gli impianti elettrici considerati, sono alimentati da una rete a bassa tensione (sistema di I categoria): sistema TT trifase con neutro 230/400V, 50Hz. Infatti la potenza elettrica richiesta per l'alimentazione degli impianti di illuminazione e degli impianti elettrici di servizio è contenuta al disotto del limite imposto dall'Ente Distributore per forniture in bassa tensione.

Il gruppo di misura può essere installato in apposito contenitore in materiale isolante, ubicato sulla recinzione esterna o in corrispondenza del fabbricato spogliatoi e servizi. In ogni caso l'ubicazione del gruppo di misura deve essere concordata con l'Ente distributore di energia.

A valle del gruppo di misura deve essere installato l'interruttore generale (Q1) dell'impianto con funzione di protezione contro le sovracorrenti del cavo di alimentazione del quadro generale.

L'interruttore avrà anche la funzione di protezione contro i contatti indiretti.

L'interruttore sarà dotato di relè magnetotermico e differenziale e dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- corrente nominale maggiore della corrente assorbita dall'impianto;
- potere di cortocircuito maggiore della corrente di cortocircuito presunta nel punto di consegna (da richiedere all'Ente Distributore) e comunque non inferiore a 10kA;

Il modulo differenziale dovrà avere corrente differenziale nominale (I_{dn}) e tempo di intervento regolabile e corrente nominale maggiore o uguale a quella dell'interruttore generale. La protezione con interruttori differenziali può dare luogo ad interventi intempestivi per sovratensioni di origine atmosferica. Per evitare disservizi dovranno essere utilizzati interruttori differenziali del tipo immunizzato nei confronti delle sovratensioni di origine atmosferica.

L'interruttore sarà posto entro contenitore isolante con grado di protezione minimo IP 54. Il contenitore sarà realizzato con materiali (SMC, VTR o Termoplastico) atti a resistere alle sollecitazioni meccaniche, elettriche e termiche, ed agli effetti di un'umidità relativa del 95%.

Per il calcolo della corrente assorbita dall'impianto occorre tener presente che la potenza complessivamente assorbita dall'impianto è data dalla somma della potenza assorbita dall'impianto di illuminazione e della potenza assorbita dalle utenze di servizio (illuminazione e prese spogliatoi, impianto di riscaldamento etc.).

La potenza assorbita dalle utenze di servizio dovrà essere determinata caso per caso in base alle utenze di servizio presenti.

La potenza impegnata dall'impianto di illuminazione si assume pari alla potenza installata, essendo pari a d 1 il fattore di utilizzazione e di contem-

poraneità. Nella determinazione di tale potenza occorre tenere conto anche della potenza dissipata dagli alimentatori delle lampade a scarica.

7.2.3 Quadro elettrico generale

Il quadro generale dovrà essere ubicato in posizione facilmente accessibile dal personale addetto alla gestione dell'impianto di illuminazione e per quanto possibile all'interno del fabbricato contenente gli spogliatoi.

Il quadro elettrico generale conterrà sia le apparecchiature per il comando e la protezione delle linee di alimentazione dei proiettori, sia le apparecchiature per la protezione delle utenze interne al fabbricato.

All'interno del quadro saranno cablate le seguenti apparecchiature:

- un sezionatore generale quadripolare (Q2) con corrente nominale maggiore o uguale a quella dell'interruttore generale (Q1) ubicato in prossimità del quadro consegna dall'Ente Distributore.

- gli interruttori, in numero uguale a quello delle torri porta proiettori, dotati di relè magnetotermici e differenziali per l'alimentazione degli apparecchi di illuminazione (QAT). Gli interruttori dovranno avere le seguenti caratteristiche: $I_{min}=6kA$, curva "C", (norma CEI EN 60947-2), e corrente nominale correlata con la corrente assorbita e con la portata dei cavi uscenti. Gli interruttori dovranno essere dimensionati in modo che non si producano interventi intempestivi all'atto dell'accensione. Dovrà essere garantita la selettività differenziale tra le protezioni delle utenze interne e l'interruttore generale;

- gli interruttori (QI) dotati di relè magnetotermico-differenziali per l'alimentazione delle utenze dei locali di servizio del campo sportivo (spogliatoi, magazzino attrezzature etc.). Gli interruttori dovranno avere le seguenti caratteristiche: $I_{min}=6kA$, curva "C", (norma CEI EN 60947-2), e corrente nominale correlata con la corrente assorbita e con la portata dei cavi uscenti. Dovrà essere garantita la selettività differenziale tra le protezioni delle utenze interne e l'interruttore generale;

- n. 1 interruttore di protezione circuiti ausiliari magnetotermico bipolare $I_n=6A$, $I_{min}=10kA$, curva "C", norma CEI EN 60947-2;

- n°1 sezionatore - fusibile, per circuiti ausiliari, quadripolare (3x1+N), completo di fusibili $I_n=2A$, $I_{min}=10kA$, curva "gG", norma CEI EN 60947-3;

- n°3 lampade, segnalazione presenza rete, 230V;

- n°1 selettore a due posizioni per consentire la selezione delle modalità di accensione "gara" ed "allenamento";

- morsettiere di ingresso ed uscita;

7.2.4 Distribuzione principale

La distribuzione principale prevede sia la realizzazione del montante di ali-

mentazione del quadro elettrico generale a partire dall'interruttore generale, sia l'alimentazione dei quadri ubicati alla base delle torri porta proiettori. Le linee di alimentazione dei quadri ubicati alla base delle torri porta proiettori a partire dal quadro elettrico generale dovranno essere posate in condutture interrate.

Le linee saranno realizzate con cavi per bassa tensione isolati in gomma G7 e protetti con guaina in PVC delle seguenti sezioni di fase:

Cavi 1x 6 mm² FG7(O)R -0,6/1 kV in rame;

Cavi 1x10 mm² FG7(O)R -0,6/1 kV in rame;

Cavi 1x 16 mm² FG7(O)R -0,6/1 kV in rame;

La sezione del montante dovrà essere definita considerando oltre alla potenza dell'impianto di illuminazione anche la potenza delle utenze di servizio all'interno del fabbricato. Si consiglia di dimensionare il montante in modo da contenere la c.d.t. sul tratto relativo al valore massimo dell'1%.

Nella tabella seguente si riportano le sezione dei cavi di alimentazione dei quadri ubicati alla base delle torri porta proiettori in funzione del numero di proiettori alimentati e della lunghezza della linea.

I calcoli sono stati eseguiti considerando una caduta di tensione massima del 3% ed ipotizzando all'interno di ciascun cavidotto un massimo di tre linee (9 conduttori unipolari).

| NUMERO DI PROIETTORI Potenza 2,3 kW | LUNGHEZZA LINEA | SEZIONE CAVO [mmq] |
|--|--------------------|-----------------------|
| 7 | L < 50 m | 6 |
| | 50 m < L < 100 m | 10 |
| | 100 < L < 200 m | 16 |
| 6 | L < 50 m | 6 |
| | 50 m < L < 100 m | 10 |
| | 100 < L < 200 m | 16 |
| 4 | L < 100 m | 6 |
| | 100 < L < 200 m | 10 |
| 3 | L < 150 m | 6 |
| | 150 < L < 200 m | 10 |
| 2 | L < 200 m | 6 |

Tab.2 Tabella cavi di alimentazione

Si è inoltre considerata pari a 200 m la lunghezza massima delle linee. La posa sotterranea dei cavi sopra indicati sarà effettuata, (salvo particolari condizioni) in conformità alla modalità N della Norma CEI 11-17 V1 (Edizione 2003).

In particolare, per quanto concerne la coesistenza tra cavi di energia ed altre canalizzazioni, opere e strutture interrato, occorre fare riferimento, in fase di esecuzione dei lavori, oltre alle norme sopracitate, alle prescrizioni contenute nel DM 24/11/84 del Ministero dell'Interno come più avanti riportate. I cavi saranno infilati in cavidotti corrugati flessibili in PVC serie pesante, diametro interno 92 mm, posati ad una profondità di 60 cm.

La larghezza dello scavo sarà di 0,30 cm per un tubo, aumentata di 0,10 cm per ogni ulteriore tubo.

Al fine di consentire un'agevole posa dei cavi è prevista la posa di pozzetti in c.l.s. provvisti di chiusini in ghisa sferoidale posizionati lungo la tubazione (ad una distanza reciproca massima di 30 metri nei tratti rettilinei), nei cambi di direzione e in corrispondenza delle derivazioni ai centri luminosi.

Se per particolari esigenze i pozzetti dovessero essere posizionati all'esterno dell'area del campo di gioco, comunque raggiungibili dai giocatori, si dovrà interrare il chiusino ad una profondità di circa 20 cm in modo da consentire il ricoprimento dello stesso con un adeguato strato di terreno.

I pozzetti dovranno avere dimensioni tali da permettere l'infilaggio dei cavi rispettando il raggio minimo di curvatura ammesso (almeno 12 volte il diametro del cavo). Tendo conto delle sezioni di cavo utilizzate si utilizzeranno pozzetti con dimensioni interne di 400x400 mm nei tratti in rettilineo e di 500x500 mm negli angoli.

Sezione di scavo di tipo **A** valida per canalizzazione con un solo tubo.

Sezione di scavo di tipo **B** valida per canalizzazione con due tubi.

Sezione di scavo di tipo **C** valida per canalizzazione con tre tubi.

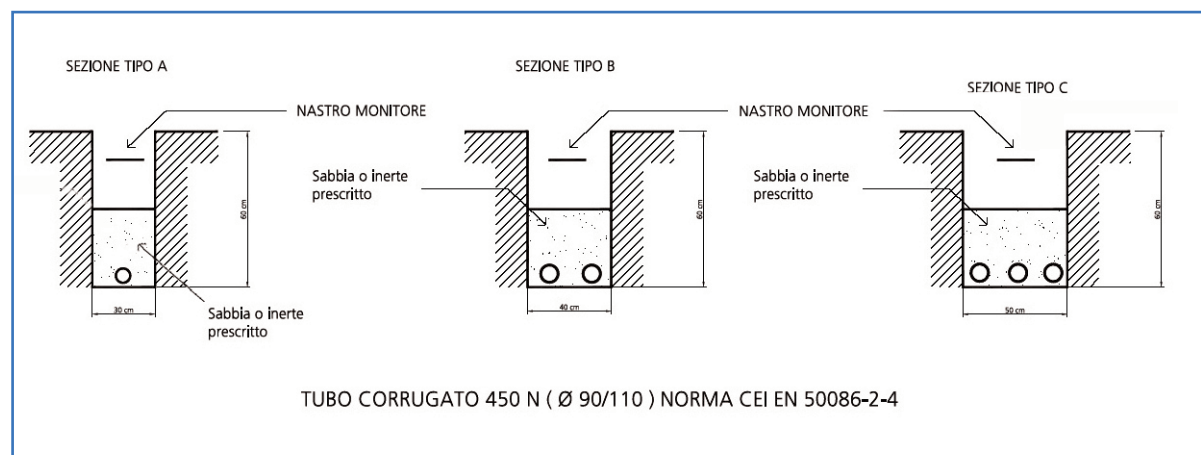


fig.19 Scavi tipo

7.5 Quadro elettrico torre porta proiettori

Alla base di ciascuna torre porta proiettori si installerà un armadio atto contenere sia le apparecchiature per la protezione dei singoli proiettori, sia le apparecchiature per l'alimentazione dei proiettori (ad eccezione degli accenditori che saranno installati in corrispondenza dei singoli proiettori).

L'armadio dovrà essere posizionato per quanto possibile in posizione non accessibile dal pubblico ed all'esterno della recinzione che delimita l'area di gioco.

L'armadio sarà realizzato con materiali (SMC, VTR o termoplastico) atti a resistere alle sollecitazioni meccaniche, elettriche e termiche, nonché agli effetti di un'umidità relativa del 95%.

La segregazione realizzata con controporta trasparente dovrà essere tale da evitare il contatto diretto con parti in tensione degli apparati di alimentazione a seguito dell'apertura della porta dell'armadio. Sarà realizzata un'ulteriore segregazione al fine di separare la parte di armadio destinata a contenere gli apparati di alimentazione con la parte dell'armadio destinata a contenere gli interruttori di protezione dei proiettori.

L'armadio dovrà essere munito di idonee prese di aria al fine di consentire lo smaltimento del calore prodotto dal funzionamento degli apparati di alimentazione dei proiettori.

All'interno del quadro elettrico saranno cablate le seguenti apparecchiature:

- n. 1 sezionatore generale (QGT), con corrente nominale maggiore della somma delle correnti nominali degli interruttori delle partenze o maggiore della corrente nominale dell'interruttore automatico ubicato a monte;
- gli interruttori (QP), in numero uguale al quello dei proiettori, dotati di relè magnetotermici per la protezione dei proiettori e dei gruppi di alimentazione. Gli interruttori, bipolari, dovranno avere le seguenti caratteristiche: $I_{min}=6kA$, curva "C", norma CEI EN 60947-2 e corrente nominale correlata con la corrente assorbita e con la portata dei cavi uscenti. Gli interruttori dovranno essere dimensionati in modo che non si producano interventi intempestivi all'atto dell'accensione;
- n. 1 interruttore di protezione circuiti ausiliari magnetotermico bipolare $I_n=10A$, $I_{min}=6kA$, curva "C", norma CEI EN 60947-2;
- morsettiera di ingresso ed uscita;
- gruppi di alimentazione dei proiettori;
- n. 1 contattore (KT) per il comando di inserzione/disinserzione dei proiettori installati sulla torre porta proiettori al fine di consentire la selezione della modalità di accensione "allenamento" o "competizione".

La corrente nominale del contattore dovrà essere maggiore della somma delle correnti nominali degli interruttori delle partenze moltiplicata per 0,9. Il contattore dovrà essere di categoria AC3, norma CEI EN 60497-4, completo di dispositivo di chiusura manuale, manovrabile esclusivamente fuori tensione.

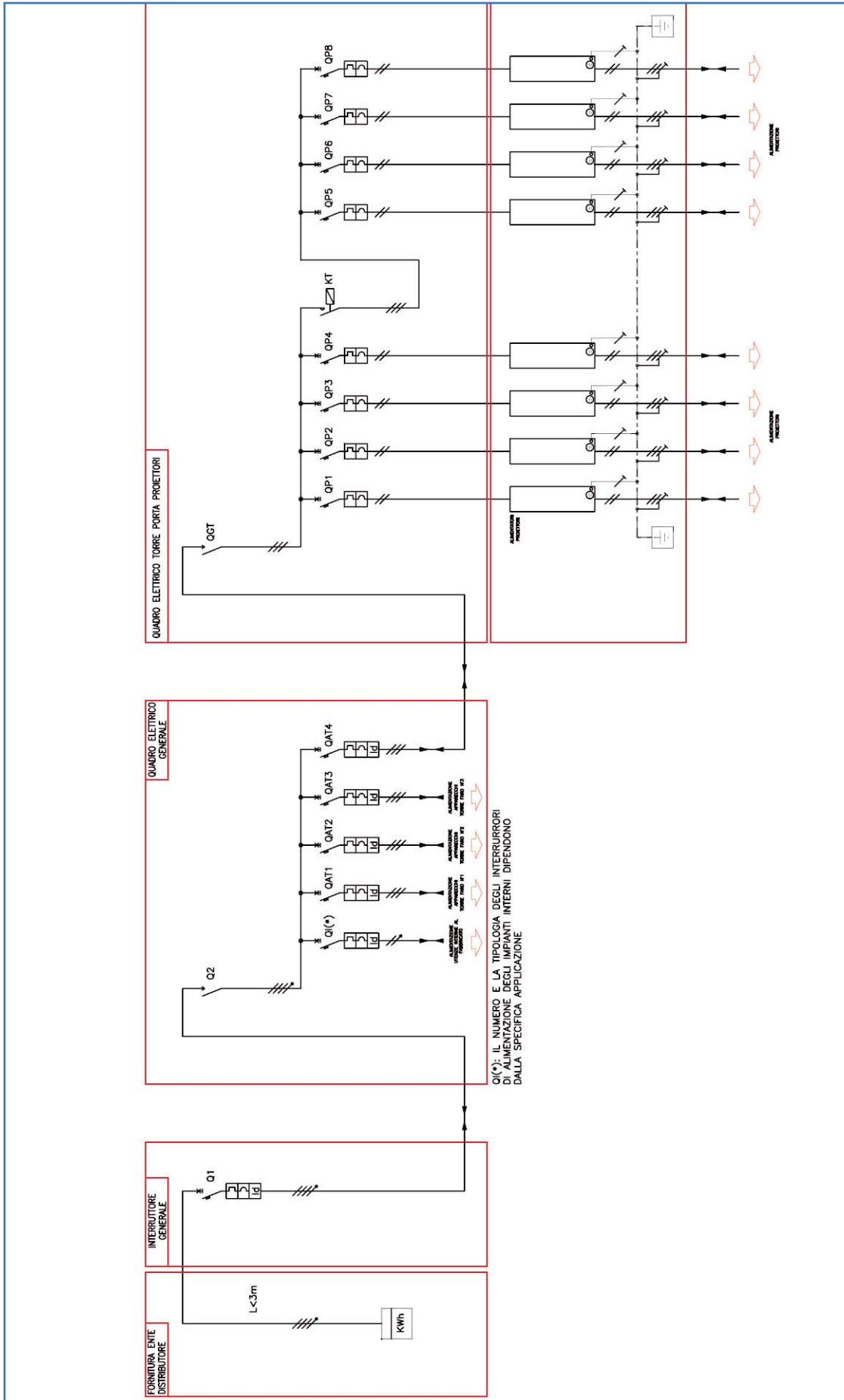


fig.20 Schema generale

7.6 Linee di alimentazione dei proiettori

L'alimentazione dei singoli proiettori sarà effettuata con cavo tripolare (FF+T) tipo FG7OR con sezione di 2,5 mmq. I conduttori saranno posati direttamente in aria all'interno del fusto del sostegno.

Ipotizzando una lunghezza massima della linea di alimentazione di 40 metri (caso di torre porta proiettori con altezza di 30 metri), ed una caduta dell'1%, si ottengono i seguenti risultati:

| NUMERO DI PROIETTORI Potenza 2,3 kW | LUNGHEZZA LINEA | SEZIONE CAVO [mmq] |
|--|--------------------|-----------------------|
| 1 | $L < 40 \text{ m}$ | 2,5 |

tab.3

7.7 Realizzazione dell'impianto di terra

7.7.1 Generalità

L'impianto di terra è necessario per realizzare:

- la protezione contro i contatti indiretti;
- la protezione dagli effetti della fulminazione diretta;

Mentre la protezione contro i contatti indiretti deve essere sempre effettuata, la protezione contro la fulminazione diretta è necessaria solo nel caso di strutture non autoprotette.

7.7.2 Realizzazione dell'impianto di terra per torri porta proiettori autoprotette dalla fulminazione diretta

In questo caso l'impianto di terra si rende necessario ai soli fini della sicurezza contro i contatti indiretti.

Poiché si prevede l'installazione di proiettori in classe I per realizzare la protezione delle persone dai contatti indiretti occorre:

- collegare le masse dell'impianto a terra (attraverso idonei impianti) e proteggere i circuiti di alimentazione con interruttori automatici differenziali in modo che risulti verificata la relazione: $R_t \leq 50/I_{dn}$ dove R_t è la resistenza di terra dell'impianto e I_{dn} è la corrente differenziale nominale dell'interruttore;
- collegare le masse estranee all'impianto di terra

L'impianto di terra dovrà essere unico e sarà composto dai seguenti elementi:

- dispersore;
- collettore di terra;
- conduttori di protezione;
- conduttori di equipotenzialità.
- conduttore di terra;

Il dispersore di terra sarà costituito da:

- in corrispondenza di ogni torre porta proiettori da una corda di rame nuda con sezione di 35 mmq direttamente interrata ad una profondità di circa 0,8 m all'esterno del plinto di fondazione;
 - da una corda di rame nuda direttamente interrata ad una profondità di circa 0,8 m che collega tra loro i dispersori di cui al punto precedente.
- La realizzazione di un unico dispersore, anche se non strettamente necessaria, in quanto le masse non sono simultaneamente accessibili, consente da un canto di aumentare l'efficienza complessiva dell'impianto di dispersione riducendo significativamente il valore della resistenza di terra, dall'altro di effettuare la denuncia alla ASL di un unico impianto.

Ognuno dei quadri elettrici ubicati alla base delle torri porta proiettori sarà dotato di proprio collettore di terra, al quale saranno collegati:

- i conduttori di protezione dei singoli proiettori (conduttori G/V dei cavi multipolari di alimentazione dei proiettori);
- il conduttore di equipotenzialità realizzato con cavo tipo N07V-K con sezione di 16 mmq per il collegamento a terra della struttura della torre porta proiettori. Si precisa che il collegamento di equipotenzialità è necessario solo se il sostegno rappresenta una massa estranea.

Si precisa che, in accordo con il punto 714.413.1 della norma CEI 64-8 V2: "non è necessario collegare all'impianto di terra dell'impianto di illuminazione le strutture metalliche (quali recinti, griglie, etc.), che sono situate in prossimità ma non fanno parte dell'impianto di illuminazione esterno".

Ciascun collettore sarà collegato al dispersore attraverso idoneo conduttore di terra realizzato con cavo tipo N07V-K con sezione di 16 mmq.

All'impianto di terra dovranno essere ulteriormente collegate le masse degli impianti elettrici e le masse estranee interni ai locali di servizio.

7.7.3 Realizzazione dell'impianto di terra per torri non autoprotette dalla fulminazione diretta

Qualora si renda necessario realizzare la protezione contro la fulminazione diretta si dovrà tenere conto ulteriormente dei seguenti fattori:

- la resistenza dell'impianto di terra dovrà essere inferiore a 100 (per contenere i valori delle sovratensioni dovute alla corrente di fulmine);
- occorrerà collegare la struttura metallica della torre porta proiettori con il dispersore attraverso uno o più conduttori (calate) realizzati con corde in rame nude di idonea sezione.

7.8 Protezione contro i fulmini

Gli impianti di illuminazione saranno in generale protetti unicamente contro la fulminazione diretta, non si prende in considerazione la protezione contro gli effetti della fulminazione indiretta.

La norma CEI 81-1 impone la realizzazione di un collegamento a terra (ai fini della protezione contro i fulmini) per strutture metalliche all'aperto soltanto nel caso in cui le stesse possano essere considerate "strutture di notevole dimensioni".

Una struttura esterna è da considerarsi "struttura di notevole dimensioni" quando la frequenza di fulminazione N_d (numero di fulmini che in un anno possono colpire la struttura) è maggiore di quella tollerata dalla norma N_a .

La stessa norma nel caso in cui l'area per un raggio di 5 m dalla struttura metallica è caratterizzata da terreno vegetale o da cemento (resistività superficiale del terreno $< 0,5 \text{ k}\Omega \text{ m}$) considera $N_a=0,1$.

La frequenza di fulminazione N_d si ricava invece con la relazione:

$$N_d = N_t \cdot C \cdot A \cdot 10^{-6} \quad \text{fulmini/anno}$$

dove:

A è l'area di raccolta dei fulmini [m^2];

N_t è la frequenza di fulminazione (funzione della zona di installazione) [fulmini/anno km^2];

C è un coefficiente ambientale che caratterizza la disposizione relativa della struttura rispetto a strutture vicine.

Le torri porta proiettori, ai fini della valutazione della frequenza di fulminazione sono da considerarsi strutture isolate. Il coefficiente ambientale C assumerà pertanto i seguenti valori:

$C= 1$ strutture isolate in pianura;

$C= 2$ strutture isolate ubicate sulla cima di una collina o di una montagna.

L'area di raccolta A si calcola con la relazione:

$$A = L \cdot W + 6 \cdot H(L+W) + 9 \cdot \pi \cdot H^2$$

essendo:

- L e W le massime dimensioni in pianta della struttura;
- H l'altezza della struttura.

Nelle tabelle seguenti, a titolo esemplificativo, si riportano per ogni tipologia di torre porta fari i valori di Nd, calcolati in funzione di C e di Nt.

Nella colonna relativa ad Nd sono evidenziati in grassetto i casi in cui è necessario effettuare la protezione contro la fulminazione.

Nel calcolo si è considerata come altezza quella del fusto della torre porta fari maggiorata di 2 metri per tener conto della presenza della piattaforma e dei proiettori;

per i valori di L e W si assumono le massime dimensioni della piattaforma di circa 2 x 2 metri.

| ALTEZZA FUSTO TORRE PORTA FARI [m] | COEFFICIENTE AMBIENTALE C | Nd | Na |
|---------------------------------------|------------------------------|--------------|-----------|
| | | Fulmini/anno | Fulmini/a |
| 30 | 1 | 0,044 | 0,1 |
| | 2 | 0,088 | |
| 25 | 1 | 0,032 | |
| | 2 | 0,064 | |
| 20 | 1 | 0,021 | |
| | 2 | 0,042 | |
| 15 | 1 | 0,007 | |
| | 2 | 0,014 | |

tab.4 Nt = 1,5

| ALTEZZA FUSTO TORRE PORTA FARI [m] | COEFFICIENTE AMBIENTALE C | Nd | Na |
|---------------------------------------|------------------------------|--------------|-----------|
| | | Fulmini/anno | Fulmini/a |
| 30 | 1 | 0,074 | 0,1 |
| | 2 | 0,148 | |
| 25 | 1 | 0,053 | |
| | 2 | 0,106 | |
| 20 | 1 | 0,036 | |
| | 2 | 0,072 | |
| 15 | 1 | 0,021 | |
| | 2 | 0,042 | |

tab.5 Nt = 2,5

| ALTEZZA FUSTO TORRE PORTA FARI [m] | COEFFICIENTE AMBIENTALE C | Nd Fulmini/anno | Na Fulmini/a |
|---------------------------------------|------------------------------|--------------------|-----------------|
| 30 | 1 | 0,119 | 0,1 |
| | 2 | 0,238 | |
| 25 | 1 | 0,085 | |
| | 2 | 0,17 | |
| 20 | 1 | 0,036 | |
| | 2 | 0,072 | |
| 15 | 1 | 0,034 | |
| | 2 | 0,068 | |

tab.6 Nt = 4

7.9 Opere civili

7.9.1 Generalità

Le opere civili sono relative essenzialmente alla realizzazione dei plinti di fondazione delle torri porta proiettori.

Il calcolo dei plinti di fondazione per le torri porta proiettori è effettuato in accordo alle indicazioni del D.M. del 16/01/96 e si sviluppa secondo la seguente sequenza:

- Analisi dei carichi;
- Calcolo delle sollecitazioni alla base;
- Definizione e verifica del plinto

7.9.2 Analisi dei carichi

Carichi verticali

- Carico concentrato alla sommità del palo (peso della piattaforma, dei proiettori);
- Peso della torre;
- Peso degli accessori continui (scale, vassoi, ecc.);

Azione del vento

Il vento esplica la sua azione con pressioni ortogonali ai vari elementi costituenti il palo porta proiettori.

Ai fini del calcolo la struttura è suddivisa in tratti verticali elementari.

L'azione del vento determina, in corrispondenza di ogni tratto verticale, una pressione per mq ($p(h)$) che è calcolata in base. Per ogni tratto verticale risulterà pertanto applicata una forza:

$$F(h) = p(h) \times S(h)$$

essendo $S(h)$ la superficie esposta al vento del tratto della struttura avente altezza media pari ad h .

Alla testa del palo occorre considerare una forza concentrata esplicata dal vento dovuta alla presenza della piattaforma porta proiettori e dei proiettori:

$$F_v = p \times S$$

p = pressione del vento alla quota di installazione dei proiettori

S = superficie investita dal vento

7.9.3 Calcolo delle sollecitazioni alla base

I carichi verticali e le forze dovute al vento producono le seguenti sollecitazioni agenti alla base del palo:

| | | |
|-----------------------------|-------|-----------|
| Sforzo normale all'incastro | N_p | [kg]; |
| Momento all'incastro | M_p | [kg x m]; |
| Taglio all'incastro | T_p | [kg] |

7.9.4 Definizione e verifica del plinto

Per dimensionare il plinto, una volta definitone la forma (blocco con o senza risega) occorrerà definire i seguenti dati:

- pressione massima ammissibile sul terreno
 t_{amm} [Kg /cm²]
- peso specifico del conglomerato cementizio
 c [Kg /m³]
- peso specifico del terreno di rinterro
 t [Kg /m³]
- tipo di acciaio per armatura
- classe di resistenza del calcestruzzo

Verifica al ribaltamento del plinto

Nella verifica a ribaltamento del plinto si utilizzano come forze instabilizzanti le forze trasmesse dal palo e come forze stabilizzanti il peso proprio del plinto ed il peso del rinterro sul dente della fondazione.

La verifica a ribaltamento si ottiene valutando il rapporto fra il momento delle forze stabilizzanti e quello delle forze ribaltanti che non può essere inferiore a 1,5 cioè:

$$\eta = \frac{M_s}{M_r} > 1,5$$

VERIFICHE E COLLAUDI

8 Verifiche e collaudi

8.1 Illuminotecnica

8.1.1 Strumenti di misura e tolleranze

Per ottenere una misurazione corretta è importante scegliere un'appropriata apparecchiatura tale che le incertezze di misura siano comprese nei seguenti limiti:

- apparecchiature per la misurazione dell'illuminamento: incertezza di misura complessivamente non maggiore del 5%, tenendo conto di tutte le possibili cause di errore ivi incluse quelle connesse alla risposta spettrale e all'angolo di incidenza;
- apparecchiature per la misurazione della luminanza: incertezza complessiva non maggiore del 5%; l'angolo di apertura dei luminanzimetri deve essere minore di quello sotteso dalla superficie apparente di cui occorre misurare la luminanza rispetto alla posizione di misura;
- apparecchiature per la misurazione di colore: le incertezze nella misurazione della temperatura di colore e della resa dei colori non devono essere maggiori del 2%.

Gli strumenti, infine, devono essere stati tarati da non più di un anno e i dispositivi di livellamento devono essere impiegati per l'accurato posizionamento dei rilevatori fotoelettrici nei piani di misurazione.

8.1.2 Misure

Per i nuovi impianti le misure devono essere effettuate con proiettori puliti e dopo almeno 100 ore di funzionamento. Le lampade devono essere accese per almeno 30 minuti prima di iniziare le misurazioni.

All'inizio, e periodicamente durante i rilievi fotometrici, si deve misurare la tensione di rete e quella ai morsetti di ingresso degli alimentatori delle lampade. Se questa ultima dovesse risultare differente rispetto a quella nominale delle lampade, i valori misurati andranno riportati alla tensione nominale impiegando le apposite informazioni tecniche pubblicate dai costruttori (curve o tabelle).

Nel caso di lampade fluorescenti, occorre effettuare misurazioni della temperatura ambiente.

Le misurazioni, infine, devono essere effettuate solo nei casi in cui l'influenza luminosa sulle misurazioni provenienti da sorgenti esterne sia trascurabile.

8.1.3 Reticolo

Il reticolo da utilizzare per le misurazioni fotometriche di verifica e collaudo dell'impianto d'illuminazione sarà analogo a quello costruito e utilizzato in fase di calcolo (vedi fig.16). Si procederà però alla misura di un solo punto ogni due sull'asse "X" e un solo punto su due sull'asse "Y", creando di fatto una griglia di punti di verifica con maglie pari a "2Sx" per "2Sy" (vedi fig.21).

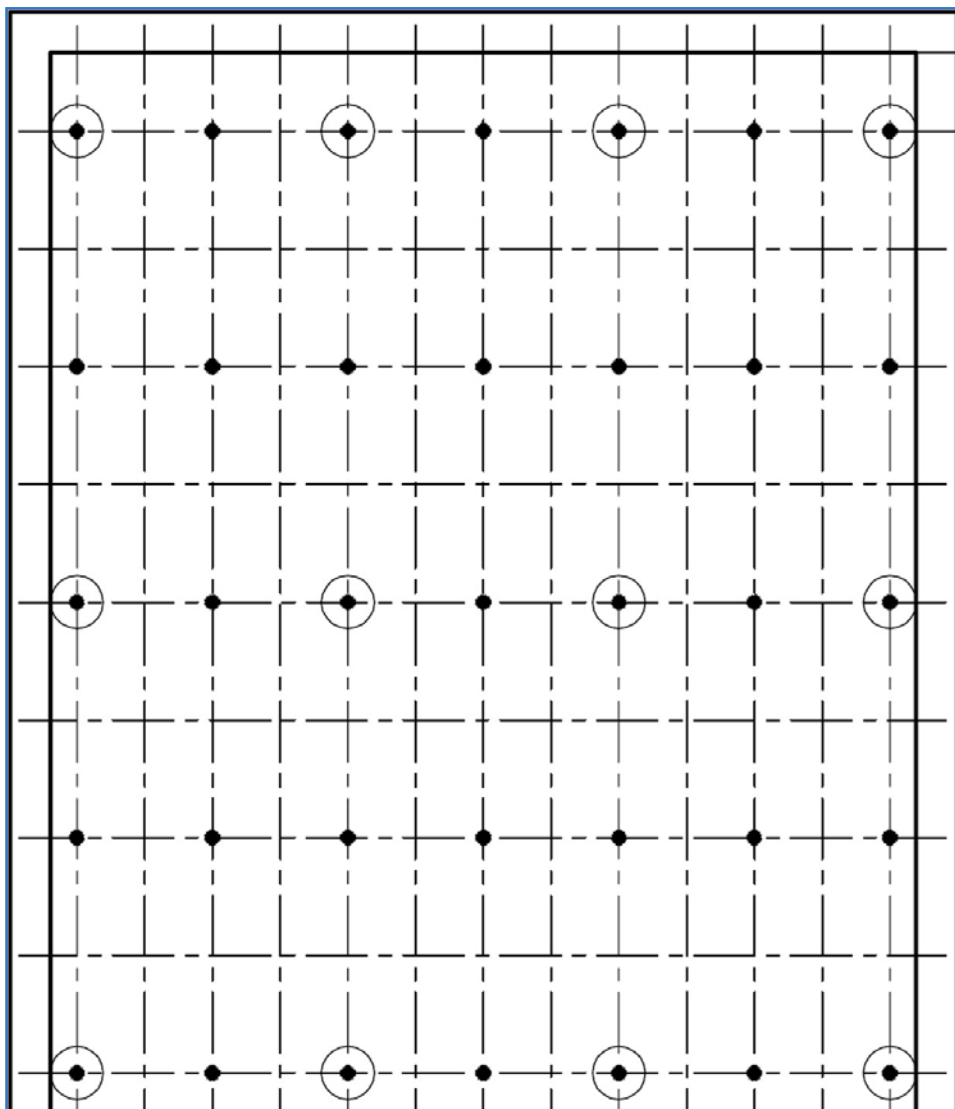


fig.21 Reticolo di calcolo e verifica

8.2 Verifiche impianto elettrico

8.2.1 Esame a vista

L'esame a vista deve precedere le prove di cui sotto, ed essere effettuato, per quanto necessario, con impianto elettrico fuori tensione ed accertare: l'esistenza della documentazione di progetto e che i componenti dell'impianto siano, ove richiesto:

- conformi alle prescrizioni di sicurezza;
 - scelti correttamente ed installati in conformità alla norma di riferimento (CEI-UNI);
 - non danneggiati visibilmente in modo tale da comprometterne la sicurezza.
- Gli esami da eseguire relativi all'impianto elettrico sono elencati nella Norma CEI 64-8 e 64-14

8.2.2 Resistenza di isolamento

Con apparecchi di illuminazione disinseriti, ogni circuito di illuminazione, all'atto della verifica iniziale, deve presentare una resistenza di isolamento verso terra non inferiore ai valori presenti nella tabella 61 A della Norma CEI 64-8;

Con apparecchi di illuminazione inseriti, ogni circuito di illuminazione, all'atto della verifica iniziale, deve presentare una resistenza di isolamento verso terra:

$$\frac{2}{L+N} [M\Omega]$$

dove:

L = lunghezza complessiva dei conduttori delle linee d'alimentazione in km (si assume il valore 1 per lunghezze inferiori a 1 km);

N = numero degli apparecchi di illuminazione presenti nel sistema elettrico. Questa misura deve essere effettuata tra il complesso dei conduttori metallicamente connessi e la terra, con l'impianto predisposto per il funzionamento ordinario, e quindi con tutti gli apparecchi di illuminazione inseriti.

Le misure devono essere effettuate utilizzando un ohmetro in grado di fornire una tensione continua non inferiore a 500 V.

Le misure devono essere effettuate senza tener conto delle condizioni meteorologiche e dopo che la tensione è stata applicata da circa 60 s.

8.2.3 Caduta di tensione lungo la linea di alimentazione

La caduta di tensione nella linea d'alimentazione, non tenendo conto del transitorio d'accensione, in condizioni regolari d'esercizio (a pieno carico ed anche, se previsto, con carico parzializzato) non deve superare il 5%; la misura deve essere eseguita in condizioni regolari d'esercizio, rilevando contemporaneamente la tensione ai morsetti d'uscita dell'apparecchiatura di comando ed ai morsetti d'alimentazione dei centri luminosi elettricamente più lontani.

8.2.4 Verifica degli impianti di terra e di protezione

Gli impianti di illuminazione prevedono la realizzazione dell'impianto di terra, ai fini della protezione contro i contatti indiretti in quanto gli apparecchi di illuminazione sono in Classe I.

E' pertanto indispensabile procedere conformemente ai dettami del D.P.R. 462/01 "Il datore di lavoro deve inviare, entro trenta giorni dalla messa in esercizio dell'impianto di terra e del dispositivo di protezione contro le scariche atmosferiche, la dichiarazione di conformità rilasciata dall'installatore all'ISPESL e all'ASL/ARPA".

Il collaudo dell'impianto di terra dovrà prevedere la misura dei valori di resistenza di terra, la prova di continuità dei collegamenti a terra nonché alla prova di funzionamento del sistema di protezione con interruzione automatica dell'alimentazione (prova di intervento degli interruttori differenziali).

Le modalità relative sono contenute nella Norma CEI 64-8 e successive varianti. La dichiarazione di conformità rilasciata al termine dell'installazione degli impianti equivale alla loro omologazione.

Nell'ipotesi che venga anche realizzato l'impianto di protezione contro i fulmini, l'impianto di protezione deve essere verificato secondo le modalità prescritte nella Norma CEI 81-1.

Per effettuare la misura della resistenza di terra, in luogo della misura della resistenza del dispersore è ammesso il metodo della misura dell'impedenza dell'anello di guasto.

8.2.5 Verifica dei quadri elettrici

I quadri elettrici devono essere soggetti alle seguenti prove e verifiche:

- Verifica della costruzione e della identificazione. Si verifica che il quadro abbia la targa con i dati richiesti e si controlla la conformità del quadro agli schemi circuitali;
- Verifica del corretto cablaggio, del funzionamento meccanico ed elettrico. Si effettua un controllo del corretto montaggio degli apparecchi, della sistemazione dei cavi ed una prova del funzionamento elettrico;
- Efficienza del circuito di protezione.

- Prova della resistenza di isolamento. La resistenza di isolamento tra i conduttori attivi verso terra, misurata a 500V deve essere almeno di 1000 Ohm riferita alla tensione nominale verso terra del circuito;
- Verifica dei limiti di sovratemperatura.

