Capitolo 2

Impianto di illuminazione.

I principali documenti normativi a cui far riferimento per il progetto dell' impianto di illuminazione sono le norme UNI 10380: "Illuminazione d'interni con luce artificiale" in cui vengono prescritte le esigenze qualitative e quantitative dell'illuminazione per la maggior parte degli ambienti, e la norma CEI 34-21 "Apparecchi di illuminazione – Parte I: prescrizioni generali e prove".

In questo capitolo verranno presentate le grandezza fotometriche, descritte le principali sorgenti luminose e indicato il grado di protezione minimo richiesto per apparecchi di illuminazione. Successivamente verranno presentate le principali indicazioni date dalle norme UNI 10380.

(2.1) Grandezze fotometriche

Di seguito vengono elencate le principali grandezze fotometriche nominate in questo capitolo. Flusso luminoso. Simbolo della grandezza: F. Il flusso luminoso esprime la quantità di luce emessa da una sorgente luminosa nell'unità di tempo. Unità di misura: lumen (lm). Un lumen corrisponde alla quantità di luce prodotta in un secondo dalla radiazione elettromagnetica avente lunghezza d'onda = 555 μm e flusso energetico di 1/680 Watt.

Illuminamento. Simbolo della grandezza: E. L'illuminamento esprime la densità di flusso luminoso che investe perpendicolarmente una superficie. Unità di misura: lux (lx). Un lux corrisponde all'illuminamento di una superficie di 1 m^2 , investita perpendicolarmente ed uniformemente dal flusso luminoso di 1 lm.

Intensità luminosa. Simbolo della grandezza: I. L'intensità luminosa esprime la quantità di luce emessa da una sorgente luminosa in una determinata direzione. Unità di misura: candela (cd). Una candela corrisponde all'intensità luminosa di una sorgente sferica ad emissione uniforme in tutte le direzioni, che emette un flusso totale di 12,56 lumen.

Luminanza. Simbolo della grandezza: L. La luminanza di una sorgente luminosa è il rapporto fra l'intensità emessa in una certa direzione e la superficie emittente normale alla direzione considerata. Unità di misura: candela/ m^2 (nit) oppure candela/ cm^2 (stilb).

(2.2) Sorgenti luminose

Una sorgente luminosa è caratterizzabile mediante lo spettro della luce che emette. Nella pratica, però, si fa riferimento a due parametri importanti:

la temperatura di colore, ossia la temperatura a cui occorre portare un corpo nero affinché emetta una luce con uno spettro il più vicino possibile a quello della sorgente considerata;

l'indice di resa dei colori (Ra), indica la proprietà di una sorgente luminosa di non alterare la colorazione della superficie illuminata rispetto ad una sorgente

Tab.2.1 – Gruppo di resa colore e corrispondente indice di resa cromatica

Gruppo di resa colore (Ra')	Indice di resa cromatica (Ra)
1A	>90
1B	80≤Ra≤90
2	60≤Ra<80
3	40≤Ra<60
4	20≤Ra<40

Tab.2.2 - Gruppi di temperature del colore

Gruppo Tonalità	Temperatura del colore
Calda (W)	minore di 3300 K
Neutra (I)	tra 3300 e 5300 K
Fredda (C)	oltre i 5300 K

campione (luce solare o corpo nero). Il suo valore è convenzionalmente compreso fra 0 e 100 dove 100 indica la resa ottimale.

Per le lampade vengono definiti altri due parametri legati a quelli appena introdotti come indicato dalle tabelle 2.1 e 2.2

Di seguito vengono descritte i tipi di sorgente luminose più usate.

Lampade ad incandescenza

L'emissione luminosa è prodotta da un filamento di tungsteno, materiale avente un elevato punto di fusione, portato all'incandescenza.

Le lampade ad incandescenza per illuminazione generale sono caratterizzate da una eccellente resa dei colori ($R_a \approx 100$), una efficienza luminosa relativamente modesta ed una vita media di circa 1000 ore a tensione nominale.

La potenza delle lampade in commercio con tensione nominale di 230 V varia da 10 W a 300 W. L'efficienza luminosa varia da 8 lm/W a 16 lm/W.

Le lampade ad incandescenza rappresentano ancora oggi la sorgente di luce artificiale più economica e diffusa sul mercato.

Questo tipo di lampada è semplice da utilizzare per l'assenza di dispositivi esterni di accensione, per la buona resa cromatica e per l'ottimale temperatura di colore di circa 2700 K. Le lampade ad incandescenza sono generalmente utilizzate per illuminazione residenziale.

Lampade ad alogeni

Hanno, rispetto alle lampade ad incandescenza, una maggior efficienza, minori dimensioni, migliore tonalità della luce ed una vita media superiore alle 2000 ore a tensione nominale (per le alogene dicroiche la vita media può raggiungere anche le 4000 ore).

Tali prestazioni sono dovute alla presenza dell'alogeno, che determina un particolare ciclo rigenerativo del filamento di tungsteno, evitando l'annerimento del bulbo.

Fra le lampade ad alogeni, stanno avendo una notevole diffusione le lampade a bassissima tensione di tipo compatto e con riflettore dicroico.

Queste lampade sono caratterizzate da una notevole riduzione, rispetto ai riflettori tradizionali, del calore emesso nella direzione del fascio luminoso.

La potenza delle lampade alogene in commercio con tensione nominale di 230V varia da 40 W a 500 W. L'efficienza luminosa varia da 13 lm/W a 20 lm/W.

Lampade fluorescenti

Sono le più diffuse lampade a scarica nel gas e sono utilizzate in uffici, scuole, stabilimenti, negozi, ecc. L'emissione luminosa avviene mediante la trasformazione in luce delle radiazioni ultraviolette prodotte da una scarica elettrica di vapori di mercurio a bassa pressione.

Le lampade fluorescenti sono caratterizzate dall'aver valori di luminanza relativamente bassi ed elevati valori di efficienza luminosa e durata (in condizioni normali d'uso la vita media è di 8000-10000 ore).

Sono disponibili numerosi tipi diversi tra loro per potenza (da 14 a 58 W), efficienza (da 55 a 100 lm/W), resa dei colori (da 82 a 98) e tonalità della luce. Per funzionare hanno bisogno di uno starter per l'accensione, di un alimentatore per stabilizzare la corrente e di un condensatore per compensare lo sfasamento provocato nelle linee elettriche di alimentazione (pertanto l'efficienza luminosa complessiva varia da 50 a 90 lm/W).

Lampade fluorescenti compatte

Sono lampade fluorescenti che possiedono un'alta efficienza luminosa, una lunga durata, delle dimensioni compatte ed una facilità di installazione pari a quella delle lampade ad incandescenza. Queste lampade vengono normalmente utilizzate quando la sorgente luminosa

deve rimanere attiva per lunghi periodi della giornata. Sono in grado di soddisfare le esigenze del risparmio energetico mantenendo, al contempo, una gradevole qualità della luce.

Le lampade fluorescenti compatte si distinguono in:

- lampade con alimentatore incorporato ($R_a=82$, potenze da 5 a 25 W, efficienza luminosa da 40 a 60 lm/W).
- lampade con alimentatore esterno ($R_a=82$, potenze da 5 a 55 W, efficienza luminosa da 46 a 90 lm/W, con reattori da 40 a 80 lm/W).

Le prime, nell'installazione all'esterno, possono essere montate in apparecchi chiusi purché ci sia un efficiente ricambio di aria e sono intercambiabili con le normali lampade ad incandescenza poiché sono dotate di alimentatore incorporato sono caratterizzate da una vita media di 8000 ore ed hanno una temperatura di colore di 2700 K.

Le lampade con alimentatore esterno sono normalmente impiegate in apparecchi ad incasso di dimensioni ridotte, nei quali ha particolare rilevanza la facilità di innesto nel montaggio. Sono caratterizzate da una durata media di 8000 ore e sono disponibili con temperatura di colore 2700 K e 4000 K.

Lampade a scarica di gas

Sono lampade a vapori di mercurio, di sodio e di ioduri, nate dall'esigenza di contenere i consumi laddove non è preminente la resa del colore; sono impiegate per illuminazione industriale, stradale e di grandi aree.

Le lampade a vapori di sodio e di ioduri richiedono un accenditore come dispositivo di innesco, oltre, ovviamente, un alimentatore per stabilizzare la corrente ed un condensatore per compensare lo sfasamento.

Attualmente sono disponibili lampade con elevata efficienza, lunga durata, discreta resa dei colori ed elevati livelli di illuminamento; tra le lampade a scarica ad alta pressione, le lampade di ioduri offrono la miglior resa dei colori.

Qualunque sia la sorgente luminosa, è necessario che i circuiti relativi ad ogni accensione o gruppo di accensioni simultanee, non abbiano un fattore di potenza a regime inferiore a 0,9.

Sono di seguito riportate le caratteristiche principali delle lampade a scarica di gas.

Lampade a vapore di sodio a bassa pressione: elevatissima efficienza luminosa (da 125 a 200 lm/W che diventa da 100 a 170 lm/W considerando l'alimentatore); potenze da 35 a 180W; bassissima resa cromatica (produce una luce gialla monocromatica con temperatura di colore 1800°K); funziona solo con determinati posizionamenti al montaggio

Lampade a vapori di mercurio ad alta pressione: elevata efficienza luminosa (da 40 a 60 lm/W che diventa da 35 a 55 lm/W considerando l'alimentatore); mediocre resa cromatica (da 35 a 55); potenze da 50 W a 100 W; qualsiasi posizione di funzionamento; temperatura di colore 3800-4200 K.

Lampade a luce miscelata. Sono lampade a scarica, intercambiabili con quelle a incandescenza perché non richiedono alimentatori esterni. Il pregio di questo tipo di lampade è che il flusso luminoso è indipendente dalla temperatura ambiente e viene raggiunto quasi totalmente al momento dell'accensione. Hanno le seguenti caratteristiche: accensione istantanea; potenze da 100 a 500 W; buona resa cromatica (da 50 a 60); efficienza luminosa da 10 lm/W a 25 lm/W; temperatura di colore 3600-4100 K; funzionano solo con determinati posizionamenti al montaggio

Lampade a vapori di sodio ad alta pressione. La luce di questo tipo di lampada è prodotta dall'eccitazione di atomi di sodio e da un processo di assorbimento e riflessione di raggi di diversa lunghezza d'onda. Hanno le seguenti caratteristiche: posizione di funzionamento qualsiasi; durata 8000-9000 ore; temperatura di colore 2000 K; resa cromatica pari a 20; potenze da 150 a 1000 W; alta efficienza luminosa (da 100 a 135 lm/W che diventa da 90 a 125 lm/W considerando l'alimentatore)

Lampade ad ioduri metallici: potenze da 70 W a 2000 W; alta resa cromatica (da 65 a 90); alta efficienza luminosa (da 70 a 95 lm/W che diventa da 60 a 90 lm/W considerando l'alimentatore); temperatura di colore: da 3000 a 5600 K; spesso funzionano solo in determinate condizioni di montaggio.

(2.3) Apparecchi di illuminazione

Gli apparecchi di illuminazione devono principalmente soddisfare le seguenti esigenze:

- fornire un adeguato supporto per la trasformazione dell'energia elettrica in luce;
- controllare e distribuire la luce delle lampade;
- mantenere la temperatura di funzionamento delle lampade e delle parti elettriche entro i limiti di sicurezza;
- avere un grado di protezione adeguato con riferimento agli ambienti in cui vengono installati;
- offrire una adeguata protezione contro la scossa elettrica;
- essere facilmente installabili ed ispezionabili.

Gli apparecchi di illuminazione devono inoltre essere di classe I o di classe II ed essere conformi alle relative Norme CEI. I riferimenti normativi specifici per gli apparecchi di illuminazione alimentati a tensione 230V 50Hz sono riportati nella tabella 2.3.

Nella tabella 2.4 sono riportate le prescrizioni riguardanti la classe di isolamento ed il grado di protezione degli apparecchi (vedi appendice B).

Tab. 2.3 - Riferimenti normativi per gli apparecchi di illuminazione

Norma Italiana	Norma Europea	Titolo
CEI 34-21	EN 60598-1	Apparecchi di illuminazione - Parte I: Prescrizioni generali e prove
CEI 34-23	EN 60598-2-1	Apparecchi di illuminazione - Parte II: Prescrizioni particolari. Apparecchi fissi per uso generale.
CEI 34-27	EN 60598-2-6	Apparecchi di illuminazione - Parte II: Prescrizioni particolari. Apparecchi con trasformatore incorporato per lampade ad incandescenza.
CEI 34-27 V1	EN 60598-2-6 A2	Apparecchi di illuminazione - Parte II: Prescrizioni particolari. Apparecchi con trasformatore incorporato per lampade ad incandescenza.
CEI 34-30	EN 60598-2-5	Apparecchi di illuminazione - Parte II: Prescrizioni particolari. Proiettori per illuminazione.
CEI 34-31	EN 60598-2-2	Apparecchi di illuminazione - Parte II: Prescrizioni particolari. Apparecchi di illuminazione da incasso.
CEI 34-33	EN 60598-2-3	Apparecchi di illuminazione - Parte II: Prescrizioni particolari. Apparecchi per illuminazione stradale.

Tab. 2.4 – Classe e grado di protezione degli apparecchi di illuminazione

Tipo di illuminazione	Classe di isolamento	Grado di protezione
D'interni	I o II	IP20 o IP 40
Industriale con lampade a scarica	I	IP44 per vano accessori elettrici IP45 per vano ottico
Industriale con lampade fluorescenti lineari	I o II	IP65
Per esterno	I o II	IP55
Stradali	I o II	IP44 per vano accessori elettrici IP45 per vano ottico

(2.4) Qualità dell'illuminazione

Le Norme UNI 10380 raccomandano per quasi tutti i tipi di attività il valore di illuminamento medio di esercizio, la tonalità di colore, il gruppo di resa del colore e la classe di controllo dell'abbagliamento G.

Nella tabelle seguenti è riportato un estratto di tali disposizioni.

I valori indicati si riferiscono in generale a una superficie di lavoro orizzontale all'altezza di 0,85 m dal pavimento. Per altri posizioni della superficie di lavoro, l'illuminamento di esercizio deve riferirsi a queste specifiche posizioni (per esempio verticali per il montaggio di quadri elettrici, per l'uso di lavagne ecc.). Per le zone di transito in fabbricati, alla loro mezzera, all'altezza di 0,2 m dal pavimento.

Ai fini della progettazione, i valori iniziali di illuminamento si ottengono moltiplicando quelli di esercizio per un fattore di deprezzamento, in modo da tener conto dell'invecchiamento e dell'insudiciamento dei materiali. Per ambienti interni si sceglie un fattore di deprezzamento pari a 1,25; in casi eccezionali, per esempio in ambienti polverosi o dove siano difficili le operazioni di pulizia dell'impianto di illuminazione e dei locali, si adotta un fattore di deprezzamento più elevato (esempio 1,43 oppure 1,67).

Tab.2.5 – Interni industriali

Tipo di locale, compito visivo o attività	Illuminamento di esercizio (lx)	Tonalità di colore	Ra'	G
Acciaierie e simili				
impianti di produzione senza intervento manuale	50-100-150	W,I	3	D
Impianti di produzione con intervento manuale	100-150-200	W,I	3	C
postazioni di lavoro fisse in impianti di produzione	200-300-500	W,I	3	C
controllo piattaforme ed ispezione	300-500-750	W,I	3	B
Colorifici				
verniciatura grossolana	200-300-500	W,I	1B	C
verniciatura ordinaria	300-500-750	W,I	1B	C
verniciatura fine	500-750-1.000	W,I	1B	B
ritocchi e controllo colore	750-1.000-1500	I,C	1A	B
Industrie tessili				
sballaggio, cardatura, stenditura	200-300-500	W,I	2	C
filatura, sbobinatura, tintura	300-500-750	W,I	1B	B
tessitura, cucitura. stampaggio tessuti	500-750-1000	W,I,C	1B	B
Officine meccaniche e di montaggio				
lavori occasionali	150-200-300	W,I	3	C
banchi per lavorazioni grosse, saldatura	200-300-500	W,I	3	C
banchi per lavorazioni medie	300-500-750	W,I	3	C
banchi per lavorazioni fini	500-750-1000	W,I,C	3	B
macchine automatiche	300-500-750	W,I	3	C
macchine automatiche sofisticate	500-750-1000	W,I,C	3	B
Trattamento e lavorazione del legno				
segatrici	150-200-300	W,I	2	B-C
banchi di lavorazione. assemblaggio	200-300-500	W,I	2	B
lavorazioni fini	300-500-750	W,I,C	2	A-B
tiniture e controllo	500-750-1000	I,C	1B	A-B

Tab. 2.6 - Interni civili

Tipo di locale, compito visivo o attività	Illuminamento di esercizio (lx)	Tonalità di colore	Ra'	G
Abitazioni e alberghi				
zona di conversazione o di passaggio	50-100-150	W	1A	A
zona di lettura	200-300-500	W	1A	A
zona di scrittura	300-500-750	W	1A	A
zona dei pasti	100-150-200	W	1A	A
cucina	200-300-500	W	1A	A
bagno. illuminazione generale.	50-100-150	W	1A	B
bagno. zona specchio	200-300-500	W	1A	B
camere. illuminazione generale	50-100-150	W	1A	B
camere. zona armadi	200-300-500	W	1A	B
camere letti	200-300-500	W	1A	B
camere stiratura,cucitura e rammendo	500-750-1000	W	1A	A
Negozi e magazzini				
aree di circolazione	150-200-300	I	1B	B
esposizione merci	300-500-750	I	1B	B
vetrine	500-750-1.000	W,I,C	1B	B
Uffici				
uffici generici dattilografia, sale computer	300-500-750	W,I	1B	B
uffici per disegnatori e per progettazione	500-750-1.000	W,I	1B	B
sale per riunioni	300-500-750	W,I	1B	B

(2.4.1) Uniformità di illuminamento

Il rapporto fra l'illuminamento minimo e quello medio, nel locale o nella zona del locale dove si svolge un determinato compito visivo (piano di riferimento), non deve essere minore di 0,8; nelle aree adiacenti, il valore medio dell'illuminamento non deve essere mai minore di un terzo del valore medio nella zona sede del compito visivo.

Nel caso di locali adiacenti, il rapporto fra l'illuminamento medio del locale più illuminato e quello del locale meno illuminato non deve essere maggiore di 5.

(2.4.2) Limitazione dell' abbagliamento

L'abbagliamento può essere causato sia dalle lampade nude e dagli apparecchi di illuminazione (*abbagliamento diretto*), sia dalle elevate luminanze prodotte dalle superfici lucide (*abbagliamento riflesso*)

Abbagliamento diretto. Le Norme UNI 10380 prevedono la massima luminanza degli apparecchi in funzione dal tipo di apparecchio, dell'angolo azimutale di osservazione γ , della classe di controllo dell' abbagliamento G e dell'illuminamento medio dell'ambiente.

(2.5) Progetto di un impianto di illuminazione

Per progettare un impianto di illuminazione in un ambiente chiuso è universalmente adottato il metodo del flusso totale secondo cui il numero N degli apparecchi di illuminazione, necessari per ottenere l'illuminamento medio in esercizio E, vale:

$$N = \frac{E \cdot a \cdot b}{\Phi \cdot U \cdot M} \quad (2.1)$$

dove:

E :illuminamento medio in esercizio,

a :lunghezza del locale,

b :larghezza del locale,

Φ :flusso luminoso emesso dalle lampade di ciascun apparecchio di illuminazione,

M :fattore di manutenzione (ossia l' inverso del fattore di deprezzamento)

U :fattore di utilizzazione.

Il fattore di utilizzazione U è fornito dal costruttore degli apparecchi di illuminazione , in funzione dei fattori di riflessione, del tipo di apparecchio di illuminazione, di lampada e dell'indice del locale K, definito da:

$$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)} \quad (2.2)$$

dove: a e b sono le dimensioni in pianta del locale ed h l'altezza degli apparecchi di illuminazione sul piano di lavoro.

(2.6) Illuminazione di sicurezza

L'obbligatorietà dell'illuminazione di emergenza nei luoghi di lavoro è sancita dal DL 626/94 riguardante il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro, secondo cui le vie di uscita e di emergenza che richiedono un'illuminazione devono essere dotate di un'illuminazione di sicurezza in caso di guasto dell'impianto elettrico. Inoltre i luoghi di lavoro nei quali i lavoratori sono particolarmente esposti in caso di guasto

dell'illuminazione artificiale, devono disporre di un'illuminazione di sicurezza di sufficiente intensità.

Secondo vari Decreti: D.M.9/4/94; D.P.R. 30/6/95, n°418; D.M.19/8/96, è da considerarsi un'illuminazione di sicurezza lungo le vie di uscita quella che assicura un'illuminazione non inferiore a 5 lux ad un metro di altezza del piano di calpestio.

In genere è richiesto che il tempo di alimentazione delle lampade di illuminazione di sicurezza sia minore di 0,5 secondi, e che l'autonomia di tale alimentazione sia superiore ad un'ora.