



Progetti Sistemi Elettrici

Vico S. Francesco, 16 cap 89121 Archi REGGIO CALABRIA
Tel. 0965.42693 - Fax 0965.654105 e-mail pserc@tin.it

Studio Associato di Ingegneria Elettrica



COMUNE DI SEREGNO

Provincia di Monza e della Brianza

EFFICIENTAMENTO ENERGETICO SCUOLA PRIMARIA MORO A SEGUITO DI CONTRIBUTO D.L. N. 34/2019 CIG: ZC1294AAEA

PROGETTO DEFINITIVO/ESECUTIVO

1				
0	020919	EMISSIONE		

REV.	DATA	DESCRIZIONE	RED.	VER.
		TITOLO ELABORATO	DATA	02.09.2019
		- RELAZIONE DI CALCOLO	ELABORATO	R 04_1
			SCALA	
			SOSTITUISCE ELAB.	

PROGETTISTA

Dott. Ing. Francesco G. Saraceno

1. OGGETTO

Il presente documento definisce i requisiti generali seguiti per la progettazione per l'efficientamento energetico della scuola primaria Moro di Seregno

Gli elaborati di progetto costituiti da:

- schemi di principio e distributivi;
- planimetrie elettriche con la rappresentazione delle apparecchiature;

CONSISTENZA

La presente relazione di calcolo ha lo scopo di illustrare le metodologie seguite per il dimensionamento e la scelta dei corpi illuminati relativamente alla corretta funzionalità degli impianti stessi, con riferimento alle condizioni di pieno esercizio ed al rispetto della normativa tecnica vigente in materia.

2. CALCOLI DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA

ILLUMINAMENTO MEDIO

Nell'applicazione dei livelli prescritti dalle vigenti normative, quando si parla di illuminamento si intende un illuminamento medio di esercizio E_m , cioè il valore medio di illuminamento sul piano di lavoro dell'ambiente considerato. Riferito ad uno stato medio di invecchiamento e durante l'esercizio ordinario delle apparecchiature illuminanti, mentre nella generalità delle misure si tende a rilevare una serie di illuminamenti puntiformi che non hanno alcun collegamento con l'effettivo illuminamento medio di un determinato ambiente. Per ottenere l'illuminamento medio è necessario calcolare un numero minimo di illuminamenti puntiformi sufficienti per una elaborazione al fine di risalire ad un valore medio accettabile, in relazione alle dimensioni del locale, all'altezza del piano di lavoro e all'altezza degli apparecchi illuminanti. Il termine illuminamento, misurato in lux, riguarda una grandezza fotometrica che rappresenta il rapporto tra il flusso luminoso Φ ricevuto da una superficie e l'area S della superficie stessa, cioè la quantità di luce presente su una determinata superficie definita piano di lavoro (superficie posta a 0,8 m dal pavimento negli ambienti di lavoro e a 0,2 m dal pavimento nelle zone di transito) e non la quantità di luce che investe un eventuale osservatore.

$$E = \Phi / S$$

Per poter valutare la quantità di luce che realmente perviene agli occhi occorre considerare anche altre grandezze quali la luminanza, l'illuminamento della retina, il flusso luminoso, l'abbagliamento, che tengono conto oltre che dell'illuminamento anche del potere riflettente delle superfici e della posizione dell'osservatore. Di conseguenza la relazione tra il livello di illuminamento e prestazione visiva deve essere considerata puramente indicativa. Pertanto i livelli di illuminamento, necessari per avere una definizione visiva ottimale di un oggetto, non possono essere definiti in assoluto; questo non solo perché i coefficienti di riflessione delle pareti e degli oggetti presenti nell'ambiente illuminato possono modificare la percezione visiva, ma anche

perché ogni individuo presenta diverse reazioni allo stimolo luminoso.

La norma di riferimento presa in esame per lo sviluppo del documento è la UNI 12464 -1 2011 “Luce e illuminazione – illuminazione dei posti di lavoro – Parte 1. Posti di lavoro in interni” e la Norma UNI 10840 “Locali Scolastici - Criteri generali per l’illuminazione artificiale e naturale”

Per la buona pratica di illuminazione, è essenziale che oltre al valore dell’illuminamento richiesto, siano soddisfatte le ulteriori esigenze qualitative e quantitative.

I requisiti illuminotecnici sono determinati dalla soddisfazione di tre esigenze umane fondamentali:

- comfort visivo; quando i lavoratori hanno una sensazione di benessere indirettamente questo contribuisce anche a ottenere alti livelli di produttività e una più alta qualità del lavoro;
- prestazione visiva; quando i lavoratori sono in grado di svolgere i loro compiti visivi anche in circostanze difficili e per periodi di tempo più lunghi;
- sicurezza.

I principali parametri che caratterizzano l’ambiente luminoso in relazione alla luce artificiale a quella diurna sono:

- distribuzione delle luminanze;
- illuminamento;
- direzionalità della luce,
- illuminazione nello spazio interno;
- variabilità della luce (livelli e colore della luce);
- resa dei colori e l’apparenza del colore della luce;
- abbagliamento;
- sfarfallamento.

Oltre all’illuminazione ci sono altri parametri ergonomici visivi che influiscono sulle prestazioni visive, quali per esempio:

- le proprietà intrinseche del compito (di dimensioni, forma, posizione, colore e proprietà di riflessione di dettaglio, e sfondo);
- la capacità oftalmica della persona (acuità visiva, percezione di profondità, percezione del colore);
- ambiente luminoso progettato e migliorato intenzionalmente, illuminazione priva di abbagliamento, buona resa del colore, segnali ad elevato contrasto e sistemi di guida ottici e tattili possono migliorare visibilità e senso della direzione e localizzazione.

(Vedere "CIE Guidelines for Accessibility: Visibility and Lighting Guidelines for Older Persons and Persons with Disabilities"). L’attenzione a questi fattori può migliorare le prestazioni visive senza ricorrere a livelli di illuminamento maggiori.

La ripartizione delle luminanze nel campo visivo controlla il livello di adattamento degli occhi che a sua volta influenza la visibilità del compito. Una luminanza di adattamento nel campo visivo ben bilanciata e necessaria per aumentare:

- l’acuità visiva (nitidezza della visione);
- la sensibilità al contrasto (discriminazione di piccole differenze di luminanza);
- l’efficienza delle funzioni oculari (quali accomodamento, convergenza, contrazione pupillare, movimenti oculari, ecc.).

La ripartizione delle luminanze nel campo visivo influenza anche il comfort visivo. Conseguentemente si dovrebbe evitare quanto segue:

- luminanze troppo elevate che potrebbero provocare abbagliamento;
- contrasti di luminanza troppo elevati che causerebbero affaticamento a causa delle costanti variazioni di adattamento oculare;
- luminanze troppo basse e contrasti di luminanza troppo bassi che darebbero luogo ad un ambiente di lavoro monotono e non stimolante.

Per creare una ripartizione delle luminanze ben bilanciata devono essere prese in considerazione le luminanze di tutte le superfici, che saranno determinate dal fattore di riflessione e dall'illuminamento sulle superfici stesse. Per evitare l'oscurità e per alzare i livelli di adattamento e il comfort delle persone presenti negli edifici, è altamente desiderabile disporre di superfici interne luminose, particolarmente le pareti e i soffitti.

Il progettista illuminotecnico deve prendere in considerazione e selezionare i valori appropriati del fattore di riflessione e illuminamento per le superfici interne considerando le seguenti grandezze:

1 lux = illuminamento prodotto dal flusso di un lumen distribuito in modo uniforme su di una superficie di un metro quadrato

Illuminamento medio di esercizio E_m :

Valore medio di illuminamento sul piano di lavoro considerato riferito allo stato medio di invecchiamento e sporcamiento dell'impianto di illuminazione (decadimento del flusso delle lampade, sporcamiento dei corpi illuminanti e delle superfici delimitanti l'ambiente)

E_m Illuminamento medio di esercizio o mantenuto

Valore medio di illuminamento sul piano di lavoro considerato riferito allo stato medio di invecchiamento e sporcamiento dell'impianto di illuminazione (decadimento del flusso delle lampade, sporcamiento dei corpi illuminanti e delle superfici delimitanti l'ambiente).

Moltiplicando il livello di illuminamento medio ad impianto nuovo per il fattore di manutenzione (MF) si ottiene l'illuminamento medio di esercizio o mantenuto E_m .

$$E_m = MF \times E_m$$

Il fattore di manutenzione può essere calcolato individualmente; esso tiene conto del calo di flusso luminoso dovuto all'invecchiamento e all'usura di lampade, apparecchi e superfici perimetrali.

I fattori di manutenzione (MF) possono essere calcolati individualmente seguendo le specifiche del produttore. Nel caso non siano disponibili dati particolari specifici sulla manutenzione, in presenza di tecnologie moderne e ipotizzando interventi ogni tre anni si adotta i seguenti fattori di manutenzione: 0,67 in ambienti molto puliti e 0,50 dove si sviluppa una certa sporcizia:

ambienti molto puliti	0,67
ambienti medio puliti	0,50
ambienti sporchi	< 0,50

Le norme EN 12464 prevedono che il progettista documenti sia il fattore che lo stesso programma di manutenzione.

ABBAGLIAMENTO DA LUCE NATURALE (DGP)

Per quanto riguarda l'abbagliamento da luce naturale non esiste una normativa di riferimento con dei veri e propri valori limite; si adotta la scala di valori percentuali teorizzata da Jan Weinold e largamente condivisa dai professionisti del settore. La scala suddivide in tre classi il valore percentuale che identifica l'abbagliamento.

In tabella 2 sono riportate le classi e le corrispondenti soglie.

	Giare weaker than "imperceptible"	Giare weaker than "perceptible "	Giare weaker than "disturbing"
DGP Limit [%]	<35	<40	<45

Tabella 2

Formula utilizzata per il calcolo del DGP

$$DGP = 5,87 \cdot 10^{-5} \cdot E_v + 9,18 \cdot 10^{-2} \cdot \log \left(1 + \sum_i \frac{L_i^2 \cdot \omega_i}{E_v^{1,87} \cdot p_i^2} \right) + 0,16$$

dove:

- E_v è l'illuminamento verticale all'occhio dell'osservatore.
- L_i è la luminanza [Cd/m²] media della i-esima sorgente di abbagliamento.
- ω_i è l'angolo solido della i-esima sorgente.
- p_i è l'indice di posizione della i-esima sorgente. **UNI EN 12464-1**

UGR - ABBAGLIAMENTO MOLESTO

Per abbagliamento si intende la sensazione visiva causata da una distribuzione sfavorevole delle luminanze e/o da contrasti eccessivi di luminanze nel campo visivo.

L'abbagliamento diretto (chiamato molesto) è provocato direttamente dalle sorgenti luminose, cioè dagli apparecchi di illuminazione. Esso viene valutato nella norma UNI EN 12464 - 1, attraverso il metodo dell'indice unificato di abbagliamento UGR (Unified Glare Rating). L'UGR è un indice unificato in campo internazionale, sviluppato dalla CIE (Commission International de l'Eclairage) per ogni specifica applicazione, in funzione della disposizione degli apparecchi illuminanti, delle caratteristiche dell'ambiente e del punto di osservazione degli operatori. I valori standard di riferimento dell'UGR sono compresi tra 10 (nessun abbagliamento) e 30 (abbagliamento fisiologico considerevole) distanziati di 3 unità (10, 13, 16, 19, 22, 25 e 28): più basso è il valore, minore è l'abbagliamento diretto.

In tabella sono riportati fedelmente i requisiti di illuminazione per interni (zone), compiti e attività così come descritti dalla normativa UNI EN 12464 -1: 2011

Viene indicato il valore massimo di UGR da non superare.

Il fattore UGR tiene conto della luminanza di sfondo e della somma dell'effetto di abbagliamento di ciascun apparecchio riferite ad una posizione standard dell'osservatore.

Formula utilizzata per il calcolo dell'UGR

$$UGR = 8 \cdot \log \left(0,25 \cdot \sum Li \cdot Li^{\alpha_i} / \pi_i \right) / Lu$$

dove:

- Lu è la luminanza [Cd/m²] media di tutto l'ambiente, escluse le sorgenti.
- Li è la luminanza [Cd/m²] media della i-esima sorgente di abbagliamento.
- α_i è l'angolo solido della i-esima sorgente.
- π_i è l'indice di posizione della i-esima sorgente.

I valori minimi consigliati dell'UGR formano una serie i cui livelli indicano variazioni percepibili dell'abbagliamento

La serie UGR 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28

Le sorgenti di elevata luminosità possono causare abbagliamento ed alterare la visione degli oggetti. Questo fenomeno deve essere evitato, per esempio, con un'adeguata schermatura delle lampade e dei lucernari o con un'adeguata schermatura dalla luce diurna di elevata luminosità proveniente dalle finestre. Per gli apparecchi di illuminazione, si devono applicare gli angoli minimi di schermatura nel campo visivo in funzione delle luminanze specifiche delle lampade.

UO - UNIFORMITÀ MINIMA DI ILLUMINAMENTO

L'uniformità di illuminamento è un parametro definito come il rapporto fra l'illuminamento minimo e l'illuminamento medio su una data superficie (E_{min}/E_m).

La norma UNI EN 12464-1 definisce due valori minimi di uniformità al di sotto dei quali non scendere:

zone del compito visivo > 0,7

zone immediatamente circostanti > 0,5

TCP - APPARENZA DEL COLORE

L'apparenza del colore di una lampada si riferisce al colore apparente (cromaticità) della luce emessa. E' definita dalla sua temperatura prossimale di colore (Tcp),

L'apparenza del colore della luce diurna varia nel corso della giornata.

Apparenza del colore	Temperatura del colore prossimale Tcp
Calda	Minore di 3000 K
Intermedia	Da 3000 K a 5000 K
Fredda	Maggiore di 5000 K

Ra - Resa del colore

Per la prestazione visiva e la sensazione di comfort e di benessere i colori nell'ambiente di oggetti e della pelle umana devono essere resi in modo naturale, corretto e che faccia apparire le persone attraenti e in buona salute.

Per fornire un'indicazione obiettiva delle proprietà di resa del colore di una sorgente luminosa si usa l'indice generale di resa del colore Ra.

Ra > 90

Valore minimo dell'indice di resa del colore per vari tipi di interni (zone) dai CAM, compiti

o attività è fornito nei prospetti da 5.1 a 5.53 della EN 12464-1.

FR - FATTORE DI RIFLESSIONE DELLE SUPERFICI

I fattori di riflessione consigliati per i fattori di riflessione diffusa delle principali superfici di un locale sono:

soffitto	0,7 + 0,9
Pareti	0,5 + 0,8
pavimento	0,2 + 0,4

GRIGLIA DI ILLUMINAMENTO

Si devono creare sistemi a griglia per indicare i punti nei quali si calcolano e si verificano i valori di illuminamento per la(e) zona(e) del compito, la(e) zona(e) immediatamente circostante(i) e la(e) zona(e) di sfondo.

Si preferiscono celle della griglia approssimativamente quadrate, il rapporto tra lunghezza e larghezza di una cella della griglia deve essere mantenuto tra 0,5 e 2 (vedere anche EN 12193 ed EN 12464-2).

Le dimensioni massime della griglia devono essere:

$$p = 0,2 \times 5^{1 \cdot \log_{10}(d)} \quad (1)$$

d è la dimensione più lunga dell'area di calcolo (m), tuttavia se il rapporto tra il lato più lungo e quello più corto è 2 o più, allora d diventa la dimensione più corta della zona, e p è la dimensione massima della cella della griglia (m).

Il numero di punti nella dimensione pertinente è dato dal numero intero più vicino a d/p .

L'interdistanza risultante tra i punti della griglia è usata per calcolare il numero intero più vicino di punti della griglia nell'altra dimensione. Questo fornisce un rapporto tra lunghezza e larghezza di una cella della griglia vicino a 1.

Si esclude dalla zona di calcolo una fascia di 0,5 m dalle pareti fatta eccezione per i casi in cui una zona del compito si trova in quest'area di confine o si estende al suo interno.

Si deve applicare a pareti e soffitto una dimensione della griglia appropriata e si può applicare anche una fascia di 0,5 m.

Nota 1

L'interdistanza dei punti della griglia non dovrebbe coincidere con l'interdistanza degli apparecchi di illuminazione.

Nota 2

La formula (1) (desunta da CIE x005-1992) è stata ricavata in base all'ipotesi che p sia proporzionale a (d) , dove:

$$p = 0,2 \text{ m}$$

$$d = 1 \text{ m}$$

p = 1 m

d = 10m

p = 5 m

per d = 100 m

UNI EN 12464-1

APPENDICE A — VALORI TIPICI DI INTERDISTANZA DEI VALORI DELLA GRIGLIA

Il prospetto A.1 fornisce valori tipici per interdistanza dei punti della griglia sulla base della formula suddetta

Prospetto A.1 — Numero raccomandato di punti della griglia		
Lunghezza della zona	Distanza massima tra i punti	Numero minimo di punti della griglia
0,40	0,15	3
0,60	0,20	3
1,00	0,20	5
2,00	0,30	6
5,00	0,60	8
10,00	1,00	10
25,00	2,00	12
50,00	3,00	17
100,00	5,00	20

I calcoli sono stati effettuati con software certificato Dialux versione 4.14