

SCHEDA CRITERIO D.4.1 – ILLUMINAZIONE NATURALE

QUALITÀ AMBIENTALE INDOOR		NUOVA COSTRUZIONE RISTRUTTURAZIONE		D.4.1
Benessere visivo				
Illuminazione naturale				
<input type="checkbox"/> Edifici per uffici		<input type="checkbox"/> Edifici scolastici		<input type="checkbox"/> Edifici industriali
<input checked="" type="checkbox"/> Edifici ricettivi				<input type="checkbox"/> Edifici commerciali
AREA DI VALUTAZIONE		CATEGORIA		
D. Qualità ambientale indoor		D.4 Benessere visivo		
ESIGENZA		PESO DEL CRITERIO		
Assicurare adeguati livelli d'illuminazione naturale in tutti gli spazi primari occupati.		nella categoria	nel sistema completo	
INDICATORE DI PRESTAZIONE		UNITA' DI MISURA		
Fattore medio di luce diurna medio degli ambienti dell'edificio (Dm).		%		
SCALA DI PRESTAZIONE				
		%		PUNTI
NEGATIVO		< 100		-1
SUFFICIENTE		100		0
BUONO		115		3
OTTIMO		125		5

Metodo e strumenti di verifica edifici per uffici, edifici commerciali, edifici industriali, edifici ricettivi

1. Calcolare, per ogni finestra, il fattore di luce diurna (D) in assenza di schermatura mobile e considerando gli ombreggiamenti fissi, per ciascun tipo di vetro e di locale, secondo la procedura descritta nell'Appendice C della UNI EN 15193.

Nota 1 Il calcolo del Fattore di Luce Diurna (D) si effettua per ciascun ambiente principale dell'edificio illuminato naturalmente ad esclusione di bagni, lavanderie, ripostigli, magazzini, spazi di distribuzione, locali impiantistici, garage, vani scala. Per un calcolo più dettagliato o per casi particolari (es. presenza di più finestre in un unico locale, etc.), si rimanda alle indicazioni contenute nell'Appendice C della UNI EN 15193.

FINESTRE VERTICALI

Calcolare il fattore di luce diurna relativo alla geometria della finestra Dc_i [%] con la seguente formula:

$$Dc_i = (4.13 + 20 \cdot I_T - 1.36 \cdot I_{DE}) \cdot I_O \tag{1}$$

Dove

- I_T = indice di trasparenza dell'ambiente con caratteristiche illuminotecniche omogenee, [-];
- I_{DE} = indice di profondità della zona illuminata, [-];
- I_O = indice di ostruzione medio dell'ambiente, [-].

Illuminazione naturale

Calcolare il Fattore di Luce Diurna D_i [%] dell'ambiente secondo la seguente formula:

$$D_i = D_{C_i} \cdot \tau_{D65} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \quad (2)$$

dove:

- D_{C_i} = fattore di luce diurna relativo alla geometria delle finestre, [%];
- τ_{D65} = fattore di trasmissione luminosa emisferico della superficie trasparente (in assenza di dati documentati è possibile fare riferimento ai valori contenuti nella Tabella C.1a della UNI EN 15193), [-];
- k_1 = fattore di riduzione dovuto al telaio¹, [-];
- k_2 = fattore di riduzione dovuto alla presenza di sporcizia sul vetro, [-];
- k_3 = fattore di riduzione dovuto all'incidenza non perpendicolare della luce solare², [-].

FINESTRE ORIZZONTALI

Calcolare il fattore di luce diurna D_i relativo alla geometria della finestra con la seguente formula:

$$D_i = D_{ext} \cdot \tau_{D65} \cdot k_{obl,1} \cdot k_{obl,2} \cdot k_{obl,3} \cdot \frac{\sum A_{Rb}}{A_{Rg}} \cdot \eta_R \quad (3)$$

dove:

- D_{ext} = fattore di luce diurna esterno, [%];
- τ_{D65} = fattore di trasmissione luminosa emisferico della superficie trasparente (in assenza di dati documentati è possibile fare riferimento ai valori contenuti nella Tabella C.1a della UNI EN 15193), [-];
- $k_{obl,1}$ = fattore di riduzione dovuto al telaio, [-];
- $k_{obl,2}$ = fattore di riduzione dovuto alla presenza di sporcizia sul vetro, [-];
- $k_{obl,3}$ = fattore di riduzione dovuto all'incidenza non perpendicolare della luce solare, [-];
- A_{Rb} = area del vano finestra i-esimo, [m²];
- A_{Rg} = superficie utile di pavimento dell'ambiente, [m²];
- η_r = fattore di utilizzazione delle finestre orizzontali, [%].

2. Calcolare il fattore di luce diurna dell'ambiente con più finestre.

Calcolare il fattore di luce diurna degli ambienti con più finestre secondo lo schema seguente:

- determinare geometricamente la posizione e l'estensione dell'area illuminata di ciascuna finestra secondo i punti C2 e C3 della UNI 15193;
- associare a queste zone il valore del fattore di luce diurna massimo tra i fattori di luce diurna delle aree che si sovrappongono (immagine D.4.1.a);
- associare a ogni area illuminata il suo fattore di luce diurna $D_{c,fin}$;
- determinare le zone di sovrapposizione delle aree illuminate;

¹ Ai fini del calcolo si suggerisce di individuare il rapporto tra l'area vetrata della finestra e l'area totale del vano finestra rispetto al filo della parete esterna.

² Ai fini del calcolo si suggerisce di utilizzare un valore pari a 0.9 anziché 0.85 (valore suggerito dalla UNI 15193).

illuminazione naturale

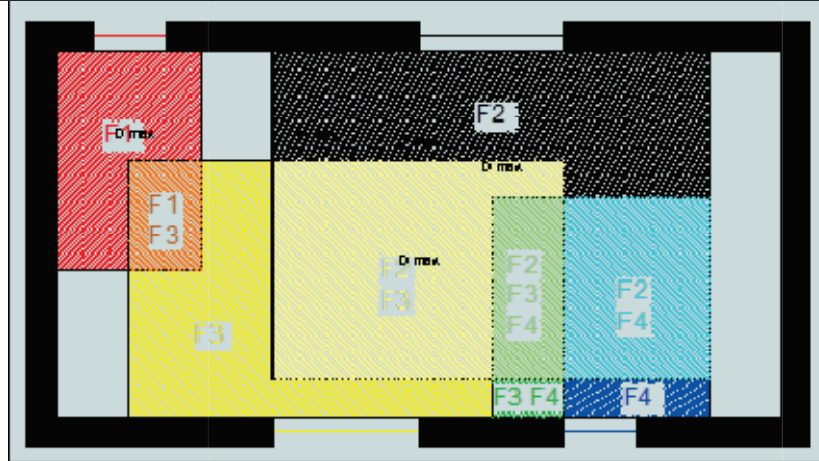


Immagine D.4.1.a

- calcolare il fattore di luce diurna dell'ambiente come media pesata dei fattori D di ciascuna finestra sulle rispettive aree illuminate:

$$D_m = \frac{\sum (D_i \cdot F_i)}{\sum F_i} \quad (4)$$

Nota 2 Qualora la somma delle superfici delle aree illuminate sia < 40% della superficie utile dell'ambiente interessato assegnare all'ambiente i $D_i=0$, indipendentemente dal valore del fattore D.

2. Calcolare il valore D_m dell'edificio come media pesata dei valori D dei singoli ambienti sulle relative superfici dei locali (B):

$$D_m = \frac{\sum (D_i \cdot S_u)}{\sum S_u} \quad (5)$$

dove:

- D_i = fattore di luce diurna dell'ambiente i-esimo, [%];
- S_u = superficie utile di pavimento dell'ambiente i-esimo, [m²].

3. Calcolare la media del fattore medio di luce diurna degli ambienti dell'edificio limite (hm,m,lim), utilizzando i valori riportati nella tabella D.4.1.a, eseguendo la media dei fattori calcolati per ciascun locale pesata sulla superficie dei locali stessi, (A):

$$D_{m,lim} = \frac{\sum (D_{m,i,lim} \cdot A_i)}{\sum (A_i)} \quad (6)$$

dove:

$D_{m,i,lim}$ = fattore medio di luce diurna limite dell'ambiente i-esimo A_i = superficie utile dell'ambiente i-esimo

Illuminazione naturale

Destinazione d'uso ambienti	D _{lim}
Uffici	2%
Corridoi, scale, spazi distribuzione	1%
Edifici commerciali	2%
Edifici industriali	1%
Camere albergo	1%
Ristorante	2%
Biblioteche, sale lettura	2%
Sale espositive, musei	1%

Tabella D.4.1.a – Valori limite di riferimento del fattore di luce diurna.

4. Calcolare il rapporto percentuale tra la media del fattore medio di luce diurna degli ambienti dell'edificio da valutare (B) e la media del fattore medio di luce diurna degli ambienti dell'edificio limite (A): $B/A \times 100$.

5. Confrontare il valore calcolato con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio. Il punteggio da attribuire al criterio si ricava per interpolazione lineare rispetto ai valori della scala di prestazione.

Metodo e strumenti di verifica edifici scolastici

6. Calcolare, per ogni ambiente, il fattore medio di luce diurna (η_m) in assenza di schermatura mobile e considerando gli ombreggiamenti fissi, per ciascun tipo di vetro e di locale, secondo la procedura descritta nell'Appendice A nella norma UNI 10840.

$$\eta_m = \frac{E_i}{E_e} \cdot 100 \quad (7)$$

dove:

η_m = fattore medio di luce diurna [%];

E_i = Illuminamento medio dell'ambiente interno dovuto alla sola luce naturale diffusa dalla volta celeste;

E_e = Illuminamento naturale dell'ambiente esterno nelle identiche condizioni di tempo e di luogo su identica superficie esterna esposta in modo di avere luce diffusa dall'intera volta celeste in condizioni di cielo coperto senza irraggiamento solare diretto.

Calcolare il fattore di luce diurna in assenza di schermatura mobile (ma tenendo in considerazione gli oggetti e gli elementi di ombreggiamento fissi), per ciascun tipo di vetro e di locale, secondo la procedura descritta nello standard UNI EN ISO 10840 (Appendice A); la metodologia prevede l'applicazione di un'unica formula in cui inserire i dati di input:

$$\eta_m = \frac{\sum \varepsilon_i \cdot \tau_i \cdot A_i \cdot \Psi_i}{S (1 - \rho_m)} \quad (8)$$

Illuminazione naturale

dove:

ϵ_i = fattore finestra che tiene conto delle ostruzioni: posizione della volta celeste vista dal baricentro della finestra della finestra i-esima [-]

τ_i = fattore di trasmissione luminosa relativo alla superficie vetrata della finestra i-esima [-]

A_i = area della superficie vetrata (telaio escluso) della finestra i-esima [m²]

S = area totale delle superfici interne che delimitano l'ambiente [m²] $S = \sum A_n$

ρ_m = fattore medio di riflessione luminosa delle superfici che delimitano l'ambiente [-]

Ψ_i = coefficiente di riduzione del fattore finestra conseguente all'arretramento della finestra rispetto al filo della facciata [-]

Calcolare il fattore finestra ϵ in relazione a come la finestra "vede" il cielo: per lucernario orizzontale libero da ostacoli $\epsilon = 1$; per finestre orizzontali, $\epsilon = 0,5$ per finestre verticali prive di ostacoli, $\epsilon < 0,5$ per finestre verticali con ostacoli.

Calcolare il fattore finestra ϵ :

Caso 1: ostruzione frontale

$$\epsilon = (1 - \text{sen } \alpha)/2 \tag{9}$$

dove: α è l'angolo piano di altitudine che sottende la parte ostruita di cielo (in assenza di ostruzione $\epsilon = 0,5$).

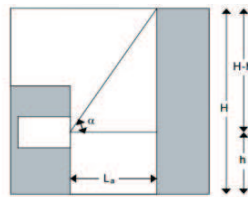


Figura 1 Valore del fattore finestra ϵ per ostruzioni poste di fronte alla finestra del locale considerato.

Caso 2: ostruzione collocata nella parte superiore

$$\epsilon = \text{sen } \alpha_2/2 \tag{10}$$

dove: α_2 è l'angolo piano che sottende la parte visibile di cielo .

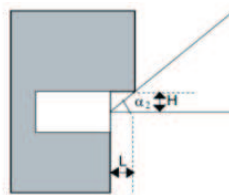


Figura 2 Valore del fattore finestra ϵ per ostruzioni superiori

Caso 3: ostruzione frontale e superiore

$$\epsilon = \frac{\text{sen } \alpha_2 - \text{sen } \alpha}{2} \tag{11}$$

dove: α è l'angolo piano di altitudine che sottende la parte ostruita di cielo, α_2 è l'angolo piano che sottende la parte visibile di cielo.

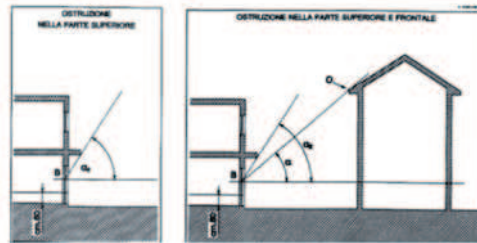


Figura 3 Parametri geometrici per ostruzione frontale e superiore

Calcolare il fattore di trasmissione luminosa relativo alla superficie vetrata della finestra i-esima, in assenza di dati tecnici del vetro forniti dal produttore, utilizzare la seguente tabella.

Sistemi trasparenti	Coefficienti di trasmissione luminosa τ
vetro float singolo chiaro 4-6 mm	0,80-0,90
vetro float singolo assorbente	0,70-0,80
vetro singolo retinato	0,85
vetro float singolo colorato in massa a seconda del colore	0,30-0,60
vetro float singolo riflettente	0,35-0,60
vetro float singolo bassoemissivo	0,50-0,75
doppio vetro 6-12-6 – lastre float chiare	0,65-0,75
doppio vetro 6-12-6 – lastre float chiare con ricoprimento bassoemissivo	0,60
policarbonato chiaro	0,80-0,90
lastre traslucide in materiale plastico	0,10-0,8

Tabella D.4.1.b – Valori indicativi dei coefficienti di trasmissione per incidenza normale nel visibile di alcuni sistemi trasparenti.

Calcolare l'area della superficie vetrata di ciascuna finestra al netto del telaio.

Calcolare il fattore di riflessione medio ρ_m come media ponderata dei fattori di riflessione delle varie superfici S_i , dell'ambiente secondo la seguente formula: riportati in in funzione del colore delle superfici:

$$\rho_m = \frac{\sum S_i \cdot \rho_i}{\sum S_i} \quad (12)$$

Materiale e natura della superficie	Coefficiente di riflessione ρ
Intonaco comune bianco recente o carta	0,8
Intonaco comune o carta di colore molto chiaro (avorio, giallo, grigio)	0,7
Intonaco comune o carta di colore chiaro (avorio, rosa chiaro)	0,6 ÷ 0,5
Intonaco comune o carta di colore medio (verde chiaro, azzurro chiaro)	0,5 ÷ 0,3
Intonaco comune o carta di colore scuro (verde oliva, rosso)	0,3 ÷ 0,1
Mattone chiaro	0,4
Mattone scuro, cemento grezzo, legno scuro, pavimenti di tinta scura	0,2
Pavimenti di tinta chiara	0,6 ÷ 0,4
Alluminio	0,8 ÷ 0,9

Tabella D.4.1.c – Valori convenzionali del coefficiente di riflessione ρ .

Calcolare il fattore di riduzione ψ previa determinazione dei rapporti h/p e L_a/p indicati nel grafico D.4.1.c, in relazione alla posizione del telaio rispetto al vano finestra e alla profondità del vano finestra. Individuare sull'asse delle ascisse del grafico della medesima figura il valore h/p indi tracciare la retta verticale fino a che s'incontra il punto di intersezione con la curva

illuminazione naturale

corrispondente al valore di l/p precedentemente determinato. Da quest'ultimo punto si traccia la retta orizzontale che individua sull'asse delle ordinate il valore del coefficiente di riduzione ψ

dove:

p = spessore del muro [m]

h = altezza del vano finestra [m]

L = lunghezza del vano finestra

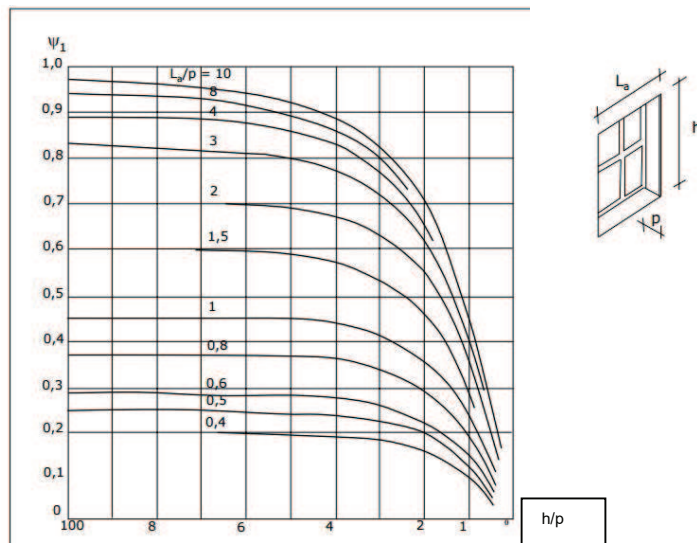


Grafico D.1.4.c – Fattore di riduzione apertura verticale Ψ_v .

Calcolare il valore D_m dell'edificio come media pesata dei valori D dei singoli ambienti sulle relative superfici dei locali (B):

$$D_m = \frac{\sum (D_i \cdot S_u)}{\sum S_u} \quad (13)$$

dove:

D_i = fattore di luce diurna dell'ambiente i-esimo, [%];

S_u = superficie utile di pavimento dell'ambiente i-esimo, [m²].

7. Calcolare la media del fattore medio di luce diurna degli ambienti dell'edificio limite (hm,m,lim), utilizzando i valori riportati nella tabella D.4.1.a, eseguendo la media dei fattori calcolati per ciascun locale pesata sulla superficie dei locali stessi, (A):

$$D_{,m,lim} = \frac{\sum (D_{m,i,lim} \cdot A_i)}{\sum (A_i)} \quad (14)$$

Illuminazione naturale

dove:

$D_{m,i,lim}$ = fattore medio di luce diurna limite dell'ambiente i-esimo $A_{i,u}$ = superficie utile dell'ambiente i-esimo

Destinazione d'uso ambienti	$D_{,lim}$
Aule scolastiche	3%
Palestre, mense, refettori	2%
Uffici, aula magna, sale docenti	2%
Corridoi, scale, spazi distribuzione	1%
Biblioteche, sale lettura	2%

Tabella D.4.1.d – Valori limite di riferimento del fattore di luce diurna degli ambienti scolastici.

8. Calcolare il rapporto percentuale tra la media del fattore medio di luce diurna degli ambienti dell'edificio da valutare (B) e la media del fattore medio di luce diurna degli ambienti dell'edificio limite (A): $B/A \times 100$.

9 Confrontare il valore calcolato con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio. Il punteggio da attribuire al criterio si ricava per interpolazione lineare rispetto ai valori della scala di prestazione.