Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO



Verifica e validazione del software LENICALC V1 e applicazione ad edifici tipo

A. Pellegrino, V.R.M. Lo Verso, A. Paragamyan, C. Aghemo

POLITECNICO
DI TORINO

Report RdS/PAR2016/015

VERIFICA E VALIDAZIONE DEL SOFTWARE LENICALC V1 E APPLICAZIONE A EDIFICI TIPO

A. Pellegrino, V.R.M. Lo Verso, A. Paragamyan, C. Aghemo
(Politecnico di Torino, Dipartimento Energia, TEBE Group)

Settembre 2017

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA
Piano Annuale di Realizzazione 2016
Area: Efficienza energetica e risparmio di energia negli usi finali elettrici e interazione con altri vettori energetici
Progetto: D.6 Sviluppo di un modello integrato di smart district urbano
Obiettivo: c. Controllo e valutazione delle infrastrutture pubbliche energivore
Responsabile del Progetto: Claudia Meloni, ENEA

Il presente documento descrive le attività di ricerca svolte all'interno dell'Accordo di collaborazione "*Verifica e validazione del software LENICALC V1 e applicazione ad edifici tipo*"
Responsabile scientifico ENEA: Arch. Laura Blaso
Responsabile scientifico Politecnico di Torino DENERG: prof.ssa Anna Pellegrino

Indice

SOMMARIO 4
1 INTRODUZIONE 5
2 RICHIAMI RELATIVI AL METODO DI CALCOLO DEL LENI 6
3 VERIFICA E VALIDAZIONE DEL SOFTWARE LENICALC V1 8
4 VALIDAZIONE DEL CALCOLO PER UNA SINGOLA ZONA IN PRESENZA DI UNA APERTURA 10
4.1 VALIDAZIONE DEL CALCOLO DI W_L 10
4.1.1 Validazione del calcolo del fattore di dipendenza dalla luce diurna - F_D 10
4.1.2 Risultati relativi alla validazione del calcolo di F_D 16
4.1.3 Validazione del calcolo del fattore di dipendenza dall'occupazione – F_O 20
4.1.4 Risultati relativi al calcolo di F_O 21
4.1.5 Validazione del calcolo del fattore di illuminazione costante – F_C 21
4.1.6 Risultati relativi al calcolo di F_C 22
4.2 VALIDAZIONE DEL CALCOLO DI W_P 22
4.2.1 Risultati relativi al calcolo di W_P 22
5 VALIDAZIONE DEL CALCOLO PER UNA SINGOLA ZONA IN PRESENZA DI APERTURE SU PIÙ LATI 23
5.1.1 Validazione del calcolo del fattore di dipendenza dalla luce diurna - F_D 23
5.1.2 Risultati relativo al calcolo di F_D per ambienti con aperture su più lati 27
6 VALIDAZIONE DEL CALCOLO IN PRESENZA DI PIÙ ZONE IN UN AMBIENTE 29
6.1.1 Risultati relativo al calcolo del LENI in presenza di più zone in un ambiente 31
7 APPLICAZIONE DEL METODO DI CALCOLO DEL LENI A EDIFICI PUBBLICI DI RIFERIMENTO 32
7.1 EDIFICIO SCOLASTICO 32
8 CONCLUSIONI 49
9 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI 50
10 ABBREVIAZIONI ED ACRONIMI 51

Sommario

Il presente rapporto tecnico riporta principalmente i risultati della validazione di un software sviluppato ad hoc per il calcolo dell'indice di fabbisogno di energia elettrica per l'illuminazione negli edifici (LENICALC ENEA V1). Il software, sviluppato da ENEA, implementa il metodo di calcolo dell'indice LENI (Lighting Energy Numerical Indicator) standardizzato dalla nuova versione della normativa EN 15193:2017, emanata nel corso del 2017 come revisione della versione originale della stessa norma, risalente al 2007 e adottata dall'UNI nel 2008. Tale documento normativo fa parte dell'insieme di strumenti tecnici per il calcolo della prestazione energetica degli edifici, messi a punto a livello europeo, e recepiti a scala nazionale, per l'adozione delle misure espresse dalla Direttiva Europea 2002/91/CE sul rendimento energetico degli edifici (EPBD) e dalla successiva revisione (2012/31/UE, EPBD recast).

I risultati contenuti nel rapporto sono relativi al secondo anno di un'attività di ricerca congiunta fra Politecnico di Torino ed ENEA: nel corso del primo anno, sono stati analizzati i diversi i fattori che contribuiscono a determinare il consumo di energia elettrica per l'illuminazione negli edifici, arrivando poi a identificare degli edifici di riferimento ai quali applicare la procedura di calcolo del LENI proposta dalla norma.

Il processo di validazione ha riguardato tutti i principali fattori che influenzano il valore LENI, utilizzando come caso-studio un ambiente campione del quale sono state variate le caratteristiche, sia climatiche e di localizzazione geografica, sia architettoniche, sia di natura impiantistica. La validazione è stata strutturata in diverse fasi: *i*) validazione dei risultati ottenuti per una singola zona in presenza di una singola apertura nell'ambiente campione: in particolare, sono stati oggetto della validazione i vari fattori che influenzano il calcolo della disponibilità di luce naturale in ambiente, quelli relativi all'occupazione di un ambiente e quelli relativi alla presenza di sistemi di controllo dell'emissione luminosa dei sistemi di luce artificiale; *ii*) validazione dei risultati ottenuti per una singola zona in presenza di aperture su più lati nell'ambiente campione: in questo caso, si sono applicati i risultati ottenuti attraverso due diversi metodi proposti dalla norma ("superimposition" e "predominant area"); *iii*) validazione dei risultati ottenuti in presenza di più zone presenti nell'ambiente campione, caratterizzate da attività diverse (con requisiti illuminotecnici diversi e pertanto con un sistema di illuminazione specifico, con potenza installata diversa).

Come ulteriore ambito di analisi, il rapporto tecnico contiene i risultati ottenuti applicando il metodo di calcolo del LENI proposto dalla norma ad alcuni edifici di riferimento identificati nel corso del primo anno di attività di riverca, in particolare ad un edificio scolastico tipo, con l'obiettivo da un lato di definire dei valori di massima di benchmark relativi al patrimonio di edifici scolastici italiani esistenti e dall'altro di evidenziare i potenziali risparmi energetici connessi a diversi interventi di retrofit riguardanti i sistemi di illuminazione.

1 Introduzione

A seguito dell'emanazione della Direttiva Europea 2002/91/CE sul rendimento energetico degli edifici (EPBD) e sua successiva revisione (2010/31/UE, EPBD recast), è stato avviato un processo di definizione delle metodologie e degli strumenti tecnici per il calcolo della prestazione energetica degli edifici. Considerata la complessità dei fattori che contribuiscono a determinare il fabbisogno energetico degli edifici, il quadro delle normative che, a scala europea (emanate dal CEN) e quindi a livello nazionale (emanate dall'UNI), stabiliscono procedure univoche di riferimento per la valutazione del fabbisogno di energia primaria degli edifici risulta piuttosto articolato. In particolare, la prestazione energetica degli edifici è determinata sulla base della quantità di energia necessaria annualmente per soddisfare le esigenze legate a un uso standard dell'edificio e corrisponde al fabbisogno energetico annuale globale in energia primaria per il riscaldamento e il raffrescamento, per la ventilazione, per la produzione di acqua calda sanitaria, per l'illuminazione e per gli impianti di sollevamento e scale mobili.

Per quanto riguarda l'illuminazione, la normativa tecnica che definisce la procedura di calcolo della prestazione energetica dei sistemi di illuminazione degli edifici, ovvero del Lighting Energy Numeric Indicator (LENI), è la EN 15193 "Energy performance of buildings – Energy requirements for lighting". La norma, inizialmente pubblicata dal CEN nel 2007 [1], è stata recepita dall'UNI nel 2008 e, successivamente, è stata oggetto di un processo di revisione iniziato nel 2013 e concluso nel 2017 con il rilascio, da parte del CEN, di una nuova versione del documento [2], implementato nell'ottica di incrementare l'accuratezza del calcolo, la comprensibilità del metodo, l'individuazione dei dati di input e in generale la diffusione e l'applicabilità dello standard.

Diversi studi sono stati condotti in seguito alla pubblicazione della prima versione della norma nel 2007, finalizzati all'analisi della procedura di calcolo e della sua applicabilità, alla verifica dei risultati per diversi casi studio e al confronto con altri metodi di stima del fabbisogno energetico per l'illuminazione degli edifici [3-4-5]. Le caratteristiche della seconda versione della norma sono state invece oggetto di studio in una prima fase del presente programma di ricerca, svolta nel 2015-2016 [6-7], i cui obiettivi principali erano:

1. evidenziare a livello concettuale i fattori che concorrono a determinare il consumo annuo di energia per illuminazione di un edificio e analizzare in dettaglio il metodo di calcolo definito nel nuovo standard per il calcolo di tale fabbisogno
2. definire una serie di edifici tipo da utilizzare, in una fase successiva della ricerca, come casi-studio, da un lato per la validazione di un software, denominato LENICALC ENEA V1), sviluppato appositamente per il calcolo del LENI secondo la metodologia proposta dal nuovo standard, dall'altro per la definizione di alcuni valori del LENI di benchmark.

Gli esiti di questa prima fase di ricerca hanno evidenziato i seguenti aspetti:

- la nuova versione della norma rappresenta un'evoluzione significativa rispetto alla versione precedente, dal momento che introduce tutti i parametri che hanno un impatto rilevante, anche alla luce di quanto dimostrato in studi scientifici condotti a livello internazionale, sulla disponibilità di luce naturale all'interno degli edifici e quindi sul consumo annuo di energia elettrica per illuminazione (LENI)
- il metodo di calcolo del LENI proposto nella versione aggiornata della norma risulta piuttosto complesso e di non immediata applicazione per utenti che non siano esperti: la disponibilità di un software (LENICALC ENEA V1) che consenta di automatizzare l'applicazione della procedura di calcolo appare dunque uno strumento necessario per assistere il team di progettazione nella stima del fabbisogno di energia elettrica per illuminazione
- la definizione di alcune tipologie di edifici tipo permette di avere dei casi di riferimento utili per l'applicazione del metodo di calcolo e per la validazione del software LENICALC ENEA V1, nonché per la definizione di una serie di valori di benchmark.

In dettaglio i risultati di questa fase di lavoro sono contenuti nel Report RdS/PAR2015/005 "Studio preliminare e identificazione di edifici tipo per la validazione del metodo di calcolo del LENI" [7].

In seguito allo sviluppo della versione beta del software LENICALC V1 è stata avviata, nell'ambito del presente programma di ricerca, una fase di validazione del software e di successiva applicazione ad edifici di riferimento. Lo studio ha reso inoltre possibile un'analisi delle criticità e delle potenzialità che il metodo di calcolo presenta in rapporto alla sua applicazione a casi studio reali.

Si rimanda alla lettura del Report RdS/PAR2016/011 redatto da ENEA per prendere visione delle correzionied integrazioni che sono state accettate ed implementate nella nuova release di LENICALC V.2 dal Gruppo di lavoro ENEA-GL10.

2 Richiami relativi al metodo di calcolo del LENI

La norma EN 15193-1:2017 [2] prevede la determinazione dell'energia per l'illuminazione degli edifici secondo tre diversi approcci: due di calcolo e uno di misura (figura 1).

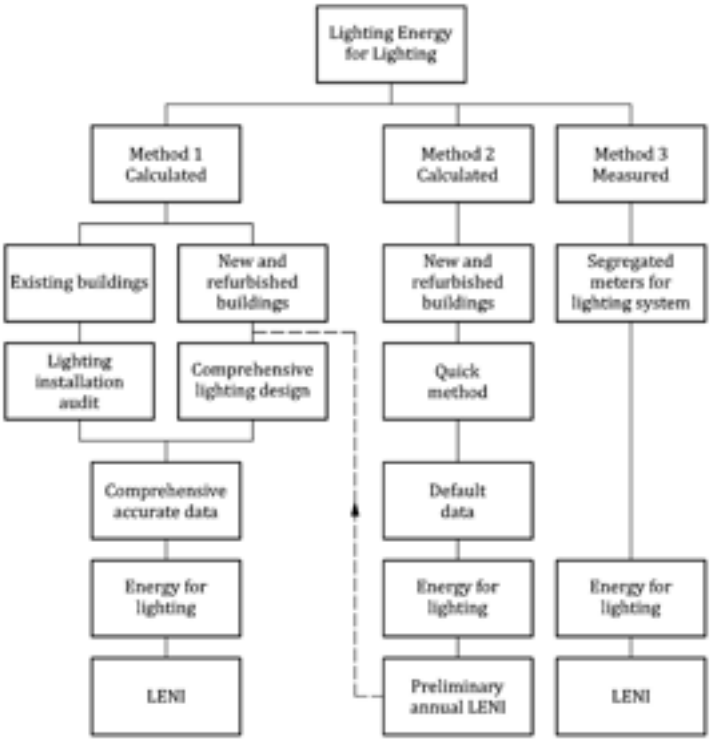


Figura 1. Flow-chart relativo alle possibili modalità di calcolo del LENI secondo la norma EN15193-1:2017 [2]

I due approcci di calcolo differiscono per il grado di dettaglio dei dati di input e per l'accuratezza dei risultati. Il metodo 1 sarà utilizzato nel caso di edifici esistenti o edifici in fase di progetto, quando il livello di sviluppo del progetto risulti avanzato sia da un punto di vista architettonico che illuminotecnico. Il metodo 2 potrà essere applicato nelle fasi di concezione dell'edificio, quando entrambi i progetti, architettonico e illuminotecnico sono ancora in fase di definizione. Il metodo 2 utilizza calcoli semplificati e dati di riferimento e determina valori previsionali annuali di fabbisogno energetico per l'illuminazione. Il metodo 1 utilizza una procedura di calcolo più complessa che può essere riferita a intervalli temporali (t_s) diversi a seconda delle esigenze (valori orari, mensili o annuali). Qualora l'intervallo temporale di calcolo sia diverso da quello annuale si otterrà un dato di subLENI, mentre il calcolo riferito all'anno determina il valore del LENI.

In tutti i casi l'indicatore LENI è determinato come rapporto tra energia complessiva annua per l'illuminazione e area illuminata dell'edificio, mentre l'energia complessiva è calcolata come somma di due componenti: l'energia totale necessaria per l'illuminazione e l'energia totale di standby o parassita.

Per il metodo 1 valgono le seguenti formule:

$$LENI = \frac{W}{A} = \frac{W_{L,t} + W_{P,t}}{A} \qquad \left[\frac{kWh}{m^2 anno}\right] \tag{1}$$

$$W = \sum \left(\frac{8760}{t_s} \times W_t\right) \qquad [kWh/anno] \tag{2}$$

$$W_{L,t} = \sum \frac{(P_n \times F_c) \times F_O [(t_D \times F_D) + t_N]}{1000} \qquad [kWh/t_s] \tag{3}$$

$$W_{P,t} = \sum \frac{(P_{pc} \times t_s) + (P_{em} \times t_e)}{1000} \qquad [kWh/t_s] \tag{4}$$

W = energia totale annua richiesta per l'illuminazione, sommata per tutte le aree e zone dell'edificio [kWh/a]

A = area totale utile dell'edificio [m^2]

$W_{L,t}$ = energia totale per l'illuminazione riferita al tempo t_s in un'area o zona dell'edificio [kWh/t_s]

$W_{P,t}$ = energia totale di standby riferita al tempo t_s in un'area o zona dell'edificio [kWh/t_s]

P_n = potenza totale per gli apparecchi di illuminazione di ciascuna area [W]

P_{pc} = potenza totale per i sistemi di controllo in condizioni di standby di ciascuna area [W]

P_{em} = potenza totale per l'illuminazione di emergenza di ciascuna area [W]

F_C = fattore di illuminazione costante [-]

F_D = fattore di dipendenza dalla luce naturale [-]

F_O = fattore di dipendenza dall'occupazione [-]

t_D = tempo in presenza di luce naturale [h]

t_N = tempo in assenza di luce naturale [h]

t_s = periodo assunto per la valutazione dell'energia [h]

t_e = tempo di ricarica delle batterie degli apparecchi di emergenza [h].

In dettaglio, per il metodo di calcolo 1 la norma definisce una procedura che segue lo schema indicato in figura 2: dall'analisi delle caratteristiche dell'edificio, degli impianti di illuminazione e delle condizioni di funzionamento, si procede col calcolo dei parametri necessari alla stima dell'energia necessaria per l'illuminazione (W_L) e quella di standby (W_p). Queste due componenti, sommate, determinano l'energia totale annua necessaria per l'illuminazione di ogni area o zona dell'edifico. Sommando l'energia totale di tutte le zone si ottiene il valore globale riferito all'intero edificio e questo dato, rapportato all'area utile dell'intero edificio, definisce il valore della prestazione energetica per l'illuminazione (LENI).



Figura 2. Flow-chart di descrizione del metodi di calcolo 1 della norma EN 15193-1:2017 [2].

3 Verifica e validazione del software LENICALC V1

Il software di calcolo LENICALC V1 implementa il Metodo 1 di calcolo della norma EN15193:1. Si propone cioè di supportare progettisti o tecnici nella valutazione della prestazione energetica per l'illuminazione di un edificio quando siano note le caratteristiche degli impianti di illuminazione (progettati o esistenti), le soluzioni per il controllo degli stessi e le caratteristiche architettoniche dell'edificio per quanto riguarda gli aspetti di penetrazione e controllo della luce naturale.

Come indicato nel Report RdS/PAR2015/007 di presentazione del progetto del software [8], la struttura di LENICALC V1 ricalca, step by step, le fasi della norma per procedere alla valutazione del fabbisogno energetico degli impianti di illuminazione artificiale presenti in un edificio e relativo calcolo del LENI. In particolare, le fasi di implementazione del calcolo del LENI annuale di un edificio, sono sintetizzate in figura 3.



Figura 3. Schema funzionale degli step di sviluppo del calcolo in LENICALC V1 [8]

In dettaglio il software è organizzato nelle seguenti sezioni:

1. New project
2. Project properties
3. Room properties
4. Zone Properties
5. Window properties
6. Edit zone luminaires
7. Sub-LENI of room floor
8. Annual LENI.

La validazione del software LENICALC è stata condotta secondo un approccio che prevede la verifica delle procedure di calcolo e dei risultati per ciascuna delle componenti che concorrono al calcolo di W_L e W_P. In particolare si è proceduto definendo la geometria di un ambiente di riferimento (ROOM) e ripetendo il calcolo modificando, in modo parametrico, le caratteristiche architettoniche, impiantistiche e d'uso dell'ambiente. I dati parziali e finali del calcolo sono stati confrontati con quelli ottenuti mediante l'applicazione analitica del metodo di calcolo.

Per il calcolo di W_L l'attività di validazione è stata strutturata nelle seguenti fasi di verifica:

- Procedura di calcolo e risultati relativi al fattore di dipendenza dalla luce naturale - F_D
- Procedura di calcolo e risultati relativi al fattore di dipendenza dall'occupazione - F_O
- Procedura di calcolo e risultati relativi al fattore di illuminazione costante - F_C
- Calcolo di W_L

Per il calcolo di W_p l'attività di validazione è stata suddivisa nelle seguenti fasi di verifica:

- Procedura di calcolo e risultati relativi alla potenza totale per i sistemi di controllo in condizioni di standby - P_{pc}
- Procedura di calcolo e risultati relativi alla potenza totale per l'illuminazione di emergenza - P_{em}
- Calcolo di W_P

4 Validazione del calcolo per una singola zona in presenza di una apertura

4.1 Validazione del calcolo di W_L

W_L rappresenta l'energia totale per l'illuminazione riferita al tempo t_s in un'area o zona dell'edificio. Quest'energia è quella necessaria per l'illuminazione funzionale e viene calcolata a partire dalla potenza totale degli apparecchi di illuminazione moltiplicata per un tempo effettivo di utilizzo di tale potenza. Il tempo effettivo è a sua volta calcolato moltiplicando il tempo totale di utilizzo dell'edificio ($t_D + t_N$) per dei fattore riduttivi dipendenti dalla disponibilità di luce naturale, dall'occupazione degli ambienti e dai sistemi di controllo degli apparecchi di illuminazione:

- Fattore di dipendenza dalla luce naturale (F_D)
- Fattore di dipendenza dall'occupazione (F_O)
- Fattore di illuminazione costante (F_C).

4.1.1 Validazione del calcolo del fattore di dipendenza dalla luce diurna - F_D

La determinazione del fattore di dipendenza dalla luce diurna F_D rappresenta la parte più consistente del Metodo 1 di calcolo del LENI.
Il processo di calcolo di F_D può essere schematizzato come nel diagramma di flusso di figura 4.

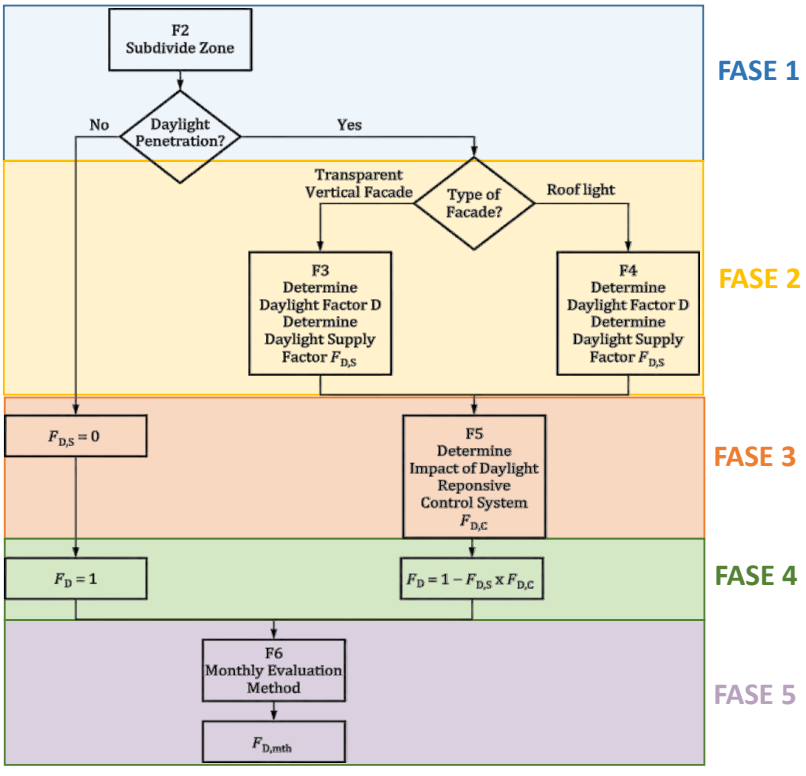


Figura 4. Flow-chart descrittivo della procedura di calcolo di F_D [2]

Pur basandosi sulla medesima impostazione metodologica il calcolo viene sviluppato con formule, tabelle e valori di riferimento differenti a seconda che l'ambiente sia dotato di aperture sulle pareti verticali o sulla copertura orizzontale (lucernari).
In entrambi i casi la prima fase prevede la suddivisione dell'ambiente in zone. In base alle caratteristiche geometriche dell'ambiente e delle aperture in esso presenti si procede alla determinazione delle zone che ricevono o meno luce naturale (figura 5). Per le zone nelle quali si ha penetrazione di luce naturale (A_D) si procede al calcolo di F_D, che risulterà inferiore a 1, mentre per le zone in cui non si ha penetrazione di luce naturale (A_{ND}) si assume automaticamente F_D=1.

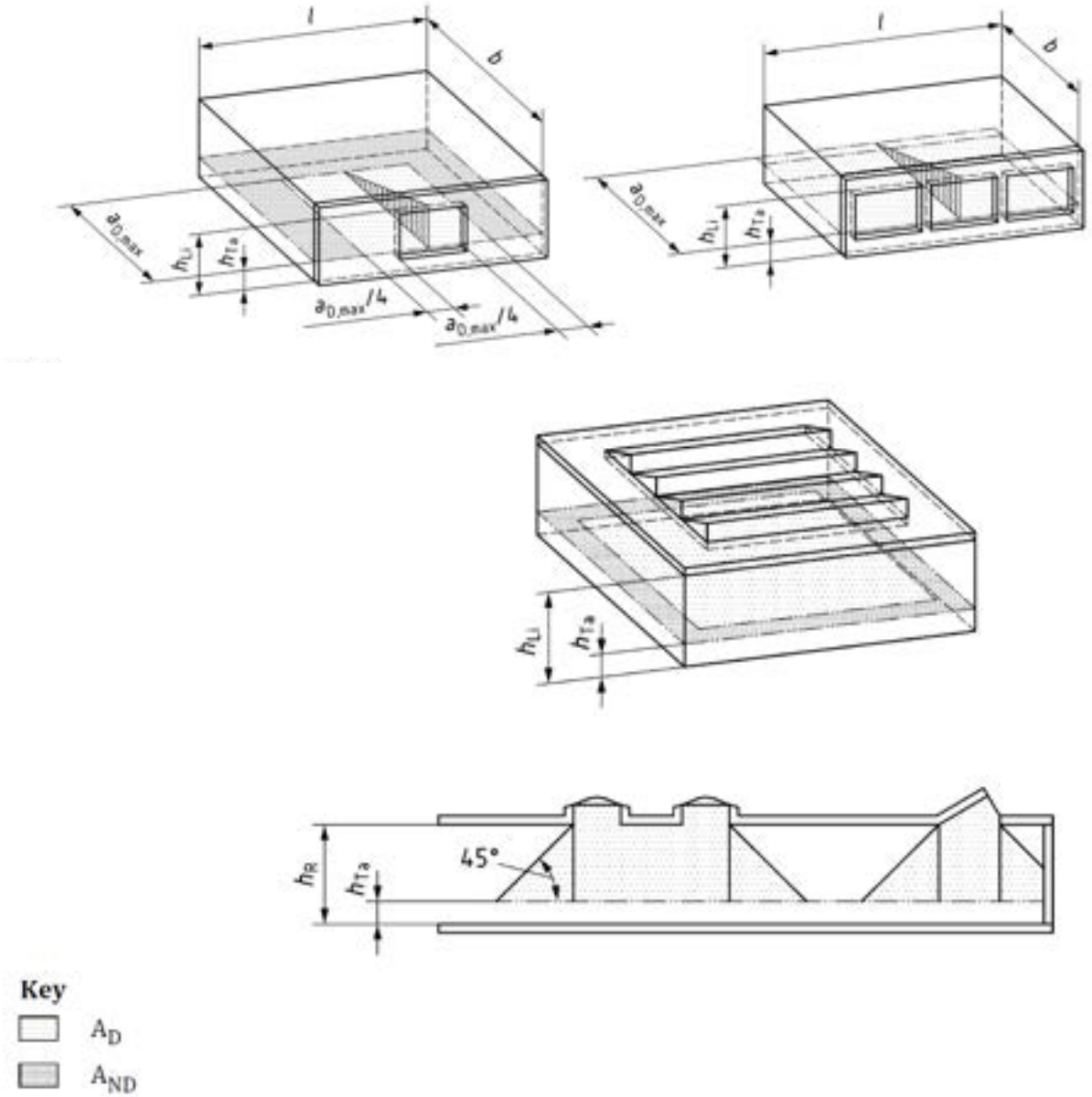


Figura 5. Identificazione dell'area che riceve luce naturale A_D e che non riceve luce naturale A_{ND} nel caso di finestre verticali e lucernai [2]

La seconda fase del processo di calcolo prevede la determinazione del fattore di luce diurna D e del Daylight Supply Factor $F_{D,S}$.
Il fattore di luce diurna D viene determinato in base alle caratteristiche geometriche, architettoniche e ottiche dell'ambiente considerato e delle aperture verso l'esterno, nonché tenendo in considerazione la presenza di ostruzioni esterne. Per le superfici vetrate verticali la procedura prevede il calcolo del fattore di luce diurna relativo all'apertura priva di serramento (D_{ca}) dal quale si ricava la classe di disponibilità di luce

naturale (D_{class}). Vengono definite 4 classi corrispondenti a intervalli discreti di D_{ca} . Moltiplicando D_{ca} per il fattore di trasmissione luminosa del vetro e per fattori correttivi rappresentativi della frazione di superficie occupata dal telaio, dello sporcamento del vetro e dell'incidenza diffusa della luce sul vetro, si ottiene il fattore di luce diurna D dell'area illuminata A_D. Concettualmente analoga risulta essere la procedura di calcolo in presenza di lucernai.
Il daylight supply factor $F_{D,S}$ stima la "daylight autonomy" della zona A_D considerata, ovvero la disponibilità relativa di luce naturale in rapporto all'illuminamento richiesto. Questo parametro è concettualmente funzione della quantità di luce naturale presente in ambiente in rapporto al requisito di illuminamento. In tal senso viene calcolato a partire dal fattore di luce diurna della zona (D), e tenendo in considerazione i dati climatici (latitudine ed esposizione luminosa H_{dir}/H_{glob} calcolata come rapporto tra illuminamento diretto e globale), l'orientamento dell'apertura, il requisito di illuminamento (E), e le caratteristiche della schermatura solare. In particolare $F_{D,S}$ è calcolato come somma del fattore di disponibilità di luce naturale in assenza di schermatura ($F_{D,S,SNA}$) e in presenza di schermatura ($F_{D,S,SA}$). Nella somma i due fattori sono moltiplicati rispettivamente per la frazione di tempo in assenza e in presenza della schermatura solare.

$$F_{D,S}= t_{rel,D,SNA} \times F_{D,S,SNA} + t_{rel,D,SA} \times F_{D,S,SA}$$

$t_{rel,D,SNA}$ = frazione del tempo totale di utilizzo durante il quale il sistema di schermatura non è in funzione
$F_{D,S,SNA}$ = fattore di disponibilità di luce naturale in assenza delle schermature
$t_{rel,D,SA}$ = frazione del tempo totale di utilizzo durante il quale il sistema di schermatura è in funzione ($t_{rel,D,S,SA} = 1 - t_{rel,D,S,SNA}$)
$F_{D,S,SA}$ = fattore di disponibilità di luce naturale in presenza di schermature.

Stimata la disponibilità relativa di luce naturale si procede, nella fase 3 a determinare il fattore di correzione $F_{D,C}$ che tiene conto della capacità del sistema di controllo dell'impianto di illuminazione artificiale di integrare la luce naturale disponibile. Il valore di $F_{D,C}$ si determina, per ogni tipo di sistema di controllo, in base al requisito di illuminamento E e alla classe di disponibilità di luce naturale (D_{class}).
La norma fornisce i valori di $F_{D,C}$ per otto tipologie di sistemi di controllo dipendenti dalla luce naturale.
Noti $F_{D,S}$ ed $F_{D,C}$ è possibile calcolare il fattore di dipendenza dalla luce naturale F_D annuale (fase 4). Nell'ultima fase (fase 5) è possibile procedere alla stima del valore di F_D su base mensile.
La procedura di calcolo di F_D è schematizzata in dettaglio nel diagramma di flusso di figura 6. Nel diagramma sono evidenziate, per ciascuno step della procedura, le variabili che concorrono a determinare i parametri necessari al calcolo di F_D.

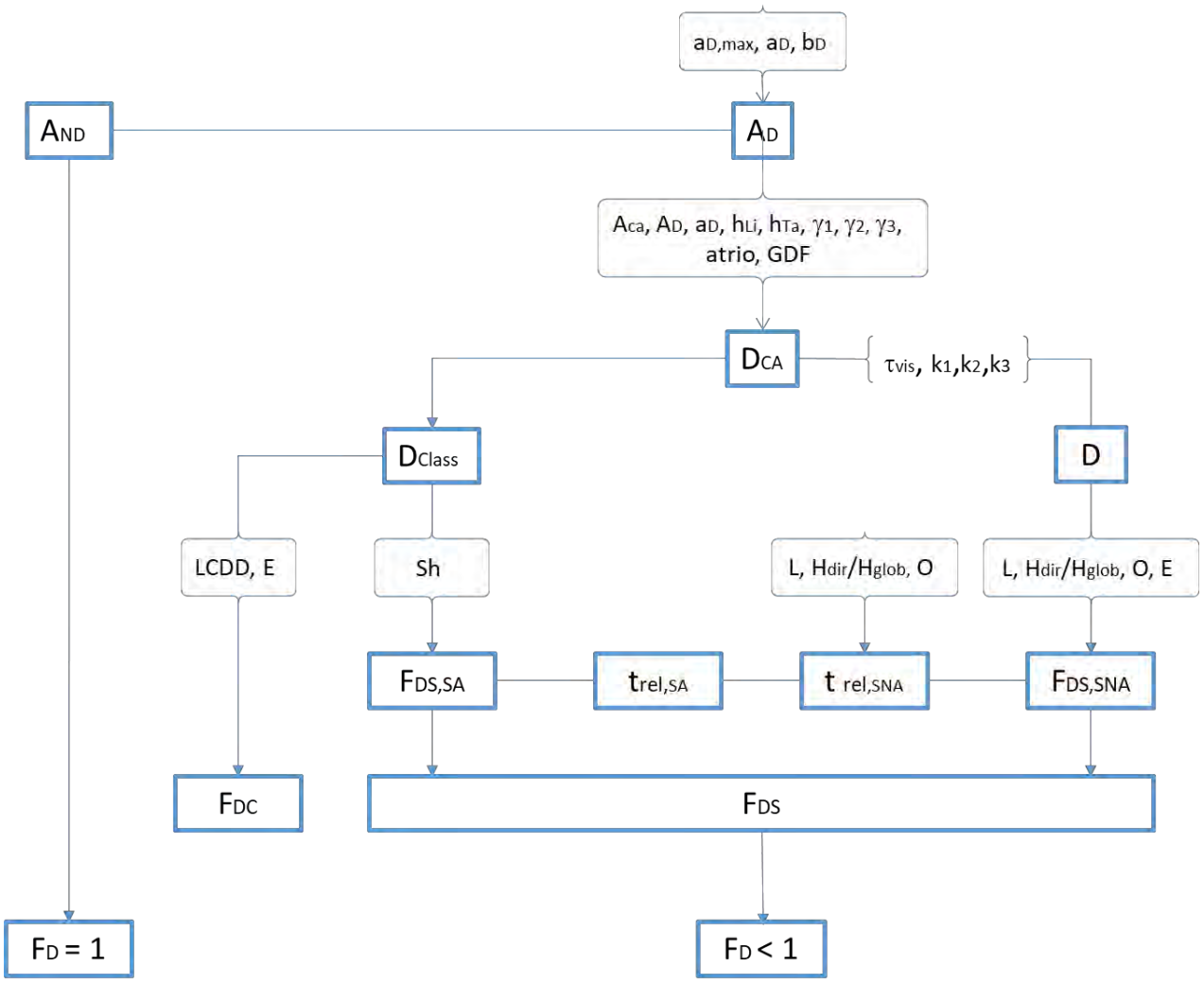


Figura 6. Procedura di calcolo di F_D con evidenziati, tra parentesi, i dati di input necessari

La verifica del software LENICALC V1, per quanto riguarda il fattore di dipendenza dalla luce naturale F_D, è stata condotta a partire da un ambiente di riferimento di dimensioni 6m x 6m con un'apertura verticale. Per verificare la correttezza del calcolo implementato nel software sono state fatte variare tutte le grandezze interessate e sono stati confrontati i risultati ottenuti tramite il software e mediante l'applicazione analitica del metodo.
Nella tabella 1 è riportato l'insieme delle variabili considerate e i valori o le condizioni adottate per ciascuna variabile.
Nella tabella 2 sono indicati i casi considerati e la combinazione di variabili per ciascun caso. Il codice del caso studio consente di identificare la scheda corrispondente, che riporta in dettaglio i dati di input e i risultati di calcolo. Le schede sono raccolte nell'Allegato 1.

Tabella 1. Sintesi delle variabili considerate e dei valori assunti per la validazione del calcolo di F_D

	codice valore	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
VARIABILE	**codice variabile**	**VALORE**							
Area stanza	**A**	36	30,25						
Latitudine	**γ**	52,1	41,8	37,5					

Clima	**H_{dir}/H_{glob}**	0,42	0,45	0,45					
Area finestra	**A_{ca}**	1,7	2,2	6,8	10,2	5,1			
Altezza filo superiore finestra	**h_{Li}**	2,7	2,2						
Altezza piano di lavoro	**h_{Ta}**	0,8							
Orientamento	**O**	S	W	N	SE-45°	SE-30°	SE-60°		
Angolo di ostruzione frontale	**γ_1**	0°	30°	70°					
Angolo di ostruzione orizzontale	**γ_2**	0°	30°	70°					
Angolo di ostruzione verticale	**γ_3**	0°	30°	70°					
Trasmissione luminosa vetro	**τ_{vis}**	70%	50%	0%					
Frazione telaio	**k_1**	0,7	0,5						
Sporcamento vetro	**k_2**	0,95	0						
Fattore correzione radiazione diffusa	**k_3**	0,85							
Illuminamento target	**E**	500	300	400	50	1500			
Sistema di schermatura	**Sh**	none	glare	auto glare	light guide				
Sistema di controllo luci (daylight dependent)	**LCD**	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Atrio	**Atrio**	NO	WI 0,75	WI 1,5					
Doppia facciata	**GDF**	NO	SI						

Tabella 2. Elenco dei casi studio considerati con evidenziate le variabili di volta in volta modificate

Codice caso studio	Fattore in esame	Variabili (secondo i codici della tabella 1)
1_windowL1_S	F_D	A1 γ1 H_{dir}/H_{glob}1 A_{ca}1 h_{Li}1 h_{Ta}1 O1 $\gamma_1$1 $\gamma_2$1 $\gamma_3$1 τ_{vis}1 $k_1$1 $k_2$1 $k_3$1 E1 Sh1 LCD1 Atr1 GDF1
2_windowL2_S	F_D	A1 γ1 H_{dir}/H_{glob}1 **A_{ca}3** h_{Li}1 h_{Ta}1 O1 $\gamma_1$1 $\gamma_2$1 $\gamma_3$1 τ_{vis}1 $k_1$1 $k_2$1 $k_3$1 E1 Sh1 LCD1 Atr1 GDF1
3_windowL3_S	F_D	A1 γ1 H_{dir}/H_{glob}1 **A_{ca}4** h_{Li}1 h_{Ta}1 O1 $\gamma_1$1 $\gamma_2$1 $\gamma_3$1 τ_{vis}1 $k_1$1 $k_2$1 $k_3$1 E1 Sh1 LCD1 Atr1 GDF1
4_windowL1_W	F_D	A1 γ1 H_{dir}/H_{glob}1 A_{ca}1 h_{Li}1 h_{Ta}1 **O2** $\gamma_1$1 $\gamma_2$1 $\gamma_3$1 τ_{vis}1 $k_1$1 $k_2$1 $k_3$1 E1 Sh1 LCD1 Atr1 GDF1
5_windowL2_W	F_D	A1 γ1 H_{dir}/H_{glob}1 **A_{ca}3** h_{Li}1 h_{Ta}1 **O2** $\gamma_1$1 $\gamma_2$1 $\gamma_3$1 τ_{vis}1 $k_1$1 $k_2$1 $k_3$1 E1 Sh1 LCD1 Atr1 GDF1
6_windowL3_W	F_D	A1 γ1 H_{dir}/H_{glob}1 **A_{ca}4** h_{Li}1 h_{Ta}1 **O2** $\gamma_1$1 $\gamma_2$1 $\gamma_3$1 τ_{vis}1 $k_1$1 $k_2$1 $k_3$1 E1 Sh1 LCD1 Atr1 GDF1
7_windowL1_N	F_D	A1 γ1 H_{dir}/H_{glob}1 A_{ca}1 h_{Li}1 h_{Ta}1 **O3** $\gamma_1$1 $\gamma_2$1 $\gamma_3$1 τ_{vis}1 $k_1$1 $k_2$1 $k_3$1 E1 Sh1 LCD1 Atr1 GDF1
8_windowL2_N	F_D	A1 γ1 H_{dir}/H_{glob}1 **A_{ca}3** h_{Li}1 h_{Ta}1 **O3** $\gamma_1$1 $\gamma_2$1 $\gamma_3$1 τ_{vis}1 $k_1$1 $k_2$1 $k_3$1 E1 Sh1 LCD1 Atr1 GDF1
9_windowL3_N	F_D	A1 γ1 H_{dir}/H_{glob}1 **A_{ca}4** h_{Li}1 h_{Ta}1 **O3** $\gamma_1$1 $\gamma_2$1 $\gamma_3$1 τ_{vis}1 $k_1$1 $k_2$1 $k_3$1 E1 Sh1 LCD1

		Atr1 GDF1
10_windowL1_S_ob30	F_D	A1 γ1 H_{dir}/H_{glob}1 A_{ca}1 h_{Li}1 h_{Ta}1 O1 **$\gamma_1$2** $\gamma_2$1 $\gamma_3$1 τ_{vis}1 $k_1$1 $k_2$1 $k_3$1 E1 Sh1 LCD1 Atr1 GDF1
11_windowL1_S_ob70	F_D	A1 γ1 H_{dir}/H_{glob}1 A_{ca}1 h_{Li}1 h_{Ta}1 O1 **$\gamma_1$3** $\gamma_2$1 $\gamma_3$1 τ_{vis}1 $k_1$1 $k_2$1 $k_3$1 E1 Sh1 LCD1 Atr1 GDF1
12_windowL3_S_ob30	F_D	A1 γ1 H_{dir}/H_{glob}1 **A_{ca}4** h_{Li}1 h_{Ta}1 O1 **$\gamma_1$2** $\gamma_2$1 $\gamma_3$1 τ_{vis}1 $k_1$1 $k_2$1 $k_3$1 E1 Sh1 LCD1 Atr1 GDF1
13_windowL3_S_ob70	F_D	A1 γ1 H_{dir}/H_{glob}1 **A_{ca}4** h_{Li}1 h_{Ta}1 O1 **$\gamma_1$3** $\gamma_2$1 $\gamma_3$1 τ_{vis}1 $k_1$1 $k_2$1 $k_3$1 E1 Sh1 LCD1 Atr1 GDF1
14_windowL1_SE45	F_D	A1 γ1 H_{dir}/H_{glob}1 A_{ca}1 h_{Li}1 h_{Ta}1 **O4** $\gamma_1$1 $\gamma_2$1 $\gamma_3$1 τ_{vis}1 $k_1$1 $k_2$1 $k_3$1 E1 Sh1 LCD1 Atr1 GDF1
15_windowL1_SE30	F_D	A1 γ1 H_{dir}/H_{glob}1 A_{ca}1 h_{Li}1 h_{Ta}1 **O5** $\gamma_1$1 $\gamma_2$1 $\gamma_3$1 τ_{vis}1 $k_1$1 $k_2$1 $k_3$1 E1 Sh1 LCD1 Atr1 GDF1
16_windowL1_SE60	F_D	A1 γ1 H_{dir}/H_{glob}1 A_{ca}1 h_{Li}1 h_{Ta}1 **O6** $\gamma_1$1 $\gamma_2$1 $\gamma_3$1 τ_{vis}1 $k_1$1 $k_2$1 $k_3$1 E1 Sh1 LCD1 Atr1 GDF1
17_windowL1_S_E300	F_D	A1 γ1 H_{dir}/H_{glob}1 A_{ca}1 h_{Li}1 h_{Ta}1 O1 $\gamma_1$1 $\gamma_2$1 $\gamma_3$1 τ_{vis}1 $k_1$1 $k_2$1 $k_3$1 **E2** Sh1 LCD1 Atr1 GDF1
18_windowL1_S_E400	F_D	A1 γ1 H_{dir}/H_{glob}1 A_{ca}1 h_{Li}1 h_{Ta}1 O1 $\gamma_1$1 $\gamma_2$1 $\gamma_3$1 τ_{vis}1 $k_1$1 $k_2$1 $k_3$1 **E3** Sh1 LCD1 Atr1 GDF1
19_windowL1_S_E50	F_D	A1 γ1 H_{dir}/H_{glob}1 A_{ca}1 h_{Li}1 h_{Ta}1 O1 $\gamma_1$1 $\gamma_2$1 $\gamma_3$1 τ_{vis}1 $k_1$1 $k_2$1 $k_3$1 **E4** Sh1 LCD1 Atr1 GDF1
20_windowL1_S_E1500	F_D	A1 γ1 H_{dir}/H_{glob}1 A_{ca}1 h_{Li}1 h_{Ta}1 O1 $\gamma_1$1 $\gamma_2$1 $\gamma_3$1 τ_{vis}1 $k_1$1 $k_2$1 $k_3$1 **E5** Sh1 LCD1 Atr1 GDF1
21_windowL1_S_TL50	F_D	A1 γ1 H_{dir}/H_{glob}1 A_{ca}1 h_{Li}1 h_{Ta}1 O1 $\gamma_1$1 $\gamma_2$1 $\gamma_3$1 **τ_{vis}2** $k_1$1 $k_2$1 $k_3$1 E1 Sh1 LCD1 Atr1 GDF1
22_windowL1_S_TL0	F_D	A1 γ1 H_{dir}/H_{glob}1 A_{ca}1 h_{Li}1 h_{Ta}1 O1 $\gamma_1$1 $\gamma_2$1 $\gamma_3$1 **τ_{vis}3** $k_1$1 $k_2$1 $k_3$1 E1 Sh1 LCD1 Atr1 GDF1
23_windowL1_S_k1_0.5	F_D	A1 γ1 H_{dir}/H_{glob}1 A_{ca}1 h_{Li}1 h_{Ta}1 O1 $\gamma_1$1 $\gamma_2$1 $\gamma_3$1 τ_{vis}1 **$k_1$2** $k_2$1 $k_3$1 E1 Sh1 LCD1 Atr1 GDF1
24_windowL1_S_k2_0	F_D	A1 γ1 H_{dir}/H_{glob}1 A_{ca}1 h_{Li}1 h_{Ta}1 O1 $\gamma_1$1 $\gamma_2$1 $\gamma_3$1 τ_{vis}1 **$k_1$3** $k_2$1 $k_3$1 E1 Sh1 LCD1 Atr1 GDF1
25_windowL1_S_Overhang30	F_D	A1 γ1 H_{dir}/H_{glob}1 A_{ca}1 h_{Li}1 h_{Ta}1 O1 $\gamma_1$1 **$\gamma_2$2** $\gamma_3$1 τ_{vis}1 $k_1$1 $k_2$1 $k_3$1 E1 Sh1 LCD1 Atr1 GDF1
26_windowL1_S_Overhang70	F_D	A1 γ1 H_{dir}/H_{glob}1 A_{ca}1 h_{Li}1 h_{Ta}1 O1 $\gamma_1$1 **$\gamma_2$3** $\gamma_3$1 τ_{vis}1 $k_1$1 $k_2$1 $k_3$1 E1 Sh1 LCD1 Atr1 GDF1
27_windowL1_S_GammaLat30	F_D	A1 γ1 H_{dir}/H_{glob}1 A_{ca}1 h_{Li}1 h_{Ta}1 O1 $\gamma_1$1 $\gamma_2$1 **$\gamma_3$2** τ_{vis}1 $k_1$1 $k_2$1 $k_3$1 E1 Sh1 LCD1 Atr1 GDF1
28_windowL1_S_GammaLat70	F_D	A1 γ1 H_{dir}/H_{glob}1 A_{ca}1 h_{Li}1 h_{Ta}1 O1 $\gamma_1$1 $\gamma_2$1 **$\gamma_3$3** τ_{vis}1 $k_1$1 $k_2$1 $k_3$1 E1 Sh1 LCD1 Atr1 GDF1
28_windowL1_S_GlareProtection	F_D	A1 γ1 H_{dir}/H_{glob}1 A_{ca}1 h_{Li}1 h_{Ta}1 O1 $\gamma_1$1 $\gamma_2$1 $\gamma_3$1 τ_{vis}1 $k_1$1 $k_2$1 $k_3$1 E1 **Sh2** LCD1 Atr1 GDF1
30_windowL1_S_AutoGlareProtection	F_D	A1 γ1 H_{dir}/H_{glob}1 A_{ca}1 h_{Li}1 h_{Ta}1 O1 $\gamma_1$1 $\gamma_2$1 $\gamma_3$1 τ_{vis}1 $k_1$1 $k_2$1 $k_3$1 E1 **Sh3** LCD1 Atr1 GDF1
31_windowL1_S_LightGuide	F_D	A1 γ1 H_{dir}/H_{glob}1 A_{ca}1 h_{Li}1 h_{Ta}1 O1 $\gamma_1$1 $\gamma_2$1 $\gamma_3$1 τ_{vis}1 $k_1$1 $k_2$1 $k_3$1 E1 **Sh4** LCD1 Atr1 GDF1
32_windowL1_S_LightControl_II	F_D	A1 γ1 H_{dir}/H_{glob}1 A_{ca}1 h_{Li}1 h_{Ta}1 O1 $\gamma_1$1 $\gamma_2$1 $\gamma_3$1 τ_{vis}1 $k_1$1 $k_2$1 $k_3$1 E1 Sh1 **LCD2** Atr1 GDF1
33_windowL1_S_LightControl_III	F_D	A1 γ1 H_{dir}/H_{glob}1 A_{ca}1 h_{Li}1 h_{Ta}1 O1 $\gamma_1$1 $\gamma_2$1 $\gamma_3$1 τ_{vis}1 $k_1$1 $k_2$1 $k_3$1 E1 Sh1 **LCD3** Atr1 GDF1

34_windowL1_S_LightControl_IV	F_D	A1 γ1 H_{dir}/H_{glob}1 A_{ca}1 h_{Li}1 h_{Ta}1 O1 $\gamma_1$1 $\gamma_2$1 $\gamma_3$1 τ_{vis}1 $k_1$1 $k_2$1 $k_3$1 E1 Sh1 **LCD4** Atr1 GDF1
35_windowL1_S_LightControl_V	F_D	A1 γ1 H_{dir}/H_{glob}1 A_{ca}1 h_{Li}1 h_{Ta}1 O1 $\gamma_1$1 $\gamma_2$1 $\gamma_3$1 τ_{vis}1 $k_1$1 $k_2$1 $k_3$1 E1 Sh1 **LCD5** Atr1 GDF1
36_windowL1_S_LightControl_VI	F_D	A1 γ1 H_{dir}/H_{glob}1 A_{ca}1 h_{Li}1 h_{Ta}1 O1 $\gamma_1$1 $\gamma_2$1 $\gamma_3$1 τ_{vis}1 $k_1$1 $k_2$1 $k_3$1 E1 Sh1 **LCD6** Atr1 GDF1
37_windowL1_S_LightControl_VII	F_D	A1 γ1 H_{dir}/H_{glob}1 A_{ca}1 h_{Li}1 h_{Ta}1 O1 $\gamma_1$1 $\gamma_2$1 $\gamma_3$1 τ_{vis}1 $k_1$1 $k_2$1 $k_3$1 E1 Sh1 **LCD7** Atr1 GDF1
38_windowL1_S_LightControl_VIII	F_D	A1 γ1 H_{dir}/H_{glob}1 A_{ca}1 h_{Li}1 h_{Ta}1 O1 $\gamma_1$1 $\gamma_2$1 $\gamma_3$1 τ_{vis}1 $k_1$1 $k_2$1 $k_3$1 E1 Sh1 **LCD8** Atr1 GDF1
39_windowL1_S_5.5x5.5	F_D	**A2** γ1 H_{dir}/H_{glob}1 A_{ca}1 h_{Li}1 h_{Ta}1 O1 $\gamma_1$1 $\gamma_2$1 $\gamma_3$1 τ_{vis}1 $k_1$1 $k_2$1 $k_3$1 E1 Sh1 LCD1 Atr1 GDF1
40_windowL1_S_Roma	F_D	A1 **γ2** **H_{dir}/H_{glob}2** A_{ca}1 h_{Li}1 h_{Ta}1 O1 $\gamma_1$1 $\gamma_2$1 $\gamma_3$1 τ_{vis}1 $k_1$1 $k_2$1 $k_3$1 E1 Sh1 LCD1 Atr1 GDF1
41_windowL1_S_Catania	F_D	A1 **γ3** **H_{dir}/H_{glob}3** A_{ca}1 h_{Li}1 h_{Ta}1 O1 $\gamma_1$1 $\gamma_2$1 $\gamma_3$1 τ_{vis}1 $k_1$1 $k_2$1 $k_3$1 E1 Sh1 LCD1 Atr1 GDF1
42_windowL1_S_hlintel2.2	F_D	A1 γ1 H_{dir}/H_{glob}1 **A_{ca}2** **h_{Li}2** h_{Ta}1 O1 $\gamma_1$1 $\gamma_2$1 $\gamma_3$1 τ_{vis}1 $k_1$1 $k_2$1 $k_3$1 E1 Sh1 LCD1 Atr1 GDF1
43_windowL1_S_DoubleFacade_TL80	F_D	A1 γ1 H_{dir}/H_{glob}1 A_{ca}1 h_{Li}1 h_{Ta}1 O1 $\gamma_1$1 $\gamma_2$1 $\gamma_3$1 τ_{vis}1 $k_1$1 $k_2$1 $k_3$1 E1 Sh1 LCD1 Atr1 **GDF2**
44_windowL3_S_DoubleFacade_TL80	F_D	A1 γ1 H_{dir}/H_{glob}1 **A_{ca}5** h_{Li}1 h_{Ta}1 O1 $\gamma_1$1 $\gamma_2$1 $\gamma_3$1 τ_{vis}1 $k_1$1 $k_2$1 $k_3$1 E1 Sh1 LCD1 Atr1 **GDF2**
45_windowL1_S_Atrium_Wi0.75	F_D	A1 γ1 H_{dir}/H_{glob}1 A_{ca}1 h_{Li}1 h_{Ta}1 O1 $\gamma_1$1 $\gamma_2$1 $\gamma_3$1 τ_{vis}1 $k_1$1 $k_2$1 $k_3$1 E1 Sh1 LCD1 **Atr2** GDF2
46_windowL6_S_Atrium_Wi0.75	F_D	A1 L1 H_{dir}/H_{glob}1 **A_{ca}4** h_{Li}1 h_{Ta}1 O1 $\gamma_1$1 $\gamma_2$1 $\gamma_3$1 τ_{vis}1 $k_1$1 $k_2$1 $k_3$1 E1 Sh1 LCD1 **Atr2** GDF1
47_windowL6_S_Atrium_Wi1.5	F_D	A1 γ1 H_{dir}/H_{glob}1 **A_{ca}4** h_{Li}1 h_{Ta}1 O1 $\gamma_1$1 $\gamma_2$1 $\gamma_3$1 τ_{vis}1 $k_1$1 $k_2$1 $k_3$1 E1 Sh1 LCD1 **Atr3** GDF1

4.1.2 Risultati relativi alla validazione del calcolo di F_D

FASE 1: Suddivisione in zone e determinazione di A_D e A_{ND}

Il software, a partire da un file autocad 2D, consente di definire i singoli ambienti dell'edificio (ROOM) ed eventualmente diverse zone all'interno dei singoli ambienti (ZONE). Per ciascun ambiente in cui siano presenti aperture verso l'esterno viene determinata l'area A_D e A_{ND}.

Nell'ambito di questa fase il processo di validazione ha evidenziato alcune imprecisioni nell'elaborazione condotta dal software:

1. Inserendo all'interno della stanza aperure orizzontali o lucernai (*Roof lights*), LENICALC non genera zone di A_D,. Non vengono definiti i valori di a_D e b_D (rispettivamente corrispondenti alla profondità e larghezza di penetrazione della luce naturale), pertanto il calcolo di D_{CA}, D_{Class}, D e di conseguenza $F_{D,S,SNA}$ non vengono effettuati e F_D viene considerato pari a 1 (quindi il calcolo prevede tutta l'area della stanza interessata solo dalla A_{ND}) (Figura 7).

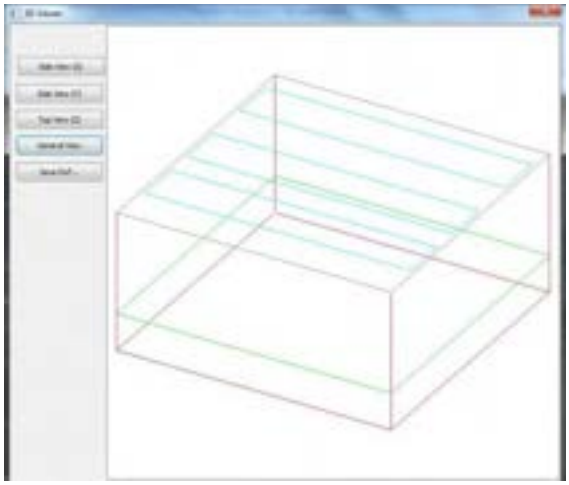


Figura 7: Vista assonometrica del modello con rooflights. Non viene visualizzata l'area di Daylight

2. Non risulta corretto il calcolo di A_D nel caso in cui la profondità dell'ambiente sia inferiore a 1,25 x $a_{D,max}$. In questo caso il software utilizza per il calcolo di A_D, il valore di $a_{D,max}$ al posto del valore di profondità reale dell'ambiente. (cfr. scheda 43)

FASE 2: Calcolo del Fattore di luce Diurna (D) e del fattore di disponibilità di luce naturale (F_{DS})

La verifica della procedura di calcolo per quanto riguarda il fattore di luce diurna e il fattore di disponibilità di luce naturale ha messo in evidenza che:

1. Al variare delle grandezze geometriche relative all'ambiente (A_{ca}, h_{Li}, h_{Ta}, γ_1, γ_2, γ_3) e delle caratteristiche del serramento (τ_{vis}, k_1, k_2, k_3) il valore di D_{ca} e conseguentemente la D_{class} e il valore di D vengono calcolati correttamente. Solo nel caso limite in cui D tende a 0 (ad esempio se si inseriscono valori di τ_{vis} o k_1 molto prossimi a 0 si riscontra un errore poiché il software procede al calcolo di F_{DS} sulla base del valore di $F_{DS,SNA}$ corrispondente al più basso dato di D presente in tabella, pari a 0,125% (cfr. schede 22, 24). Si tratta di una condizione limite, in cui F_{DS} dovrebbe risultare pari a 0.
2. Per quanto riguarda il fattore di disponibilità di luce naturale F_{DS}, la procedura di calcolo implementata nel software considera correttamente le variabili D_{Class}, D, illuminamento (E) e latitudine (γ).
3. Difformità rispetto alla procedura descritta nella norma per il calcolo di F_{DS} emergono invece in rapporto alle variabili clima (H_{dir}/H_{glob}) e sistema di schermatura (Sh), mentre per le variabili orientamento dell'ambiente (O) e tempo relativo di utilizzo dell'ambiente in assenza di schermature ($t_{rel.D,SNA}$) l'interpretazione assunta nel software per determinare o utilizzare queste variabili nel calcolo di F_{DS} non risulta propriamente coerente rispetto al fenomeno fisico che il modello di calcolo riproduce.
    a. In particolare, per quanto riguarda il dato climatico il software non consente di inserire i valori di H_{dir}/H_{glob} e per ogni fascia di latitudine riporta un unico valore (corrispondente al valore più basso tra i due estremi riportati nella tabella di calcolo di $F_{DS,SNA}$, ovvero a condizioni di prevalente copertura della volta celeste). Unica eccezione a quest'approccio il caso dell'intervallo di latitudini tra 45° e 60°: in questo caso il valore assunto è 0,421, un dato intermedio rispetto ai due riportati nella tabella di $F_{DS,SNA}$. L'assunzione di un dato fisso di H_{dir}/H_{glob} limita e in parte contraddice il fondamento logico dell'evoluzione del metodo di calcolo del LENI implementato nella nuova versione della norma. La novità di questa versione consiste infatti in buona parte proprio nel rendere più dettagliato il calcolo del fabbisogno in rapporto all'illuminazione naturale degli ambienti, in una logica climate-based (anche se con un approccio semplificato). Su questa logica si fonda il procedimento di calcolo, che introduce fattori che dipendono da H_{dir}/H_{glob}, dall'orientamento, dall'uso di

schermature mobili etc. La scelta di limitare i valori di H_{dir}/H_{glob} ai dati di cielo coperto rende il calcolo non completamente coerente con la EN15193-1:2017 e vanifica parte dell'utilità di calcolare parametri dipendenti dall'orientamento, dal tempo di utilizzo degli schermi, dalla presenza di schermature mobili, etc. Inoltre il clima in Italia è caratterizzato da valori di irradianza piuttosto alti e quindi in molti casi da valori di H_{dir}/H_{glob} piuttosto elevati.

a. I dati relativi al sistema di schermatura sono considerati coerentemente alla norma, eccezion fatta per il caso di assenza di schermatura (*No protection against solar radiation and shades*). Per questa condizione la norma considera comunque un periodo di utilizzo dell'ambiente con schermi attivati ($t_{rel,sa}$) e attribuisce un valore a $F_{DS,SA}$ diverso rispetto al valore di $F_{DS,SNA}$, ovvero considera che sia comunque adottata qualche misura di controllo della radiazione solare che determina una disponibilità di luce naturale interna diversa da quella che si ha quando le schermature non sono necessarie. In LENICALC la condizione di assenza di schermatura viene invece considerata effettivamente come tale, cioè il periodo di utilizzo dell'ambiente con schermi attivati ($t_{rel,sa}$) è assunto pari a 0 e il fattore di disponibilità di luce naturale F_{DS} viene assunto pari a $F_{DS,SNA}$ (cfr. tutte le schede eccetto la 29,30,31)
b. L'orientamento dell'apertura è considerata correttamente per aperture orientate secondo gli assi cardinali (N,S,W,E). Nel caso di orientamenti intermedi il software assume un orientamento predominante (quello relativo all'asse cardinale più vicino: es. per una finestra esposta a 30° S-E, si assume come orientamento il Sud). In alternativa, sarebbe auspicabile procedere con un'interpolazione lineare fra i dati Sud e Est. (cfr. schede 14,15,16)
c. Anche nel caso del tempo relativo di utilizzo dell'ambiente in assenza di schermature ($t_{rel.D,SNA}$), il software opera senza procedere all'interpolazione lineare. Il $t_{rel.D,SNA}$ è determinato in base ai dati di latitudine (γ) e di clima (H_{dir}/H_{glob}); qualora il sito in esame abbia valori di latitudine o clima intermedi agli intervalli riportati in tabella il software procede assumendo il dato relativo al valore inferiore dell'intervallo corrispondente, sia per la latitudine che per il clima. A titolo di esempio nel caso in cui la latitudine del luogo sia 59°N e il valore di H_{dir}/H_{glob} sia 0,39 il software assume come valore di $t_{rel.D,SNA}$ quello corrispondente a latitudine 50°N e H_{dir}/H_{glob} =0,3. In figura 8 sono riportati i dati che si ottengono facendo l'interpolazione lineare rispetto a quelli che assume il software. (cfr. schede 29,30,31)

$t_{rel.D,SNA}$ South

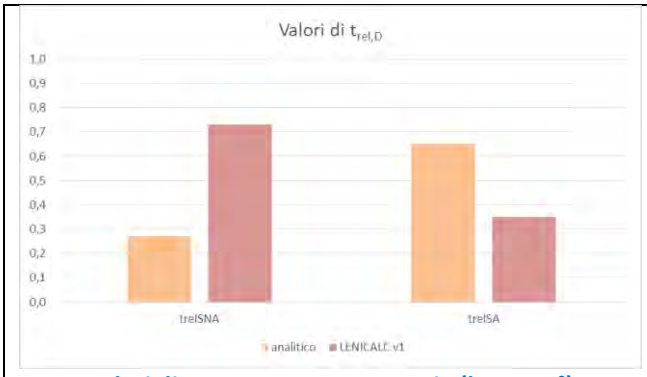
H_{dir}/H_{glob}	γ 0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	90°
0,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,1	0,99	0,97	0,94	0,93	0,96	0,98	0,98	0,93	0,88
0,2	0,94	0,91	0,86	0,84	0,86	0,87	0,86	0,80	0,72
0,3	0,89	0,86	0,79	0,75	0,75	0,76	0,75	0,69	0,61
0,4	0,83	0,80	0,71	0,65	0,64	0,65	0,65	0,60	0,53
0,5	0,71	0,67	0,57	0,50	0,49	0,50	0,51	0,47	0,40
0,6	0,55	0,51	0,41	0,33	0,32	0,34	0,36	0,32	0,23
0,7	0,47	0,43	0,32	0,24	0,23	0,26	—	—	—
0,8	—	0,42	0,32	0,24	0,23	0,26	—	—	—
0,9	—	0,42	0,32	0,24	0,23	0,26	—	—	—

Latitudine 59° N
Hdir/Hglob 0,39

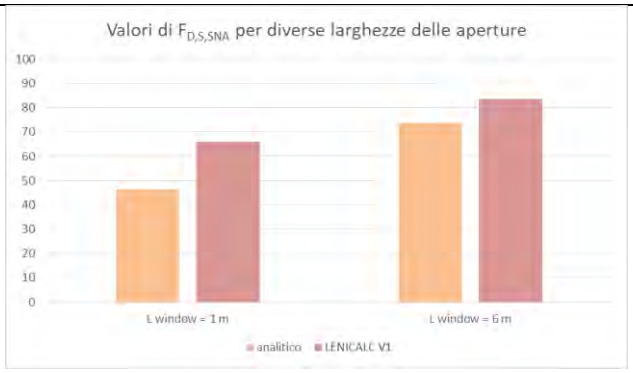
LENICALC	Interpolazione lineare
0,76	0,66

Figura 8: Confronto dati di $t_{rel,D,SNA}$ calcolati con LENICALC o analiticamente mediante interpolazione lineare

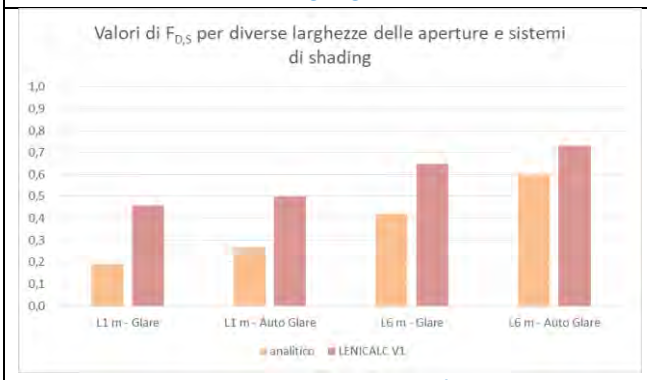
A titolo di esempio, di seguito, si riportano i risultati ottenuti per un ambiente situato a Catania (cfr. scheda 41), nel caso in cui si consideri l'effettivo valore di H_{dir}/H_{glob} e si proceda al calcolo di $t_{rel,D,SNA}$ e di $F_{DS,SNA}$ attraverso interpolazione lineare, rispetto ai dati ottenuti con LENICALC. Per questa simulazione il dato di H_{dir}/H_{glob} è stato calcolato a partire dal file climatico di Catania presente sul sito di Energy+ [9] ed è uguale a 0,64, corrispondente quindi ad un clima più soleggiato rispetto a quello considerato in LENICALC (H_{dir}/H_{glob} = 0,45). I grafici e le tabelle di figura 9 mettono in evidenza le differenze tra i risultati ottenuti con i due approcci.



Valori di $t_{rel,SNA}$ e $t_{rel,SA}$ per Catania (lat. 37.5°) calcolati secondo l'approccio analitico e con LENICALC V1.



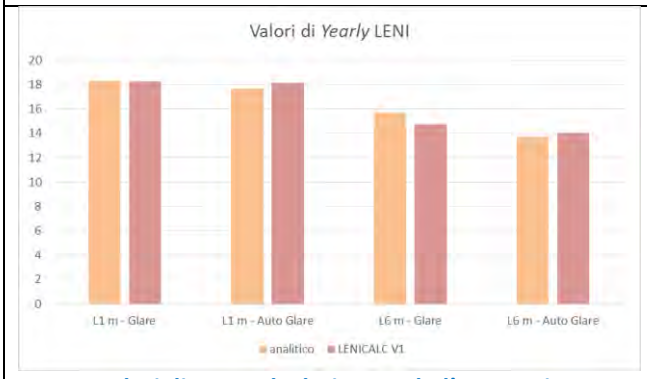
Valori di $F_{D,S,SNA}$ (lat. 37.5°) calcolati secondo l'approccio analitico e con LENICALC V1.



Valori di $F_{D,S}$ calcolati secondo l'approccio analitico e con LENICALC V1.

	$F_{D,S}$ Calcolo analitico	$F_{D,S}$ LENICALC V1	Δ %
L 1 m - Glare	0,197	0,465	57,63 %
L 1 m – Auto Glare	0,271	0,500	45,80 %
L 6 m - Glare	0,417	0,648	35,65 %
L 6 m – Auto Glare	0,600	0,736	18,48 %

Variazione percentuale di F_{DS}



Valori di LENI calcolati secondo l'approccio analitico e con LENICALC V1.

	Yearly LENI [kWh/m²] Calcolo analitico	**Yearly LENI [kWh/ m²]** LENICALC V1	Δ %
L 1 m - Glare	18,33	18,26	-0,38 %
L 1 m – Auto Glare	17,71	18,13	2,32 %
L 6 m - Glare	15,72	14,75	-6,58 %
L 6 m – Auto Glare	13,84	14,04	1,42 %

Variazione percentuale di LENI

Figura 9: Confronto tra i dati di $t_{rel,D}$, $F_{DS,SNA}$ F_{DS} e LENI calcolati con approccio analitico e con LENICALC V1 per un ambiente posto a Catania al variare delle dimensioni della finestra e del tipo di sistema di schermatura

FASE 3: Calcolo del fattore di controllo della luce (F_{DC})

La selezione dell'opzione di controllo in LENICALC è implementata correttamente (salvo nel caso in cui siano presenti più zone o più aperture nell'ambiente).

FASE 4: Calcolo del fattore di controllo di disponibilità di luce naturale (F_D)

In presenza di una singola zona e con aperture su un solo lato il calcolo di F_D, salvo le considerazioni riportate ai punti precedenti, viene effettuato correttamente. Il calcolo risulta corretto anche nel caso di doppia facciata vetrata, mentre non risulta possibile effettuare il calcolo in presenza di atrii poiché manca la possibilità di inserire i dati di input necessari al calcolo del Well Index (cfr. schede 45,46,47)

4.1.3 Validazione del calcolo del fattore di dipendenza dall'occupazione – F_O

Il calcolo di F_O presuppone la determinazione di due fattori: F_A rappresentativo della probabilità di assenza degli utenti dagli ambienti e F_{OC} rappresentativo della capacità del sistema di controllo di reagire in funzione della presenza/assenza degli utenti. Il processo di calcolo di F_O è schematizzato in figura 10.

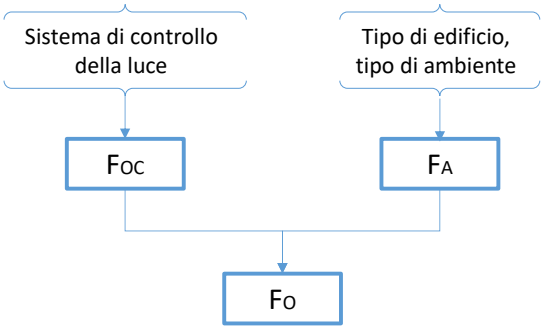


Figura 10: Procedura di calcolo di F_O con evidenziati, tra parentesi, i dati di input necessari

La verifica del calcolo di F_O è stata condotta modificando: le tipologie di edificio, di ambiente e i sistemi di controllo (cfr. schede 48-61)
Nella tabella 3 è riportato l'insieme delle variabili considerate e i valori o le condizioni adottate per ciascuna variabile.
Nella tabella 4 sono indicati i casi considerati e la combinazione di variabili per ciascun caso. Il codice del caso studio consente di identificare la scheda corrispondente, che riporta in dettaglio i dati di input e i risultati di calcolo. Le schede sono raccolte nell'Allegato 1.

Tabella 3. Sintesi delle variabili considerate e dei valori assunti per la validazione del calcolo di F_O

	codice valore	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
VARIABILE	**codice variabile**	**VALORE**						
Tipo di edificio	**B**	Ufficio	Scuola	Ospedale				
Tipo di ambiente	**R**	Cellulare 1 persona	Cellulare 2/6 persone	Atrio	Classe	Aula magna	Sala operatoria	Sala visite
Sistema di controllo	**LCO**	Type I	Type II	Type III				

Tabella 4. Elenco dei casi studio considerati con evidenziate le variabili di volta in volta modificate

Codice caso studio	**Fattore in esame**	**Variabili (secondo i codici della tabella 3)**
48_windowL1_S_Fa0.40_MF0.8	F_O	B1 R1 LCO1
50_windowL1_S_Fa0.30_MF0.7	F_O	B1 R2 LCO2
52_windowL1_S_Fa0.00_MF0.7	F_O	B1 R3 LCO3
54_windowL1_S_Fa0.25_MF0.8	F_O	B2 R4 LCO1
56_windowL1_S_Fa0.40_MF0.8	F_O	B2 R5 LCO1
57_windowL1_S_Fa0.40_MF0.8_auto	F_O	B2 R5 LCO2
58_windowL1_S_Fa0.00_MF0.8	F_O	B3 R6 LCO1
59_windowL1_S_Fa0.00_MF0.4_CLO_auto	F_O	B3 R6 LCO2
60_windowL1_S_Fa0.40_MF0.8	F_O	B3 R7 LCO1
61_windowL1_S_Fa0.40_MF0.8_auto	F_O	B3 R7 LCO2

4.1.4 Risultati relativi al calcolo di F_O

La procedura di calcolo di F_O è coerente con quanto definito nella normativa e non si riscontrano differenze nei risultati di LENICALC rispetto al calcolo analitico.
L'unica osservazione riguarda la modalità di selezione dei sistemi di controllo che nella finestra di input di LENICALC riporta un elenco in cui alcuni sistemi di controllo sono associati alla stessa voce dell'elenco, poiché ad essi corrisponde lo stesso valore di FOC. Da un punto di vista formale questa scelta può risultare poco chiara all'utente finale del software.

4.1.5 Validazione del calcolo del fattore di illuminazione costante – F_C

Il calcolo di F_C, ovvero del fattore che considera la possibilità di regolare il flusso luminoso emesso e quindi la potenza elettrica assorbita durante la vita dell'impianto in funzione delle caratteristiche di apparecchi/ballast (CLO) o per la presenza di sensori esterni (CIC), presuppone la determinazione di due fattori: MF, fattore di manutenzione del sistema di illuminazione, definito in fase di progetto dell'impianto e F_{CC} fattore di efficienza del sistema di controllo di illuminamento costante (CIC). Il processo di calcolo di F_C è schematizzato in figura 11.

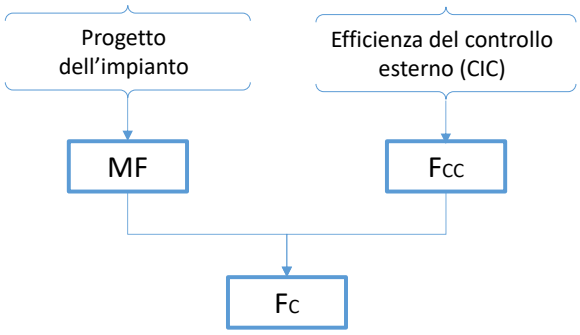


Figura 11: Procedura di calcolo di F_C con evidenziati, tra parentesi, i dati di input necessari

La verifica del software LENICALC per quanto riguarda il calcolo di F_C è stata effettuata modificando, per l'ambiente di riferimento i dati relativi al fattore di manutenzione MF, selezionando o meno l'opzione di control light output (CLO) e attribuendo valori diversi al parametro F_{CC} e all'illuminamento reale rispetto all'illuminamento target.
Nella tabella 5 è riportato l'insieme delle variabili considerate e i valori o le condizioni adottate per ciascuna variabile.
Nella tabella 6 sono indicati i casi considerati e la combinazione di variabili per ciascun caso. Il codice del caso studio consente di identificare la scheda corrispondente, che riporta in dettaglio i dati di input e i risultati di calcolo. Le schede sono raccolte nell'Allegato 1.

Tabella 5. Sintesi delle variabili considerate e dei valori assunti per la validazione del calcolo di F_C

	codice valore	**1**	**2**	**3**
VARIABILE	**codice variabile**	**VALORE**		
Fattore di Manutenzione	**MF**	0,8	0,7	0,4
Constant light output	**CLO**	NO	SI	
Fattore di efficienza sistema di controllo	**Fcc**	1		
Illuminamento reale	**Er**	= E	≠ E	

Tabella 6. Elenco dei casi studio considerati con evidenziate le variabili di volta in volta modificate

Codice caso studio	Fattore in esame	Variabili (secondo i codici della tabella 1)
Codice caso studio	Fattore in esame	Variabili (secondo i codici della tabella 3)
49_windowL1_S_Fa0.40_MF0.8_CLO	F_C	MF1 CLO2 Fcc1 Er2
50_windowL1_S_Fa0.30_MF0.7	F_C	MF2 CLO1 Fcc1 Er1
51_windowL1_S_Fa0.30_MF0.7_CLO	F_C	MF2 CLO2 Fcc1 Er2
52_windowL1_S_Fa0.00_MF0.7	F_C	MF2 CLO1 Fcc1 Er1
53_windowL1_S_Fa0.00_MF0.7_CLO	F_C	MF2 CLO2 Fcc1 Er1
55_windowL1_S_Fa0.25_Ereal	F_C	MF1 CLO2 Fcc1 Er2
59_windowL1_S_Fa0.00_MF0.4_CLO_auto	F_C	MF2 CLO2 Fcc1 Er1
60_windowL1_S_Fa0.40_MF0.8	F_C	MF1 CLO1 Fcc1 Er2

4.1.6 Risultati relativi al calcolo di F_C

I risultati ottenuti dalla validazione del software per questa parte della procedura di calcolo, nel caso di un ambiente con una sola zona, evidenziano che il calcolo risulta corretto, salvo nel caso in cui:

1. non sia selezionata l'opzione CLO, che individua la presenza di un sistema di regolazione del flusso e della potenza, ma venga indicato un valore di illuminamento reale diverso dal valore target. In questo caso, nonostante non sia presente un sistema di regolazione di flusso e potenza il dato di F_C risulta inferiore a 1 (viene calcolato come se fosse stata scelta l'opzione CLO) (cfr. schede 58, 64).
2. venga attribuito un valore di MF per l'ambiente (Room Properties) diverso da quello impostato nella finestra iniziale del progetto (New project). In questo caso il calcolo di F_C viene effettuato considerando il valore di MF attribuito al progetto.

E' opportuno inoltre evidenziare che la norma non prevede che il calcolo di F_C tenga conto del valore reale di illuminamento medio mantenuto ottenuto nel progetto dell'impianto di illuminazione. Nella formula della norma infatti entrano in gioco solo il fattore di manutenzione e il fattore di efficienza del sistema di controllo esterno (F_{CC}).

4.2 Validazione del calcolo di W_P

Il calcolo di WP è funzione di quattro variabili (cfr fromula (4)): la potenza assorbita dai sistemi di controllo, la potenza assorbita per la ricarica delle lampade di emergenza, il tempo di ricarica delle lampade di emergenza ed il tempo di assorbimento della potenza riferita ai sistemi di controllo.
La validazione del software rispetto a questo termine del LENI è stata effettuata facendo variare le potenze parassite (per i sistemi di controllo e le lampade di emergenza) e i tempi di assorbimento.

4.2.1 Risultati relativi al calcolo di W_P

La verifica effettuata per questa parte della procedura di calcolo evidenzia che:

1. Non è possibile introdurre il tempo di assorbimento delle lampade di emergenza
2. Non è possibile introdurre il tempo di assorbimento relativo ai sistemi di controllo degli apparecchi

Il calcolo dell'energia parassita viene effettuato considerando dei valori costanti di t_s e t_e che non sono specificati nelle finestre di input del software. Presumibilmente dai risultati si evince che t_s venga assunta pari a 8760 ore (corrispondenti all'intero anno) e t_e pari a 8730.
A questo proposito si ritiene necessario evidenziare una criticità nella descrizione del metodo di calcolo di W_L e W_P presente nella norma. Per il calcolo di W_L si specifica che la potenza assorbita per i sistemi di controllo P_{PC} va moltiplicata per il tempo t_S, essendo t_s l'intero periodo di tempo considerato (anno, mese, ora, etc.). Nel caso del calcolo annuale si considerano quindi 8760 ore corrispondenti ad un anno. Nel calcolo di W_L però si specifica che la potenza degli impianti di illuminazione P_n deve comprendere anche la potenza assorbita per i ballast e per altri componenti dell'apparecchio. Se la potenza per il controllo

dell'apparecchio in stanby fosse inclusa in questo dato il valore dell'energia corrispondente alle ore t_D e t_N verrebbe computato due volte.

5 Validazione del calcolo per una singola zona in presenza di aperture su più lati

5.1.1 Validazione del calcolo del fattore di dipendenza dalla luce diurna - F_D

Un approfondimento specifico è stato condotto in merito alla procedura di calcolo di F_D nel caso in cui siano presenti aperture vetrate su più lati (finestre verticali su pareti diverse o finestre verticali e lucernai). In questo caso la normativa indica, per la definizione di F_D, due approcci di calcolo alternativi: il metodo definito dell'area PREDOMINANT o quello di SUPERIMPOSITION. Per l'applicazione di questi due metodi vengono fornite alcune indicazioni di massima. In particolare nella **parte 1** del documento normativo viene riportato quanto segue:

"Evaluation zones which are illuminated by daylight entering via façades or roof lights shall be subdivided into a day lit area $A_{D,j}$ and an area $A_{ND,j}$ which is not illuminated by daylight. For simplified estimate calculations, the more favourable respective lighting conditions can be assumed to apply in cases where one area is illuminated by daylight entering via several façades or via a façade and roof lights. Alternatively, it is also possible in these areas to determine the daylight factor in accordance with Figures F.3 and F.4 by superimposition. This may nevertheless only be applied for areas being lit solely by a type of daylight aperture (either vertical façade or roof light)."

Ulteriori dettagli vengono riportati nella **parte 2** della norma (10), dove si specifica che:

"If there are several transparent facade surfaces and thus several daylit areas within one evaluation area, this may result in daylit areas overlapping each other. It is therefore necessary to intersect the areas against the room enclosing surface and to offset them against each other to ensure that the areal balance in the evaluation area under review is actually correct. As lighting conditions overlap in the intersecting areas and hence improve, rules of precedence for evaluating the daylighting conditions need to be determined. Basically, two different methods can be applied here:

1) Superimposition of the daylight factors in the overlapping daylit areas with subsequent correlation to the relative luminous exposure.

2) Selection of the greatest relative luminous exposure of the overlapping daylit areas. In this way, the area that is best supplied with daylight prevails.

Le indicazioni riportate nel documento sono schematizzate in figura 12.

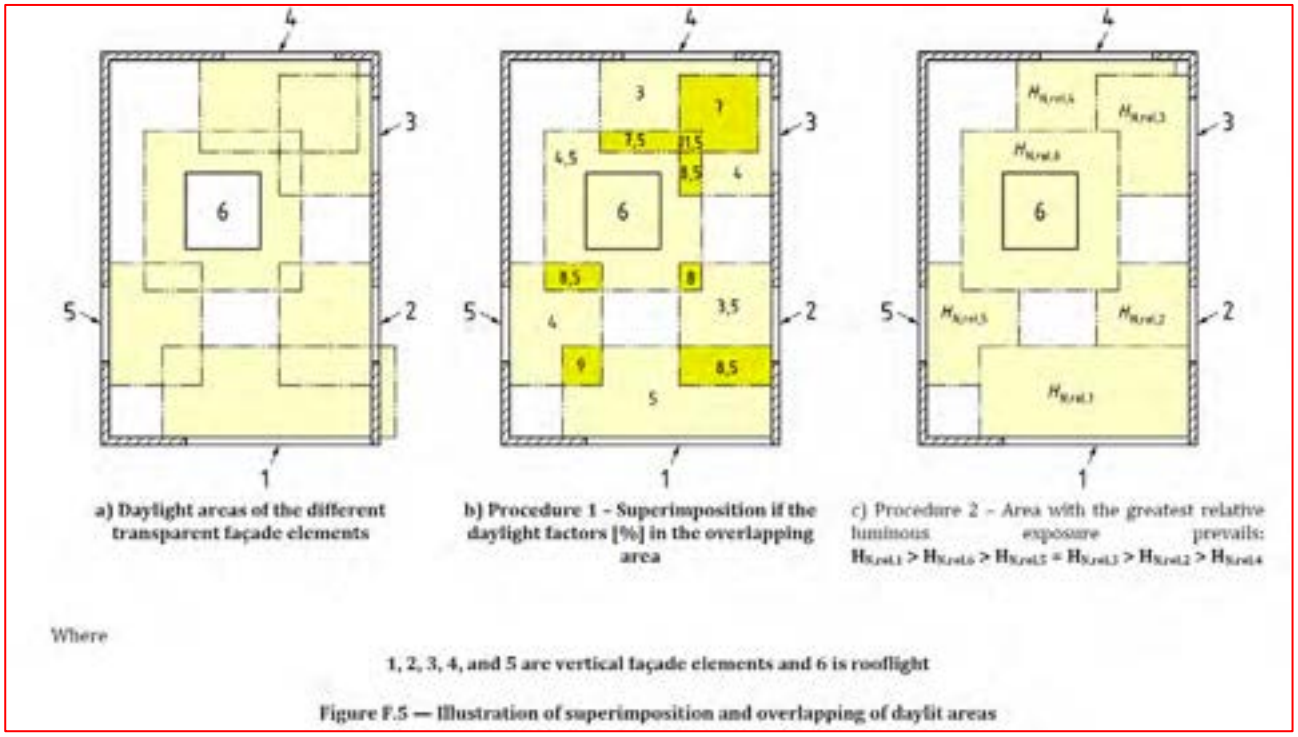
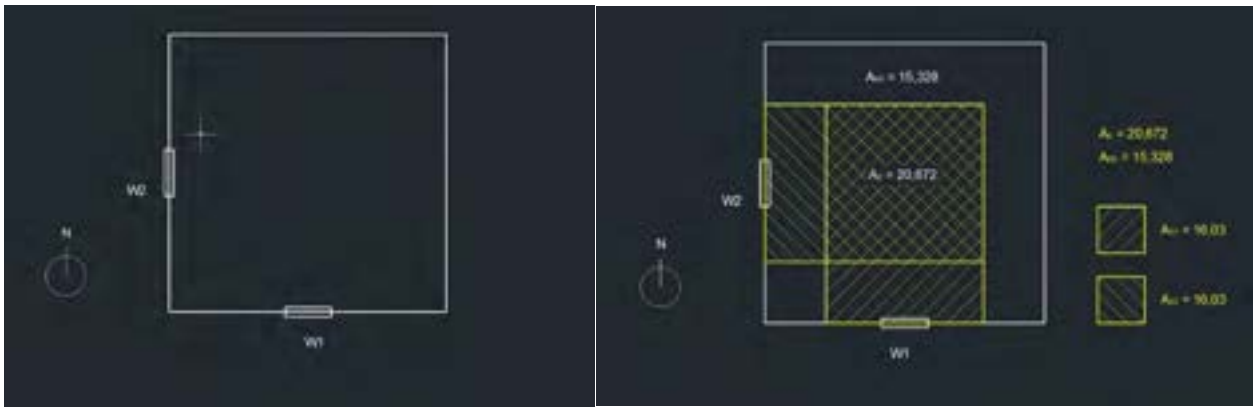


Figura 12: Descrizione grafica dell'approccio di calcolo SUPERIMPOSITION o dell'area PREDOMINANT [10]

In base alle indicazioni di massima riportate nella norma si è provato a sviluppare il processo di calcolo per i due metodi. A titolo di esempio, per la descrizione della procedura relativa ai due approcci si assume il caso di un ambiente con 2 finestre verticali collocate su pareti con diverso orientamento.



A ciascuna apertura corrisponde un'area che riceve luce naturale e, in funzione delle caratteristiche geometriche, architettoniche, tecnologiche e climatiche, l'apertura determina, su quell'area, una corrispondente disponibilità di luce naturale, espressa in un primo livello di analisi come fattore di luce diurna della carcassa (D_{ca}) e come classe di penetrazione della luce naturale (D_{Class}), quindi come fattore di luce diurna che tiene conto del tipo di serramento e vetro (D) e infine come fattore di disponibilità di luce naturale ($F_{D,S}$), parametro quest'ultimo che tiene conto anche delle caratteristiche climatiche, di orientamento, di schermatura e del requisito di illuminamento dell'ambiente.
Di seguito vengono evidenziati, per ciascuna delle aperture, i parametri utilizzati per lo sviluppo della procedura di calcolo nel caso del metodo dell'area PREDOMINANT o del SUPERIMPOSITION.

WINDOW 1:

- Dimensione: $A_{c,1}$
- Orientamento: O_1

- Sistema di schermatura: Sh_1
- Area che riceve luce naturale: **$A_{D,1}$**
- Disponibilità di luce naturale (daylight factor e daylight supply factor):

In parentesi quadra vengono segnalati i dati associati all'apertura e usati come input per la determinazione del corrispondente parametro

$D_{ca,1}$	$D_{Class,1}$	**D_1**	$F_{D,S,SNA,1}$ [D_1;O_1]	$t_{rel,SNA,1}$ [O_1]	$F_{D,S,SA,1}$ [$D_{Class,1}$; Sh_1]	$t_{rel,SA,1}$ [O_1]	**$F_{D,S,1}$**

Anche il fattore di controllo della luce naturale (lighting control factor) dipende, oltre che dal tipo di sistema di controllo della luce artificiale, dalla classe di penetrazione della luce naturale determinata dall'apertura.

- Fattore di controllo dell'illuminazione: **$F_{D,C,1}$** [$D_{Class,1}$]

WINDOW 2:

- Dimensione: $A_{c,2}$
- Orientamento: O_2
- Sistema di schermatura: Sh_2
- Area che riceve luce naturale: **$A_{D,2}$**
- Disponibilità di luce naturale (daylight factor e daylight supply factor):

In parentesi quadra vengono segnalati i dati associati all'apertura e usati come input per la determinazione del corrispondente parametro

$D_{ca,2}$	$D_{Class,2}$	D_2	$F_{D,S,SNA,2}$ [D_2;O_2]	$t_{rel,SNA,2}$ [O_2]	$F_{D,S,SA,2}$ [$D_{Class,2}$; Sh_2]	$t_{rel,SA,2}$ [O_2]	**$F_{D,S,2}$**

- Fattore di controllo dell'illuminazione: **$F_{D,C,2}$** [$D_{Class,2}$]

Poiché le due aree che ricevono luce naturale si sovrappongono parzialmente, per determinare il valore finale di F_D per l'area che riceve luce naturale si procede secondo il metodo SUPERIMPOSITION o dell'area PREDOMINANT.

METODO 1 _ **SUPERIMPOSITION**

Il metodo prevede di considerare, nella zona di sovrapposizione di $A_{D,1}$ e $A_{D,2}$, un apporto di luce naturale corrispondente alla **somma dei fattori di luce diurna** dovuti a ciascuna apertura:

- Area di sovrapposizione di $A_{D,1}$ e $A_{D,2}$: **$A_{D,sp}$**
- Disponibilità di luce naturale (daylight factor e daylight supply factor):

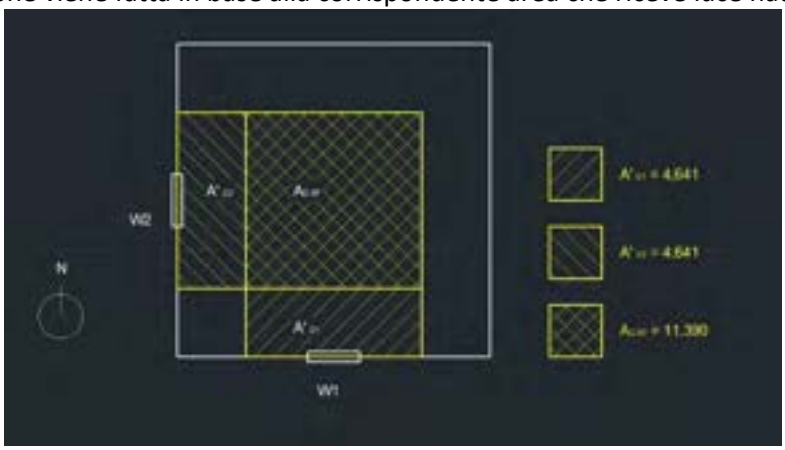
In parentesi quadra vengono segnalati i dati associati all'apertura e usati come input per la determinazione del corrispondente parametro

$D_{ca,sp}$= $D_{ca,1}$ + $D_{ca,2}$	$D_{Class,sp}$ [$D_{ca,sp}$]	D_{sp} = D_1 + D_2	$F_{D,S,SNA,sp,1}$ [D_{sp};O_1]	$t_{rel,SNA,1}$ [O_1]	$F_{D,S,SA,sp,1}$ [$D_{Class,sp}$,sh_1]	$t_{rel,SA,1}$ [O_1]	$F_{D,S,sp,1}$ = $F_{D,S,SNA,sp,1}$* $t_{rel,SNA,1}$+ $F_{D,S,SA,sp,1}$* $t_{rel,SA,1}$
			$F_{D,S,SNA,sp,2}$ [D_{sp};O_2]	$t_{rel,SNA,2}$ [O_2]	$F_{D,S,SA,sp,2}$ [$D_{Class,sp}$,sh_2]	$t_{rel,SA,2}$ [O_2]	$F_{D,S,sp,2}$ = $F_{D,S,SNA,sp,2}$* $t_{rel,SNA,2}$+ $F_{D,S,SA,sp,2}$* $t_{rel,SA,2}$
$F_{D,S,sp}$ = ($F_{D,S,sp,1}$* $A_{c,1}$ + $F_{D,S,sp,2}$* $A_{c,2}$)/ ($A_{c,1}$ + $A_{c,2}$)							

- Fattore di controllo dell'illuminazione: **$F_{D,C,sp}$** [$D_{Class,sp}$]

NOTA: per tener conto del diverso apporto di luce naturale prodotto dalle due aperture il fattore di disponibilità di luce naturale $F_{D,S,sp}$ relativo all'area di sovrapposizione viene calcolato come media ponderata degli $F_{D,S,sp}$ delle due aperture. La ponderazione è fatta rispetto all'area delle aperture ($A_{c,1}$ e $A_{c,2}$).

Sulla base dei dati precedentemente calcolati, per determinare i fattori complessivi di disponibilità di luce naturale ($F_{D,S}$) e di controllo dell'illuminazione ($F_{D,C}$), si procede calcolando la media ponderata dei singoli fattori. La ponderazione viene fatta in base alla corrispondente area che riceve luce naturale:



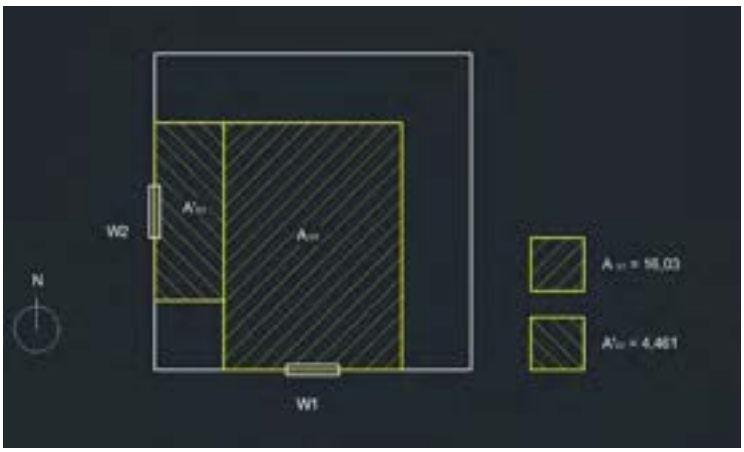
$F_{D,S} = (F_{D,S,1} * A'_{D,1} + F_{D,S,2} * A'_{D,2} + F_{D,S,sp} * A_{D,sp}) / (A'_{D,1} + A'_{D,2} + A_{D,sp})$
$F_{D,C} = (F_{D,C,1} * A'_{D,1} + F_{D,C,2} * A'_{D,2} + F_{D,C,sp} * A_{D,sp}) / (A'_{D,1} + A'_{D,2} + A_{D,sp})$
Segue il calcolo di F_D per l'area complessiva che riceve luce naturale:
$F_{D,AD} = 1 - (F_{D,S} * F_{D,C})$
Inoltre, per l'area che non riceve luce naturale:
$F_{D,AND} = 1$

METODO 2 _ **area PREDOMINANT**

Il metodo prevede di considerare, nella zona di sovrapposizione di $A_{D,1}$ e $A_{D,2}$, la **condizione di illuminazione più favorevole**. Questa corrisponde al valore maggiore di $F_{D,S}$.

Quindi, se per ipotesi **$F_{D,S,1} > F_{D,S,2}$,** le aree che ricevono luce naturale risultano essere:

- **$A_{D,1}$**
- **$A'_{D,2} = A_{D,2} - (A_{D,sp})$**



Sulla base dei dati precedentemente calcolati, per determinare i fattori complessivi di disponibilità di luce naturale ($F_{D,S}$) e di controllo dell'illuminazione ($F_{D,C}$), si procede calcolando la media ponderata dei singoli fattori. La ponderazione viene fatta in base alla corrispondente area che riceve luce naturale:
$F_{D,S} = (F_{D,S,1} * A_{D,1} + F_{D,S,2} * A'_{D,2}) / (A_{D,1} + A'_{D,2})$

$F_{D,C} = (F_{D,C,1} * A_{D,1} + F_{D,C,2} * A'_{D,2})/(A_{D,1} + A'_{D,2})$
Segue il calcolo di F_D per l'area complessiva che riceve luce naturale:
$F_{D, AD} = 1 - (F_{D,S} * F_{D,C})$
Inoltre, per l'area che non riceve luce naturale:
$F_{D, AND} = 1$

Nell'allegato 2 sono raccolte le schede relative al calcolo di F_D, secondo il metodo di SUPERIMPOSITION e dell'area PREDOMINANT per ambienti con aperture su più lati.

5.1.2 Risultati relativo al calcolo di F_D per ambienti con aperture su più lati

I dati ottenuti nei 4 casi studio sviluppati evidenziano come la stima del fattore di disponibilità di luce naturale (F_{DS}) risulti sempre superiore utilizzando il metodo 1 (SUPERIMPOSITION) rispetto al metodo 2 (PREDOMINANT). L'incremento percentuale risulta variabile tra +1,9% e +7,1%, con il valore massimo nel caso 1 in cui l'area di sovrapposizione è maggiore (11,39 m^2) e il minimo nel caso 3 in cui l'area di sovrapposizione è molto limitata (2,75 m^2).
La differenza tra i due metodi si riduce se si considera il fattore di dipendenza dalla luce naturale F_D. Usando il metodo di superimposition il valore di F_D risulta più basso: la differenza percentuale è compresa nel range tra -1,7% e -5%.
Uno scarto ancora inferiore si ottiene spostando l'analisi a livello di LENI. In questo caso subentra l'influenza di diversi altri fattori e, per i 4 casi studio analizzati, a parità di potenza dell'impianto, le caratteristiche di utilizzo dell'ambiente e le caratteristiche del sistema di controllo, si ottiene una differenza percentuale nell'applicare il metodo di SUPERIMPOSITION rispetto al metodo dell'AREA PREDOMINANT variabile tra -0,06% e -2%.
E' opportuno sottolineare che questi risultati fanno riferimento a un set molto limitato di casi studio, in cui si sono considerati ambienti privi di schermature solari e con un controllo manuale degli impianti di illuminazione. Variazioni percentuali più significative si potrebbero ottenere in presenza di sistemi di controllo automatici con regolazione in base alla luce naturale. Per i 4 casi analizzati, questa modifica implicherebbe un incremento della differenza tra metodo SUPERIMPOSITION e AREA PREDOMINANT nel calcolare l'indice LENI (differenza massima: -3,4%).
A fronte di differenze percentuali di LENI piuttosto limitate, l'interpretazione assunta in questo documento sulla procedura di applicazione dei due metodi implica una complessità di calcolo molto maggiore nel caso di sovrapposizione degli effetti (metodo SUPERIMPOSITION) rispetto al caso di scelta dell'area predominante (metodo PREDOMINANT). La presenza di più finestre con diversi orientamenti e la sovrapposizione casuale delle aree illuminate da luce naturale implica la necessità di calcolare, per un numero potenzialmente elevato di zone, gli apporti di luce naturale dovuti a più finestre con caratteristiche potenzialmente variabili e orientamenti diversi. La procedura di calcolo di F_{DS} in questo caso può diventare piuttosto lunga e macchinosa.
Un'ultima considerazione riguarda il confronto tra i dati ottenuti con i due metodi di calcolo e quelli ottenuti, per gli stessi casi studio, mediante l'applicazione di un software di simulazione dinamica della luce naturale (Daysim) (figura 13).
Nel grafico sono riportati i dati del fattore di disponibilità di luce naturale F_{DS} ricavati con l'applicazione analitica del metodo dell'AREA PREDOMINANT e di SUPERIMPOSITION e i dati di Daylight Autonomy (DA) calcolati con il software Daysim. In dettaglio vengono confrontati i seguenti parametri:

- $F_{DS,SUP}$: fattore di disponibilità di luce naturale calcolata con metodo di SUPERIMPOSITION relativo all'area che riceve luce naturale (A_D)
- $F'_{DS,SUP}$: fattore di disponibilità di luce naturale calcolata con metodo di SUPERIMPOSITION relativo all'intero ambiente (A_D+A_{ND})
- $F_{DS,PR}$: fattore di disponibilità di luce naturale calcolata con metodo PREDOMINANT relativo all'area che riceve luce naturale (A_D)

- $F'_{DS,PR}$: fattore di disponibilità di luce naturale calcolata con metodo PREDOMINANT relativo all'intero ambiente (A_D+A_{ND})
- DA: Daylight Autonomy calcolata per l'intero ambiente, modellato senza tener conto dello spessore dei muri attorno alle aperture
- DA*: Daylight Autonomy calcolata per l'intero ambiente, modellato tenendo conto di uno spessore dei muri di 30 cm attorno alle aperture.

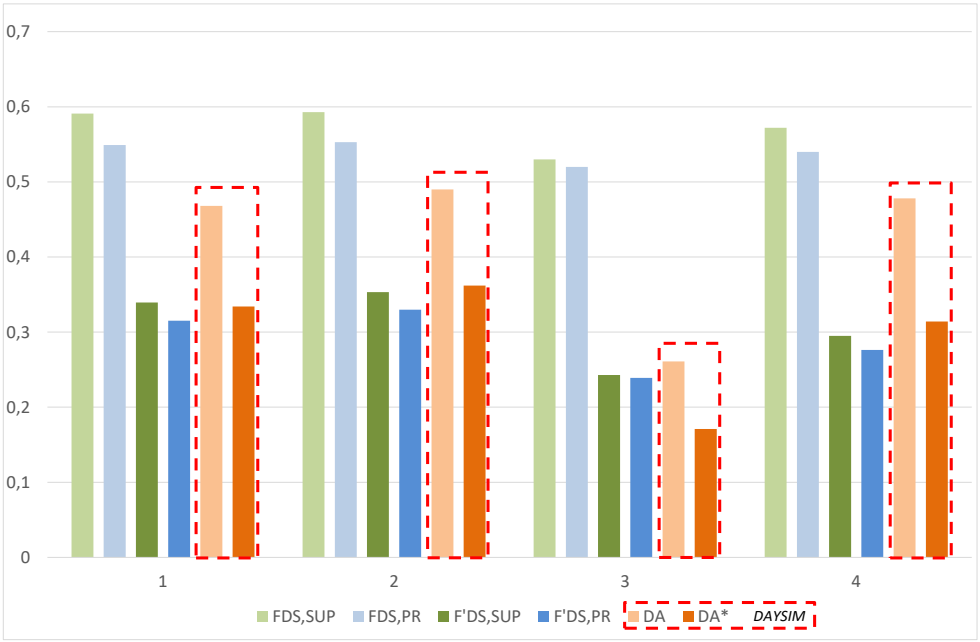


Figura 13: Confronto dati disponibilità di luce naturale calcolati mediante il metodo SUPERIMPOSITION, dell'area PREDOMINANT e mediante il software di simulazione dinamica DAYSIM

Dall'analisi dei risultati si possono trarre alcune considerazioni:

- L'andamento delle grandezze considerate, per i quattro ambienti analizzati, è confrontabile tra dati calcolati col metodo analitico e i risultati della simulazione dinamica
- In entrambi i casi (calcolo analitico e software), l'ambiente con aperture sui lati Est e Ovest è quello che determina la minor disponibilità di luce naturale ma la riduzione con la simulazione dinamica risulta più consistente che con il calcolo analitico
- I valori di fattore di disponibilità di luce diurna calcolati con il metodo analitico per l'intero ambiente (F'_{DS} nel grafico) risultano essere molto vicini, fatta eccezione per l'ambiente 3, al dato di Daylight Autonomy calcolata considerando uno spessore di parete di 30 cm (DA* nel grafico).

Anche in questo caso è opportuno sottolineare che questi risultati non possono essere generalizzati in quanto riferiti ad un campione molto limitato di casi studio.

Per quanto riguarda la verifica del calcolo in LENICALC:

1. Il software non considera l'effettivo diverso orientamento delle aperture ma le riporta tutte all'orientamento dominante
2. Se si sceglie la modalità di calcolo "PREDOMINANT" il fattore di luce diurna e i parametri che ne conseguono delle aree non dominanti non sono calcolati correttamente
3. In SUPERIMPOSITION l'avvio del procedimento di calcolo è coerente (vengono effettivamente sommati i valori di D nelle aree di sovrapposizione), ma i risultati non corrispondono a quanto

elaborato per via analitica. Dal report dei risultati di lenicalc (log.txt) non è possibile valutare l'intera procedura di calcolo e quindi identificare gli elementi di differenza.

6 Validazione del calcolo in presenza di più zone in un ambiente

Il calcolo del LENI di un edificio si ottiene dal rapporto tra l'energia totale annua richiesta per l'illuminazione, sommata per tutte le aree e zone dell'edificio e l'area utile complessiva dell'edificio (cfr equazione (1)). In presenza di più ambienti o di più zone all'interno di un ambiente si procede al calcolo dell'energia totale annua di ciascuno di essi, considerando le specifiche potenze d'impianto, le caratteristiche architettoniche, il tipo di ambiente, cui corrispondono determinati requisiti illuminotecnici e caratteristiche di occupazione, i sistemi di controllo, e i conseguenti valori di F_C, F_D ed F_O. I valori di energia funzionale (W_L) e parassita (W_P) che si ottengono per ciascun ambiente dell'edificio o zona all'interno di un ambiente vengono quindi sommati per ottenere l'energia totale annua per l'illuminazione (cfr. equazioni (3), (4)).
Di seguito si riporta un esempio relativo all'applicazione del calcolo per un ambiente in cui siano presenti due zone A1 e A2 con funzioni diverse e quindi potenze specifiche, requisiti di illuminamento, e sistemi di controllo diversi (figura 14).

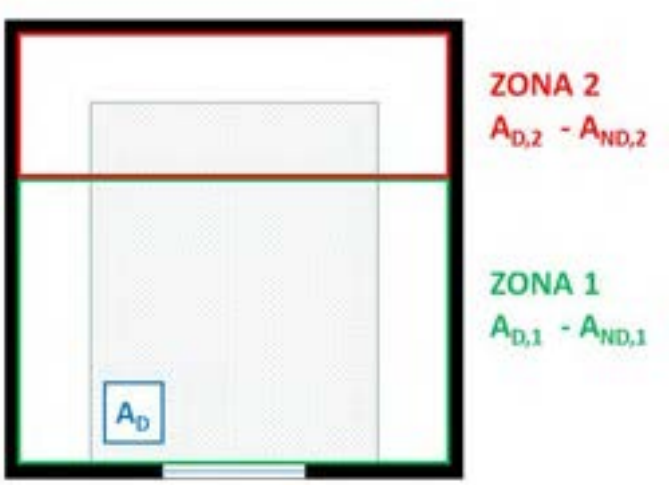


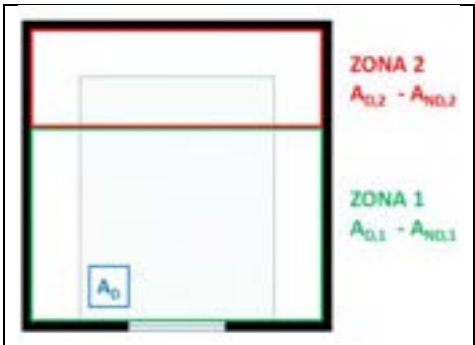
Figura 14: Ambiente suddiviso in 2 zone con diverse funzioni, e caratteristiche impiantistiche

Calcolo di F_D
Se le due zone sono entrambe interessate dall'area che riceve luce naturale A_D sarebbe necessario determinare il fattore di luce diurna D e la disponibilità di luce naturale F_{DS} specifica di ciascuna zona. L'approccio di calcolo adottato dalla norma non consente però di ottenere dei valori di D o di F_{DS} differenziati in base alla distanza dalla finestra, ma produce come output un unico valore medio rappresentativo del punto centrale dell'area A_D [11].
Per calcolare il valore di F_D relativo alle due zone si può quindi procedere calcolando:

- D per l'intera area A_D
- $F_{DS,SNA}$ di ciascuna zona, in base ai dati comuni di latitudine, clima, fattore di luce diurna e ai dati specifici di illuminamento della zona
- F_{DS} di ciascuna zona
- $F_{D,AD}$ di ciascuna zona in base al valore di F_{DS} precedentemente calcolato e ai valori di F_{DC} specifici delle zone
- F_D medio ponderato in base alle aree A_D e A_{ND} di ciascuna zona.

I parametri necessari per il calcolo di F_D sono schematizzati nella tabella 7. Per ciascun parametro sono riportate, tra parentesi quadre, le variabili da utilizzare per determinarne il valore.
Un'analisi più precisa potrebbe essere effettuata differenziando, attraverso il calcolo con metodi alternativi a quelli della norma, il fattore di luce diurna effettivo di ciascuna delle due aree.

Tabella 7. Parametri necessari al calcolo di F_D e variabili da utilizzare per determinarne il valore

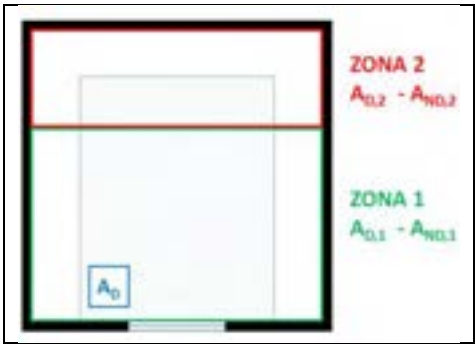


Dati relativi all'intero ambiente	
D_{CA}	$t_{rel,D,SNA}$
D_{class}	$t_{rel,D,SA}$
D	$F_{DS,SA}$
Dati relativi a ciascuna zona	
ZONA 1	ZONA 2
$F_{DS,SNA,1}$ [γ; H_{dir}/H_{glob}; D; **E_1**]	$F_{DS,SNA,2}$ [γ; H_{dir}/H_{glob}; D; **E_2**]
$F_{DS,1}$ [**$F_{DS,SNA,1}$**; $F_{DS,SA}$; $t_{rel,D,SNA}$; $t_{rel,D,SA}$]	$F_{DS,2}$ [**$F_{DS,SNA,2}$**; $F_{DS,SA}$; $t_{rel,D,SNA}$; $t_{rel,D,SA}$]
$F_{D,AD,1}$ [**$F_{DS,1}$; $F_{DC,1}$**]	**$F_{D,AD,2}$** [**$F_{DS,2}$; $F_{DC,2}$**]
$F_{D,1}$ [**$F_{D,AD,1}$; $A_{D,1}$; $A_{ND,1}$**]	**$F_{D,2}$** [**$F_{D,AD,2}$; $A_{D,2}$; $A_{ND,2}$**]

Calcolo di F_O e F_C

Per il calcolo di F_O è necessario considerare il fattore di assenza F_A e il tipo di sistema di controllo rispetto all'occupazione di ciascuna zona (F_{OC}). Analogamente per il calcolo di F_C si procede a partire dai dati di fattore di manutenzione MF e di F_{CC} specifici di ciascuna zona (tabella 8)

Tabella 8. Parametri necessari al calcolo di F_O ed F_C e variabili da utilizzare per determinarne il valore



ZONA 1	ZONA 2
$F_{A,1}$ [tipo di ambiente 1]	$F_{A,2}$ [tipo di ambiente 2]
$F_{OC,1}$ [sistema di controllo 1]	$F_{OC,2}$ [sistema di controllo 2]
$F_{O,1}$ [**$F_{A,1}$; $F_{OC,1}$**]	**$F_{O,2}$** [**$F_{A,2}$; $F_{OC,2}$**]
MF_1	MF_2
$F_{CC,1}$ [sistema di controllo 1]	$F_{CC,2}$ [sistema di controllo 2]
$F_{C,1}$ [**MF_1; $F_{CC,1}$**]	**$F_{C,2}$** [**MF_2; $F_{CC,2}$**]

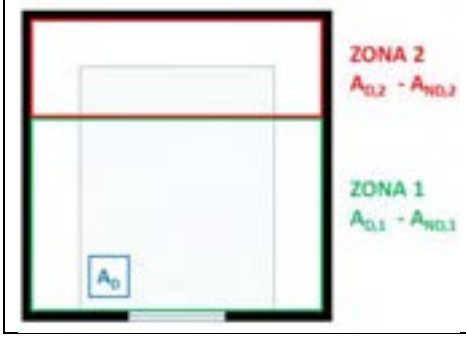
Calcolo di W_L e W_P

Il calcolo di W_L e W_P viene effettuato considerando i valori di F_D, F_O, e F_C, precedentemente calcolati e i dati specifici delle zone di:

- Potenza dell'impianto
- Potenza parassita del sistema di controllo
- Potenza di ricarica delle luci di emergenza

Con questi dati si procede al calcolo del LENI di zona, che può essere poi utilizzato per calcolare il LENI di ambiente o quello complessivo dell'edificio. (tabella 9)

Tabella 9. Parametri necessari al calcolo di W_L, W_P, LENI e variabili da utilizzare per determinarne il valore

	ZONA 1	ZONA 2
	Energia per illuminazione	
	$\mathbf{W_{L,1}}$ [$\mathbf{P_1}$; $F_{D,1}$; $F_{O,1}$; $F_{C,1}$]	$\mathbf{W_{L,2}}$ [$\mathbf{P_2}$; $F_{D,2}$; $F_{O,2}$; $F_{C,2}$]
	Energia per stand-by	
	$\mathbf{W_{P,1}}$ [$\mathbf{P_{pc,1}}$; $\mathbf{P_{em,1}}$]	$\mathbf{W_{P,1}}$ [$\mathbf{P_{pc,2}}$; $\mathbf{P_{em,2}}$]
	LENI	
	$LENI_{zona,1} = (W_{L,1} + W_{P,1})/A_1$	$LENI_{zona,2} = (W_{L,2} + W_{P,2})/A_2$
	$LENI = (W_{L,1} + W_{L,2}) + (W_{P,1} + W_{P,2})/A$	

Nell'allegato 3 sono raccolte le schede relative al calcolo del LENI per ambienti con più zone.

6.1.1 Risultati relativo al calcolo del LENI in presenza di più zone in un ambiente

I dati ottenuti dall'applicazione del software LENICALC V1 in presenza di più zone in uno stesso ambiente evidenzia l'utilizzo di una procedura di calcolo diversa da quella descritta nel paragrafo precedente.
Nell'allegato 3 sono riportati i risultati ottenuti applicando analiticamente la procedura descritta in precedenza rispetto a quelli prodotti, per lo stesso caso studio, mediante LENICALC V1. Dal report (log.txt) dei risultati di LENICALC V1 non si riesce ad evincere completamente la procedura di calcolo utilizzata, ma sembrerebbe che W_L e W_P non siano calcolati separatamente per le due zone inserite nell'ambiente, a partire dai dati specifici delle zone. In questo potrebbe risiedere l'origine della differenza nei risultati.

7 Applicazione del metodo di calcolo del LENI a edifici pubblici di riferimento

Nell'ottica di testare il software di calcolo LENICALC ENEA v1 e, successivamente, di validare il metodo di calcolo proposto dalla normativa attraverso il confronto con simulazioni dinamiche, durante la fase precedente della ricerca sono stati definiti dei casi studio in grado di coprire un insieme ampio tra le variabili che caratterizzano il metodo di calcolo stesso. Inoltre, tali casi studio sono stati delineati nella logica, più generale, di determinare, per diverse tipologie edilizie, valori di prestazione energetica per l'illuminazione (LENI) di benchmark. In questo senso si è scelto di procedere all'identificazione delle seguenti tipologie di edifici tipo, riferibili al patrimonio immobiliare pubblico italiano: edificio per uffici, edificio scolastico, edificio ospedaliero e edificio residenziale.
Le caratteristiche degli edifici di riferimento sono state presentate in dettaglio nel report del primo anno di attività di ricerca [7].
Nel presente report, viene presentata l'applicazione del metodo di calcolo del LENI al caso dell'edificio scolastico tipo.

7.1 Edificio scolastico

In sintesi, l'edificio scolastico tipo è rappresentativo di una scuola superiore. Come tale, è dimensionato per ospitare 500 studenti, divisi in 20 classi (25 studenti per classe). Si tratta di un edificio a stecca, di 3 piani fuori terra, con dimensioni del piano-tipo pari a 77 m * 17 m, pari a 1309 m^2. La pianta è a doppia manica, sviluppata intorno ad un corridoio centrale, con due blocchi con servizi e scale e ascensori in posizione simmetrica. I vari ambienti ad uso didattico e amministrativo risultano dunque avere un doppio orientamento. All'interno del layout dell'edificio, il piano terra ospita tutti gli ambienti ad uso amministrativo (uffici singoli e open-space), la sala docenti, la biblioteca, e alcuni laboratori, mentre le aule didattiche (così come altri laboratori) sono concentrati nel secondo e terzo piano fuori terra.
Nello studio, si sono variati i seguenti aspetti, in modo da rendere l'edificio tipo rappresentativo di in maggior numero di casi esistenti. In particolare si è variato:

- il sito in cui è collocato l'edificio scolastico; la scuola tipo è stata collocata in due città con caratteristiche di latitudine e climatiche molto diverse: Torino (latitudine L = 45.1°N e luminous exposure H_{dir}/H_{glob} = 0.43) e Catania (L = 37.4°N, H_{dir}/H_{glob} = 0.56)
- il contesto urbano, in modo da collocare l'edificio in 3 diversi scenari, rispettivamente ad alta densità urbana (tipica del centro storico), a media densità (tipica delle zone di prima periferia) e a bassa densità (tipica di contesti extra-urbani o di piccoli agglomerati urbani)
- l'orientamento degli ambienti, in modo da analizzare il caso di ambienti con esposizione sia nord-sud, sia est-ovest.

In tutti gli ambienti è stata assunta l'installazione di finestre con vetri doppi chiaro-chiaro, con un fattore di trasmissione luminosa TL = 0.7 e frazione telaio = 0.3, completate da un sistema di schermatura mobile, costituito da un sistema tipo tapparella o veneziana operata dagli utenti.
Le caratteristiche dell'edificio scolastico tipo studiato sono rappresentate in figura 15.

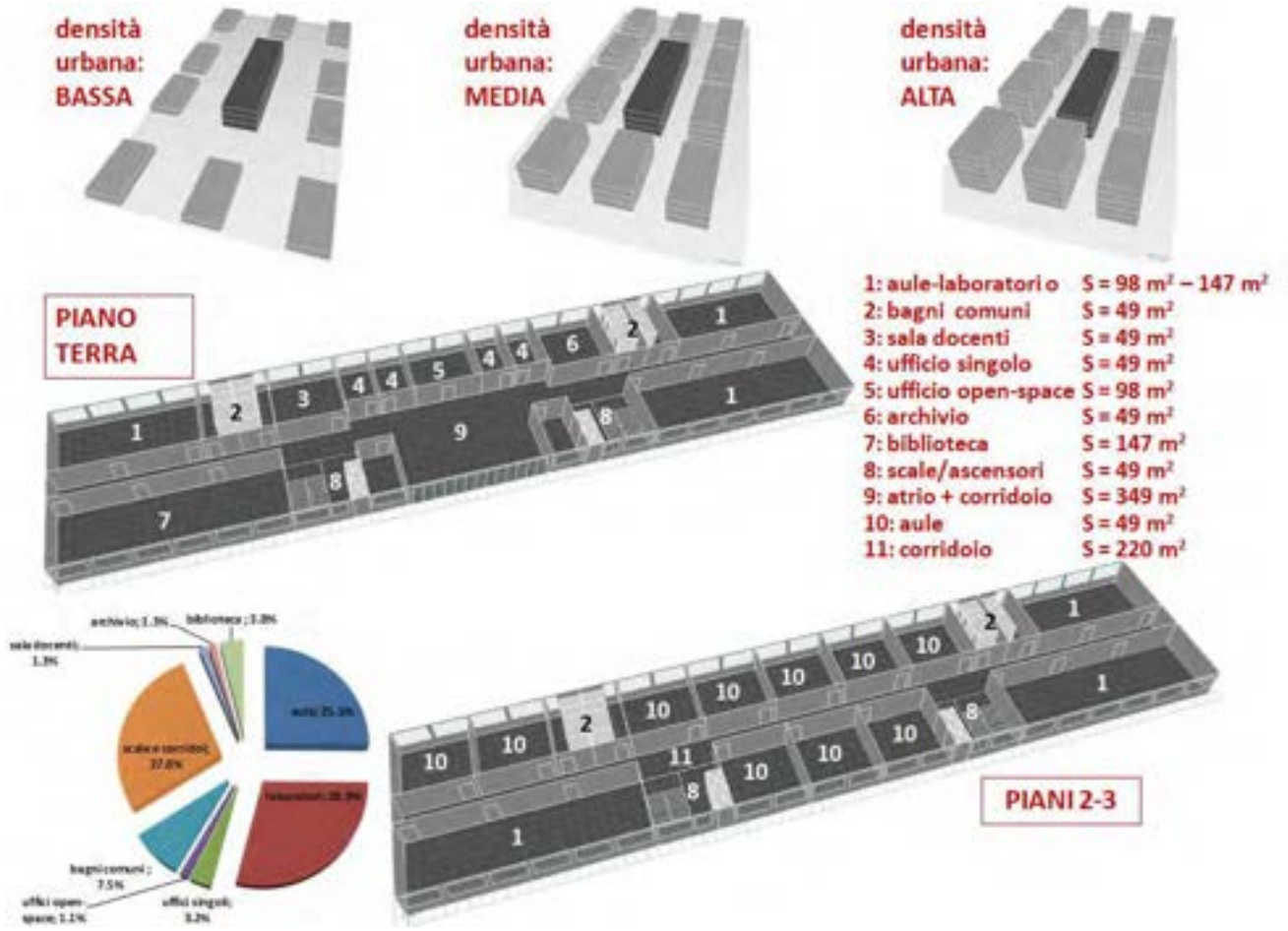
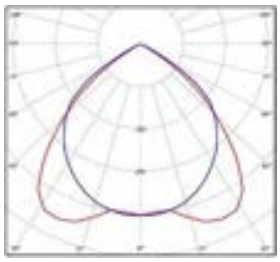
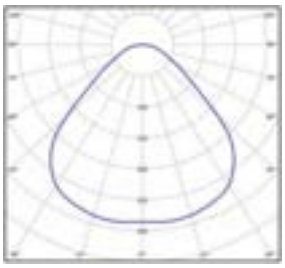
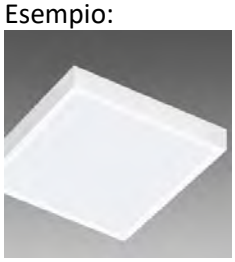
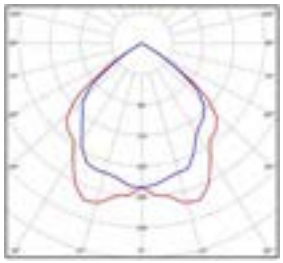
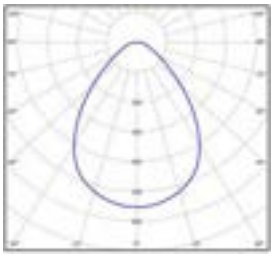


Figura 15 – Schema delle caratteristiche architettoniche e funzionali dell'edificio scolastico di riferimento.

In relazione ai sistemi di illuminazione, si sono assunti due tipologie di apparecchi: con sorgenti fluorescenti e a LED. Le caratteristiche dei sistemi sono presentate in dettaglio nella Tabella 10.

Tabella10 – Caratteristiche dei sistemi di illuminazione fluorescenti e a LED.

<table>
<tr><th colspan="2">CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE</th></tr>
<tr><td colspan="2">Installazione apparecchi: incassati o a plafone
Modalità di distribuzione della luce: DIRETTA</td></tr>
<tr><th>IMPIANTI TRADIZIONALI</th><th>IMPIANTI CON TECNOLOGIA A LED</th></tr>
<tr><th colspan="2">Aule e laboratori didattici – uffici – sala docenti – biblioteca - archivio</th></tr>
<tr><td colspan="2">APPARECCHIO DI ILLUMINAZIONE</td></tr>
<tr><td>Indicatrice fotometrica

Rendimento luminoso: 75%
Esempi:
</td><td>Indicatrice fotometrica

Rendimento luminoso: 75%
Esempio:
</td></tr>
<tr><td colspan="2">SORGENTE LUMINOSA</td></tr>
<tr><td>Fluorescente lineare T8
Efficienza luminosa : 75 lm/W
Resa del colore: 80
TCC: 4000 K</td><td>LED
Efficienza luminosa: 148 lm/W
Resa del colore: 80
TCC: 4000 K</td></tr>
<tr><td colspan="2">REATTORE</td></tr>
<tr><td>Convenzionale classe A2
Rendimento: 84.2%</td><td>Elettronico dimmerabile
Rendimento: 90%</td></tr>
<tr><td>Efficienza del sistema: 47 lm/W</td><td>Efficienza del sistema: 100 lm/W</td></tr>
<tr><td colspan="2">SISTEMA DI CONTROLLO</td></tr>
<tr><td>Manuale on/off</td><td>Manuale on/off + regolazione del flusso luminoso in base alla luce diurna (aule)
Manuale on/auto off + regolazione del flusso in base alla luce diurna (uffici, sala docenti, biblioteca, archivio)</td></tr>
<tr><td colspan="2">POTENZA COMPLESSIVA (P) E DENSITA' DI POTENZA (LPD)</td></tr>
<tr><td>
Piano 1° FT
<table>
<tr><th>Ambiente</th><th>P [W]</th><th>LPD W/m^2]</th></tr>
<tr><td>Aule-laboratorio 1</td><td>1851</td><td>12.6</td></tr>
<tr><td>Aule-laboratorio 2 (x2)</td><td>828</td><td>8.4</td></tr>
<tr><td>Uffici singoli (x6)</td><td>317</td><td>15.1</td></tr>
<tr><td>Ufficio open-space</td><td>584</td><td>13.9</td></tr>
<tr><td>Sala docenti</td><td>430</td><td>8.8</td></tr>
<tr><td>Archivio</td><td>285</td><td>5.8</td></tr>
<tr><td>Biblioteca</td><td>1237</td><td>8.4</td></tr>
</table>
Piano 2° e 3° FT
<table>
<tr><th>Ambiente</th><th>P [W]</th><th>LPD W/m^2]</th></tr>
<tr><td>Aule (x10)</td><td>430</td><td>8.8</td></tr>
<tr><td>Aule-laboratorio 1 (x2)</td><td>1851</td><td>12.6</td></tr>
<tr><td>Aule-laboratorio 2</td><td>828</td><td>8.4</td></tr>
</table>
</td><td>
Piano 1° FT
<table>
<tr><th>Ambiente</th><th>P [W]</th><th>LPD [W/m^2]</th></tr>
<tr><td>Aule-laboratorio 1</td><td>1300</td><td>8.8</td></tr>
<tr><td>Aule-laboratorio 2 (x2)</td><td>532</td><td>5.4</td></tr>
<tr><td>Uffici singoli (x6)</td><td>215</td><td>10.2</td></tr>
<tr><td>Ufficio open-space</td><td>426</td><td>10.1</td></tr>
<tr><td>Sala docenti</td><td>285</td><td>5.8</td></tr>
<tr><td>Archivio</td><td>180</td><td>3.7</td></tr>
<tr><td>Biblioteca</td><td>774</td><td>5.3</td></tr>
</table>
Piano 2° e 3° FT
<table>
<tr><th>Ambiente</th><th>P [W]</th><th>LPD [W/m^2]</th></tr>
<tr><td>Aule (x10)</td><td>285</td><td>5.8</td></tr>
<tr><td>Aule-laboratorio 1 (x2)</td><td>1300</td><td>8.8</td></tr>
<tr><td>Aule-laboratorio 2</td><td>532</td><td>5.4</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="4">Spazi di distribuzione - bagni</th></tr>
<tr><td colspan="4">APPARECCHIO DI ILLUMINAZIONE</td></tr>
<tr><td colspan="2">Indicatrice fotometrica

Rendimento luminoso: 41%</td><td>Esempio:
</td><td colspan="2">Indicatrice fotometrica

Rendimento luminoso: 53%</td><td>Esempio:

</td></tr>
<tr><td colspan="4">SORGENTE LUMINOSA</td></tr>
<tr><td colspan="2">Fluorescente compatta
Efficienza luminosa: 66 lm/W
Resa del colore: 80
TCC: 3000 K</td><td colspan="3">LED
Efficienza luminosa: 148 lm/W
Resa del colore: 80
TCC: 4000 K</td></tr>
<tr><td colspan="4">REATTORE</td></tr>
<tr><td colspan="2">Convenzionale classe A2
Rendimento: 84.2%</td><td colspan="3">Elettronico dimmerabile
Rendimento: 90%</td></tr>
<tr><td colspan="2">Efficienza sistema: 23 lm/W</td><td colspan="3">Efficienza sistema: 71 lm/W</td></tr>
<tr><td colspan="4">SISTEMA DI CONTROLLO</td></tr>
<tr><td colspan="2">Manuale on/off</td><td colspan="3">Manuale on/off (spazi di distribuzione);
On-off automatico con sensore di occupazione (bagni)</td></tr>
<tr><td colspan="4">POTENZA ELETTRICA COMPLESSIVA (P) E DENSITA' DI POTENZA ELETTRICA (LPD)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Piano 1° FT
<table><tr><th>Ambiente</th><th>P [W]</th><th>LPD [W/m^2]</th></tr><tr><td>Bagni comuni</td><td>1022</td><td>20.9</td></tr><tr><td>Scale/ascensori</td><td>340</td><td>6.9</td></tr><tr><td>Atrio/Corridoio</td><td>1263</td><td>4.6</td></tr></table>
Piano 2° e 3° FT
<table><tr><th>Ambiente</th><th>P [W]</th><th>LPD [W/m^2]</th></tr><tr><td>Bagni comuni</td><td>1022</td><td>20.9</td></tr><tr><td>Scale/ascensori</td><td>340</td><td>6.9</td></tr><tr><td>Corridoio</td><td>1069</td><td>4.6</td></tr></table></td><td colspan="3">Piano 1° FT
<table><tr><th>Ambiente</th><th>P [W]</th><th>LPD [W/m^2]</th></tr><tr><td>Bagni comuni</td><td>271</td><td>5.5</td></tr><tr><td>Scale/ascensori</td><td>119</td><td>2.4</td></tr><tr><td>Atrio/Corridoio</td><td>443</td><td>1.6</td></tr></table>
Piano 2° e 3° FT
<table><tr><th>Ambiente</th><th>P [W]</th><th>LPD [W/m^2]</th></tr><tr><td>Bagni comuni</td><td>271</td><td>5.5</td></tr><tr><td>Scale/ascensori</td><td>119</td><td>2.4</td></tr><tr><td>Corridoio</td><td>375</td><td>1.6</td></tr></table></td></tr>
</table>

In relazione all'applicazione delle due diverse tipologie di sistemi di illuminazione, sono stati assunti diversi scenari di integrazione fra impianti di illuminazione tradizionali e a LED: in un primo scenario, si è assunto che tutti gli impianti siano di tipo tradizionale (100% FLUO); in una seconda serie di scenari si sono implementati degli interventi di retrofit, dapprima sul 50% degli ambienti (50% LED – 50% FLUO) per arrivare ad una situazione in cui tutti gli impianti siano stati sostituiti con impianti a LED (100% LED).
In quest'ottica, lo studio delle prestazioni dell'impianto di illuminazione nell'edificio scolastico di riferimento è stato pertanto strutturato in 3 fasi:

1. FASE 1 (scenario 1): calcolo dei valori di LENI per edifici esistenti in assenza di interventi di retrofit (tutti gli impianti sono di tipo tradizionale - 100% FLUO); questi edifici rappresentano una larga percentuale di

edifici esistenti. Su questo edificio, si è proceduto ad analizzare la variazione dei valori di LENI in funzione delle seguenti variabili:

- località e clima
- densità del contesto urbano
- orientamento dell'edificio
- piano fuori terra
- tipologia di ambiente (destinazione d'uso)

Il sistema di controllo degli apparecchi di illuminazione è assunto sempre di tipo manuale, come anche il sistema di schermatura della luce naturale (manual glare control).

2. FASE 2 (scenari 2-3-4-5): calcolo dei valori LENI per edifici in cui siano stati implementati degli interventi di retrofit, con la progressiva sostituzione dei sistemi fluorescenti con sistemi a LED, inserendo anche l'introduzione di sistemi di controllo dell'emissione luminosa basati su fotosensori e, in ultimo scenario, con l'inserimento di una sistema di schermatura automatico (auto glare control – scenario 5) in sostituzione del sistema manuale (manual glare control – scenari 1-2-3-4). In dettaglio, sono stati analizzati i seguenti scenari:
   - scenario 2: retrofit con apparecchi a LED nel 50% degli ambienti dell'edificio scolastico (vale a dire in tutte le aule e i laboratori didattici)
   - scenario 3: retrofit con apparecchi a LED in tutti gli ambienti dell'edificio scolastico (100% LED). Il sistema di controllo degli apparecchi di illuminazione è di tipo manuale
   - scenario 4: retrofit con apparecchi a LED in tutti gli ambienti dell'edificio scolastico (come nello scenario 3). Il sistema di controllo degli apparecchi di illuminazione è di tipo automatico, regolato da un fotosensore che misura la luce naturale presente in ambiente e regola (dimmeraggio e accensione/spegnimento) l'emissione luminosa degli apparecchi di illuminazione
   - scenario 5: come lo scenario 4, con la sostituzione dei sistemi di schermatura mobili, controllati manualmente dall'utenza (presenti negli scenari precedenti), con sistemi di schermatura automatizzati.

   I 4 scenari di retrofit sono schematizzati in figura 16, mentre le potenze installate nei vari ambienti, secondo la tipologia di sistema di illuminazione a fluorescenza o a LED, sono descritte in dettaglio nella figura 17.

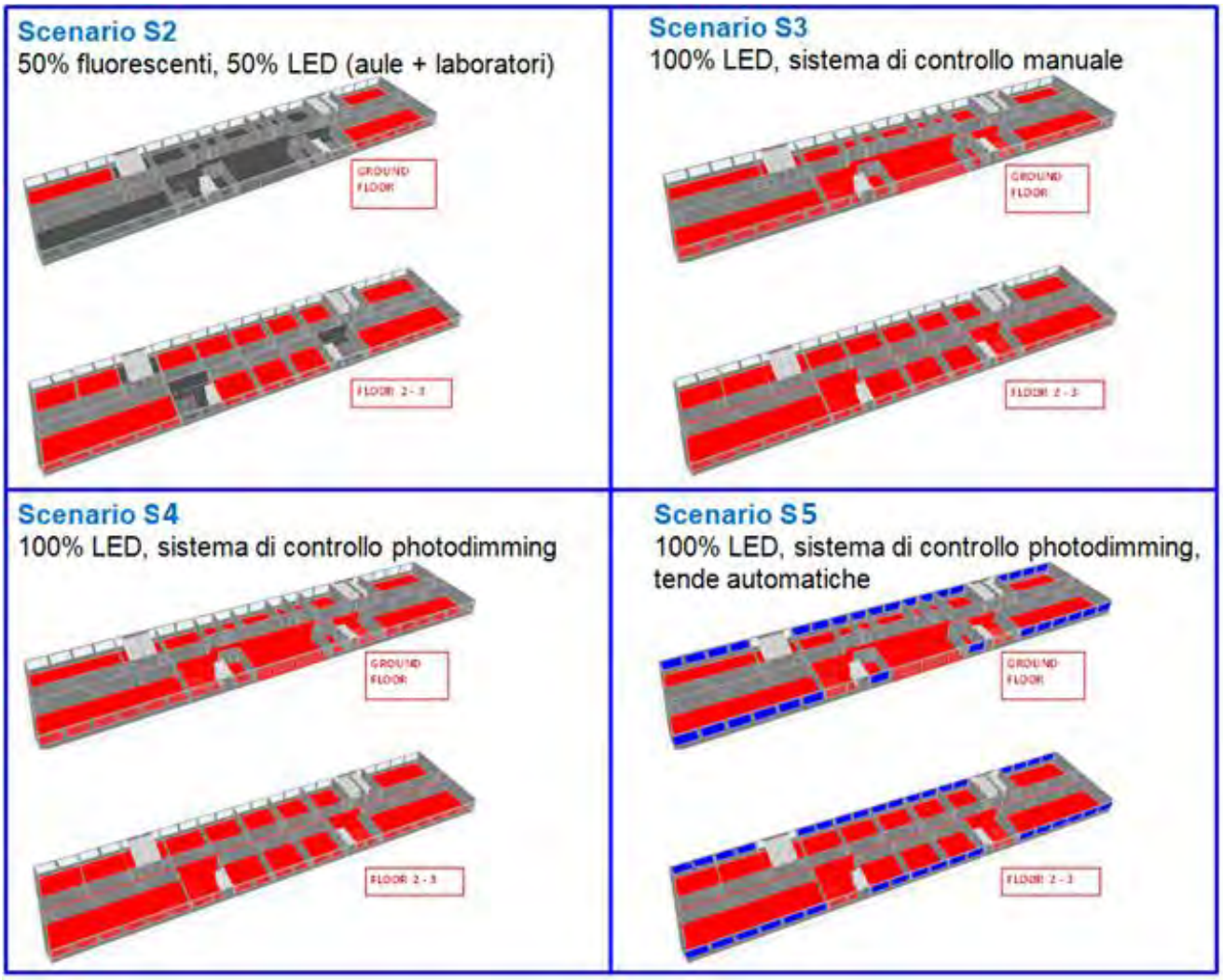


Figura 16 – Schematizzazione degli scenari S2, S3, S4, S5.

Di seguito si riportano le densità di potenza elettrica (LPD) corrispondenti ai diversi ambienti, per i differenti scenari ipotizzati.

Piano 1° FT

ambiente	Scenario 1 FLUO 100% LPD [W/m^2]	Scenario 2 FLUO 50% LPD [W/m^2]	 LED 50% LPD [W/m^2]	Scenario 3-4-5 LED 100% LPD [W/m^2]
Aule-laboratorio 1	12.6		8.8	8.8
Aule-laboratorio 2 (x2)	8.4		5.4	5.4
Uffici singoli (x6)	15.1	15.1		10.2
Ufficio open-space	13.9	13.9		10.1
Sala docenti	8.8	8.8		5.8
Archivio	5.8	5.8		3.7
Biblioteca	8.4	8.4		5.3
Atrio	6.8	6.8		3.6
Bagni comuni	20.9	20.9		5.5
Scale/ascensori	6.9	6.9		2.4
Corridoio	4.6	4.6		1.6

LPD media intero piano [W/m²]	**9.56**	**8.68**	**5.23**

Piano 2° e 3° FT

ambiente	Scenario 1 FLUO 100% LPD [W/m²]	Scenario 2 FLUO 50% LPD [W/m²]	Scenario 2 LED 50% LPD [W/m²]	Scenario 3-4-5 LED 100% LPD [W/m²]
Aule (x10)	8.8		5.8	5.8
Aule-laboratorio 1 (x2)	12.6		8.8	8.8
Aule-laboratorio 2	8.4		5.4	5.4
Bagni comuni	20.9	20.9		5.5
Scale/ascensori	6.9	6.9		2.4
Corridoio	4.6	4.6		1.6
LPD media intero piano [W/m²]	**9.64**	**7.46**		**5.45**

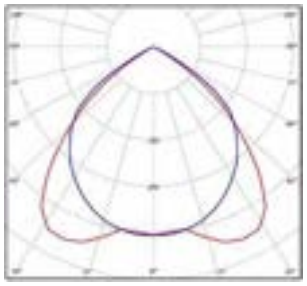
Intero edificio

LPD media intero edificio [W/m²]	**9.62**	**7.87**	**5.37**

Figura 17 – Potenze installate negli scenari S1, S2, S3, S4, S5.

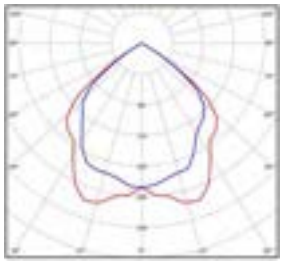
3. FASE 3 (scenario 1b): si è estesa l'analisi delle prestazioni degli impianti in edifici scolastici con sistemi di illuminazione fluorescente, con l'obiettivo di definire un range di valori di riferimento che potrebbero essere assunti come benchmark per questo tipo di edifici. In quest'ottica, lo scenario 1 è stato considerato rappresentativo di edifici di più recente realizzazione o in cui i sistemi di illuminazione siano stati sostituiti con sistemi con ottiche e sorgenti fluorescenti di ultima generazione. Tale scenario è stato messo a confronto con uno scenario rappresentativo di edifici in cui gli impianti siano più obsoleti (scenario 1b), in relazione al tipo di ottiche (prismatizzate o comunque più diffondenti rispetto alle ottiche di tipo dark-light) o alle modalità di installazione (presenza di luce diretta/indiretta in alcuni ambienti quali gli spazi di distribuzione o i bagni comuni).
   I dati relativi ai sistemi di illuminazione fluorescenti per gli scenari 1 e 1b sono riportati in Tabella 11.

Tabella 11 – Caratteristiche di diversi sistemi di illuminazione fluorescenti per gli edifici tradizionali.

<table>
<tr><th>SCENARIO 1
IMPIANTI TRADIZIONALI DI ULTIMA GENERAZIONE</th><th>SCENARIO 1b
IMPIANTI TRADIZIONALI OBSOLETI</th></tr>
<tr><td colspan="2">Aule e laboratori didattici – uffici – sala docenti – biblioteca - archivio</td></tr>
<tr><td colspan="2">APPARECCHIO DI ILLUMINAZIONE</td></tr>
<tr><td>Installazione apparecchi: incassati o a plafone
Modalità di distribuzione della luce: DIRETTA</td><td>Installazione apparecchi: incassati o a plafone
Modalità di distribuzione della luce: DIRETTA</td></tr>
<tr><td>Indicatrice fotometrica

Esempio:

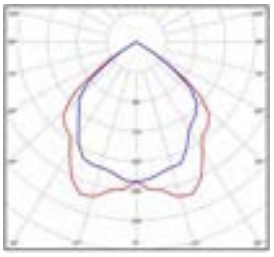
Rendimento luminoso: 75%</td><td>Esempi


Rendimento luminoso: 55%</td></tr>
<tr><td colspan="2">SORGENTE LUMINOSA</td></tr>
<tr><td>Fluorescente lineare T8
Efficienza luminosa : 75 lm/W
Resa del colore: 80
TCC: 4000 K</td><td>Fluorescente lineare T8
Efficienza luminosa: 75 lm/W
Resa del colore: 80
TCC: 4000 K</td></tr>
<tr><td colspan="2">REATTORE</td></tr>
<tr><td>Convenzionale classe A2
Rendimento: 84.2%</td><td>Convenzionale classe A2
Rendimento: 84.2%</td></tr>
<tr><td colspan="2">SISTEMA – AMBIENTE</td></tr>
<tr><td>Efficienza del sistema: 47 lm/W</td><td>Efficienza del sistema: 35 lm/W</td></tr>
<tr><td>Fattore di utilizzazione: 0.75 – 0.88</td><td>Fattore di utilizzazione: 0.45 – 0.59</td></tr>
<tr><td colspan="2">SISTEMA DI CONTROLLO</td></tr>
<tr><td>Manuale on/off</td><td>Manuale on/off</td></tr>
<tr><td colspan="2">POTENZA COMPLESSIVA (P) E DENSITA’ DI POTENZA (LPD)</td></tr>
<tr><td>
Piano 1° FT
<table>
<tr><th>Ambiente</th><th>P [W]</th><th>LPD W/m^2]</th></tr>
<tr><td>Aule-laboratorio 1</td><td>1851</td><td>12.6</td></tr>
<tr><td>Aule-laboratorio 2 (x2)</td><td>828</td><td>8.4</td></tr>
<tr><td>Uffici singoli (x6)</td><td>317</td><td>15.1</td></tr>
<tr><td>Ufficio open-space</td><td>584</td><td>13.9</td></tr>
<tr><td>Sala docenti</td><td>430</td><td>8.8</td></tr>
<tr><td>Archivio</td><td>285</td><td>5.8</td></tr>
<tr><td>Biblioteca</td><td>1237</td><td>8.4</td></tr>
</table>
Piano 2° e 3° FT
<table>
<tr><th>Ambiente</th><th>P [W]</th><th>LPD W/m^2]</th></tr>
<tr><td>Aule (x10)</td><td>430</td><td>8.8</td></tr>
<tr><td>Aule-laboratorio 1 (x2)</td><td>1851</td><td>12.6</td></tr>
<tr><td>Aule-laboratorio 2</td><td>828</td><td>8.4</td></tr>
</table>
</td><td>
Piano 1° FT
<table>
<tr><th>Ambiente</th><th>P [W]</th><th>LPD [W/m^2]</th></tr>
<tr><td>Aule-laboratorio 1</td><td>2512</td><td>17.1</td></tr>
<tr><td>Aule-laboratorio 2 (x2)</td><td>1124</td><td>11.4</td></tr>
<tr><td>Uffici singoli (x6)</td><td>430</td><td>20.5</td></tr>
<tr><td>Ufficio open-space</td><td>793</td><td>18.9</td></tr>
<tr><td>Sala docenti</td><td>584</td><td>11.9</td></tr>
<tr><td>Archivio</td><td>387</td><td>7.9</td></tr>
<tr><td>Biblioteca</td><td>1679</td><td>11.4</td></tr>
</table>
Piano 2° e 3° FT
<table>
<tr><th>Ambiente</th><th>P [W]</th><th>LPD [W/m^2]</th></tr>
<tr><td>Aule (x10)</td><td>584</td><td>11.9</td></tr>
<tr><td>Aule-laboratorio 1 (x2)</td><td>251 2</td><td>17.1</td></tr>
<tr><td>Aule-laboratorio 2</td><td>1124</td><td>11.4</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>SCENARIO 1
IMPIANTI TRADIZIONALI DI ULTIMA GENERAZIONE</th><th>SCENARIO 1b
IMPIANTI TRADIZIONALI OBSOLETI</th></tr>
<tr><td colspan="2">Spazi di distribuzione</td></tr>
<tr><td colspan="2">APPARECCHIO DI ILLUMINAZIONE</td></tr>
<tr><td>Installazione apparecchi: incassati o a plafone
Modalità di distribuzione della luce: DIRETTA</td><td>Installazione apparecchi: a plafone o a sospensione
Modalità di distribuzione della luce: DIRETTA/INDIRETTA</td></tr>
<tr><td>Indicatrice fotometrica

Esempio:

Rendimento luminoso: 41%</td><td>Esempi:


Rendimento luminoso: 35%</td></tr>
<tr><td colspan="2">SORGENTE LUMINOSA</td></tr>
<tr><td>Fluorescente compatta
Efficienza luminosa: 66 lm/W
Resa del colore: 80
TCC: 3000 K</td><td>Fluorescente lineare
Efficienza luminosa: 75 lm/W
Resa del colore: 80
TCC: 4000 K</td></tr>
<tr><td colspan="2">REATTORE</td></tr>
<tr><td>Convenzionale classe A2
Rendimento: 84.2%</td><td>Convenzionale classe A2
Rendimento: 84.2%</td></tr>
<tr><td colspan="2">SISTEMA – AMBIENTE</td></tr>
<tr><td>Efficienza sistema: 23 lm/W</td><td>Efficienza sistema: 22 lm/W</td></tr>
<tr><td>Fattore di utilizzazione: 0.64 – 0.76</td><td>Fattore di utilizzazione: 0.53 – 0.64</td></tr>
<tr><td colspan="2">SISTEMA DI CONTROLLO</td></tr>
<tr><td>Manuale on/off</td><td>Manuale on/off</td></tr>
<tr><td colspan="2">POTENZA ELETTRICA COMPLESSIVA (P) E DENSITA’ DI POTENZA ELETTRICA (LPD)</td></tr>
<tr><td>
Piano 1° FT
<table>
<tr><th>Ambiente</th><th>P [W]</th><th>LPD [W/m^2]</th></tr>
<tr><td>Scale/ascensori</td><td>340</td><td>6.9</td></tr>
<tr><td>Atrio/Corridoio</td><td>1263</td><td>4.6</td></tr>
</table>
Piano 2° e 3° FT
<table>
<tr><th>Ambiente</th><th>P [W]</th><th>LPD [W/m^2]</th></tr>
<tr><td>Scale/ascensori</td><td>340</td><td>6.9</td></tr>
<tr><td>Corridoio</td><td>1069</td><td>4.6</td></tr>
</table>
</td><td>
Piano 1° FT
<table>
<tr><th>Ambiente</th><th>P [W]</th><th>LPD [W/m^2]</th></tr>
<tr><td>Scale/ascensori</td><td>409</td><td>8.3</td></tr>
<tr><td>Atrio/Corridoio</td><td>1517</td><td>5.5</td></tr>
</table>
Piano 2° e 3° FT
<table>
<tr><th>Ambiente</th><th>P [W]</th><th>LPD [W/m^2]</th></tr>
<tr><td>Scale/ascensori</td><td>409</td><td>8.3</td></tr>
<tr><td>Corridoio</td><td>1284</td><td>5.5</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>SCENARIO 1
IMPIANTI TRADIZIONALI DI ULTIMA GENERAZIONE</th><th>SCENARIO 1b
IMPIANTI TRADIZIONALI OBSOLETI</th></tr>
<tr><td colspan="2">Bagni</td></tr>
<tr><td colspan="2">APPARECCHIO DI ILLUMINAZIONE</td></tr>
<tr><td>Installazione apparecchi: incassati o a plafone
Modalità di distribuzione della luce: DIRETTA</td><td>Installazione apparecchi: incassati o a plafone
Modalità di distribuzione della luce: DIRETTA, o DIRETTA/INDIRETTA</td></tr>
<tr><td>Indicatrice fotometrica

Esempio:

Rendimento luminoso: 41%</td><td>Esempi:


Rendimento luminoso: 32%</td></tr>
<tr><td colspan="2">SORGENTE LUMINOSA</td></tr>
<tr><td>Fluorescente compatta
Efficienza luminosa: 66 lm/W
Resa del colore: 80
TCC: 3000 K</td><td>Fluorescente compatta
Efficienza luminosa: 66 lm/W
Resa del colore: 80
TCC: 4000 K</td></tr>
<tr><td colspan="2">REATTORE</td></tr>
<tr><td>Convenzionale classe A2
Rendimento: 84.2%</td><td>Convenzionale classe A2
Rendimento: 84.2%</td></tr>
<tr><td colspan="2">SISTEMA – AMBIENTE</td></tr>
<tr><td>Efficienza sistema: 23 lm/W</td><td>Efficienza sistema: 18 lm/W</td></tr>
<tr><td>Fattore di utilizzazione: 0.19</td><td>Fattore di utilizzazione: 0.14</td></tr>
<tr><td colspan="2">SISTEMA DI CONTROLLO</td></tr>
<tr><td>Manuale on/off</td><td>Manuale on/off</td></tr>
<tr><td colspan="2">POTENZA ELETTRICA COMPLESSIVA (P) E DENSITA’ DI POTENZA ELETTRICA (LPD)</td></tr>
<tr><td>Piano 1° FT
<table><tr><th>Ambiente</th><th>P [W]</th><th>LPD [W/m^2]</th></tr><tr><td>Bagni comuni</td><td>1022</td><td>20.9</td></tr></table>
Piano 2° e 3° FT
<table><tr><th>Ambiente</th><th>P [W]</th><th>LPD [W/m^2]</th></tr><tr><td>Bagni comuni</td><td>1022</td><td>20.9</td></tr></table></td><td>Piano 1° FT
<table><tr><th>Ambiente</th><th>P [W]</th><th>LPD [W/m^2]</th></tr><tr><td>Bagni comuni</td><td>1200</td><td>24.5</td></tr></table>
Piano 2° e 3° FT
<table><tr><th>Ambiente</th><th>P [W]</th><th>LPD [W/m^2]</th></tr><tr><td>Bagni comuni</td><td>1200</td><td>24.5</td></tr></table></td></tr>
</table>

FASE 1 (SCENARIO 1): EDIFICI SCOLASTICI ESISTENTI

Di seguito, vengono riportati i risultati di LENI ottenuti in relazione allo scenario 1, in funzione delle variabili latitudine/clima, densità urbana, orientamento, piano fuori terra e tipologia di ambiente

Effetto della latitudine e del clima

L'effetto della latitudine e del clima è visualizzato in Figura 18. In figura, vengono mostrati i valori di LENI relativi sia all'edificio nel suo complesso, sia ai singoli piani componenti la struttura. I valori mostrati sono i valori medi dei valori ottenuti per l'edificio rispetto ai 3 contesti di densità urbana.
Si può osservare come i valori LENI siano sostanzialmente simili in tutti i casi, con valori leggermente maggiori per il caso Torino (differenza relativa media: +3.2%; differenza massima: +3.6%, osservata per gli ambienti collocati al piano terra).

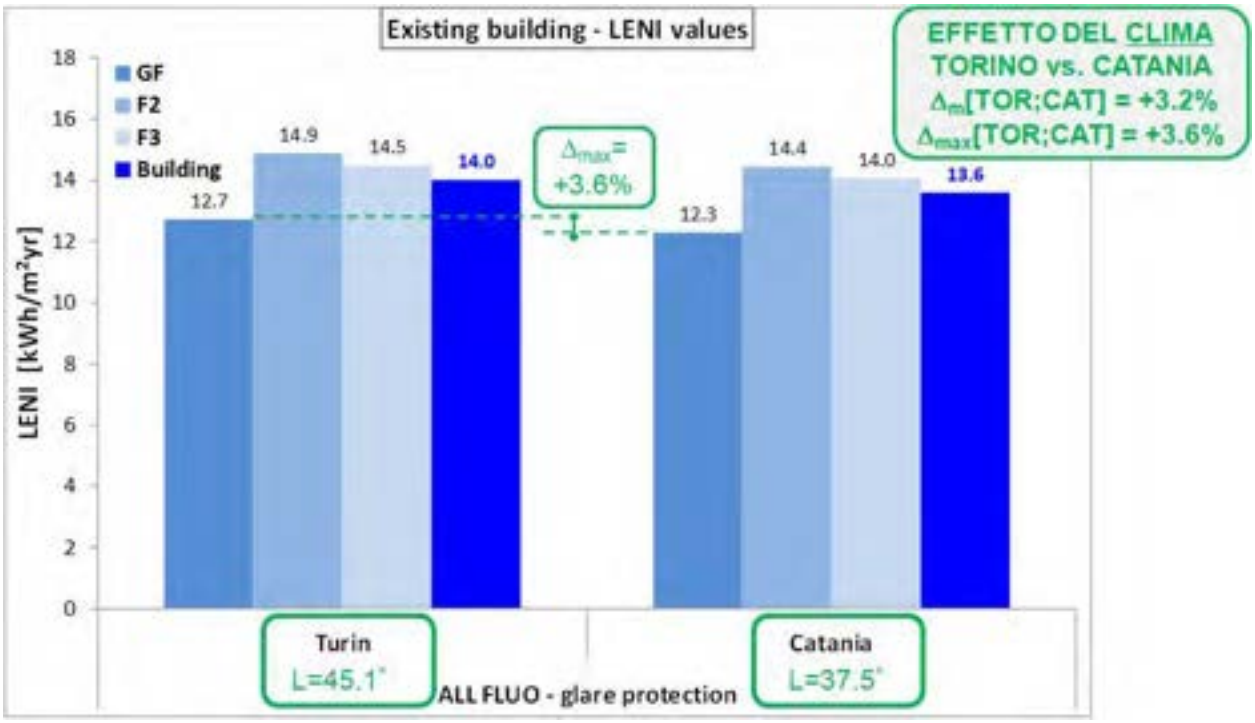


Figura 18 – Valori LENI ottenuti per gli edifici esistenti (scenario 1): influenza del clima.

Effetto dell'orientamento

L'effetto dell'orientamento (edificio posizionato con le finestre dei vari ambienti rivolte a sud-nord o a est-ovest) è mostrato in figura 19. In figura, vengono mostrati i valori di LENI ottenuti per, ciascuno orientamento, per i diversi piani, nonché per l'edificio complessivo, e per i diversi contesti di densità urbana.

Dall'analisi dei risultati, si nota come i dati ottenuti per l'orientamento N-S e per l'orientamento E-O siano sostanzialmente simili: si osserva una leggera prevalenza dei valori di LENI ottenuti per l'orientamento E-O (differenza relativa media: +1.1%; differenza relativa massima: +2.5%, per il piano 2 FT), ma in generale emerge come l'orientamento non sia un parametro di particolare influenza sulla prestazione degli impianti di illuminazione nell'edificio scolastico tipo.

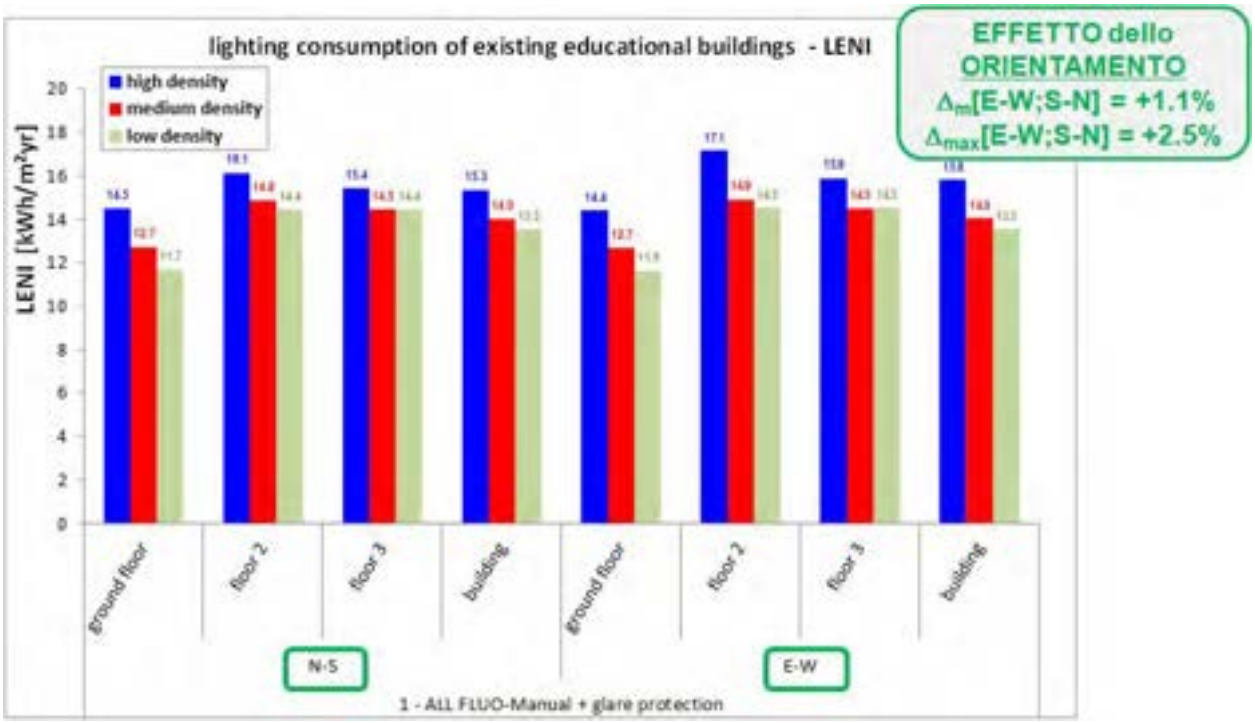


Figura 19 – Valori LENI ottenuti per gli edifici esistenti (scenario 1): influenza dell'orientamento.

Effetto del contesto di densità urbana

L'effetto del contesto di densità urbana è mostrato in Figura 20, al variare dell'orientamento e del piano fuori terra.

Si può osservare dai dati riportati in figura come la densità del contesto urbano influenzi i valori di LENI in maniera significativa. Come è lecito attendersi, i valori di LENI più alti sono stati ottenuti per gli edifici in contesti urbani ad alta densità, che producono un maggior effetto di schermatura sui vari ambienti dell'edificio scolastico, soprattutto quelli situati al piano terra. Riferendosi ai valori di LENI dell'edificio complessivo, si è osservata una differenza relativa fra alta densità e media densità di contesto urbano pari al +9.5% e una differenza relativa fra alta e bassa densità pari al 13.5%. Meno significativa la differenza relativa fra media e bassa densità di contesto urbano.

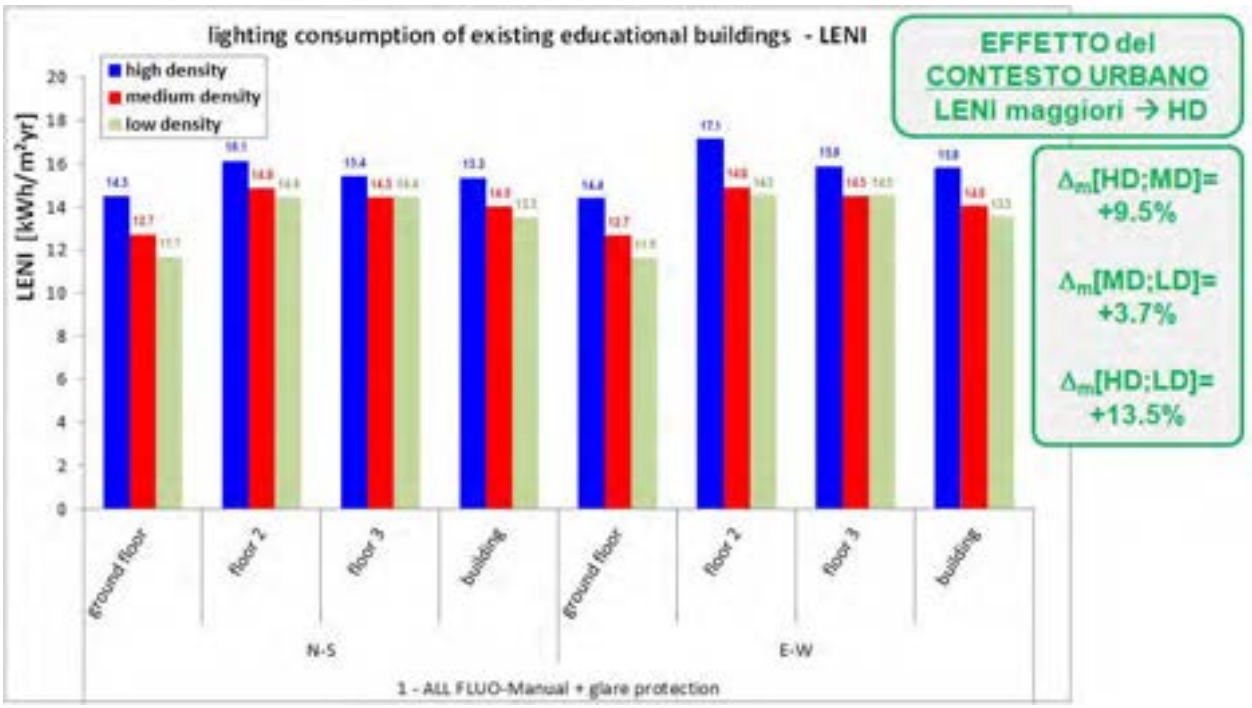


Figura 20 – Valori LENI ottenuti per gli edifici esistenti (scenario 1): influenza del contesto urbano.

Effetto del piano fuori terra

L'effetto del piano fuori terra è mostrato in Figura 21, in funzione dell'orientamento e della densità del contesto urbano.

I dati riportati in figura mostrano come il consumo per illuminazione maggiore (valori LENI maggiori) si sia riscontrato per il piano 2 FT: usando la media dei valori di LENI ottenuti per lo stesso piano per i diversi orientamenti e contesti urbani, si è potuta calcolare una differenza relativa media fra LENI per il piano 2 e il piano 3 pari al +3.1% e una differenza relativa media fra LENI per il piano 2 e il piano terra pari al +18.6%. Essendo il layout del secondo e del terzo piano terra lo stesso (stesse destinazioni d'uso e metrature ospitate nei due livelli), la differenza fra valori di LENI è ascrivibile unicamente al contesto urbano, che produce schermature maggiori per gli ambienti collocati al piano inferiore.

Questa stesso risultato non si riscontra analizzando la differenza fra valori LENI medi ottenuti per il piano 2 e il piano terra, dal momento che sono questi ultimi i valori maggiori. L'effetto schermante prodotto dal contesto, maggiore evidentemente per gli ambienti collocati al piano terra, viene sovrascritto dalle diverse funzioni ospitate nei due livelli: al piano terra dell'edificio scolastico tipo, infatti, trovano posto più ambienti che richiedono un illuminamento di 100 lux (e, di conseguenza, una densità di potenza elettrica installata minore, rispetto ad ambienti che richiedono un illuminamento di 300 lx o 500 lx) rispetto al piano 2 (il 45.7% dei metri quadrati totali di piano per il piano terra rispetto al 32.0% per il piano 2). Al contrario, il piano 2 ospita più ambienti che richiedono un illuminamento di 300 lx (il 45.3% dei metri quadrati totali di piano, contro il 30.1% dei metri quadrati totali del piano terra). Gli ambienti che richiedono 500 lx occupando superfici analoghe rispetto ai 2 piani considerati, per cui sono proprio gli spazi con illuminamento di 100 lx o 300 lx diversamente collocati nel layout dei 2 piani a produrre la più significativa differenze dei valori LENI finali di piano.

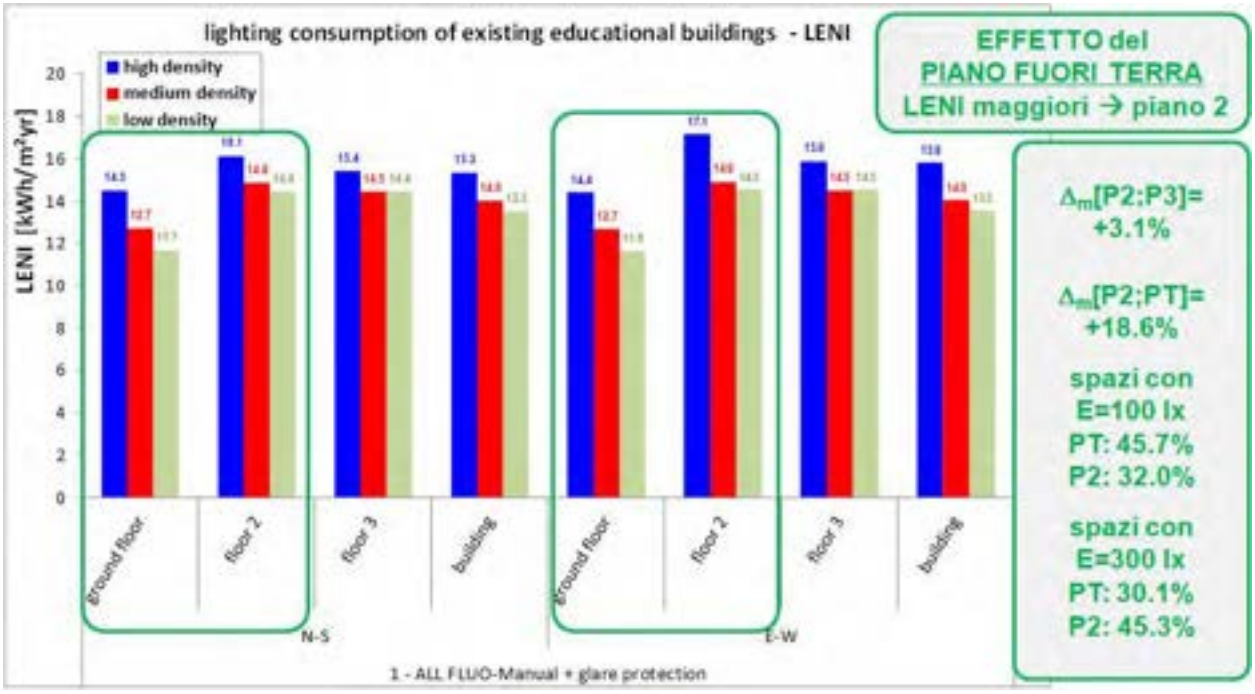


Figura 21 – Valori LENI ottenuti per gli edifici esistenti (scenario 1): influenza del piano fuori terra.

Effetto del tipo di attività svolta nei vari ambienti (destinazione d'uso)

L'effetto della destinazione d'uso prevista nei diversi ambienti dell'edificio scolastico tipo è riportato in Figura 22. I dati riportati in figura mostrano come i LENI maggiori siano stati ottenuti per gli ambienti ad uso ufficio, sia gli open-space, sia gli uffici singoli: questi ambienti sono infatti 'sfavoriti' in termini di consumo per illuminazione in quanto caratterizzati da maggiori livelli di illuminamento (500 lx), che richiede una maggior potenza elettrica installata, e dalla posizione all'interno dell'edificio, essendo collocati al piano terra (coerentemente con quanto già evidenziato nel paragrafo precedente). Dopo gli uffici, i valori LENI maggiori sono stati osservati per le aule-laboratorio, anche in questo caso in funzione dei due livelli di illuminamento richiesti in base alla funzione specifica del laboratorio, 500 lx oppure 300 lx). Gli altri ambienti hanno destinazioni d'uso che richiedono livelli di illuminamento di 300 lx o inferiori (100-200 lx).

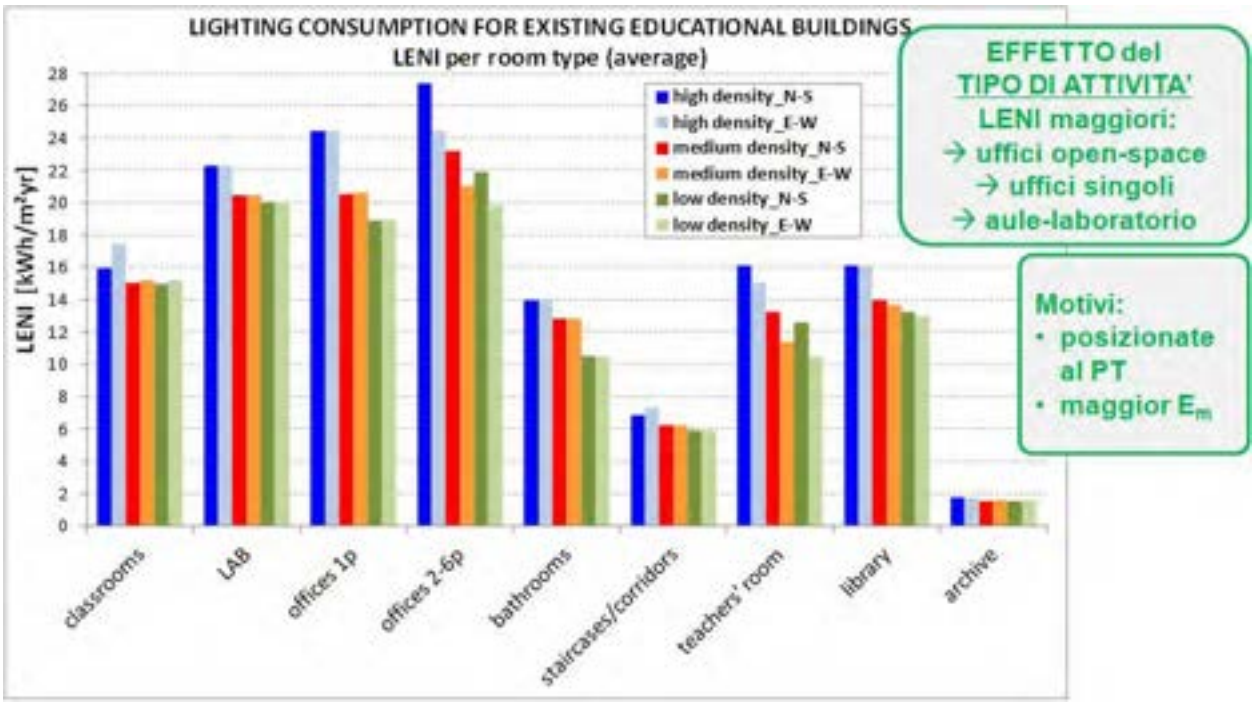


Figura 22 – Valori LENI ottenuti per gli edifici esistenti (scenario 1): influenza della destinazione d'uso prevista nei vari ambienti.

FASE 2 (SCENARI 2-3-4-5): EDIFICI SCOLASTICI CON INTERVENTI DI RETROFIT

La figura 23 riporta i valori LENI calcolati per i 4 interventi di retrofit presentati in precedenza, messi a confronto con i valori LENI calcolati per lo scenario 1 (relativo agli edifici scolastici esistenti, utilizzati come caso di confronto).

Dai dati riportati in figura emerge come i valori LENI medi (calcolati come media dei valori LENI ottenuti per i diversi orientamenti e per i diversi contesti di densità urbana) decrescano man mano che si passa dall'intervento 2 all'intervento 5 (così come era lecito attendersi, considerando il progressivo inserimento di tecnologie e sistemi atti a migliorare l'efficienza energetica complessiva dell'impianto di illuminazione).

In generale, si può rimarcare come l'insieme di interventi rappresentati dalla sostituzione di tutti i sistemi tradizionali con sistemi a LED e l'inserimento di sistemi di controllo dell'emissione luminosa basati su foto-sensori portino, rispetto allo scenario dell'edificio scolastico tradizionale, ad un risparmio rispetto al consumo di energia per illuminazione, del 51.5%. Vale la pena evidenziare come il miglioramento prestazionale ottenuto con la sostituzione dei sistemi di schermatura mobili manuali con sistemi automatizzati non risulti significativo, sicuramente non tale da giustificare la spesa per il sistema di automazione (differenza relativa dello scenario 5 rispetto allo scenario 1: -52.0%, contro un -51.5% calcolato come differenza relativa fra gli scenari 4 e 1).

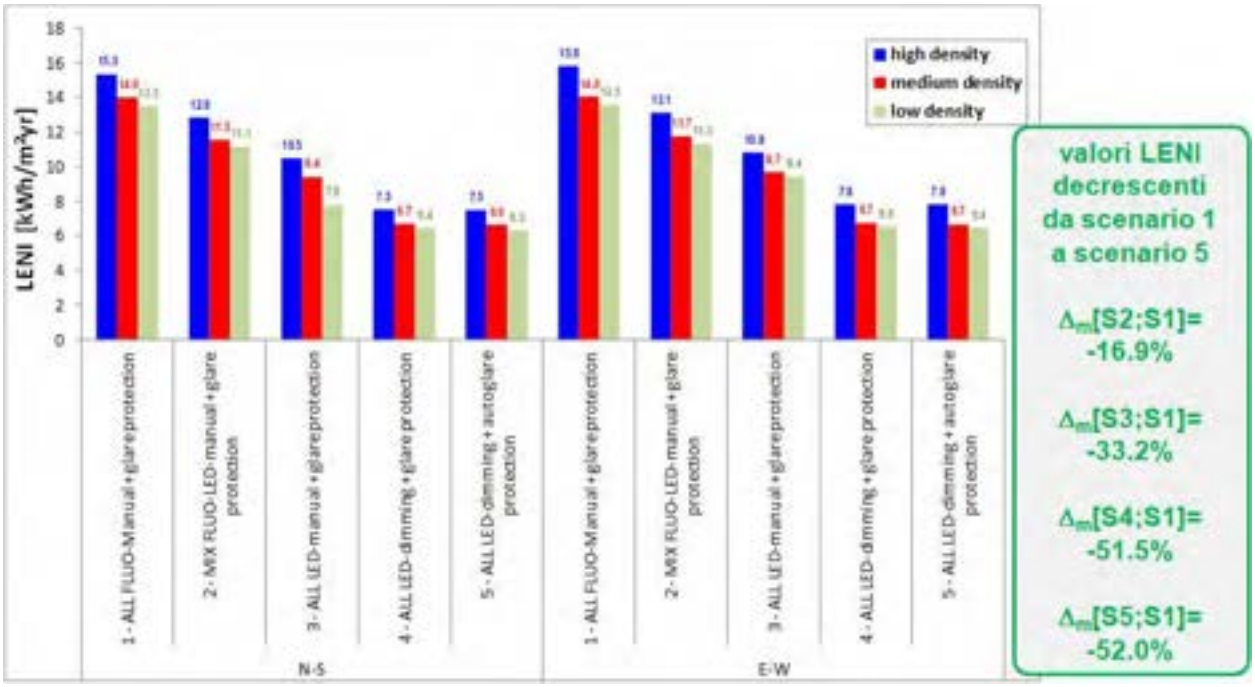


Figura 23 – Valori LENI ottenuti per i diversi scenari di retrofit (2-3-4-5), messi a confronto con i valori LENI ottenuti per gli edifici esistenti (scenario 1).

Una chiave di lettura leggermente diversa è proposta in Figura 24, nella quale vengono riportati i valori LENI ottenuti per le diverse destinazione d'uso: confrontando la media degli scenari di retrofit (2-3-4-5) con lo scenario esistente appare evidente la diminuzione del consumo per tutti gli ambienti. Gli uffici rimangono gli ambienti con il maggior consumo, mentre il consumo delle aule-laboratorio è diventato sostanzialmente lo stesso delle aule scolastiche.
A livello dell'intero edificio, il valore LENI medio dei 4 scenari di retrofit è di 8.9 kWh/m^{2}a, contro un valore LENI dell'edificio esistente di 14.4 kWh/m^{2}a, con una diminuzione pari al -38.0%.

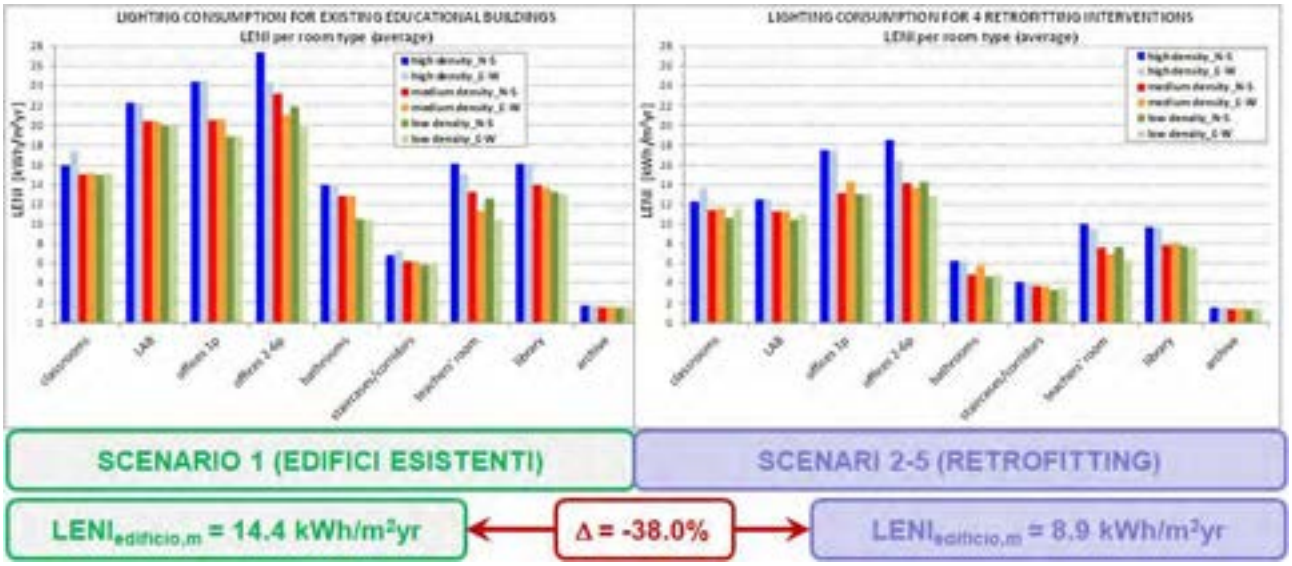


Figura 24 – Valori LENI ottenuti per i diversi scenari di retrofit (2-3-4-5), distinti per le varie destinazioni d'uso degli ambienti, messi a confronto con i valori LENI ottenuti per gli edifici esistenti (scenario 1).

FASE 3 (SCENARI 1-1b): DEFINIZIONE DI VALORI DI BENCHMARK PER GLI EDIFICI ESISTENTI CON IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE DI TIPO TRADIZIONALE

Il confronto fra edifici esistenti con sistemi di illuminazione tradizionali (fluorescenti) di ultima generazione (scenario 1) e risalenti invece a periodi precedenti e pertanto considerabili come sistemi "obsoleti" (scenario 1b) è riportato nella Figure 25: in figura, vengono presentati i valori di LENI relativi sia agli edifici complessivi, sia al dettaglio dei singoli piani fuori terra.

Come era lecito attendersi, si osserva un generale incremento dei valori di LENI nel caso degli edifici con tecnologie obsolete. I valori di LENI medi di edificio (calcolati come media dei valori di LENI di edifici ottenuti per i diversi orientamenti e densità di contesto urbano) calcolati per il caso di tecnologie obsolete e per il caso di tecnologie di ultima generazione sono risultati rispettivamente pari a 20.0 kWh/m^{2}a e a 14.4 kWh/m^{2}a, con una differenza relativa pari a +39.3%.

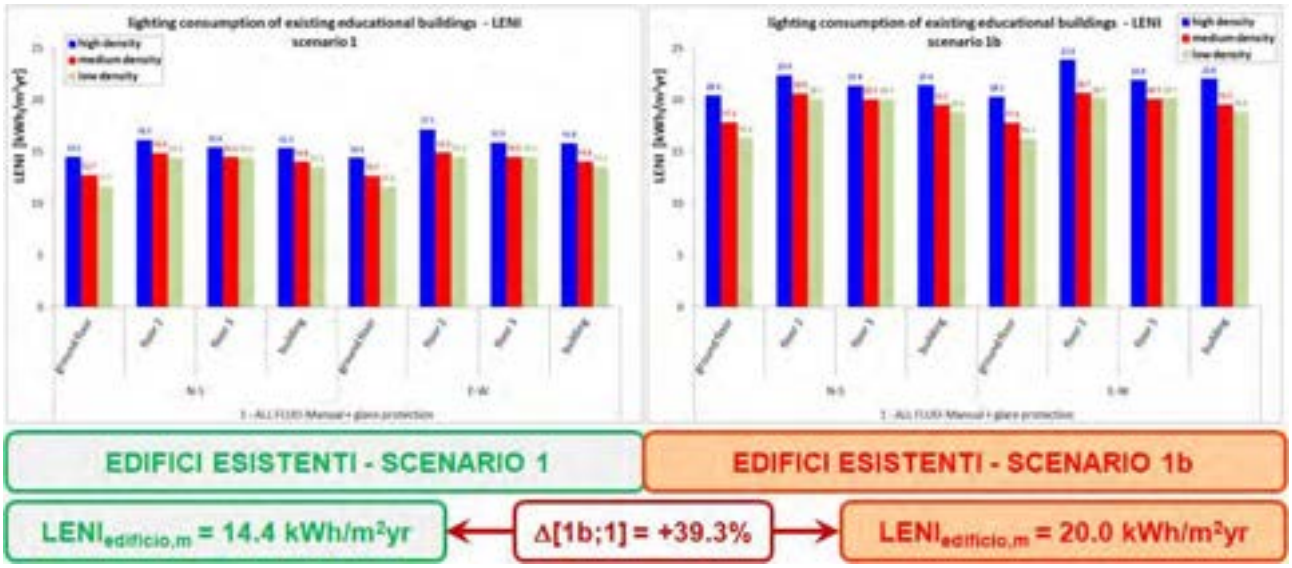


Figura 25 – Valori LENI ottenuti per 2 diversi scenari di edifici esistenti con sistemi di illuminazione tradizionale (scenari 1 e 1b).

La figura 26 mostra invece come vari il confronto fra edifici con sistemi di illuminazione tradizionali (scenario 1 e 1b) e gli stessi edifici oggetto di interventi di retrofit (scenari 2-3-4-5). Dal momento che gli edifici con sistemi di illuminazione tradizionali 'obsolete' sono caratterizzati da valori LENI maggiori rispetto ai corrispettivi casi con sistemi 'di ultima generazione', la differenza nel confronto con gli interventi di retrofit aumenta: confrontando lo scenario 4 con lo scenario 1b, la differenza relativa è pari a -63.0%, contro un valore di -51.5% che si otteneva confrontando lo scenario 4 con lo scenario 1.

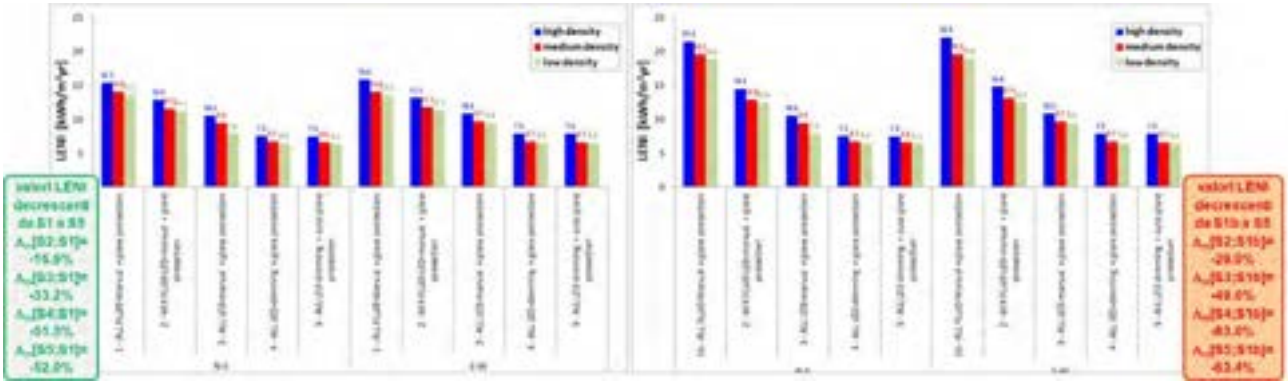


Figura 26 – Valori LENI ottenuti per i 4 interventi di retrofit, messi a confronto con lo scenario 1 o 1b.

8 Conclusioni

L'attività di ricerca descritta nel presente rapporto tecnico ha riguardato l'applicazione del metodo di calcolo presentato nella norma europea EN 15193-1:2017, relativa alla valutazione della prestazione energetica di edifici per quanto attiene i consumi di energia elettrica per l'illuminazione. La norma descrive due approcci di calcolo dell'indice di prestazione LENI: uno semplificato utilizzabile nelle fasi di concezione dell'edificio, e uno più completo e accurato, basato sui dati effettivi dell'edifico (in progetto o esistente). Il rapporto tratta l'applicazione del metodo accurato (Metodo 1) ed in particolare riporta gli esiti della verifica e validazione del software LENICALC V1, sviluppato da ENEA per la valutazione della prestazione energetica dell'illuminazione degli edifici in coerenza con il Metodo 1 descritto dalla norma.

Il Metodo 1 prevede il calcolo dell'indicatore LENI a partire dalla sommatoria delle energie per l'illuminazione e dalla sommatoria delle energie di stan-by di tutte le zone presenti nell'edificio. La procedura di calcolo, considera tutti i fattori influenti, sia per quanto riguarda le caratteristiche degli impianti di illuminazione e dei sistemi di controllo, sia per quanto riguarda l'apporto dovuto alla presenza di luce naturale o le caratteristiche funzionali degli edifici. In particolare, la versione del 2017 della norma, rispetto alla precedente del 2007, presenta un significativo approfondimento nel calcolo della disponibilità di luce naturale (F_{DS}), che viene determinata tenendo in considerazione non solo il fattore di luce diurna, ma anche gli aspetti climatici del sito, l'orientamento degli ambienti e la presenza di schermature mobili. Queste assunzioni rappresentano una significativa evoluzione concettuale, verso un'analisi più realistica dell'impatto che la luce naturale può avere sui consumi per l'illuminazione.

Complessivamente il metodo di calcolo proposto dalla norma appare completo e chiaro nella sua concezione: l'energia per l'illuminazione viene determinata moltiplicando la potenza degli impianti per un "tempo effettivo di utilizzo", ottenuto come prodotto del tempo di utilizzo dell'edificio (t_D + t_N) per dei fattori (F_D e F_O) che stimano la riduzione percentuale nell'utilizzo degli impianti dovuta alla disponibilità di luce naturale e al profilo di occupazione degli ambienti.

L'applicazione del metodo di calcolo per un singolo ambiente dotato di una sola apertura (orizzontale o verticale) non risulta analiticamente complessa, anche se richiede numerosi passaggi per la determinazione di tutti i parametri necessari al calcolo, mentre il calcolo per un intero edificio può essere complicato e oneroso dovendo ripetere il processo per ogni ambiente o zona che abbia caratteristiche architettoniche, impiantistiche o funzionali differenti.

Più complessa risulta invece l'applicazione ad ambienti con molteplici aperture verso l'esterno su superfici con diversi orientamenti o ad ambienti in cui siano presenti zone caratterizzate da funzioni e impianti differenti. In questi casi, l'applicazione rigorosa della logica di calcolo del metodo della norma implica un processo decisamente più articolato e le indicazioni esplicative fornite nel documento normativo non sono sempre sufficienti a chiarire le modalità per procedere correttamente nel calcolo.

Per un professionista cui sia richiesto di determinare il LENI di edifici nuovi o esistenti secondo il metodo di calcolo complesso (Metodo 1), la disponibilità di un software rappresenta un supporto essenziale per applicare correttamente la norma e contenere i tempi di elaborazione.

Il software LENICALC sviluppato da ENEA consente di applicare il metodo completo della norma a singoli ambienti e ad interi edifici. Inoltre per ciascun ambiente è possibile definire zone con caratteristiche funzionali e impiantistiche differenti.

La versione V1 del software applica correttamente la procedura di calcolo ad ambienti semplici dotati di singole aperture o di più aperture su una stessa superficie verticale, mentre errori di calcolo sono emersi nell'applicazione ad ambienti con lucernai o affacciati su atrii. Inoltre discrepanze rispetto alla logica di calcolo della norma sono state riscontrate nel modo di calcolare i parametri riferiti al clima e all'orientamento degli ambienti (in particolare in rapporto al modo di determinare H_{dir}/H_{glod}, $t_{rel,SNA}$ e $F_{DS,SA}$ in assenza di schermature) e nel caso di ambienti con più aperture su superfici diversamente orientate o con più zone all'interno di uno stesso ambiente.

Alcune ulteriori imprecisioni nella procedura di calcolo sono state riscontrate per la stima di F_C .

In generale, le caratteristiche del metodo di calcolo, in particolare per l'applicazione ad ambienti complessi (più aperture o più zone) rendono necessario fornire ai professionisti una guida esemplificativa accurata per la corretta comprensione, interpretazione e applicazione del metodo di calcolo.

Oltre alla validazione del software LENICALC V1, il rapporto include gli esiti dell'applicazione del calcolo del LENI ad un edificio scolastico di riferimento, rappresentativo di una scuola superiore italiana, per il quale sono stati definiti diversi scenari, corrispondenti a diverse situazioni impiantistiche. Il primo scenario considerato rappresenta la situazione tipicamente esistente, ovvero la presenza di impianti di illuminazione caratterizzati da apparecchi a luce diretta o mista (a seconda dell'ambiente) con lampade fluorescenti e sistemi di alimentazione tradizionale. Gli scenari alternativi considerati sono rappresentativi di possibili interventi di retrofit con un progressivo passaggio ad impianti a LED e a sistemi di controllo automatici.
L'analisi è stata condotta calcolando sia il LENI complessivo di edificio, sia il LENI riferito ai diversi piani o tipi di ambiente. Inoltre i dati sono stati valutati anche al variare della località di riferimento (Nord e Sud Italia).
In sintesi i risultati evidenziano che:

- Il valore del LENI per gli edifici esistenti (impianti tradizionali con lampade fluorescenti e sistemi di controllo manuali) è influenzato dal tipo di contesto in cui risulta inserito e varia al variare del piano in rapporto alle funzioni presenti (uffici piuttosto che aule o laboratori, etc.). Minore risulta invece l'influenza del sito e dell'orientamento dell'edificio. Per gli edifici esistenti il valore medio del LENI varia tra 20,0 kWh/m^{2}a e 14,4 kWh/m^{2}a a seconda del grado di obsolescenza degli impianti.
- Gli interventi di retrofit ipotizzati determinano una riduzione significativa del LENI, variabile tra -18,2% e -63,4% a seconda del tipo di intervento e del grado di obsolescenza dell'impianto preesistente.

I dati calcolati, oltre a fornire indicazioni sui risparmi ottenibili con interventi di retrofit degli impianti di illuminazione negli edifici scolastici, possono essere utili per definire valori di benckmark sui fabbisogni di energia elettrica per l'illuminazione di questa tipologia di edifici sul territorio italiano.

9 Riferimenti bibliografici

1. EN 15193:2007. Energy performance of buildings. Energy requirements for lighting. Brussels, 2007.
2. EN 15193-1:2017. Energy performance of buildings - Energy requirements for lighting. Part 1 Specifications. Brussels, 2017.
3. C. Aghemo, L. Blaso, A. Pellegrino, V. Serra. "Energy consumption for electric lighting in buildings : the European Standard EN 15193 and its application", 62° Convegno Nazionale ATI, 11-14 Settembre 2007, Salerno, Volume I, pp 145-150, 2007
4. L. Blaso, A. Pellegrino, V. Serra, C. Aghemo. "Energy consumption assessment of lighting installations equipped with control systems through the European Standard EN 15193 approach: a first comparison with measured data", In: COBEE- The first international conference on building energy and environment, Dalian, Cina 13-16 luglio 2008
5. ENEA, "Ricerca sistema elettrico - Sistemi di integrazione della luce naturale e artificiale applicati a diverse tipologie edilizie. Rapporto sugli esiti di simulazioni numeriche e sperimentazioni in campo". A cura di C. Aghemo, A. Pellegrino, L. Blaso, V. Serra. Report RSE/2009/12. 2009
6. C. Aghemo, L. Blaso, S. Fumagalli, V.R.M. Lo Verso, A. Pellegrino. "The new prEN 15193-1 to calculate the energy requirements for lighting in buildings: comparison to the previous standard and sensitivity analysis on the new influencing factors". Energy Procedia 101 (2016) 232 – 239, 2016.
7. ENEA, "Ricerca sistema elettrico - Studio preliminare e identificazione di edifici tipo per la validazione del metodo di calcolo del LENI". A cura di C. Aghemo, A. Pellegrino, V.R.M. Lo Verso. Report RdS/PAR2015/005
8. ENEA, "Ricerca sistema elettrico - Versione 1 – Software per il calcolo dell'indicatore LENI riferito allo standard EN15193-1". A cura di L. Blaso, S. Fumagalli, O. Li Rosi, F. Marino. RdS/PAR2015/007
9. https://energyplus.net/weather

10. CEN/TR 15193-2:2017. Energy performance of buildings. Energy requirements for lighting. Explanation and justification of EN 15193-1. Brussels, 2017.
11. A. Pellegrino, V.R.M. Lo Verso, C. Aghemo, L. Blaso, S. Fumagali. "The new EN 15193-1 to calculate the energy performance for lighting in buildings: analysis and application to reference building types". Atti del Convegno Internazionale LuxEuropa 2017, Lubiana (Slovenia), 18-20 settembre 2017.

10 Abbreviazioni ed acronimi

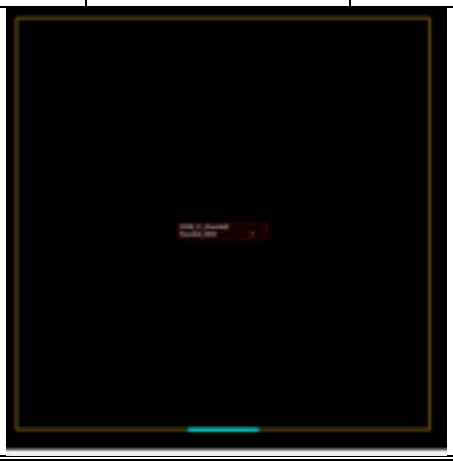
Abbr.	Descirzione
A_D	Area che riceve illuminazione naturale
A_{ND}	Area che non riceve illuminazione naturale
a_D	Profondità dell'area che riceve luce naturale
b	Larghezza dell'area che riceve luce naturale
H_{dir}/H_{glob}	*Luminous exposure* = rapporto illuminamento diretto/globale misurato su piano orizzontale, caratteristico del clima del sito considerato
h_{Li}	Altezza dell'imposta della finestra
h_{Ta}	Altezza del piano di calcolo
D_{CA}	Fattore di luce diurnal (Daylight factor) relativo alla carcassa di una finestra
D_{class}	Daylight factor class = classe di fattore di luce diurna
D	Fattore di luce diuran (Daylight factor)
γ	Latitudine
E	Illuminamento medio mantenuto sul piano di lavoro
$F_{DS,SNA}$	*Daylight supply factor for system not activated* = fattore di disponibilità di luce natural in un zona in assenza di schermature
$F_{DS,SA}$	*Daylight supply factor for system activated* = fattore di disponibilità di luce natural in un zona in presenza di schermature
$t_{rel,SNA}$	Frazione del tempo totale di utilizzo durante il quale il sistema di schermatura non è in funzione
$t_{rel,SA}$	Frazione del tempo totale di utilizzo durante il quale il sistema di schermatura è in funzione
$F_{D,C}$	Lighting control factor
$F_{D,S}$	Daylight supply factor
F_D	*Daylight dependency factor* = fattore di dipendenza dalla luce naturale
F_C	*Constant illuminance factor* = fattore di illuminazione costante
F_O	*Occupancy dependency factor* = fattore di dipendenza dall'occupazione
P_n	Potenza totale per gli apparecchi di illuminazione di ciascuna area [W]
P_{pc}	Potenza totale per i sistemi di controllo in condizioni di standby di ciascuna area
P_{em}	Potenza totale per l'illuminazione di emergenza di ciascuna area
W_L	Energia totale richiesta per illuminazione
W_P	Energia totale di standby

ALLEGATO 1

Casi studio per una singola zona in presenza di una apertura

1_windowL1_S
CALCOLO F_D

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



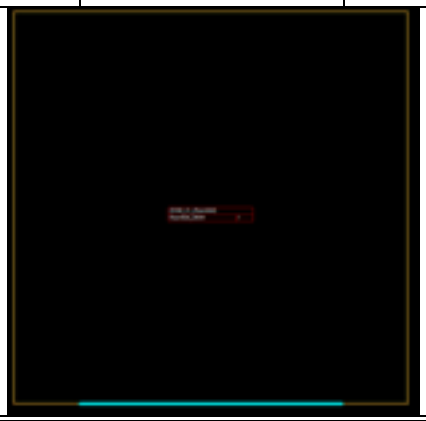
APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **Sud**					
L = **1 m**	H = **1,7 m**	hLi= **1,7 m**			
γ_1 = **0**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,61894**	$t_{rel,D,SA}$=**0,38106**				

DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Edificio	**Ufficio**
Locale	**Cell. 1 person**
E_m	**500**
E_m real	**500**
t_d	**2250**
t_n	**250**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**None**
Daylight control	**Manual**
Occupancy control	**Manual**

OUTPUT					
ANALITICO			**LENICALC (Sept. Version)**		
Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**		Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**	
a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**		a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**	
A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**		A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**	
D_{CA} = **2,851%**	D_{class} = **Low**	D = **1,128%**	D_{CA} = **2,865%**	D_{class} = **Low**	D = **1,134%**
$F_{D,S,SNA}$ = **53,628%**	$F_{D,S,SA}$ = **0,600**		$F_{D,S,SNA}$ = **53,783%**	$F_{D,S,SA}$ =	
$F_{D,S}$ = **0,561**			$F_{D,S}$ = **0,538**		
$F_{D,C}$ = **0,47**			$F_{D,C}$ = **0,47**		
F_D= **0,737**			F_D= **0,747**		

2_windowL2_S
CALCOLO F_D

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



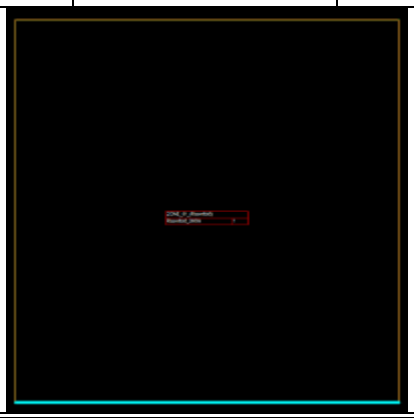
APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **Sud**					
L = **4 m**	H = **1,7 m**	hLi= **1,7 m**			
γ_1 = **0**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,61894**	$t_{rel,D,SA}$=**0,38106**				

DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Edificio	**Ufficio**
Locale	**Cell. 1 person**
E_m	**500**
E_m real	**500**
t_d	**2250**
t_n	**250**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**None**
Daylight control	**Manual**
Occupancy control	**Manual On/Off Switch**

OUTPUT					
ANALITICO			**LENICALC (Sept. Version)**		
Ad = **28,50 m²**	And = **7,50 m²**		Ad = **28,50 m²**	And = **28,50 m²**	
a_D = **4,75 m**	b_D = **6 m**		a_D = **4,75 m**	b_D = **6 m**	
A_D = **28,50 m²**	$A_{D'}$ = **28,50 m²**		A_D = **28,50 m²**	$A_{D'}$ = **28,50 m²**	
D_{CA} = **5,502%**	D_{class} = **Medium**	D = **2,177%**	D_{CA} = **5,512%**	D_{class} = **Medium**	D = **2,181%**
$F_{D,S,SNA}$ = **68,032%**	$F_{D,S,SA}$ = **0,750**		$F_{D,S,SNA}$ = **68,068%**	$F_{D,S,SA}$ =	
$F_{D,S}$ = **0,707**			$F_{D,S}$ = **0,681**		
$F_{D,C}$ = **0,52**			$F_{D,C}$ = **0,52**		
F_D= **0,632**			F_D= **0,646**		

3_windowL3_S
CALCOLO F_D

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **Sud**					
L = **6 m**	H = **1,7 m**	hLi= **1,7 m**			
γ_1 = **0**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,61894**	$t_{rel,D,SA}$=**0,38106**				

DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Edificio	**Ufficio**
Locale	**Cell. 1 person**
E_m	**500**
E_m real	**500**
t_d	**2250**
t_n	**250**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**None**
Daylight control	**Manual**
Occupancy control	**Manual On/Off Switch**

OUTPUT					
ANALITICO			**LENICALC (Sept. Version)**		
Ad = **28,50 m²**	And = **7,50 m²**		Ad = **28,50 m²**	And = **28,50 m²**	
a_D = **4,75 m**	b_D = **6 m (clipped)**		a_D = **4,75 m**	b_D = **6 m (clipped)**	
A_D = **28,50 m²**	$A_{D'}$ = **28,50 m²**		A_D = **28,50 m²**	$A_{D'}$ = **28,50 m²**	
D_{CA} = **7,888%**	D_{class} = **High**	D = **3,121%**	D_{CA} = **7,903%**	D_{class} = **High**	D = **3,127%**
$F_{D,S,SNA}$ = **75,810%**	$F_{D,S,SA}$ = **0,800**		$F_{D,S,SNA}$ = **75,827%**	$F_{D,S,SA}$ =	
$F_{D,S}$ = **0,774**			$F_{D,S}$ = **0,758**		
$F_{D,C}$ = **0,57**			$F_{D,C}$ = **0,57**		
F_D= **0,559**			F_D= **0,568**		

4_windowL1_W
CALCOLO F_D

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



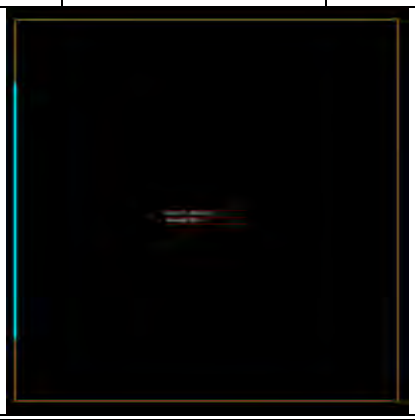
APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **West**					
L = **1 m**	H = **1,7 m**	hLi= **1,7 m**			
γ_1 = **0**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,80784**	$t_{rel,D,SA}$=**0,19216**				

DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Edificio	**Ufficio**
Locale	**Cell. 1 person**
E_m	**500**
E_m real	**500**
t_d	**2250**
t_n	**250**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**None**
Daylight control	**Manual**
Occupancy control	**Manual On/Off Switch**

OUTPUT					
ANALITICO			**LENICALC (Sept. Version)**		
Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**		Ad = **16,03 m²**	And = **16,03 m²**	
a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**		a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375**	
A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**		A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**	
D_{CA} = **2,851%**	D_{class} = **Low**	D = **1,128%**	D_{CA} = **2,865%**	D_{class} = **Low**	D = **1,134%**
$F_{D,S,SNA}$ = **48,717%**	$F_{D,S,SA}$ = **0,600**		$F_{D,S,SNA}$ = **48,859%**	$F_{D,S,SA}$ =	
$F_{D,S}$ = **0,509**			$F_{D,S}$ = **0,488**		
$F_{D,C}$ = **0,47**			$F_{D,C}$ = **0,47**		
F_D= **0,761**			F_D= **0,770**		

5_windowL2_W
CALCOLO F_D

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



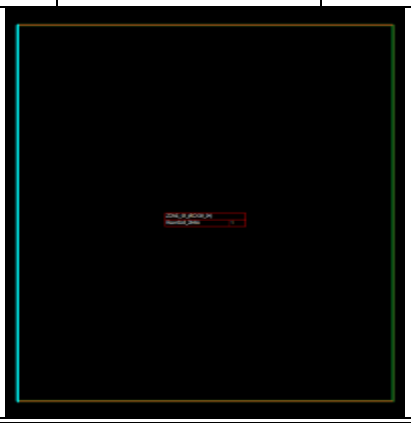
APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **West**					
L = **4 m**	H = **1,7 m**	hLi= **1,7 m**			
γ_1 = **0**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,80784**	$t_{rel,D,SA}$=**0,19216**				

DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Edificio	**Ufficio**
Locale	**Cell. 1 person**
E_m	**500**
E_m real	**500**
t_d	**2250**
t_n	**250**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**None**
Daylight control	**Manual**
Occupancy control	**Manual On/Off Switch**

OUTPUT					
ANALITICO			**LENICALC (Sept. Version)**		
Ad = **28,50 m²**	And = **7,50 m²**		Ad = **28,50 m²**	And = **7,50 m²**	
a_D = **4,75 m**	b_D = **6 m (clipped)**		a_D = **4,75 m**	b_D = **6 m (clipped)**	
A_D = **28,50 m²**	$A_{D'}$ = **28,50 m²**		A_D = **28,50 m²**	$A_{D'}$ = **28,50 m²**	
D_{CA} = **5,502%**	D_{class} = **Medium**	D = **2,177%**	D_{CA} = **5,512%**	D_{class} = **Medium**	D = **2,181%**
$F_{D,S,SNA}$ = **61,832%**	$F_{D,S,SA}$ = **0,750**		$F_{D,S,SNA}$ = **61,864%**	$F_{D,S,SA}$ =	
$F_{D,S}$ = **0,644**			$F_{D,S}$ = **0,618**		
$F_{D,C}$ = **0,52**			$F_{D,C}$ = **0,52**		
F_D= **0,665**			F_D= **0,678**		

6_windowL3_W
CALCOLO F_D

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



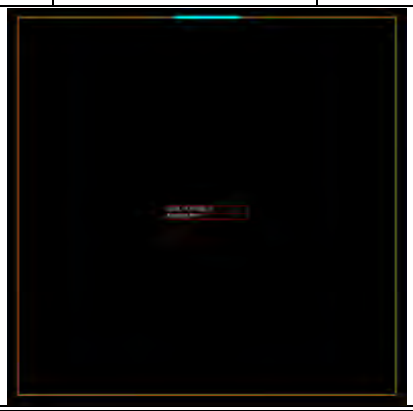
APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **West**					
L = **6 m**	H = **1,7 m**	hLi= **1,7 m**			
γ_1 = **0**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,80784**	$t_{rel,D,SA}$=**0,19216**				

DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Edificio	**Ufficio**
Locale	**Cell. 1 person**
E_m	**500**
E_m real	**500**
t_d	**2250**
t_n	**250**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**None**
Daylight control	**Manual**
Occupancy control	**Manual On/Off Switch**

OUTPUT					
ANALITICO			**LENICALC (Sept. Version)**		
Ad = **28,50 m²**	And = **7,50 m²**		Ad = **28,50 m²**	And = **7,50 m²**	
a_D = **4,75 m**	b_D = **6 m (clipped)**		a_D = **4,75 m**	b_D = **6 m (clipped)**	
A_D = **28,50 m²**	$A_{D'}$ = **28,50 m²**		A_D = **28,50 m²**	$A_{D'}$ = **28,50 m²**	
D_{CA} = **7,888%**	D_{class} = **High**	D = **3,121%**	D_{CA} = **7,903%**	D_{class} = **High**	D = **3,127%**
$F_{D,S,SNA}$ = **68,846%**	$F_{D,S,SA}$ = **0,800**		$F_{D,S,SNA}$ = **68,862%**	$F_{D,S,SA}$ =	
$F_{D,S}$ = **0,710**			$F_{D,S}$ = **0,688**		
$F_{D,C}$ = **0,57**			$F_{D,C}$ = **0,57**		
F_D= **0,595**			F_D= **0,607**		

7_windowL1_N
CALCOLO F_D

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



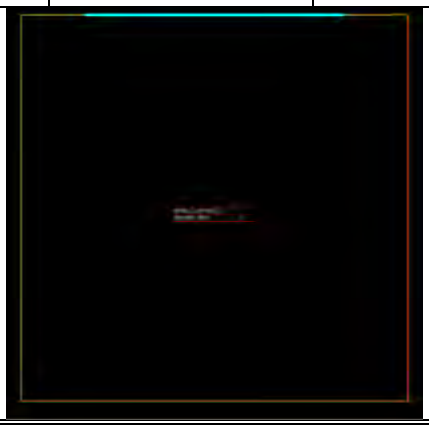
APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **North**					
L = **1 m**	H = **1,7 m**	hLi= **1,7 m**			
γ_1 = **0**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,1**	$t_{rel,D,SA}$=**0**				

DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Edificio	**Ufficio**
Locale	**Cell. 1 person**
E_m	**500**
E_m real	**500**
t_d	**2250**
t_n	**250**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**None**
Daylight control	**Manual**
Occupancy control	**Manual On/Off Switch**

OUTPUT					
ANALITICO			**LENICALC (Sept. Version)**		
Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**		Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**	
a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375**		a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375**	
A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**		A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**	
D_{CA} = **2,851%**	D_{class} = **Low**	D = **1,128%**	D_{CA} = **2,856%**	D_{class} = **Low**	D = **1,130%**
$F_{D,S,SNA}$ = **44,979%**	$F_{D,S,SA}$ = **0,600**		$F_{D,S,SNA}$ = **45,025%**	$F_{D,S,SA}$ =	
$F_{D,S}$ = **0,450**			$F_{D,S}$ = **0,450**		
$F_{D,C}$ = **0,47**			$F_{D,C}$ = **0,47**		
F_D= **0,789**			F_D= **0,788**		

8_windowL2_N
CALCOLO F_D

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



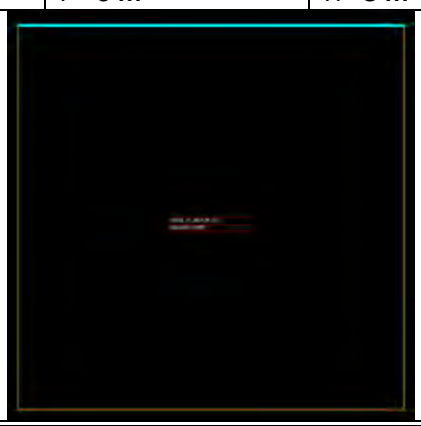
APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **North**					
L = 4 m	H = **1,7 m**	hLi= **1,7 m**			
γ_1 = **0**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,1**	$t_{rel,D,SA}$=**0**				

DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Edificio	**Ufficio**
Locale	**Cell. 1 person**
E_m	**500**
E_m real	**500**
t_d	**2250**
t_n	**250**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**None**
Daylight control	**Manual**
Occupancy control	**Manual On/Off Switch**

OUTPUT					
ANALITICO			**LENICALC (Sept. Version)**		
Ad = **28,50 m²**	And = **7,50 m²**		Ad = **28,50 m²**	And = **7,50 m²**	
a_D = **4,75 m**	b_D = **6 m (clipped)**		a_D = **4,75 m**	b_D = **6 m (clipped)**	
A_D = **28,50 m²**	$A_{D'}$ = **28,50 m²**		A_D = **28,50 m²**	$A_{D'}$ = **28,50 m²**	
D_{CA} = **5,502%**	D_{class} = **Medium**	D = **2,177%**	D_{CA} = **5,492%**	D_{class} = **Medium**	D = **2,173%**
$F_{D,S,SNA}$ = **57,092%**	$F_{D,S,SA}$ = **0,750**		$F_{D,S,SNA}$ = **57,062%**	$F_{D,S,SA}$ =	
$F_{D,S}$ = **0,571**			$F_{D,S}$ = **0,571**		
$F_{D,C}$ = **0,52**			$F_{D,C}$ = **0,52**		
F_D= **0,703**			F_D= **0,703**		

9_windowL3_N
CALCOLO F_D

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



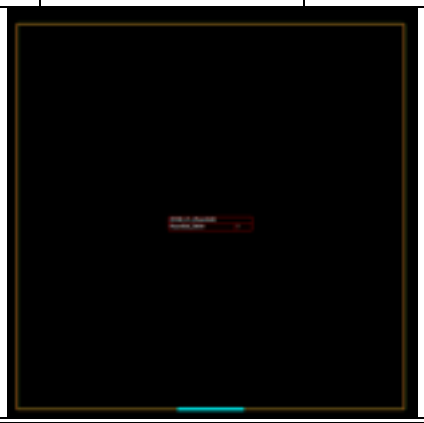
APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **North**					
L = **6 m**	H = **1,7 m**	hLi= **1,7 m**			
γ_1 = **0**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,1**	$t_{rel,D,SA}$=**0**				

DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Edificio	**Ufficio**
Locale	**Cell. 1 person**
E_m	**500**
E_m real	**500**
t_d	**2250**
t_n	**250**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**None**
Daylight control	**Manual**
Occupancy control	**Manual On/Off Switch**

OUTPUT					
ANALITICO			**LENICALC (Sept. Version)**		
Ad = **28,50 m²**	And = **7,50 m²**		Ad = **28,50 m²**	And = **7,50 m²**	
a_D = **4,75 m**	b_D = **6 m (clipped)**		a_D = **4,75 m**	b_D = **6 m (clipped)**	
A_D = **28,50 m²**	$A_{D'}$ = **28,50 m²**		A_D = **28,50 m²**	$A_{D'}$ = **28,50 m²**	
D_{CA} = **7,888%**	D_{class} = **High**	D = **3,121%**	D_{CA} = **7,873%**	D_{class} = **High**	D = **3,121%**
$F_{D,S,SNA}$ = **63,584%**	$F_{D,S,SA}$ = **0,800**		$F_{D,S,SNA}$ = **63,570%**	$F_{D,S,SA}$ =	
$F_{D,S}$ = **0,636**			$F_{D,S}$ = **0,636**		
$F_{D,C}$ = **0,57**			$F_{D,C}$ = **0,57**		
F_D= **0,638**			F_D= **0,637**		

10_windowL1_S_ob30
CALCOLO F_D

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **South**					
L = **1 m**	H = **1,7 m**	hLi= **1,7 m**			
γ_1 = **30°**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,61894**	$t_{rel,D,SA}$=**0,38106**				

DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Edificio	**Ufficio**
Locale	**Cell. 1 person**
E_m	**500**
E_m real	**500**
t_d	**2250**
t_n	**250**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**None**
Daylight control	**Manual**
Occupancy control	**Manual On/Off Switch**

OUTPUT					
ANALITICO			**LENICALC (Sept. Version)**		
Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**		Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**	
a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**		a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**	
A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**		A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**	
D_{CA} = **2,106%**	D_{class} = **Low**	D = **0,789%**	D_{CA} = **2,0266%**	D_{class} = **Low**	D = **0,802%**
$F_{D,S,SNA}$ = **44,277%**	$F_{D,S,SA}$ = **0,600**		$F_{D,S,SNA}$ = **44,377%**	$F_{D,S,SA}$ =	
$F_{D,S}$ = **0,503**			$F_{D,S}$ = **0,444**		
$F_{D,C}$ = **0,47**			$F_{D,C}$ = **0,47**		
F_D= **0,764**			F_D= **N/D**		

11_windowL1_S_ob70
CALCOLO F_D

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



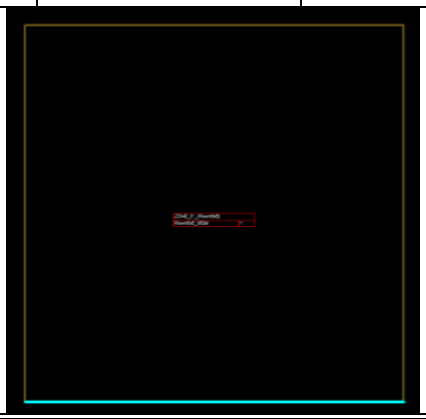
APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **South**					
L = **1 m**	H = **1,7 m**	hLi= **1,7 m**			
γ_1 = **70°**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,61894**	$t_{rel,D,SA}$=**0,38106**				

DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Edificio	**Ufficio**
Locale	**Cell. 1 person**
E_m	**500**
E_m real	**500**
t_d	**2250**
t_n	**250**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**None**
Daylight control	**Manual**
Occupancy control	**Manual On/Off Switch**

OUTPUT					
ANALITICO			**LENICALC (Sept. Version)**		
Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**		Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**	
a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**		a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**	
A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**		A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**	
D_{CA} = **-**	D_{class} = **None**	D = **-**	D_{CA} = **-**	D_{class} = **None**	D = **-**
$F_{D,S,SNA}$ = **- %**	$F_{D,S,SA}$ = **-**		$F_{D,S,SNA}$ = **- %**	$F_{D,S,SA}$ = **-**	
$F_{D,S}$ = **-**			$F_{D,S}$ = **-**		
$F_{D,C}$ = **-**			$F_{D,C}$ = **-**		
F_D= **1**			F_D= **N/D**		

12_windowL3_S_ob30
CALCOLO F_D

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



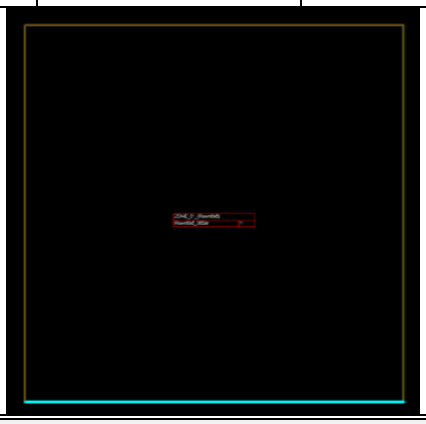
APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **South**					
L = **6 m**	H = **1,7 m**	hLi= **1,7 m**			
γ_1 = **30°**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,61894**	$t_{rel,D,SA}$=**0,38106**				

DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Edificio	**Ufficio**
Locale	**Cell. 1 person**
E_m	**500**
E_m real	**500**
t_d	**2250**
t_n	**250**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**None**
Daylight control	**Manual**
Occupancy control	**Manual On/Off Switch**

OUTPUT					
ANALITICO			**LENICALC (Sept. Version)**		
Ad = **28,50 m²**	And = **7,50 m²**		Ad = **28,50 m²**	And = **7,50 m²**	
a_D = **4,75 m**	b_D = **6 (clipped) m**		a_D = **4,75 m**	b_D = **6 (clipped) m**	
A_D = **28,50 m²**	$A_{D'}$ = **28,50 m²**		A_D = **28,50 m²**	$A_{D'}$ = **28,50 m²**	
D_{CA} = **5,578%**	D_{class} = **Medium**	D = **2,207%**	D_{CA} = **5,588%**	D_{class} = **Medium**	D = **2,211%**
$F_{D,S,SNA}$ = **68,303%**	$F_{D,S,SA}$ = **0,750**		$F_{D,S,SNA}$ = **68,341%**	$F_{D,S,SA}$ =	
$F_{D,S}$ = **0,696**			$F_{D,S}$ = **0,683**		
$F_{D,C}$ = **0,52**			$F_{D,C}$ = **0,52**		
F_D= **0,673**			F_D= **0,645**		

13_windowL3_S_ob70
CALCOLO F_D

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



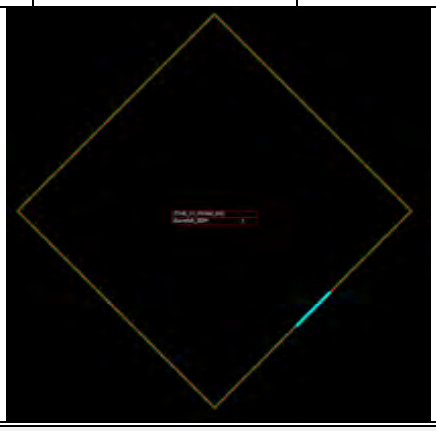
APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **South**					
L = **6 m**	H = **1,7 m**	hLi= **1,7 m**			
γ_1 = **70°**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,61894**	$t_{rel,D,SA}$=**0,38106**				

DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Edificio	**Ufficio**
Locale	**Cell. 1 person**
E_m	**500**
E_m real	**500**
t_d	**2250**
t_n	**250**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**None**
Daylight control	**Manual**
Occupancy control	**Manual On/Off Switch**

OUTPUT					
ANALITICO			**LENICALC (Sept. Version)**		
Ad = **28,50 m²**	And = **7,50 m²**		Ad = **28,50 m²**	And = **7,50 m²**	
a_D = **4,75 m**	b_D = **6 m (clipped)**		a_D = **4,75 m**	b_D = **6 m (clipped)**	
A_D = **28,50 m²**	$A_{D'}$ = **28,50 m²**		A_D = **28,50 m²**	$A_{D'}$ = **28,50 m²**	
D_{CA} = **-**	D_{class} = **None**	D = **-**	D_{CA} = **-**	D_{class} = **None**	D = **-**
$F_{D,S,SNA}$ = **- %**	$F_{D,S,SA}$ = **-**		$F_{D,S,SNA}$ = **- %**	$F_{D,S,SA}$ = **-**	
$F_{D,S}$ = **-**			$F_{D,S}$ = **-**		
$F_{D,C}$ = **-**			$F_{D,C}$ = **-**		
F_D= **1**			F_D= **N/D**		

14_windowL1_SE45
CALCOLO F_D

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



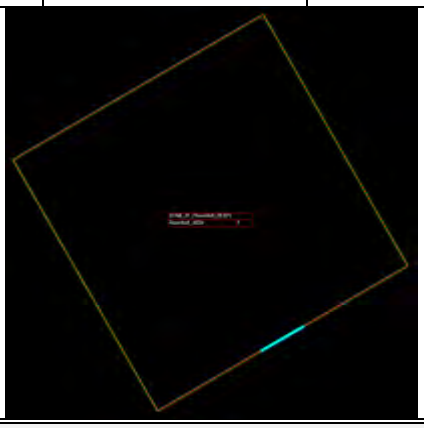
APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **South-East 45°**					
L = **1 m**	H = **1,7 m**	hLi= **1,7 m**			
γ_1 = **0°**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,713**	$t_{rel,D,SA}$=**0,287**				

DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Edificio	**Ufficio**
Locale	**Cell. 1 person**
E_m	**500**
E_m real	**500**
t_d	**2250**
t_n	**250**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**None**
Daylight control	**Manual**
Occupancy control	**Manual On/Off Switch**

OUTPUT					
ANALITICO			**LENICALC (Sept. Version)**		
Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**		Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**	
a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**		a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**	
A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**		A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**	
D_{CA} = **2,851%**	D_{class} = **Low**	D = **1,128%**	D_{CA} = **2,848%**	D_{class} = **Low**	D = **1,127%**
$F_{D,S,SNA}$ = **51,172%**	$F_{D,S,SA}$ = **0,600**		$F_{D,S,SNA}$ = **53,593%**	$F_{D,S,SA}$ =	
$F_{D,S}$ = **0,537**			$F_{D,S}$ = **0,536**		
$F_{D,C}$ = **0,47**			$F_{D,C}$ = **0,47**		
F_D= **0,748**			F_D= **0,748**		

15_windowL1_SE30
CALCOLO F_D

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



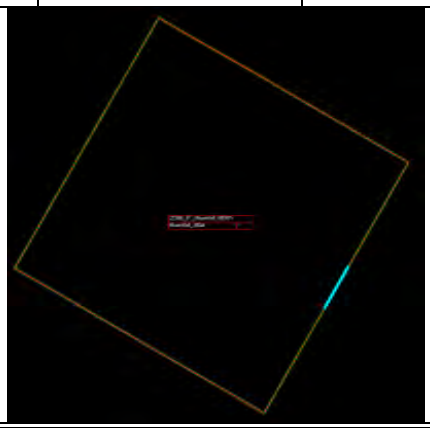
APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **South-East 30°**					
L = **1 m**	H = **1,7 m**	hLi= **1,7 m**			
γ_1 = **0**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,682**	$t_{rel,D,SA}$=**0,318**				

DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Edificio	**Ufficio**
Locale	**Cell. 1 person**
E_m	**500**
E_m real	**500**
t_d	**2250**
t_n	**250**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**None**
Daylight control	**Manual**
Occupancy control	**Manual On/Off Switch**

OUTPUT					
ANALITICO			**LENICALC (Sept. Version)**		
Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**		Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**	
a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**		a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**	
A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**		A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**	
D_{CA} = **2,851%**	D_{class} = **Low**	D = **1,128%**	D_{CA} = **2,851%**	D_{class} = **Low**	D = **1,128%**
$F_{D,S,SNA}$ = **65,965%**	$F_{D,S,SA}$ = **0,600**		$F_{D,S,SNA}$ = **53,593%**	$F_{D,S,SA}$ =	
$F_{D,S}$ = **0,641**			$F_{D,S}$ = **0,536**		
$F_{D,C}$ = **0,47**			$F_{D,C}$ = **0,47**		
F_D= **0,669**			F_D= **0,748**		

16_windowL1_SE60
CALCOLO F_D

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **South-East 60°**					
L = **1 m**	H = **1,7 m**	hLi= **1,7 m**			
γ_1 = **0**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,682**	$t_{rel,D,SA}$=**0,318**				

DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Edificio	**Ufficio**
Locale	**Cell. 1 person**
E_m	**500**
E_m real	**500**
t_d	**2250**
t_n	**250**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**None**
Daylight control	**Manual**
Occupancy control	**Manual On/Off Switch**

OUTPUT					
ANALITICO			**LENICALC (Sept. Version)**		
Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**		Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**	
a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**		a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**	
A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**		A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**	
D_{CA} = **2,851%**	D_{class} = **Low**	D = **1,128%**	D_{CA} = **2,851%**	D_{class} = **Low**	D = **1,128%**
$F_{D,S,SNA}$ = **71,168%**	$F_{D,S,SA}$ = **0,600**		$F_{D,S,SNA}$ = **48,719%**	$F_{D,S,SA}$ =	
$F_{D,S}$ = **0,938**			$F_{D,S}$ = **0,487**		
$F_{D,C}$ = **0,47**			$F_{D,C}$ = **0,47**		
F_D= **0,559**			F_D= **0,771**		

17_windowL1_SE_300lx
CALCOLO F_D

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **South**					
L = **1 m**	H = **1,7 m**	hLi= **1,7 m**			
γ_1 = **0**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,61894**	$t_{rel,D,SA}$=**0,38106**				

DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Edificio	**Ufficio**
Locale	**Cell. 1 person**
E_m	**300**
E_m real	**300**
t_d	**2250**
t_n	**250**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**None**
Daylight control	**Manual**
Occupancy control	**Manual On/Off Switch**

OUTPUT					
ANALITICO			**LENICALC (Sept. Version)**		
Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**		Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**	
a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**		a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**	
A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**		A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**	
D_{CA} = **2,851%**	D_{class} = **Low**	D = **1,128%**	D_{CA} = **2,865%**	D_{class} = **Low**	D = **1,134%**
$F_{D,S,SNA}$ = **67,309%**	$F_{D,S,SA}$ = **0,600**		$F_{D,S,SNA}$ = **67,421%**	$F_{D,S,SA}$ =	
$F_{D,S}$ = **0,645**			$F_{D,S}$ = **0,674**		
$F_{D,C}$ = **0,47**			$F_{D,C}$ = **0,47**		
F_D= **0,697**			F_D= **0,683**		

18_windowL1_SE_400lx
CALCOLO F_D

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **South**					
L = **1 m**	H = **1,7 m**	hLi= **1,7 m**			
γ_1 = **0**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,61894**	$t_{rel,D,SA}$=**0,38106**				

DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Edificio	**Ufficio**
Locale	**Cell. 1 person**
E_m	**400**
E_m real	**400**
t_d	**2250**
t_n	**250**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**None**
Daylight control	**Manual**
Occupancy control	**Manual On/Off Switch**

OUTPUT					
ANALITICO			**LENICALC (Sept. Version)**		
Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**		Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**	
a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**		a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**	
A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**		A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**	
D_{CA} = **2,851%**	D_{class} = **Low**	D = **1,128%**	D_{CA} = **2,865%**	D_{class} = **Low**	D = **1,134%**
$F_{D,S,SNA}$ = **67,309%**	$F_{D,S,SA}$ = **0,600**		$F_{D,S,SNA}$ = **67,421%**	$F_{D,S,SA}$ =	
$F_{D,S}$ = **0,645**			$F_{D,S}$ = **0,674**		
$F_{D,C}$ = **0,47**			$F_{D,C}$ = **0,47**		
F_D= **0,697**			F_D= **0,683**		

19_windowL1_SE_50lx
CALCOLO F_D

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **South**					
L = **1 m**	H = **1,7 m**	hLi= **2,7 m**			
γ_1 = **0**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,61894**	$t_{rel,D,SA}$=**0,38106**				

DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Edificio	**Ufficio**
Locale	**Cell. 1 person**
E_m	**50**
E_m real	**50**
t_d	**2250**
t_n	**250**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**None**
Daylight control	**Manual**
Occupancy control	**Manual On/Off Switch**

OUTPUT					
ANALITICO			**LENICALC (Sept. Version)**		
Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**		Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**	
a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**		a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**	
A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**		A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**	
D_{CA} = **2,851%**	D_{class} = **Low**	D = **1,128%**	D_{CA} = **2,865%**	D_{class} = **Low**	D = **1,134%**
$F_{D,S,SNA}$ = **84,719%**	$F_{D,S,SA}$ = **0,600**		$F_{D,S,SNA}$ = **84,772%**	$F_{D,S,SA}$ =	
$F_{D,S}$ = **0,755**			$F_{D,S}$ = **0,848**		
$F_{D,C}$ = **0,50**			$F_{D,C}$ = **0,50**		
F_D= **0,623**			F_D= **0,576**		

20_windowL1_SE_1500lx
CALCOLO F_D

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **South**					
L = **1 m**	H = **1,7 m**	hLi= **2,7 m**			
γ_1 = **0°**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,61894**	$t_{rel,D,SA}$=**0,38106**				

DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Edificio	**Ufficio**
Locale	**Cell. 1 person**
E_m	**1500**
E_m real	**1500**
t_d	**2250**
t_n	**250**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**None**
Daylight control	**Manual**
Occupancy control	**Manual On/Off Switch**

OUTPUT					
ANALITICO			**LENICALC (Sept. Version)**		
Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**		Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**	
a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**		a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**	
A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**		A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**	
D_{CA} = **2,851%**	D_{class} = **Low**	D = **1,128%**	D_{CA} = **2,865%**	D_{class} = **Low**	D = **1,134%**
$F_{D,S,SNA}$ = **32,315%**	$F_{D,S,SA}$ = **0,600**		$F_{D,S,SNA}$ = **32,461%**	$F_{D,S,SA}$ =	
$F_{D,S}$ = **0,427**			$F_{D,S}$ = **0,325**		
$F_{D,C}$ = **0,44**			$F_{D,C}$ = **0,44**		
F_D= **0,819**			F_D= **0,857**		

21_windowL1_TL50
CALCOLO F_D

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **South**					
L = **1 m**	H = **1,7 m**	hLi= **1,7 m**			
γ_1 = **0**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,500**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,61894**	$t_{rel,D,SA}$=**0,38106**				

DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Edificio	**Ufficio**
Locale	**Cell. 1 person**
E_m	**500**
E_m real	**500**
t_d	**2250**
t_n	**250**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**None**
Daylight control	**Manual**
Occupancy control	**Manual On/Off Switch**

OUTPUT					
ANALITICO			**LENICALC (Sept. Version)**		
Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**		Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**	
a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**		a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**	
A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**		A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**	
D_{CA} = **2,851%**	D_{class} = **Low**	D = **0,806%**	D_{CA} = **2,865%**	D_{class} = **Low**	D = **0,810%**
$F_{D,S,SNA}$ = **44,506%**	$F_{D,S,SA}$ = **0,600**		$F_{D,S,SNA}$ = **44,609%**	$F_{D,S,SA}$ =	
$F_{D,S}$ = **0,504**			$F_{D,S}$ = **0,446**		
$F_{D,C}$ = **0,47**			$F_{D,C}$ = **0,47**		
F_D= **0,763**			F_D= **0,790**		

22_windowL1_TL0
CALCOLO F_D

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



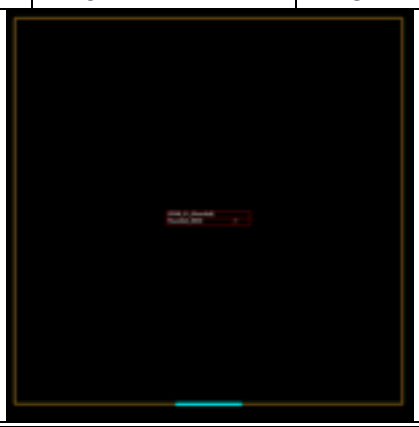
APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **South**					
L = **1 m**	H = **1,7 m**	hLi= **1,7 m**			
γ_1 = **0**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,000**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,61894**	$t_{rel,D,SA}$=**0,38106**				

DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Edificio	**Ufficio**
Locale	**Cell. 1 person**
E_m	**500**
E_m real	**500**
t_d	**2250**
t_n	**250**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**None**
Daylight control	**Manual**
Occupancy control	**Manual On/Off Switch**

OUTPUT					
ANALITICO			**LENICALC (Sept. Version)**		
Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**		Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**	
a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**		a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**	
A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**		A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**	
D_{CA} = **2,851%**	D_{class} = **Low**	D = **-**	D_{CA} = **2,865%**	D_{class} = **Low**	D = **0,002%**
$F_{D,S,SNA}$ = **53,628%**	$F_{D,S,SA}$ = **0,600**		$F_{D,S,SNA}$ = **11,921%**	$F_{D,S,SA}$ =	
$F_{D,S}$ = **0,561**			$F_{D,S}$ = **0,119**		
$F_{D,C}$ = **0,47**			$F_{D,C}$ = **0,47**		
F_D= **0,737**			F_D= **0,944**		

23_windowL1_S_K1-0.5
CALCOLO F_D

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **South**					
L = **1 m**	H = **1,7 m**	hLi= **1,7 m**			
γ_1 = **0**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,61894**	$t_{rel,D,SA}$=**0,38106**				

DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Edificio	**Ufficio**
Locale	**Cell. 1 person**
E_m	**500**
E_m real	**500**
t_d	**2250**
t_n	**250**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,500**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**None**
Daylight control	**Manual**
Occupancy control	**Manual On/Off Switch**

OUTPUT					
ANALITICO			**LENICALC (Sept. Version)**		
Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**		Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**	
a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**		a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**	
A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**		A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**	
D_{CA} = **2,851%**	D_{class} = **Low**	D = **0,806%**	D_{CA} = **2,865%**	D_{class} = **Low**	D = **0,810%**
$F_{D,S,SNA}$ = **44,506%**	$F_{D,S,SA}$ = **0,600**		$F_{D,S,SNA}$ = **44,609%**	$F_{D,S,SA}$ =	
$F_{D,S}$ = **0,504**			$F_{D,S}$ = **0,446**		
$F_{D,C}$ = **0,47**			$F_{D,C}$ = **0,47**		
F_D= **0,763**			F_D= **0,790**		

24_windowL1_S_K2-0
CALCOLO F_D

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **South**					
L = **1 m**	H = **1,7 m**	hLi= **1,7 m**			
γ_1 = **0**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,61894**	$t_{rel,D,SA}$=**0,38106**				

DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Edificio	**Ufficio**
Locale	**Cell. 1 person**
E_m	**500**
E_m real	**500**
t_d	**2250**
t_n	**250**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,001**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**None**
Daylight control	**Manual**
Occupancy control	**Manual On/Off Switch**

OUTPUT					
ANALITICO			**LENICALC (Sept. Version)**		
Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**		Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**	
a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**		a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**	
A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**		A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**	
D_{CA} = **2,851%**	D_{class} = **Low**	D = **0,000%**	D_{CA} = **2,865%**	D_{class} = **Low**	D = **0,001%**
$F_{D,S,SNA}$ = **53,628%**	$F_{D,S,SA}$ = **0,600**		$F_{D,S,SNA}$ = **11,921%**	$F_{D,S,SA}$ =	
$F_{D,S}$ = **0,561**			$F_{D,S}$ = **0,119**		
$F_{D,C}$ = **0,47**			$F_{D,C}$ = **0,47**		
F_D= **0,736**			F_D= **0,944**		

25_windowL1_S_overhang30
CALCOLO F_D

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **South**					
L = **1 m**	H = **1,7 m**	hLi= **1,7 m**			
γ_1 = **0°**	γ_2 = **30°**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,61894**	$t_{rel,D,SA}$=**0,38106**				

DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Edificio	**Ufficio**
Locale	**Cell. 1 person**
E_m	**500**
E_m real	**500**
t_d	**2250**
t_n	**250**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**None**
Daylight control	**Manual**
Occupancy control	**Manual On/Off Switch**

OUTPUT					
ANALITICO			**LENICALC (Sept. Version)**		
Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**		Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**	
a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**		a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**	
A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**		A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**	
D_{CA} = **2,181%**	D_{class} = **Low**	D = **0,863%**	D_{CA} = **2,198%**	D_{class} = **Low**	D = **0,870%**
$F_{D,S,SNA}$ = **46,134%**	$F_{D,S,SA}$ = **0,600**		$F_{D,S,SNA}$ = **46,319%**	$F_{D,S,SA}$ =	
$F_{D,S}$ = **0,514**			$F_{D,S}$ = **0,463**		
$F_{D,C}$ = **0,47**			$F_{D,C}$ = **0,47**		
F_D= **0,758**			F_D= **0,782**		

26_windowL1_S_overhang70
CALCOLO F_D

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **South**					
L = **1 m**	H = **1,7 m**	hLi= **1,7 m**			
γ_1 = **0°**	γ_2 = **70°**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,61894**	$t_{rel,D,SA}$=**0,38106**				

DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Edificio	**Ufficio**
Locale	**Cell. 1 person**
E_m	**500**
E_m real	**500**
t_d	**2250**
t_n	**250**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**None**
Daylight control	**Manual**
Occupancy control	**Manual On/Off Switch**

OUTPUT					
ANALITICO			**LENICALC (Sept. Version)**		
Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**		Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**	
a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**		a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**	
A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**		A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**	
D_{CA} = **-**	D_{class} = **None**	D = **-**	D_{CA} = **-**	D_{class} = **None**	D = **-**
$F_{D,S,SNA}$ = **- %**	$F_{D,S,SA}$ = **0,600**		$F_{D,S,SNA}$ = **- %**	$F_{D,S,SA}$ =	
$F_{D,S}$ = **0**			$F_{D,S}$ = **0**		
$F_{D,C}$ = **0,47**			$F_{D,C}$ = **0,47**		
F_D= **1**			F_D= **1**		

27_windowL1_S_gamma_ostruzioni_laterali_30
CALCOLO F_D

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **South**					
L = **1 m**	H = **1,7 m**	hLi= **1,7 m**			
γ_1 = **0°**	γ_2 = **0°**	γ_3 = **30°**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,61894**	$t_{rel,D,SA}$=**0,38106**				

DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Edificio	**Ufficio**
Locale	**Cell. 1 person**
E_m	**500**
E_m real	**500**
t_d	**2250**
t_n	**250**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**None**
Daylight control	**Manual**
Occupancy control	**Manual On/Off Switch**

OUTPUT					
ANALITICO			**LENICALC (Sept. Version)**		
Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**		Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**	
a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**		a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**	
A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**		A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**	
D_{CA} = **2,566%**	D_{class} = **Low**	D = **1,015%**	D_{CA} = **2,578%**	D_{class} = **Low**	D = **1,020%**
$F_{D,S,SNA}$ = **50,446%**	$F_{D,S,SA}$ = **0,600**		$F_{D,S,SNA}$ = **50,603%**	$F_{D,S,SA}$ =	
$F_{D,S}$ = **0,541**			$F_{D,S}$ = **0,506**		
$F_{D,C}$ = **0,47**			$F_{D,C}$ = **0,47**		
F_D= **0,746**			F_D= **0,762**		

28_windowL1_S_gamma_ostruzioni_laterali_70
CALCOLO F_D

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **South**					
L = **1 m**	H = **1,7 m**	hLi= **1,7 m**			
γ_1 = **0°**	γ_2 = **0°**	γ_3 = **70°**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,61894**	$t_{rel,D,SA}$=**0,38106**				

DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Edificio	**Ufficio**
Locale	**Cell. 1 person**
E_m	**500**
E_m real	**500**
t_d	**2250**
t_n	**250**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**None**
Daylight control	**Manual**
Occupancy control	**Manual On/Off Switch**

OUTPUT					
ANALITICO			**LENICALC (Sept. Version)**		
Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**		Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**	
a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**		a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**	
A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**		A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**	
D_{CA} = **2,186%**	D_{class} = **Low**	D = **0,865%**	D_{CA} = **2,196%**	D_{class} = **Low**	D = **0,869%**
$F_{D,S,SNA}$ = **46,191%**	$F_{D,S,SA}$ = **0,600**		$F_{D,S,SNA}$ = **46,303%**	$F_{D,S,SA}$ =	
$F_{D,S}$ = **0,515**			$F_{D,S}$ = **0,463**		
$F_{D,C}$ = **0,47**			$F_{D,C}$ = **0,47**		
F_D= **0,758**			F_D= **0,782**		

29_windowL1_S_glareprotection
CALCOLO F_D

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **South**					
L = **1 m**	H = **1,7 m**	hLi= **1,7 m**			
γ_1 = **0**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,61894**	$t_{rel,D,SA}$=**0,38106**		$t_{rel,D,SNA}$=**0,650**		$t_{rel,D,SA}$=**0,350**

DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Edificio	**Ufficio**
Locale	**Cell. 1 person**
E_m	**500**
E_m real	**500**
t_d	**2250**
t_n	**250**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**Glare Protection**
Daylight control	**Manual**
Occupancy control	**Manual On/Off Switch**

OUTPUT					
ANALITICO			**LENICALC (Sept. Version)**		
Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**		Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**	
a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**		a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**	
A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**		A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**	
D_{CA} = **2,851%**	D_{class} = **Low**	D = **1,128%**	D_{CA} = **2,865%**	D_{class} = **Low**	D = **1,134%**
$F_{D,S,SNA}$ = **53,628%**	$F_{D,S,SA}$ = **0,600**		$F_{D,S,SNA}$ = **53,783%**	$F_{D,S,SA}$ = **0,100**	
$F_{D,S}$ = **0,561**			$F_{D,S}$ = **0,538**		
$F_{D,C}$ = **0,47**			$F_{D,C}$ = **0,47**		
F_D= **0,750**			F_D= **0,747**		

30_windowL1_S_autoglareprotection
CALCOLO F_D

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **South**					
L = **1 m**	H = **1,7 m**	hLi= **1,7 m**			
γ_1 = **0**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,61894**	$t_{rel,D,SA}$=**0,38106**		$t_{rel,D,SNA}$=**0,650**		$t_{rel,D,SA}$=**0,350**

DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Edificio	**Ufficio**
Locale	**Cell. 1 person**
E_m	**500**
E_m real	**500**
t_d	**2250**
t_n	**250**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**Auto Glare Protection**
Daylight control	**Manual**
Occupancy control	**Manual On/Off Switch**

OUTPUT					
ANALITICO			**LENICALC (Sept. Version)**		
Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**		Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**	
a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**		a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**	
A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**		A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**	
D_{CA} = **2,851%**	D_{class} = **Low**	D = **1,128%**	D_{CA} = **2,865%**	D_{class} = **Low**	D = **1,134%**
$F_{D,S,SNA}$ = **53,628%**	$F_{D,S,SA}$ = **0,200**		$F_{D,S,SNA}$ = **53,783%**	$F_{D,S,SA}$ = **0,200**	
$F_{D,S}$ = **0,561**			$F_{D,S}$ = **0,538**		
$F_{D,C}$ = **0,47**			$F_{D,C}$ = **0,47**		
F_D= **0,750**			F_D= **0,747**		

31_windowL1_S_lightguide
CALCOLO F_D

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **South**					
L = **1 m**	H = **1,7 m**	hLi= **1,7 m**			
γ_1 = **0**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,61894**	$t_{rel,D,SA}$=**0,38106**		$t_{rel,D,SNA}$=**0,650**		$t_{rel,D,SA}$=**0,350**

DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Edificio	**Ufficio**
Locale	**Cell. 1 person**
E_m	**500**
E_m real	**500**
t_d	**2250**
t_n	**250**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**Light guide**
Daylight control	**Manual**
Occupancy control	**Manual On/Off Switch**

OUTPUT					
ANALITICO			**LENICALC (Sept. Version)**		
Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**		Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**	
a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**		a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**	
A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**		A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**	
D_{CA} = **2,851%**	D_{class} = **Low**	D = **1,128%**	D_{CA} = **2,865%**	D_{class} = **Low**	D = **1,134%**
$F_{D,S,SNA}$ = **53,628%**	$F_{D,S,SA}$ = **0,300**		$F_{D,S,SNA}$ = **53,783%**	$F_{D,S,SA}$ = **0,300**	
$F_{D,S}$ = **0,561**			$F_{D,S}$ = **0,538**		
$F_{D,C}$ = **0,47**			$F_{D,C}$ = **0,47**		
F_D= **0,750**			F_D= **0,747**		

32_windowL1_S_lightcontrol_II
CALCOLO F_D

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **South**					
L = **1 m**	H = **1,7 m**	hLi= **1,7 m**			
γ_1 = **0**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,61894**	$t_{rel,D,SA}$=**0,38106**				

DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Edificio	**Ufficio**
Locale	**Cell. 1 person**
E_m	**500**
E_m real	**500**
t_d	**2250**
t_n	**250**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**None**
Daylight control	**Type II**
Occupancy control	**Manual On/Off Switch**

OUTPUT					
ANALITICO			**LENICALC (Sept. Version)**		
Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**		Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**	
a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**		a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**	
A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**		A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**	
D_{CA} = **2,851%**	D_{class} = **Low**	D = **1,128%**	D_{CA} = **2,865%**	D_{class} = **Low**	D = **1,134%**
$F_{D,S,SNA}$ = **53,628%**	$F_{D,S,SA}$ = **0,600**		$F_{D,S,SNA}$ = **53,783%**	$F_{D,S,SA}$ =	
$F_{D,S}$ = **0,561**			$F_{D,S}$ = **0,538**		
$F_{D,C}$ = **0,59**			$F_{D,C}$ = **0,59**		
F_D= **0,669**			F_D= **0,682**		

33_windowL1_S_lightcontrol_III
CALCOLO F_D

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **South**					
L = **1 m**	H = **1,7 m**	hLi= **1,7 m**			
γ_1 = **0**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,61894**	$t_{rel,D,SA}$=**0,38106**				

DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Edificio	**Ufficio**
Locale	**Cell. 1 person**
E_m	**500**
E_m real	**500**
t_d	**2250**
t_n	**250**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**None**
Daylight control	**Type III**
Occupancy control	**Manual On/Off Switch**

OUTPUT					
ANALITICO			**LENICALC (Sept. Version)**		
Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**		Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**	
a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**		a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**	
A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**		A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**	
D_{CA} = **2,851%**	D_{class} = **Low**	D = **1,128%**	D_{CA} = **2,865%**	D_{class} = **Low**	D = **1,134%**
$F_{D,S,SNA}$ = **53,628%**	$F_{D,S,SA}$ = **0,600**		$F_{D,S,SNA}$ = **53,783%**	$F_{D,S,SA}$ =	
$F_{D,S}$ = **0,561**			$F_{D,S}$ = **0,538**		
$F_{D,C}$ = **0,70**			$F_{D,C}$ = **0,70**		
F_D= **0,607**			F_D= **0,623**		

34_windowL1_S_lightcontrol_IV
CALCOLO F_D

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **South**					
L = **1 m**	H = **1,7 m**	hLi= **1,7 m**			
γ_1 = **0**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,61894**	$t_{rel,D,SA}$=**0,38106**				

DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Edificio	**Ufficio**
Locale	**Cell. 1 person**
E_m	**500**
E_m real	**500**
t_d	**2250**
t_n	**250**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**None**
Daylight control	**Type IV**
Occupancy control	**Manual On/Off Switch**

OUTPUT					
ANALITICO			**LENICALC (Sept. Version)**		
Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**		Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**	
a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**		a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**	
A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**		A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**	
D_{CA} = **2,851%**	D_{class} = **Low**	D = **1,128%**	D_{CA} = **2,865%**	D_{class} = **Low**	D = **1,134%**
$F_{D,S,SNA}$ = **53,628%**	$F_{D,S,SA}$ = **0,600**		$F_{D,S,SNA}$ = **53,783%**	$F_{D,S,SA}$ =	
$F_{D,S}$ = **0,561**			$F_{D,S}$ = **0,538**		
$F_{D,C}$ = **0,70**			$F_{D,C}$ = **0,70**		
F_D= **0,607**			F_D= **0,623**		

35_windowL1_S_lightcontrol_V
CALCOLO F_D

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **South**					
L = **1 m**	H = **1,7 m**	hLi= **1,7 m**			
γ_1 = **0**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,61894**	$t_{rel,D,SA}$=**0,38106**				

DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Edificio	**Ufficio**
Locale	**Cell. 1 person**
E_m	**500**
E_m real	**500**
t_d	**2250**
t_n	**250**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**None**
Daylight control	**Type V**
Occupancy control	**Manual On/Off Switch**

OUTPUT					
ANALITICO			**LENICALC (Sept. Version)**		
Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**		Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**	
a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**		a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**	
A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**		A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**	
D_{CA} = **2,851%**	D_{class} = **Low**	D = **1,128%**	D_{CA} = **2,865%**	D_{class} = **Low**	D = **1,134%**
$F_{D,S,SNA}$ = **53,628%**	$F_{D,S,SA}$ = **0,600**		$F_{D,S,SNA}$ = **53,783%**	$F_{D,S,SA}$ =	
$F_{D,S}$ = **0,561**			$F_{D,S}$ = **0,538**		
$F_{D,C}$ = **0,70**			$F_{D,C}$ = **0,70**		
F_D= **0,607**			F_D= **0,623**		

36_windowL1_S_lightcontrol_VI
CALCOLO F_D

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



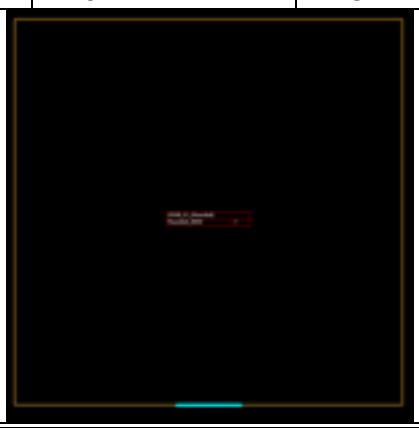
APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **South**					
L = **1 m**	H = **1,7 m**	hLi= **1,7 m**			
γ_1 = **0**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,61894**	$t_{rel,D,SA}$=**0,38106**				

DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Edificio	**Ufficio**
Locale	**Cell. 1 person**
E_m	**500**
E_m real	**500**
t_d	**2250**
t_n	**250**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**None**
Daylight control	**Type VI**
Occupancy control	**Manual On/Off Switch**

OUTPUT					
ANALITICO			**LENICALC (Sept. Version)**		
Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**		Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**	
a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**		a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**	
A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**		A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**	
D_{CA} = **2,851%**	D_{class} = **Low**	D = **1,128%**	D_{CA} = **2,865%**	D_{class} = **Low**	D = **1,134%**
$F_{D,S,SNA}$ = **53,628%**	$F_{D,S,SA}$ = **0,600**		$F_{D,S,SNA}$ = **53,783%**	$F_{D,S,SA}$ =	
$F_{D,S}$ = **0,561**			$F_{D,S}$ = **0,538**		
$F_{D,C}$ = **0,740**			$F_{D,C}$ = **0,740**		
F_D= **0,585**			F_D= **0,602**		

37_windowL1_S_lightcontrol_VII
CALCOLO F_D

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **South**					
L = **1 m**	H = **1,7 m**	hLi= **1,7 m**			
γ_1 = **0**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,61894**	$t_{rel,D,SA}$=**0,38106**				

DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Edificio	**Ufficio**
Locale	**Cell. 1 person**
E_m	**500**
E_m real	**500**
t_d	**2250**
t_n	**250**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**None**
Daylight control	**Type VII**
Occupancy control	**Manual On/Off Switch**

OUTPUT					
ANALITICO			**LENICALC (Sept. Version)**		
Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**		Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**	
a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**		a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**	
A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**		A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**	
D_{CA} = **2,851%**	D_{class} = **Low**	D = **1,128%**	D_{CA} = **2,865%**	D_{class} = **Low**	D = **1,134%**
$F_{D,S,SNA}$ = **53,628%**	$F_{D,S,SA}$ = **0,600**		$F_{D,S,SNA}$ = **53,783%**	$F_{D,S,SA}$ =	
$F_{D,S}$ = **0,561**			$F_{D,S}$ = **0,538**		
$F_{D,C}$ = **0,770**			$F_{D,C}$ = **0,770**		
F_D= **0,432**			F_D= **0,586**		

38_windowL1_S_lightcontrol_VIII
CALCOLO F_D

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **South**					
L = **1 m**	H = **1,7 m**	hLi= **1,7 m**			
γ_1 = **0**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,61894**	$t_{rel,D,SA}$=**0,38106**				

DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Edificio	**Ufficio**
Locale	**Cell. 1 person**
E_m	**500**
E_m real	**500**
t_d	**2250**
t_n	**250**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**None**
Daylight control	**Type VIII**
Occupancy control	**Manual On/Off Switch**

OUTPUT					
ANALITICO			**LENICALC (Sept. Version)**		
Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**		Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**	
a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**		a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**	
A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**		A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**	
D_{CA} = **2,851%**	D_{class} = **Low**	D = **1,128%**	D_{CA} = **2,865%**	D_{class} = **Low**	D = **1,134%**
$F_{D,S,SNA}$ = **53,628%**	$F_{D,S,SA}$ = **0,600**		$F_{D,S,SNA}$ = **53,783%**	$F_{D,S,SA}$ =	
$F_{D,S}$ = **0,561**			$F_{D,S}$ = **0,538**		
$F_{D,C}$ = **0,810**			$F_{D,C}$ = **0,810**		
F_D= **0,546**			F_D= **0,564**		

39_windowL1_S_5.5x5.5
CALCOLO F_D

DIMENSIONI STANZA		
L= **5,5 m**	P= **5,5 m**	H= **3 m**



APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **South**					
L = **1 m**	H = **1,7 m**	hLi= **1,7 m**			
γ_1 = **0**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,61894**	$t_{rel,D,SA}$=**0,38106**				

DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Edificio	**Ufficio**
Locale	**Cell. 1 person**
E_m	**500**
E_m real	**500**
t_d	**2250**
t_n	**250**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**None**
Daylight control	**Manual**
Occupancy control	**Manual On/Off Switch**

OUTPUT					
ANALITICO			**LENICALC (Sept. Version)**		
Ad = **18,56 m²**	And = **17,44 m²**		Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**	
a_D = **5,5 m**	b_D = **3,375 m**		a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**	
A_D = **18,56 m²**	$A_{D'}$ = **18,56 m²**		A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**	
D_{CA} = **2,851%**	D_{class} = **Low**	D = **1,128%**	D_{CA} = **2,865%**	D_{class} = **Low**	D = **1,134%**
$F_{D,S,SNA}$ = **65,852%**	$F_{D,S,SA}$ = **0,600**		$F_{D,S,SNA}$ = **46,197%**	$F_{D,S,SA}$ =	
$F_{D,S}$ = **0,636**			$F_{D,S}$ = **0,462**		
$F_{D,C}$ = **0,47**			$F_{D,C}$ = **0,47**		
F_D= **0,701**			F_D= **0,783**		

40_windowL1_S_roma
CALCOLO F_D

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **South**					
L = **1 m**	H = **1,7 m**	hLi= **1,7 m**			
γ_1 = **0**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,61894**	$t_{rel,D,SA}$=**0,38106**				

DATI GENERALI	
Luogo	**Roma**
Latitudine	**41,8**
H_{dir}/H_{globe}	**0,45**
Edificio	**Ufficio**
Locale	**Cell. 1 person**
E_m	**500**
E_m real	**500**
t_d	**2250**
t_n	**250**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**None**
Daylight control	**Manual**
Occupancy control	**Manual On/Off Switch**

OUTPUT					
ANALITICO			**LENICALC (Sept. Version)**		
Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**		Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**	
a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**		a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**	
A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**		A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**	
D_{CA} = **2,851%**	D_{class} = **Low**	D = **1,128%**	D_{CA} = **2,865%**	D_{class} = **Low**	D = **1,134%**
$F_{D,S,SNA}$ = **65,852%**	$F_{D,S,SA}$ = **0,600**		$F_{D,S,SNA}$ = **66,106%**	$F_{D,S,SA}$ =	
$F_{D,S}$ = **0,636**			$F_{D,S}$ = **0,661**		
$F_{D,C}$ = **0,47**			$F_{D,C}$ = **0,47**		
F_D= **0,701**			F_D= **0,689**		

41_windowL1_S_catania
CALCOLO F_D

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **South**					
L = **1 m**	H = **1,7 m**	hLi= **1,7 m**			
γ_1 = **0**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,61894**	$t_{rel,D,SA}$=**0,38106**				

DATI GENERALI	
Luogo	**Catania**
Latitudine	**37,5**
H_{dir}/H_{globe}	**0,45**
Edificio	**Ufficio**
Locale	**Cell. 1 person**
E_m	**500**
E_m real	**500**
t_d	**2250**
t_n	**250**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**None**
Daylight control	**Manual**
Occupancy control	**Manual On/Off Switch**

OUTPUT					
ANALITICO			**LENICALC (Sept. Version)**		
Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**		Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**	
a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**		a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**	
A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**		A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**	
D_{CA} = **2,851%**	D_{class} = **Low**	D = **1,128%**	D_{CA} = **2,865%**	D_{class} = **Low**	D = **1,134%**
$F_{D,S,SNA}$ = **65,852%**	$F_{D,S,SA}$ = **0,600**		$F_{D,S,SNA}$ = **66,106%**	$F_{D,S,SA}$ =	
$F_{D,S}$ = **0,636**			$F_{D,S}$ = **0,661**		
$F_{D,C}$ = **0,47**			$F_{D,C}$ = **0,47**		
F_D= **0,701**			F_D= **0,689**		

42_windowL1_S_hli2.2
CALCOLO F_D

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **South**					
L = **1 m**	H = **1,2 m**	hLi= **2,2 m**			
γ_1 = **0**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,61894**	$t_{rel,D,SA}$=**0,38106**				

DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,42**
Edificio	**Ufficio**
Locale	**Cell. 1 person**
E_m	**500**
E_m real	**500**
t_d	**2250**
t_n	**250**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**None**
Daylight control	**Manual**
Occupancy control	**Manual On/Off Switch**

OUTPUT					
ANALITICO			**LENICALC (Sept. Version)**		
Ad = **9,7 m²**	And = **26,3 m²**		Ad = **9,7 m²**	And = **26,3 m²**	
a_D = **4,75 m**	b_D = **2,04 m**		a_D = **4,75 m**	b_D = **2,04 m**	
A_D = **9,7 m²**	$A_{D'}$ = **9,7 m²**		A_D = **9,7 m²**	$A_{D'}$ = **9,7 m²**	
D_{CA} = **3,224%**	D_{class} = **Low**	D = **1,275%**	D_{CA} = **3,629%**	D_{class} = **Low**	D = **1,436%**
$F_{D,S,SNA}$ = **57,615%**	$F_{D,S,SA}$ = **0,600**		$F_{D,S,SNA}$ = **62,260%**	$F_{D,S,SA}$ =	
$F_{D,S}$ = **0,585**			$F_{D,S}$ = **0,623**		
$F_{D,C}$ = **0,47**			$F_{D,C}$ = **0,47**		
F_D= **0,725**			F_D= **0,707**		

43_windowL1_S_doublefacade_TL80
CALCOLO F_D

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



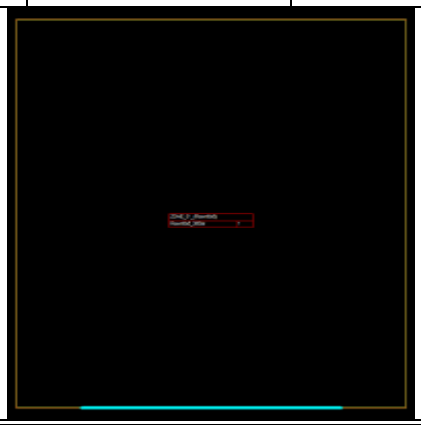
APERTURE					
Window 1			**Double Façade Glazing**		
Orientamento: **South**			t =0,80		
L = **1 m**	H = **1,7 m**	hLi= **2,7 m**	k1 = **0,9**	k2 = **0,85**	k3 = **0,85**
γ_1 = **0**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,61894**	$t_{rel,D,SA}$=**0,38106**				

DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,42**
Edificio	**Ufficio**
Locale	**Cell. 1 person**
E_m	**500**
E_m real	**500**
t_d	**2250**
t_n	**250**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**None**
Daylight control	**Manual**
Occupancy control	**Manual On/Off Switch**

OUTPUT					
ANALITICO			**LENICALC (Sept. Version)**		
Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**		Ad = **16,03 m²**	And = **19,03 m²**	
a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**		a_D = **4,75 m**	b_D = **2,04 m**	
A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**		A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**	
D_{CA} = **1,483%**	D_{class} = **None**	D = **1,275%**	D_{CA} = **1,490%**	D_{class} = **None**	D = **-**
$F_{D,S,SNA}$ = **57,615%**	$F_{D,S,SA}$ = **0,600**		$F_{D,S,SNA}$ = **- %**	$F_{D,S,SA}$ =	
$F_{D,S}$ = **0,585**			$F_{D,S}$ = **1**		
$F_{D,C}$ = **0,47**			$F_{D,C}$ = **0,47**		
F_D= **0,725**			F_D= **0,707**		

44_windowL3_S_doublefacade_TL80
CALCOLO F_D

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



APERTURE					
Window 1			**Double Façade Glazing**		
Orientamento: **South**			t =0,80		
L = **3 m**	H = **1,7 m**	hLi= **2,7 m**	k1 = **0,9**	k2 = **0,85**	k3 = **0,85**
γ_1 = **0**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,61894**	$t_{rel,D,SA}$=**0,38106**				

DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,42**
Edificio	**Ufficio**
Locale	**Cell. 1 person**
E_m	**500**
E_m real	**500**
t_d	**2250**
t_n	**250**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**None**
Daylight control	**Manual**
Occupancy control	**Manual On/Off Switch**

OUTPUT					
ANALITICO			**LENICALC (Sept. Version)**		
Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**		Ad = **16,03 m²**	And = **19,03 m²**	
a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**		a_D = **4,75 m**	b_D = **2,04 m**	
A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**		A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**	
D_{CA} = **2,485%**	D_{class} = **Low**	D = **0,973%**	D_{CA} = **2,467%**	D_{class} = **Low**	D = **0,985%**
$F_{D,S,SNA}$ = **49,274%**	$F_{D,S,SA}$ = **0,600**		$F_{D,S,SNA}$ = **49,359%**	$F_{D,S,SA}$ =	
$F_{D,S}$ = **0,534**			$F_{D,S}$ = **0,493**		
$F_{D,C}$ = **0,47**			$F_{D,C}$ = **0,47**		
F_D= **0,749**			F_D= **0,768**		

45_windowL1_S_atrium_wi0.75
CALCOLO F_D

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



APERTURE					
Window 1			**Atrium wi=0,75**		
Orientamento: **South**			t = **1**		
L = **1 m**	H = **1,7 m**	hLi= **2,7 m**	k1 = **1**	k2 = **1**	k3 = **1**
γ_1 = **0**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**1**	$t_{rel,D,SA}$=**0**				

DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,42**
Edificio	**Ufficio**
Locale	**Cell. 1 person**
E_m	**500**
E_m real	**500**
t_d	**2250**
t_n	**250**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**None**
Daylight control	**Manual**
Occupancy control	**Manual On/Off Switch**

OUTPUT					
ANALITICO			**LENICALC (Sept. Version)**		
Ad = **16,03 m²**	And = **19,97 m²**		Ad = **-**	And = **-**	
a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**		a_D = **-**	b_D = **-**	
A_D = **16,03 m²**	$A_{D'}$ = **16,03 m²**		A_D = **-**	$A_{D'}$ = **-**	
D_{CA} = **1,033%**	D_{class} = **None**	D = **0,409%**	D_{CA} = **-**	D_{class} = **-**	D = **-**
$F_{D,S,SNA}$ = **29,983%**	$F_{D,S,SA}$ = **0,600**		$F_{D,S,SNA}$ = **- %**	$F_{D,S,SA}$ =	
$F_{D,S}$ = **0,2998**			$F_{D,S}$ = **-**		
$F_{D,C}$ = **0,47**			$F_{D,C}$ = **-**		
F_D= **0,859**			F_D= **-**		

46_windowL6_S_atrium_wi0.75
CALCOLO F_D

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



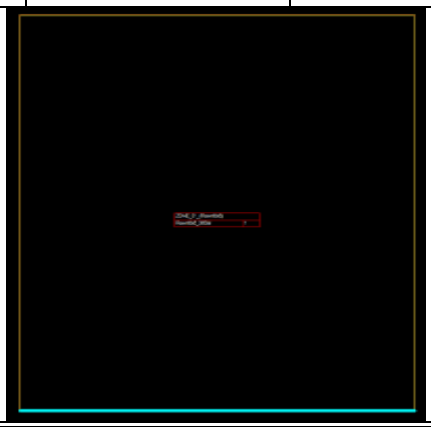
APERTURE					
Window 1			**Atrium wi=0,75**		
Orientamento: **South**			t = **1**		
L = **6 m**	H = **1,7 m**	hLi= **2,7 m**	k1 = **1**	k2 = **1**	k3 = **1**
γ_1 = **0°**	γ_2 = **0°**	γ_1 = **0°**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**1**	$t_{rel,D,SA}$=**0**				

DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,42**
Edificio	**Ufficio**
Locale	**Cell. 1 person**
E_m	**500**
E_m real	**500**
t_d	**2250**
t_n	**250**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**None**
Daylight control	**Manual**
Occupancy control	**Manual On/Off Switch**

OUTPUT					
ANALITICO			**LENICALC (Sept. Version)**		
Ad = **28,5 m²**	And = **7,5 m²**		Ad = **-**	And = **-**	
a_D = **4,75 m**	b_D = **6 m (clipped)**		a_D = **-**	b_D = **-**	
A_D = **28,5 m²**	$A_{D'}$ = **28,5 m²**		A_D = **-**	$A_{D'}$ = **-**	
D_{CA} = **2,259%**	D_{class} = **Low**	D = **1,131%**	D_{CA} = **-**	D_{class} = **Low**	D = **-**
$F_{D,S,SNA}$ = **53,720%**	$F_{D,S,SA}$ = **0,600**		$F_{D,S,SNA}$ = **- %**	$F_{D,S,SA}$ = **-**	
$F_{D,S}$ = **0,5372**			$F_{D,S}$ = **-**		
$F_{D,C}$ = **0,47**			$F_{D,C}$ = **-**		
F_D= **0,748**			F_D= **-**		

47_windowL6_S_atrium_wi1.5
CALCOLO F_D

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



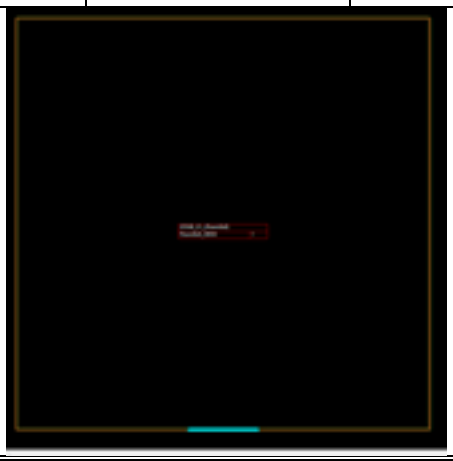
APERTURE					
Window 1			**Atrium wi= 1,50**		
Orientamento: **South**			t = **1**		
L = **6 m**	H = **1,7 m**	hLi= **2,7 m**	k1 = **1**	k2 = **1**	k3 = **1**
γ_1 = **0°**	γ_2 = **0°**	γ_3 = **0°**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**1**	$t_{rel,D,SA}$=**0**				

DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,42**
Edificio	**Ufficio**
Locale	**Cell. 1 person**
E_m	**500**
E_m real	**500**
t_d	**2250**
t_n	**250**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**None**
Daylight control	**Manual**
Occupancy control	**Manual On/Off Switch**

OUTPUT					
ANALITICO			**LENICALC (Sept. Version)**		
Ad = **28,5 m²**	And = **7,5 m²**		Ad = **-**	And = **-**	
a_D = **4,75 m**	b_D = **6 m (clipped)**		a_D = **-**	b_D = **-**	
A_D = **28,5 m²**	$A_{D'}$ = **28,5 m²**		A_D = **-**	$A_{D'}$ = **-**	
D_{CA} = **-**	D_{class} = **None**	D = **-**	D_{CA} = **-**	D_{class} = **-**	D = **-**
$F_{D,S,SNA}$ = **-**	$F_{D,S,SA}$ = **0,600**		$F_{D,S,SNA}$ = **-**	$F_{D,S,SA}$ =	
$F_{D,S}$ = **-**			$F_{D,S}$ = **-**		
$F_{D,C}$ = **0,47**			$F_{D,C}$ = **-**		
F_D= **1**			F_D= **-**		

48_windowL1_S_Fa0.40_MF0.8
CALCOLO F_o / F_c

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **Sud**					
L = **1 m**	H = **1,7 m**	hLi= **1,7 m**			
γ_1 = **0**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,61894**	$t_{rel,D,SA}$=**0,38106**				

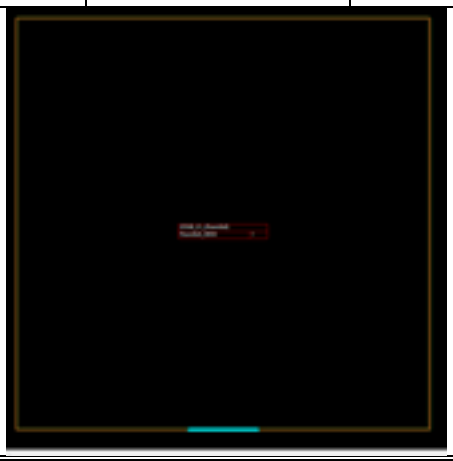
DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Edificio	**Ufficio**
Locale	**Cell. 1 person**
E_m	**500**
E_m real	**500**
t_d	**2250**
t_n	**250**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**None**
Daylight control	**Manual**
Occupancy control	**Manual On/ Manual Off**

OUTPUT		
P/A_1 = **10 W/m²**	P = **360 W**	
F_{OC} = **1,00**		
FA = **0,40**	FCC = **1,00**	CLO = **NO**

RISULTATI	
ANALITICO	**LENICALC (Sept. Version)**
F_C = **1,000**	F_C= **1,000**
F_O= **0,800**	F_O= **0,800**

49_windowL1_S_Fa0.40_MF0.8_clo
CALCOLO F_o / F_c

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **Sud**					
L = **1 m**	H = **1,7 m**	hLi= **1,7 m**			
γ_1 = **0**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,61894**	$t_{rel,D,SA}$=**0,38106**				

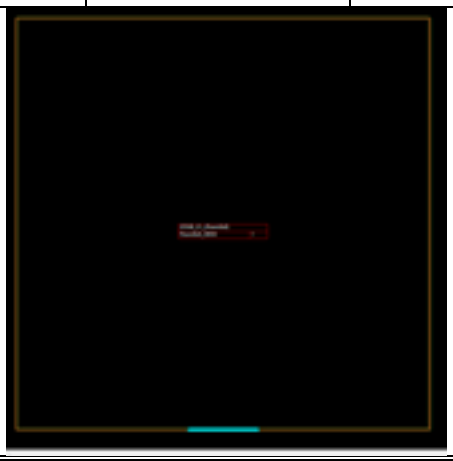
DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Edificio	**Ufficio**
Locale	**Cell, 1 person**
E_m	**500**
E_m real	**550**
t_d	**2250**
t_n	**250**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**None**
Daylight control	**Manual**
Occupancy control	**Manual On/ Manual Off**

OUTPUT		
P/A_1 = **10 W/m²**	P = **360 W**	
F_{OC} = **1,00**		
FA = **0,40**	FCC = **1,00**	CLO = **YES**

RISULTATI	
ANALITICO	**LENICALC (Sept. Version)**
F_C = **0,900**	F_C= **0,818**
F_O= **0,800**	F_O= **0,800**

50_windowL1_S_Fa0.30_MF0.7_
CALCOLO F_o / F_c

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **Sud**					
L = **1 m**	H = **1,7 m**	hLi= **1,7 m**			
γ_1 = **0**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,61894**	$t_{rel,D,SA}$=**0,38106**				

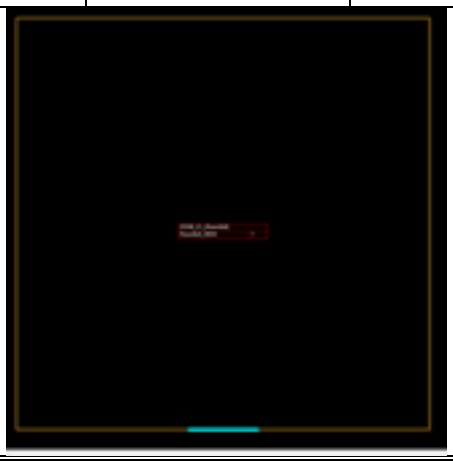
DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Edificio	**Ufficio**
Locale	**Cell. 2/6 person**
E_m	**500**
E_m real	**500**
t_d	**2250**
t_n	**250**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,70**
Shading control	**None**
Daylight control	**Manual**
Occupancy control	**Auto On/ Auto Off**

OUTPUT		
P/A_1 = **10 W/m²**	P = **360 W**	
F_{OC} = **0,95**		
FA = **0,30**	FCC = **1,00**	CLO = **NO**

RISULTATI	
ANALITICO	**LENICALC (Sept. Version)**
F_C = **1,000**	F_C= **1,000**
F_O= **0,850**	F_O= **0,850**

51_windowL1_S_Fa0.30_MF0.7_clo
CALCOLO F_o / F_c

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **Sud**					
L = **1 m**	H = **1,7 m**	hLi= **1,7 m**			
γ_1 = **0**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,61894**	$t_{rel,D,SA}$=**0,38106**				

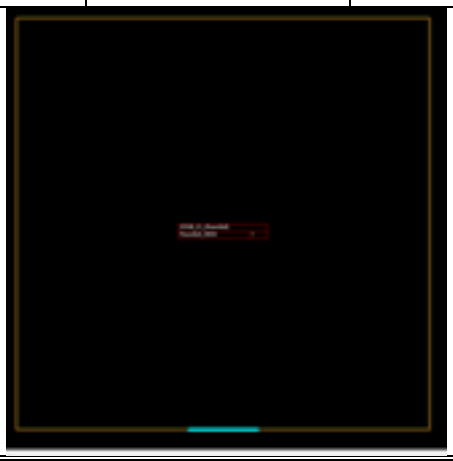
DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Edificio	**Ufficio**
Locale	**Cell. 2/6 person**
E_m	**500**
E_m real	**600**
t_d	**2250**
t_n	**250**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,70**
Shading control	**None**
Daylight control	**Manual**
Occupancy control	**Auto On/ Auto Off**

OUTPUT		
P/A_1 = **10 W/m²**	P = **360 W**	
F_{OC} = **0,95**		
FA = **0,30**	FCC = **1,00**	CLO = **YES**

RISULTATI	
ANALITICO	**LENICALC (Sept. Version)**
F_C = **0,900**	F_C = **0,707**
F_O= **0,850**	F_O= **0,850**

52_windowL1_S_Fa0.00_MF0.7
CALCOLO F_o / F_c

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **Sud**					
L = **1 m**	H = **1,7 m**	hLi= **1,7 m**			
γ_1 = **0**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,61894**	$t_{rel,D,SA}$=**0,38106**				

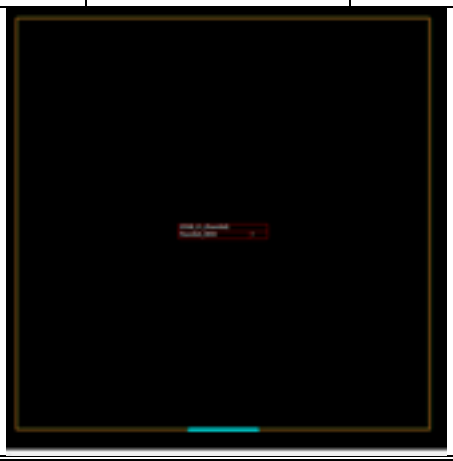
DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Edificio	**Ufficio**
Locale	**Entrace Hall**
E_m	**500**
E_m real	**500**
t_d	**2250**
t_n	**250**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,70**
Shading control	**None**
Daylight control	**Manual**
Occupancy control	**Manual On/ Auto Off**

OUTPUT		
P/A_1 = **10 W/m²**	P = **360 W**	
F_{OC} = **0,80**		
FA = **0,00**	FCC = **1,00**	CLO = **NO**

RISULTATI	
ANALITICO	**LENICALC (Sept. Version)**
F_C = **1,000**	F_C = **1,000**
F_O= **0,600**	F_O= **1,000**

53_windowL1_S_Fa0.00_MF0.7_clo
CALCOLO F_o / F_c

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **Sud**					
L = **1 m**	H = **1,7 m**	hLi= **1,7 m**			
γ_1 = **0**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,61894**	$t_{rel,D,SA}$=**0,38106**				

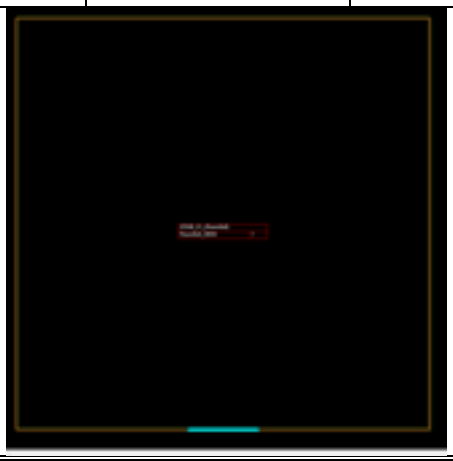
DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Edificio	**Ufficio**
Locale	**Entrace Hall**
E_m	**500**
E_m real	**500**
t_d	**2250**
t_n	**250**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,70**
Shading control	**None**
Daylight control	**Manual**
Occupancy control	**Manual On/ Auto Off**

OUTPUT		
P/A_1 = **10 W/m²**	P = **360 W**	
F_{OC} = **0,80**		
FA = **0,00**	FCC = **1,00**	CLO = **YES**

RISULTATI	
ANALITICO	**LENICALC (Sept. Version)**
F_C = **0,850**	F_C = **0,850**
F_O= **0,600**	F_O= **1,000**

54_windowL1_S_Fa0.25_MF0.8
CALCOLO F_o / F_c

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **Sud**					
L = **1 m**	H = **1,7 m**	hLi= **1,7 m**			
γ_1 = **0**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,61894**	$t_{rel,D,SA}$=**0,38106**				

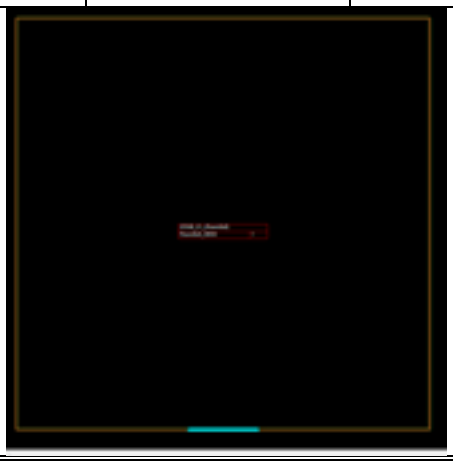
DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Edificio	**Educational**
Locale	**Classroom**
E_m	**500**
E_m real	**500**
t_d	**1800**
t_n	**200**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**None**
Daylight control	**Manual**
Occupancy control	**Manual On/ Manual Off**

OUTPUT		
P/A_1 = **10 W/m²**	P = **360 W**	
F_{OC} = **1,00**		
FA = **0,25**	FCC = **1,00**	CLO = **NO**

RISULTATI	
ANALITICO	**LENICALC (Sept. Version)**
F_C = **1,000**	F_C = **1,000**
F_O= **0,950**	F_O= **0,950**

55_windowL1_S_Fa0.25_Ereal_clo
CALCOLO F_o / F_c

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **Sud**					
L = **1 m**	H = **1,7 m**	hLi= **1,7 m**			
γ_1 = **0**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,61894**	$t_{rel,D,SA}$=**0,38106**				

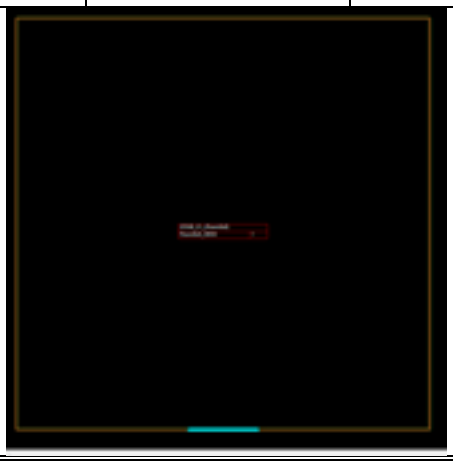
DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Edificio	**Educational**
Locale	**Classroom**
E_m	**500**
E_m real	**550**
t_d	**1800**
t_n	**200**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**None**
Daylight control	**Manual**
Occupancy control	**Manual On/ Manual Off**

OUTPUT		
P/A_1 = **10 W/m²**	P = **360 W**	
F_{OC} = **1,00**		
FA = **0,25**	FCC = **1,00**	CLO = **YES**

RISULTATI	
ANALITICO	**LENICALC (Sept. Version)**
F_C = **1,000**	F_C = **0,909**
F_O= **0,950**	F_O= **0,950**

56_windowL1_S_Fa0.40_MF0.8
CALCOLO F_o / F_c

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **Sud**					
L = **1 m**	H = **1,7 m**	hLi= **1,7 m**			
γ_1 = **0**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,61894**	$t_{rel,D,SA}$=**0,38106**				

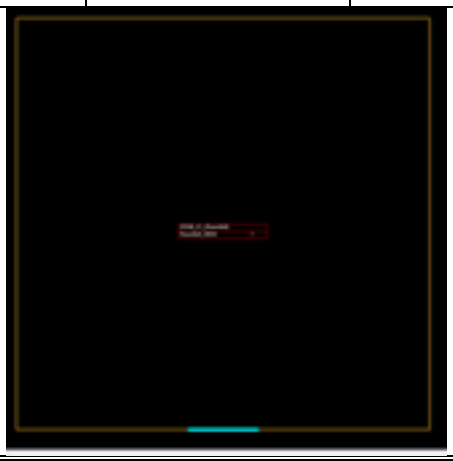
DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Edificio	**Educational**
Locale	**Lecture Hall**
E_m	**500**
E_m real	**500**
t_d	**1800**
t_n	**200**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**None**
Daylight control	**Manual**
Occupancy control	**Manual On/ Manual Off**

OUTPUT		
P/A_1 = **10 W/m²**	P = **360 W**	
F_{OC} = **1,00**		
FA = **0,40**	FCC = **1,00**	CLO = **NO**

RISULTATI	
ANALITICO	**LENICALC (Sept. Version)**
F_C = **1,000**	F_C = **1,000**
F_O= **0,800**	F_O= **0,800**

57_windowL1_S_Fa0.40_MF0.8_auto
CALCOLO F_o / F_c

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **Sud**					
L = **1 m**	H = **1,7 m**	hLi= **1,7 m**			
γ_1 = **0**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,61894**	$t_{rel,D,SA}$=**0,38106**				

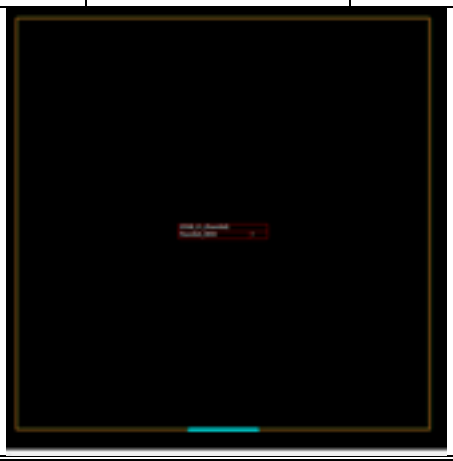
DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Edificio	**Educational**
Locale	**Lecture Hall**
E_m	**500**
E_m real	**500**
t_d	**1800**
t_n	**200**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**None**
Daylight control	**Manual**
Occupancy control	**Auto On/ Auto Off**

OUTPUT		
P/A_1 = **10 W/m²**	P = **360 W**	
F_{OC} = **0,90**		
FA = **0,40**	FCC = **1,00**	CLO = **NO**

RISULTATI	
ANALITICO	**LENICALC (Sept. Version)**
F_C =**1,000**	F_C = **1,000**
F_O= **0,700**	F_O= **0,700**

58_windowL1_S_Fa0.00_MF0.8
CALCOLO F_o / F_c

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **Sud**					
L = **1 m**	H = **1,7 m**	hLi= **1,7 m**			
γ_1 = **0**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,61894**	$t_{rel,D,SA}$=**0,38106**				

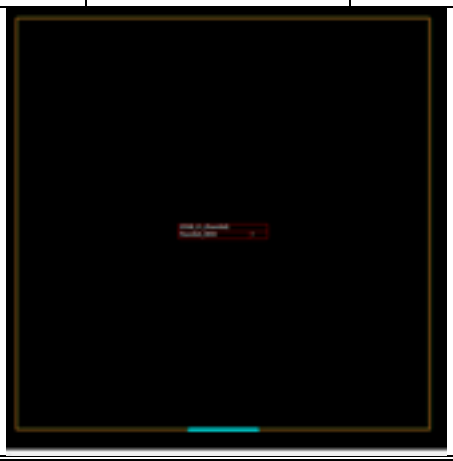
DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Edificio	**Hospitals**
Locale	**Operating Theater**
E_m	**500**
E_m real	**500**
t_d	**3000**
t_n	**2000**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**None**
Daylight control	**Manual**
Occupancy control	**Manual On/ Manual Off**

OUTPUT		
P/A_1 = **10 W/m²**	P = **360 W**	
F_{OC} = **1,00**		
FA = **0,00**	FCC = **1,00**	CLO = **NO**

RISULTATI	
ANALITICO	**LENICALC (Sept. Version)**
F_C = **1,000**	F_C = **1,000**
F_O= **1,000**	F_O= **1,000**

59_windowL1_S_Fa0.00_MF0.4_CLO_Auto
CALCOLO F_o / F_c

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **Sud**					
L = **1 m**	H = **1,7 m**	hLi= **1,7 m**			
γ_1 = **0**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,61894**	$t_{rel,D,SA}$=**0,38106**				

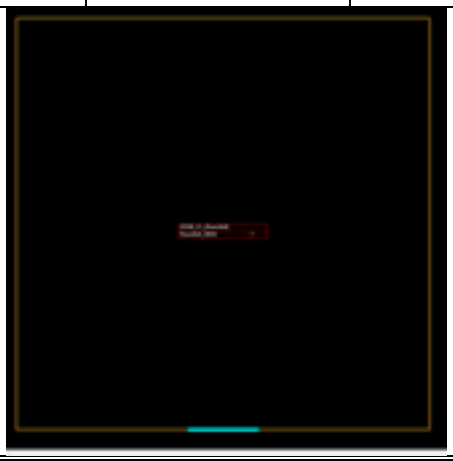
OUTPUT		
P/A_1 = **10 W/m²**	P = **360 W**	
F_{OC} = **0,90**		
FA = **0,00**	FCC = **1,00**	CLO = **YES**

DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Edificio	**Hospitals**
Locale	**Operating Theater**
E_m	**500**
E_m real	**500**
t_d	**3000**
t_n	**2000**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,40**
Shading control	**None**
Daylight control	**Manual**
Occupancy control	**Auto On/ Auto Off**

RISULTATI	
ANALITICO	**LENICALC (Sept. Version)**
F_C = **0,700**	F_C = **0,700**
F_O= **1,000**	F_O= **1,000**

60_windowL1_S_Fa0.40_MF0.8
CALCOLO F_o / F_c

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **Sud**					
L = **1 m**	H = **1,7 m**	hLi= **1,7 m**			
γ_1 = **0**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,61894**	$t_{rel,D,SA}$=**0,38106**				

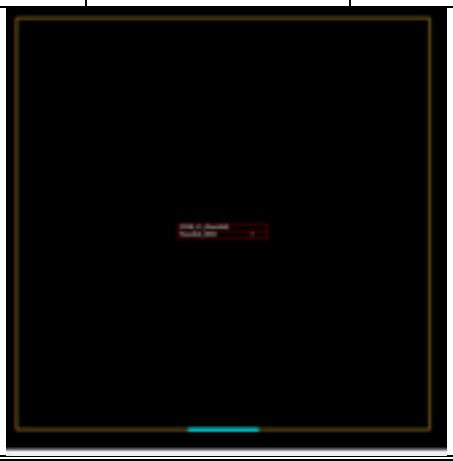
DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Edificio	**Hospitals**
Locale	**Examination**
E_m	**500**
E_m real	**550**
t_d	**3000**
t_n	**2000**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**None**
Daylight control	**Manual**
Occupancy control	**Manual On/ Manual Off**

OUTPUT		
P/A_1 = **10 W/m²**	P = **360 W**	
F_{OC} = **1,00**		
FA = **0,40**	FCC = **1,00**	CLO = **NO**

RISULTATI	
ANALITICO	**LENICALC (Sept. Version)**
F_C = **1,000**	F_C = **0,909**
F_O= **0,800**	F_O= **0,800**

61_windowL1_S_Fa0.40_MF0.8_Auto
CALCOLO F_o / F_c

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



APERTURE					
Window 1					
Orientamento: **Sud**					
L = **1 m**	H = **1,7 m**	hLi= **1,7 m**			
γ_1 = **0**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
τ_{vis} = **0,700**					
$t_{rel,D,SNA}$=**0,61894**	$t_{rel,D,SA}$=**0,38106**				

DATI GENERALI	
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Edificio	**Hospitals**
Locale	**Examination**
E_m	**500**
E_m real	**500**
t_d	**3000**
t_n	**2000**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,80**
Shading control	**None**
Daylight control	**Manual**
Occupancy control	**Auto On/ Auto Off**

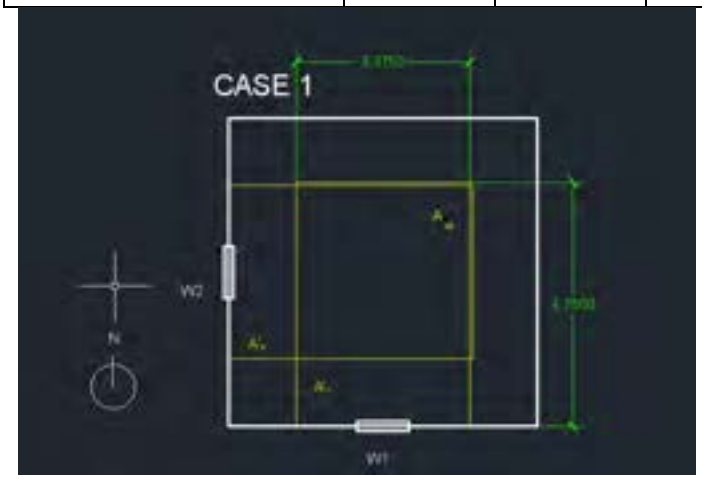
OUTPUT		
P/A_1 = **10 W/m²**	P = **360 W**	
F_{OC} = **0,90**		
FA = **0,40**	FCC = **1,00**	CLO = **NO**

RISULTATI	
ANALITICO	**LENICALC (Sept. Version)**
F_C =**1,000**	F_C = **1,000**
F_O= **0,700**	F_O= **0,700**

ALLEGATO 2

Casi studio per una singola zona in presenza di aperture su più lati

Dimensioni stanza	L=6 m	P=6 m	H=3 m



Dati generali

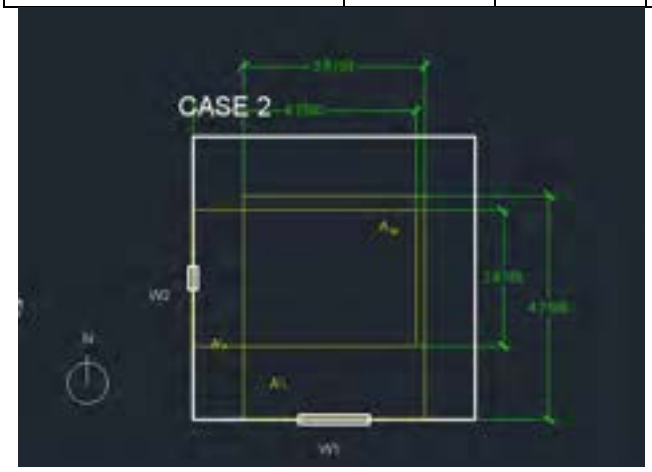
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Uso	**Ufficio**
t_d	**2250 h**
t_n	**250 h**
h_{wp}	**0,8 m**
T	**0,700**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,8**

Aperture								
Window 1			**Window 2**					
Orientamento: **Sud**			Orientamento: **Ovest**					
L = **1** m	h_{Li} =**2,7** m	h = **1,7** m	L = **1** m	h_{Li} = **2,7 m**	H = **1,7 m**			
A_c = **1,7 m²**			A_c = **1,7 m²**					
γ_1 = **0**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**	γ_1 = **0**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
$t_{rel,D,SNA}$ = **0,61894**	$t_{rel,D,SNA}$ = **0,38106**		$t_{rel,D,SNA}$ =**0,80784**	$t_{rel,D,SNA}$=**0,19216**				
τ_{vis} = **0,700**			τ_{vis} = **0,700**					
Controllo schermi: **None**			Controllo schermi: **None**					

Calcolo F_D					
A_D = **20,673 m²**					
Superimposition					
$A_{D,1}$		**$A_{D,2}$**		**$A_{D,SP}$**	
a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**	a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**		
$A_{D,1}$ = **16,03 m²**	$A'_{D,1}$ = **4,641 m²**	$A_{D,2}$ = **16,03 m²**	$A'_{D,2}$ = **4,641 m²**	$A_{D,SP}$ = **11,390 m²**	
D_{CA} =**2,85%**	D_{Class} =**Low** D = **1,12%**	D_{CA} =**2,85%**	D_{Class} =**Low** D = **1,12%**	D_{CA} =**5,70%**	D_{Class}=**Med** D = **2,26%**
$F_{D,S,SNA}$ = **53,628**	$F_{D,S,SA}$ = **0,600**	$F_{D,S,SNA}$ = **48,717**	$F_{D,S,SA}$ = **0,600**	$F_{D,S,SNA}$ = **65,600**	$F_{D,S,SA}$ = **0,750**
$F_{D,S}$ = **0,561**	$F_{D,C}$ = **0,47**	$F_{D,S}$ = **0,509**	$F_{D,C}$ = **0,47**	$F_{D,S}$ = **0,637**	$F_{D,C}$ = **0,52**
$F_{D,S}$ = 0,591					
$F_{D,C}$ = 0,498					
$F_{D,AD}$ = 0,706					
Predominant					
Dominant area = $A_{D,1}$					
$A_{D,1}$		**$A_{D,2}$**			
a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**	a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**		
$A_{D,1}$ =**16,03 m²**	$A'_{D,1}$ = **16,03 m²**	$A_{D,2}$ =**16,03 m²**	$A'_{D,2}$ = **4,.641 m²**		
D_{CA}=**2,85%**	D_{Class}=**Low** D_{CA}=**1,13%**	D_{CA}=**2,85%**	D_{Class}=**Low** D_{CA}=**1,13%**		
$F_{D,S,SNA}$ = **53,628**	$F_{D,S,SA}$ = **0,600**	$F_{D,S,SNA}$ = **48,717**	$F_{D,S,SA}$ = **0,600**		
$F_{D,S}$ = **0,561**	$F_{D,C}$ = **0,47**	$F_{D,S}$ = **0,509**	$F_{D,C}$ = **0,47**		
$F_{D,S}$ = 0,549					
$F_{D,C}$ = 0,470					
$F_{D,AD}$ = 0,742					
A_{ND} = **15,328 m²**					
$F_{D,AND}$ = 1					

63_ windowL1_S_window L0.5_W
Metodo di calcolo: ANALITICO

Dimensioni stanza	L=**6 m**	P=**6 m**	H=**3 m**



Dati generali

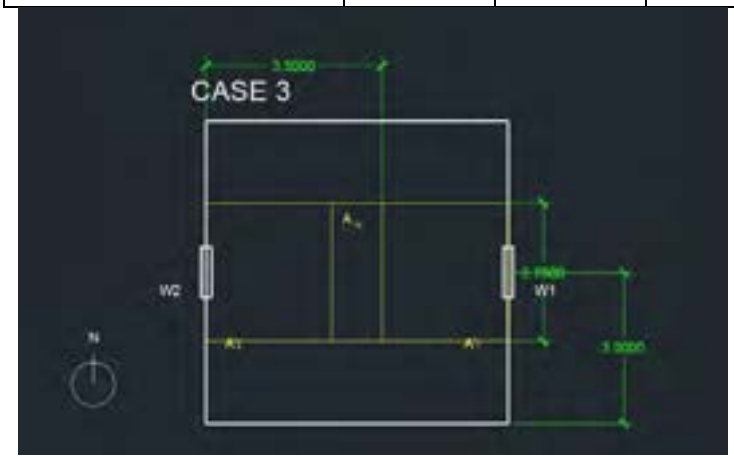
Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Uso	**Ufficio**
t_d	**2250 h**
t_n	**250 h**
h_{wp}	**0,8 m**
T	**0,700**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,8**

Aperture								
Window 1			**Window 2**					
Orientamento: **Sud**			Orientamento: **Ovest**					
L = **1,5** m	h_{Li} =**2,7** m	h = **1,7** m	L = **0,5** m	h_{Li} = **2,7 m**	H = **1,7 m**			
A_c = **2,55 m²**			A_c = **0,85 m²**					
γ_1 = **0**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**	γ_1 = **0**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
$t_{rel,D,SNA}$ = **0,61894**	$t_{rel,D,SNA}$ = **0,38106**		$t_{rel,D,SNA}$ =**0,80784**	$t_{rel,D,SNA}$=**0,19216**				
τ_{vis} = **0,700**			τ_{vis} = **0,700**					
Controllo schermi: **None**			Controllo schermi: **None**					

Calcolo F_D					
A_D = **21,463 m²**					
Superimposition					
$A_{D,1}$		**$A_{D,2}$**		**$A_{D,SP}$**	
a_D = **4,75 m**	b_D = **3,875 m**	a_D = **4,75 m**	b_D = **2,875 m**		
$A_{D,1}$ = **18,41 m²**	$A'_{D,1}$ = **7,806 m²**	$A_{D,2}$ = **13,66 m²**	$A'_{D,2}$ = **3,056 m²**	$A_{D,SP}$ = **10,600 m²**	
D_{CA} =**3,50%**	D_{Class} =**Low** D = **1,38%**	D_{CA} =**1,97%**	D_{Class} =**Low** D = **0,78%**	D_{CA} =**5,48%**	D_{Class}=**Med** D = **2,17%**
$F_{D,S,SNA}$ = **53,628**	$F_{D,S,SA}$ = **0,600**	$F_{D,S,SNA}$ = **48,717**	$F_{D,S,SA}$ = **0,600**	$F_{D,S,SNA}$ = **66,164**	$F_{D,S,SA}$ = **0,750**
$F_{D,S}$ = **0,561**	$F_{D,C}$ = **0,47**	$F_{D,S}$ = **0,509**	$F_{D,C}$ = **0,47**	$F_{D,S}$ = **0,640**	$F_{D,C}$ = **0,52**
$F_{D,S}$ = 0,593					
$F_{D,C}$ = 0,495					
$F_{D,AD}$ = 0,707					
Predominant					
Dominant area = $A_{D,1}$					
$A_{D,1}$		**$A_{D,2}$**			
a_D = **4,75 m**	b_D = **3,875 m**	a_D = **4,75 m**	b_D = **2,875 m**		
$A_{D,1}$ =**18,41 m²**	$A'_{D,1}$ = **18,41 m²**	$A_{D,2}$ =**13,66 m²**	$A'_{D,2}$ = **3,056 m²**		
D_{CA}=**3,50%**	D_{Class}=**Low** D_{CA}=**1,38%**	D_{CA}=**1,98%**	D_{Class}=**Low** D_{CA}=**0,78%**		
$F_{D,S,SNA}$ = **53,628**	$F_{D,S,SA}$ = **0,600**	$F_{D,S,SNA}$ = **48,717**	$F_{D,S,SA}$ = **0,600**		
$F_{D,S}$ = **0,561**	$F_{D,C}$ = **0,47**	$F_{D,S}$ = **0,509**	$F_{D,C}$ = **0,47**		
$F_{D,S}$ = 0,553					
$F_{D,C}$ = 0,470					
$F_{D,AD}$ = 0,740					
A_{ND} = **14,538 m²**					
$F_{D,AND}$ = 1					

64_ windowL1_E_window L1_W
Metodo di calcolo: ANALITICO

Dimensioni stanza	L=**6 m**	P=**6 m**	H=**3 m**



Dati generali

Luogo		**Londra**
Latitudine		**52,1**
H_{dir}/H_{globe}		**0,421**
Uso		**Ufficio**
t_d		**2250 h**
t_n		**250 h**
h_{wp}		**0,8 m**
T		**0,700**
k1		**0,700**
k2		**0,950**
k3		**0,850**
MF		**0,8**

Aperture								
Window 1			**Window 2**					
Orientamento: **Ovest**			Orientamento: **Est**					
L = **1** m	h_{Li} =**2,2** m	h = **1,2** m	L = **0,5** m	h_{Li} = **2,2 m**	H = **1,2 m**			
A_c = **1,2 m²**			A_c = **1,2 m²**					
γ_1 = **0**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**	γ_1 = **0**	γ_2 = **0**	γ_3 = **0**			
$t_{rel,D,SNA}$ = **0,80784**	$t_{rel,D,SNA}$ = **0,19216**		$t_{rel,D,SNA}$ =**0,80784**	$t_{rel,D,SNA}$=**0,19216**				
τ_{vis} = **0,700**			τ_{vis} = **0,700**					
Controllo schermi: **None**			Controllo schermi: **None**					

Calcolo F_D					
A_D = **16,500 m²**					
Superimposition					
$A_{D,1}$		**$A_{D,2}$**		**$A_{D,SP}$**	
a_D = **3,500 m**	b_D = **2,750 m**	a_D = **3,500 m**	b_D = **2,750 m**		
$A_{D,1}$ = **9,630 m²**	$A'_{D,1}$ = **6,875 m²**	$A_{D,2}$ = **9,630 m²**	$A'_{D,2}$ = **6,875 m²**	$A_{D,SP}$ = **2,750 m²**	
D_{CA}=**3,22%**	D_{Class} =**Low** D = **1,27%**	D_{CA}=**3,22%**	D_{Class} =**Low** D = **1,27%**	D_{CA}=**6,45%**	D_{Class}=**High** D = **2,55%**
$F_{D,S,SNA}$ = **48,717**	$F_{D,S,SA}$ = **0,600**	$F_{D,S,SNA}$ = **48,717**	$F_{D,S,SA}$ = **0,600**	$F_{D,S,SNA}$ = **64,885**	$F_{D,S,SA}$ = **0,800**
$F_{D,S}$ = **0,509**	$F_{D,C}$ = **0,47**	$F_{D,S}$ = **0,509**	$F_{D,C}$ = **0,47**	$F_{D,S}$ = **0,640**	$F_{D,C}$ = **0,57**
$F_{D,S}$ = 0,530					
$F_{D,C}$ = 0,487					
$F_{D,AD}$ = 0,742					
Predominant					
Dominant area = $A_{D,1}$					
$A_{D,1}$		**$A_{D,2}$**			
a_D = **3,500**	b_D = **2,750 m**	a_D = **3,500 m**	b_D = **2,750 m**		
$A_{D,1}$ =**9,630 m²**	$A'_{D,1}$ = **9,630 m²**	$A_{D,2}$ =**9,630 m²**	$A'_{D,2}$ = **6,875 m²**		
D_{CA}=**3,22%**	D_{Class}=**Low** D_{CA}=**1,28%**	D_{CA}=**3,22%**	D_{Class}=**Low** D_{CA}=**1,28%**		
$F_{D,S,SNA}$ = **48,717**	$F_{D,S,SA}$ = **0,600**	$F_{D,S,SNA}$ = **48,717**	$F_{D,S,SA}$ = **0,600**		
$F_{D,S}$ = **0,509**	$F_{D,C}$ = **0,47**	$F_{D,S}$ = **0,509**	$F_{D,C}$ = **0,47**		
$F_{D,S}$ = 0,520					
$F_{D,C}$ = 0,470					
$F_{D,AD}$ = 0,755					
A_{ND} = **19,500 m²**					
$F_{D,AND}$ = 1					

65_ windowL1_S_window L1_W&E
Metodo di calcolo: ANALITICO

Dimensioni stanza	L=**6 m**	P=**6 m**	H=**3 m**



Dati generali

Luogo	**Londra**
Latitudine	**52,1**
H_{dir}/H_{globe}	**0,421**
Uso	**Ufficio**
t_d	**2250 h**
t_n	**250 h**
h_{wp}	**0,8 m**
T	**0,700**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
MF	**0,8**

Aperture		
Window 1	**Window 2**	**Window 3**
Orientamento: **Sud**	Orientamento: **Ovest**	Orientamento: **Est**
L = **1** m; h_{Li} =**2,2** m; h = **1,2** m	L = **1** m; h_{Li} = **2,2 m**; H = **1,2 m**	L = **1** m; h_{Li} = **2,2 m**; H = **1,2 m**
A_c = **1,2 m²**	A_c = **1,2 m²**	A_c = **1,2 m²**
γ_1 = **0**; γ_2 = **0**; γ_3 = **0**	γ_1 = **0**; γ_2 = **0**; γ_3 = **0**	γ_1 = **0**; γ_2 = **0**; γ_3 = **0**
$t_{rel,D,SNA}$ = **0,61894**; $t_{rel,D,SNA}$ = **0,38106**	$t_{rel,D,SNA}$ =**0,80784**; $t_{rel,D,SNA}$=**0,19216**	$t_{rel,D,SNA}$ =**0,80784**; $t_{rel,D,SNA}$=**0,19216**
τ_{vis} = **0,700**	τ_{vis} = **0,700**	τ_{vis} = **0,700**
Controllo schermi: **None**	Controllo schermi: **None**	Controllo schermi: **None**

Calcolo F_D					
A_D = **18,562 m²**					
Superimposition					
$A_{D,1}$		**$A_{D,2}$**		**$A_{D,3}$**	
a_D = **3,500 m**; b_D = **2,750 m**		a_D = **3,500 m**; b_D = **2,750 m**		a_D = **3,500 m**; b_D = **2,750 m**	
$A_{D,1}$ = **9,630 m²**; $A'_{D,1}$ = **2,062 m²**		$A_{D,2}$ = **9,630 m²**; $A'_{D,2}$ = **4,469 m²**		$A_{D,3}$ = **9,630 m²**; $A'_{D,3}$ = **4,469 m²**	
D_{CA}=**3,22%**; D_{Class} =**Low**; D = **1,27%**		D_{CA} =**3,22%**; D_{Class} =**Low**; D = **1,28%**		D_{CA}=**3,22%**; D_{Class}=**Low**; D = **1,27%**	
$F_{D,S,SNA}$ = **53,628**; $F_{D,S,SA}$ = **0,600**		$F_{D,S,SNA}$ = **48,717**; $F_{D,S,SA}$ = **0,600**		$F_{D,S,SNA}$ = **48,717**; $F_{D,S,SA}$ = **0,600**	
$F_{D,S}$ = **0,561**; $F_{D,C}$ = **0,47**		$F_{D,S}$ = **0,509**; $F_{D,C}$ = **0,47**		$F_{D,S}$ = **0,509**; $F_{D,C}$ = **0,47**	
$A_{D,SP,1}$		**$A_{D,SP2}$**			
$A_{D,SP1}$ = **4,82 m²**		$A_{D,SP2}$ = **2,75 m²**			
D_{CA}=**6,45%**; D_{Class} =**High**; D = **2,55%**		D_{CA}=**9,67%**; D_{Class} =**High**; D = **3,83%**			
$F_{D,S,SNA}$ = **67,723**; $F_{D,S,SA}$ = **0,800**		$F_{D,S,SNA}$ = **72,768**; $F_{D,S,SA}$ = **0,800**			
$F_{D,S}$ = **0,648**; $F_{D,C}$ = **0,57**		$F_{D,S}$ = **0,679**; $F_{D,C}$ = **0,57**			
$F_{D,S}$ = 0,572					
$F_{D,C}$ = 0,502					
$F_{D,AD}$ = 0,713					

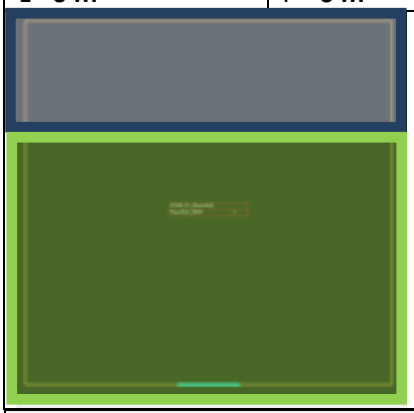
Predominant					
Dominant area = $A_{D,1}$					
$A_{D,1}$		**$A_{D,2}$**		**$A_{D,3}$**	
a_D = **3,500**	b_D = **2,750 m**	a_D = **3,500 m**	b_D = **2,750 m**	a_D = **3,500 m**	b_D = **2,750 m**
$A_{D,1}$ =**9,630 m²**	$A'_{D,1}$ = **9,630 m²**	$A_{D,2}$ =**9,630 m²**	$A'_{D,2}$ = **4,368 m²**	$A_{D,3}$ =**9,630 m²**	$A'_{D,3}$ = **4,368 m²**
D_{CA}=**3,22%**	D_{Class}=**Low** D_{CA}=**1,28%**	D_{CA}=**3,22%**	D_{Class}=**Low** D_{CA}=**1,82%**	D_{CA}=**3,22%**	D_{Class}=**Low** D_{CA} =**1,28%**
$F_{D,S,SNA}$ = **53,628**	$F_{D,S,SA}$ = **0,600**	$F_{D,S,SNA}$ = **48,717**	$F_{D,S,SA}$ = **0,600**	$F_{D,S,SNA}$ = **48,717**	$F_{D,S,SA}$ = **0,600**
$F_{D,S}$ = **0,561**	$F_{D,C}$ = **0,47**	$F_{D,S}$ = **0,509**	$F_{D,C}$ = **0,47**	$F_{D,S}$ = **0,509**	$F_{D,C}$ = **0,47**
$F_{D,S}$ = 0,540					
$F_{D,C}$ = 0,470					
$F_{D,AD}$ = 0,748					
A_{ND} = **17,438 m²**					
$F_{D,AND}$ = 1					

ALLEGATO 3

Casi studio in presenza di più zone

66_windowL1_S_ZoneDivision1
CALCOLO F_D ANALITICO

DIMENSIONI STANZA		
L= **6 m**	P= **6 m**	H= **3 m**



APERTURE	
Finestra	**1**
Orientam.	**Sud**
Largh.	**1 m**
Altezza	**1,7 m**
hLi	**2,7 m**
γ_1	**0**
γ_2	**0**
γ_3	**0**
τ_{vis}	**0,700**

DATI GENERALI	
Luogo	**-**
Latitudine	**61°**
H_{dir}/H_{globe}	**0,4**
Edificio	**Ufficio**
t_d	**2250**
t_n	**250**
h_{wp}	**0,8 m**
k1	**0,700**
k2	**0,950**
k3	**0,850**
Shading control	**Glare**

INPUT					
ZONA 1			**ZONA 2**		
Area = **24 m²**			Area = **12 m²**		
Locale = **Cellular 1 person**			Locale = **Corridor**		
E_m = **500 lx**	E_m real = **500 lx**	MF = **0.80**	E_m = **100 lx**	E_m real = **100 lx**	MF = **0.70**
Daylight control: **Type V**	Occupancy control: **Manual On/Off**		Daylight control: **Manual**	Occupancy control: **Manual On/Auto Off**	
CLO = **YES**	Fcc = **1,00**		CLO = **NO**	Fcc = **1,00**	
P = **240 W**	P_{pc} = **1 W**	P_{em} = **0 W**	P = **120 W**	P_{pc} = **1 W**	P_{em} = **0,2 W**

OUTPUT					
ANALITICO			**LENICALC**		
Ad = **16,03**	And = **19,97**		Ad = **16,03**	And = **19,97**	
a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**		a_D = **4,75 m**	b_D = **3,375 m**	
I_{TR} = **0,106**	I_{RD} = **2,500**	I_{SH} = **1,00**	I_{TR} = **0,107**	I_{RD} = **2,500**	I_{SH} = **1,00**
D_{CA} = **2,851%**	D_{class} = **Low**	D = **1,128%**	D_{CA} = **2,865%**	D_{class} = **Low**	D = **1,134%**
$t_{rel,D,SNA}$= **0,645**	$t_{rel,D,SA}$= **0,355**		$t_{rel,D,SNA}$= **0,650**	$t_{rel,D,SA}$= **0,350**	
$F_{A,1}$ = **0,40**	$F_{A,2}$ = **0,00**	$F_{OC,1}$ = **1,00** $F_{OC,2}$ = **0,80**	$F_{A,1}$ = **0,40**	$F_{A,2}$ = **0,00**	F_{OC} = **-**
ZONA 1		**ZONA 2**		**STANZA**	
Ad =**13,50**	And =**10,5**	Ad=**2,53**	And=**9,47m**		
$F_{D,S,SNA}$ = **41,5048 %**		$F_{D,S,SNA}$ = **69,4776 %**		$F_{D,S,SNA}$ = **54,024 %**	
$F_{D,S,SA}$ = **0,100**		$F_{D,S,SA}$ = **0,100**		$F_{D,S,SA}$ = **0,100**	
$F_{D,S}$ = **0,295**		$F_{D,S}$ = **0,484**		$F_{D,S}$ = **0,386**	
$F_{D,C}$ = **0,700**		$F_{D,C}$ = **0,500**		$F_{D,C}$ = **0,633**	
F_D = **0,777**		F_D = **0,821**		F_D = **0,892**	
F_C = **0,900**		F_C = **0,850**		F_C = **0,950**	
F_O = **0,800**		F_O = **1,000**		F_O = **0,867**	
W_L = **415,2 kWh**		W_L = **168,9 kWh**			
W_P = **8,76 kWh**		W_P =**10,51 kWh**			
LENI = **17,30 kWh/m²**		LENI = **14,08 kWh/m²**			
STANZA					
W_L = **584,2 kWh**		W_P = **19,27 kWh**		W_L = **668,8 kWh**	W_P = **19,3 kWh**
LENI = **16,22 kWh/m²**				LENI = **19,11 kWh/m²**	

CV breve del responsabile scientifico del cobeneficiario, Prof.ssa Anna Pellegrino

Nata a Vercelli il 13/12/1968, laureata in Architettura presso il Politecnico di Torino (1994), ha conseguito il Dottorato di Ricerca in Energetica sul tema delle Metodologie e strumentazioni per la valutazione dell'ambiente luminoso negli spazi confinati (1998) presso il Politecnico di Torino, Dipartimento di Energetica.

Dal 1998-1999 svolge, presso il Politecnico di Torino Dipartimento di Energetica una attività di ricerca inerente la percezione visiva e le condizioni di comfort visivo negli spazi confinati (contratto di prestazione d'opera professionale).

Dal 1999-2005 lavora, presso il Politecnico di Torino I Facoltà di Architettura, Dipartimento di Energetica, come ricercatore in fisica Tecnica Ambientale. Le principali mansioni e responsabilità sono state:

- Partecipazione a progetti di ricerca in ambito nazionale ed internazionale,
- Partecipazione a contratti di ricerca con aziende private ed enti pubblici,
- Docente titolare di corsi di 1° e 2° livello per la Facoltà di Architettura I del Politecnico di Torino,
- Relatore e correlatore di tesi di laurea presso la Facoltà di Architettura I del Politecnico di Torino.

Dal 2005, lavora come professore associato in Fisica Tecnica Ambientale presso il Politecnico di Torino, Dipartimento Energia, e le principali mansioni e responsabilità sono:

- Partecipazione a progetti di ricerca a livello regionale, nazionale, ed internazionale sui temi dell'illuminazione naturale e artificiale in ambienti interni ed esterni (aspetti di comfort ed efficienza energetica)
- Responsabile di contratti di ricerca sui temi dell'illuminazione
- Partecipazione a contratti di ricerca o ad attività di consulenza con aziende private ed enti pubblici sui temi dell'illuminazione naturale e artificiale (aspetti di comfort ed efficienza energetica) e sul rapporto luce e conservazione dei beni culturali
- Docente titolare di corsi di 1° e 2° livello presso i Corsi di Studi di Architettura, Architettura per il progetto sostenibile e Ingegneria Energetica del Politecnico di Torino
- Docente nell'ambito di Master e corsi di Dottorato
- Relatore e correlatore di tesi di laurea di 1° e 2° livello
- Tutor nell'ambito di dottorati di ricerca del Politecnico di Torino (Dottorato in Energetica, Dottorato in Innovazione Tecnologica per l'Ambiente Costruito).