

Luce naturale progettata e benessere ambientale negli edifici

Torino, 09 Maggio 2017
Ing. Andrea Fornasiero

L'azienda Manens-Tifs

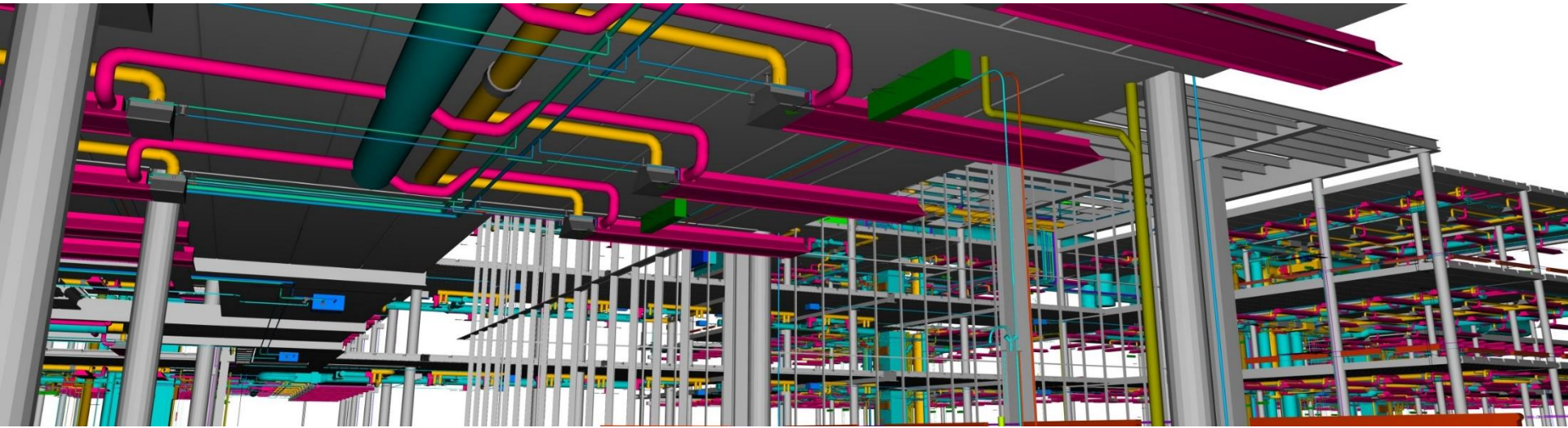




- Progettazione e consulenza ingegneristica, specializzata nella sostenibilità e nei sistemi energetici e impiantistici per gli edifici, con oltre 40 anni di storia
- Maggiore azienda in Italia del settore (170 collaboratori in Italia, 200 in Arabia Saudita)



Servizi



- HVAC systems (heating, ventilation and air conditioning)
- PFG systems (plumbing, firefighting, and technical and medical gases)
- Electrical systems (lighting, power supply and distribution, lightning protection)
- Safety & Security (fire prevention, alarms, access control, TVCC)
- Electronics (IT & Communication systems, BEMS systems)
- Energy (renewables and energy savings)
- **Lighting Design**
- Acoustics
- Building Physics
- **Environment and Sustainability**

Luce e percezione



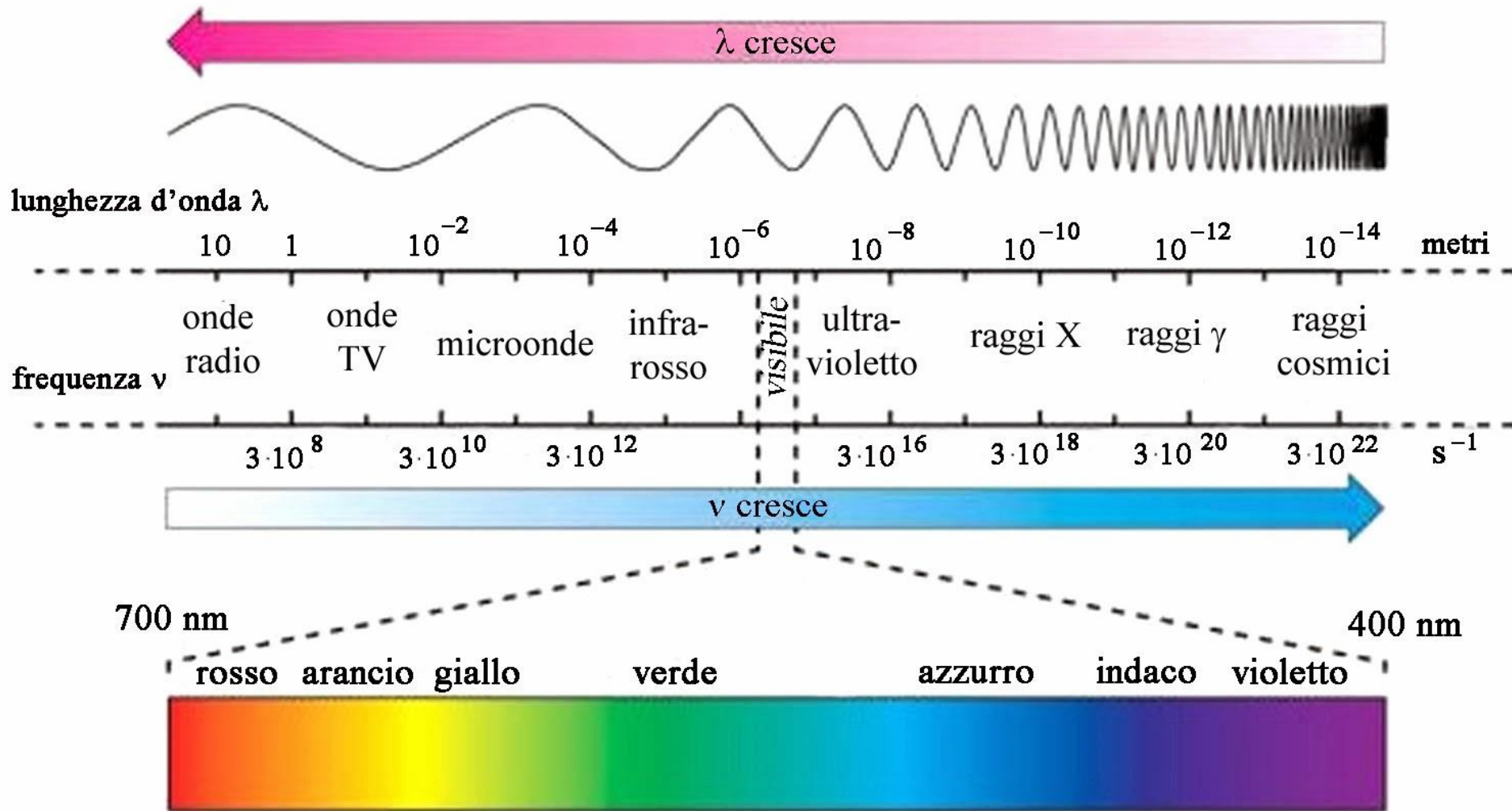
Manens-Tifs
ingegneria

La luce è una materia e l'illuminazione è un materiale di base. Una volta compreso come la luce varia e cambia la nostra percezione, il vocabolario architettonico si espande immediatamente, in modi in cui l'architettura classica non ha mai considerato... l'architettura effimera diventa possibile.

Jean Nouvel

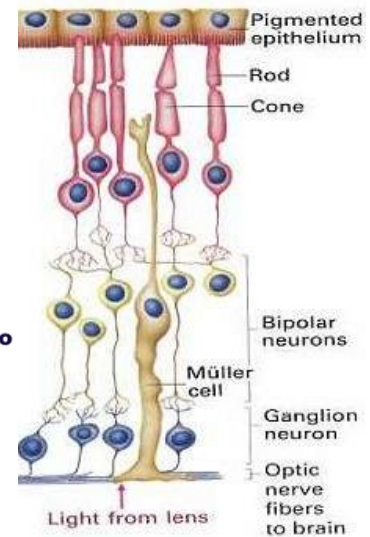
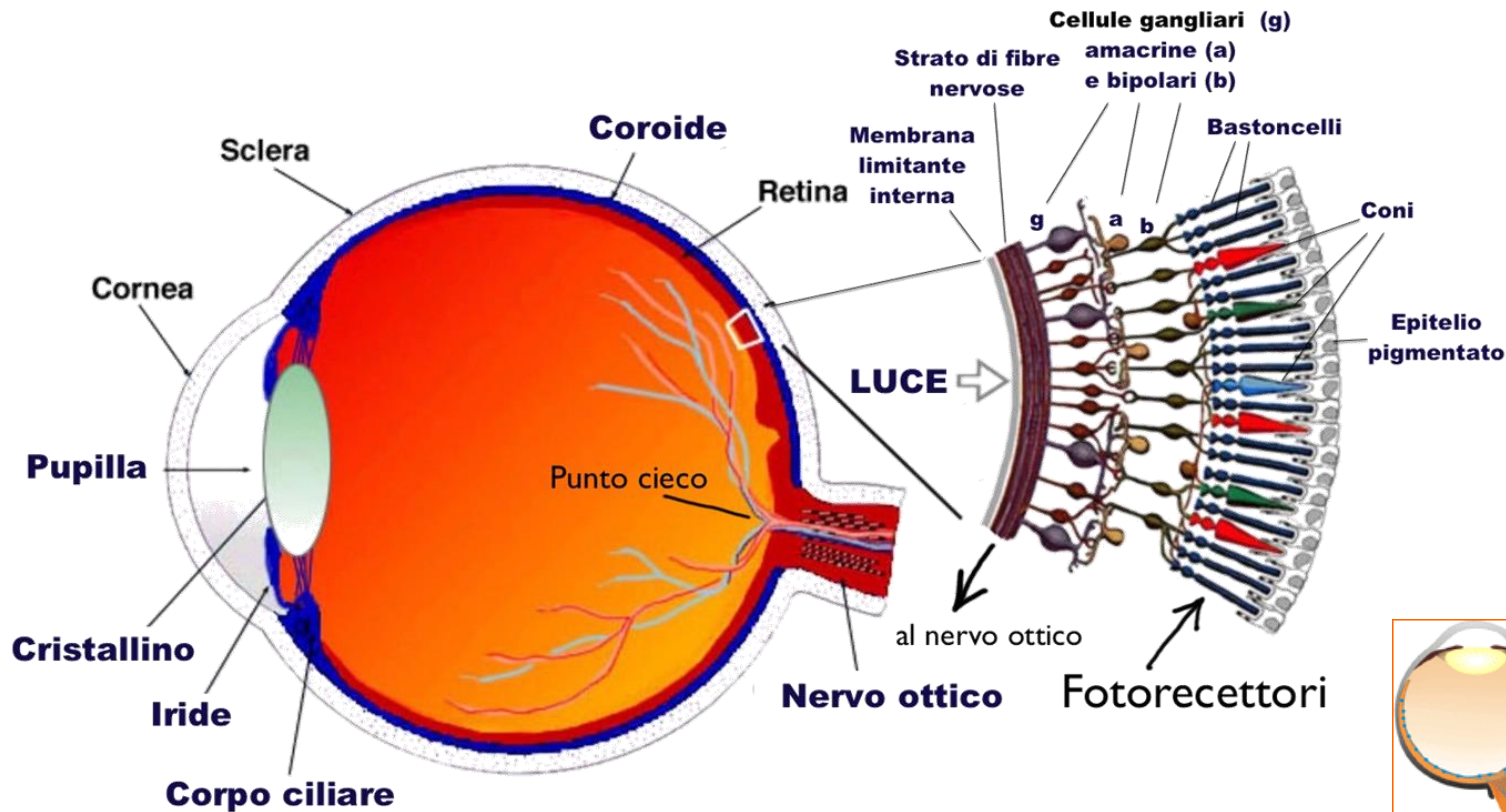


Spettro elettromagnetico

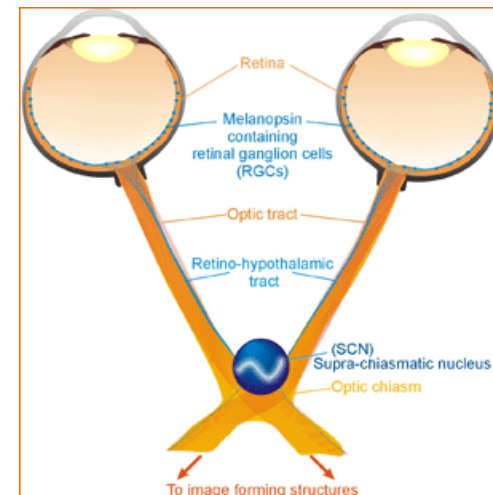




Aspetti fisiologici della percezione visiva



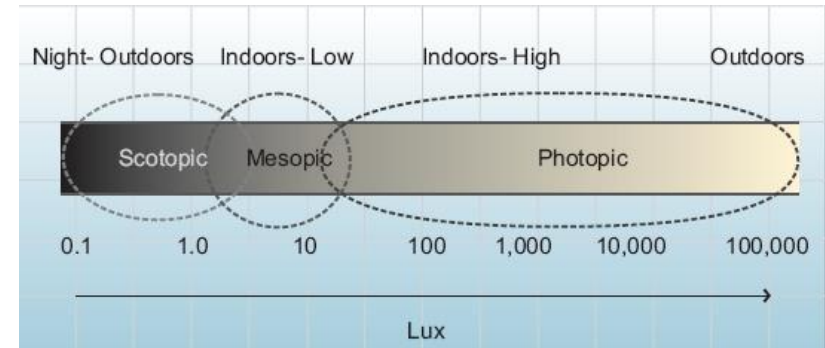
La superficie sensibile dell'occhio è costituita dai *fotorecettori* (*bastoncelli* e *con*), il cui compito è quello di trasformare in impulsi elettrici le informazioni ricevute dalle reazioni fotochimiche che vengono attivate dalla radiazione luminosa



L'occhio però caratterizza la luce in sensazione

Radiometria

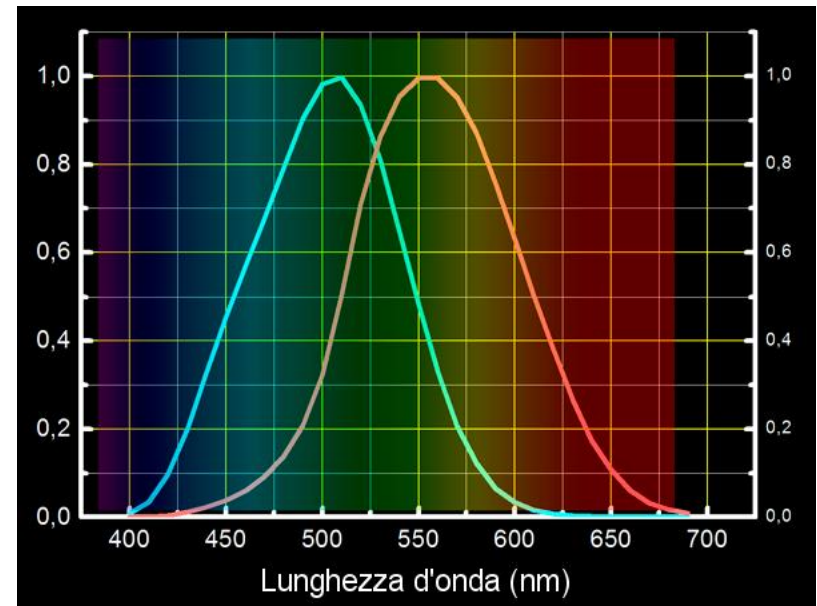
Tratta il problema da un punto di vista puramente fisico, in termini dell'energia o potenza e dello spazio nel quale avviene la propagazione



Fotometria

Analizza l'effetto che l'energia o la potenza hanno sull'osservatore umano

Curva di sensibilità in visione fotopica (diurna) [coni] e scotopica (notturna) [bastoncelli]. Il picco di sensibilità si sposta da 555 nm nella visione diurna a 505 nm in quella notturna



Luce > Percezione > Aspetto psicofisiologico

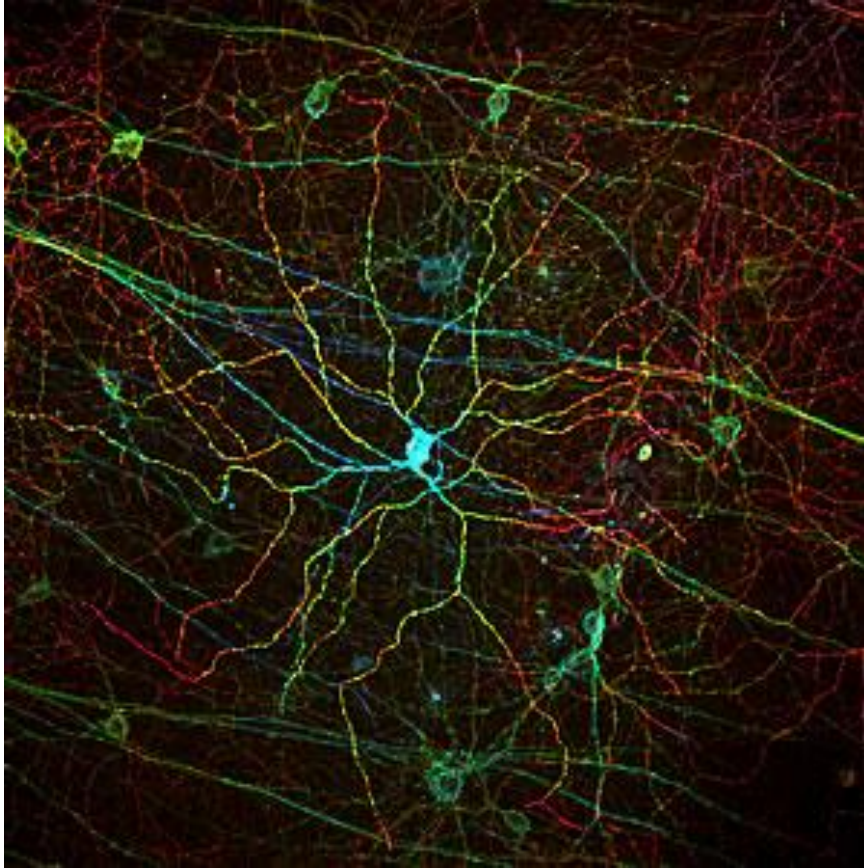
Spesso, quando si tratta di luce, **si trascura l'aspetto psicologico**, anche se, di fatto, più dell'ottanta per cento delle informazioni sensoriali che sono elaborate dal cervello derivano dalla visione.

La luce influenza l'umore, il comportamento, lo stato d'animo e la salute dell'individuo: **influisce anche sugli organi di regolazione del sistema neurovegetativo.**

Vari studi hanno dimostrato che per l'attivazione di un certo numero di funzioni biologiche **sono necessari livelli di illuminamento sufficientemente elevati (maggiore di 1500 lx).**



Recenti avanzamenti scientifici



La melanopsina è un fotopigmento che **misura l'intensità della luce** che con buona senza funzioni visive (in corso di studio), sensibile ai cambiamenti della luce naturale durante il giorno.

Invia segnali direttamente all'orologio circadiano, posizionato subito sopra il punto in cui i nervi ottici si incrociano.

Sincronizza il corpo con l'andamento solare e **influenza l'orario di veglia** e la fame.

Controlla inoltre la regolazione della pupilla.



La capacità di concentrazione, l'affaticamento e lo stimolo lavorativo individuale sono legati all'illuminazione, e quindi in ultima analisi, la produttività.

È stato provato che una buona illuminazione favorisce l'attenzione, l'efficienza nei processi logici e matematici.

A un incremento dell'illuminamento da 90 a 500 lx corrisponde un aumento della capacità di attenzione del 15 %, del pensiero logico del 9 % e della velocità di calcolo del 9 %.

Dati pubblicati da WGBC

OUTSIDE VIEWS



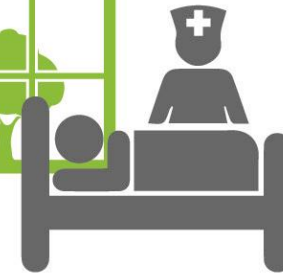
Mental Function
& Memory

10-25%
BETTER



Call
Processing

6-12%
FASTER



Hospital
Stays

8.5%
SHORTER

DAYLIGHT



Students achieve

5-14%
HIGHER TEST SCORES

and learn **20-26%**
FASTER



Workers are **18%**
MORE PRODUCTIVE



15-40%
INCREASE
in Retail Sales

SYSTEMS



Productivity Increases by

23%
from better lighting



11%
from better ventilation



3%

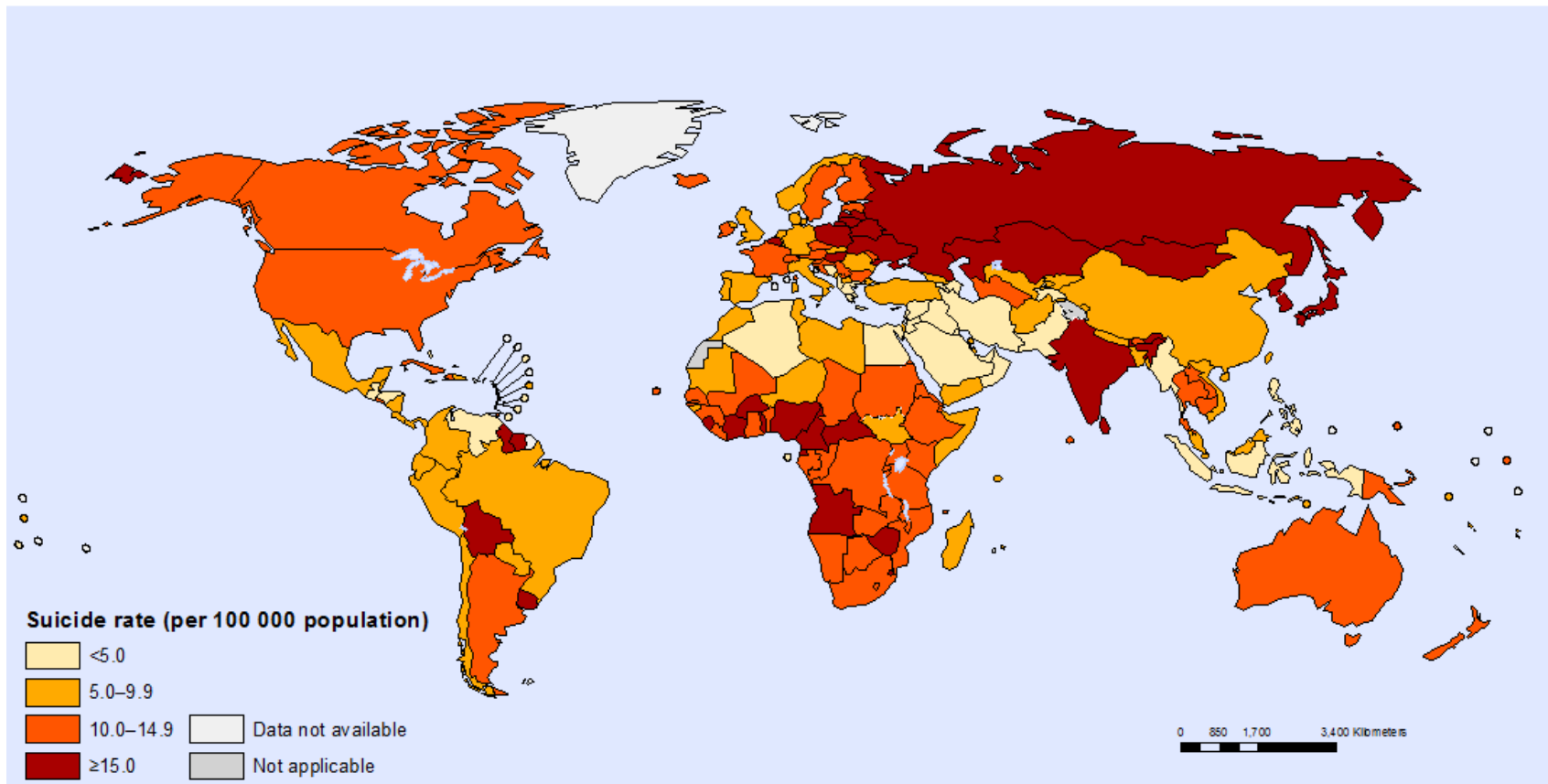


from individual temperature control



...ma davvero la luce è legata ai suicidi?

Age-standardized suicide rates (per 100 000 population), both sexes, 2015



The boundaries and names shown and the designations used on this map do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the World Health Organization concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries. Dotted and dashed lines on maps represent approximate border lines for which there may not yet be full agreement.

Data Source: World Health Organization
Map Production: Information Evidence and Research (IER)
World Health Organization



© WHO 2017. All rights reserved.

Aspetti progettuali

Luce naturale: vantaggi o svantaggi?

Vantaggi

- Benefici psicofisici
- Benefici emotivi
- Preferenza da parte degli occupanti
- Riduzione dei consumi energetici
- Guadagni solari passivi (inverno)
- Soleggiamento
- Effetti direzionali e volumetrici
- Variabilità

Svantaggi

- Rientrate solari passive (estate)**

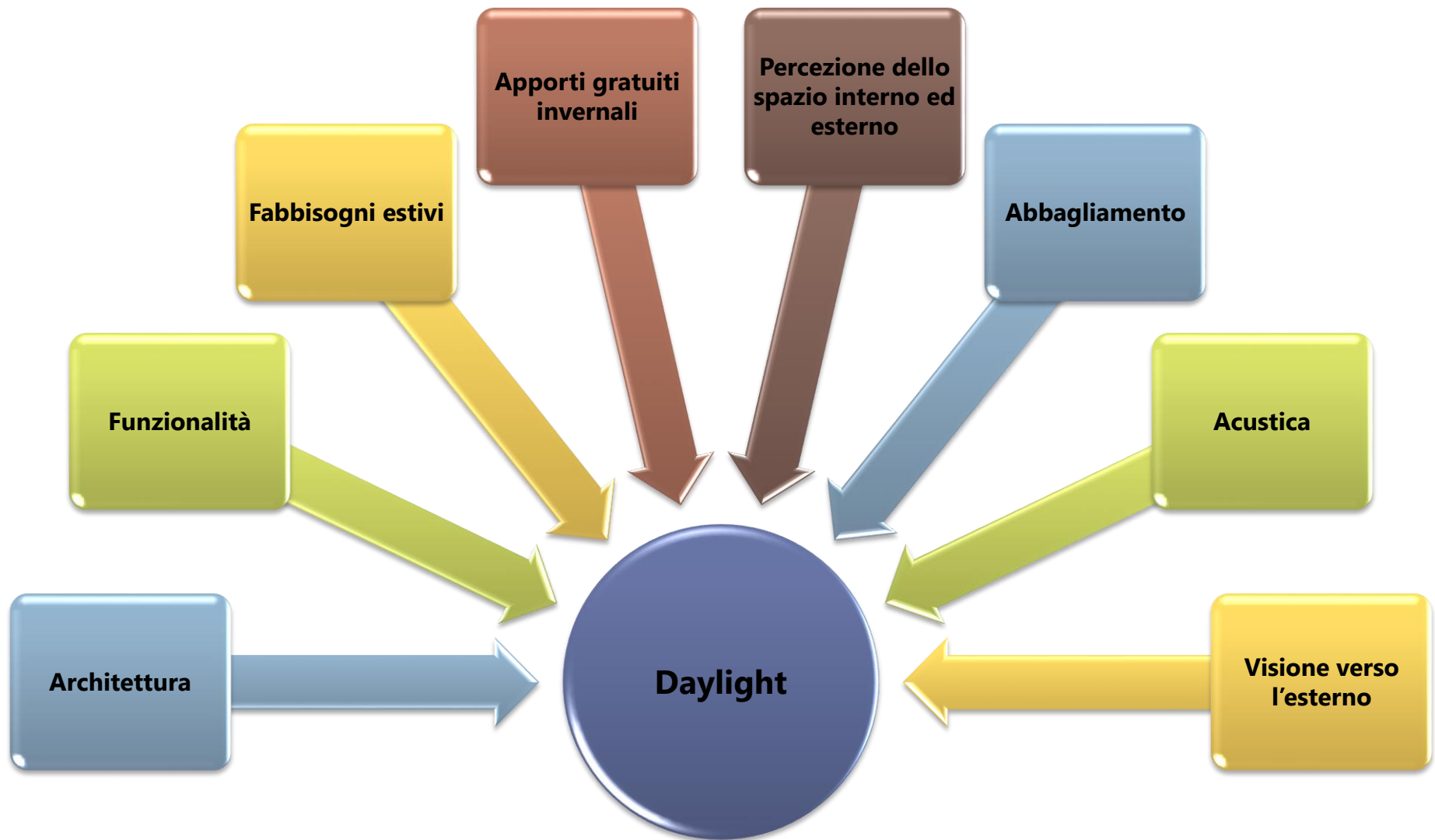
- Effetti direzionali e volumetrici

- Soleggiamento (estate)

- Variabilità

- Difficoltà all'adattamento di elementi statici di progetto**

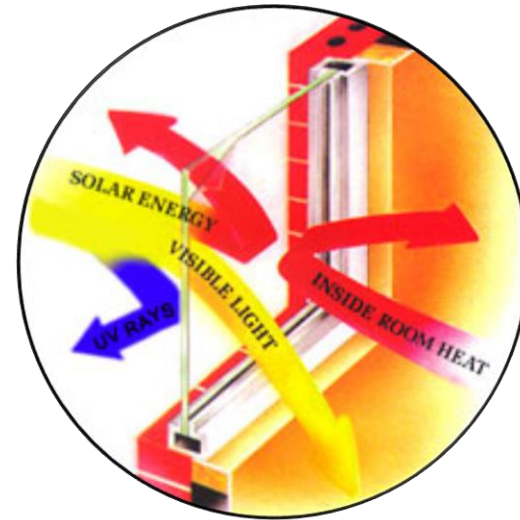
La luce naturale è comunque una esigenza!



Aspetti energetici: climatizzazione

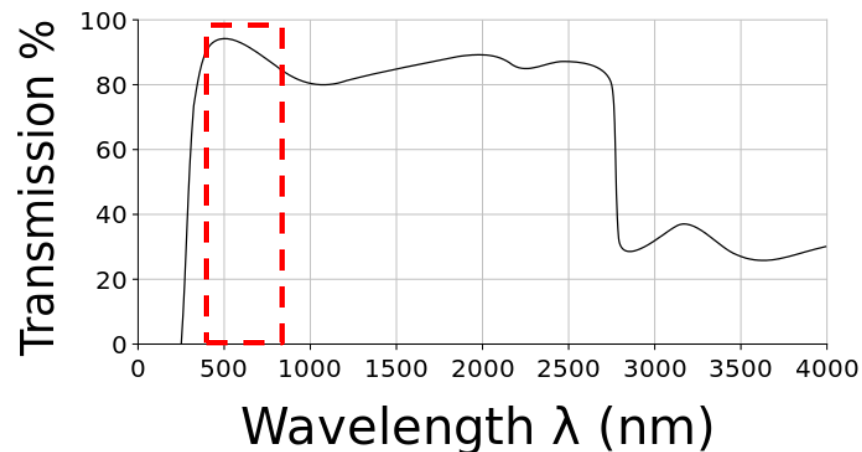
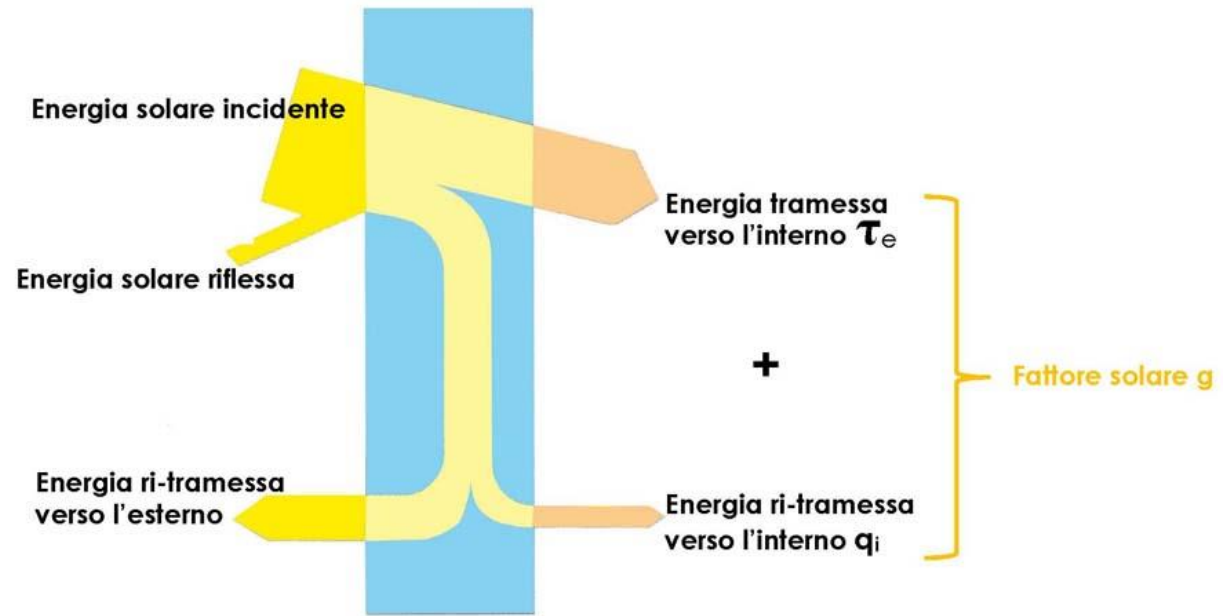
➤ La luce naturale è legata alla **luce solare**:

- ✓ Quando entra luce negli edifici, vi è anche accesso di energia
- ✓ Durante la stagione invernale, è auspicabile l'apporto di energia gratuita. Durante la stagione estiva, l'apporto energetico complica la climatizzazione degli edifici.



Il problema delle vetrate

Il problema dell'ottimizzazione riguarda il rapporto tra luce e energia...
Selettività: rapporto tra TL e FS → sempre inferiore a 2 per limiti tecnologici!



L'importanza della scelta del vetro

Stratophone 88.4 (8 mm Planibel Clear + 1.52 mm clear acoustical PVB + 8 mm Stopray Vision-36T pos.2) - 20 mm Argon 90% - 66.2 Stratophone 2x Planibel Clear

Note personali:

Isolamento al rumore aereo diretto (STIMATO - R_w (C;Ctr) : dB) : 51 (-1, -5)

LUCE

Trasmissione	32
Riflessione	28

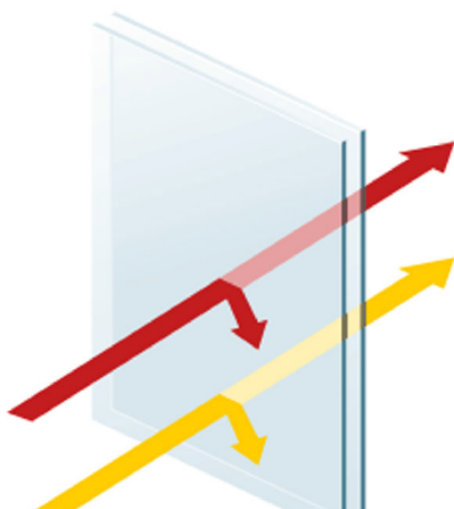
ENERGIA

Fattore solare	19
Riflessione	24

CARATTERISTICHE LUMINOSE (EN 410)

EN 410

Trasmissione luminosa - t_v (%)	32
Riflessione luminosa - p_v (%)	28
Riflessione interna - p_{vi} (%)	31
Indice di resa dei colori - RD65 - R_a (%)	90



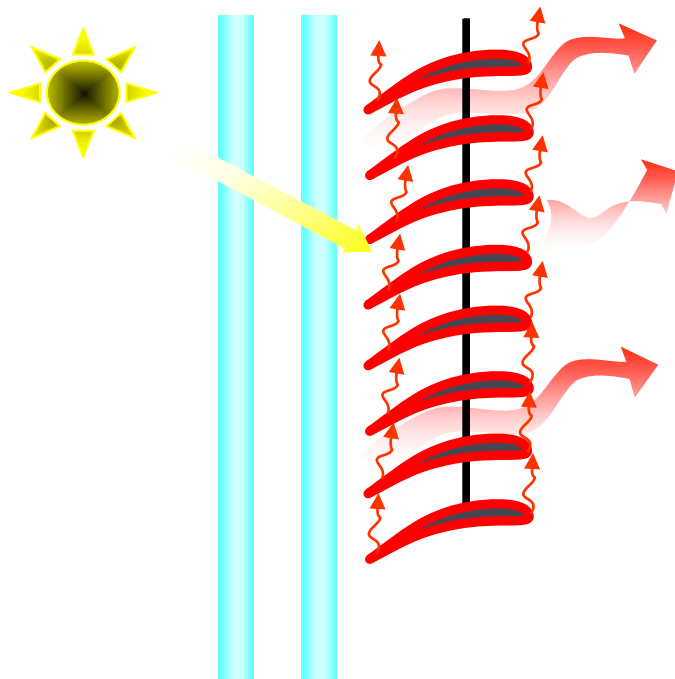
CARATTERISTICHE ENERGETICHE

EN 410

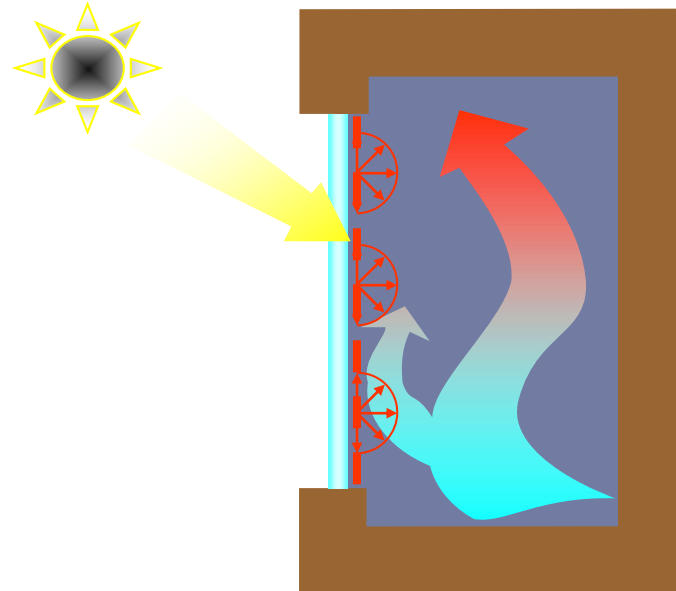
ISO 9050

Fattore solare - g (%)	19	18
Riflessione energetica - p_e (%)	24	24
Trasmissione energetica diretta - t_e (%)	14	14
Assorb. energetico vetro 1 - α_e (%)	59	61
Assorb. energetico vetro 2 - α_e (%)	3	1
Assorbimento energetico - α_e (%)	62	62
Coefficiente di shading - SC	0.22	0.21
Trasmissione dei raggi ultravioletti - UV (%)	0	
Selettività	1.68	1.68

Schermature interne

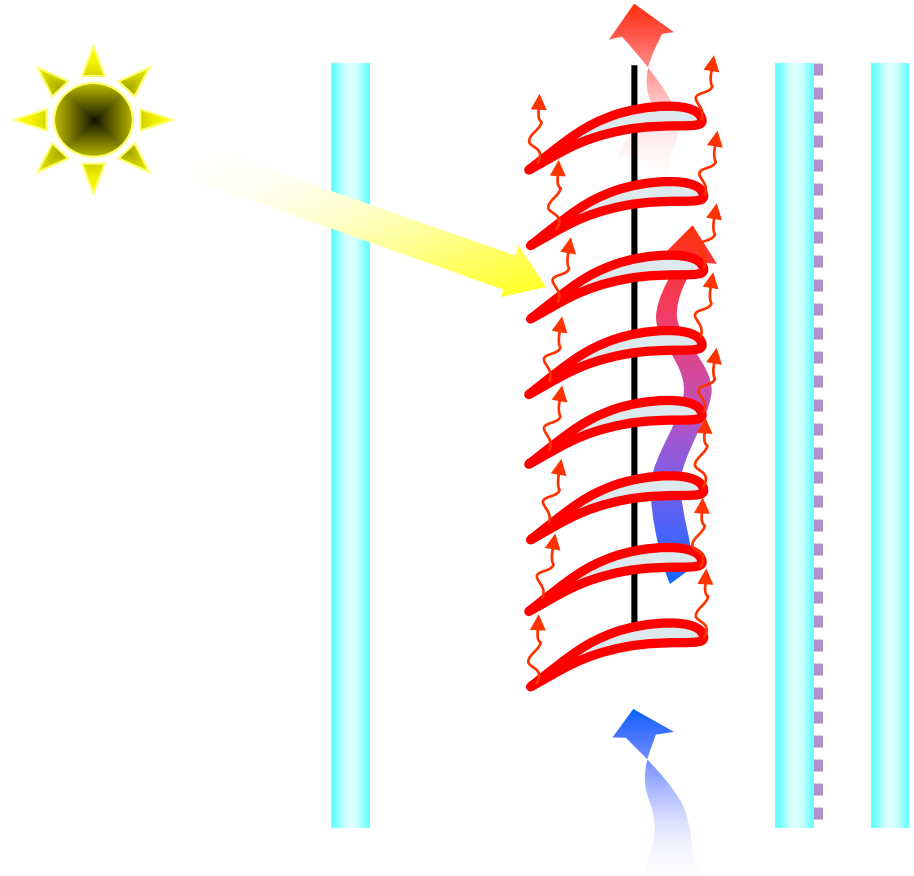


Gli schermi interni non sono una soluzione (per l'energia, ma lo sono per il controllo della luminosità): la radiazione solare assorbita da questi viene ceduta per convezione e irradiata nel campo dell'infrarosso, nel quale il vetro è praticamente opaco

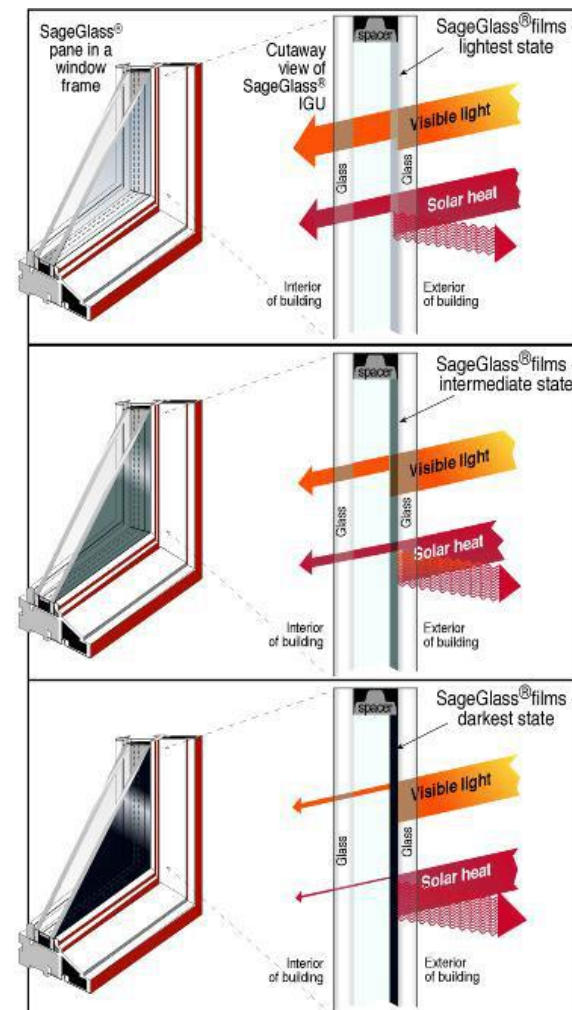
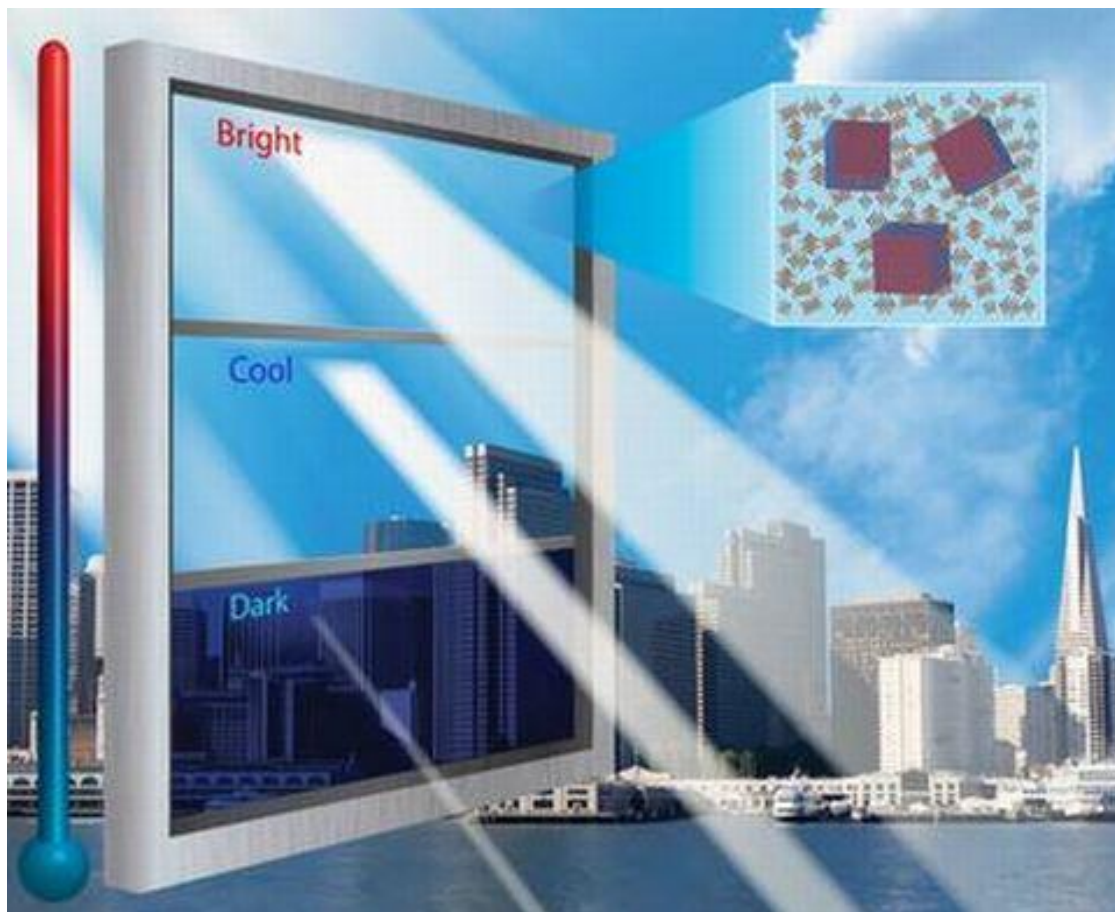


...meglio le schermature esterne

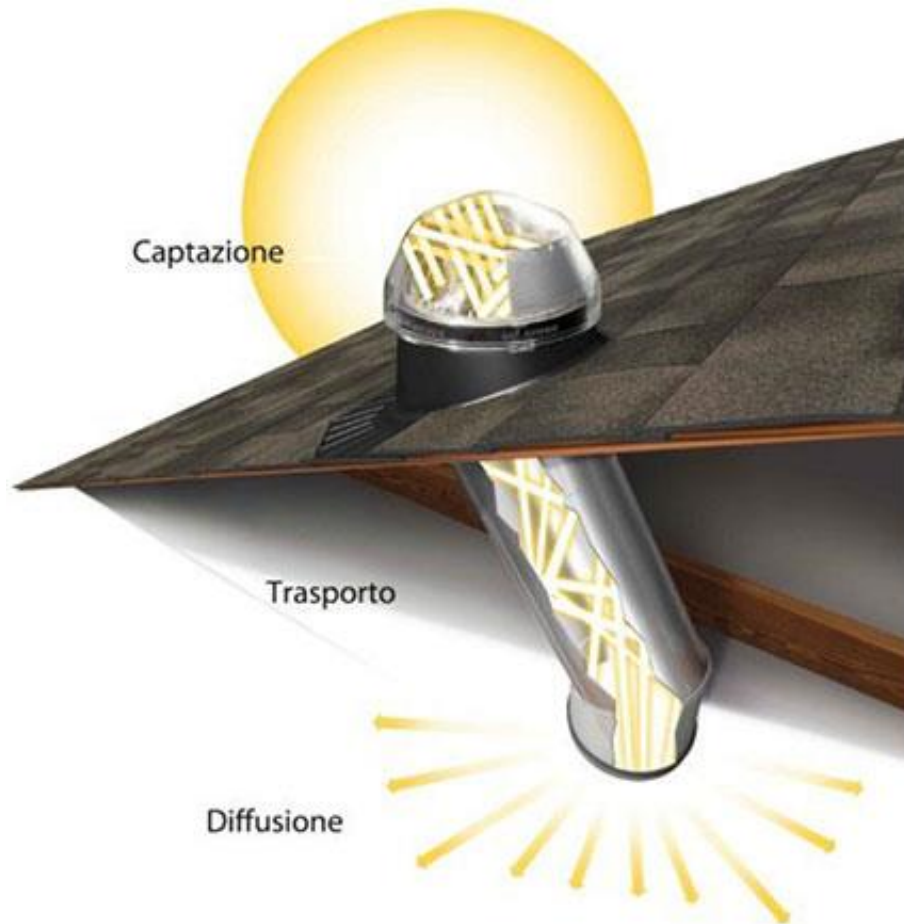
- ✓ La radiazione solare viene assorbita dallo schermo e ceduta per convezione all'aria che fluisce nell'intercapedine.
- ✓ Solo una piccola parte attraversa la vetrata interna
- ✓ Con un fattore solare variabile, fino a valori bassissimi, QUANDO SERVE



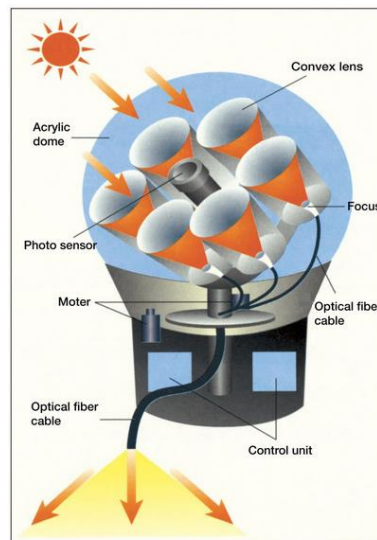
Vetri intelligenti



Tubi solari



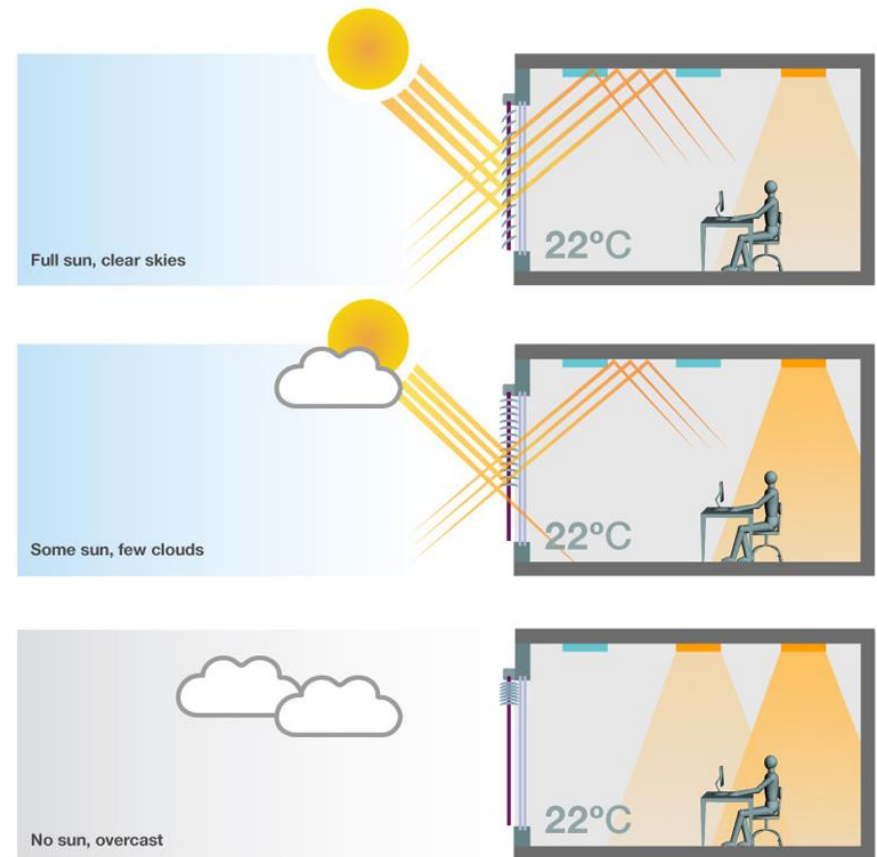
Sistemi a captazione con fibre ottiche



Aspetti energetici: illuminazione

- La **luce artificiale** compensa la luce naturale per lo svolgimento delle attività:
 - ✓ Minore penetrazione alla luce naturale degli edifici richiede maggiori costi energetici per illuminazione artificiale

Optimization of Natural Light with Artificial Lighting



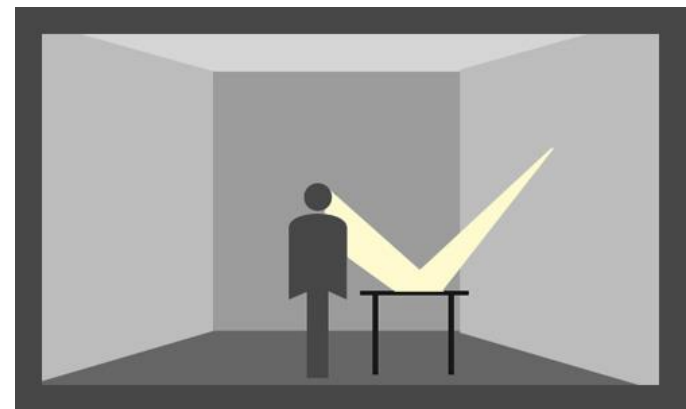
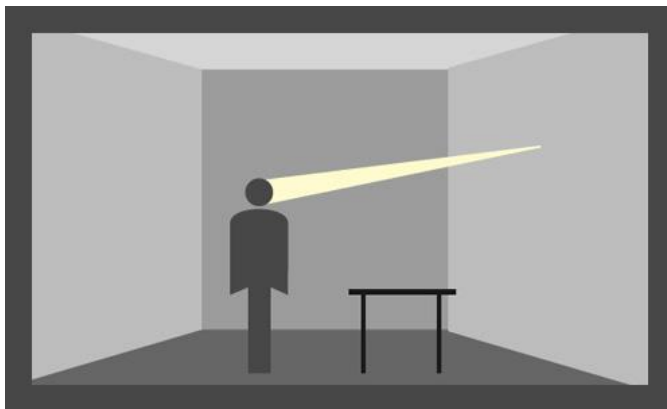
Aspetti di comfort visivo

- ✓ Si potrebbe definire semplicemente come **ASSENZA di discomfort** visivo
- ✓ Il discomfort visivo è caratterizzato da:
 - **Alta soggettività** e individualità
 - **Dipende dal contesto**: le condizioni di luce di possono recar fastidio o beneficio a seconda del tipo di attività da svolgere o dall'effetto che si vuole ottenere (es. luci stroboscopiche in discoteca e sfarfallio delle fluorescenti in un ufficio)
 - Coinvolge **l'intero ambiente visivo**, diversamente dalla performance visiva che attiene alla sola zona del compito

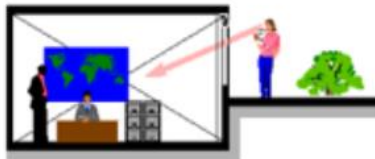


Il problema dell'abbagliamento

- ✓ Sensazione visiva prodotta da superfici che determinano elevati gradienti di luminanza all'interno del campo visivo.
- ✓ Prodotto direttamente da una sorgente (apparecchio luminoso o finestra) o indirettamente per riflessione



Aspetto visivo-psicologico: vista verso l'esterno



Privacy

Tipo di relazione visiva

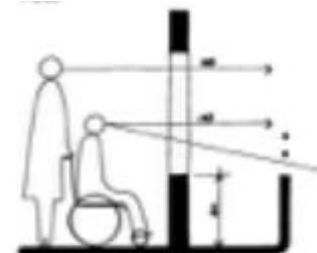
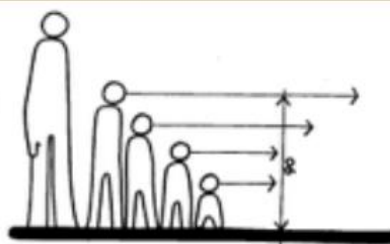
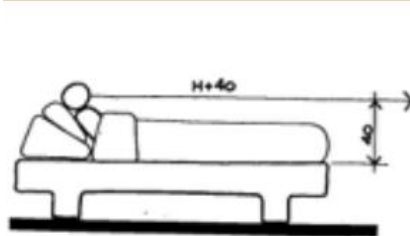
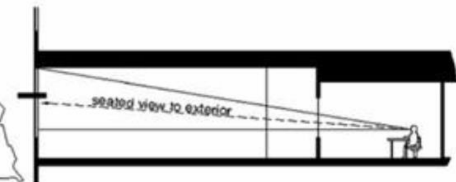
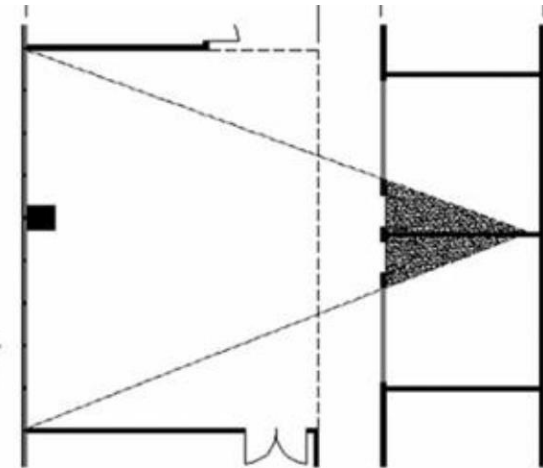
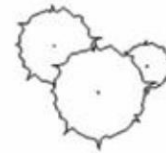
Dall'esterno verso l'interno



Dall'interno verso l'esterno



Da interno a interno

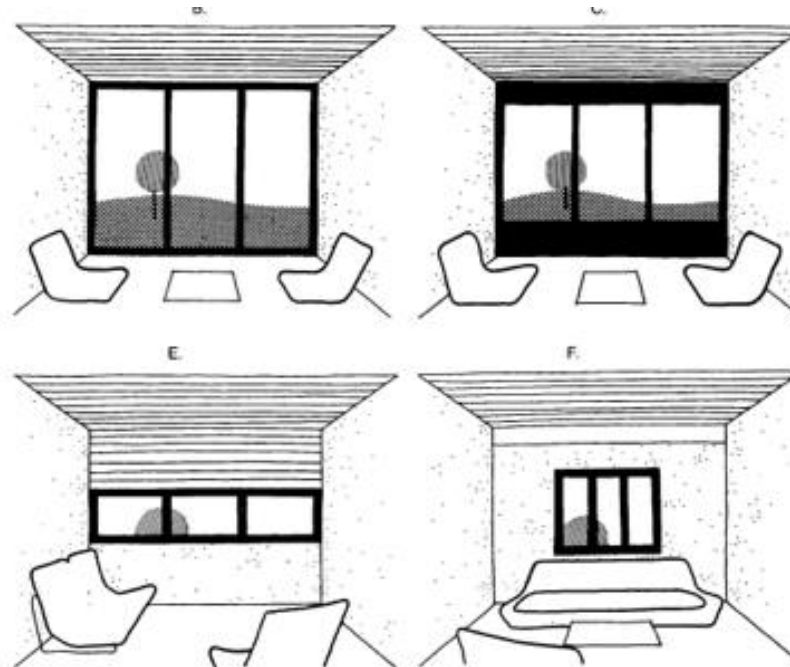
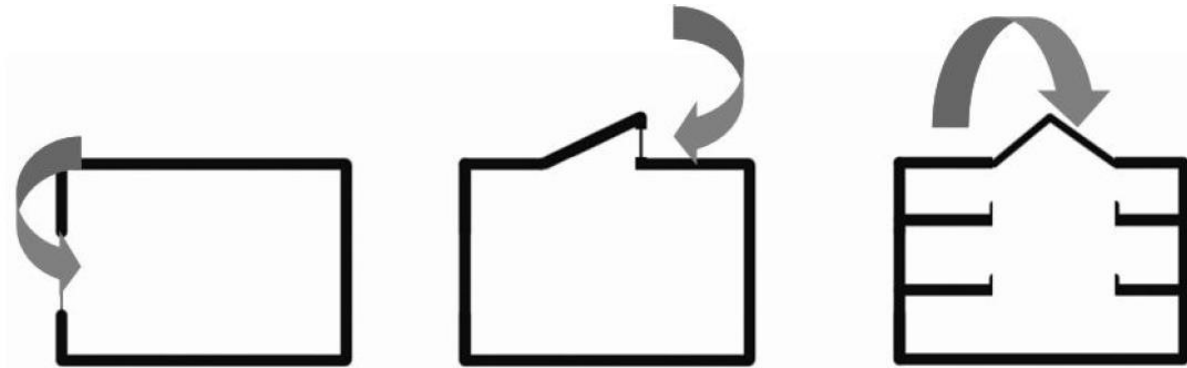


Cosa studiare per approcciare correttamente la luce naturale?

- ✓ Assicurare livelli di illuminamento adeguati in rapporto all'ambiente
- ✓ Porre attenzione all'orientamento e alle ostruzioni esterne, incluso verde esterno (deciduo o meno)
- ✓ Garantire la regolabilità della luce (tende interne leggere e schermature esterne opache)
- ✓ Verificare situazioni di potenziale abbagliamento
- ✓ Studiare la privacy in relazione agli spazi esterni (edifici limitrofi) e interni (open space)
- ✓ Considerare la manutenibilità e costi di esercizio
- ✓ *In generale, vanno analizzati TUTTI gli aspetti correlati al comfort (acustica, temperatura media radiante, dispersioni, draft effect) e all'energetica (consumi di esercizio)*

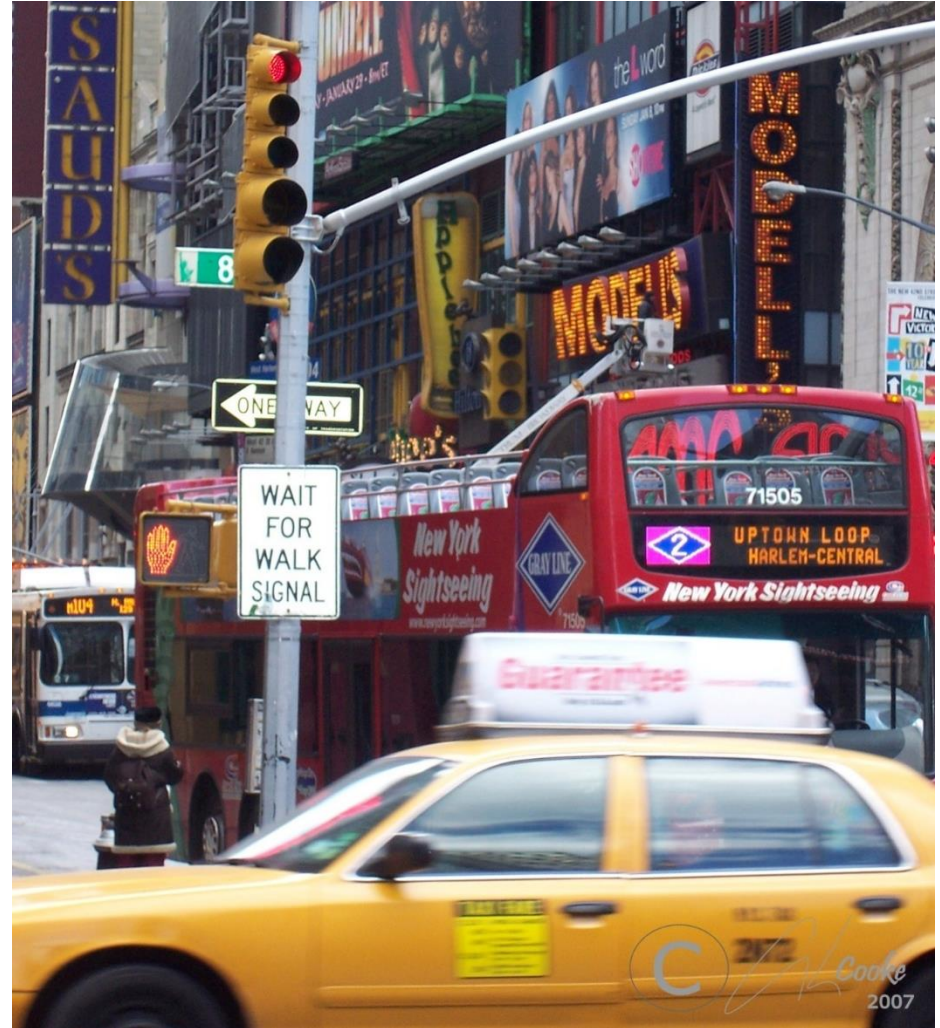


Esiste la soluzione perfetta?



Traffic Light in New York are just rough guidelines

David Letterman



© Cooke
2007

La situazione legislativa in Italia

Quadro normativo attuale

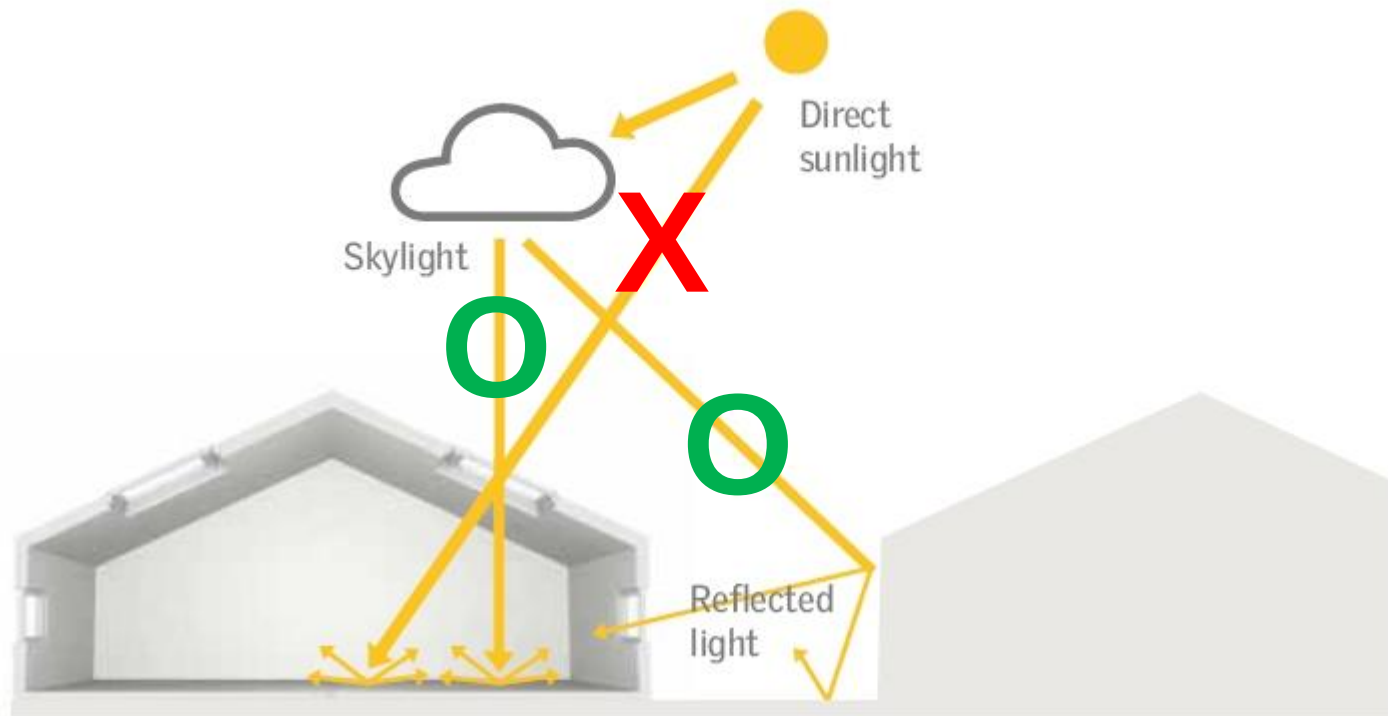
- Circ. Min. LL. PP. 3151 del 22 maggio 1967 (**Criteri di valutazione** delle grandezze atte a rappresentare le proprietà termiche, igrometriche, di ventilazione e di illuminazione nelle costruzioni edilizie)
- Circ. Min. LL. PP. 13011 del 22 novembre 1974 (requisiti fisico tecnici per le **costruzioni edilizie ospedaliere**: proprietà termiche, igrometriche, di ventilazione e di illuminazione)
- D.M. 5 luglio 1975 (modificazioni alle istruzioni ministeriali 20 giugno 1896 relativamente all'altezza minima ed ai requisiti igienico sanitari principali dei **locali di abitazione**)
- D.M. 18 dicembre 1975 (Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici minimi di funzionalità didattica, edilizia e urbanistica da osservarsi nella esecuzione di opere di **edilizia scolastica**)
- *UNI 10840 (Luce e illuminazione - **locali scolastici**: criteri generali per l'illuminazione artificiale e naturale)*
- *UNI EN 12464-1, Illuminazione dei posti di lavoro in interni*
- *UNI EN 15193, Prestazione energetica degli edifici. Requisiti energetici per illuminazione*
- *Decreto Legislativo 19 settembre 1994, n.626 - Attuazione delle direttive CEE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro*
- *Linee Guida ISPESL "Microclima, aerazione e illuminazione nei luoghi di lavoro, Requisiti e standard Indicazioni operative e progettuali"*

Riassunto legislativo (teorico)

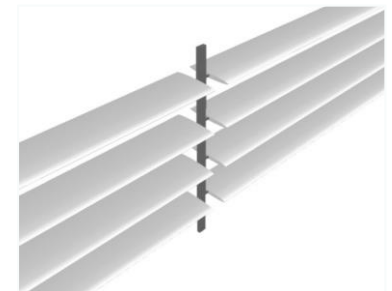
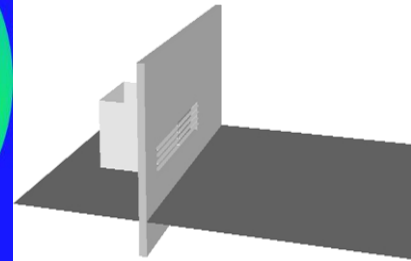
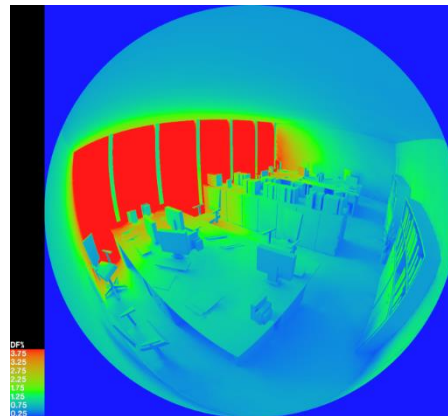
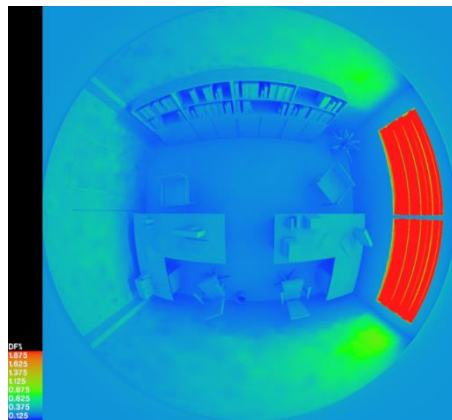
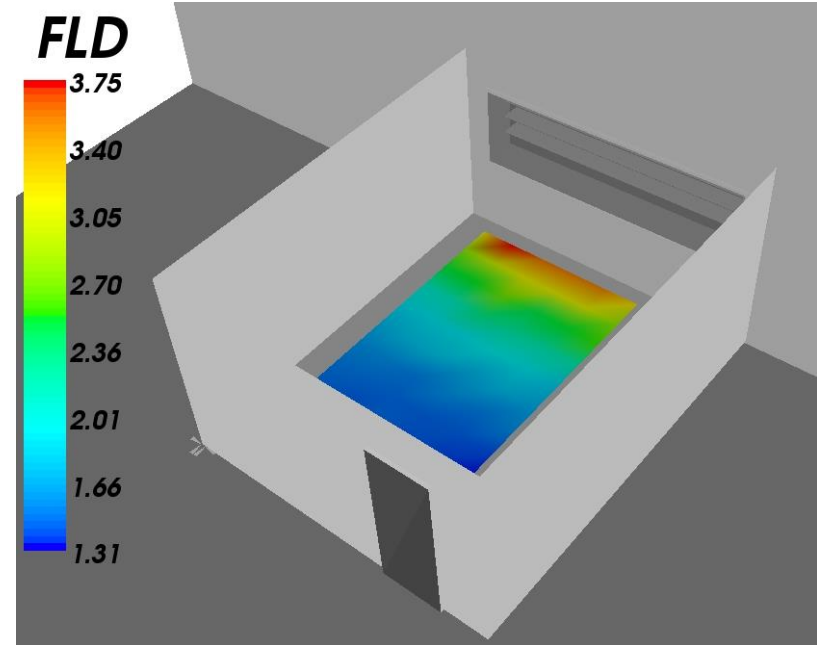
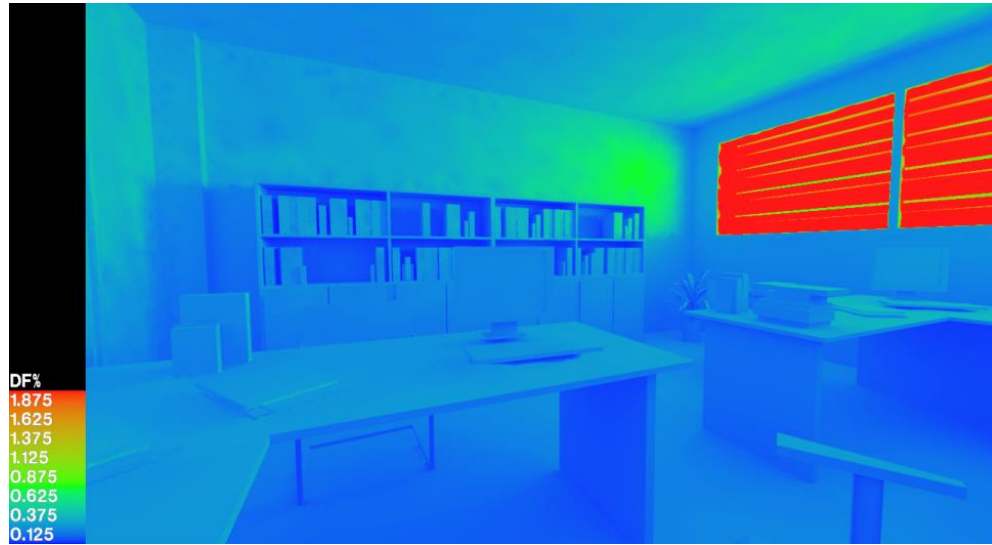
	$FLD_m > 1\%$	$FLD_m > 21\%$	$FLD_m > 3\%$
Ambiente residenziale, senza distinzione di funzione	-	Tutte le stanze indipendentemente dal compito visivo	-
Ambiente scolastico	Uffici, scale e spazi di collegamento e distribuzione	Palestre e mense	Aule e laboratori indipendentemente dal compito visivo
Ambiente ospedaliero	Uffici, scale e spazi di collegamento e distribuzione	Camere di degenza	Camere di degenza, laboratori, spazi per la diagnostica

Fattore di luce diurna FLD (o DF, Daylight Factor)

$$FLD = \frac{E_{medio}}{E_{esterno,orizzontale,diffuso}}$$



Studio «statico» del FLD

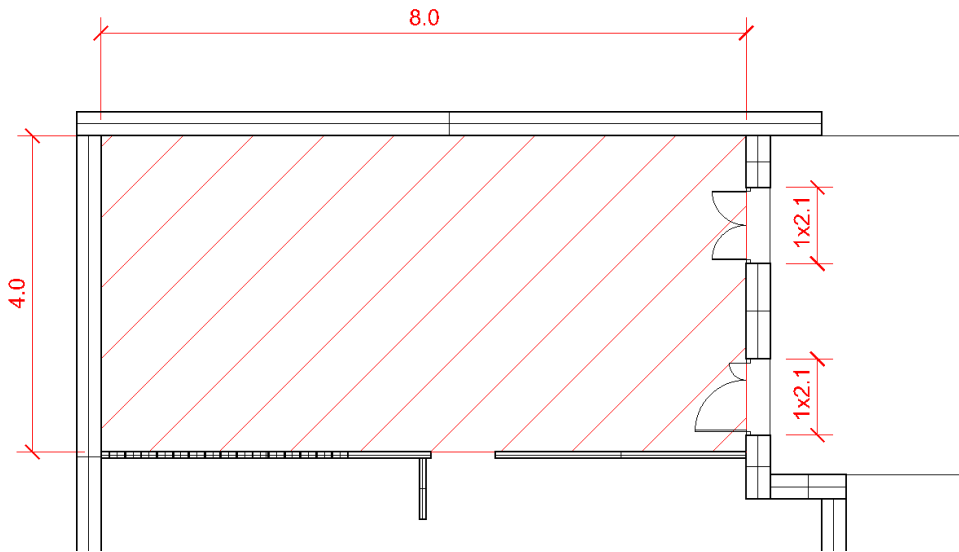


Nella realtà...

In Italia si possono incontrare regolamenti edilizi differenti sia nei riferimenti minimi richiesti che nel metodo di verifica.

Esempio:

Regolamento edilizio richiedente il solo rapporto 1/8 tra superficie finestrata (senza limitazioni alcune) e superficie del pavimento.



Superficie locale: 32 mq

Superficie aperture finestrate: 4 mq

Rapporto 1/8 = VERIFICATO

Regolamenti edilizi /2

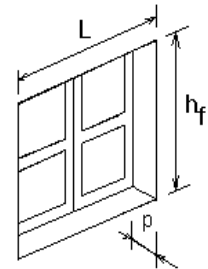
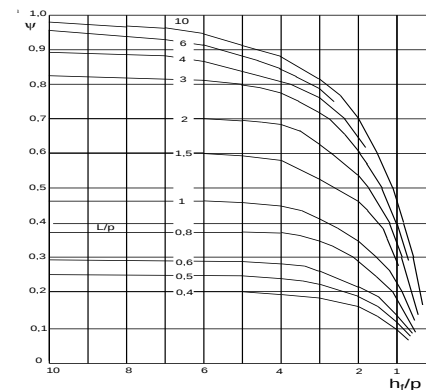
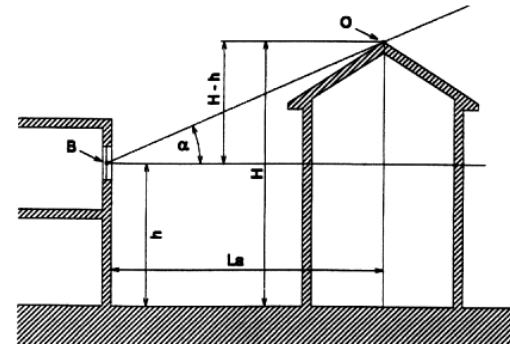
La maggior parte dei comuni hanno nei loro regolamenti edilizi dei metodi più raffinati per la verifica del fattore di luce diurno medio, recependo anche i riferimenti normativi regionali.

Legge regionale Emilia Romagna prevede:

Metodo di calcolo A:

Si applica limitatamente nel caso di:

- spazi di forma regolare con profondità, misurata perpendicolarmente al piano della parete finestrata, minore o uguale a 3 volte l'altezza dal pavimento al punto più alto del vano finestra, alla condizione che gli spazi regolarmente occupati, siano individuati negli elaborati di progetto entro una profondità massima di 2,5 volte l'altezza dal pavimento al punto più alto del vano finestra.
- finestre verticali (a parete)

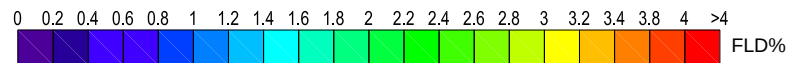
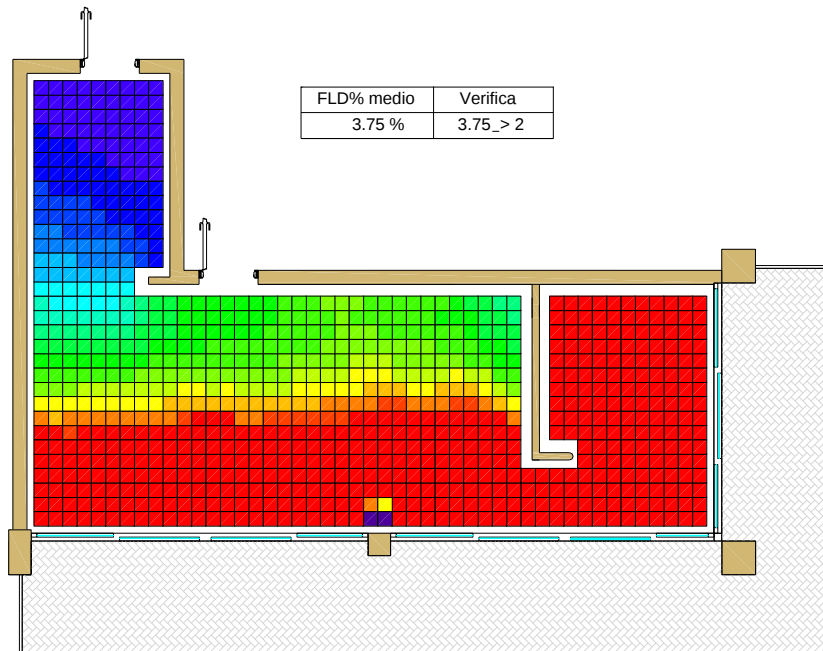


$$FLD_m = \frac{A_f \cdot t \cdot \varepsilon \cdot \psi}{A_{tot} (1 - r_m)}$$

Regolamenti edilizi /3

Metodo di calcolo B:

La verifica consiste nel calcolo del FLDm all'interno dell'ambiente considerato mediante l'uso del programma di calcolo SUPERLITE¹ (Predicting Daylighting and Lighting Performance). Il comune di Bologna cita anche il software RADIANCE.

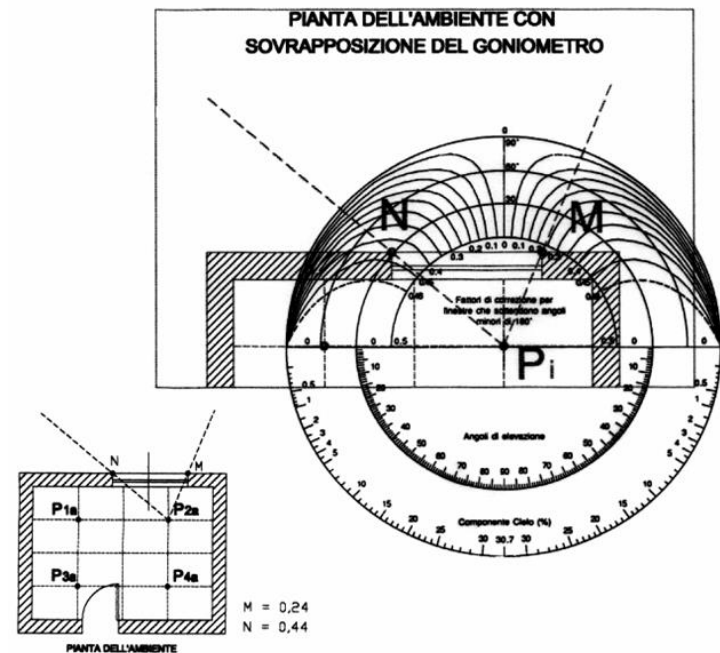
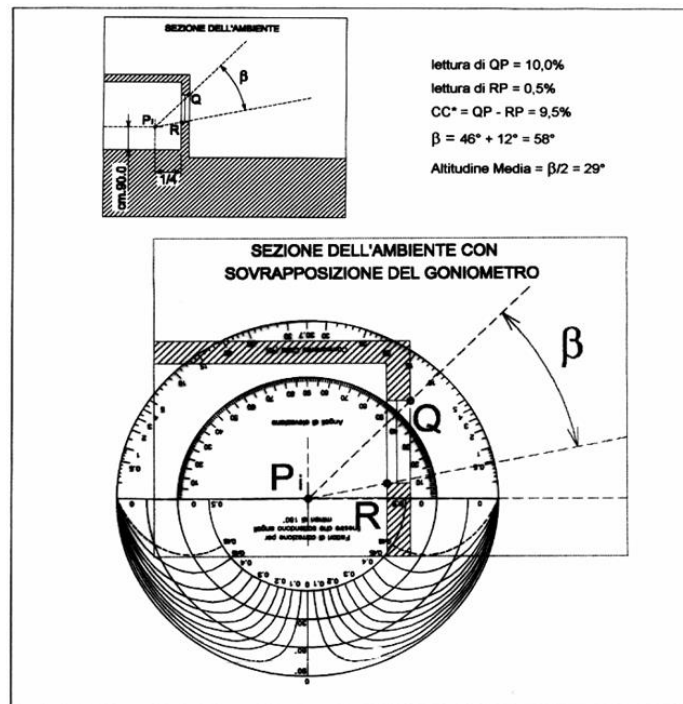


Risultato del FLD% calcolato con il metodo informatizzato - falsecolor

Regolamenti edilizi /4

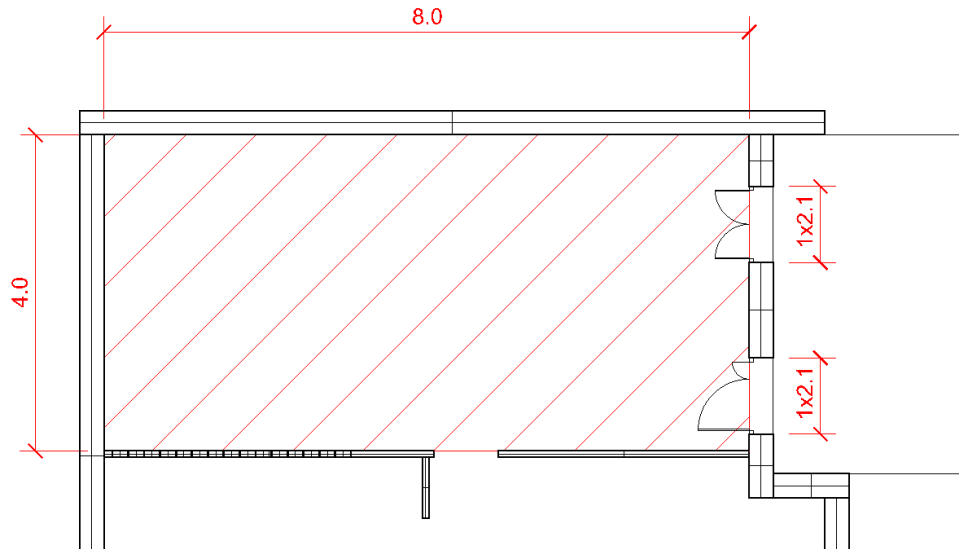
Metodo di calcolo C:

Il metodo Daylight Protractors (goniometro) consente di considerare, oltre alla componente cielo CC, anche il contributo della luce riflessa dall'esterno ERC e di quella riflessa dall'interno dello spazio considerato IRC. [NB: *Raramente utilizzato nei regolamenti edilizi dei comuni*]



Regolamenti edilizi /5

Se si calcola il Fattore di Luce Diurno medio con qualsiasi il metodo di calcolo B il risultato è il seguente:



Fattore di Luce Diurno medio = 1.7 % → molto inferiore al 2%

RISULTATO: NON VERIFICATO

Soluzioni:

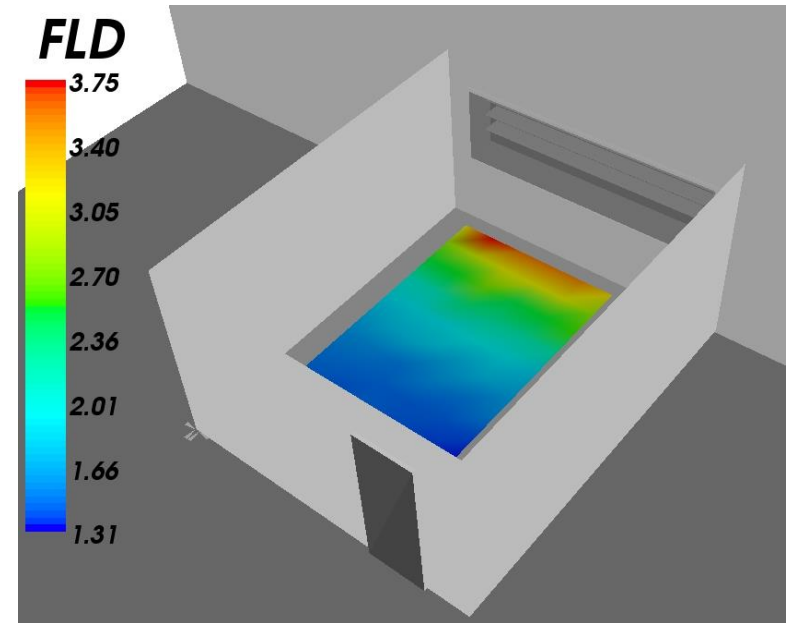
- 1) Aggiungere una finestra*
- 2) Il comune dovrebbe modificare il regolamento edilizio*

Problematiche derivate dall'utilizzo del solo indice FLD

Il calcolo del rapporto illuminante è decisamente insufficiente a descrivere l'illuminazione naturale negli ambienti occupati.

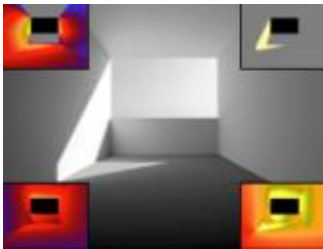
Nemmeno il calcolo del FLD è sufficiente, in quanto non tiene conto di:

- ✓ uniformità di distribuzione della luce negli ambienti
- ✓ variabilità oraria della luce naturale
- ✓ condizioni climatiche del luogo dove si effettua il calcolo
- ✓ periodo di occupazione dell'edificio
- ✓ abbagliamento
- ✓ sopra o sotto esposizione alla luce
- ✓ variabilità delle schermature interne o esterne



Nuovi approcci

Climate-Based Daylight Modelling

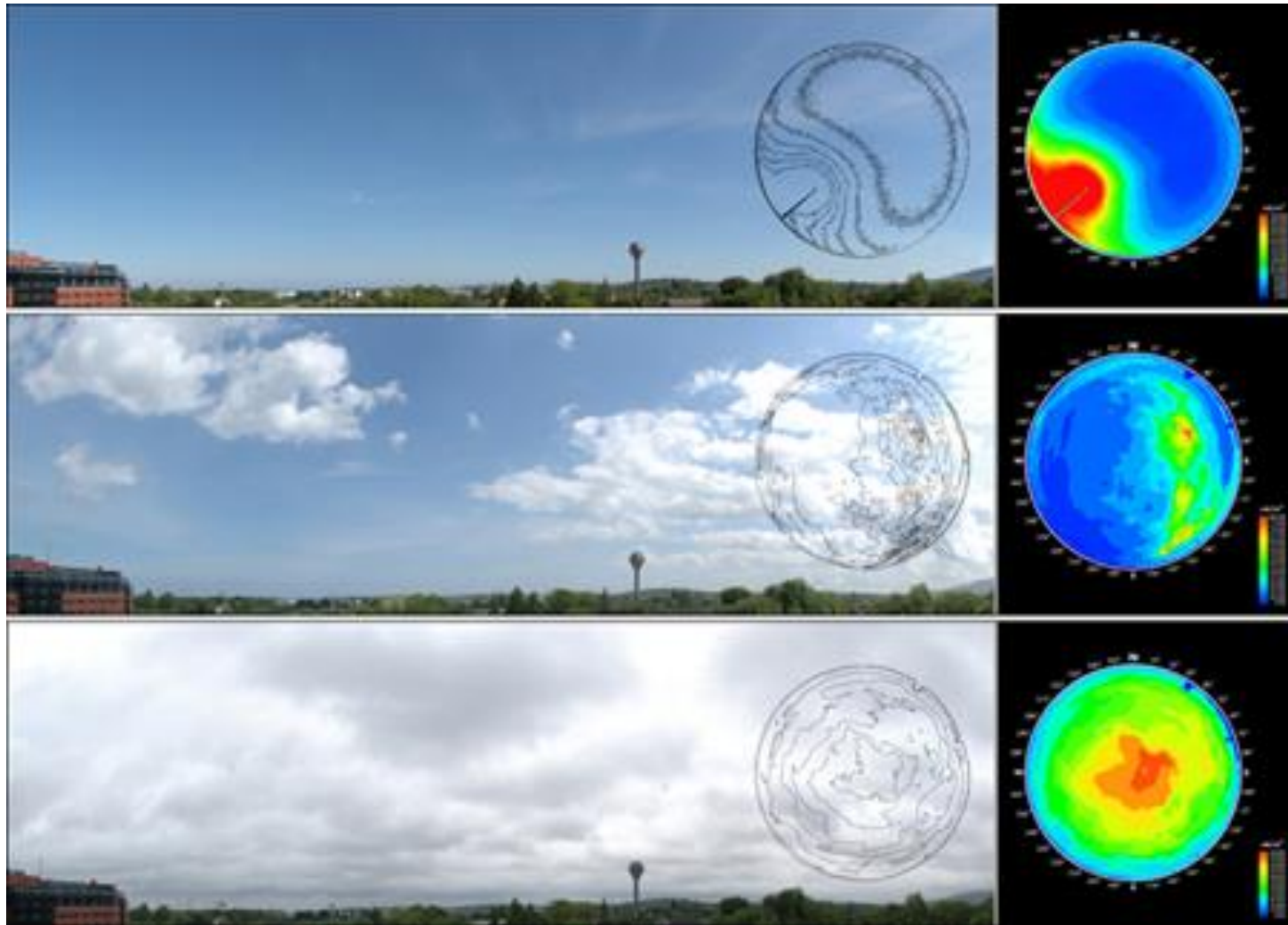


$$\times 365 \times 12 \times \left(\frac{60}{T_{step}} \right) = \text{CBDM}$$

Concetto introdotto nel 2006 da John Mardaljevic nella conferenza nazionale CIBSE (Chartered Institution of Building Services Engineers) in UK.

Prevede **analisi cumulative annuali**, dipendenti dalle condizioni celesti locali → considera nei calcoli il comportamento variabile del clima nel corso della giornata e dell'anno, in funzione di dati annuali (anno tipo).

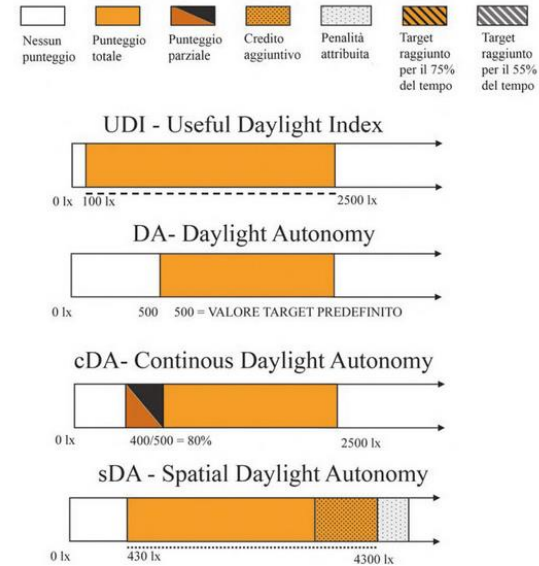
Variabilità della distribuzione luminosa celeste



Approccio attuale: CBDM

UDI - Useful Daylight Illuminance (UDI)

semplifica l'approccio di calcolo considerando il fattore umano, considerando esclusivamente l'apporto luminoso «utile» è una misura dinamica del comportamento della luce diurna che è anche basata sull'illuminamento del piano di lavoro. **Rappresenta il tempo durante il quale si verificano durante l'anno condizioni di illuminamento sui piani di lavoro che si collocano in un intervallo utile per il tipo di utenza, tipicamente 100 to 2000 lux – UDI100,2000** (al di sotto è insufficiente, al di sopra causa abbagliamento). Indicativamente maggiore del 70-80% annuale.



DSP Daylight Saturation Percentage

È una variante dell'indice UDI, che considera la percentuale del pavimento con **valori positivi tra 430 e 4300 lux** sul piano di lavoro durante le ore di occupazione (Lu-Ve, 8-15).

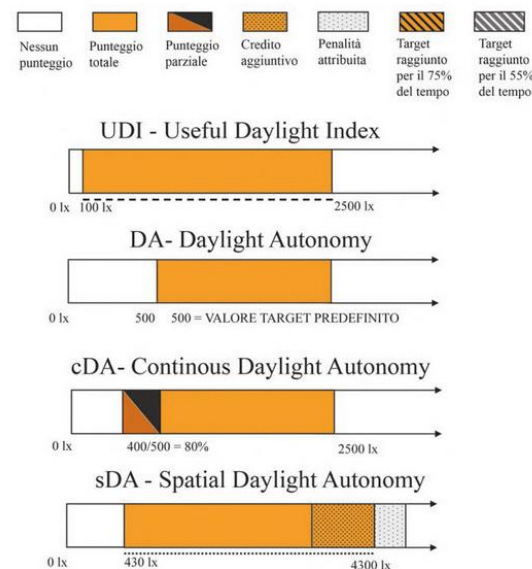
Approccio attuale: CBDM

DA Daylight Autonomy o sDA Spatial Daylight Autonomy

Autonomy approccia l'illuminazione naturale dal punto di vista del risparmio energetico per l'illuminazione artificiale. Corrisponde alla **percentuale di ore di occupazione per anno durante la quale ci si può aspettare che uno spazio sia adeguatamente illuminato sui piani di lavoro senza ricorso alla illuminazione artificiale** (es. DA500 per gli uffici). Indicativamente valori dal 40 al 60% sono considerati eccellenti.

Si veda in proposito anche l'indice LENI della norma UNI EN 15193.

cDA Continuous DA è una variante che considera anche **valori inferiori** per attività in cui non è richiesta l'illuminazione minima obiettivo, e quindi assegna punteggi parziali al di sotto del limite minimo. Analogamente **DA_{max}** studia il rischio di superamento di livelli di illuminamento «molesti».



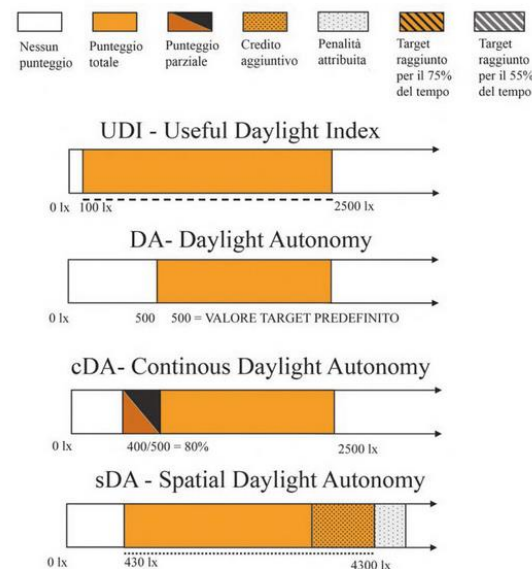
Approccio attuale: CBDM

ASE AnnualSunlight Exposure

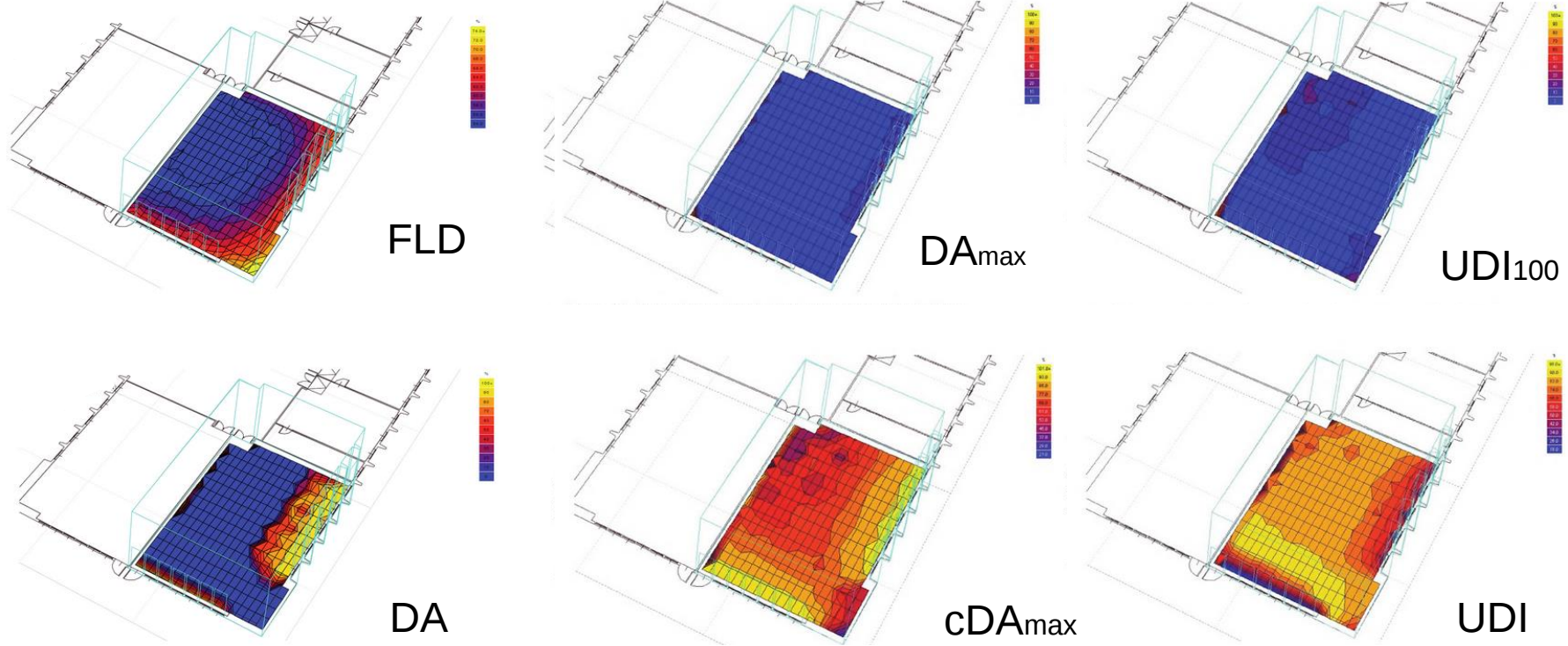
Verifica l'eccesso di illuminazione.

L'esposizione di luce annua è definita come **la quantità cumulativa di luce incidente visibile in un punto** di interesse nel corso dell'anno.

Può essere espressa in lux h/anno.



Progettazione CBDM



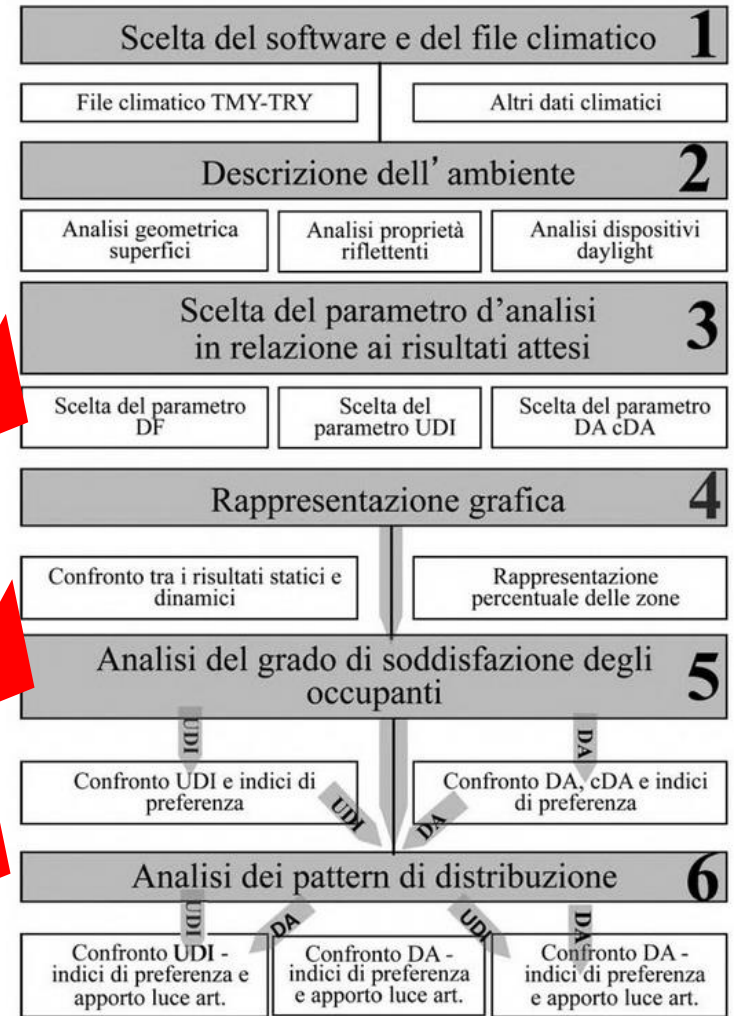
x	y	z	DF	DA	cDA	DA _{max}	UDI ₁₀₀	UDI ₁₀₀₋₂₀₀	UDI _{2000%}	DSP
			%	%	%	%	%	%	%	
1.23	5.88	0.09	14,8	93	96	16	3	35	62	62
1.29	5.88	0.09	10,8	91	95	11	3	50	47	81
1.35	5.88	0.09	7,8	88	94	6	3	65	32	87
1.40	5.88	0.09	5,3	83	92	3	4	76	21	86
1.46	5.88	0.09	3,6	75	88	2	5	82	14	79
1.51	5.88	0.09	2,5	66	84	2	6	85	9	71
1.57	5.88	0.09	2,2	62	82	2	7	87	5	58
1.57	5.88	0.09	1,8	53	78	2	8	87	2	54
1.63	5.88	0.09	1,6	49	76	0	9	89	1	52

La vera difficoltà diventa interpretare e correlare tutti gli indici tra di loro!

Approccio tradizionale



Nuovi approcci «ongoing»



Gli Strumenti

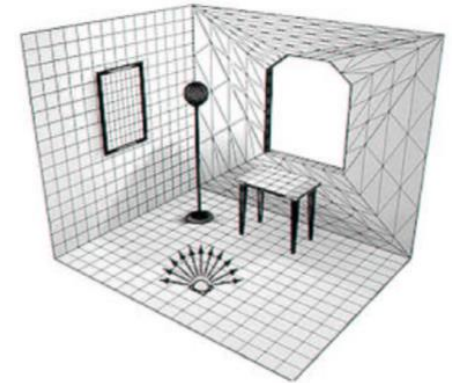
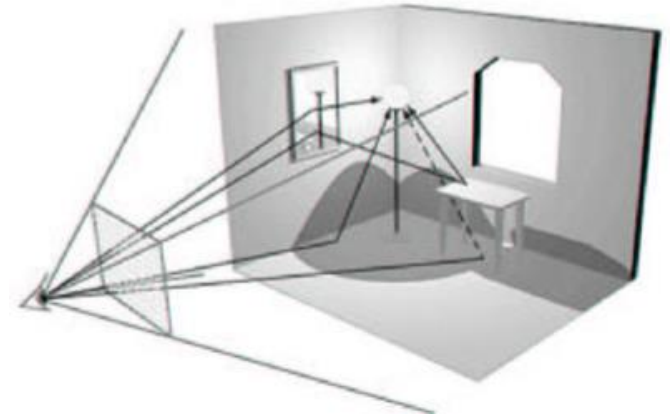


Manens-Tifs
ingegneria

Software

Ad oggi esistono numerosi software che permettono di valutare tutti (o alcuni) aspetti dell'illuminazione:

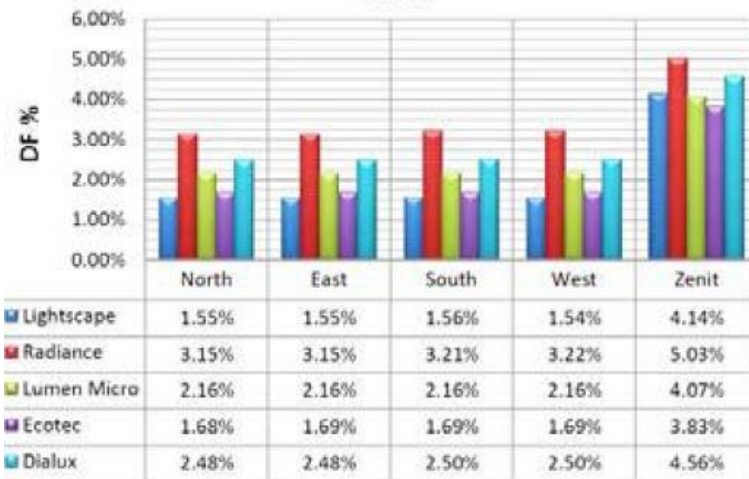
- ✓ Superlite
- ✓ Lightscape
- ✓ Mentalray-3D Studio Max
- ✓ Litestar
- ✓ Genelux
- ✓ Adeline
- ✓ Daysim
- ✓ RADIANCE
- ✓ Ecotect
- ✓ Relux
- ✓ Dialux
- ✓ Diva/Grasshopper per Rhino
- ✓ ...



I codici di calcolo sono basati principalmente su raytracing e radiosity

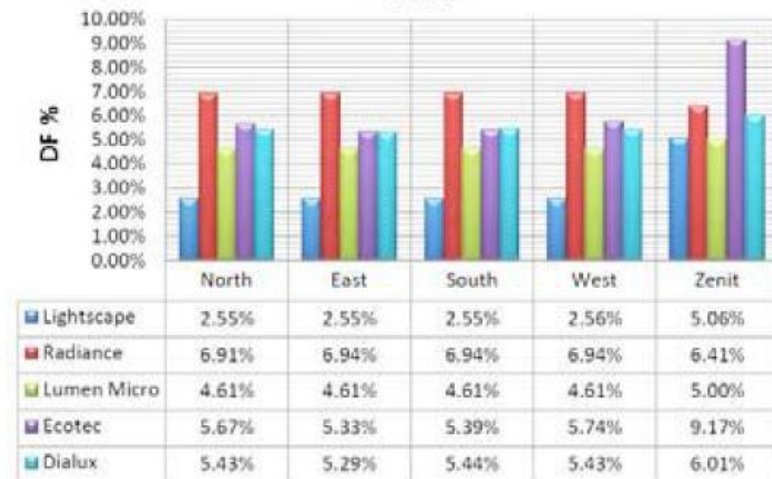
Non tutti i software forniscono lo stesso risultato

DAYLIGHT FACTOR - cielo coperto standard
21 giugno



valori rilevati in relazione all'orientamento dei fronti

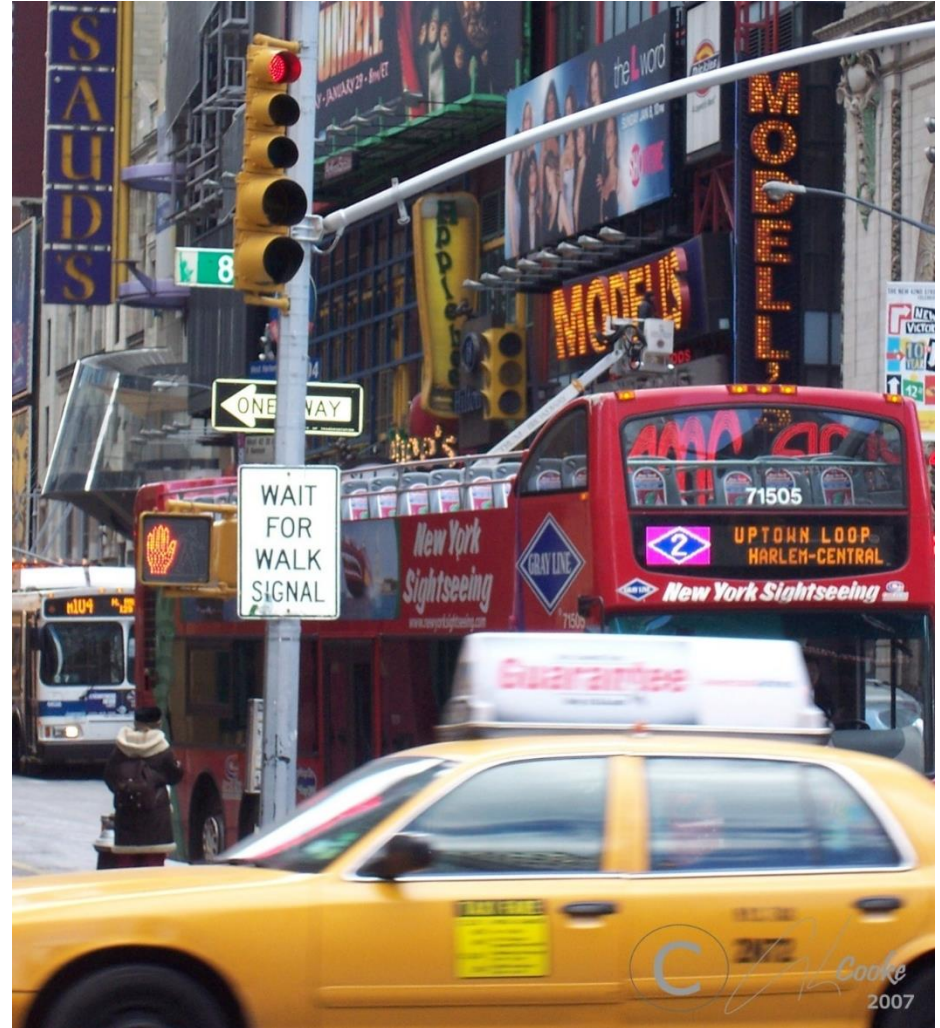
DAYLIGHT FACTOR valori massimi - cielo coperto standard
21 giugno



valori rilevati in relazione all'orientamento dei fronti

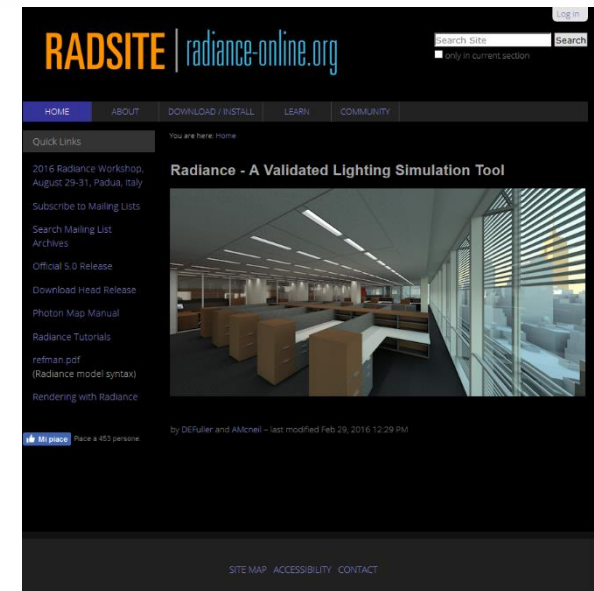
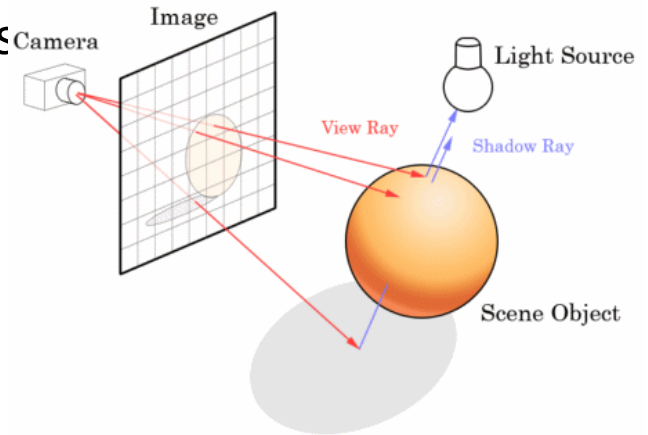
Traffic Light in New York are just rough guidelines

David Letterman



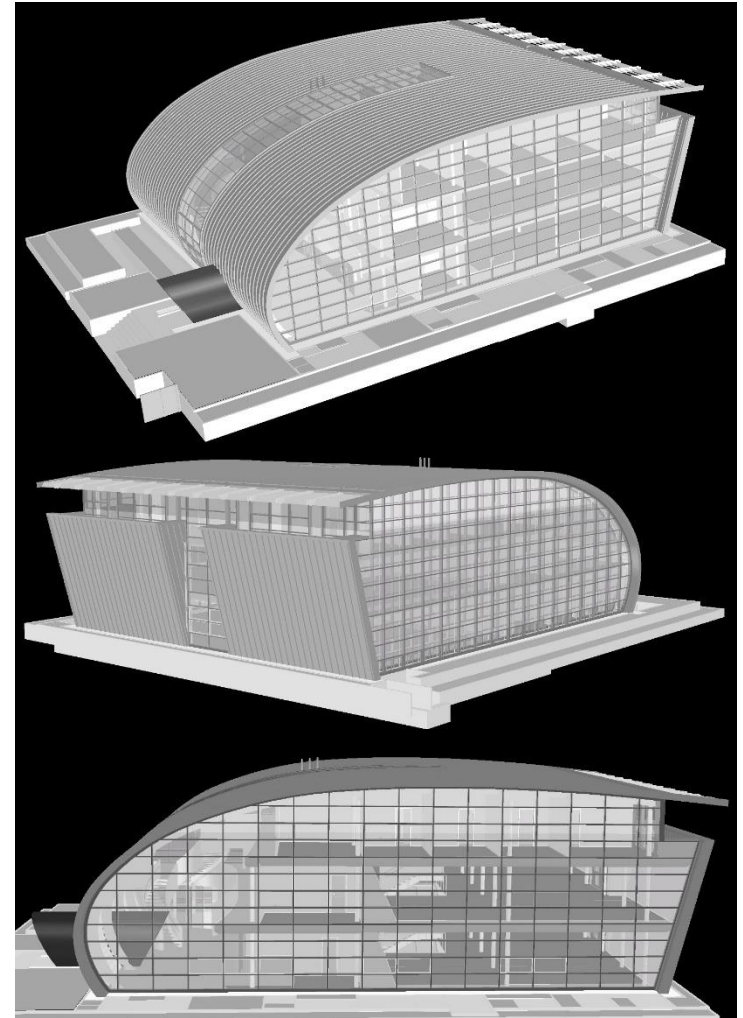
Il software RADIANCE

- ✓ E' una **suite di programmi** che permette in fase di progettazione l'analisi e la **visualizzazione del progetto illuminotecnico**.
- ✓ Utilizza l'**algoritmo di ray-tracing** inverso (parte dalla sorgente) accoppiato al metodo stocastico Montecarlo per l'emissione dei raggi tenendo conto delle **caratteristiche proprie dei materiali** di trasmissione, riflessione e diffusività.
- ✓ **Radiance** è utilizzato per prevedere l'illuminazione, la qualità visiva e l'aspetto degli spazi in progetti innovativi:
 - ✓ Rendering e viste fotorealistiche
 - ✓ Luminanza e Illuminamento
 - ✓ Indici di abbagliamento
 - ✓ Indici CBDM e FLD

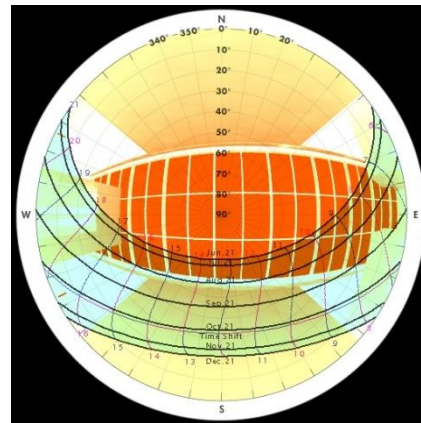
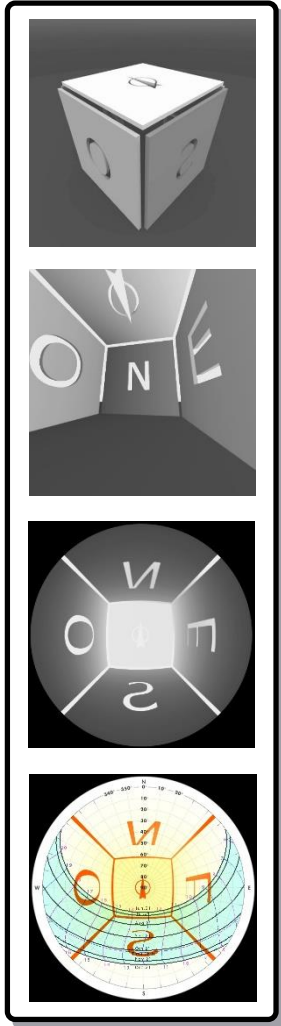


Un esempio di studio: TiFS HQ (Padova)

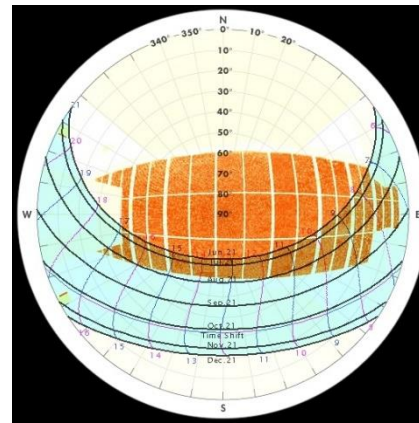
TiFS HQ (Padova)



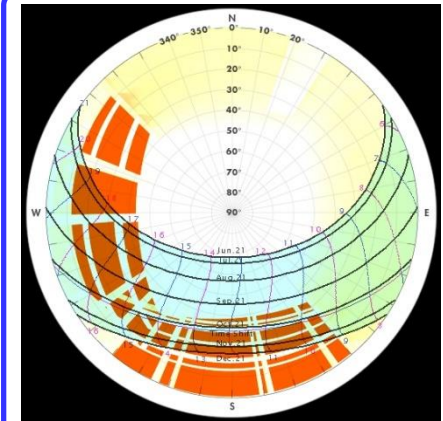
Analisi solari interne ed esterne



Non Schermato

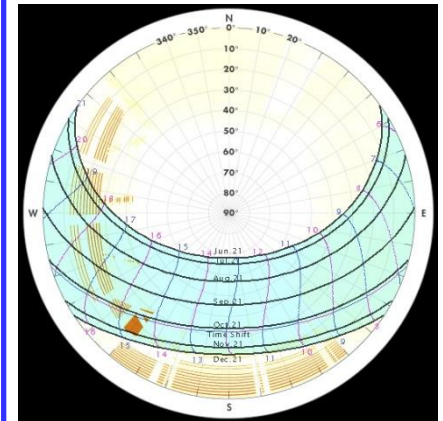
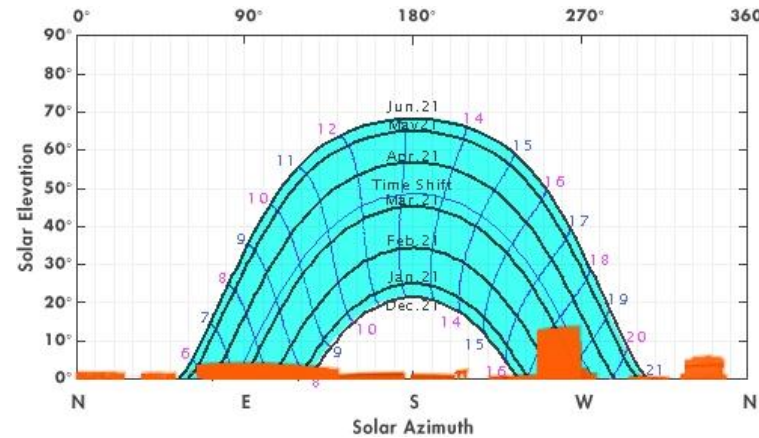


Schermato



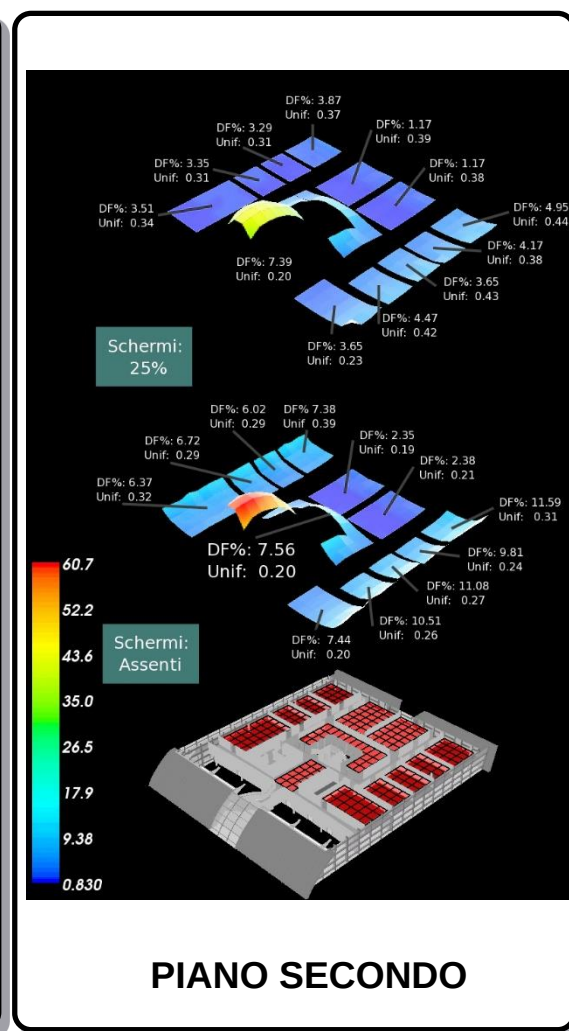
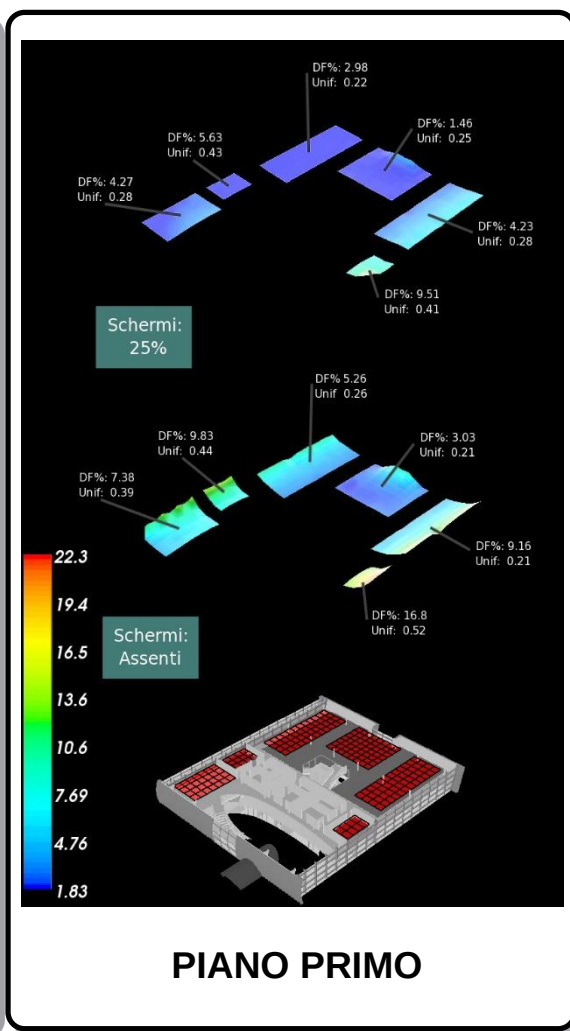
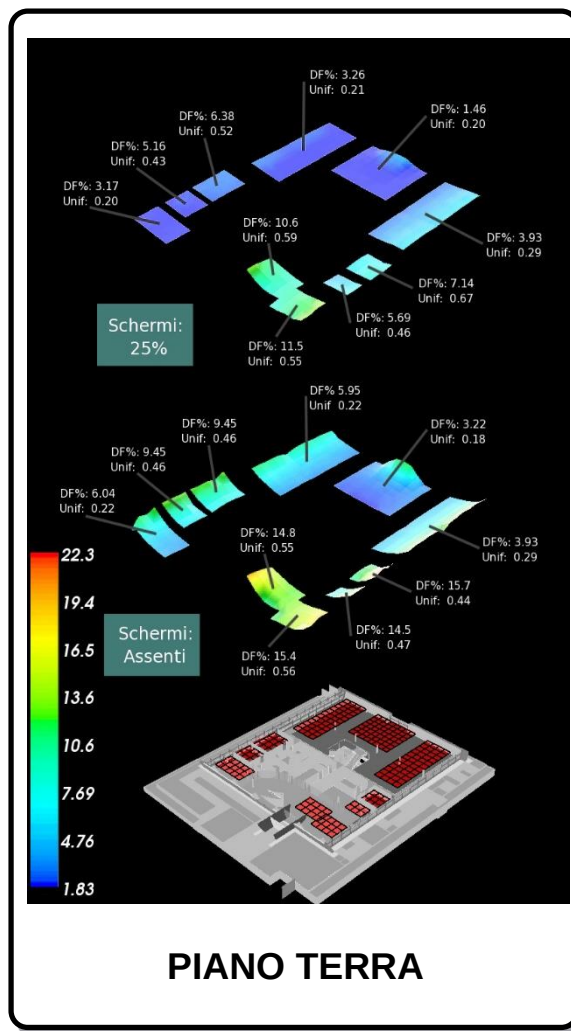
Non Schermato

Diagramma cilindrico

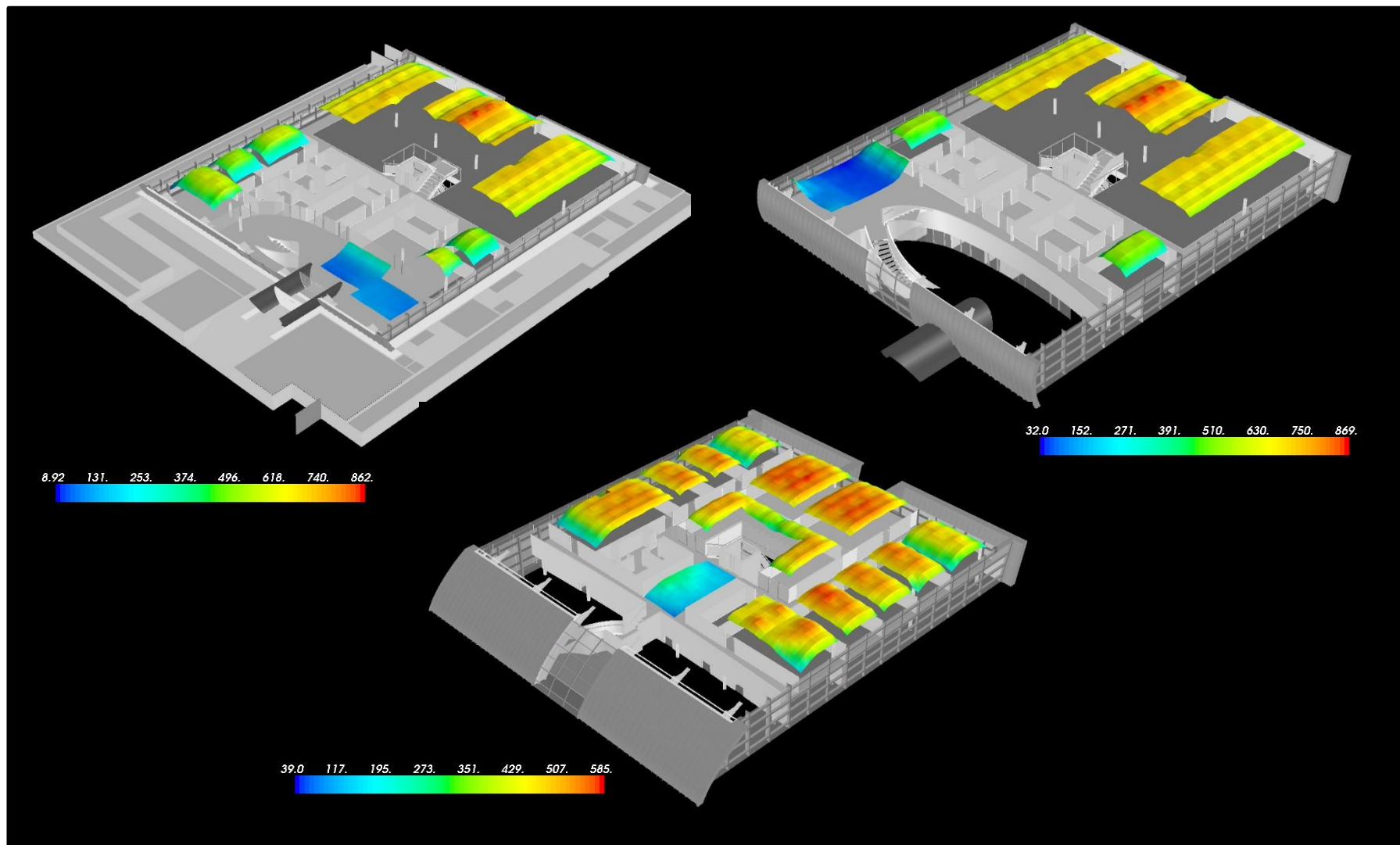


Schermato

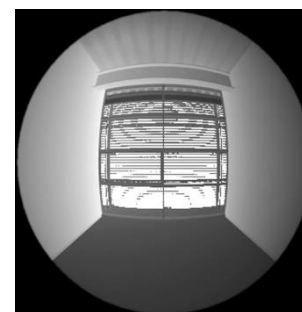
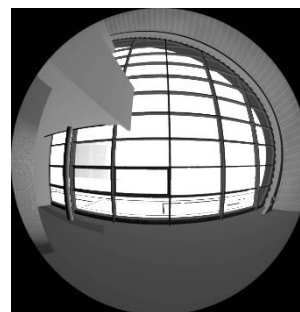
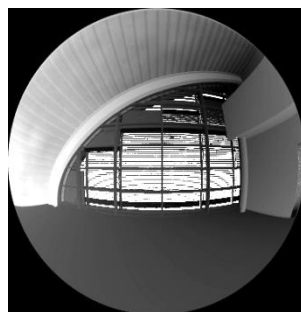
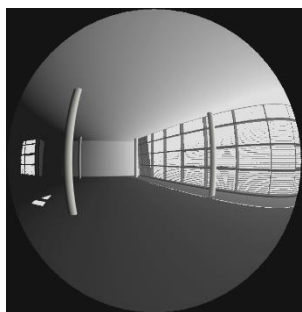
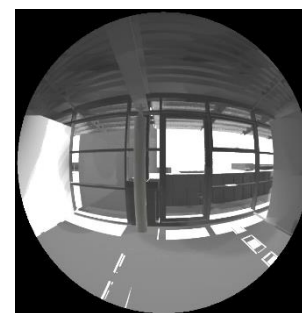
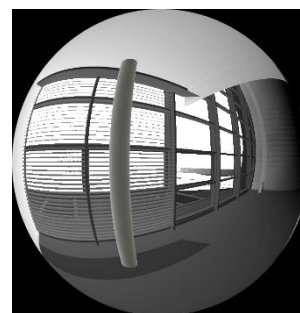
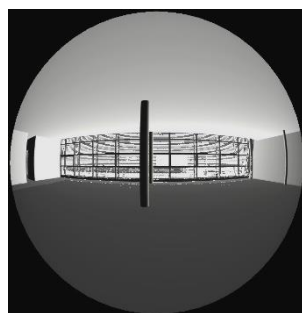
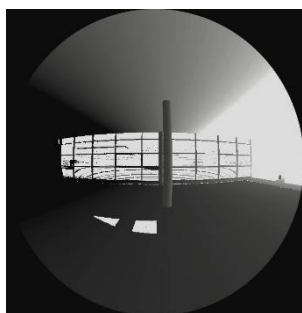
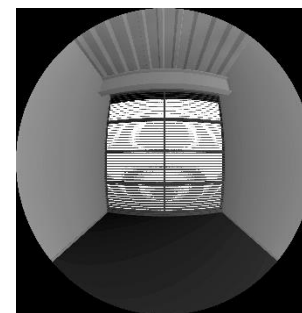
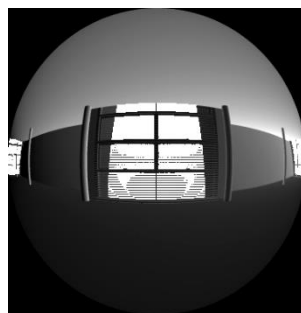
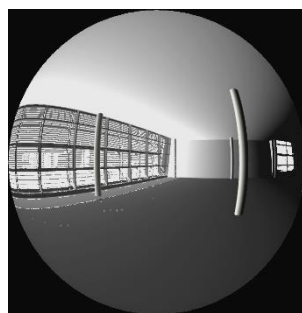
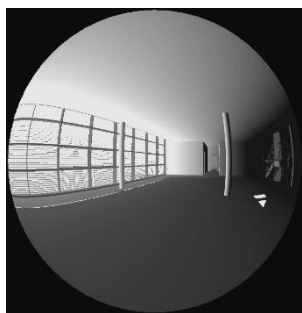
Verifica della luce naturale (con schermi variabili)



Verifica della luce artificiale



Abbagliamento per luce naturale (DGI)



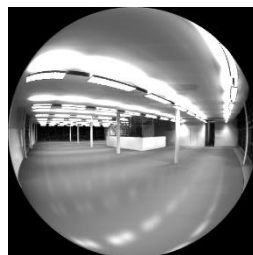
Abbagliamento per luce artificiale (VCP)



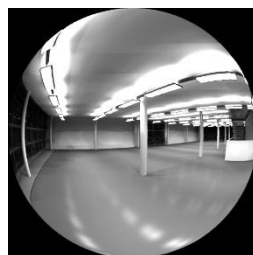
4.7 [99%]



3.3 [99%]



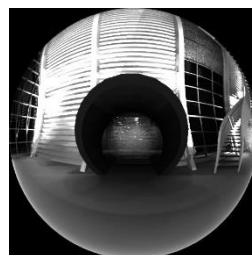
5.1 [98%]



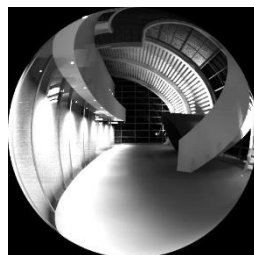
4.3 [99%]



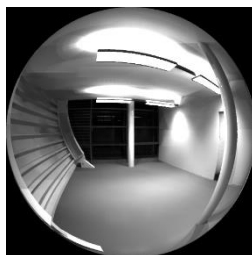
7.4 [94%]



5.7 [99%]



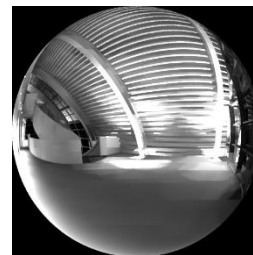
8.6 [80%]



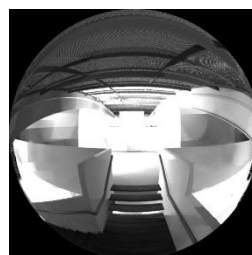
10.9 [90%]



13.2 [80%]



18.5 [48%]



14.8 [69%]



20.1 [27%]



12.9 [81%]



17.5 [33%]



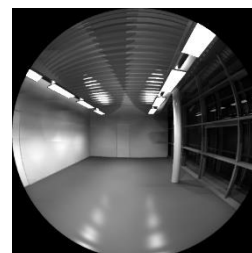
18.3 [50%]



10.9 [90%]



7.3 [97%]



10.1 [93%]

Rendering esterni

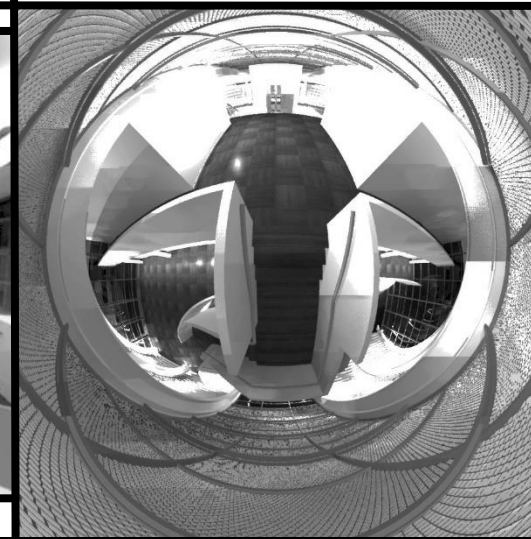


LUCE NATURALE

LUCE ARTIFICIALE

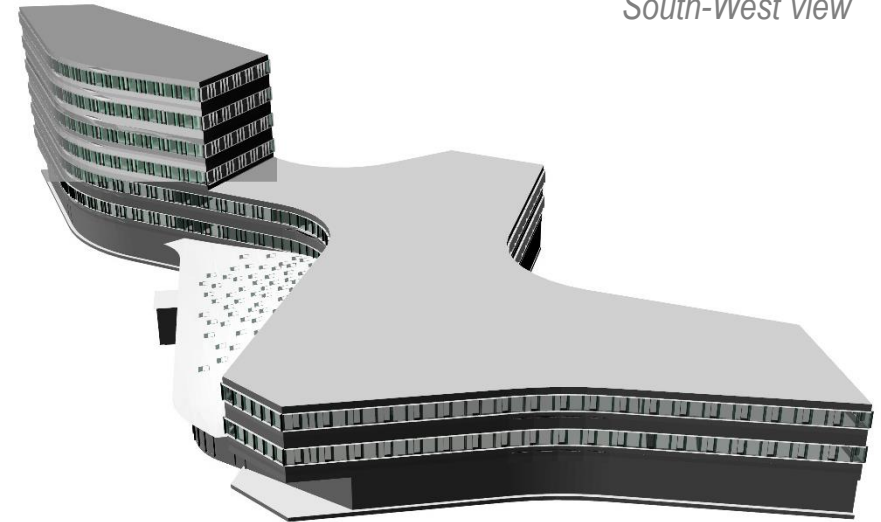


Viste degli interni

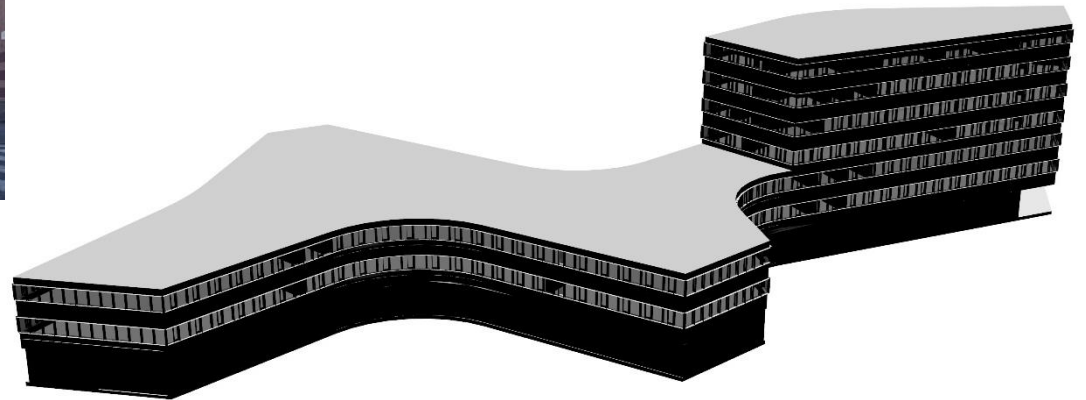


Un secondo esempio integrato: Edificio Lavazza a Torino

Geometria di calcolo (Rhino+DIVA)

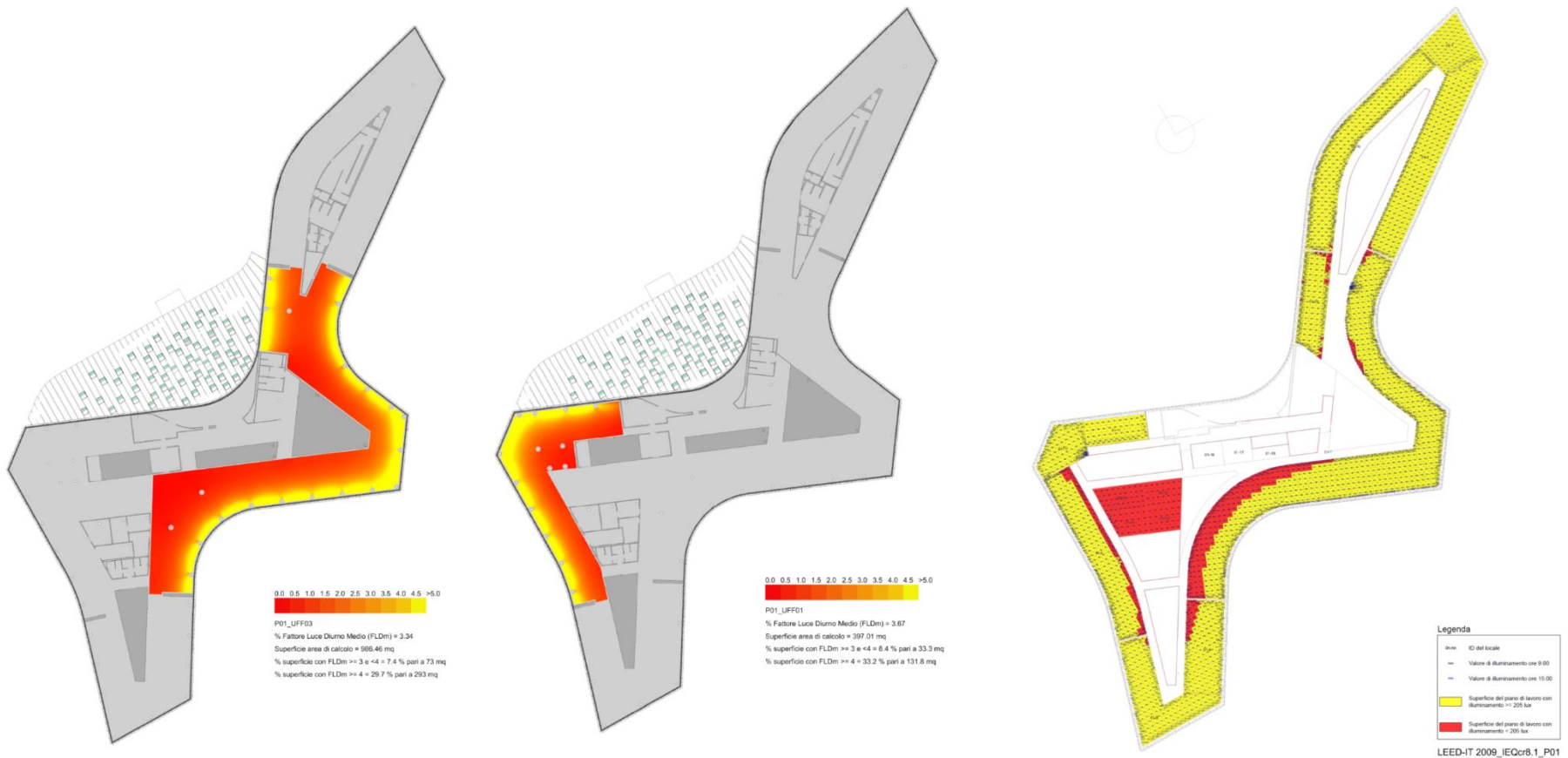


South-West view



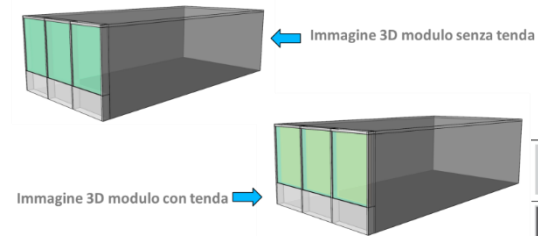
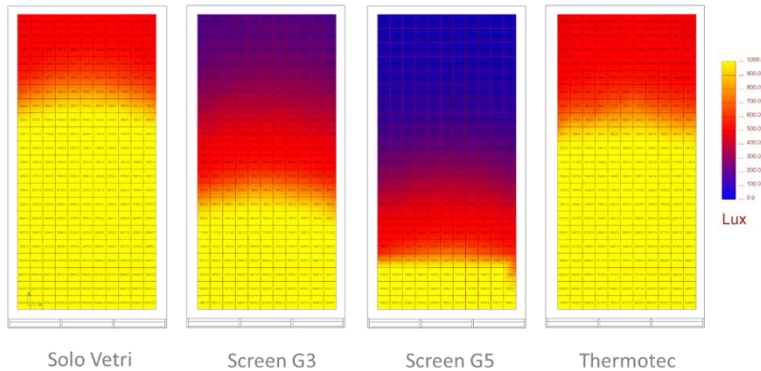
South-East view

FLD e LEED IEQc8.1 Compliance



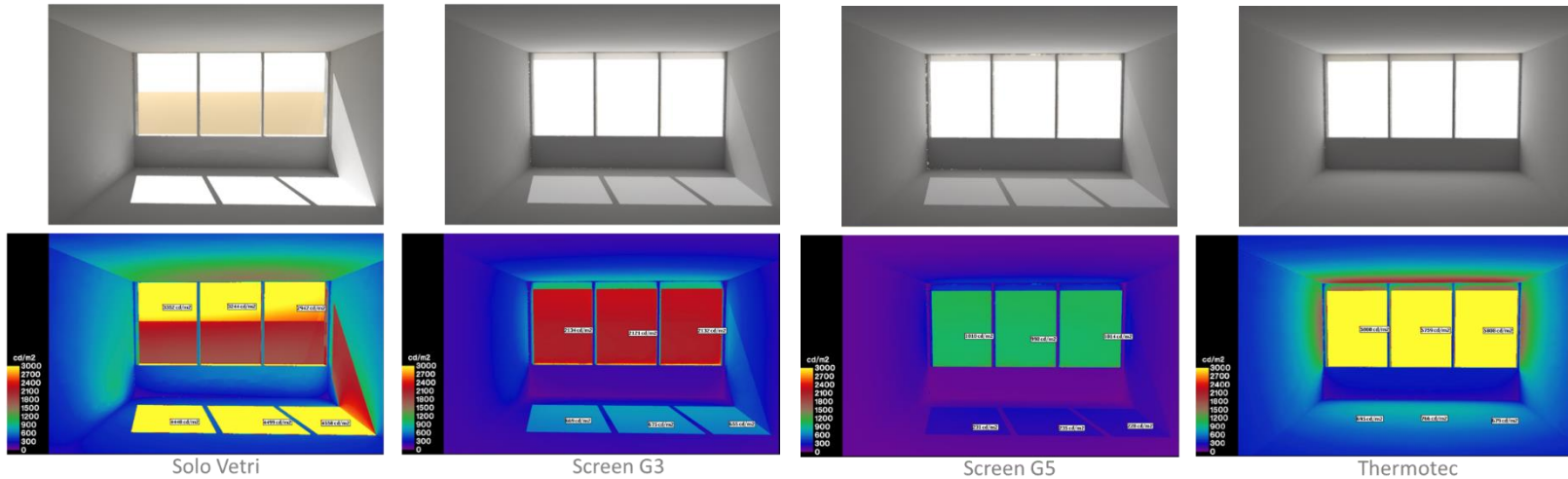
Studio delle schermature interne

ESPOSIZIONE SUD - 21 Marzo ore 12:00

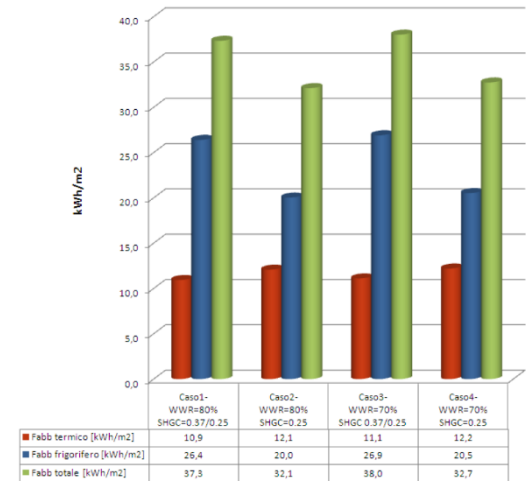
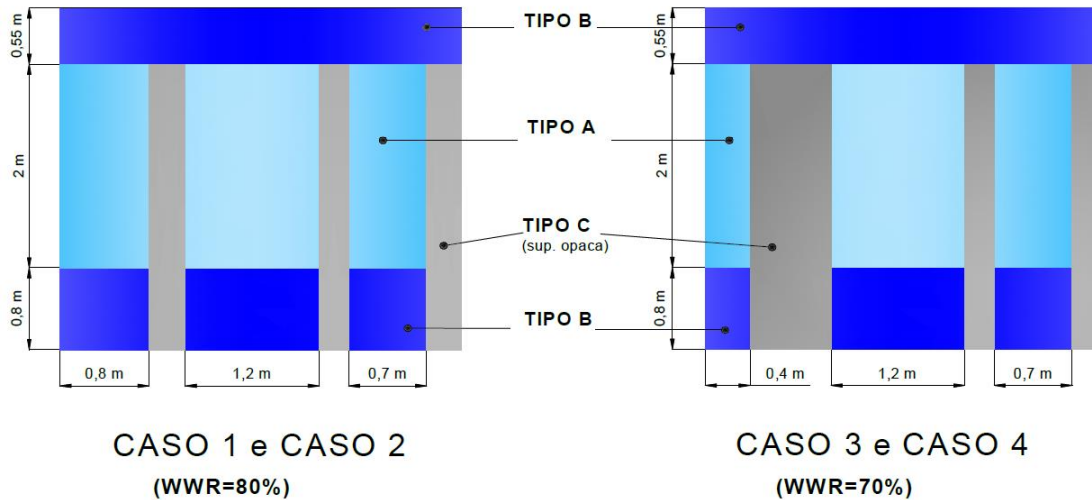
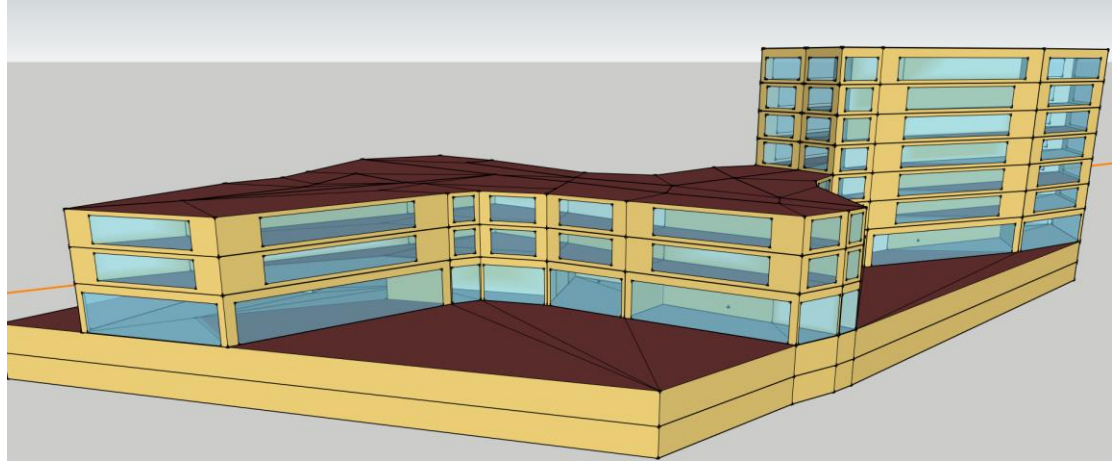


	SCREEN G3	SCREEN G5	THERMOTEC
INDICAZIONE DELLA QUANTITÀ DI ENERGIA SOLARE CHE PENETRA NELLA SALA DA VIVERE CON LA SCHEDA IN POSIZIONE CHIUSA.	10%	3%	0%
INDICAZIONE DELLA QUANTITÀ DI ENERGIA SOLARE CHE PENETRA NELLA SALA DA VIVERE CON LA SCHEDA IN POSIZIONE APERTA.	12%	11%	52%
INDICAZIONE DELLA QUANTITÀ DI ENERGIA SOLARE CHE PENETRA NELLA SALA DA VIVERE CON LA SCHEDA IN POSIZIONE APERTA E CON LA SCHEDA IN POSIZIONE CHIUSA.	82%	64%	48%

Esposizione SUD - 21 marzo, ore 12:00



Studio del rapporto energia/luce - vuoti/pieni

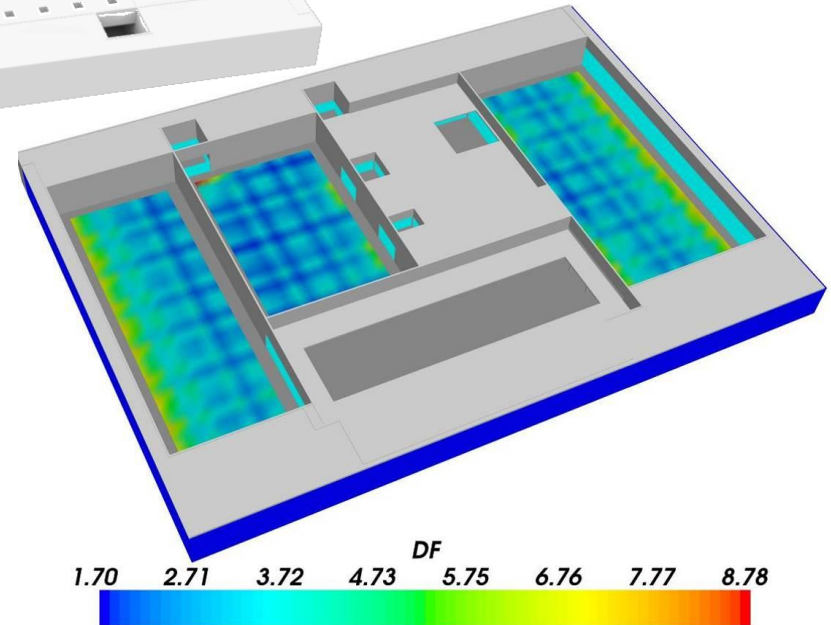
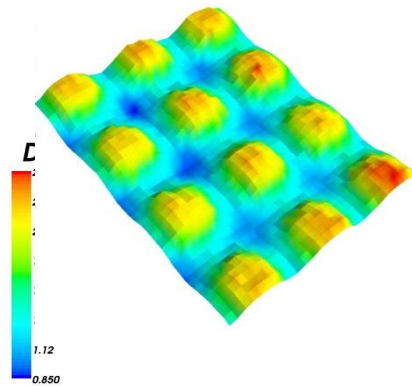
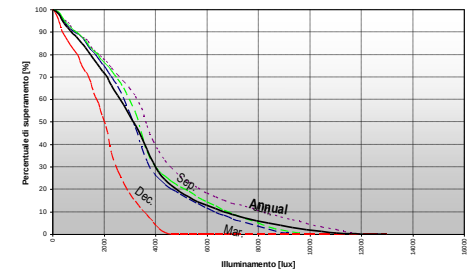
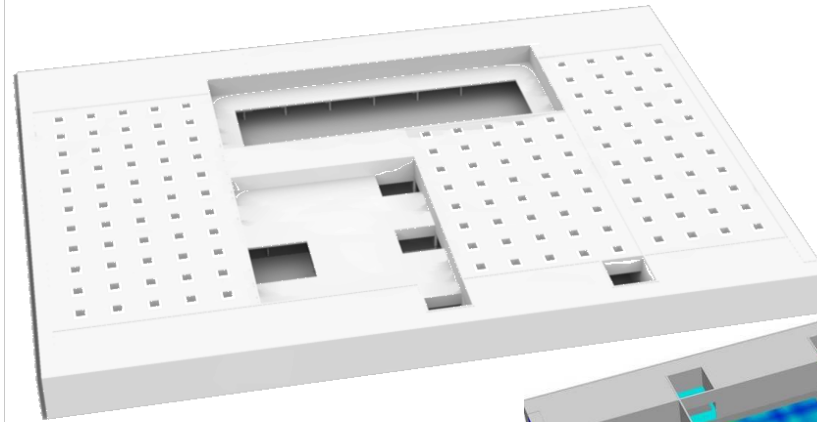


Altri esempi

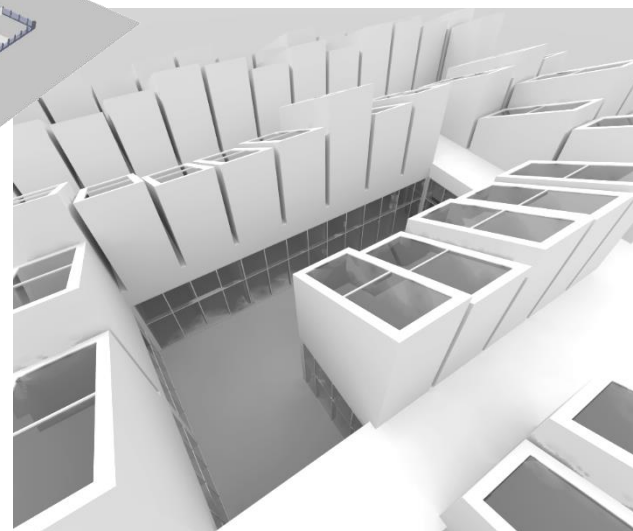
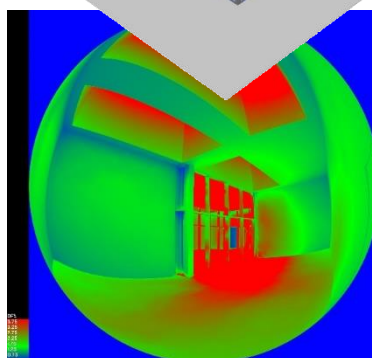
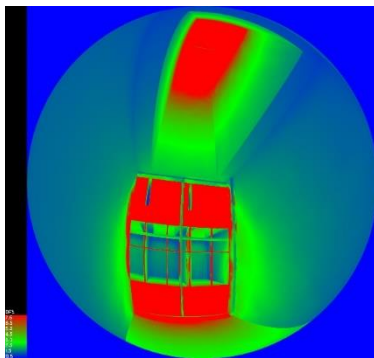
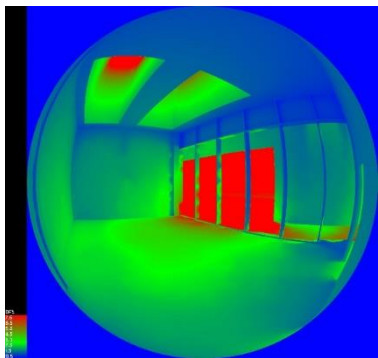
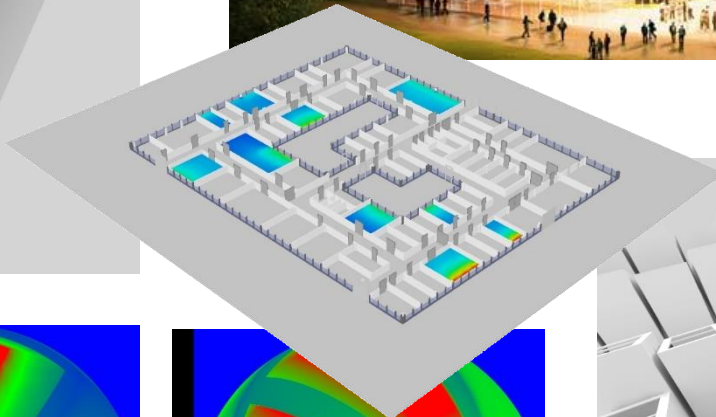
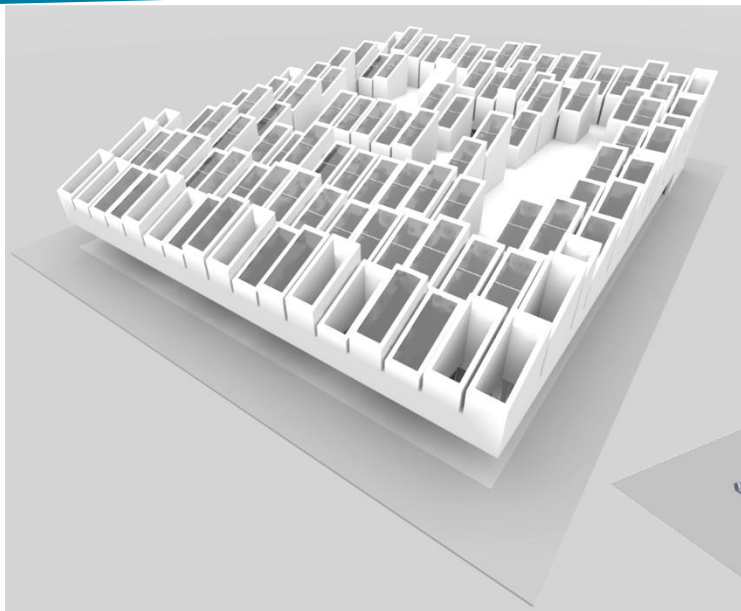


Manens-Tifs
ingegneria

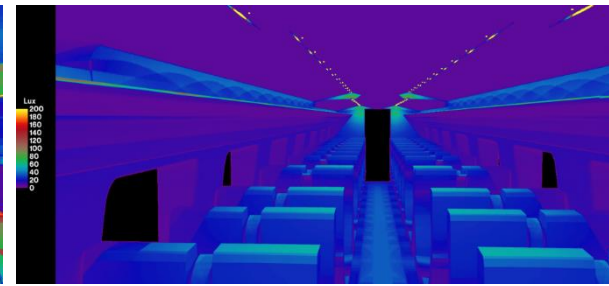
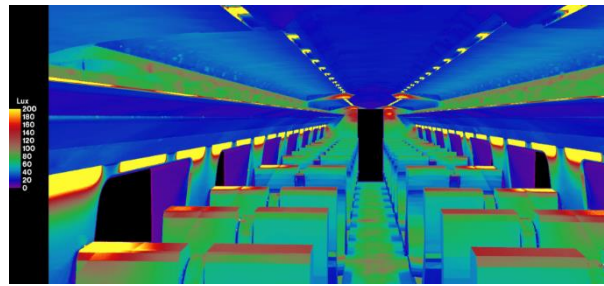
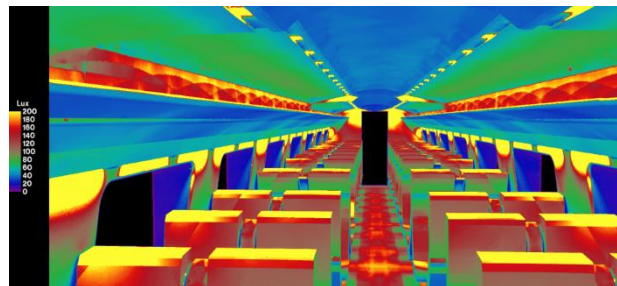
Studio delle soluzioni di illuminazione zenitale



Studio della penetrazione solare



Studio dell'illuminazione artificiale nei treni



Full Light Mode

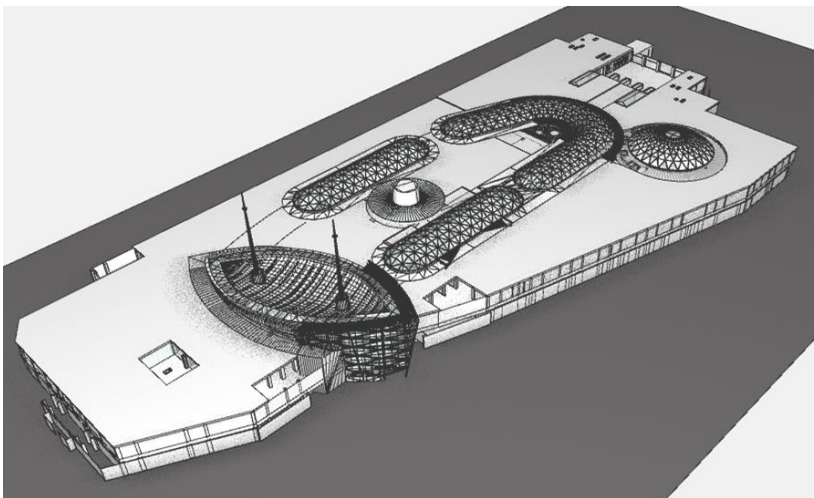


Half Light Mode

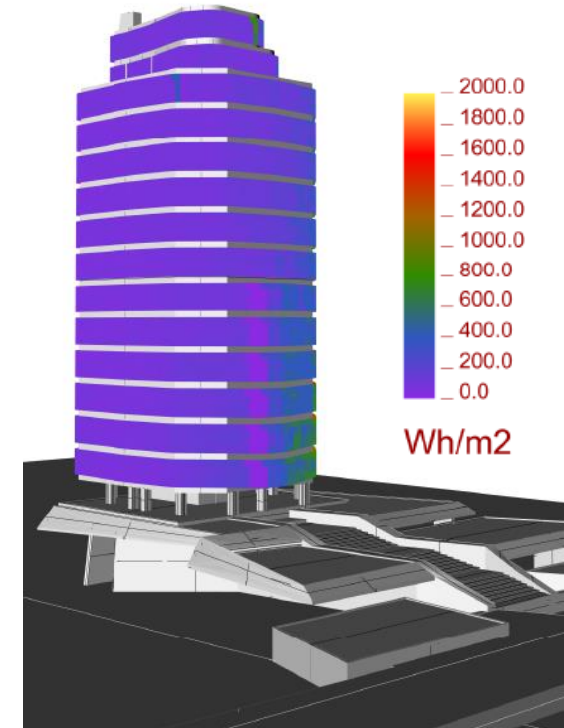
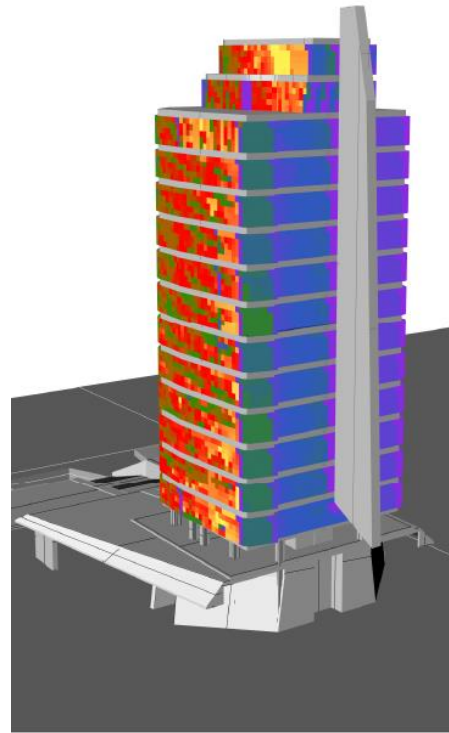
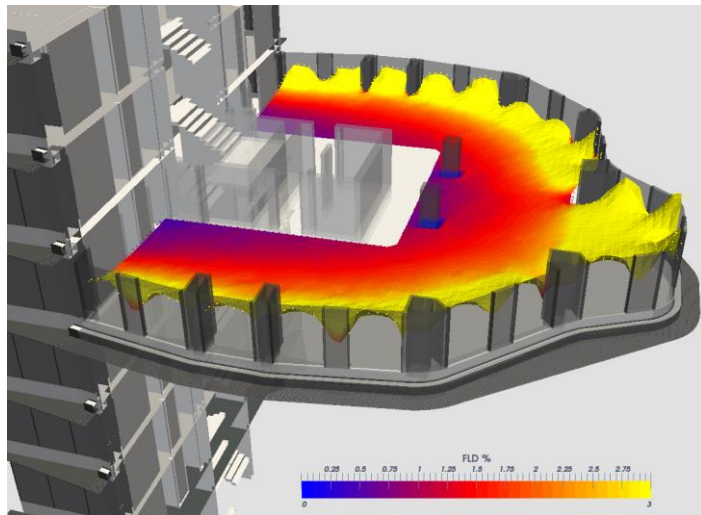
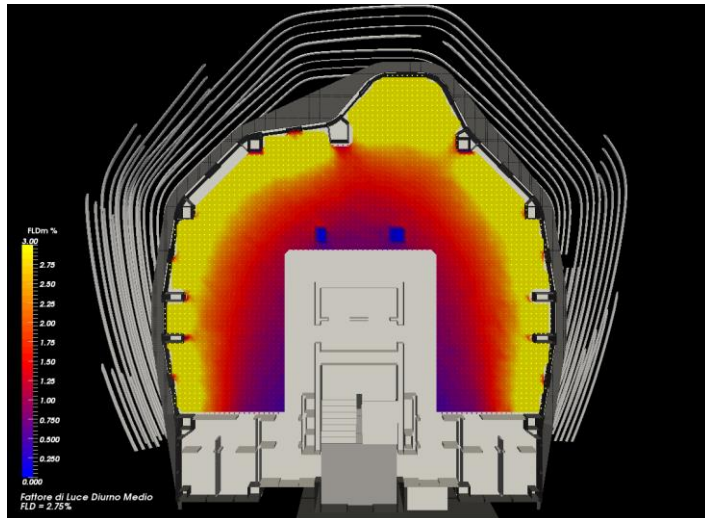


Emergency Light Mode

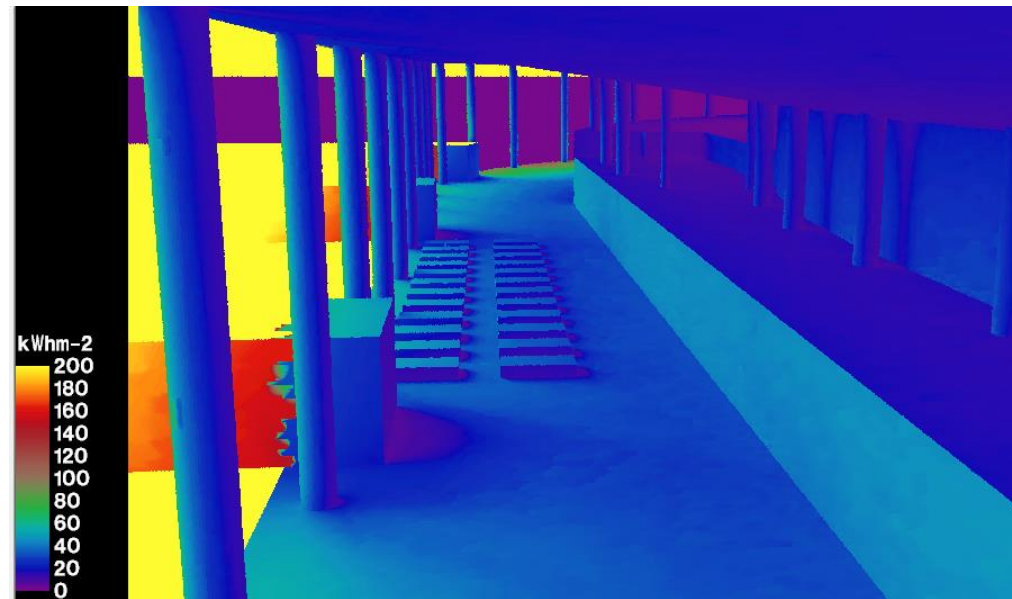
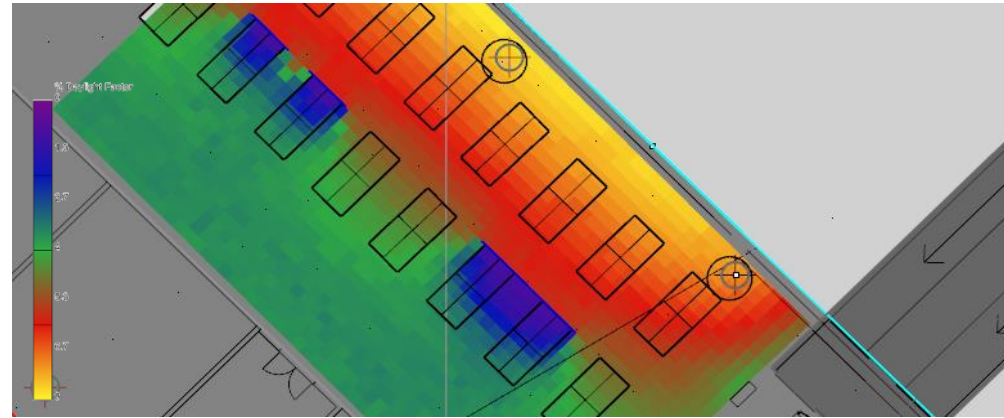
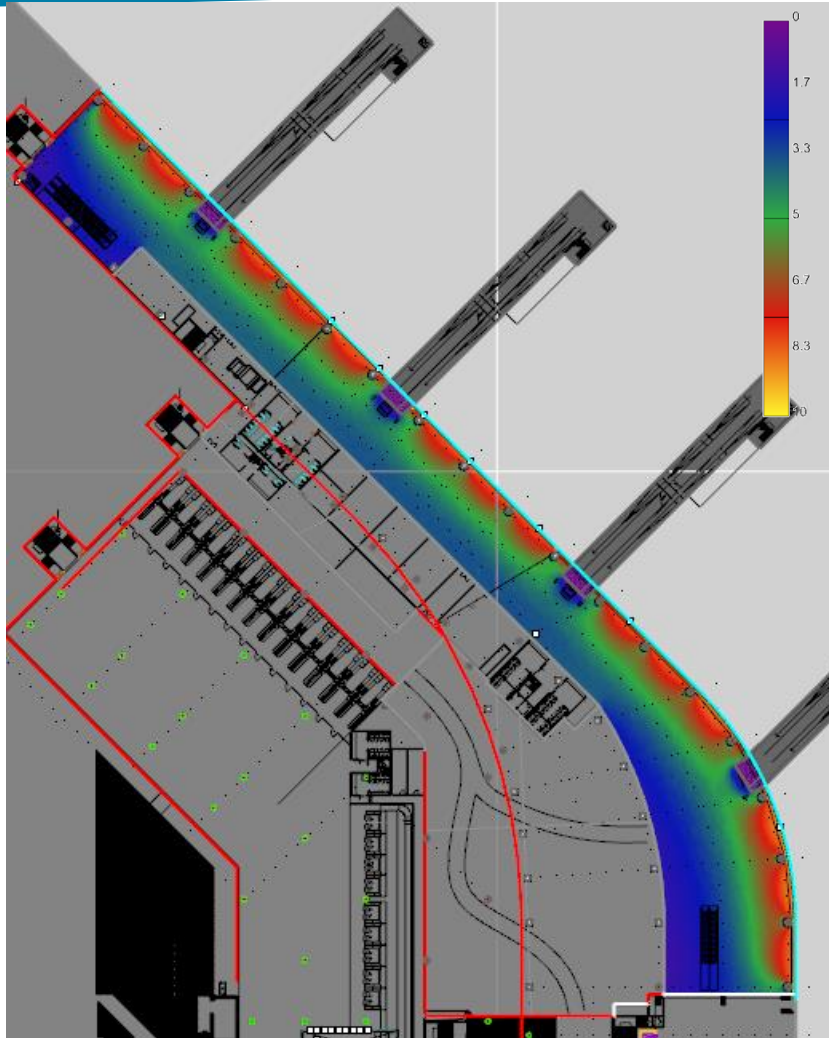
BREEAM EA1 Compliance



LEED compliance



Studio di ASE, FLD e DGP



Studio della luminanza con soluzioni diverse

Edificio senza schermature:
Rendering

No tenda



21/06 08.00

inserimento tenda superiore
TL=5%



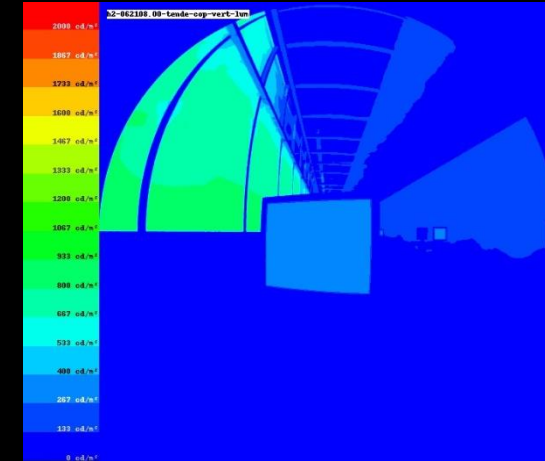
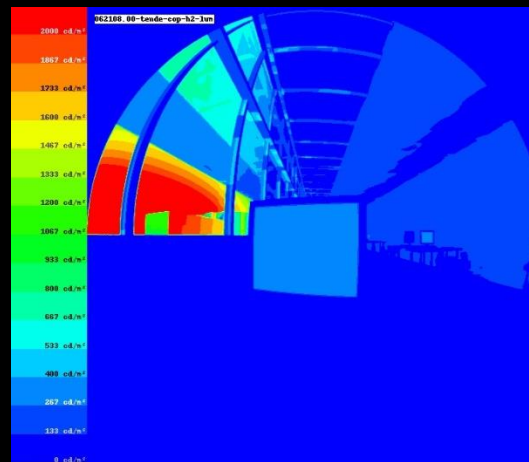
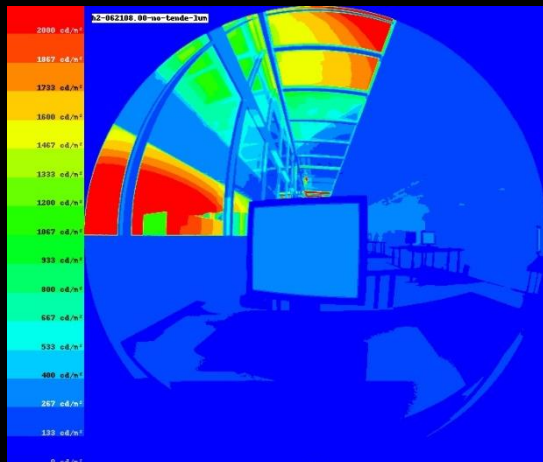
21/06 08.00

inserimento tenda superiore
TL=5% + tenda su esterna su
facciata TL=65%



21/06 08.00

Verifica della luminanza
(campo scala: 0 ÷ 2.000 cd/m²)



Conclusioni

- ✓ Nonostante recenti studi abbiano dimostrato come **gli effetti visivi e non visivi della luce** abbiano un forte **impatto sulla salute umana** e su aspetti determinanti in termini di **risparmio energetico**, la cultura tecnica manca ancora di consapevolezza nei confronti degli elevati potenziali della luce e sui metodi per valutarla e calcolarla.
- ✓ La luce del giorno, con il suo **carattere altamente variabile e aleatorio**, si modifica, cambia aspetto e varia con il tempo, fornendo all'ambiente **prestazioni luminose sempre differenti**, ma al tempo stesso assicurando una **condizione di comfort globale** difficilmente raggiungibile con l'esclusivo ricorso a sistemi tecnologici artificiali.
- ✓ Un uso corretto e consapevole delle possibilità insite negli strumenti per il daylight non solo per **illuminare gli ambiente e aggiungere enfasi architettonica**, ma anche per aerare e offrire una **vista dell'esterno** costituisce un efficace mezzo per la creazione di un **soddisfacente ambiente interno** e per la **razionalizzazione dei consumi energetici**.
- ✓ Oggi **abbiamo gli strumenti per progettare con consapevolezza**, ma manca ancora la cultura tecnica e, soprattutto, il riconoscimento dell'importanza della gestione dell'illuminazione da parte degli utenti e dei committenti.

Grazie per... la pazienza!

Ing. Andrea Fornasiero

Email: aforneasiero@manens-tifs.it

Tel: +39 049 870 5110

