3.3.2. Tính toán thiết kế chiếu sáng tự nhiên

Ánh sáng ban ngày và ánh sáng Mặt trời: Ánh sáng từ mặt trời có thể đến trực tiếp hoặc được khuếch tán qua khí quyển, tạo thành ánh sáng ban ngày.

Các điều kiện bầu trời: Bầu trời đầy mây tạo ra ánh sáng khuếch tán, với độ chói thay đổi theo góc cao.

Độ rọi ban ngày: Sự thay đổi của độ rọi tự nhiên theo thời gian và địa điểm, đặc biệt dưới điều kiện bầu trời đầy mây.

Phân bố độ chói: Ánh sáng mặt trời qua cửa sổ có thể gây chói lóa, tùy thuộc vào mùa và hoạt động thị giác.

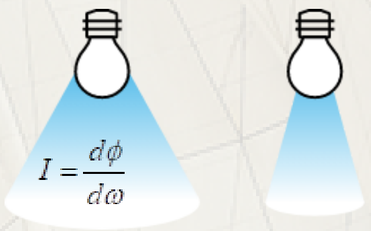
Giảm chói lóa: Sử dụng kính có độ xuyên sáng thấp, tăng độ chói xung quanh, và áp dụng các kết cấu bảo vệ để giảm chói lóa từ ánh sáng tự nhiên.

Đại lượng vật lý và đơn vị ánh sáng

- **Candela (cd):** Đây là đơn vị cơ bản đo cường độ ánh sáng theo hướng nhất định. Một candela tương đương với cường độ sáng của một nguồn sáng phát ra một lumen quang thông qua một góc rắn một steradian.
- **Steradian (sr):** Là đơn vị đo góc rắn, tương tự như đơn vị đo góc mở trong hình học hai chiều. Góc rắn một steradian là góc rắn từ tâm của một hình cầu mà cắt ra một diện tích bề mặt hình cầu bằng với bình phương của bán kính hình cầu đó.
- **Lumen (lm):** Đây là đơn vị đo lượng ánh sáng tổng cộng phát ra từ một nguồn sáng. Trong hình ảnh, nguồn sáng đang phát ra 4π lumens ánh sáng isotropic, nghĩa là nó phát ra đều theo mọi hướng trong không gian xung quanh nó.
- **Illuminance (E):** Là đơn vị đo lượng ánh sáng chiếu xuống một diện tích nhất định, đo bằng lux (lx). Nó được tính bằng công thức **E = I/d^2**, nơi I là cường độ sáng (candela), và d là khoảng cách từ nguồn sáng đến bề mặt đang được chiếu sáng. Điều này cho thấy rằng ánh sáng trở nên yếu đi khi nó lan ra xa hơn từ nguồn.

$$Q = \int_{t_1}^{t_2} \phi(t)dt$$

Lượng ánh sáng (Light quantity): Đo bằng lm.s, tổng quang thông phát ra từ một nguồn sáng trong một khoảng thời gian nhất định.

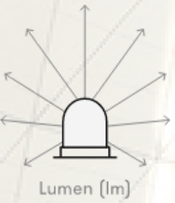


Cường độ quang thông (I, Luminous intensity): Đo bằng candela (cd = lm/sr), tỷ lệ giữa lumen và góc chiếu, cung cấp thông tin về lượng ánh sáng chiếu theo một hướng nhất định.

Độ sáng hay độ chói L (Luminance): Đo bằng cd/m², đo ấn tượng về độ sáng của một bề mặt, nhận biết bởi mắt người.

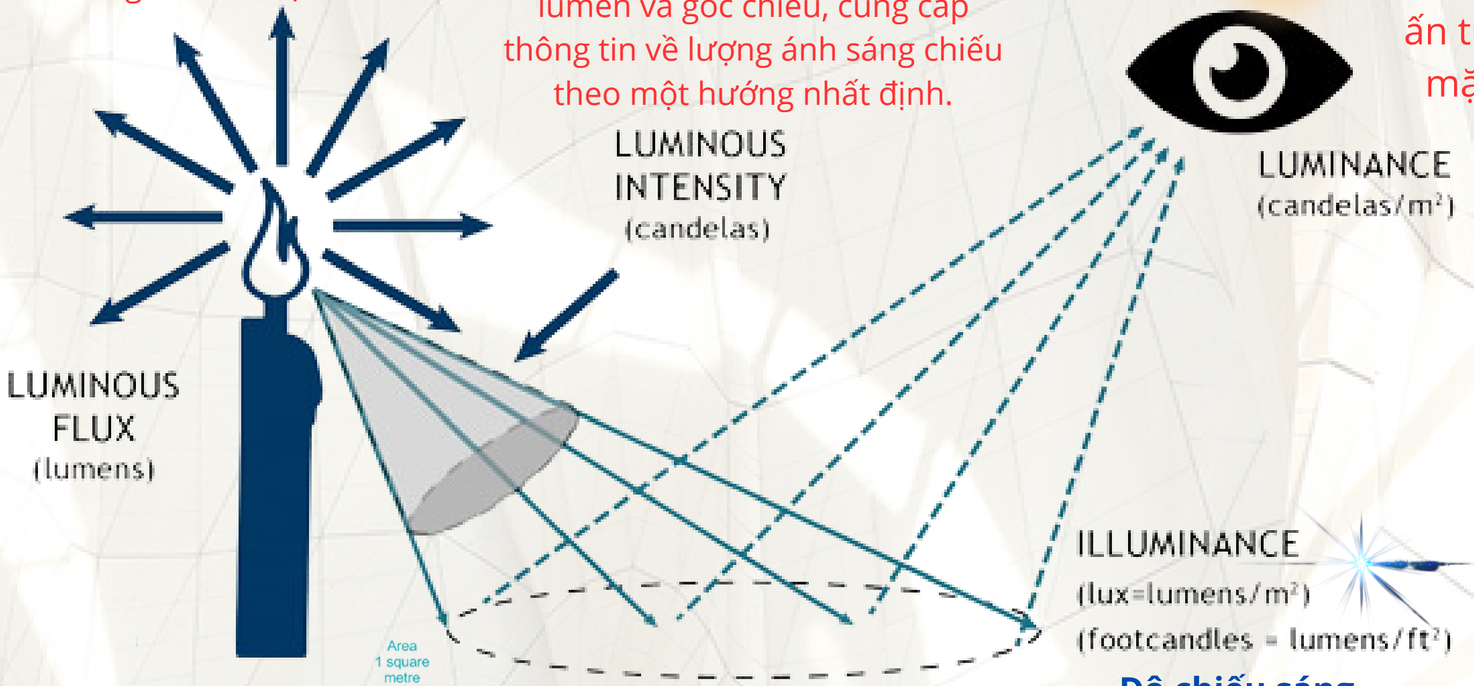
$$L_\theta = \frac{dI_\theta}{dS'} = \frac{dI_\theta}{dS\cos\theta}(cd/m^2)$$

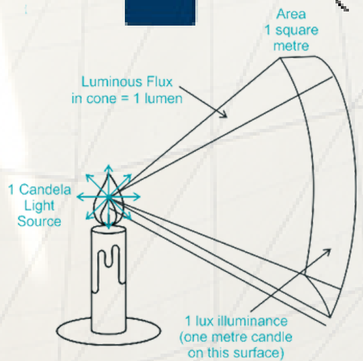
$$L = \frac{I}{A\cos\theta}$$



Quang thông (Luminous flux): Đo bằng lumen (lm), đo lượng ánh sáng tổng cộng phát ra từ một nguồn sáng

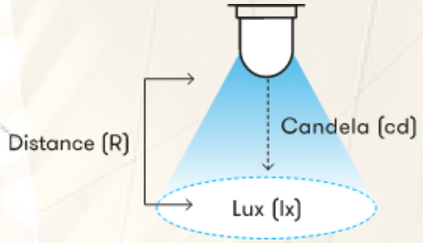
$$\phi = K_{max}\int_{380}^{780} V(\lambda)\phi_e(\lambda)d\lambda$$



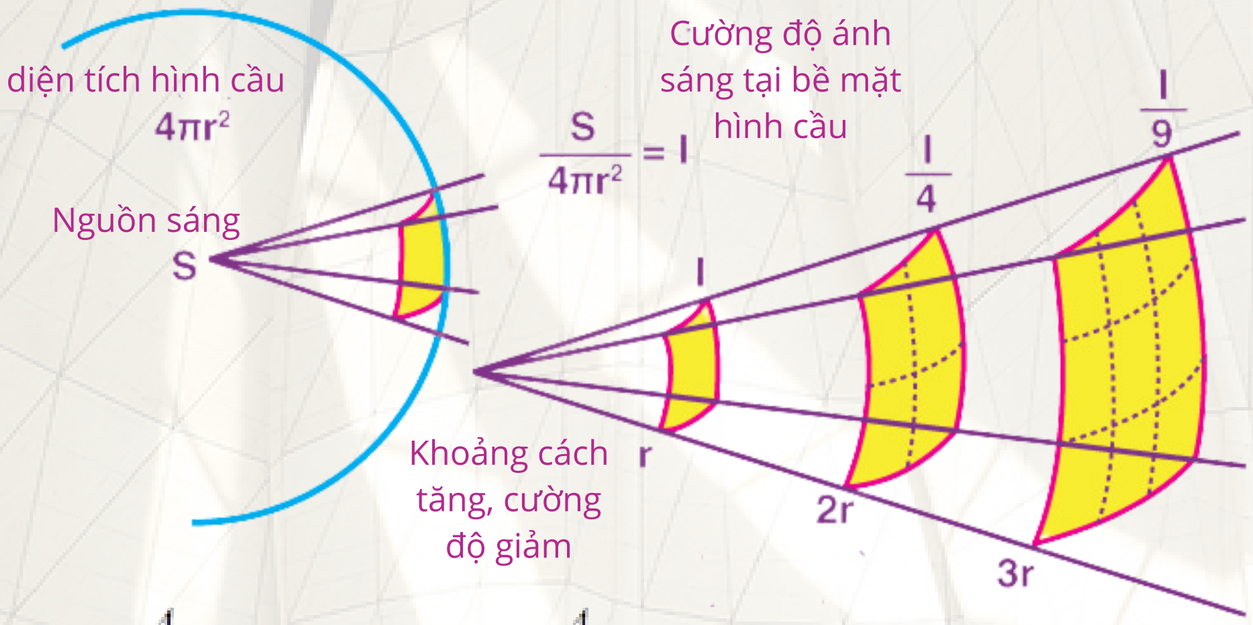


Độ chiếu sáng (Illuminance) Đội rọi E: Đo bằng lux (lx = lm/m²), đo lượng ánh sáng đến một bề mặt nhận.

$$E = \frac{d\phi}{dS}(lx) \Leftrightarrow E = \frac{\Phi}{S} = \frac{4\pi I}{4\pi r^2} = \frac{I}{r^2}(\text{lx})$$



Luật bình phương nghịch đảo (Inverse Square Law)



Tăng gấp đôi khoảng cách từ nguồn sáng sẽ khiến cho nguồn sáng mờ đi $2^2 = 4$ lần. Tăng gấp ba lần khoảng cách sẽ làm giảm độ sáng đi $3^2 = 9$ lần, v.v...

Tia sáng truyền đi càng xa nguồn thì năng lượng truyền qua mỗi đơn vị diện tích càng ít. Bởi vì diện tích của mặt cầu tăng chính bằng bình phương bán kính của mặt cầu tăng ($S = 4\pi.r^2$), nên năng lượng trên một diện tích hay độ sáng biểu kiến của nguồn sáng tỷ lệ nghịch với bình phương khoảng cách từ nguồn sáng đến người quan sát.

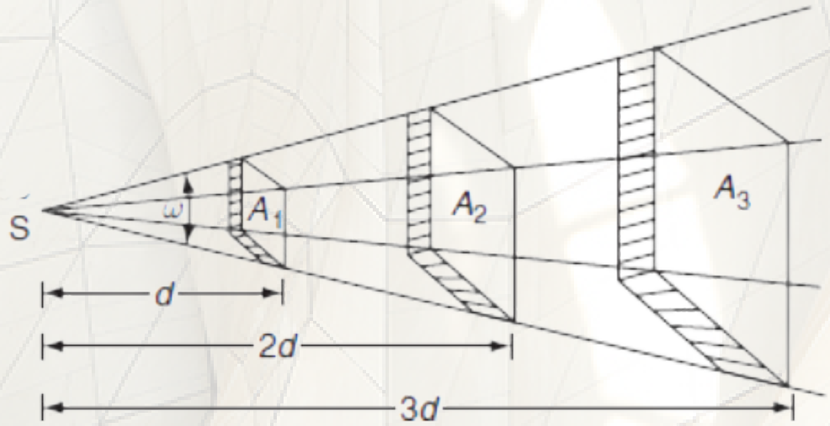
$$\omega = \frac{A_1}{d^2} \Rightarrow \phi = I \times \omega = I \times \frac{A_1}{d^2}$$

$$\Rightarrow E_1 = \frac{\phi}{A_1} = I \times \frac{A_1}{d^2} \times \frac{1}{A_1} = \frac{I}{d^2}(lux)$$

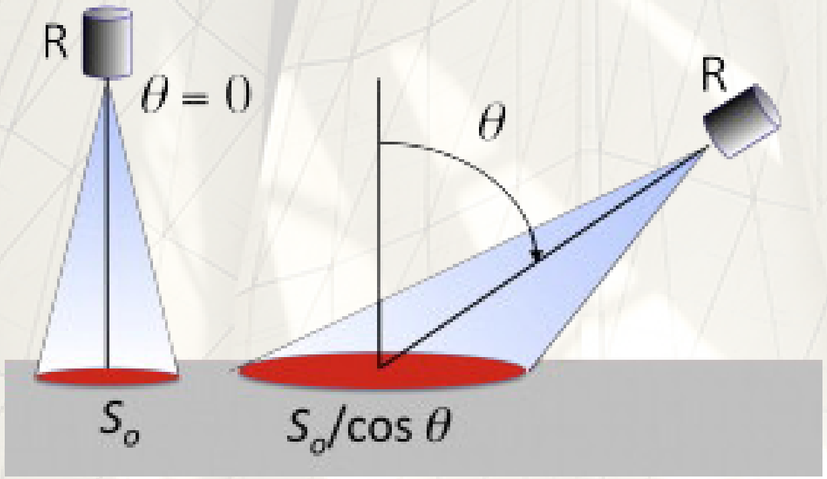
$$E_2 = \frac{\phi}{A_2} = I \times \frac{A_2}{(2d)^2} \times \frac{1}{A_2} = \frac{1}{4}E_1(lux)$$

$$E_3 = \frac{\phi}{A_3} = I \times \frac{A_3}{(3d)^2} \times \frac{1}{A_3} = \frac{1}{9}E_1(lux)$$

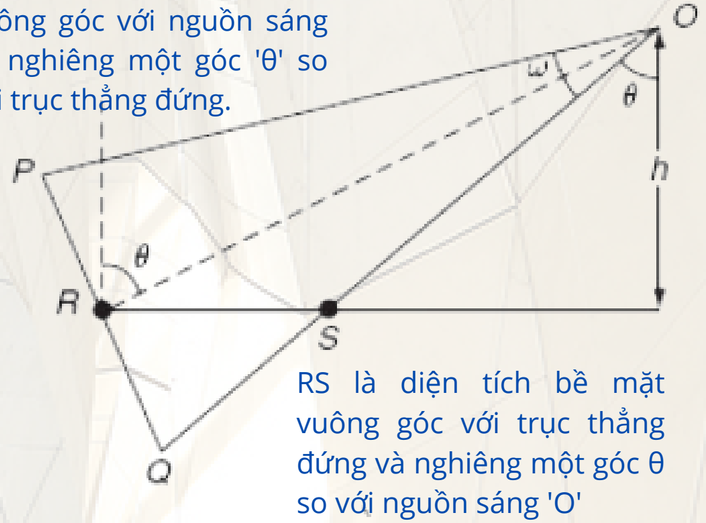
$$E_1 : E_2 : E_3 = \frac{1}{d^2} : \frac{1}{(2d)^2} : \frac{1}{(3d)^2}$$



Luật Cosine của Lambert (Lambert's cosine law)



Luật Cosine của Lambert nêu rằng cường độ chiếu sáng (E) tại mọi điểm trên một bề mặt là tỷ lệ thuận với cosine của góc giữa pháp tuyến tại điểm đó và đường truyền của dòng sáng (flux). Theo giả định trong luật Cosine của Lambert, nếu bề mặt nghiêng một góc 'θ' so với đường truyền của dòng sáng như hình vẽ 6.11, chúng ta có thể biểu diễn như sau:



$$PQ = RS\cos\theta$$

$$E_{PQ} = \frac{\phi}{A(PQ)} = \frac{I\times\omega}{A(PQ)} = \frac{I}{A(PQ)}\times\frac{A(PQ)}{d^2} = \frac{I}{d^2}$$

$$E_{RS} = \frac{\phi}{A(RS)} = \frac{I\times\omega}{A(PQ)/\cos\theta} = \frac{I}{d^2}\cos\theta$$

$$\cos\theta = h/d$$

$$d = \frac{h}{\cos\theta}$$

$$\therefore E_{RS} = \frac{I}{(h/\cos\theta)^2}\times\cos\theta = \frac{I}{h^2}\cos^3\theta$$

$$\therefore E_{RS} = \frac{I}{d^2}\cos\theta = \frac{I}{h^2}\cos^3\theta$$

Điều này có nghĩa là cường độ chiếu sáng tại bất kỳ điểm nào trên bề mặt phụ thuộc vào lũy thừa ba của cosine của góc giữa đường truyền dòng sáng và pháp tuyến tại điểm đó.

Luật bình phương nghịch chỉ áp dụng khi bề mặt vuông góc với đường truyền dòng sáng. Còn luật Cosine của Lambert áp dụng khi bề mặt nghiêng một góc 'θ' so với đường truyền của dòng sáng.

Mối quan hệ I, E và L

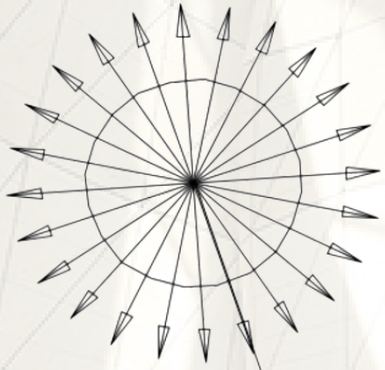
Từ	Thành	Biết	Công thức tính
Candela (I)	Lumen (Φ)	Góc rắn α	$\Phi=2\pi I(1-\cos\alpha/2)$
Lumen (Φ)	Candela (I)	Góc rắn α	$I=\Phi/2\pi(1-\cos\frac{1}{2}\alpha)$
Lumen (Φ)	Lux (E)	Diện tích bề mặt A (m^2)	$E=\Phi A$
Lux (E)	Lumen (Φ)	Diện tích bề mặt A (m^2)	$\Phi=E/A$
Candela (I)	Lux (E)	Đo khoảng cách D (m)	$E=I/D^2$
Lux (E)	Candela (I)	Đo khoảng cách D (m)	$I=E/D^2$

$$E=\frac{I}{4\pi r^2}x4\pi=\frac{I}{r^2}$$

$$E=\frac{I}{r^2}=\frac{I}{\pi r^2}x\pi=\pi L$$

$$E=\pi L=\frac{I}{r^2}$$

Lumen cho ta biết tổng lượng ánh sáng mà nguồn sáng đó phát ra.



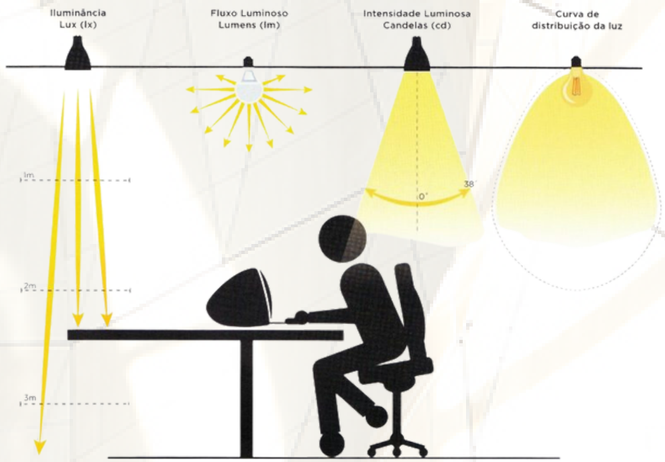
Candela như là một tia sáng mảnh và mỗi tia sáng này có một giá trị cường độ sáng riêng, được đo bằng Candela

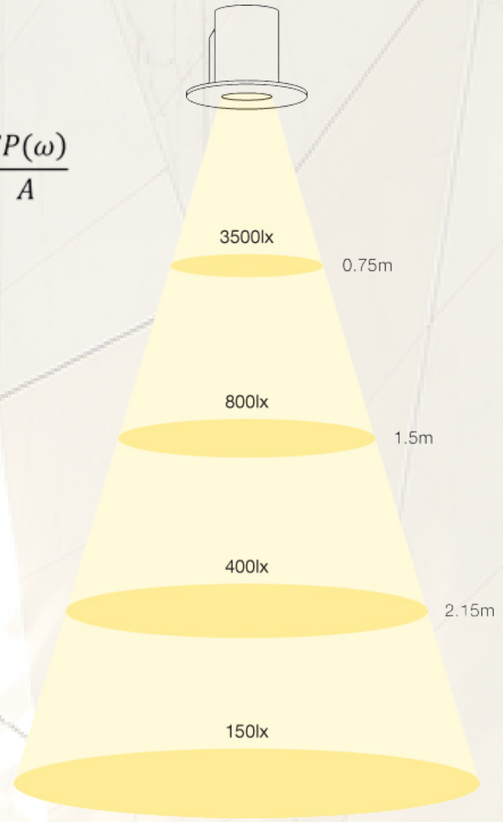
Lux giúp bạn biết được một khu vực cụ thể nhận được bao nhiêu ánh sáng từ một nguồn sáng

Những phương trình này giúp ta chuyển đổi giữa các đơn vị đo lường ánh sáng dựa trên các thông số như góc đỉnh, diện tích bề mặt, và khoảng cách từ nguồn sáng, cho phép ta tính toán và so sánh cường độ ánh sáng trong các tình huống khác nhau.

$$Brightness(L)=\frac{I}{\pi r^2}$$

$$\text{Illumination (E)}=\frac{\phi}{A}=\frac{CP(\omega)}{A}$$





Ví dụ: bảng dữ liệu của đèn LED có độ sáng cao đề cập rằng nó tạo ra 1500 mcd (1.5 cd) ở góc đỉnh 70° thì đèn LED đó sẽ cho quang thông $\Phi=2\pi\cdot1.5(1-\cos70/2)=3\pi(1-\cos35°)\approx1.70lm$

https://www.compuphase.com/electronics/candela_lumen.htm

a. Phương pháp tổng quang thông

b. Phương pháp hệ số chiếu sáng tự nhiên

c. Xác định hệ số chiếu sáng tự nhiên trung bình (Theo BS 8206-2:2008)

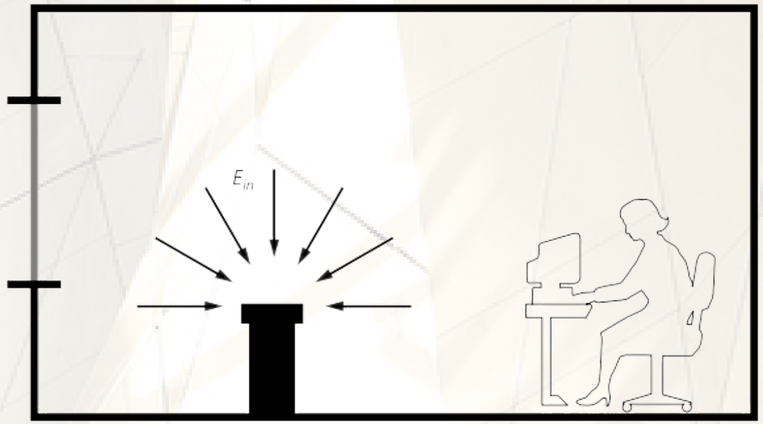
d. Xác định chiều sâu phòng cực đại khi chiếu sáng 1 bên để bảo đảm chiếu sáng đồng đều.

3.3.2. Tính toán thiết kế chiếu sáng tự nhiên

Phương pháp hệ số chiếu sáng tự nhiên

- Hệ số Ánh sáng Ban Ngày (Daylight Factor - DF) là một chỉ số đánh giá lượng ánh sáng tự nhiên trong một không gian nội thất so với ánh sáng ngoài trời dưới điều kiện bầu trời đầy mây.
- DF được định nghĩa là tỷ lệ phần trăm giữa độ rọi ánh sáng tự nhiên tại một điểm cụ thể bên trong không gian (Ei) so với độ rọi ánh sáng tự nhiên ngoài trời (Eo) tại cùng một thời điểm, thường được biểu thị như sau:

$$DF = \frac{E_i}{E_o} \times 100\ (\%)$$



DF phản ánh không chỉ lượng ánh sáng tự nhiên tại một điểm mà còn sự phân bố ánh sáng trong toàn bộ không gian, bao gồm cả ánh sáng trực tiếp từ bầu trời (SC), ánh sáng phản xạ từ các bề mặt ngoài (ERC), và ánh sáng phản xạ từ bên trong không gian (IRC)

- DF đánh giá mức ánh sáng tự nhiên trong nhà so với ngoài trời.
- DF cao = ánh sáng tự nhiên tốt, giúp tiết kiệm năng lượng và tăng cường thoải mái.
- DF hỗ trợ tối ưu hóa ánh sáng tự nhiên trong thiết kế kiến trúc.

Phương pháp hệ số chiếu sáng tự nhiên

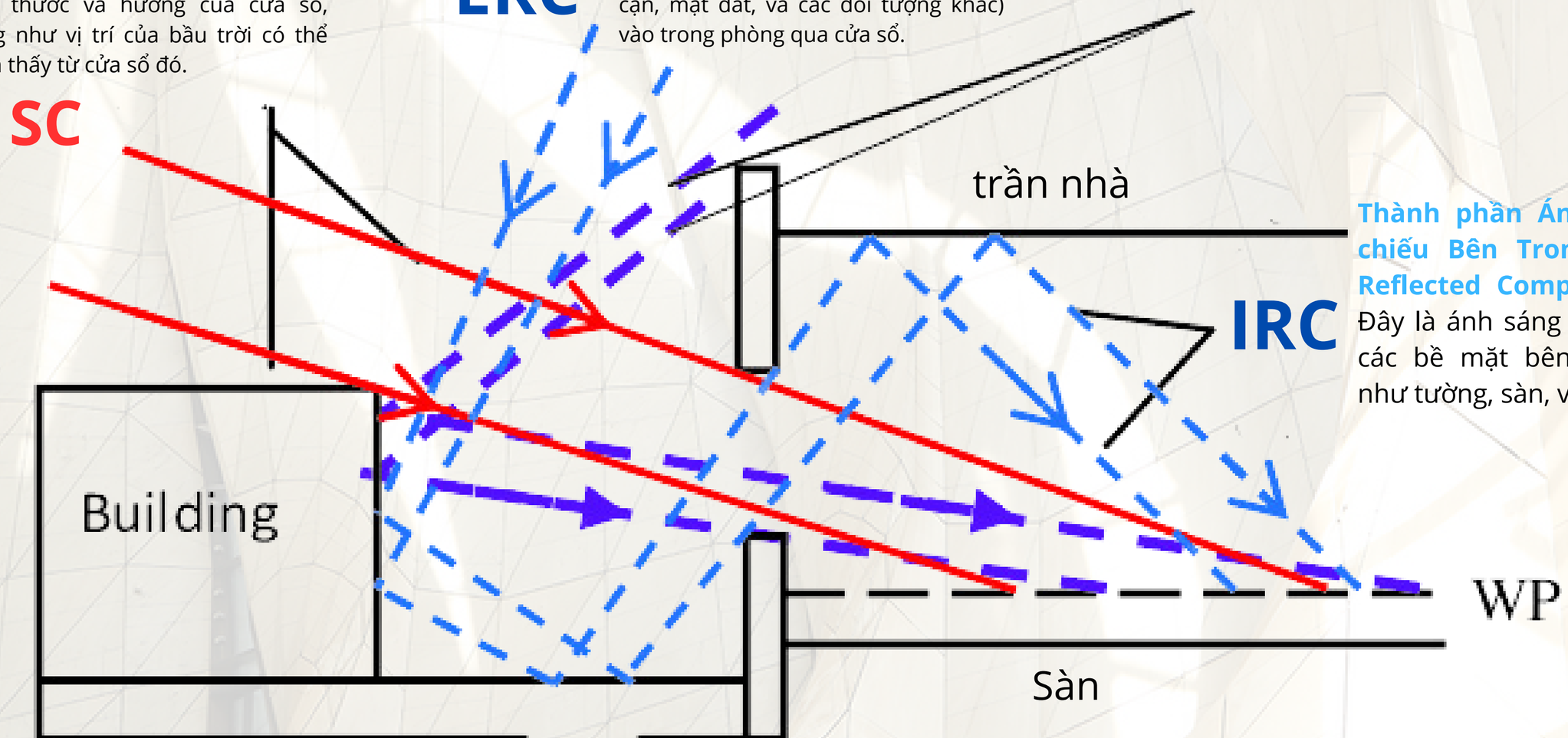
Illuminance = SC + ERC + IRC

(SC-thành phần bầu trời**; ERC-**phản xạ ngoài**; IRC-**Phản xạ trong**)**

$$DF = \left(\frac{E_{SC}}{E_0} + \frac{E_{ERC}}{E_0} + \frac{E_{IRC}}{E_0} \right) \times 100$$

Thành phần Ánh sáng từ Bầu trời (Sky Component - SC): Đây là phần ánh sáng trực tiếp từ bầu trời vào phòng qua cửa sổ. Nó phụ thuộc vào kích thước và hướng của cửa sổ, cũng như vị trí của bầu trời có thể nhìn thấy từ cửa sổ đó.

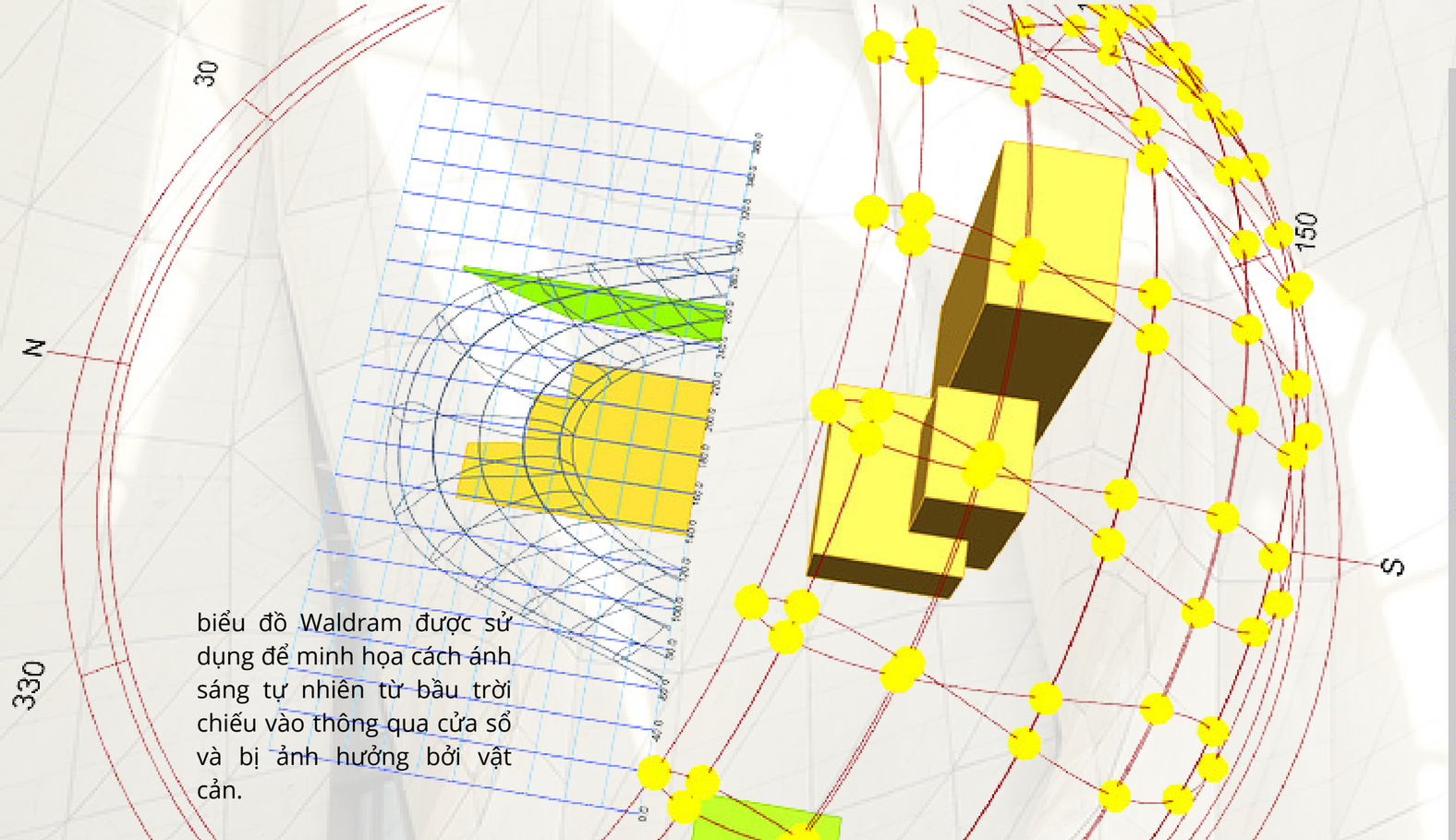
Thành phần Ánh sáng Phản chiếu Bên Ngoài (Externally Reflected Component - ERC): Phần này bao gồm ánh sáng ban ngày phản chiếu từ các bề mặt ngoài trời (như tòa nhà lân cận, mặt đất, và các đối tượng khác) vào trong phòng qua cửa sổ.



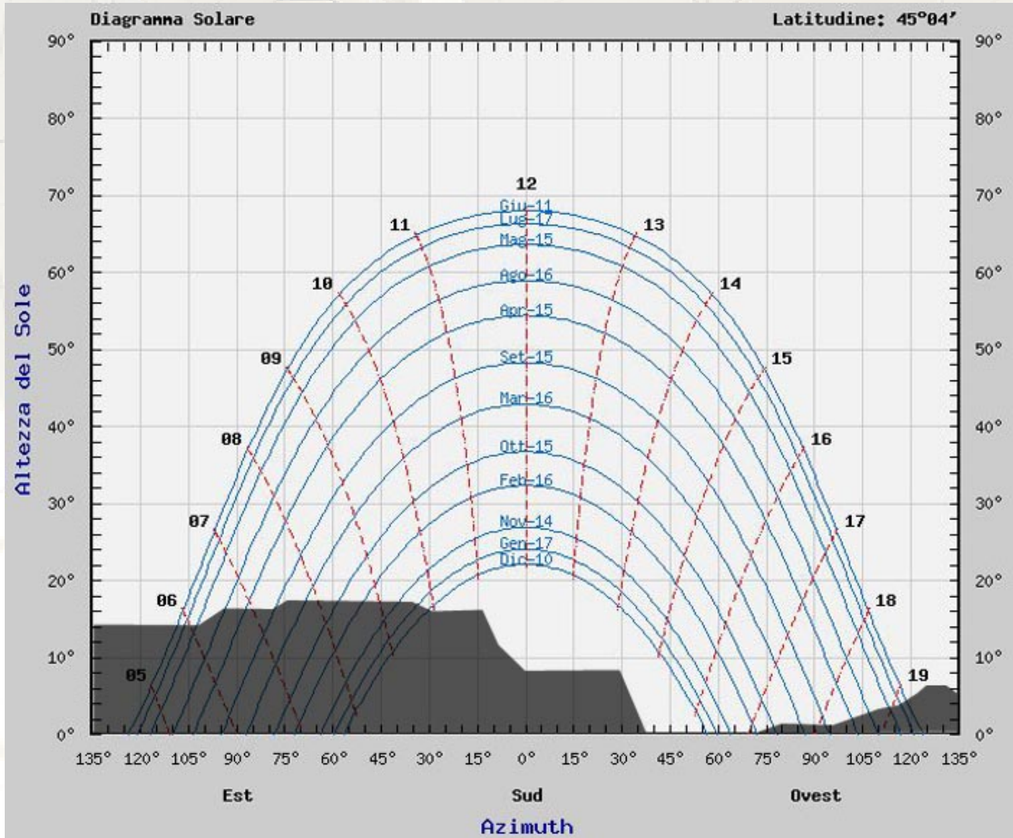
Thành phần Ánh sáng Phản chiếu Bên Trong (Internally Reflected Component - IRC): Đây là ánh sáng phản chiếu từ các bề mặt bên trong phòng như tường, sàn, và trần nhà.

Biểu đồ Waldram, là một công cụ để đánh giá lượng ánh sáng tự nhiên từ bầu trời (Sky Component - SC) mà một điểm cụ thể trong không gian nhận được

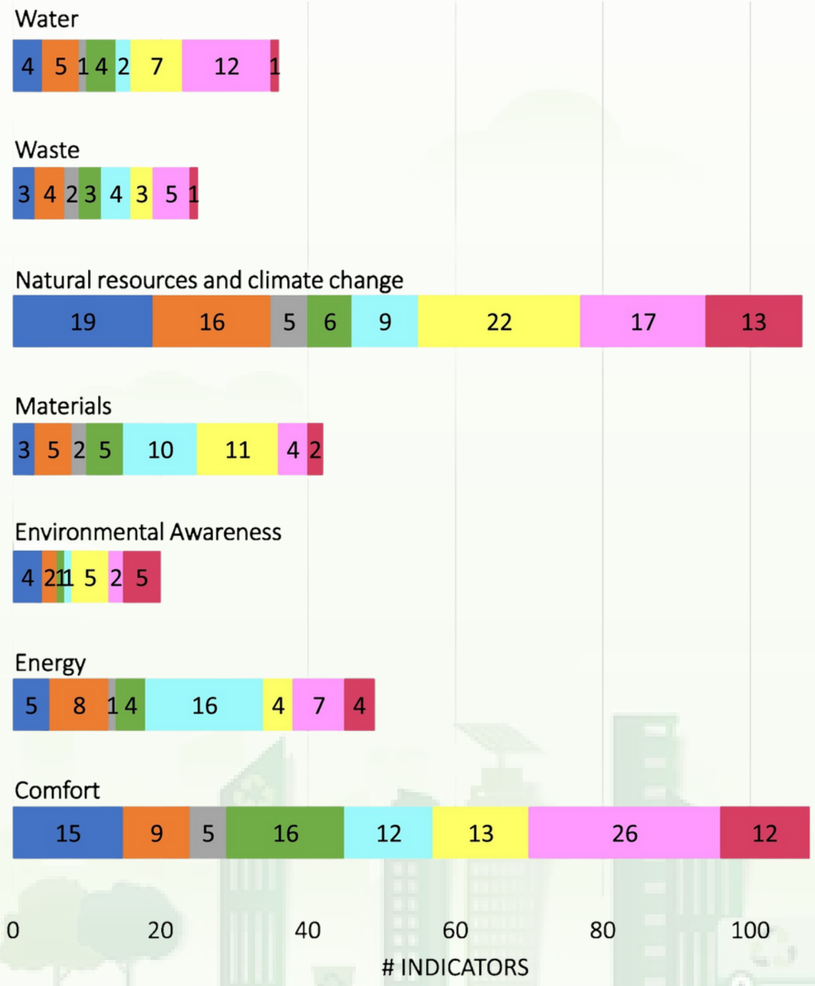
1. **Định Vị Cửa Sổ và Vật Cản**: Xác định vị trí cửa sổ và vật cản trên biểu đồ dựa trên góc nhìn từ điểm đang xét.
2. **Xác Định Góc Nhìn**: Đo góc nhìn của bầu trời từ điểm quan sát sử dụng các công cụ như thước đo góc hoặc biểu đồ Waldram.
3. **Phác Họa Góc Nhìn**: Vẽ trên biểu đồ Waldram khu vực bầu trời có thể nhìn thấy và khu vực bị vật cản che khuất từ điểm đang xét.
4. **Tính Tổng Diện Tích Nhìn Thấy**: Tính tổng diện tích của bầu trời nhìn thấy không bị chặn bởi vật cản.
5. **Áp Dụng Định Luật Hình Chiếu Góc Khối**: Tính độ chói từ phần bầu trời nhìn thấy dựa trên diện tích này.
6. **Tính SC:** Tính SC bằng cách so sánh tỷ lệ diện tích bầu trời nhìn thấy so với tổng diện tích bầu trời có thể nhìn thấy từ điểm đó để xác định phần trăm DF.

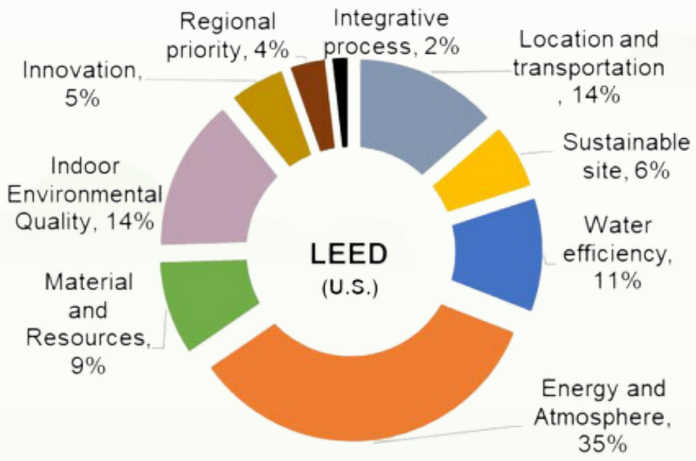


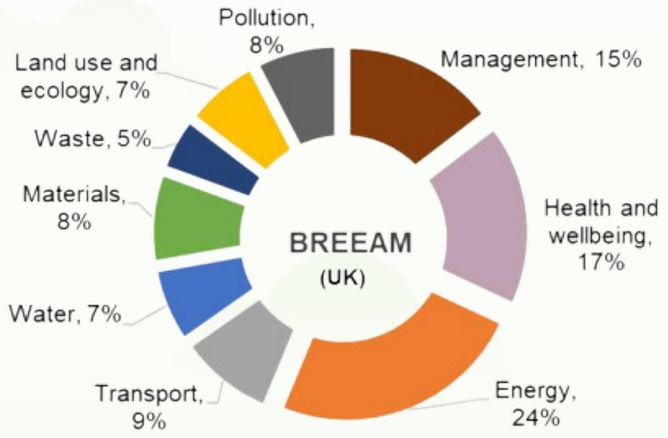
biểu đồ Waldram được sử dụng để minh họa cách ánh sáng tự nhiên từ bầu trời chiếu vào thông qua cửa sổ và bị ảnh hưởng bởi vật cản.

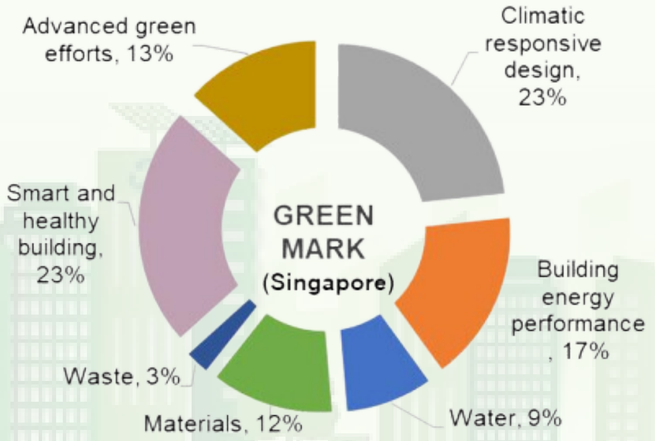


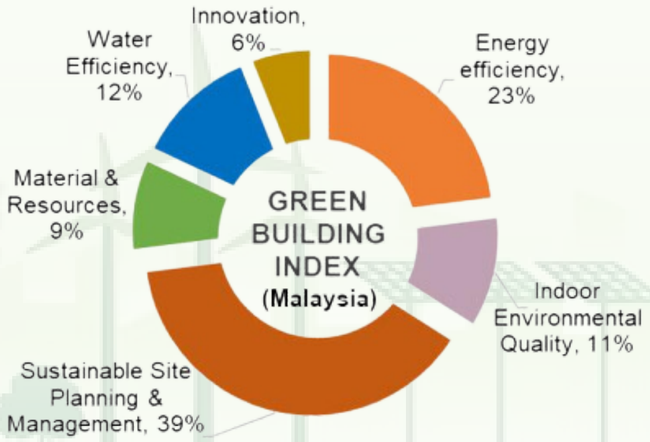
Vai trò ánh sáng tự nhiên trong Hệ thống đánh giá tòa nhà xanh (GBRS)







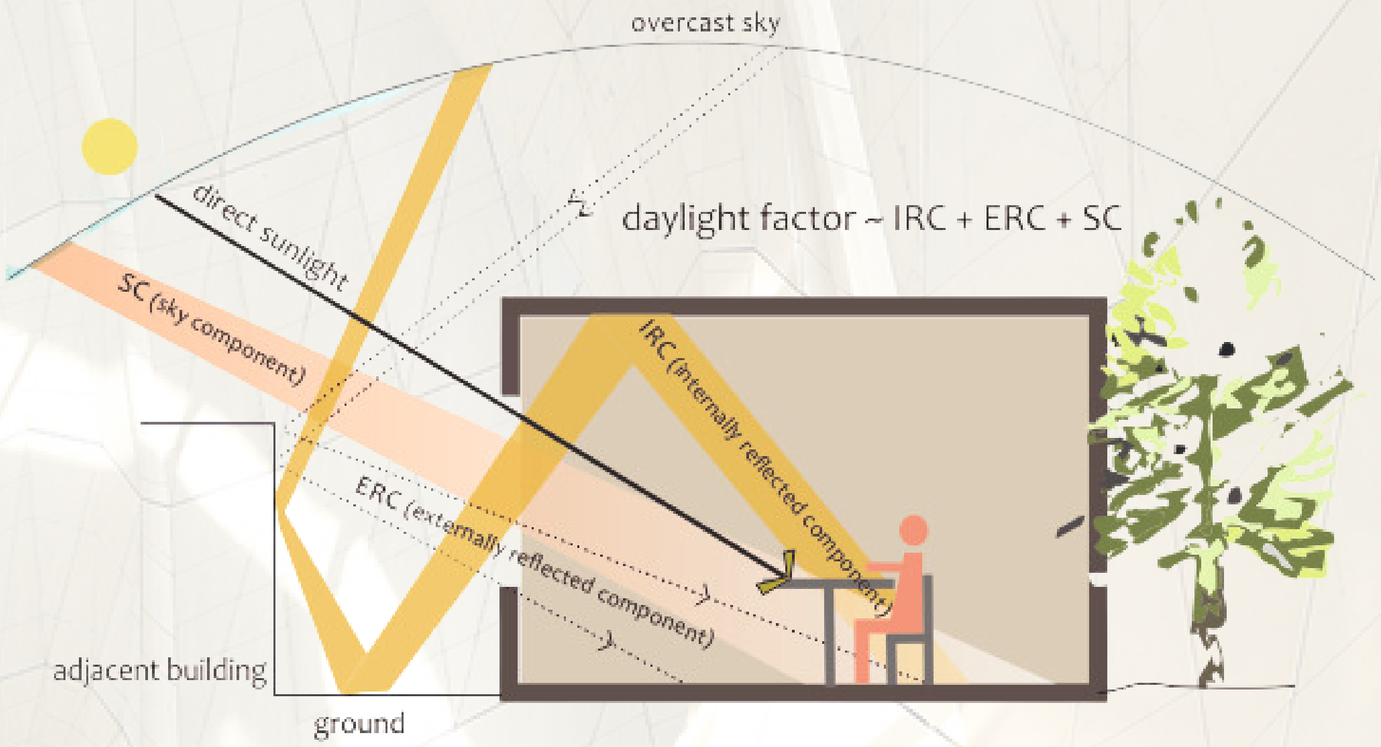




GBRS chứa 387 chỉ số được phân bố trong 7 khía cạnh.
"Sự thoải mái" là ưu tiên hàng đầu với 108 chỉ số, tiếp theo là "Tài nguyên tự nhiên và biến đổi khí hậu" với 107 chỉ số.
"Chất thải" và "Nhận thức môi trường" lần lượt có 25 và 20.

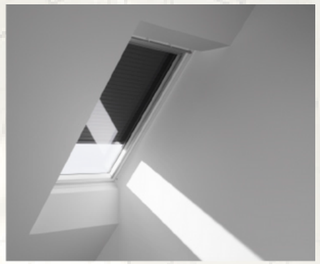
Các yếu tố chính của tòa nhà ảnh hưởng đến độ lớn và sự phân bố của DF

- **Cửa sổ mặt tiền và mái nhà:** ảnh hưởng đến lượng ánh sáng tự nhiên có thể vào được không gian bên trong.
- **Kích thước và cấu hình không gian:** phân bố ánh sáng tự nhiên khác nhau so với những không gian nhỏ hơn hoặc đơn giản hơn.
- **Tính chất phản xạ của bề mặt bên trong và bên ngoài:** Màu sắc và vật liệu của bề mặt (ví dụ, sàn nhà, tường, trần nhà) có khả năng phản xạ ánh sáng, ảnh hưởng đến cách thức ánh sáng tự nhiên được phản chiếu và phân tán trong không gian.
- **Mức độ các cấu trúc bên ngoài che khuất tầm nhìn của bầu trời:** Cây cối, tòa nhà lân cận, hay các cấu trúc khác có thể cản trở tầm nhìn của bầu trời từ trong không gian, từ đó giảm lượng ánh sáng tự nhiên đạt được và ảnh hưởng đến DF.
- Ngoài ra, khí hậu địa phương, vĩ độ,

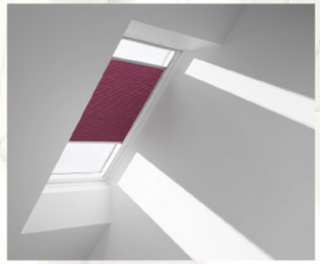


Hình dạng và tỷ lệ kính của tòa nhà ảnh hưởng đến hiệu suất ánh sáng tự nhiên bên trong

Interior shading, Venetian blind

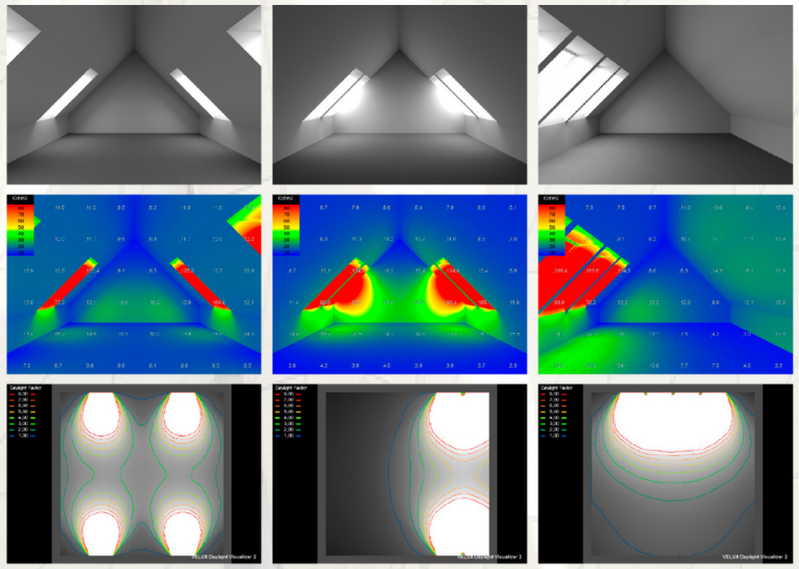


Exterior shading, roller shutter



Interior shading, pleated Blind

Exterior shading, awning blind

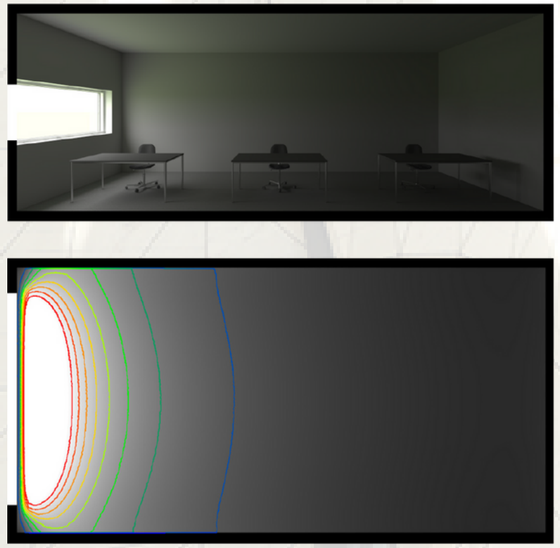


Average DF	5.63%	Average DF	4.45%	Average DF	5.88%
Median DF	3.88%	Median DF	1.60%	Median DF	2.94%
Uniformity Dmin/Dav	0.22	Uniformity Dmin/Dav	0.06	Uniformity Dmin/Dav	0.14

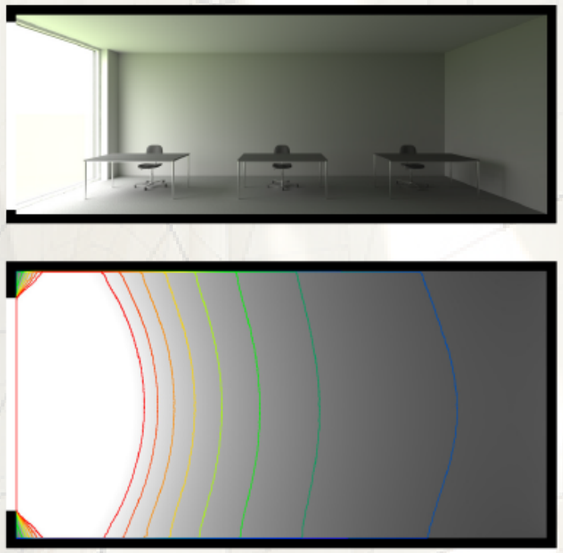
- **Hướng Cửa Sổ:** Ánh sáng từ hướng Bắc ổn định và chủ yếu khuếch tán, trong khi hướng Nam, Đông, Tây cung cấp ánh sáng trực tiếp và biến đổi.
- **Kích Thước Kính:** Lượng ánh sáng ban ngày phụ thuộc vào diện tích kính cửa sổ.
- **Độ Truyền Sáng Kính:** Kính đa lớp giảm lượng ánh sáng đi qua, kính màu hoặc phủ lớp càng giảm độ truyền sáng hơn.
- **Che Chắn:** Che chắn quan trọng để điều chỉnh ánh sáng và kiểm soát chói lóa, với che chắn ngoại thất là hiệu quả nhất.
- **Vị Trí Cửa Sổ:** Ảnh hưởng đến phân bố và lượng ánh sáng "hữu ích", cần xem xét tầm nhìn từ bên trong.
- **Lớp Lót Cửa Sổ:** Điều chỉnh lượng ánh sáng vào và làm mềm sự chuyển tiếp độ chói giữa cửa sổ và bên trong phòng.

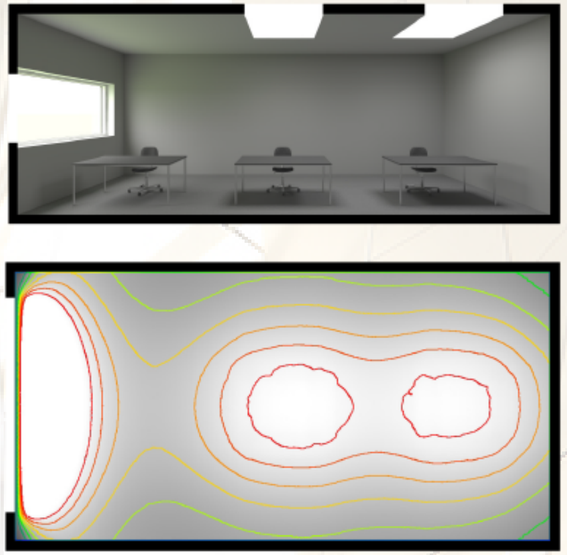
Ví dụ về hiệu suất ánh sáng trong các tòa nhà sâu với ba cấu hình cửa sổ khác nhau:

- 10% Tỷ Lệ Kính/Diện Tích Sàn (Chỉ cửa sổ mặt tiền): Chỉ đạt DF 2% gần mặt tiền, và mức ánh sáng thấp ở phía sau phòng.
- 30% Tỷ Lệ Kính/Diện Tích Sàn (Chỉ cửa sổ mặt tiền): Đạt DF 2% khoảng 4.5 mét từ mặt tiền nhưng phân bố ánh sáng không đồng đều, có thể gây khó chịu và chói lóa.
- 20% Tỷ Lệ Kính/Diện Tích Sàn (11% cửa sổ mặt tiền + 9% cửa sổ mái): Phân bố ánh sáng tốt và đồng đều trên toàn bộ mặt làm việc với DF trung bình 6.4%, giảm khả năng gây chói lóa và khó chịu.



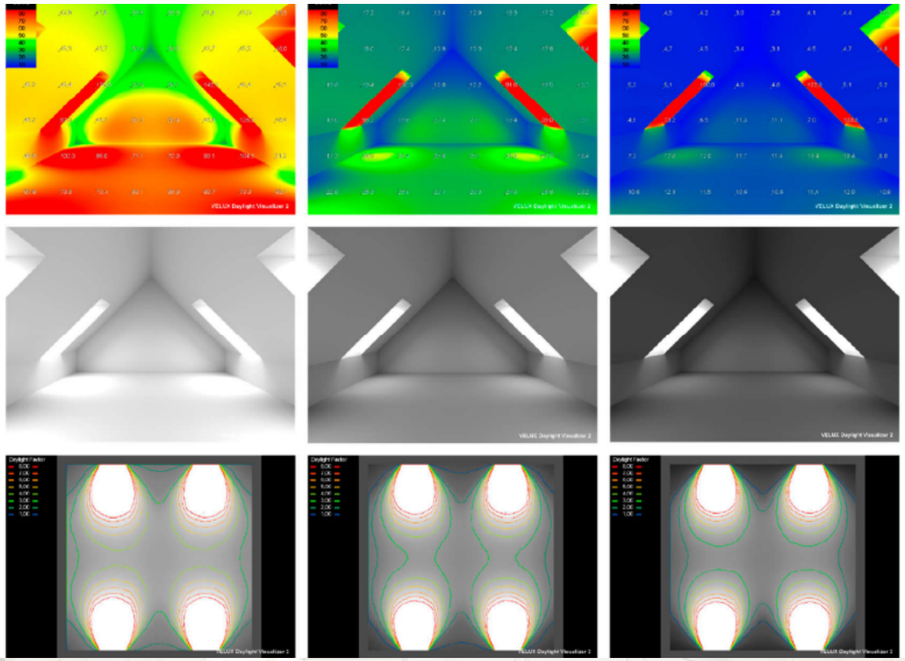
Kích thước: 8m (d) x 4m (w) x 3m (h)
Độ truyền sang (τv): 0.78
Hệ số phản xạ bề mặt: 0.35 (floor), 0.66 (wall), 0.90 (ceiling).



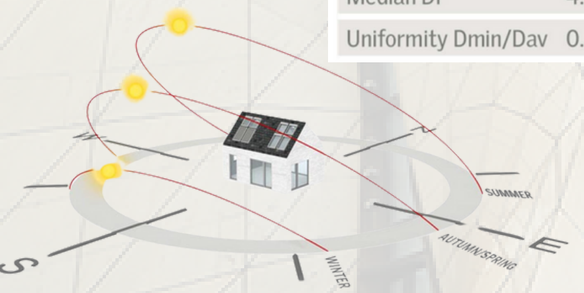


Ví dụ ảnh hưởng của độ phản chiếu bề mặt (reflectance) đến mức độ và phân bố ánh sáng ban ngày trong một không gian (tính chất vật liệu)

Floor	(0.70)	Floor	(0.30)	Floor	(0.15)
Wall	(0.85)	Wall	(0.50)	Wall	(0.30)
Ceiling	(0.85)	Ceiling	(0.70)	Ceiling	(0.30)



Average DF	6.41%	Average DF	5.60%	Average DF	5.24%
Median DF	4.68%	Median DF	3.86%	Median DF	3.49%
Uniformity Dmin/Dav	0.33	Uniformity Dmin/Dav	0.21	Uniformity Dmin/Dav	0.31

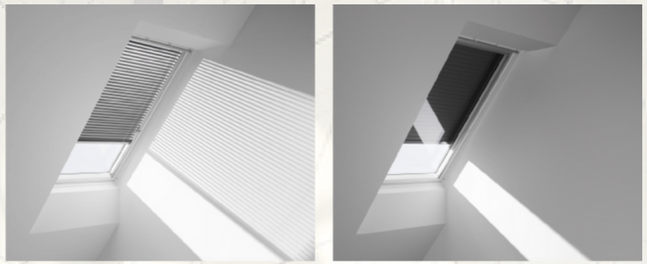


- Các bề mặt với độ phản chiếu cao giúp phân tán ánh sáng tự nhiên hiệu quả hơn trong không gian.
- Khi độ phản chiếu giảm, khả năng phân tán ánh sáng trong không gian cũng giảm theo
- Độ phản chiếu thấp hơn dẫn đến việc giảm khả năng phản xạ ánh sáng trong không gian, làm giảm tổng lượng ánh sáng tự nhiên

độ phản chiếu bề mặt có ảnh hưởng đáng kể đến cả mức độ và đồng đều của ánh sáng tự nhiên trong không gian

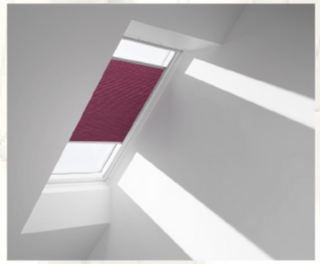
Độ Đồng đều của ánh sáng ("Uniformity Dmin/Dav")

Ví dụ ảnh hưởng của cửa sổ đến mức độ và phân bố ánh sáng ban ngày trong một không gian.



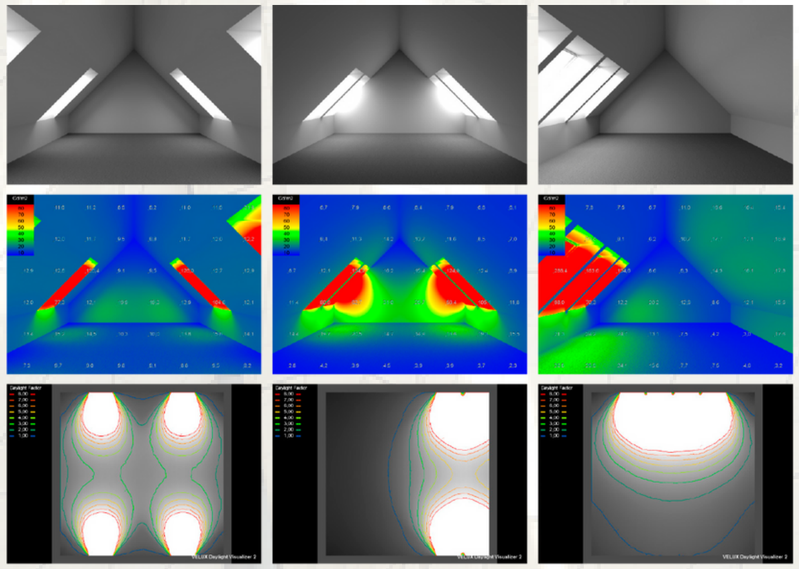
Interior shading, Venetian blind

Exterior shading, roller shutter



Interior shading, pleated Blind

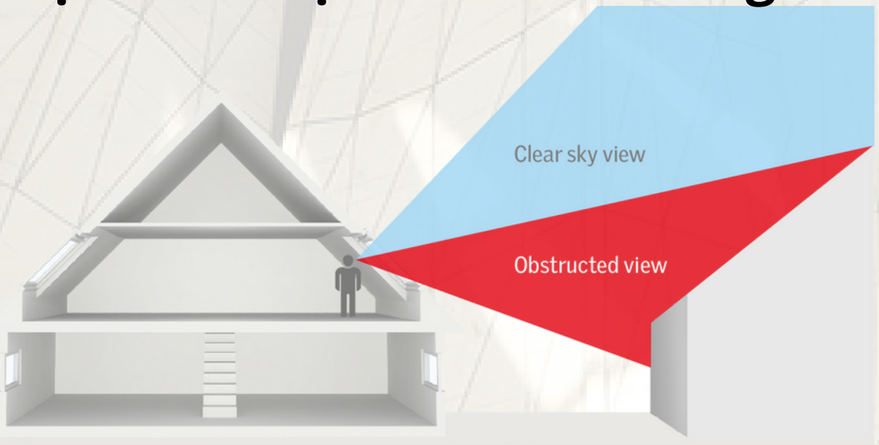
Exterior shading, awning blind



Average DF	5.63%	Average DF	4.45%	Average DF	5.88%
Median DF	3.88%	Median DF	1.60%	Median DF	2.94%
Uniformity Dmin/Dav	0.22	Uniformity Dmin/Dav	0.06	Uniformity Dmin/Dav	0.14

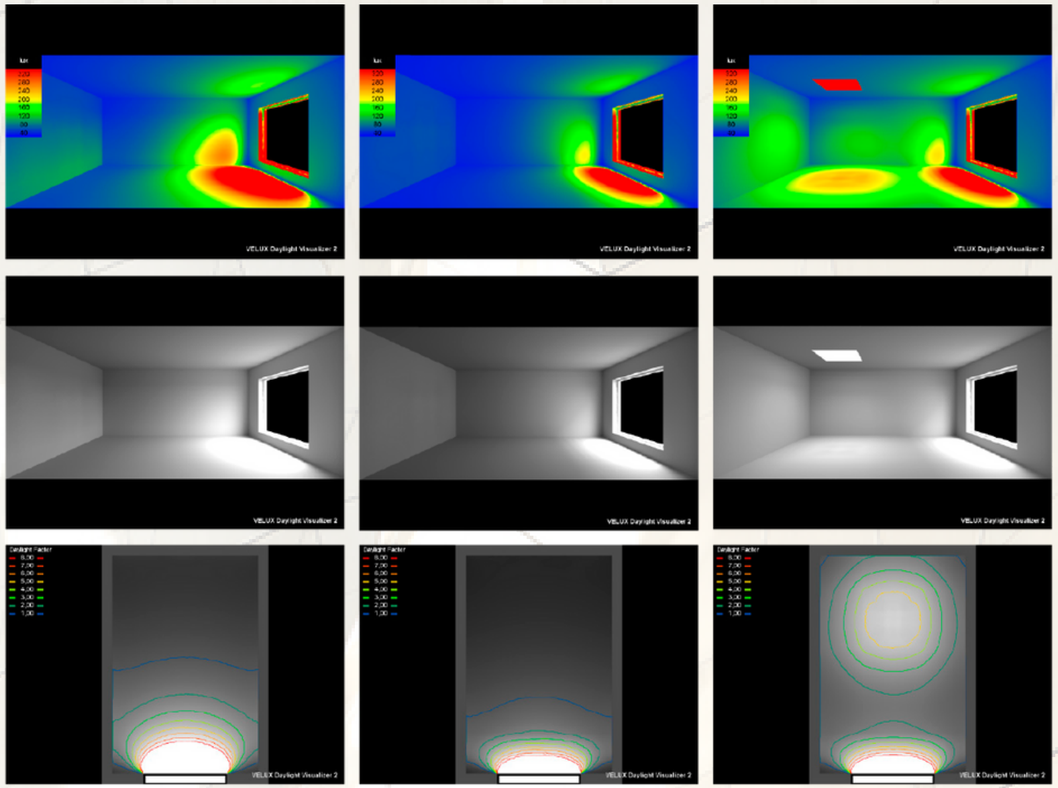
- **Hướng Cửa Sổ:** Ánh sáng từ hướng Bắc ổn định và chủ yếu khuếch tán, trong khi hướng Nam, Đông, Tây cung cấp ánh sáng trực tiếp và biến đổi.
- **Kích Thước Kính:** Lượng ánh sáng ban ngày phụ thuộc vào diện tích kính cửa sổ.
- **Độ Truyền Sáng Kính:** Kính đa lớp giảm lượng ánh sáng đi qua, kính màu hoặc phủ lớp càng giảm độ truyền sáng hơn.
- **Che Chắn:** Che chắn quan trọng để điều chỉnh ánh sáng và kiểm soát chói lóa, với che chắn ngoại thất là hiệu quả nhất.
- **Vị Trí Cửa Sổ:** Ảnh hưởng đến phân bố và lượng ánh sáng "hữu ích", cần xem xét tầm nhìn từ bên trong.
- **Lớp Lót Cửa Sổ:** Điều chỉnh lượng ánh sáng vào và làm mềm sự chuyển tiếp độ chói giữa cửa sổ và bên trong phòng.

Ví dụ Yếu tố vật cản ảnh hưởng đến DF (Daylight Factor) trong không gian kiến trúc



- **Phản xạ và Vật Cản Bên Ngoài:** Các đối tượng xung quanh như tòa nhà khác, thảm thực vật, hoặc bề mặt đất có thể chặn ánh sáng tự nhiên đến không gian bên trong của tòa nhà.
- **Cửa Sổ Mái và Skylights:** Thông thường, những loại cửa sổ này ít bị ảnh hưởng bởi vật cản do chúng cao hơn và có góc nhìn rộng lớn hơn về bầu trời so với cửa sổ mặt tiền.

Ví dụ bạn đề cập đến cho thấy ảnh hưởng của vật cản đối với khả năng tiếp nhận ánh sáng ban ngày trong một phòng đơn giản với **cửa sổ mặt tiền đứng** và hiệu ứng của việc **thêm cửa sổ trên mái nhà phẳng** để đưa ánh sáng sâu hơn vào phòng bị chặn



DF	2.07%	Average DF	1.03%	Average DF	3.24%
Median DF	1.05%	Median DF	0.58%	Median DF	2.96%
Uniformity Dmin/Dav	0.18	Uniformity Dmin/Dav	0.22	Uniformity Dmin/Dav	0.41

--> Việc sử dụng cửa sổ mái cùng với cửa sổ mặt tiền có thể cải thiện đáng kể lượng ánh sáng tự nhiên trong tòa nhà, đặc biệt là trong các không gian bị hạn chế bởi vật cản từ môi trường xung quanh.

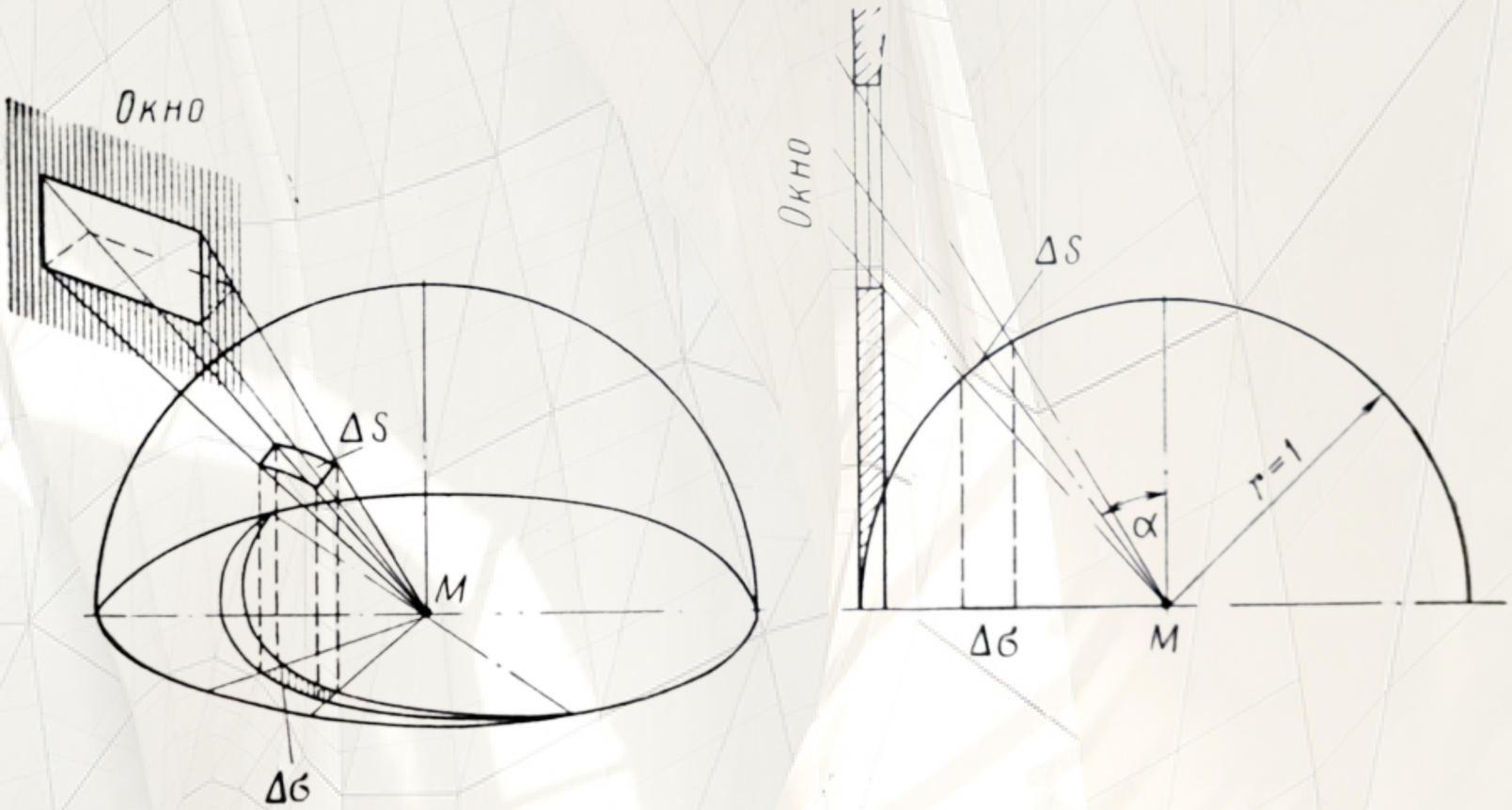
"Định luật hình chiếu góc khối" áp dụng trong việc tính toán hệ số chiếu sáng tự nhiên (Daylight Factor - DF) cho cả mặt phẳng ngang và mặt phẳng đứng trong một không gian.

Định luật hình chiếu góc khối:

• Độ rọi E từ bầu trời tại một điểm trên bề mặt trong phòng tỷ lệ thuận với độ chói bầu trời và diện tích hình chiếu của phần bầu trời nhìn thấy qua một lỗ cửa.

$$E_M = L \times \sigma$$

Trong đó L là độ chói bầu trời và σ là diện tích hình chiếu của góc khối nhìn thấy bầu trời.



Tính toán SC:

• Đối với bầu trời chói đều, độ rọi từ toàn bầu trời là E=L·π.

• SC, hay thành phần ánh sáng từ bầu trời, được tính bằng tỷ lệ σ trên π, tức là phần của bầu trời nhìn thấy qua lỗ cửa so với toàn bộ bầu trời.

$$SC_M = \frac{E_M}{E} = \frac{L \times \sigma}{L \times \pi} = \frac{\sigma}{\pi}$$

Áp dụng thực tế:

• Đối với mặt phẳng ngang: DF tại một điểm bất kỳ được tính bằng tỷ lệ phần trăm của diện tích hình chiếu của phần bầu trời nhìn thấy qua cửa (σ) so với diện tích hình chiếu toàn bộ bầu trời.

• Đối với mặt phẳng đứng: Tương tự, nhưng diện tích hình chiếu được xem xét trên một mặt đứng.

3.4: Xác định độ cao treo đèn để đạt được cường độ chiếu sáng 60 lumens/m2 ngay dưới đèn, biết đèn có công suất phát sáng là 130 CP (candela) dưới mặt phẳng ngang. Tính cường độ chiếu sáng tại điểm cách trục đứng của đèn 2.8 m trên mặt phẳng làm việc.

3.5: Một đèn có công suất phát sáng 300 candela, được trang bị phản quang hướng 70% tổng lượng sáng xuống một khu vực tròn có đường kính 40 m. Đèn được treo cách mặt đất 15 m. Tính cường độ chiếu sáng:

- 1. Tại khu vực chiếu sáng.
- 2. Tại tâm khu vực chiếu sáng.
- 3. Tại mép khu vực chiếu sáng không có phản quang.

3.6: Tính cường độ chiếu sáng trong một phòng có kích thước 10 × 6 × 2 m và có nguồn sáng 600 candela đặt chính giữa:

- 1. Tại mỗi góc phòng.
- 2. Tại giữa bức tường dài 6 m.

3.7: Tìm cường độ chiếu sáng dưới đèn có công suất phát sáng là 200 candela và được treo ở độ cao 6 m:

- 1. Ngay dưới đèn.
- 2. Cách đèn 3 m theo phương ngang trên mặt đất.
- 3. Tổng lượng sáng phát ra trong khu vực có đường kính 1.5 m xung quanh đèn trên mặt đất.

3.8: Hai nguồn sáng có công suất phát sáng 200 candela và 250 candela, được treo ở độ cao 8 m và 10 m tương ứng, và cách nhau 40 m theo phương ngang. Tính cường độ chiếu sáng ở giữa hai cột đèn.

3.9: Hai nguồn sáng có công suất phát sáng 400 candela, được treo ở độ cao 10 m và cách nhau 20 m. Tìm cường độ chiếu sáng:

- 1. Ngay dưới đèn.
- 2. Ở giữa hai cột đèn.

3.10: Trong hệ thống chiếu sáng đường phố, hai đèn có công suất phát sáng 300 candela, được treo ở độ cao 6 m và 10 m. Khoảng cách giữa hai cột đèn là 12 m. Tìm cường độ chiếu sáng ngay dưới hai đèn.

3.11: Tính cường độ chiếu sáng tại hai đèn thứ hai và thứ ba trong một hành lang có bốn đèn cách nhau 15m. Mỗi đèn được treo ở độ cao 8m so với mặt sàn và mỗi đèn có công suất phát sáng là 450 CP dưới mặt phẳng ngang.

3.12: Hai đèn mỗi đèn có công suất phát sáng 500 CP được treo cách mặt đất 10m và cách nhau 20m. Tìm cường độ chiếu sáng tại điểm trên mặt đất nằm trên đường thẳng với đèn và cách cơ sở đèn 12m về cả hai phía.

3.13: Hai đèn giống nhau có công suất phát sáng 500 CP dưới mặt phẳng ngang được treo ở độ cao 8m. Khoảng cách giữa hai đèn phải là bao nhiêu để cường độ chiếu sáng trên mặt đất ở giữa hai đèn ít nhất bằng một nửa so với cường độ chiếu sáng ngay dưới đèn.

3.14: Tìm độ cao mà nguồn sáng có phân bố ánh sáng đều trên mặt cầu nên được đặt trên sàn nhà để cường độ chiếu sáng theo phương ngang ở một khoảng cách nhất định từ đường thẳng đứng của nó là lớn nhất.

3.15: Một đèn có công suất phát sáng 250 candela được đặt 2m dưới gương phẳng phản chiếu 60% ánh sáng rơi vào nó. Đèn được treo ở độ cao 6m so với mặt đất. Tính cường độ chiếu sáng tại điểm trên mặt đất cách điểm thẳng đứng dưới đèn 8m.

3.16: Một nguồn sáng có cường độ ánh sáng đồng đều theo mọi hướng được treo ở độ cao 20m so với mặt phẳng ngang. Hai điểm 'A' và 'B' đều nằm trên mặt phẳng với điểm A nằm thẳng dưới nguồn sáng. B nằm cách A bao xa nếu cường độ chiếu sáng tại 'B' chỉ bằng 1/15 so với 'A'?

3.17: Hai đèn giống nhau có công suất phát sáng đều 500 CP dưới mặt phẳng ngang được treo ở độ cao 4m. Khoảng cách tối đa giữa hai đèn phải là bao nhiêu để cường độ chiếu sáng trên mặt đất ở giữa hai đèn ít nhất bằng một nửa so với cường độ chiếu sáng ngay dưới đèn?

3.18: Một đèn với phản quang được treo ở độ cao 10m trên tâm của một khu vực tròn có đường kính 30m. Nếu sự kết hợp giữa đèn và phản quang cho một công suất phát sáng đều 1,200 CP trên khu vực tròn, xác định cường độ chiếu sáng tối đa và tối thiểu tạo ra.

3.19: Hai đèn được treo ở độ cao 12m so với mặt sàn. Khoảng cách giữa hai đèn là 8m. Đèn thứ nhất có công suất phát sáng 250 CP. Nếu cường độ chiếu sáng trên sàn dưới đèn này là 40 lux, hãy tìm công suất phát sáng của đèn thứ hai.