

<b>A</b>	<b>QUALITA' EDILIZIA</b>	<b>ALLEGATO SCHEDA A2.1.1</b>
<b>A2</b>	<b>QUALITA' AMBIENTE INTERNO</b>	
<b>A2.1</b>	<b>COMFORT VISIVO</b>	
<b>A2.1.1</b>	<b>ILLUMINAZIONE NATURALE</b>	

**SOLUZIONE A:**

Determinazione del fattore medio di luce diurna ( $\eta_m$ ) attraverso uno dei metodi di calcolo di seguito riportati in modo tale che risulti:

$$\eta_m \geq 2\%$$

dovrà inoltre risultare il rapporto illuminante  $R_i \geq 1/8$ .

Il rispetto del parametro  $\eta_m$  attraverso il calcolo è esaustivo anche nei confronti della successiva prova in opera per la verifica del fattore  $\eta_m$ .

Nel caso il progettista utilizzi un metodo di calcolo diverso da quelli riportati nelle pagine successive, il raggiungimento del livello previsto per  $\eta_m$  dovrà essere verificato anche con la prova in opera di seguito riportata.

**SOLUZIONE B:**

Il requisito si intende convenzionalmente soddisfatto se sono rispettate le seguenti condizioni:

- 1 - Rapporto illuminante  $R_i \geq 1/8$ .
- 2 - Superfici vetrate con coefficienti di trasparenza  $\geq 0,7$ .
- 3 - Profondità dei vani, misurata perpendicolarmente al piano della parete finestrata, minore od uguale a 2,5 volte l'altezza utile dei vani stessi.
- 4 - Per vani che si affacciano sotto porticati, il rapporto illuminante  $R_i$  va calcolato con riferimento alla superficie del pavimento dell'ambiente interessato, aumentato della quota di superficie del porticato prospiciente l'ambiente stesso.
- 5 - Per vani con superficie illuminante interessata da balconi o aggetti sovrastanti di profondità superiore 1,00 m, la dimensione della superficie illuminante, definita dal rapporto  $R_i \geq 1/8$ , dovrà essere aumentata di 0,05 m<sup>2</sup> ogni 5 cm di ulteriore aggetto oltre 1,00 m.
- 6 - La superficie illuminante va conteggiata al netto di velette, elementi strutturali o altri ostacoli che ostruiscano o riducano l'effettiva superficie illuminante.
- 7 - Qualora i vani si affaccino esclusivamente su cortili debbono essere rispettate le seguenti ulteriori prescrizioni:
  - 7.1 L'area dei cortili deve risultare maggiore od uguale ad 1/5 della somma delle superfici (senza detrazione dei vuoti) che la delimitano.

7.2 L'altezza massima dei muri che delimitano il cortile deve risultare inferiore od uguale a 1,5 volte la media delle distanze fra le pareti opposte.

7.3 Distanza normale minima da ciascuna finestra al muro opposto  $\geq 6m$ .

7.4 L'area dei cortili si intende netta da quella delle proiezioni orizzontali dei ballatoi o di qualsiasi altra sporgenza sotto gronda che risulti maggiore o uguale a 1/20 dell'area del cortile.

## METODI DI CALCOLO

### Metodo A

Le grandezze fondamentali da prendere in considerazione nel calcolo sono riportate nella seguente tabella (tab. 1):

Tab. 1

Simbolo	Definizione	Unità di misura
A	Area delle superfici trasparenti delle finestre del locale	m <sup>2</sup>
S	Area delle superfici interne dell'ambiente	m <sup>2</sup>
t	Coefficiente di trasparenza del vetro (vedi Tab.4)	
r <sub>m</sub>	Coefficiente medio di rinvio delle superfici interne dell'ambiente (vedi Tab.2)	
ε	Fattore finestra inteso come rapporto tra illuminamento della finestra e radianza del cielo (vedi fig.1)	
ψ	Coefficiente di riduzione del fattore finestra, funzione dell'arretramento della finestra (vedi fig.2)	
L <sub>a</sub>	Distanza del fabbricato (o comunque dell'ostacolo) contrapposto alla finestra.	m
H	Altezza del fabbricato contrapposto a quello nel quale è situato l'ambiente considerato	m
h	Altezza della finestra dal piano stradale, misurata in corrispondenza del baricentro del vano finestra	m
l <sub>f</sub>	Larghezza del vano finestra	m
h <sub>f</sub>	Altezza del vano finestra	m
P	Profondità di arretramento della finestra rispetto al filo esterno del vano	m

Nel caso di spazi con forma regolare, comunque esclusi i casi di spazi prospicienti logge, balconi e ballatoi, si consiglia l'impiego del metodo di calcolo che fa uso della seguente relazione:

$$\eta_m = \frac{\sum_{i=1}^n t_i \cdot A_i \cdot \varepsilon_i \cdot \psi_i}{S (1 - r_m)}$$

dove n è il numero di finestre che si affacciano nell'ambiente considerato.

L'impiego di tale formula comporta la conoscenza dei parametri in essa contenuti, pertanto si procede come segue:

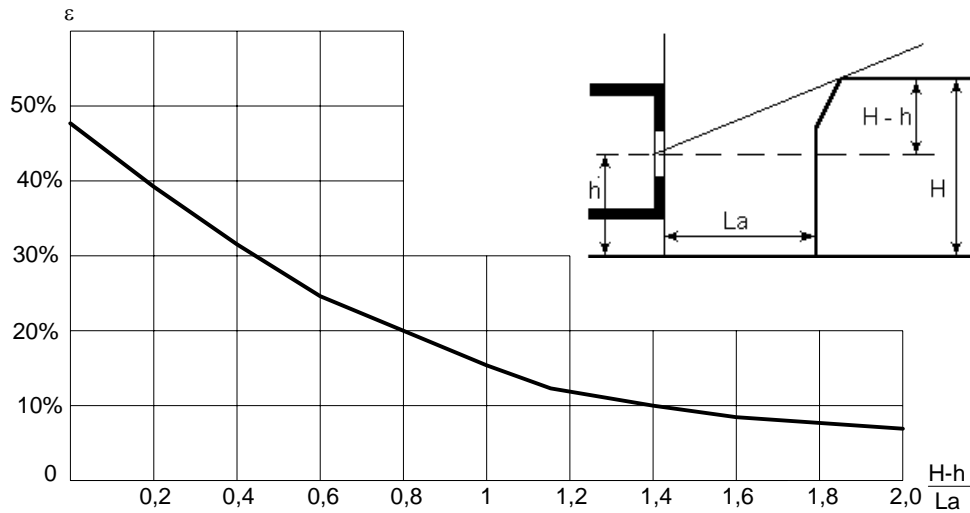
1. si definisce, in funzione del tipo di vetro, il coefficiente di trasparenza (vedi tab. 3);
2. si misura l'area della superficie vetrata di ciascuna finestra che si affaccia sull'ambiente;
3. si misura l'area delle superfici interne che delimitano l'ambiente;
4. per ciascuna finestra del locale si valuta il rapporto:

$$\frac{H - h}{L_a}$$

5. si riporta, sull'asse delle ascisse del grafico **di fig. 1**, il valore del rapporto così calcolato e si individua il punto corrispondente sull'asse delle ordinate: esso rappresenta il fattore finestra  $\varepsilon$ ;

Tab. 2

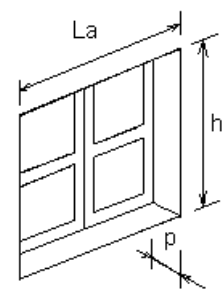
Materiale e natura della superficie	Coefficiente di rinvio
Intonaco comune bianco (latte di calce o simili) recente o carta	0,8
Intonaco comune o carta di colore molto chiaro (avorio, giallo, grigio)	0,7
Intonaco comune o carta di colore chiaro (grigio perla, avorio, giallo limone, rosa chiaro)	0,5 - 0,6
Intonaco comune o carta di colore medio (verde prato, azzurro chiaro, marrone chiaro)	0,3 - 0,5
Intonaco comune o carta di colore scuro (verde oliva, rosso)	0,1 - 0,3
Pavimenti di tinta chiara	0,4 - 0,6
Pavimenti di tinta scura	0,2
Alluminio	0,8 - 0,9



h = altezza della finestra dal piano stradale  
H = altezza del fabbricato contrapposto  
La = larghezza della strada  
 $\varepsilon$  = fattore finestra

fig. 1

fig. 1



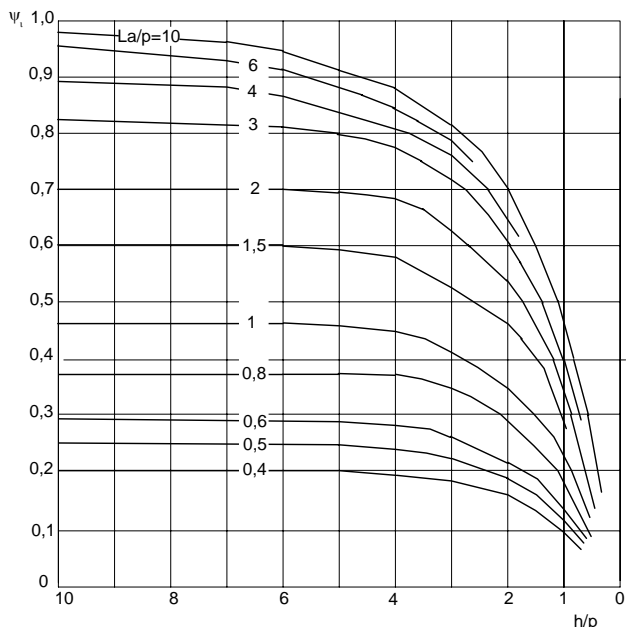


fig. 2

6. calcolati i rapporti  $h_f/P$  e  $l_r/P$ , si riporta, sull'asse delle ascisse del grafico II il valore di  $h_f/P$  e si trova, sulla curva relativa a  $l_r/P$ , il punto da cui si traccia la retta orizzontale che individua sull'asse delle ordinate il valore del coefficiente di riduzione  $\psi$ ;  
 7. si applica la relazione indicata precedentemente e si ottiene il valore del fattore medio di luce diurna.  
 Si fa presente che tale metodo non tiene conto dell'influenza del telaio della finestra.

### Metodo B

In caso di spazi prospicienti logge, balconi e ballatoi e in generale per forme di locali non regolari, il fattore medio di luce diurna deve essere calcolato come media dei fattori di luce diurna almeno in tre punti ben distinti dello spazio in esame.

Tali punti, posti ad una altezza di 0.90 m dal pavimento e ad una distanza di 1.50 m dalla superficie vetrata, devono essere collocati uno al centro della stanza e gli altri due a 0.60 m dalle pareti.

Il fattore di luce diurna in un punto P risulta espresso dalla seguente formula:

$$\eta = [CC \cdot F_o + IRC \cdot F_s] \cdot t \cdot F_v$$

#### Determinazione CC (Componente cielo)

Il metodo di calcolo di CC qui riportato si basa sulla determinazione degli angoli azimutali  $\beta$  e zenitali  $\gamma$  di vista del cielo attraverso la finestra dal punto di riferimento prefissato.

L'angolo azimutale  $\beta$  viene misurato sul piano orizzontale (vedi fig. 3).

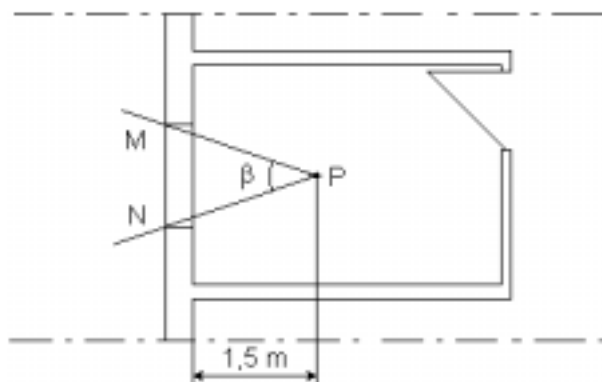


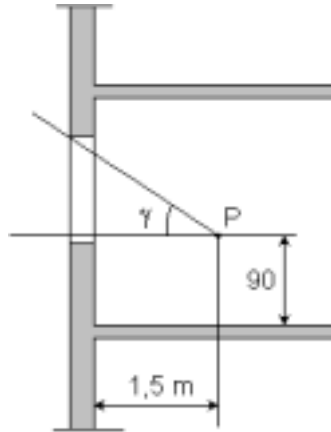
fig. 3

Nella determinazione dell'angolo  $\gamma$  possono verificarsi due casi:

- vista libera del cielo;
- vista del cielo limitata da ostruzioni.

Nel caso di vista libera del cielo,  $\gamma$ , posto sul piano verticale (vedi fig. 4), è l'angolo formato dal piano orizzontale passante per il punto di riferimento P, posto a 0.90 m dal pavimento, e dal piano tangente allo spigolo superiore esterno della finestra.

fig. 4



Nel caso di vista del cielo limitata da ostruzioni, che possono essere esterne (edifici prospicienti, ecc.) oppure dovute al davanzale della finestra se questo è più alto del punto di riferimento P, si determinano due angoli (vedi fig. 5 e fig. 6):  $\gamma_1$  (pari all'angolo  $\gamma$  del caso precedente) e  $\gamma_2$  (angolo d'ostruzione).

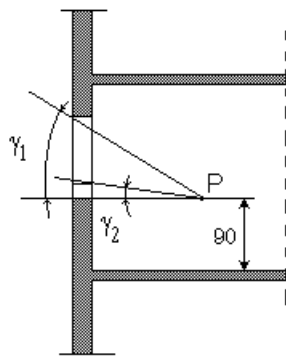


fig. 5

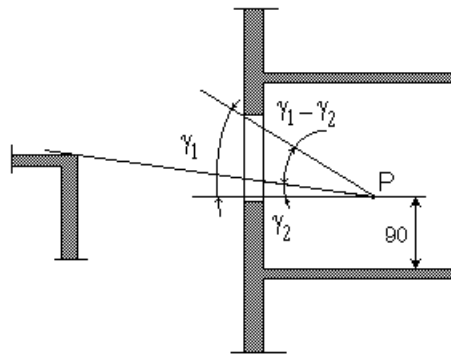


fig. 6

Nel caso di vista libera del cielo la CC, relativa all'angolo  $\gamma_1$  si individua tramite l'apposito diagramma (vedi fig. 7) del C.S.T.B. (1) operando nel seguente modo.

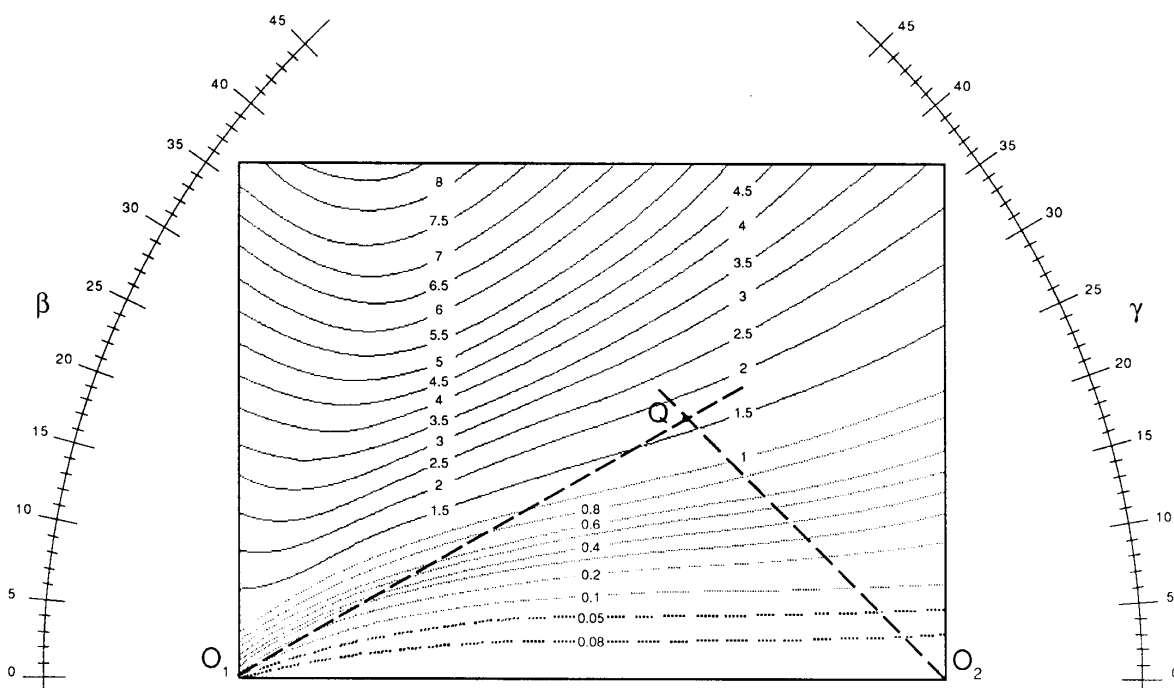


fig. 7 - Diagramma del C.S.T.B.

Si traccia dal vertice  $O_1$  del diagramma la retta che forma con l'asse orizzontale l'angolo zenitale  $\gamma$  e dal vertice  $O_2$  la retta che forma con lo stesso asse l'angolo azimutale  $\beta$  in corrispondenza del punto intersezione Q delle due rette si legge il valore della componente cielo sulle curve di livello.

(1)  
I valori della componente cielo contenuti nel diagramma del C.S.T.B. sono riferiti a vetri lucidi trasparenti con trasparenza pari a 0.95.

Nel caso di vista del cielo limitata da ostruzioni è necessario, dal momento che esistono due angoli zenitali  $\gamma_1$  e  $\gamma_2$ , determinare operando come al punto precedente, la CC sia per  $\gamma_1$  e  $\gamma_2$  e quindi fare la differenza. Il valore di CC così risultante sarà quello da considerare nel prosieguo del calcolo.

#### Determinazione $F_o$ (Fattore di ostruzione della finestra)

Va applicato solo al valore della componente cielo.

Esso risulta dal rapporto fra la superficie dei soli vetri e la superficie architettonica della finestra, comprensiva quindi dei telai (abituamente 0.7 - 0.85).

#### Determinazione IRC (Componente Riflessa dall'Interno)

La luce diretta entrata nell'ambiente viene riflessa dalle superfici interne, ossia soffitto, pavimenti e pareti. Ciò produce un incremento dell'illuminamento nel punto P, dipendente dalla superficie illuminante della finestra, dalle superfici che delimitano l'ambiente e dalla loro riflettanza (rapporto percentuale tra luce riflessa e luce ricevuta), dalla riflettanza media e dalla presenza di eventuali ostruzioni presenti.

Per il calcolo del valore della IRC media dell'ambiente, valido per ogni punto P di riferimento, si utilizzi il nomogramma I (vedi fig. 8) della B.R.S. (nota 2).

Il nomogramma I per il calcolo di IRC è riferito alle seguenti condizioni:

- vetro lucido trasparente con coefficiente di trasparenza pari a 0,95

- coefficiente di rinvio del soffitto pari a 0,70
- coefficiente di rinvio del pavimento pari a 0,15
- angolo di ostruzione definito dalla CC.

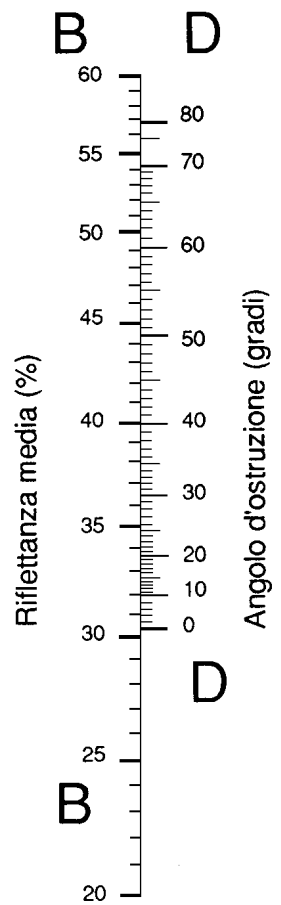
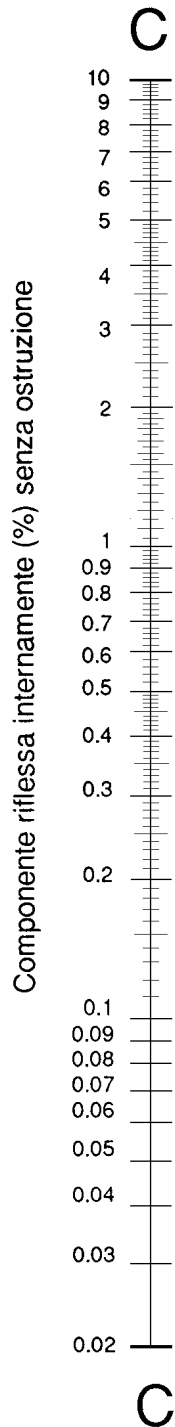
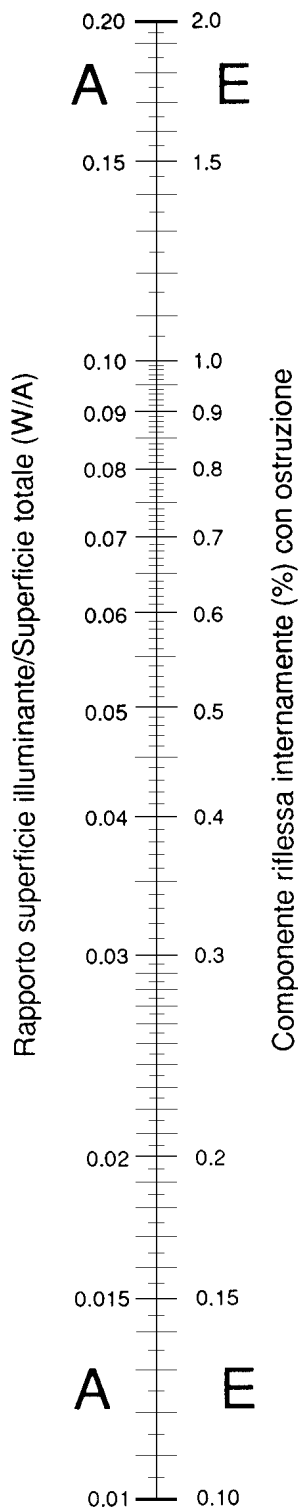
La procedura per l'utilizzo del nomogramma I è la seguente:

1. Si calcoli il rapporto  $W/A$  dove:

$W$  = superficie dei soli vetri delle finestre (esclusi i telai)

$A$  = superficie delimitante l'ambiente (comprese le finestre)

2. Si localizzi tale valore sulla scala A
3. Si calcoli la riflettanza media attraverso la tabella allegata al nomogramma I (vedi fig. 8)
4. Si localizzi il valore della riflettanza media sulla scala B
5. Si congiunga con una linea retta il punto individuato sulla scala A con il punto ricavato sulla scala B
6. L'intersezione di tale retta sulla scala C dà il valore di IRC
7. Nel caso esista una ostruzione si imposti sulla scala D l'angolo di ostruzione
8. Si congiunga tale punto con quello trovato sulla scala C
9. Il valore corretto di IRC verrà letto sul prolungamento della retta individuata all'intersezione con la scala E



PARETI VERT. / SUPERF. TOT.	RIFLESSIONE PARETI (%)				RIFLETTANZA MEDIA PONDERATA (%)
	10	30	50	70	
0.3	33	38	43	48	
0.4	30	37	44	51	
0.5	26	36	44	54	
0.6	23	34	45	56	
0.7	20	33	46	59	

Determinazione  $F_s$  (*Fattore di manutenzione delle superfici interne*)

Questo fattore va applicato alla sola IRC; dipende dalla zona in cui è ubicata la costruzione. Valori attendibili di tale fattore sono quelli in uso in Gran Bretagna, riportati nella tabella seguente (tab. 3):



Tab. 3

Ubicazione dell'edificio	Lavoro	
	non industriale o industriale pulito	industriale sporco
Area non industriale	0.9	0.7
Area industriale	0.8	0.6

Determinazione  $t$  (*Coefficiente di trasparenza del vetro*)

Tale fattore va applicato alla Componente Cielo (CC) e alla Componente Riflessa dall'Interno (IRC).

Si consiglia l'impiego dei valori riportati nella seguente tabella (tab. 4):

Tab. 4

Tipo di superficie trasparente	$t$
Vetro semplice trasparente	1.00
Lamina di vetro retinato lucido	0.95
Vetro retinato	0.90
Stampo grezzo o vetro rullato	0.95
Vetro cattedrale	1.00
Vetro stampato	0.80 - 0.95
Vetro "antisun"	0.85
Vetro "colorex"	0.55
Doppio vetro trasparente	0.85
Materiali sintetici trasparenti	0.65 - 0.90

Determinazione  $F_v$  (*Fattore di manutenzione dei vetri*)

Va applicato ai valori di entrambe le componenti. Dipende dall'ambiente in cui si trova la costruzione e dal tipo di lavoro in essa esplicato.

Valori attendibili di tale fattore sono quelli in uso in Gran Bretagna e riportati nella tab. 3.

### Metodo C

Questo terzo metodo si applica nelle condizioni viste per il precedente.

Il metodo contiene più dettagliate caratterizzazioni dei coefficienti correttivi che tengono conto della manutenzione dei serramenti e della trasparenza del vetro, inoltre introduce nella valutazione del fattore di luce diurna anche la componente riflessa dall'esterno.

La formula per il calcolo del fattore di luce diurna in un punto P risulta pertanto la seguente:

$$\eta_m = [CC + ERC + IRC \cdot F_s] \cdot t \cdot F_v \cdot F_o$$

Determinazione CC (*Componente Cielo*)

Il calcolo della Componente Cielo (CC) si esegue graficamente mediante il nomogramma II della B.R.S. (vedi fig. 9).

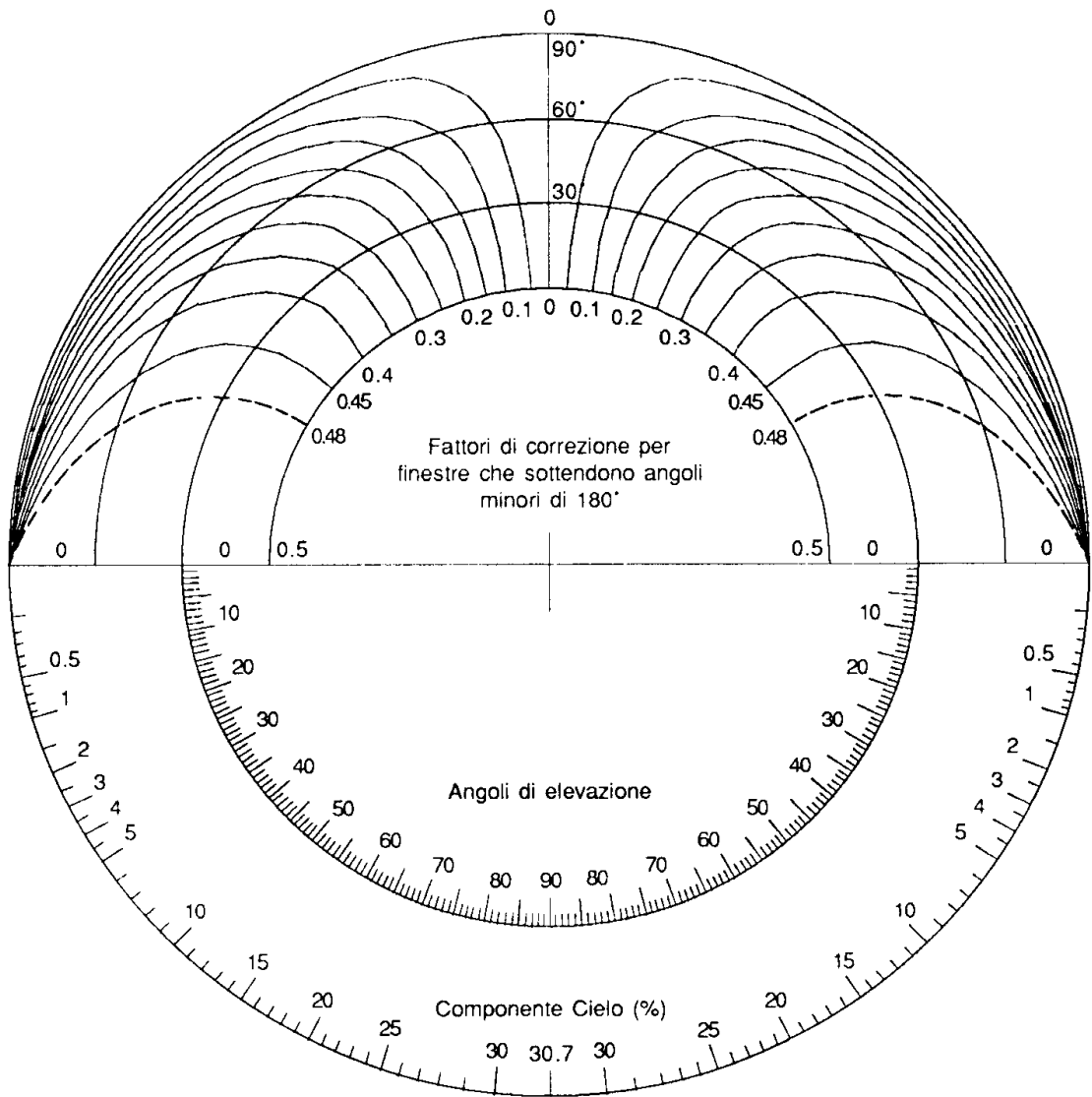


fig. 9 - Nomogramma II della B.R.S.

1. Si disegni la sezione verticale dell'ambiente in esame e si centri il nomogramma sul punto P, rispetto al quale si vuole condurre l'analisi, utilizzando l'arco di lettura degli angoli di elevazione (vedi fig. 10).

Procedendo come nell'esempio sottoriportato si tracciano le rette QP e RP, in corrispondenza, della loro intersezione con l'arco di lettura della componente cielo (CC) si rilevino i valori relativi. Si ricavi, inoltre, l'altitudine media servendosi dell'arco di lettura degli angoli di elevazione.

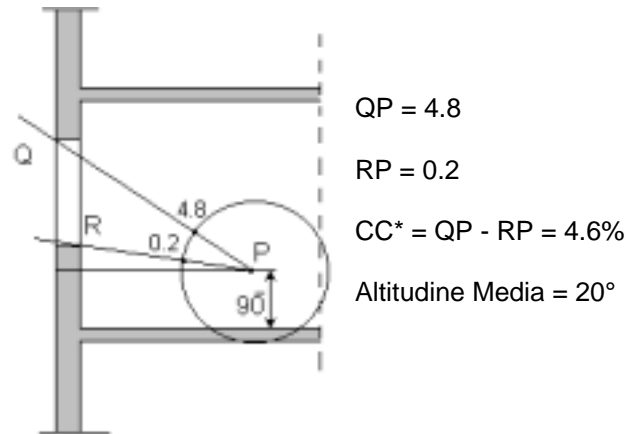


fig. 10

- Si disegni la pianta dell'ambiente in esame e si centri il nomogramma sul punto P, disponendolo sull'arco di lettura dei fattori di correzione per finestre che sottendono angoli minori di 180° (vedi fig. 11).

Procedendo come nell'esempio sottoriportato si traccino le rette MP ed NP; in corrispondenza delle loro intersezioni con il cerchio relativo al valore della loro altitudine media (20°), si leggano i valori del fattore di correzione sulle curve di livello più vicine.

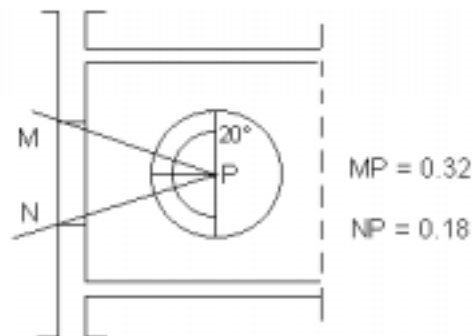


fig. 11

Il fattore di correzione sarà dato:  $MP + NP = 0.50$ .

Le letture relative alle rette MP ed NP devono essere sommate se poste su entrambi i lati dell'asse centrale, come nell'esempio; devono essere viceversa sottratte se poste dalla stessa parte rispetto a tale asse.

A questo punto è possibile ricavare il valore corretto di CC facendo:

$$CC = CC^* \cdot 0.50 = 2.3\%$$

#### Determinazione ERC (*Componente Riflessa dall'Esterno*)

Il metodo di calcolo è analogo a quello impiegato per la componente cielo.

Il valore ottenuto va moltiplicato per il coefficiente medio di rinvio della superficie di ostruzione, che in assenza di dati sperimentali, è assunto pari a 0.20.

#### Determinazione IRC (*Componente Riflessa dall'Interno*)

Per il calcolo di tale componente si utilizzi la seguente formula:

$$IRC = \frac{0.85 W}{S (1 - r_m)} \cdot (C \cdot r_p + 5 \cdot r_s)$$

dove:

W = Superficie dei soli vetri delle finestre (esclusi i telai)

S = Superficie delimitante l'ambiente (comprese le finestre)

r<sub>m</sub> = Coefficiente medio di rinvio della superficie S

r<sub>p</sub> = Coefficiente medio di rinvio del pavimento e della parte inferiore delle pareti (esclusa quella in cui è situata la finestra) misurata dalla metà dell'altezza del serramento.

r<sub>s</sub> = Coefficiente medio di rinvio del soffitto e della parte superiore delle pareti esclusa quella in cui è situata la finestra) misurata dalla metà dell'altezza del serramento.

C = Coefficiente dipendente dal grado di ostruzione esterno; per la sua determinazione si utilizzi la tabella seguente (tab. 5).

Tab. 5

Angolo di ostruzione	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
C	39	35	31	25	20	14	10	7	5

Il valore di IRC così calcolato viene considerato costante in tutti i punti dell'ambiente.

Determinazione F<sub>s</sub> (*Fattore di manutenzione delle superfici interne*)

Tale fattore dipende dalla zona in cui è ubicata la costruzione e va applicata alla sola IRC.

Valori attendibili sono quelli in uso in Gran Bretagna, riportati nella tab. 3.

Determinazione t (*Coefficiente di trasparenza del vetro*)

Va applicato a tutte le componenti ed è desumibile dalla tab. 4.

Determinazione F<sub>v</sub> (*Fattore di manutenzione del serramento*)

Tale fattore, che va applicato a tutte le componenti, dipende dall'ambiente in cui è ubicata la costruzione e dal tipo di lavoro in essa esplicato.

Lo si può ricavare dalla seguente tabella (tab. 6) che comprende anche giaciture del vetro diverse dalla verticale.

Tab. 6

Ubicazione dell'edificio	Giacitura della finestra	Lavoro	
		non industriale o industr. pulito	industriale sporco
Area non industriale	Verticale	0.9	0.8
	Inclinata	0.8	0.7
	Orizzontale	0.7	0.6
Area indust. sporca	Verticale	0.8	0.7
	Inclinata	0.7	0.6
	Orizzontale	0.6	0.5

Determinazione  $F_o$  (*Fattore di ostruzione della finestra*)

Tale fattore va applicato a tutte le componenti

Quando si hanno a disposizione gli elementi architettonici di riferimento il valore  $F_o$  risulta dal rapporto:

$$F_o = \frac{W}{S}$$

In mancanza di dati precisi si utilizzi la seguente tabella (tab. 7).

Tab. 7

Tipo di telaio	$F_o$
Finestre interamente metalliche	0.80 - 0.85
Finestre metalliche e cornici in legno	0.75
Finestre e cornici in legno	0.65 - 0.70

## PROVA IN OPERA

### VERIFICA DEL $\eta_m$

Si scelgano, sulla base dei fattori che determinano la prestazione considerata, gli alloggi ed i locali con caratteristiche tali da poterli definire come i più "sfavoriti".

Misurare l'illuminamento interno  $E_i$  in almeno tre punti posti a m 0.90 dal pavimento ed allineati ad una distanza di m 1.50 dalle pareti contenenti le finestre e superiore a m 0.60 dalle pareti laterali.

Le misure di illuminamento esterno  $E_e$  saranno eseguite su un piano orizzontale posto in prossimità dell'alloggio ed in grado di vedere l'intera volta celeste senza essere sottoposto all'irraggiamento diretto del sole (in pratica con cielo coperto).

Effettuare possibilmente le due misure di illuminamento interno  $E_i$  ed esterno  $E_e$  possibilmente con luxmetro a doppia cella o contemporaneamente con due luxmetri dei quali sia stata precedentemente verificata la congruenza. In caso contrario, eseguire le due misure alternativamente con frequenza tanto maggiore quanto più mutevoli sono le condizioni di illuminazione esterna.

Il valore di  $\eta_m$  è ottenuto dal rapporto:

$$\eta_m = E_{im}/E_{em}$$

dove  $E_{im}$  rappresenta il valore medio dei valori di illuminamento rilevati all'interno della zona di misura ed  $E_{em}$  il valore medio dei valori di illuminamento esterno rilevati durante le misure.

### VERIFICA DEL $R_i$

Si procede attraverso la misurazione diretta del vano al lordo dei telai.

