

IUAV - MASTER PROGETTAZIONE DELLA LUCE A.A. 2002/2003

Lezione del 2 settembre 2003

Titolo: Luce ed energia nella città, valutazione in tessuti urbani complessi

Docente: A. Carbonari

Parte 3° : IL COMFORT VISIVO

Il termine **ABBAGLIAMENTO** (glare) è usato per indicare una serie di situazioni visive ed è usualmente connesso a indesiderati effetti fisiologici e psicologici: riduzione delle prestazioni visive (acuità visuale, velocità di percezione, percezione del contrasto), affaticamento, discomfort, etc.

Riguardo le sue conseguenze sulla prestazione visiva si è soliti distinguere:

- **ABBAGLIAMENTO DISABILITANTE (DISABILITY GLARE).** Impedisce o limita la visione quindi l'attività connessa, ma non necessariamente provoca una sensazione sgradevole.
- **ABBAGLIAMENTO FASTIDIOSO (DISCOMFORT GLARE).** Induce una sensazione di sgradevolezza, di affaticamento o di disturbo senza però necessariamente impedire la visione. Si manifesta quando nell'ambiente, dunque nel campo visivo, sono presenti grandi diversità di Luminanza, dovute alla presenza di una sorgente luminosa nel campo visivo, o meglio nella sua zona centrale (abbagliamento diretto), o alla presenza di riflessioni su superfici lucide o chiare (abbagliamento riflesso).
- **EFFETTO VELO (VEILING GLARE).** È un effetto collaterale all'abbagliamento riflesso, si tratta di un fenomeno di riflessione (anche diffusa) sul compito visivo che crea una riduzione generale del contrasto tale da abbassare notevolmente la visibilità pur senza provocare discomfort. Questo perché la luminanza dell'oggetto riflesso è maggiore di quella del compito visivo. Ad esempio l'immagine di una finestra luminosa sullo schermo di un computer rende illeggibile quello che è visualizzato su di esso. Può essere considerato una forma di disability glare.

Cosa dicono le norme italiane (UNI 10380):

UNI 10380. Illuminazione di interni con luce artificiale. Stabilisce tra l'altro, allo scopo di controllare i fenomeni di abbagliamento, dei limiti ai rapporti tra le luminanze nel campo visivo. Adotta il metodo delle curve limite di luminanza come strumento di valutazione (individuano il valore massimo ammesso per un apparecchio in funzione della sua posizione rispetto all'osservatore).

UNI 10840 (2000). Locali scolastici, criteri generali per l'illuminazione naturale ed artificiale. Definisce il fattore medio di luce diurna ed i suoi valori minimi, adotta il DGI come indice di valutazione dell'abbagliamento naturale.

Gli indici di valutazione dell'abbagliamento.

I fenomeni connessi all'abbagliamento sono stati ampiamente studiati e sono stati messi a punto vari indici di valutazione che connettono l'entità del disturbo ai valori delle grandezze fisiche in gioco.

I più recenti sono il **DGI** ("**Daylight Glare Index**") [3] per la valutazione del disturbo causato da estese superfici luminose, tipicamente quella del cielo visto attraverso ampie finestre (pubblicato all'inizio degli anni '80), e l'**UGR** ("**Unified Glare Rating**") più indicato per la valutazione del disturbo da apparecchi illuminanti [4,5] o comunque da sorgenti non estese. Quest'ultimo è stato sviluppato dalla CIE nel 1995 ed è stato recentemente proposto ('98) in ambito europeo, come indice di riferimento nel progetto di norma europea PR EN 12464 "Lighting application – lighting of work places". Si prospetta un suo recepimento anche in ambito nazionale.

LA CORNELL FORMULA

La Cornell formula è stata sviluppata presso la Cornell University in collaborazione con il CIBSE, modificando la preesistente formula BRS per la valutazione dell'abbagliamento da sorgenti di dimensioni ridotte (di dimensioni inferiori a 0.01 st); la modifica è stata condotta sulla base di esperimenti nel corso dei quali un campione di soggetti poteva osservare superfici luminose di estensione e Luminanza variabili.

La formula fornisce un indice di abbagliamento da illuminamento naturale, il "Daylight Glare Index" (**DGI**).

Il metodo prevede come primo passo il calcolo della "**Costante di Abbagliamento**" o "**Glare Coefficient**" (**G**) relativa ad ogni parte (patch) di sorgente luminosa, nel seguente modo:

$$G = 0.48 \frac{L_s^{1.6} \cdot \Omega_s^{0.8}}{L_b + 0.07 \cdot \omega^{0.5} \cdot L_f}$$

dove il significato dei simboli è il seguente:

- L_s luminanza media della sorgente in esame [cd/m^2], le parti contemplate (previste) come sorgenti sono: il cielo, le ostruzioni esterne ed il suolo visibili attraverso l'apertura,
- L_f luminanza media dell'intera superficie finestrata [cd/m^2],
- L_b luminanza media del fondo [cd/m^2], nei casi in cui il compito visivo è limitato al piano di lavoro, come nel caso del lavoro da ufficio qui esaminato, il calcolo di L_b terrà conto delle L del compito visivo, delle sue immediate vicinanze ed in generale dei dintorni; se invece è richiesta l'osservazione di oggetti in movimento il suo calcolo dovrà tenere conto delle luminanze di tutte le superfici interne alla stanza.

L_b L_b può essere intesa come la L media del campo visivo che dà luogo all'illuminamento presente sull'occhio dell'osservatore, dovuto però alle sole componenti indirette degli illuminamenti da fonti naturali o artificiali, escludendo pertanto le superfici di tali sorgenti.

Tuttavia il contributo di queste ultime alla luminanza di adattamento dell'osservatore è rappresentato dal secondo termine al denominatore ($0.07 \cdot \omega^{0.5} \cdot L_f$).

- w angolo solido sotteso dalla superficie apparente della finestra all'occhio dell'osservatore [st],

- W_{ss} angolo solido sotteso dalla superficie apparente della sorgente all'occhio dell'osservatore, corretto in funzione della sua posizione nel campo visivo mediante l'indice di posizione di Guth (position index) (\mathbf{P}), il cui valore va calcolato in ogni punto del campo visivo:

$$\Omega_s = \int^s \frac{d\mathbf{w}}{P^2} \quad [\text{st}]$$

:

- 0.48 è un coefficiente numerico funzione delle unità di misura impiegate.

Una volta calcolato il valore di G per ogni sorgente luminosa, viene calcolato il DGI:

$$\text{DGI} = 10 \cdot \log_{10} \Sigma G$$

la sommatoria è estesa al numero di sorgenti luminose.

Il DGI, come si vede dagli esponenti dei vari termini e dalla loro posizione, è direttamente proporzionale in primo luogo alla Luminanza delle parti costituenti la sorgente luminosa ed in misura minore all'estensione della loro superficie apparente, corretta in funzione della posizione di ogni loro punto nel campo visivo (rappresentata dall'angolo solido corretto Ω_s). Il DGI è invece inversamente proporzionale alla Luminanza di adattamento, che è determinata in parte dalla L del fondo, precedentemente definita, ed in parte dalla L della finestra, grandezze che compaiono entrambe al denominatore.

Com'è evidente i valori della maggior parte di queste variabili sono funzione della posizione dell'osservatore all'interno della stanza dunque della composizione del suo campo visivo.

L'Unified Glare Rating (UGR)

L'UGR viene invece calcolato con la seguente formula:

$$\text{UGR} = 8 \log \left(\frac{0.25}{L_f} \cdot \frac{L_s^2 w}{P^2} \right)$$

Dove il significato dei simboli è analogo a quello definito per il DGI.

In base all'estensione apparente della sorgente si può scegliere quale indice impiegare; se l'angolo solido sotteso dalla sorgente al punto di vista è minore di 0.01 st viene calcolato l'UGR altrimenti il DGI.

Una procedura di verifica

Una procedura per la verifica della qualità dell'ambiente luminoso può consistere nell'effettuare in sequenza le seguenti verifiche:

- presenza del livello minimo di illuminamento nell'area del compito visivo,
- assenza di valori eccessivi di luminanza sul compito visivo (max 580 ...?),
- assenza di contrasti di luminanza entro l'area del compito visivo (tipo 1 a 10) che possono dal luogo all'abbagliamento velante,
- calcolo del DGI o dell'UGR a seconda dell'estensione della sorgente.

Si può considerare occupata dal visual task la parte centrale del campo visivo, compresa entro un angolo di 32° dall'asse ottico direzione dello sguardo.

Se la sorgente luminosa o buona parte di essa risulterà compresa nell'area del task, il valore dell'indice sarà molto basso, ma tale valore non sarà significativo dal momento che in un caso del genere non si avrà a che fare con il discomfort glare bensì con il disability o veiling glare.

REFERENCES

[1] The Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE). (1994). *Code for interior lighting 1994*. London: CIBSE.

[2] Robbins, C. L. (1986). *Daylighting, design and analysis*. New York: Van Nostrand Reinhold Company.

[3] Chauvel, P., J. B. Collins, R. Dogniaux, and J. Longmore. (1982). Glare from Windows: current views of the problem. *Lighting Research & Technology*. 14(1): 31-46.

[4] CIE (Commission Internationale de l'Eclairage). Discomfort Glare in interior lighting. Pubblicazione n° 117, 1995

[5] PR EN 12464, Lighting applications - Light of work places, Draft July 1998

[6] Peterbridge, P., and J. Longmore. (1954). Solid Angles Applied to Visual Comfort Problems. *Light and Lighting*, June 1954: 173 - 177.

[7] Luckiesh, M. (Matthew), and S. K. Guth. (1949). Brightnesses in Visual Field at Borderline Between Comfort and Discomfort (BCD). *Illuminating Engineering*. 44(11): 650 - 670. (via: November 1949. pagine ...).

[8] Hopkinson, R.G., P. Peterbridge, and J. Longmore. (1963). *Daylighting*. London: Heinemann