

# La luce migliore

Conoscerla per non sceglierla al buio.

30 gennaio 2023

Fino a poco tempo fa quando si pensava alla luce prodotta da una lampadina si pensava in Watt: 20 Watt per la lampadina da comodino mentre per la cucina piuttosto che la sala o il bagno ne servono 100 e magari anche di più.

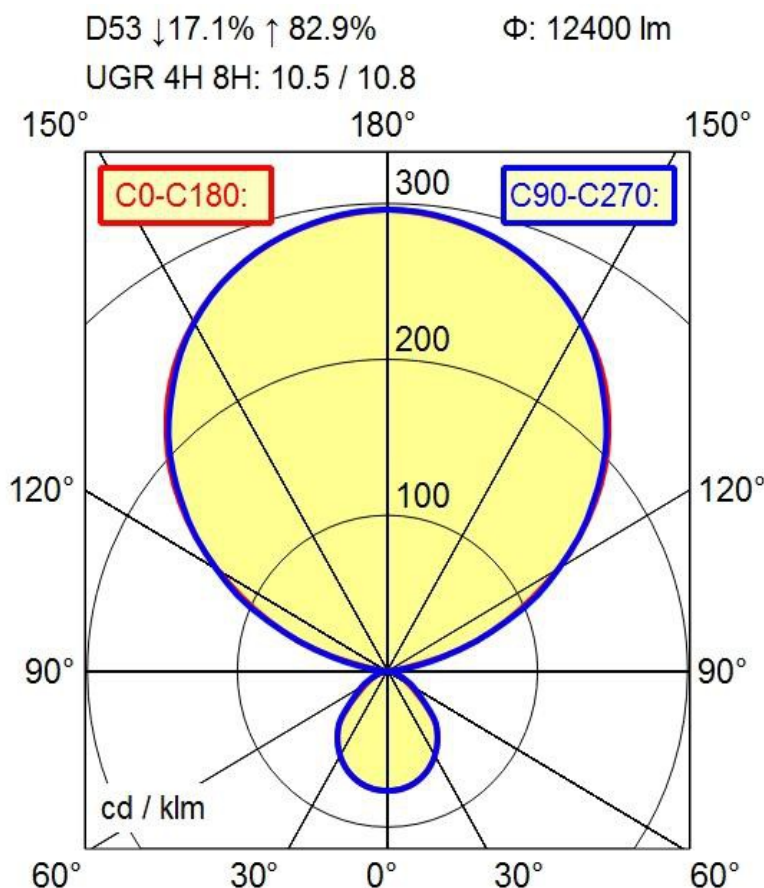


Però i **Watt** misurano il consumo di un corpo illuminante, non la sua capacità di produrre luce. Se ancor oggi si dice che una lampada a led da 6 Watt fa luce come una da 45 a incandescenza è solo per aiutare il consumatore ad avere un'idea approssimativa di "quanto illumina quella lampadina là", ma l'unità di misura della potenza del flusso luminoso totale ( $\phi$ ), cioè emesso in qualsiasi direzione, si esprime in **lumen (lm)**. Oltre al flusso luminoso totale un altro parametro importante è la **candela (cd)**, che invece misura l'intensità luminosa emessa in una specifica direzione, e qui è subito utile ricordare che **più il flusso di luce viene concentrato più aumenta la sua intensità**.

Quindi per misurare l'efficienza di un corpo illuminante è importante conoscere il suo rapporto **lumen/Watt**, cioè quanti lumen per ogni Watt vengono emessi. Per dare un'idea indicativa: una lampada a led per emettere 1000 lumen consuma circa 10 Watt; una lampada fluorescente ne consuma 20, una alogena 70, e infine una ad incandescenza 80.

I **lux** invece misurano la quantità di lumen per metro quadrato (**lm/m<sup>2</sup>**) e questo è detto **illuminamento**. **1 lumen su 1 metro quadrato è pari a 1 lux**. Se per esempio quel lumen si

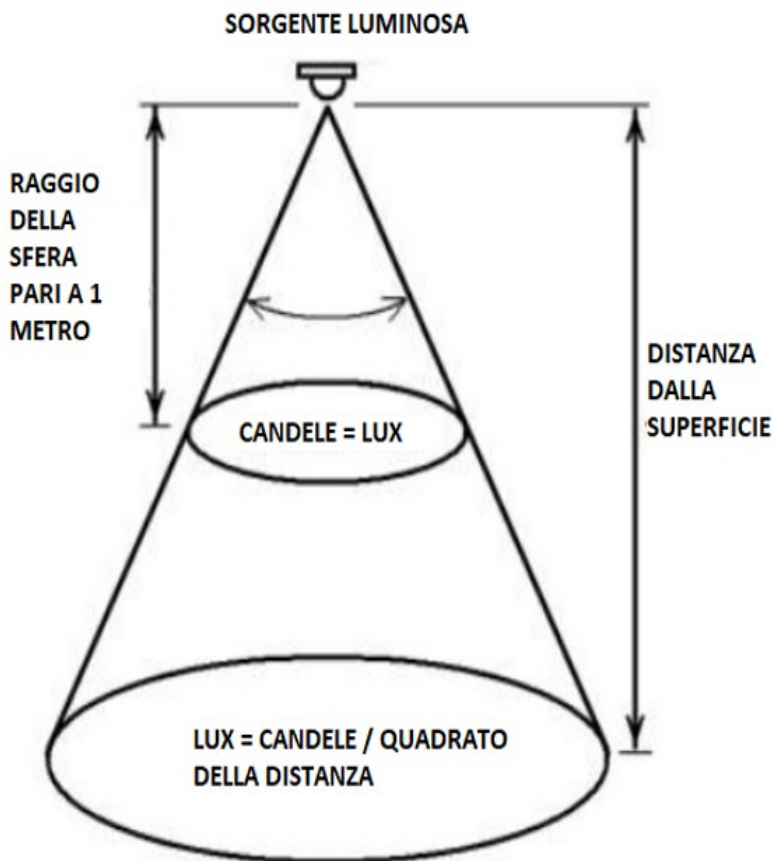
concentra su 1 centimetro quadrato i lux diventano 10.000. Questo fa subito intuire che sull'illuminamento conta molto l'**angolo di apertura** della luce emessa dal corpo illuminante. Avere un buon controllo dell'angolo di apertura è un altro modo per rendere più efficiente l'illuminazione, orientando i lumen dove servono senza "sprecarli". Sempre riferito all'angolo di apertura, ogni corpo illuminante che si rispetti è accompagnato da un grafico chiamato **curva fotometrica**, che visivamente spiega l'intensità (di solito in cd/klm, cioè in candele per ogni 1000 lumen) e la distribuzione nello spazio dell'illuminamento da esso prodotto. In altre parole per riuscire ad avere il controllo esatto di quanta luce vada dove vogliamo noi (**lx**) è necessario conoscerne sia la direzione sia l'intensità (**cd**), che sono proprio i dati riportati nelle curve fotometriche.



Legenda:  $\phi$  = totale lumen : ↓ = % luce diretta : ↑ = % luce indiretta : UGR 4H 8H = valore abbagliamento su 4 e 8 ore : C0-C180 = valore illuminamento in candele chilolumen sull'asse frontale (0°/180°):

C90-C270 = valore illuminamento in candele /chilolumen sull'asse laterale (90°/270°).

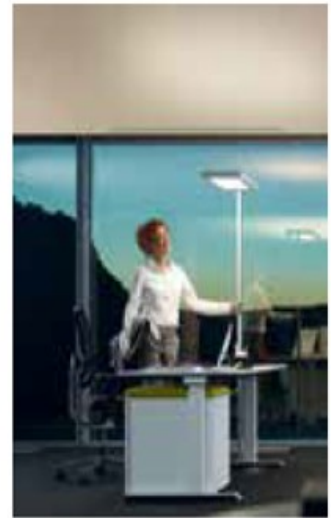
**Sull'illuminamento è importante ricordare che a 1 metro di distanza lux e candele coincidono, mentre per distanze superiori i lux calano in rapporto al quadrato della distanza.** In pratica una lampada che emette un totale di 1000 lumen in ogni direzione a 1 metro garantisce un illuminamento di 1000 lux, ma a 2 metri il suo illuminamento cala del quadrato della distanza, quindi  $1000/4=250$  lux, e a 3 metri è pari appena a  $1000/9=111$  lux e così via. **In conclusione, per avere il controllo esatto di quanta luce vada dove vogliamo noi, oltre a conoscerne la direzione e l'intensità (evidenziati dalla curve fotometriche) è importante sapere la distanza della sorgente luminosa dalla superficie da illuminare.**



**A 1 METRO DI DISTANZA DALLA SORGENTE CANDELE E LUX COINCIDONO**

La luce che invece raggiunge i nostri occhi (riflessa o emessa da una superficie) è detta **luminanza**. **Pensandoci bene tutto quello che vediamo è luminanza**, che in pratica è misurata dall'**indice di abbagliamento unificato**, conosciuto con l'acronimo **UGR** dal termine inglese Unified Glare Rating, parametro che va da 10 (valore migliore) a 30 (peggiore). **Per questo motivo, potendo scegliere come illuminare un ambiente, una luce indiretta generalmente è sempre preferibile a una diretta** poichè avrà sempre un indice di abbagliamento minore rispetto a una diretta.

Come intuitivamente tutti sappiamo, la luce può essere più "fredda" o più "calda", e questa temperatura è misurata dai **gradi Kelvin**. Dai 3000 ai 3500 si parla di luce calda, tendente al rosso, tipo quella del tramonto. Dai 4000 ai 4500 si parla di una luce intermedia, neutra che cerca di replicare la luce solare, mentre dai 6000 a il 6500 si parla di luce fredda. In un'ambiente dove è necessaria molta precisione è da preferire una luce fredda, in altri votati alla convivialità è da preferire una luce più calda. **In ambienti dove le persone passano molto tempo sarebbero da preferire sistemi di illuminazione dinamici**, che replicando il moto circadiano, cioè che modificando la temperatura della luce in base all'orario della giornata, aumentano il benessere e quindi la produttività delle persone.



#### Al mattino

L'ormone cortisolo viene prodotto nell'organismo al mattino. Esso stimola il metabolismo e attiva il corpo per la giornata. La prima luce del giorno blocca la produzione di melatonina, l'ormone che induce il sonno. All'inizio della giornata lavorativa, PULSE VTL favorisce l'attività del cortisolo, l'ormone dello stress, attraverso una stimolante luce fredda e un livello d'illuminazione elevato.

#### A metà giornata

I livelli di cortisolo nel corpo diminuiscono continuamente nel corso della giornata. Tuttavia, intorno a mezzogiorno i livelli di rendimento in ufficio sono ancora ottimali. Per PULSE VTL questo significa continuare a fornire luce prevalentemente fredda e stimolante e un livello d'illuminazione piuttosto elevato.

#### Nel pomeriggio

Nel pomeriggio, la produzione di cortisolo nel corpo è già notevolmente rallentata e la fase di lavoro intenso sta per giungere al termine. A quest'ora la produzione dell'ormone del sonno non è ancora necessaria. PULSE VTL sostiene questa fase di transizione con una miscela di luce neutra. L'intensità d'illuminazione viene gradualmente ridotta.

#### Di sera

L'ormone melatonina abbassa l'energia, rallenta le funzioni fisiologiche e l'attività per favorire il sonno. Se si riceve luce biodinamica durante il giorno, di sera anche i livelli di melatonina saranno ottimali. Si dorme meglio, ci si sente riposati, al mattino ci si sveglia attivi e produttivi. PULSE VTL favorisce il passaggio alla fase di riposo con una luminosità ridotta e una luce dalla rilassante tonalità calda.

Un ultimo parametro è l'**indice della resa cromatica (Ra o IRC)** che indica quanto una sorgente luminosa faccia apparire naturali i colori degli oggetti che illumina. Limitandoci agli ambienti lavorativi come gli uffici, i corpi illuminanti devono avere un IRC uguale o superiore a 80.

In Italia, per quanto riguarda specificamente gli ambienti lavorativi, i riferimenti normativi per realizzare un'illuminazione idonea sono tre: l'**allegato IV "Requisiti dei luoghi di lavoro" del D.Lgs. 81/2008**, l'**allegato XXXIV "Videoterminali" del D.Lgs. 81/2008**; e infine la **normativa UNI EN 12464 "Luce e illuminazione - illuminazione dei posti di lavoro"**.

L'allegato IV parla dell'importanza di garantire un'illuminazione naturale e artificiale adeguate ai compiti richiesti. L'allegato XXXIV definisce più nel dettaglio ciò che riguarda l'illuminazione delle scrivanie e del loro posizionamento rispetto all'illuminazione naturale. La normativa UNI EN 12464 invece è quella decisamente più interessante, almeno dal nostro punto di vista, poichè si occupa, nello specifico, di come assicurare il comfort e le prestazioni visive specificamente all'interno degli uffici per ridurre l'affaticamento degli operatori consentendo una maggior produttività. Tale norma affronta 7 punti che meritano di essere ripresi nel dettaglio:

## 1. La distribuzione delle luminanze.

Come sopra ricordato la luminanza è il rapporto tra flusso luminoso emesso o riflesso da una superficie che raggiunge i nostri occhi, quindi in fase di progettazione è importante equilibrare le luminanze tenendo conto dell'ambiente in generale, cioè la sua funzione, la posizione delle persone, le superfici dei materiali (pareti, pavimenti e arredi), le luci nonché le relative distanze e

posizioni. Luminanze troppo elevate aumentano l'abbagliamento e contrasti di luminanza troppo elevati causano affaticamento visivo per il continuo variare dell'adattamento oculare (pensiamo ad un ufficio open space dove l'illuminazione è molto intensa sulle scrivanie e quasi assente nel resto della stanza). Luminanze troppo basse e contrasti di luminanza troppo bassi invece oltre a rendere l'ambiente eccessivamente piatto, cioè non stimolante sono sintomo di un'illuminazione insufficiente. Di seguito le luminanze previste

<b>Componenti ambientali</b>	<b>Luminanze (cd/m<sup>2</sup>)</b>
Pavimenti	10-100
Pareti	50-200
Soffitti	100-300
Finestrature	200-500
Apparecchi	200-1000
Area del compito visivo	30-100
Area adiacente all'area del compito visivo	Luminanza superiore o uguale a 1/3 della luminanza dell'area del compito visivo

## 2. L'illuminamento.

L'illuminamento adeguato sull'area di lavoro (scrivania) e nell'area area circostante, serve per rendere il compito visivo rapido, sicuro, confortevole e senza sprechi. La norma EN 12464-1 definisce l'illuminamento medio mantenuto ( $E_m$ ) per garantire il comfort e le prestazioni visive in un ufficio e raccomanda di aumentarlo quando è importante garantire l'accuratezza del mansione svolta, quando il lavoro si protrae per molto tempo o quando le capacità visive del lavoratore sono inferiori al normale. Al contrario l'illuminamento medio si può ridurre quando i dettagli del compito visivo sono molto grandi o con alto contrasto oppure quando il lavoro da compiere è molto breve.

<b>Tipi di ambienti</b>	<b>Livelli di illuminamenti medi mantenuti (lx)</b>
Ingressi e zone di transito	50-100-150
Zona di reception	100-150-200
Uffici operativi	200-300-350
Uffici dirigenziali	300-500-750
Sale riunioni	200-300-500
Auditori	150-200-300

### **Zona del compito visivo, zona circostante e zona di sfondo**

Poiché in fase di progettazione non è facile individuare con esattezza la zona dove si svolgerà il compito visivo, **la norma prevede un'area più estesa attorno a quella sede del compito visivo, chiamata zona del compito visivo, all'interno della quale mantenere l'illuminamento medio mantenuto che deve avere un'ampiezza minima di mezzo metro. Oltre a questa area si apre la zona di sfondo di almeno 3 metri che deve essere illuminata con un valore medio pari almeno a 1/3 dell'area di lavoro.**

Attorno a questa zona viene definita una **zona circostante** che è una fascia attorno alla zona del compito di ampiezza minima di 0,5 m, nella quale l'illuminamento può essere diminuito rispetto a quello della zona del compito visivo.

Infine oltre alla zona circostante viene considerata un'altra area chiamata zona di sfondo. **La zona di sfondo è una fascia di almeno 3 metri attorno all'area immediatamente circostante e deve essere illuminata con un valore medio mantenuto pari ad almeno 1/3 dell'illuminamento previsto per l'area circostante.**

Di seguito gli illuminamenti medi raccomandati per l'area del compito visivo, l'area circostante e la zona di sfondo:

<b>Illuminamenti dell'area del compito visivo (lx)</b>	<b>Illuminamenti minimi dell'area circostante (lx)</b>	<b>Illuminamenti della zona di sfondo (lx)</b>
≥ 750	500	> 167 (500/3)
500	300	> 100 (300/3)
300	200	> 67 (200/3)
≤ 200	Stesso illuminamento dell'area del compito visivo	Illuminamento dell'area del compito visivo /3

**Per esempio un ufficio di 25 metri quadrati che vogliamo sia illuminato uniformemente con almeno 500 Lux necessita di uno o più corpi illuminanti capaci di garantirgli 12500 Lumen.**

### 3. L'abbagliamento.

L'abbagliamento è la sensazione visiva prodotta da superfici di elevata luminanza all'interno del campo visivo e può essere percepito come abbagliamento molesto (diretto) o debilitante (riflesso). L'abbagliamento molesto (diretto) è provocato direttamente dalle sorgenti luminose, cioè dagli apparecchi di illuminazione o dalle finestre. L'abbagliamento debilitante (riflesso) è provocato dalla riflessione della luce su oggetti e superfici che fanno da superficie riflettente (ad esempio lo schermo del computer).

	<b>Abbagliamento diretto</b>	<b>Abbagliamento riflesso</b>
<b>Cause</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Sole che entra da finestre senza tende</li> <li>– Apparecchi d'illuminazione non schermati</li> <li>– Superfici con forti luminanze</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Superfici riflettenti</li> <li>– Apparecchi mal posizionati</li> <li>– Posti di lavoro mal posizionati</li> </ul>
<b>Effetti</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Calo di concentrazione</li> <li>– Aumento del margine d'errore</li> <li>– Stanchezza</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>Apparecchi e posti di lavoro disposti in sintonia</b></li> </ul>
<b>Rimedi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Apparecchi con luminanze limitate</li> <li>– <b>Schermature sulle finestre</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>Illuminazione indiretta</b></li> <li>– <b>Superfici opache</b></li> </ul>

#### Valutazione dell'abbagliamento molesto prodotto da apparecchi d'illuminazione

I valori standard di riferimento dell'UGR sono compresi tra 10 (abbagliamento assente) e 30 (abbagliamento molto forte), distanziati di 3 unità (10, 13, 16, 19, 22, 25 e 28), da ricercarsi nelle

due direzioni di vista (trasversale e longitudinale rispetto all'apparecchio). In tabella viene indicato i valori massimi di UGR previsti dalla norma EN 12464-1 secondo i vari ambienti

<b>Tipi di ambienti</b>	<b>Indice di abbagliamento (UGR)</b>
Ingressi e zone di transito	25
Zona di reception	22
Uffici operativi	13-19
Uffici dirigenziali	19
Sale riunioni	22
Auditori	25

**Rimedi per ridurre o limitare l'abbagliamento riflesso**

- **sistemazione adeguata degli apparecchi d'illuminazione e dei posti di lavoro,**
- **finitura della superficie (superfici opache),**
- **riduzione della luminanza degli apparecchi d'illuminazione,**
- **aumento dell'area luminosa dell'apparecchio d'illuminazione,**
- **pareti e soffitti chiari**

## 4. La direzione della luce.

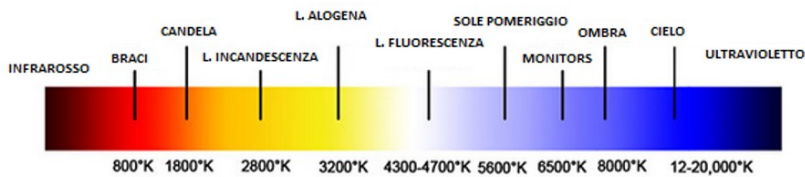
L'illuminazione, deve essere utilizzata per mettere in evidenza oggetti, migliorare l'apparenza dell'ambiente ed evidenziare l'attenzione su documenti, persone, e postazioni. **Il corretto utilizzo di illuminazione diffusa e illuminazione direzionale** deve contribuire a migliorare uno specifico compito visivo bilanciando l'uniformità garantita della prima e i contrasti creati dalla seconda.

## 5. La temperatura della luce e la resa cromatica.

La norma EN 12464-1 correttamente identifica due fattori per descrivere le proprietà cromatiche di una sorgente luminosa, la temperatura di colore ( $T_{cp}$ ) che indica l'apparenza cromatica della luce stessa e l'indice di resa del colore (**Ra** o **IRC** o **CRI**) che dice in che misura il colore di un oggetto illuminato artificialmente (es. pareti, mobili, oggetti di lavoro, etc.) appare naturale a chi lo osserva. La temperatura di colore di una sorgente luminosa è espressa in Kelvin (K).

<b>Apparenza del colore</b>	<b>Temperatura di colore prossimale, <math>T_{cp}</math> (K)</b>
Calda	< 3.300 K
Intermedia	Da 3.300 K a 5.300 K
Fredda	> 5.300 K

La scelta del colore apparente per l'illuminazione di un ambiente deve tener di fattori funzionali e estetici e psicologici.



## Resa del colore o Resa cromatica

La resa del colore è un indice che definisce quanto un'apparecchio di illuminazione è in grado di rendere i colori e la pelle umana come illuminati dalla luce del sole.

L'indice di resa del colore ( $R_a$  o CRI (Indice di Resa Cromatica) o IRC (stesso acronimo ma in inglese) va da 0 a 100 e diminuisce al diminuire della qualità della resa dei colori. **La norma UNI EN 12464-1 raccomanda di non utilizzare lampade con un indice inferiore ad 80 nei luoghi di lavoro dove le persone permangono e/o lavorano per lunghi periodi.**

## 6. Lo sfarfallamento e gli effetti stroboscopici.

Tutte le sorgenti luminose alimentate da corrente elettrica emettono uno sfarfallio. **Normalmente sfarfallii sotto i 70Hz non vengono percepiti dall'occhio umano e non provocano quindi nessun fastidio.** Se invece raggiungono frequenze maggiori possono provocare distrazioni, malesseri ed emicranie e subire l'effetto stroboscopico se supera i 100Hz. Gli effetti stroboscopici possono comportare situazioni di pericolo dovute alla modifica della percezione del movimento di macchinari dotati di moto rotatorio od alternativo. La norma EN 12464-1 raccomanda di progettare impianti d'illuminazione che limitino il più possibile lo sfarfallamento e gli effetti stroboscopici.

## 7. L'efficienza energetica.

Il risparmio energetico è un obiettivo da perseguire, senza compromettere gli aspetti visivi di un impianto di illuminazione. Il progetto deve prevedere un'attenta **valutazione dei sistemi di illuminazione, dei dispositivi di controllo e del contributo della luce naturale.** Un'accensione automatica o manuale e/o un dispositivo di regolazione della luce possono essere utilizzati per assicurare una integrazione appropriata tra l'illuminazione artificiale e quella naturale.

Infine un utile riassunto dei requisiti illuminotecnici richiesti per gli ambienti ufficio...

Tipo di compito od attività in interni	Illuminamento medio mantenuto $E_m$ (lx)	Valore massimo indice unificato di abbagliamento	Valore minimo dell'indice di resa del colore $R_a$
Archiviazione, copiatura	300	19	80
Scrittura, dattilografia, lettura, elaborazione dati	500	19	80



Disegno tecnico	750	16	90
Postazioni CAD	500	19	80
Sale conferenze e riunioni	500	19	80
Reception	300	22	80
Archivi	200	25	80

...e un problema pratico (risolto). Domanda: sapendo che la curva fotometrica sopra riportata è proprio quella delle piantane dell'immagine principale che è alta 2 metri, senza tener conto della luce indiretta, la luce diretta assicura alle scrivanie sottostanti alte 75 centimetri un illuminamento adeguato rispetto alla normativa UNI-EN 12464-1? Risposta: sapendo che come da grafico l'intensità del flusso diretto a 30 gradi è circa 60 candele per ogni 1000 lumen e sapendo che la lampada ha una potenza di 12.400 lumen, il flusso diretto sull'area sottostante a 1 metro sarà pari a  $(12.400/1000) \times 60 = 744$  candele pari a 744 lux, che però calcolando la distanza esatta della lampada dal piano sarà pari a  $744 / (1.25^2) = 476$  lux, quindi in linea con la raccomandazione di 500 lux per le aree con compito visivo medio, e per essere pignoli fino in fondo tale area, sempre prendendo in considerazione la curva fotometrica in esame, sarà un cerchio con raggio pari alla tangente a 30° di 1,25 metri, cioè circa 70 centimetri.