



voltimum

**QUADERNO  
DEL PROGETTISTA  
ELETTRICO**



voltimum



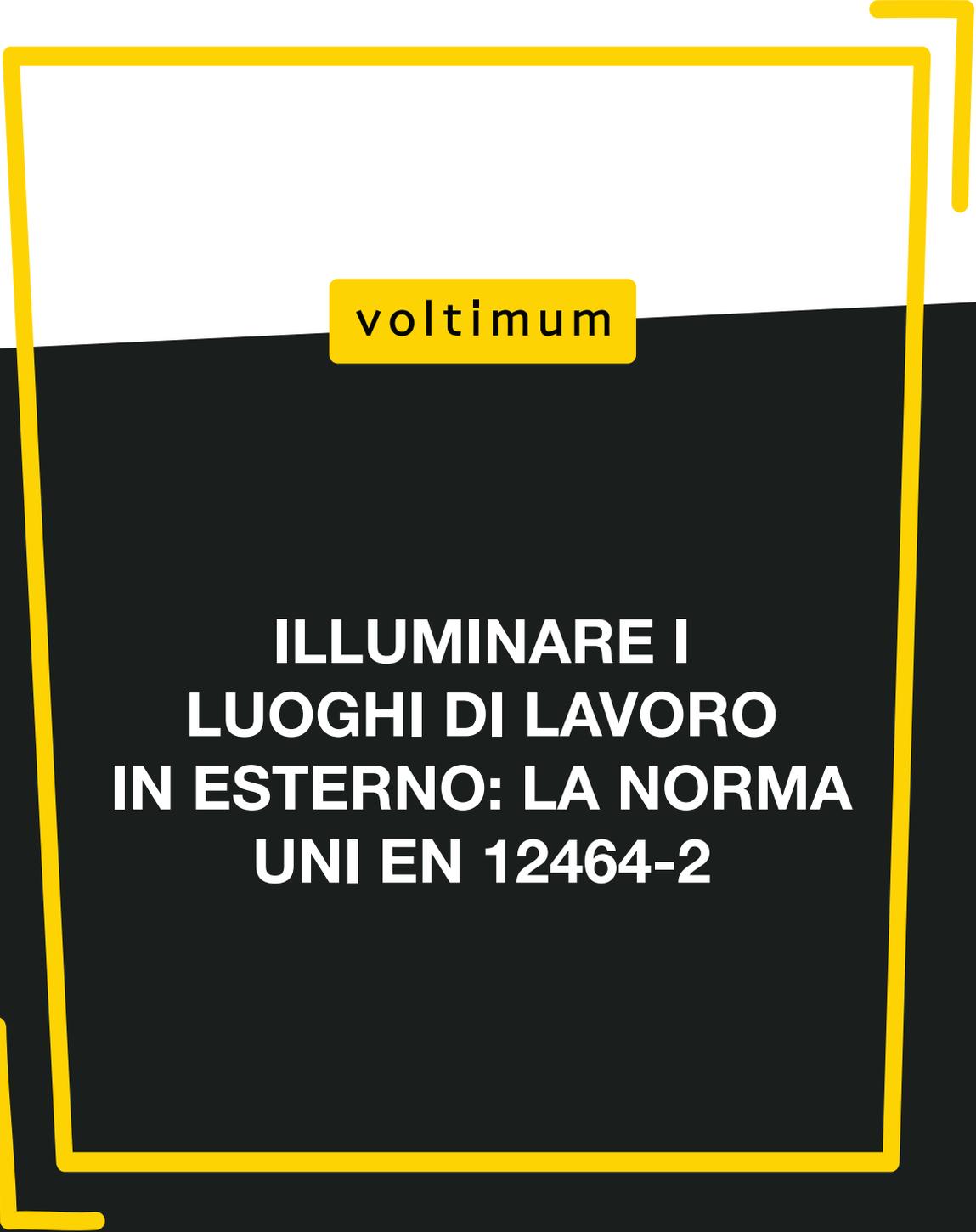
ILLUMINARE I LUOGHI DI LAVORO  
IN ESTERNO: LA NORMA UNI EN 12464-2

pag. **3**

LA VERIFICA DEI PARAMETRI  
ILLUMINOTECNICI PER L'ILLUMINAZIONE  
DEI LUOGHI DI LAVORO IN INTERNO

pag. **19**



A thick yellow line forms a rectangular frame with rounded corners. The frame is open at the top-right and bottom-left corners, where the lines extend outwards. The background is split into a white top half and a black bottom half, with a yellow wavy shape at the very bottom.

voltimum

**ILLUMINARE I  
LUOGHI DI LAVORO  
IN ESTERNO: LA NORMA  
UNI EN 12464-2**

## Illuminare i luoghi di lavoro in esterno: la norma UNI EN 12464-2

Si è soliti parlare di illuminazione di uffici, scuole o industrie, chiedendosi come questi spazi possano essere illuminati per migliorare la capacità produttiva e tutelare le condizioni psico-fisiche dei lavoratori.

Ma non si lavora solo in spazi chiusi e gli stessi requisiti che devono soddisfare l'illuminazione di un ufficio o un ospedale vengono anche richiesti per l'illuminazione di luoghi di lavoro in esterno come aree di carico e scarico, aree di parcheggio, cantieri navali o zone ferroviarie.



Quindi per permettere alle persone uno svolgimento efficace ed accurato dei compiti visivi all'aperto, specialmente durante la notte, è necessario fornire un'illuminazione adeguata e appropriata garantendo un grado di visibilità e comfort regolato dalla durata e dal tipo di attività svolta.

La normativa EN 12464 "Light and Lighting – Lighting of workplace" (Luce e illuminazione: Illuminazione dei posti di lavoro) è appunto composta dalle seguenti parti:

- *Parte 1: Indoor work places (Posti di lavoro in interno)*
- *Parte 2: Outdoor work place (Posti di lavoro in esterno)*

Nel 2013 il gruppo di lavoro WG2 del CEN/TC 169 "Light and lighting" (CEN: Comitato Europeo di Normazione; TC 169: Comitato tecnico Luce e illuminazione) ha approvato la revisione della norma EN 12464-2 del 2008 "Light and lighting – Lighting of work places – Part 2: Outdoor work places".

Dal 2014 abbiamo a disposizione, anche in lingua italiana, la norma UNI EN 12464-2: "Luce e Illuminazione – Illuminazione dei posti di lavoro. Parte 2: Posti di lavoro in esterno" che specifica i requisiti relativi all'illuminazione dei compiti visivi in termini di quantità e qualità per la maggior parte dei posti di lavoro in esterni e delle zone connesse. La norma UNI EN 12464-2 è poco conosciuta, ma risulta invece fondamentale quando si fa riferimento al decreto 81 del 2008 per il quale molti luoghi di lavoro all'aperto devono rispettare le norme UNI non solo per assicurare prestazioni ottimali, ma anche per rispettare i requisiti di sicurezza.

E' bene ricordare che la UNI EN 12464-2 non è applicabile all'illuminazione d'emergenza e che non specifica i requisiti illuminotecnici riguardanti la sicurezza e la salute dei lavoratori sul posto di lavoro. La norma non rientra nello scopo e nel campo di applicazione dell'articolo 153 del trattato CE, sebbene i requisiti illuminotecnici, come specificati nella presente norma, generalmente soddisfino le esigenze di sicurezza.

Molte sono le attività inserite nella norma: dalle zone di circolazione esterne degli stabilimenti industriali ai parcheggi dei centri commerciali, dai cantieri edili alle aree esterne degli aeroporti.

Questa norma, come la UNI EN 12464-1 per l'illuminazione dei posti di lavoro in interno, fornisce le "raccomandazioni di buona pratica di illuminazione".

## 1. Criteri di progettazione illuminotecnica

La UNI EN 12464-2 definisce i requisiti illuminotecnici dei posti di lavoro in esterno i cui ambienti luminosi devono garantire al lavoratore di poter svolgere in modo efficiente, accurato e sicuro le proprie attività, assicurando sempre livelli adeguati di visibilità e comfort.

Per quanto riguarda i criteri di progettazione illuminotecnica, le norme UNI EN 12464 sia per luoghi di lavoro in interni che in esterno prevedono che gli ambienti luminosi debbano soddisfare le tre esigenze umane fondamentali:

- *il comfort visivo: la sensazione fisiologica e psicologica di benessere percepita dai lavoratori che contribuisce indirettamente anche a ottenere alti livelli di produttività;*

- *la prestazione visiva: l'oggetto della visione, per svolgere correttamente una determinata attività, deve essere percepito ed inequivocabilmente riconosciuto con facilità, velocità ed accuratezza;*

- *la sicurezza: indica le condizioni di illuminazione in grado di permettere sicurezza e facilità di movimento e un rapido e sicuro riconoscimento dei possibili pericoli presenti nel luogo di lavoro*



Per realizzare una buona illuminazione, quindi, è essenziale, oltre al valore dell'illuminamento richiesto, rispondere ad altre esigenze qualitative e quantitative.

Dunque, la norma elenca alcuni parametri che caratterizzano l'ambiente luminoso da valutare o controllare come:

- *la distribuzione delle luminanze,*
- *l'illuminamento,*
- *l'abbagliamento,*
- *la direzionalità della luce,*
- *la resa dei colori e il colore apparente della luce,*
- *lo sfarfallamento.*

Oltre all'illuminazione ci sono poi dei parametri ergonomici che possono influenzare la prestazione visiva del lavoratore e sono:

- *le caratteristiche proprie del compito come la sua dimensione, la forma e la sua posizione, i colori con le sue riflessioni e lo sfondo;*
- *la capacità oftalmica delle persone come l'acuità visiva e la percezione della profondità e del colore;*
- *il miglioramento intenzionale dell'ambiente luminoso attraverso un progetto illuminotecnico che studi un'illuminazione priva di abbagliamento con una buona resa del colore.*

L'attenzione a tutti questi fattori, sia illuminotecnici che ergonomici, risulta fondamentale per migliorare la prestazione visiva del lavoratore senza necessariamente ricorrere a livelli di illuminazione maggiori.

## 1.1 Ripartizione delle luminanze

Come per l'illuminazione dei luoghi di lavoro in interno, anche per la UNI EN 12464-2, la luminanza è un parametro fondamentale nell'ambiente luminoso perché influenza l'adattamento degli occhi ed influisce sulla visibilità del compito. La luminanza è una delle grandezze illuminotecniche che dipende dalla posizione dell'osservatore e corrisponde alla quantità di luce che effettivamente giunge al nostro occhio e si misura in  $\text{cd}/\text{m}^2$ . La luminanza delle superfici contenute nel campo visivo è direttamente collegata sia ai fenomeni di abbagliamento che alla possibilità di percepire distintamente gli oggetti osservati.



Una distribuzione equilibrata delle luminanze nel campo visivo è necessaria per aumentare la nitidezza della visione (acuità visiva), per permettere una maggiore distinzione tra piccole differenze di luminanza, per migliorare l'efficienza delle funzioni oculari (come accomodamento, convergenza, movimenti oculari, etc.) e per garantire un miglior comfort visivo.

La distribuzione delle luminanze influenza il livello di adattamento degli occhi; infatti, appena l'occhio si discosta dall'oggetto attualmente a fuoco inizia il processo di adattamento alle luminanze del nuovo campo visivo mirato. L'apparato visivo è soggetto ad affaticarsi in misura tanto più elevata, quanto maggiori sono le differenze di luminanza e contrasti di luminanza elevati possono provocare abbagliamento; per contro, luminanze e contrasti di luminanza troppo bassi possono influenzare le condizioni di visibilità e dar luogo ad un ambiente di lavoro monotono e non stimolante. Una luminanza di adattamento ben equilibrata è quindi necessaria per aumentare l'efficienza della prestazione visiva. Dovrebbero quindi essere evitate improvvise variazioni di luminanza.

Nell'equilibrata distribuzione delle luminanze è importante il fattore di riflessione ed il livello di illuminamento delle diverse superfici che compongono l'ambiente.

## 1.1 Ripartizione delle luminanze

Nella norma il calcolo illuminotecnico è basato principalmente sull'illuminamento. Un buon livello di illuminamento e la sua corretta ripartizione sia sulla zona del compito visivo sia sulla zona circostante garantiscono una buona percezione e la sua esecuzione in modo rapido, sicuro e confortevole.

La quantità di luce che cade sulle superfici influenza notevolmente la percezione visiva. La visione può essere resa difficoltosa da un difetto di illuminamento come anche da un eccesso in quanto possono insorgere fenomeni collaterali, come l'abbagliamento, che disturbano e alterano la visione.

Tutti i valori d'illuminamento specificati dalla UNI EN 12464 sia per l'illuminazione di luoghi di lavoro per interni che per esterni sono illuminamenti medi mantenuti ( $E_m$ ) e sono necessari per garantire il comfort, le prestazioni visive e di sicurezza richieste.

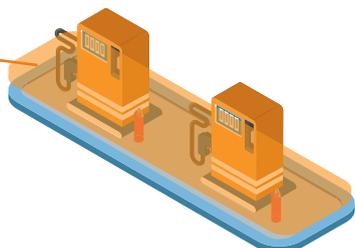
Tabella 1 - Esempio di prospetto UNI EN 12464-2: Stazioni di rifornimento carburante – Illuminamento

N° Rif.	Tipo di zona, compito o attività	$E_m$ lux	$U_o$ -	RGL -	Ra -	Requisiti specifici
5.6.1	Aree di parcheggio veicoli e magazzini	5	0,25	50	20	
5.6.2	Vie di accesso e uscita: ambiente buio	20	0,40	45	20	
5.6.3	Vie di accesso e uscita: ambiente luminoso	50	0,40	45	20	
5.6.4	Punti di controllo della pressione gomme e del livello dell'acqua e altre aree di servizio	150	0,40	45	20	
5.6.5	Area di lettura dei dispositivi di misura	150	0,40	45	20	

I valori di illuminamento medio indicati dalla norma sono da intendersi come quei minimi valori di illuminamento medio consentiti in una zona dove si svolge un determinato compito visivo e al di sotto dei quali non si può scendere dato che l'approssimarsi a questi valori indica la necessità di eseguire la manutenzione.



Figura 1 – Esempi di aree di lavoro



### 1.2.1 Illuminamenti nell'area del compito

La UNI EN 12464-2 afferma che i valori di illuminamento medi mantenuti si riferiscono a superfici dell'area del compito che possono essere orizzontali, verticali o inclinate.

I valori stimati dalla norma sono validi per condizioni visive normali e si fondano su alcuni specifici fattori come gli aspetti psico-fisiologici di comfort visivo e benessere, i requisiti dei compiti visivi, l'ergonomia della visione, l'esperienza pratica, la sicurezza e l'economia.

Come riferimento la norma UNI EN 12464-2, per l'illuminazione di attività di lavoro in esterno, propone la scala degli illuminamenti espressi in lux, che va da un minimo di 5 ad un massimo di 2000.

La norma sottolinea che qualora le condizioni visive dovessero differire dalle condizioni normali, anche i livelli di illuminamento dovrebbero essere variati. Quindi in situazioni dove il compito visivo è critico o il lavoratore è in movimento e dove è importante evitare errori ed è necessaria un'alta produttività si raccomanda di aumentare l'illuminamento medio mantenuto. Altri casi riguardano situazioni in cui il lavoratore stesso ha capacità visive ridotte o quando i dettagli del compito sono troppo piccoli o a basso contrasto. Quando invece i dettagli del compito sono eccezionalmente grandi o con contrasto elevato o il compito è svolto per un tempo eccezionalmente breve o solo in rare occasioni è possibile ridurre l'illuminamento medio mantenuto richiesto. Considerando che un fattore di 1,5 rappresenta la più piccola differenza significativa nell'effetto significativo dell'illuminamento, la norma ci indica come ottenere i nuovi valori attraverso una semplice formula matematica: se i valori sono da aumentarsi, l'illuminamento richiesto si moltiplicherà per il fattore 1,5, se invece dovranno diminuire, il livello iniziale si dividerà per lo stesso fattore 1,5.



## 1.2.2 Illuminamento delle zone circostanti

Quando si parla di illuminamento non ci si riferisce solo alla zona del compito visivo da svolgere, ma anche alle aree circostanti, le quali sono a loro volta caratterizzate da parametri propri. L'illuminamento delle zone circostanti deve sempre riferirsi all'illuminamento dell'area principale dell'attività svolta mantenendo una equilibrata ripartizione delle luminanze per evitare affaticamenti visivi e disagi.

La UNI EN 12464-2 definisce quindi due aree di calcolo per le aree di lavoro in esterno:

- zona del compito: superficie o zona dove il lavoratore svolge l'attività che può essere orizzontale, verticale o inclinata
- zona circostante: fascia di almeno 2 m di larghezza intorno alla zona del compito all'interno del campo visivo.

A livello di scala degli illuminamenti, la zona circostante potrà avere un livello inferiore rispetto a quella del compito, ma senza mai scendere sotto i valori indicati così da garantire il comfort visivo.

Tabella 2 - Rapporto tra illuminamenti e uniformità nelle zone circostanti e nelle aree del compito

Illuminamenti del compito (Lux)	Illuminamenti della zona circostante (Lux)
≥500	100
300	75
200	50
150	30
$50 \leq E_m \leq 100$	20
< 50	Nessuna specifica

## 1.3 Uniformità e diversità di illuminamento

L'uniformità dell'illuminamento ( $U_0$ ) si riferisce al rapporto tra l'illuminamento minimo ( $E_{min}$ ) e l'illuminamento medio ( $E_m$ ) su una data superficie. Più vicina è l'uniformità ad 1, più uniforme è la distribuzione della luce con una migliore illuminazione e più confortevole è l'esperienza visiva; più ci si allontana dal valore 1, maggiore è invece la fatica visiva.

Tra i diversi valori da rispettare per illuminare in modo corretto un luogo di lavoro in esterno, la UNI EN 12464-2 definisce i valori minimi di uniformità al di sotto dei quali non si può scendere. Per le zone del compito, a seconda dell'attività svolta, la norma individua valori minimi di uniformità specifici, mentre per le zone circostanti è fissata una soglia minima di uniformità pari a 0,10.

Tabella 3 - Esempio di prospetto UNI EN 12464-2: Stazioni di rifornimento carburante – Uniformità dell'illuminamento

N° Rif.	Tipo di zona, compito o attività	Em lux	Uo -	RGL -	Ra -	Requisiti specifici
5.6.1	Aree di parcheggio veicoli e magazzini	5	0,25	50	20	
5.6.2	Vie di accesso e uscita: ambiente buio	20	0,40	45	20	
5.6.3	Vie di accesso e uscita: ambiente luminoso	50	0,40	45	20	
5.6.4	Punti di controllo della pressione gomme e del livello dell'acqua e altre aree di servizio	150	0,40	45	20	
5.6.5	Area di lettura dei dispositivi di misura	150	0,40	45	20	

La diversità di illuminamento ( $U_d$ ) indica invece il rapporto tra i valori di illuminamento minimo ( $E_{min}$ ) e i valori di illuminamento massimo ( $E_{max}$ ). Il parametro  $U_d$  è un importante criterio di qualità per le installazioni ferroviarie e in genere dove non è possibile dare criteri di uniformità troppo stringenti. In questi casi si prescrive che il parametro  $U_d$  non superi limiti predefiniti: per esempio, nell'illuminazione delle ferrovie, per le piattaforme aperte con grande numero di passeggeri con servizi intercity è richiesto che la diversità di illuminamento ( $U_d = E_{min}/E_{max}$ ) sia  $\geq 1/5$ , mentre per le stesse piattaforme con un numero piccolo di passeggeri e un servizio di treni locali la diversità di illuminamento è  $\geq 1/10$ . In questo modo si garantisce un criterio di uniformità anche dove non è conveniente dare le consuete indicazioni basate sul rapporto medio su massimo, perché si sa anticipatamente che si presenteranno forti variazioni di illuminamento (o luminanza): tramite il parametro  $U_d$  si dà un limite al rapporto minimo su massimo.

## 1.6 Abbagliamento

Nell'illuminazione dei posti di lavoro esterni, oltre all'illuminamento un altro parametro molto importante è l'abbagliamento, valutato attraverso l'indice di abbagliamento che è dato per ogni compito visivo, zona o attività.

L'abbagliamento è la sensazione visiva prodotta da superfici che determinano elevati gradienti di luminanza all'interno del campo visivo e può essere percepito come abbagliamento molesto o debilitante.

L'abbagliamento può essere molesto se produce una sensazione di disturbo o disagio senza compromettere o impedire la visione; è invece di tipo debilitante se compromette o al limite impedisce la visione.

L'abbagliamento di tipo debilitante, più pericoloso del primo, si valuta mediante la luminanza velante ( $L_v$ ) che esprime la misura in cui gli apparecchi illuminanti presenti nel campo visivo del lavoratore provocano la formazione di un velo di luminanza, che annebbia i contorni e riduce il contrasto fra oggetti e sfondo.

L'abbagliamento prodotto dalla riflessione delle superfici speculari è generalmente noto come riflessione velante o abbagliamento riflesso.

È importante limitare l'abbagliamento per evitare errori, affaticamento e incidenti.

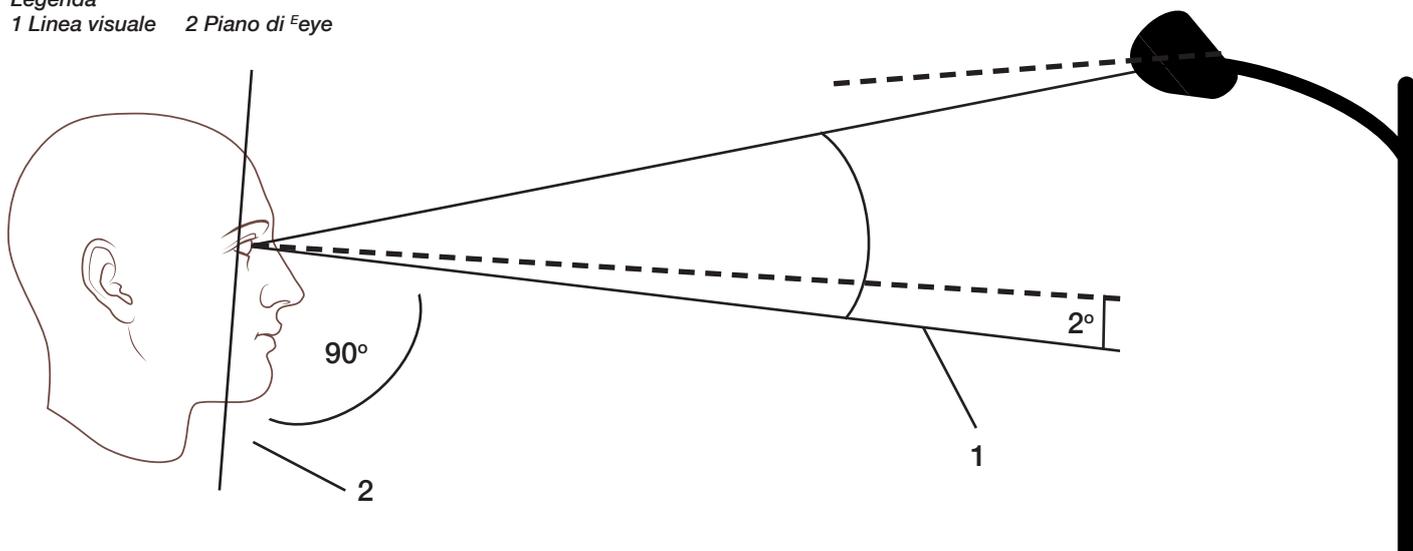
Nel caso dell'abbagliamento molesto, detto anche diretto, prodotto dagli apparecchi di un impianto di illuminazione di esterni, la UNI EN 12464-1 stabilisce dei valori limite da seguirsi in fase di progetto. La norma in vigore tiene sotto controllo questo fenomeno utilizzando il metodo GR (Glare Rating – valutazione dell'abbagliamento).

Con l'indice GR, introdotto dalle CIE nel 1994, non si fanno più distinzioni tra l'abbagliamento molesto ed abbagliamento debilitante, perché, a differenza degli ambienti al chiuso, negli spazi aperti risulta più difficile distinguere i due fenomeni. L'indice GR si applica a tutte le situazioni in esterno e per gli impianti sportivi, senza distinguere tra abbagliamento debilitante e molesto, ma parlando genericamente di abbagliamento.

Figura 2: Angolo tra la linea visuale dell'osservatore e la direzione della luce incidente proveniente dal singolo apparecchio di illuminazione

**Legenda**

1 Linea visuale 2 Piano di Eye



L'osservatore convenzionalmente guarda due gradi sotto l'orizzonte. GR varia tra 10 e 90 e l'abbagliamento diminuisce al diminuire dell'indice: 90 indica un abbagliamento veramente fastidioso.

Tutte le ipotesi necessarie alla determinazione di GR devono essere dichiarate nella documentazione del progetto. Il valore di GR dell'impianto d'illuminazione non deve mai essere maggiore dei valori di RGL riportati dalla norma.

Tabella 4 - Esempio di prospetto UNI EN 12464-2: Stazioni di rifornimento carburante – Indice di abbagliamento RGL

N° Rif.	Tipo di zona, compito o attività	Em lux	Uo -	RGL -	Ra -	Requisiti specifici
5.6.1	Aree di parcheggio veicoli e magazzini	5	0,25	50	20	
5.6.2	Vie di accesso e uscita: ambiente buio	20	0,40	45	20	
5.6.3	Vie di accesso e uscita: ambiente luminoso	50	0,40	45	20	
5.6.4	Punti di controllo della pressione gomme e del livello dell'acqua e altre aree di servizio	150	0,40	45	20	
5.6.5	Area di lettura dei dispositivi di misura	150	0,40	45	20	

I valori GR indicati dalla UNI EN 12464-1 sono limiti massimi (RGL) che non devono mai essere superati.

## 1.7 Riflessioni velanti e abbagliamento riflesso

Le riflessioni di elevata luminosità nel compito visivo possono alterare le condizioni di visibilità del compito, in modo generalmente dannoso e possono essere eliminate o ridotte con le seguenti misure:

- sistemazione adeguata degli apparecchi d'illuminazione e dei posti di lavoro;
- finitura della superficie (per esempio superfici opache);
- riduzione della luminanza degli apparecchi di illuminazione;
- aumento dell'area luminosa dell'apparecchio di illuminazione.

## 1.8 Luce molesta

Occorre fare grande attenzione a non indirizzare luce dove non serve o addirittura è dannosa, per due buone ragioni: per ragioni di risparmio energetico, perché costituisce uno spreco illuminare dove non serve e perché invadere con la luce proveniente dall'impianto le proprietà altrui può causare fastidio e generare rimostranze da parte di chi è esposto ad un illuminamento non voluto. Se la signora Maria si trova la stanza da letto illuminata a giorno è probabile che protesti.



Per salvaguardare e migliorare l'ambiente notturno è necessario quindi controllare la luce molesta (nota anche come inquinamento luminoso), che può presentare problemi fisiologici ed ecologici all'ambiente circostante e alle persone.

La luce molesta o intrusiva (in inglese "obstrusive light") è possibile descriverla come una luce diffusa, che a causa di speciali attributi quantitativi, direzionali o spettrali in un determinato contesto, produce fastidio, disagio, distrazione o una riduzione della capacità di vedere informazioni essenziali o cade al di fuori della zona per la quale l'impianto è stato progettato.

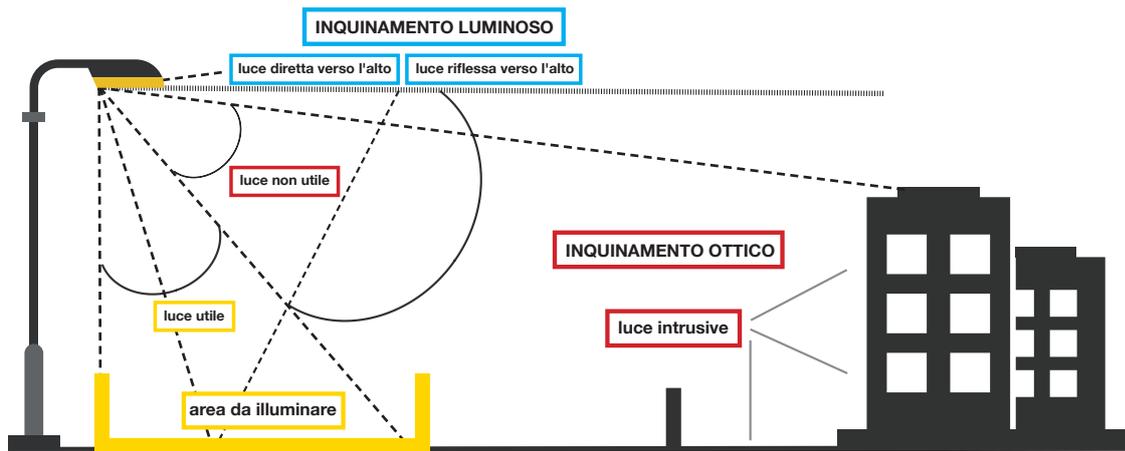


Figura 3: Distribuzione degli illuminamenti: inquinamento luminoso e luce intrusiva

La UNI EN 12464-2 riporta i limiti della luce molesta per le installazioni esterne, per ridurre al minimo i problemi a carico di persone, flora e fauna

Tabella 5 - Massima luce molesta ammessa per gli impianti di illuminazione in esterni

Zona ambientale	Proprietà a luce accesa		Intensità dell'apparecchiatura di illuminazione		Rapporto di luce verso l'alto <sup>R</sup> UL %	Luminanza	
	Ev (lux)		I (cd)			Lb (cd/m <sup>2</sup> )	Ls (cd/m <sup>2</sup> )
	*Pre-copri fuoco	Post-copri fuoco	Pre-copri fuoco	Post-copri fuoco		Facciata di edificio	Segnali
E1	2	0	2500	0	0	0	50
E2	5	1	7500	500	5	5	400
E3	10	2	10000	1000	15	10	800
E4	25	5	25000	2500	25	25	1000

**Dove:**

E1 = zone oscure, quali parchi nazionali o siti protetti

E2 = zone a bassa luminosità, come aree rurali di tipo residenziale o industriale

E3 = zone a media luminosità, come sobborghi residenziali o industriali

E4 = zone ad alta luminosità, come il centro delle città e le aree commerciali

Ev = massimo valore dell'illuminamento verticale sulle proprietà

I = intensità della luce di ogni sorgente nella direzione potenzialmente invasiva

<sup>R</sup>UL = è la proporzione del flusso luminoso emesso dagli apparecchi di illuminazione che risulta emesso sopra il piano orizzontale, quando questi apparecchi di illuminazione sono montati nella loro posizione e orientamento di installazione, e indicata in %

Lb = massima luminanza sulla facciata degli edifici

Ls = massima luminanza sulla segnaletica

\*Qualora non siano disponibili normative sul copri fuoco, i valori maggiori non devono essere superati e i valori minori dovrebbero essere considerati come limiti preferibili.

## 1.7 Illuminazione direzionale

L'illuminazione direzionale ha lo scopo di migliorare la visibilità dei dettagli e migliorare il riconoscimento delle persone. Tutto questo è descritto con il termine "modellato".

Il modellato è il risultato dell'equilibrio tra illuminazione diffusa e quella direzionale ed è un valido criterio di qualità dell'illuminazione efficace per tutti i tipi di applicazioni.

L'illuminazione diffusa ha lo scopo di migliorare il riconoscimento tridimensionale degli oggetti, creando un'ombreggiatura nella quale si passa dalle zone scure a quelle chiare, senza traumi visivi e le forme sono rivelate in modo chiaro e piacevole.



Senza un equilibrio tra illuminazione direzionale e diffusa potrebbero crearsi inconvenienti quali un ambiente senza ombre dove tutto appare monotono (eccesso di luce diffusa), oppure un ambiente con ombre troppo pronunciate, con conseguenti zone completamente scure (eccesso di luce direzionale).

L'illuminazione che proviene da una specifica direzione può rivelare dei dettagli all'interno di un compito visivo, incrementando la sua visibilità e rendendo così il compito più facile da eseguire.

## 1.8 Aspetti del colore: apparenza e resa del colore

Le qualità di colore di una lampada di luce bianca sono caratterizzate da due attributi che devono essere considerati separatamente:

- l'apparenza del colore della lampada stessa;
  - la sua capacità di resa dei colori che influenza l'apparenza del colore di oggetti e persone illuminate dalla lampada.
- L'"apparenza del colore" di una lampada si riferisce al colore apparente (cromaticità) della luce emessa ed è definita dalla sua temperatura di colore prossimale (TCP), conosciuta come temperatura di colore correlata (CCT). Questa temperatura mostra la cromaticità della luce in relazione alla temperatura di colore delle lampade.

Tabella 6 – Gruppi di apparenza del colore delle lampade

Apparenza del colore	Temperatura di colore prossimale
Calda	TCP < 3300 K
Intermedia	3300 K ≤ TCP ≤ 5300 K
Fredda	TCP > 5300 K

La norma UNI EN 121464 sia per l'illuminazione di ambienti di lavoro in interni che in esterni definisce l'indice di resa cromatica per ciascuna attività al fine di un suo corretto svolgimento.

Una buona resa dei colori migliora la prestazione visiva e la sensazione di comfort e di benessere. I colori dell'ambiente e degli oggetti devono essere resi in modo corretto così come la pelle umana deve essere resa in modo naturale, cioè come se fossero illuminati dal sole.

L'indice di resa cromatica Ra, spesso indicato con l'acronimo CRI (dalla dizione anglosassone Color Rendering Index) è un valore numerico che indica la capacità di una sorgente luminosa di restituire le tonalità cromatiche e i colori degli oggetti illuminati in maniera più realistica possibile. Semplicemente: questo indice analizza in che modo appaiono i colori posti sotto una qualsiasi sorgente luminosa.

Da non confondere con la temperatura di colore che invece rappresenta il colore apparente di una sorgente: due sorgenti con temperatura (correlata) di colore identiche possono avere un Ra molto diverso tra loro. L'indice di resa cromatica varia su una scala da 0 a 100, dove 0 è il valore minimo e 100 è il valore massimo, ovvero la resa cromatica della luce naturale del Sole.

Risulta chiaro che il Sole è la fonte di luce per eccellenza; ogni tipologia di sorgente luminosa tende a riflettere i colori, restando il più fedele possibile alle sfumature e tonalità rese dalla luce solare. In pratica, una luce con un Ra pari a 100 ha la massima resa cromatica possibile, al contrario, una luce con un Ra pari a 50 restituisce colori molto blandi e travisati.

La norma UNI EN 12464-2 fornisce i valori minimi dell'indice di resa del colore per vari tipi di aree all'aperto, compiti o attività.

Tabella 7 - Esempio di prospetto UNI EN 12464-2: Stazioni di rifornimento carburante – Indice di resa cromatica Ra

N° Rif.	Tipo di zona, compito o attività	Em lux	Uo -	RGL -	Ra -	Requisiti specifici
5.6.1	Aree di parcheggio veicoli e magazzini	5	0,25	50	20	
5.6.2	Vie di accesso e uscita: ambiente buio	20	0,40	45	20	
5.6.3	Vie di accesso e uscita: ambiente luminoso	50	0,40	45	20	
5.6.4	Punti di controllo della pressione gomme e del livello dell'acqua e altre aree di servizio	150	0,40	45	20	
5.6.5	Area di lettura dei dispositivi di misura	150	0,40	45	20	

Fondamentale è che, qualunque sorgente si utilizzi per illuminare un esterno, i colori di sicurezza, secondo la ISO 3864-1, siano sempre riconoscibili come tali.

## 1.9 Fattore di manutenzione (MF)

Durante la vita di un impianto di illuminazione, la luce disponibile diminuisce progressivamente. I tassi di riduzione sono funzione delle condizioni ambientali, operative e di età dell'impianto. Nella progettazione illuminotecnica bisogna tenere conto di questa caduta provvedendo a pianificare opportuni programmi di manutenzione per limitarne il degrado. Il fattore di manutenzione è un passaggio fondamentale nell'impostazione di un calcolo illuminotecnico, in quanto consente agli apparecchi di garantire le prestazioni illuminotecniche definite in fase progettuale per tutta la durata di vita dell'impianto, non solo nel periodo iniziale.

Dato che il livello d'illuminamento raccomandato per ciascun compito si riferisce all'illuminamento medio mantenuto, il fattore di manutenzione è il rapporto tra il flusso luminoso al momento della manutenzione e il flusso luminoso originale al momento dell'installazione del sistema.

In base alla UNI EN 12464-2, il progettista quindi deve:

- stabilire il fattore di manutenzione ed elencare tutte le ipotesi richieste per la valutazione di questo valore;
- specificare gli apparecchi d'illuminazione idonei all'ambiente;
- preparare un programma di manutenzione completo che comprenda la frequenza del ricambio delle lampade, gli intervalli di pulizia degli apparecchi d'illuminazione e il metodo di pulizia.

Il fattore di manutenzione serve per stimare il calo di illuminamento dovuto a sporcizia, usura, possibili guasti degli apparecchi d'illuminazione e dipende quindi da come vengono mantenuti gli apparecchi e le sorgenti e l'ambiente circostante.

Il progetto d'illuminazione dovrebbe prevedere quindi un fattore di manutenzione determinato in base all'apparecchio d'illuminazione scelto, all'ambiente circostante e al programma di manutenzione stabilito (ISO-CIE TS 22012:2019 "Light and lighting – Maintenance factor Determination – Way of working" recante aggiornamenti alla CIE 154:2003).

## 1.10 Considerazioni sugli aspetti energetici

La norma Uni EN 12464-2 sottolinea che le soluzioni illuminotecniche dovrebbero essere progettate per rispondere ai requisiti di illuminazione di un particolare compito o area in modo efficiente dal punto di vista energetico. La norma afferma, però, che non bisogna compromettere l'efficacia di un impianto di illuminazione solo per ridurre il consumo energetico.

Per ottenere risparmio energetico occorre quindi un esame approfondito dei sistemi di illuminazione più appropriati di illuminazione, dei possibili controlli e dell'uso della luce diurna. Non bisogna trascurare le condizioni di illuminazione e i livelli di illuminamento raccomandati nella presente norma europea che corrispondono a valori minimi medi i quali devono essere mantenuti per tutto il tempo richiesto.



Si possono ottenere risparmi energetici raccogliendo la luce diurna quando disponibile, controllando l'illuminazione artificiale in risposta alla presenza dei lavoratori e migliorando le caratteristiche di manutenzione dell'impianto di illuminazione. Ciò richiede la valutazione di sistemi di controllo adeguati e la loro integrazione alla soluzione dell'impianto di illuminazione.

La UNI EN 12464-2 afferma che “la quantità di luce diurna disponibile durante il giorno dipende dall'ora e dalle condizioni climatiche. Tuttavia, durante il giorno in molti luoghi la luce diurna può soddisfare le esigenze di illuminazione, è gratuita e non consuma energia”.

La presenza nell'impianto di illuminazione di un dispositivo di regolazione della luce automatico o manuale fornisce molte opportunità di risparmio energetico, e garantisce un'integrazione soddisfacente dell'illuminazione artificiale con la luce diurna.

La norma sottolinea anche l'importanza di sensori di rilevamento presenza o assenza per ottenere ottimi risultati di risparmio energetico.

## 2. Conclusioni

La norma UNI EN 12464-2 è, quindi, un documento fondamentale per ottenere tutte le informazioni e i requisiti illuminotecnici per varie tipologie di ambienti lavorativi in esterni come aeroporti, cantieri edili e navali, porti, stazioni di rifornimento, aree esterne industriali, parcheggi e ferrovie.

In generale, quindi, la progettazione per l'illuminazione di esterni deve soddisfare alcuni parametri fondamentali quali:

- *Gli apparecchi utilizzati devono assicurare la maggiore efficienza dell'impianto in rapporto ai livelli di illuminamento per garantire il risparmio energetico e devono soddisfare sempre i requisiti di comfort e prestazione visiva richiesti.*
- *La presenza degli apparecchi e dei sostegni non deve intralciare le attività svolte all'interno dell'area.*
- *La luce deve essere indirizzata solo dove necessario senza creare abbagliamenti.*
- *Un ostacolo all'interno dell'area deve essere visibile da tutte le direzioni.*
- *La resa del colore deve essere adeguata al compito visivo.*

La norma UNI EN 12464-2 stabilisce i risultati da raggiungere, senza però indicare i mezzi per realizzare tali obiettivi, così da non ostacolare l'innovazione ed il confronto tra realizzazioni diverse. La stessa norma afferma, come la UNI EN 12464-1, che non riporta soluzioni specifiche e che non vuole limitare la libertà del progettista di sperimentare nuove tecniche, né l'applicazione di attrezzature innovative, ma ciò che chiede è semplicemente studiare un'illuminazione che abbia rispetto del lavoratore, del suo comfort e della sua sicurezza.



A thick yellow line forms a rectangular frame with rounded corners. The frame is open on the right side, with the top and bottom lines extending slightly beyond the vertical lines. The background is split into a white top half and a black bottom half, with a yellow wavy shape at the very bottom.

voltimum

**LA VERIFICA DEI  
PARAMETRI  
ILLUMINOTECNICI  
PER L'ILLUMINAZIONE  
DEI LUOGHI DI LAVORO  
IN INTERNO**

## La verifica dei parametri illuminotecnici per l'illuminazione dei luoghi di lavoro in interno: UNI EN 12464-1:2011

L'obiettivo di un progetto illuminotecnico è offrire una condizione di comfort da poter svolgere al meglio le attività che siamo chiamati a compiere in un determinato luogo.

La progettazione d'illuminazione nei luoghi di lavoro è forse uno degli ambiti più difficili da sviluppare, perché ad esso è legato non solamente il mantenimento della capacità produttiva, ma anche la garanzia che le condizioni psico-fisiche dei lavoratori vengano tutelate, così da rendere l'ambiente lavorativo un luogo più confortevole e sicuro.



Oggi è la norma UNI EN 12464-1:2011 *“Luce e illuminazione – Illuminazione dei posti di lavoro – Parte 1: Posti di lavoro in interni”* che affronta in modo specifico il tema dell'illuminazione per i luoghi di lavoro, in attesa della nuova edizione EN 12464-1:2020 il cui aggiornamento è ancora in corso. La nuova revisione toccherà solo in parte i temi trattati dalla norma ora in vigore.

Questa è una norma europea elaborata dal Comitato Europeo di Normazione CEN (EN) e poi recepita in Italia dall'Ente Nazionale Italiano di Unificazione (UNI), da cui UNI EN 12464.

È bene ricordare che le norme UNI, a differenza dei decreti che hanno forza di legge, costituiscono norme di buona tecnica. Una norma, in generale, è un orientamento volontario che fornisce specifiche tecniche e non essendo obbligatoria, chi decide di discostarsene, deve essere comunque e sempre in grado di dimostrare di aver ottenuto un risultato almeno equivalente a quello previsto dalla norma d'interesse. Per questo motivo, le leggi dello Stato considerano realizzati a regola d'arte gli impianti conformi alle norme UNI.

In particolare, per evidenziare il suo stato di norma, la UNI EN 12464 sottolinea di non specificare i requisiti illuminotecnici riguardanti la sicurezza e la salute dei lavoratori (DM 81/08), ma solo quelli che *“corrispondono alle esigenze di comfort vivo e di prestazione visiva”*.

## 1. Criteri di progettazione illuminotecnica

L'ambiente di lavoro può essere una fonte di rischio e una corretta illuminazione del luogo di lavoro diventa quindi un aspetto essenziale per garantire al lavoratore di svolgere in modo efficiente, accurato e sicuro le proprie attività, garantendo sempre livelli adeguati di visibilità e comfort.

La norma UNI EN 12462-1 infatti prevede che i requisiti illuminotecnici debbano soddisfare tre esigenze umane fondamentali:

- comfort visivo (sensazione di benessere percepita dai lavoratori che contribuisce indirettamente ad ottenere più elevati livelli di produttività),
- prestazione visiva (i lavoratori devono essere in grado di svolgere i loro compiti visivi anche in circostanze difficili e protratti nel tempo),
- sicurezza (quantità di luce in grado di permettere un rapido e sicuro riconoscimento dei possibili pericoli presenti nel luogo di lavoro).



L'illuminazione artificiale è uno dei principali fattori che influiscono sul comfort e sul benessere delle persone. Le giuste condizioni di luce sono, infatti, fondamentali per assicurare la fruibilità di uno spazio chiuso e per garantire una permanenza confortevole in quell'ambiente, a maggior ragione in un contesto lavorativo. In questo caso, il tema dell'illuminazione diviene ancor più importante, in quanto è obbligatorio assicurare la salute e la sicurezza dei lavoratori.

Proprio per questo la normativa fornisce man mano indicazioni sull'illuminazione artificiale e anche sulla luce naturale, il cui mix apporta effetti benefici sulle persone, affermando che l'illuminazione di un interno può essere fornita dalla sola illuminazione naturale, dalla sola illuminazione artificiale o dalla combinazione di entrambe.

Molto spesso, però, l'interesse per la norma è piuttosto superficiale perché ci si sofferma solo ai semplici valori di illuminamento indicati per le diverse aree di attività, senza capire che questa norma risulta molto più articolata di quel che sembra, con numerose specifiche sul controllo della luce, fondamentali per assicurare una buona illuminazione nei luoghi di lavoro. La norma, appunto, sottolinea che *“per la buona pratica di illuminazione, è essenziale che oltre al valore di illuminamento, siano soddisfatte le ulteriori esigenze qualitative e quantitative”*.

La norma definisce i principali parametri che, in fase di progettazione, caratterizzano un ambiente luminoso e la scelta di una corretta illuminazione. Essi sono:

- equilibrata distribuzione delle luminanze
- illuminamento adeguato e una buona uniformità;
- corretta direzionalità della luce;
- indice di resa cromatica e un colore della luce adeguati;
- limitazione dell'abbagliamento;
- prevenzione dello sfarfallio e degli aspetti stroboscopici;
- controllo della luce naturale.

L'attenzione a questi fattori durante un progetto illuminotecnico risulta fondamentale per migliorare le prestazioni visive senza dover ricorrere a livelli di illuminamento superiori.

Tutti questi requisiti illuminotecnici che dobbiamo soddisfare per ottenere un'illuminazione confortevole per il lavoratore rimangono fondamentali anche in corso di aggiornamento della norma.

## 1.1 Ripartizione delle luminanze

Il primo parametro riguardante l'ambiente luminoso è la distribuzione delle luminanze nel campo visivo, che influenza l'adattamento degli occhi e che, al contempo, influisce sulla visibilità del compito.

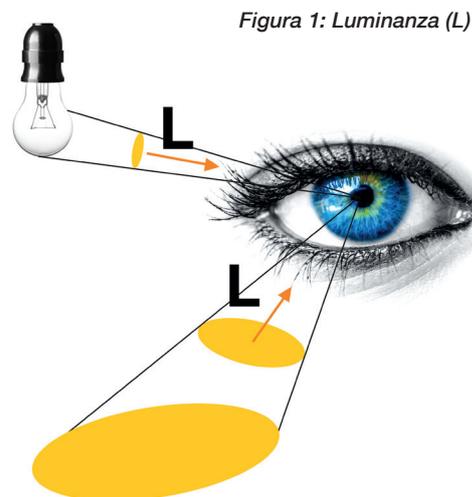
La luminanza è quella grandezza illuminotecnica soggettiva, dipendente dalla posizione dell'osservatore, che corrisponde alla quantità di luce che effettivamente giunge al nostro occhio e si misura in  $cd/m^2$ .

La visibilità del compito visivo, vale a dire degli elementi visivi del lavoro svolto, è influenzata quindi dal livello di adattamento degli occhi in funzione appunto della distribuzione delle luminanze.

Vanno pertanto evitate le luminanze troppo elevate per evitare eventuali abbagliamenti, quelle troppo basse in quanto potrebbero generare un ambiente lavorativo poco o per nulla stimolante, al limite del monotono, così come sono da evitare i contrasti di luminanza molto alti che potrebbero causare affaticamento visivo.

La UNI EN 12464-1 riporta anche degli intervalli consigliati per i fattori di riflessione delle superfici principali dell'ambiente poiché la loro luminanza, che dipende dall'illuminamento su di esse e dal loro fattore di riflessione, concorre alla distribuzione complessiva della luce nella stanza.

- soffitto: da 0,7 a 0,9
- pareti: da 0,5 a 0,8
- piani di lavoro (arredi, macchine, ecc.): da 0,2 a 0,7
- pavimento: da 0,2 a 0,4



## 1.2 Illuminamento

La percezione del compito visivo e l'esecuzione di una attività in modo rapido, sicuro e confortevole sono influenzate dall'illuminamento, caratteristica che indica la quantità di flusso luminoso che incide su una superficie.

La norma indica per le diverse zone di lavoro, i valori di illuminamento medi mantenuti ( $E_m$ ) che sono da considerarsi come valori al di sotto dei quali l'illuminamento medio, su quella specifica superficie, non deve scendere, qualunque sia l'età o lo stato dell'installazione. Questi i valori di illuminamento medio da raggiungere sono uguali a quelli che si avrebbero nel momento in cui dovrebbe essere eseguita la manutenzione.

Tabella 1 - Esempio di prospetto UNI EN 12464-1: Zone di circolazione all'interno di edifici - illuminamento

N° Rif.	Tipo di interno, compito o attività	$E_m$ lx	UGRL	$U_o$	$R_a$	Note
5.1.1		100	28	0,40	40	1. Illuminamento a pavimento 2. $R_a$ e UGR simili alle aree adiacenti 3. 150 lx se ci sono veicoli nella strada 4. L'illuminazione delle uscite e delle entrate deve prevedere una zona di transizione per evitare il repentino cambio di illuminamento fra interno ed esterno fra giorno e notte 5. Attenzione deve essere posta ad evitare l'abbagliamento dei conducenti e dei pedoni
5.1.2		100	25	0,40	40	E' richiesto un maggiore contrasto sui gradini
5.1.3		100	25	0,40	40	L'illuminamento di fronte all'ascensore deve essere almeno $E_m=200lx$
5.1.4		150	25	0,40	40	

I valori stimati dalla norma sono validi per condizioni visive normali e si fondano su alcuni specifici fattori come il comfort visivo e il benessere, i requisiti del compito visivo, le problematiche della vista, le esperienze pratiche e la sicurezza.

Se le condizioni visive dovessero discostarsi dalle condizioni normali, i livelli di illuminamento potrebbero essere variati. Come riferimento si prende la scala degli illuminamenti che va da un minimo di 20 a un massimo di 5000 lux. Quindi in alcune situazioni, si raccomanda di aumentare il valore medio di illuminamento quando, per esempio, il compito visivo è critico, oppure gli errori sono costosi da correggere. Altri casi riguardano la necessità di mantenere alta la produttività e l'attenzione, oppure, situazioni in cui il lavoratore stesso ha capacità visive ridotte o quando i dettagli del compito sono troppo piccoli o a bassissimo contrasto. Analogamente, in alcune occasioni è richiesta una riduzione del livello di illuminamento sia quando il compito richiede tempi di esecuzione molto brevi, che quando i dettagli del compito sono molti grandi e ad alto contrasto. Appurata la necessità di aumentare o diminuire i livelli di illuminamento, la norma ci indica come ottenere i nuovi valori attraverso una semplice formula matematica: se i valori sono da aumentarsi, l'illuminamento richiesto per quella attività svolta normalmente si moltiplicherà per il fattore 1,5, se invece saranno da diminuirsi, il livello iniziale si dividerà per lo stesso fattore 1,5.

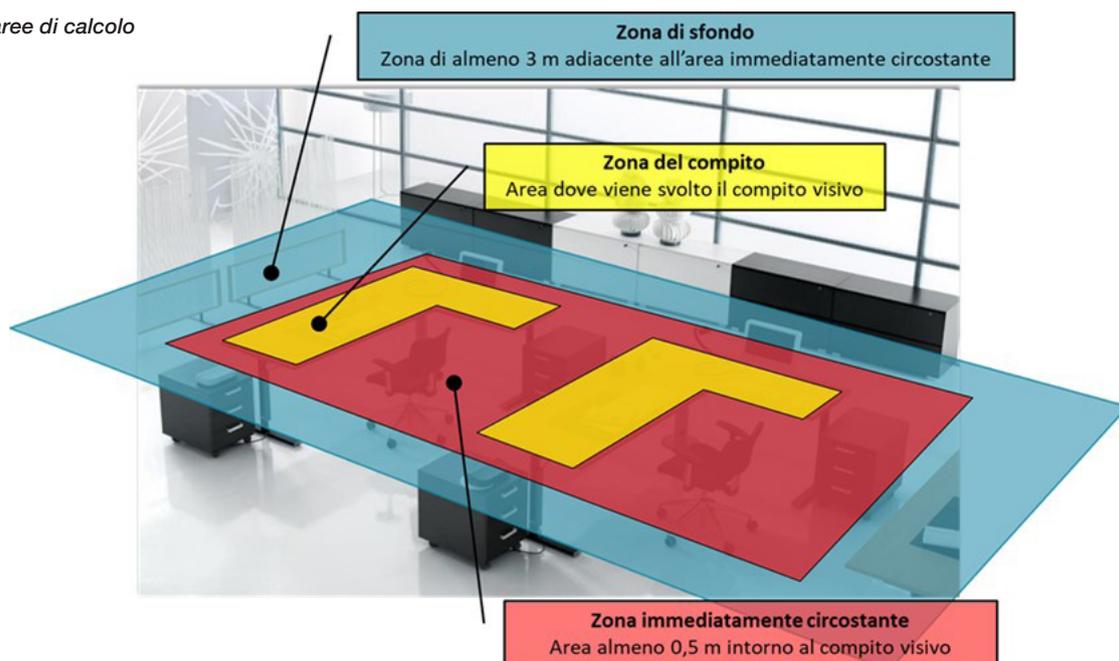
### 1.3 Le aree di calcolo

Quando si inizia un progetto illuminotecnico si dovrebbero avere tutte le informazioni dell'ambiente per poterlo svolgere al meglio.

La UNI EN 12464-1 afferma infatti che la dimensione e la posizione del compito dovrebbero essere indicate e documentate così da consentire di raggiungere i corretti illuminamenti dove servono e, per permettere questo, indica le aree di calcolo sulle quali verificare i diversi valori di illuminamento:

- Zona del compito: superficie o zona dove il lavoratore svolge l'attività che può orizzontale, verticale o inclinata
- Zona immediatamente circostante: fascia di almeno 50 cm di larghezza intorno alla zona del compito all'interno del campo visivo
- Zona di sfondo: almeno 3 m di ampiezza adiacente alla zona immediatamente circostante

Figura 2: Le aree di calcolo



Quando si parla di illuminamento, quindi, non ci si riferisce solo alla zona del compito visivo da svolgere, ma anche alle aree circostanti, le quali sono a loro volta caratterizzate da parametri propri.

Lo scopo della zona immediatamente circostante è di garantire un'ottimale distribuzione delle luminanze nel campo visivo in equilibrio con l'illuminamento della zona principale, così da evitare affaticamenti visivi e mancanza di comfort dovuti alle variazioni di luce che si hanno in queste zone.

A livello di scala degli illuminamenti, la zona circostante dovrà avere un livello inferiore rispetto a quella del compito, ma senza mai scendere sotto una certa soglia così da garantire il comfort visivo.

Per quel che riguarda la zona di sfondo, il livello di illuminamento medio mantenuto dipenderà dai requisiti delle zone che circonda e sarà pari a 1/3 del valore della zona immediatamente circostante.

Tabella 2: Relazione tra gli illuminamenti sulle aree di calcolo

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

Se le dimensioni e le posizioni delle zone del compito non fossero note, la UNI EN 12464-1 stabilisce che l'intera stanza dovrà essere considerata area di lavoro e quindi trattata come zona del compito.

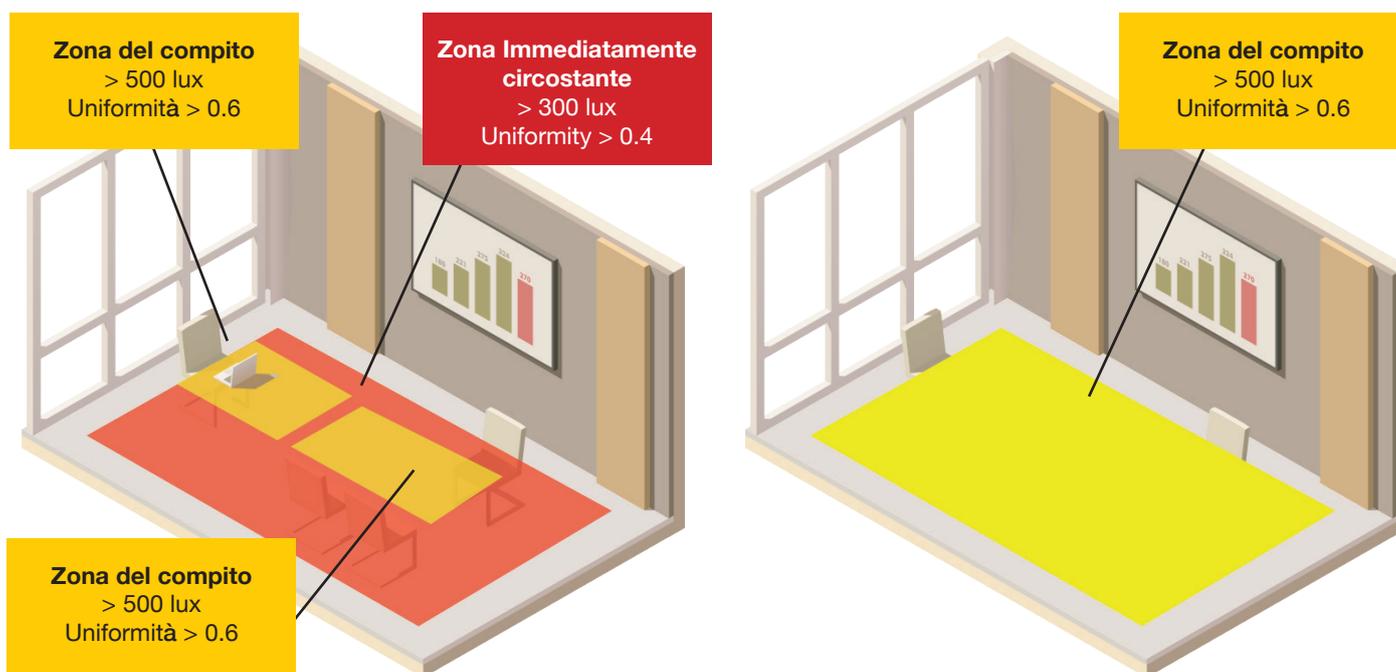


Figura 3a: Disposizione e posizione del compito documentate      Figura 3b: Disposizione e posizione del compito non note

## 1.4 Uniformità dell'illuminamento

L'uniformità di illuminamento è definita come il rapporto tra l'illuminamento minimo e l'illuminamento medio su una superficie. Più uniforme è la distribuzione della luce su una superficie, migliore è l'illuminazione e più confortevole è l'esperienza visiva.

Le aree di calcolo della zona del compito e della zona immediatamente circostante dovranno essere illuminate il più uniformemente possibile.

Tra i diversi valori da rispettare per illuminare in modo corretto un luogo di lavoro, la UNI EN 12464-1 definisce i valori minimi di uniformità ( $U_o$ ) al di sotto dei quali non si può scendere. Per le zone del compito, a seconda dell'attività svolta, la norma individua valori minimi di uniformità specifici, mentre per le zone circostanti è fissata una soglia minima di uniformità pari a 0,4 e per le zone di sfondo a 0,1.

Tabella 3 - Esempio di prospetto UNI EN 12464-1: Zone di circolazione all'interno di edifici - uniformità dell'illuminamento

N° Rif.	Tipo di interno, compito o attività	Em lx	UGRL -	$U_o$ -	Ra -	Note
5.1.1	Zone di circolazione e corridoi	100	28	0,40	40	1. Illuminamento a pavimento 2. Ra e UGR simili alle aree adiacenti 3. 150 lx se ci sono veicoli nella strada 4. L'illuminazione delle uscite e delle entrate deve prevedere una zona di transizione per evitare il repentino cambio di illuminamento fra interno ed esterno fra giorno e notte 5. Attenzione deve essere posta ad evitare l'abbagliamento dei conducenti e dei pedoni
5.1.2	Scale, tappeti mobili	100	25	0,40	40	E'richiesto un maggiore contrasto sui gradini
5.1.3	Ascensori	100	25	0,40	40	L'illuminamento di fronte all'ascensore deve essere almeno $E_m=200lx$
5.1.4	Rampe e binari di carico	150	25	0,40	40	

## 1.5 Controllo dell'abbagliamento

Il problema dell'abbagliamento è strettamente legato al comfort ed è uno degli aspetti cui bisogna fare più attenzione in fase di progetto illuminotecnico, dato che l'insorgere di tale fenomeno determina sempre una situazione di disturbo visivo.

L'abbagliamento si definisce quindi come una sensazione visiva che determina un disagio o una riduzione nel percepire dettagli o oggetti, prodotta da superfici che determinano elevate luminanze all'interno del campo visivo e può essere percepito come:

- Abbagliamento molesto (discomfort glare), che causa fastidio senza necessariamente compromettere la visione degli oggetti ed è prodotto sia dalla luce artificiale che dalla luce naturale che entra dalle finestre
- Abbagliamento debilitante (disability glare), che compromette temporaneamente la visione degli oggetti senza causare necessariamente fastidio.

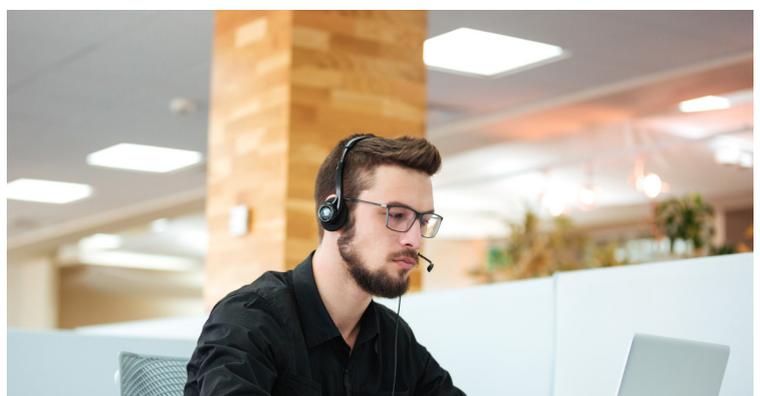


Figura 4: esempio di abbagliamento molesto

Possiamo quindi definire l'abbagliamento molesto come un abbagliamento di tipo "psicologico" che produce solo una sensazione di fatica visiva e dipende soprattutto dalla quantità di luce che interessa l'occhio mentre l'abbagliamento debilitante come un abbagliamento di tipo "fisiologico" che comporta una reale riduzione delle capacità di percezione che invece è principalmente legato alla luminanza. Questo secondo tipo di abbagliamento, più pericoloso del primo, si valuta mediante la luminanza velante ( $L_v$ ) che esprime la misura in cui gli apparecchi presenti nel campo visivo del lavoratore provocano la formazione di un velo di luminanza, che annebbia i contorni e riduce il contrasto fra oggetti e sfondo. Un esempio di abbagliamento debilitante è l'abbagliamento prodotto dai fari di un'automobile, che, provocando una diffusione della luce e un conseguente velo luminoso, diminuiscono il contrasto e riducono la percezione.



Figura 5: esempio di abbagliamento debilitante

Nei luoghi di lavoro in interni, quando si valuta l'abbagliamento in fase di progettazione, è più importante valutare l'abbagliamento molesto che quello debilitante perché, nella maggior parte dei casi, se i limiti dell'abbagliamento molesto sono soddisfatti, l'abbagliamento debilitante risulterà trascurabile.

Esiste un altro fenomeno di abbagliamento detto riflesso che è prodotto dalla riflessione delle superfici speculari. Tali riflessioni possono essere ridotte semplicemente agendo sul posizionamento delle postazioni di lavoro in relazione agli apparecchi o alle finestre, o riducendo la luminanza degli apparecchi o delle finestre, o in alternativa agendo sui materiali, prediligendo finiture con superfici opache e pareti e soffitti chiari.

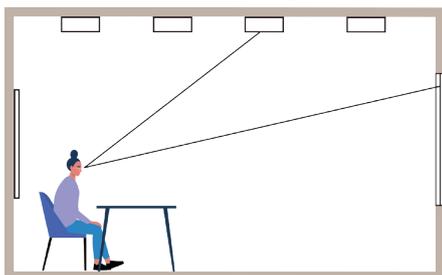


Figura 6a: Abbagliamento molesto

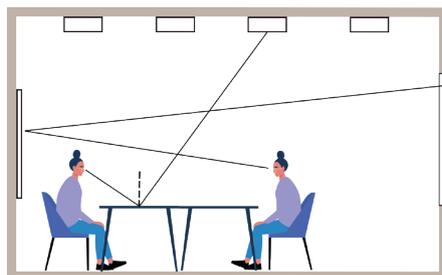
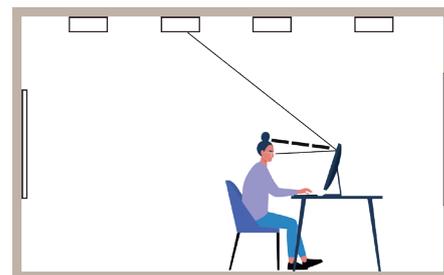


Figura 6b: Abbagliamento riflesso



Nel caso dell'abbagliamento molesto causato dalla sola luce artificiale, la UNI EN 12464-1 stabilisce dei valori limite da seguirsi in fase di progetto. La norma in vigore tiene sotto controllo questo fenomeno utilizzando il metodo UGR (Unified Glare Rating - valutazione unificata dell'abbagliamento) che nell'aggiornamento in corso verrà identificato con il nuovo termine RUGL (Unified Glare Rating Limit).

I valori UGR indicati dalla UNI EN 12464-1 sono limiti massimi (UGRL) che non dovrebbero mai essere superati e si basano sulla difficoltà dei diversi compiti visivi.

Tabella 4 - Esempio di prospetto UNI EN 12464-1: Zone di circolazione all'interno di edifici - indice di abbagliamento UGRL

N° Rif.	Tipo di interno, compito o attività	$E_m$ $lx$	UGRL	$U_o$	$R_a$	Note
5.1.1	Zone di circolazione e corridoi	100	28	0,40	40	1. Illuminamento a pavimento 2. $R_a$ e UGR simili alle aree adiacenti 3. 150 lx se ci sono veicoli nella strada 4. L'illuminazione delle uscite e delle entrate deve prevedere una zona di transizione per evitare il repentino cambio di illuminamento fra interno ed esterno fra giorno e notte 5. Attenzione deve essere posta ad evitare l'abbagliamento dei conducenti e dei pedoni
5.1.2	Scale, tappeti mobili	100	25	0,40	40	E'richiesto un maggiore contrasto sui gradini
5.1.3	Ascensori	100	25	0,40	40	L'illuminamento di fronte all'ascensore deve essere almeno $E_m=200lx$
5.1.4	Rampe e binari di carico	150	25	0,40	40	

Le informazioni contenute nel presente documento sono tutelate dal diritto d'autore e possono essere usate solo in conformità alle norme vigenti. In particolare Voltimum Italia s.r.l. si riserva tutti i diritti sulla scheda e su tutti i relativi contenuti. Il materiale e i contenuti presentati nel documento sono stati attentamente vagliati e analizzati, e sono stati elaborati con la massima cura. In ogni caso errori, inesattezze e omissioni sono possibili. Voltimum Italia s.r.l. declina qualsiasi responsabilità per errori ed omissioni eventualmente presenti nel sito.

Oggi con i programmi per la progettazione illuminotecnica, si ottengono i calcoli esatti dei valori UGR nell'ambiente per una posizione dell'osservatore definita nello spazio.

L'UGRL, verificando le condizioni di abbagliamento molesto all'interno di un ambiente, dipende da numerose variabili ambientali e non solo dalle caratteristiche fotometriche e costruttive dell'apparecchio di illuminazione scelto. Il risultato UGRL del calcolo illuminotecnico deriverà perciò dalle dimensioni e dagli indici di riflessione dell'ambiente e dal punto di osservazione del lavoratore. Ciò sta a significare che l'indice UGRL da ottenersi non è da riferirsi unicamente all'UGR dell'apparecchio di illuminazione dichiarato dal costruttore, ma è da calcolarsi di volta in volta nell'ambiente da progettarsi considerando tutti i parametri che lo caratterizzano. Quindi ogni situazione avrà un suo valore di abbagliamento molesto UGRL, pur utilizzando lo stesso apparecchio di illuminazione, e non sarà detto che l'UGR dell'apparecchio sarà verificato.

Tabella 5: Esempio di indici UGRL richiesti per alcune zone o compiti

Tipo di zona o compito	(UGR <sub>L</sub> )
Uffici: scrittura, lettura, elaborazione dati	≤19
Corridoi	≤28
Scale, montacarichi, ascensori	≤25
Industria chimica: produzione farmaceutica	≤25
Stamperia: incisione su rame e acciaio	≤16

Gli indici UGR oscillano tra il valore 10 (nessun abbagliamento) e 30 (abbagliamento considerevole) secondo una scala di 3 unità (10, 13, 16, 19, 22, 25 e 28): più basso è il valore, minore sarà l'abbagliamento.

## 1.6 Illuminazione delle postazioni di lavoro con videoterminali

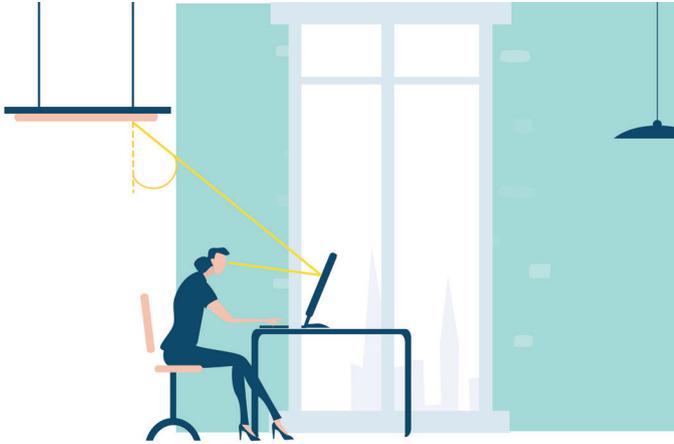
L'illuminazione delle postazioni di lavoro con videoterminali deve essere appropriata per tutti i compiti da svolgere, quali la lettura dello schermo, del testo stampato, scrittura su carta, lavoro sulla tastiera. In tali postazioni sorgono così le stesse problematiche di qualunque altro ambiente lavorativo, con la differenza che i monitor possono a loro volta produrre delle riflessioni che causano abbagliamento debilitante e abbagliamento molesto così che la scelta e la posizione degli apparecchi diventa fondamentale.

La UNI EN 12464-1 riporta dei valori limite di luminanza degli apparecchi d'illuminazione per evitare la formazione di riflessi sui monitor. In particolare, si fissano dei valori per le direzioni tipiche di osservazioni, ovvero, per angoli di elevazione degli apparecchi di illuminazione di 65° e oltre, rispetto alla verticale; inoltre, si considerano direzioni ruotanti radialmente intorno agli apparecchi, se questi sono installati per illuminare postazioni con videoterminali verticali o inclinati verso l'alto di 15 gradi.

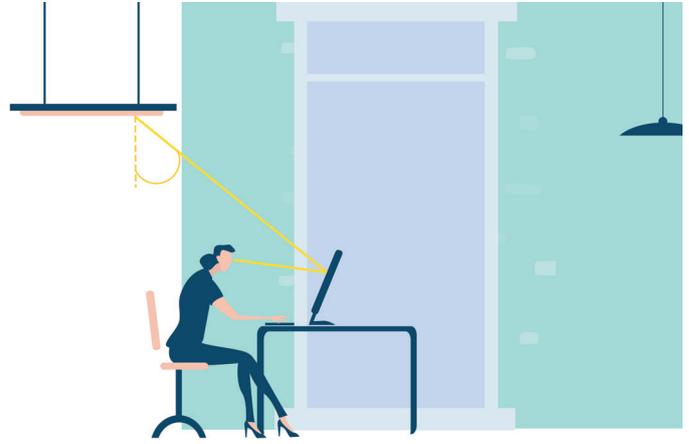
Limiti delle luminanze medie degli apparecchi che possono riflettersi negli schermi piatti

Stato di luminanza dello schermo piatto	Schermo L > 200 cd/m <sup>2</sup>	Schermo L ≤ 200 cd/m <sup>2</sup>
Contrasto positivo, requisiti normali (uffici, scuole etc.)	≤ 3.000 cd/m <sup>2</sup>	≤ 1.500 cd/m <sup>2</sup>
Contrasto negativo, requisiti elevati (CAD, qualità etc.)	≤ 1.500 cd/m <sup>2</sup>	≤ 1.000 cd/m <sup>2</sup>

La luminanza massima dello schermo (EN ISO 9241-302) indica la luminanza massima della parte bianca dello schermo.



**Figura 7a:** Per i display con luminanza di sfondo  $L$   $200 \text{ cd/m}^2$  (tipica per uffici con luce diurna normale e per uso ordinario di schermi piatti), sono ammesse luminanze degli apparecchi fino a  $1.500 \text{ cd/m}^2$ .



**Figura 7b:** Per display con luminanza di sfondo  $L$   $200 \text{ cd/m}^2$  (tipica per uffici con una buona o ottima illuminazione diurna e per schermi piatti adattati alla situazione luminosa della stanza), sono ammesse luminanze fino a  $3.000 \text{ cd/m}^2$ .

Tali valori sono applicabili in diverse situazioni, ma nel caso di luoghi di lavoro particolari, in cui si utilizzano schermi a contrasto negativo o a inclinazione variabile, queste misure sono idonee se l'angolo di elevazione dell'apparecchio illuminante è inferiore ai  $65^\circ$ .

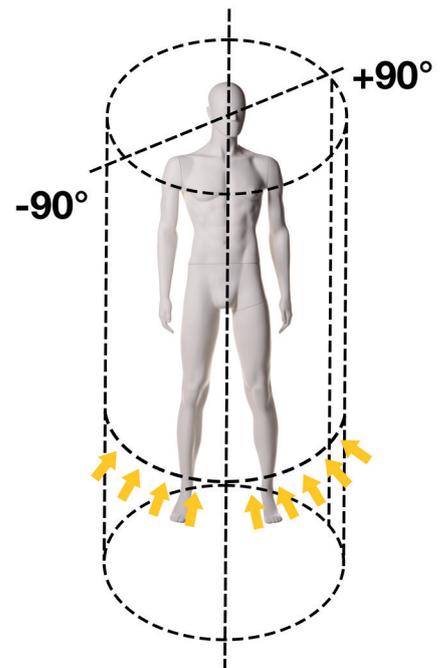
La UNI EN 12464-1 non considera notebook, laptop, tablet o altri dispositivi simili perché possono essere facilmente orientati in qualsiasi angolazione e direzione evitando così fastidiosi riflessi.

## 1.7 Illuminamento cilindrico e modellato

Nei luoghi di lavoro, oltre alla luce diffusa che illumina l'ambiente, occorre un'illuminazione direzionale, utilizzata per mettere in evidenza gli oggetti e i loro dettagli e per migliorare l'aspetto delle persone.

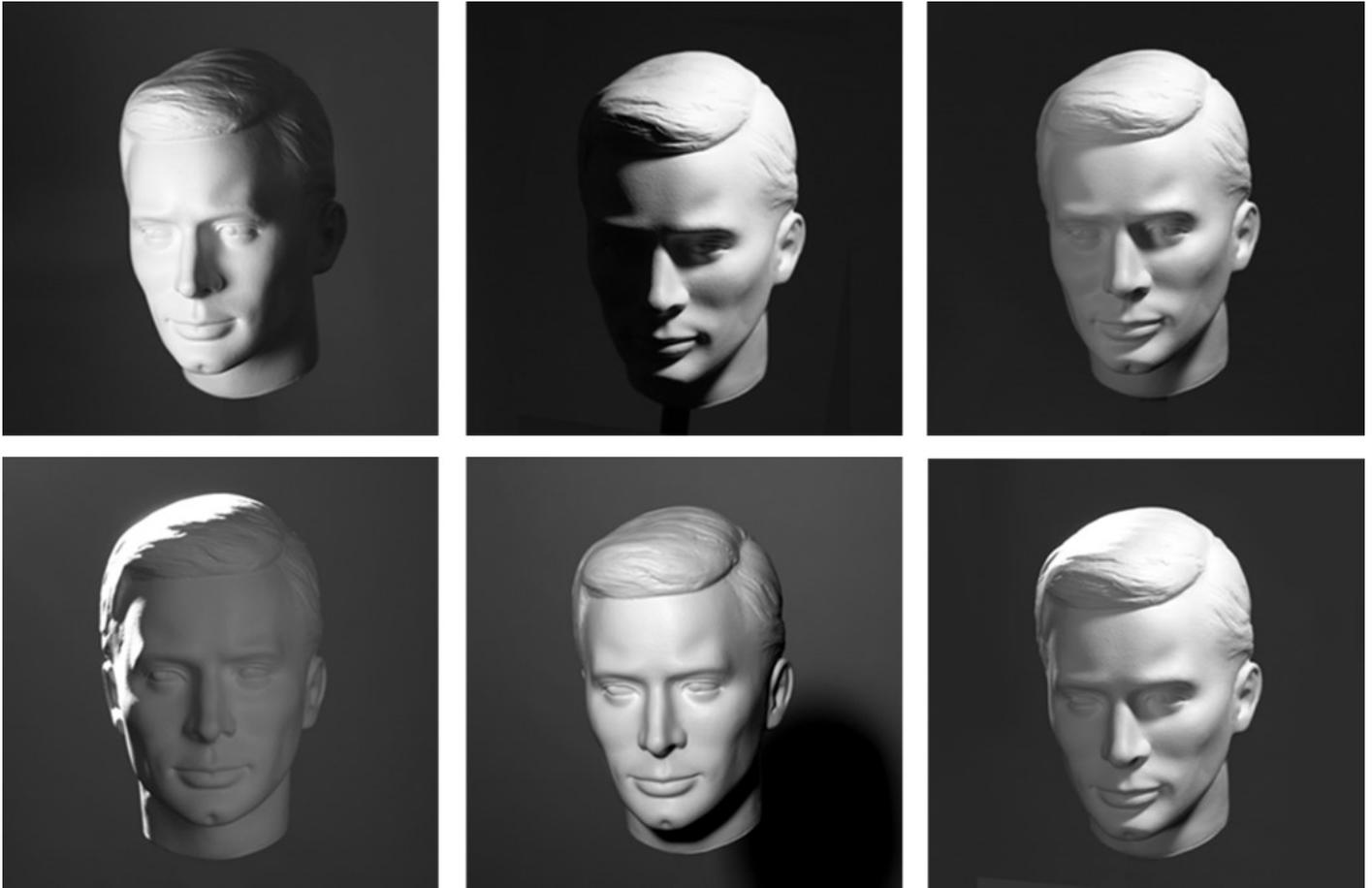
La UNI EN 12464-1 indica che questo requisito è soddisfatto fornendo un adeguato illuminamento medio cilindrico ( $E_z$ ).

I valori dell'illuminamento medio cilindrico non devono essere minori di  $50 \text{ lx}$  in un piano sopra il pavimento di  $1,2 \text{ m}$  per persone sedute e  $1,6$  per le persone in piedi. In tutti i locali dove è necessaria una buona comunicazione visiva (esempio uffici, aule, sale riunioni) l'illuminamento medio cilindrico non deve essere inferiore a  $150 \text{ lx}$ ; in entrambi i casi l'uniformità deve essere maggiore di  $0,1$ . L'illuminamento cilindrico, nell'aggiornamento della norma, diventerà un valore da verificare perché presente nelle tabelle con i diversi requisiti illuminotecnici da verificare a seconda dell'attività svolta.



# voltimum

Tra i fattori da considerare, si trova poi quello che viene definito “modellato”, ovvero il risultato dell’equilibrio tra luce diffusa e luce direzionale. Il modellato si verifica quando l’illuminazione proviene in maniera predominante da una direzione, in modo che le ombre, necessarie a ben modellare gli oggetti, si formino in modo netto, senza confusione. L’equilibrio sta nel non generare ombre troppo dure da parte dell’illuminazione generale, ma nemmeno una luce generale troppo diffusa, che farebbe perdere l’effetto modellato. Parlando nello specifico dell’illuminamento del compito visivo, un buon equilibrio di modellato permette di rilevarne efficacemente i dettagli, così da aumentare la visibilità e la facilità di esecuzione del compito stesso.



## 1.8 Resa del colore e colore della luce

L'indice di resa cromatica e la temperatura di colore sono caratteristiche della luce che la UNI EN12464-1 definisce per ciascuna attività di lavoro poiché potrebbero compromettere il suo corretto svolgimento.

La norma fornisce indicazioni sulle temperature di colore solo per alcune attività perché la scelta del colore della luce dipende da diversi fattori come, per esempio, i livelli di illuminamento e i colori del locale e dei mobili, mentre per l'indice di resa cromatica (Ra) indicherà, per ogni compito o attività, il valore minimo da utilizzare.

Tabella 6 - Esempio di prospetto UNI EN 12464-1: Zone di circolazione all'interno di edifici - indice di resa cromatica Ra

N° Rif.	Tipo di interno, compito o attività	Em lx	UGRL -	Uo -	Ra -	Note
5.1.1	Zone di circolazione e corridoi	100	28	0,40	40	1. Illuminamento a pavimento 2. Ra e UGR simili alle aree adiacenti 3. 150 lx se ci sono veicoli nella strada 4. L'illuminazione delle uscite e delle entrate deve prevedere una zona di transizione per evitare il repentino cambio di illuminamento fra interno ed esterno fra giorno e notte 5. Attenzione deve essere posta ad evitare l'abbagliamento dei conducenti e dei pedoni
5.1.2	Scale, tappeti mobili	100	25	0,40	40	E'richiesto un maggiore contrasto sui gradini
5.1.3	Ascensori	100	25	0,40	40	L'illuminamento di fronte all'ascensore deve essere almeno Em=200lx
5.1.4	Rampe e binari di carico	150	25	0,40	40	

Per la norma, dalla resa del colore dipende la sensazione di comfort e benessere visivo, per il quale è richiesto che nell'ambiente i colori degli oggetti e della pelle umana siano resi in modo naturale, corretto e che facciano apparire le persone attraenti e in buona salute.

## 1.9 Fattore di manutenzione

Il flusso luminoso fornito dal sistema di illuminazione, con l'aumentare della durata dell'installazione, diminuisce man mano che le lampade e gli apparecchi invecchiano e accumulano sporco e può dipendere anche dalla pulizia dell'ambiente. Per assicurare, quindi, che un illuminamento medio (Em) sia garantito per un certo periodo di tempo, è necessario che il progettista definisca un fattore di manutenzione (MF) appropriato. Secondo la UNI EN 12464-1, il fattore di manutenzione è il rapporto tra il flusso luminoso al momento della manutenzione e il flusso luminoso originale al momento dell'installazione del sistema.

Il calcolo del fattore di manutenzione dovrebbe essere progettato con l'impianto di illuminazione trasmesso con un programma di manutenzione.

Il programma di manutenzione comprende la frequenza dei ricambi lampade, gli intervalli e i metodi di pulizia degli apparecchi di illuminazione e del locale.

Il fattore di manutenzione di un impianto di illuminazione si compone di quattro fattori:  $MF = LLMF \times LSF \times LMF \times RSMF$

dove LLMF è il fattore di manutenzione del flusso luminoso che indica il calo del flusso di una sorgente per tutta la sua durata; LSF il fattore di sopravvivenza della lampada che indica la percentuale di lampade funzionanti dopo un certo intervallo di tempo; LMF il fattore di manutenzione dell'apparecchio che indica il calo del flusso luminoso a causa dello sporco e RSMF è il fattore di manutenzione della stanza che indica lo sporco su soffitti, pareti e pavimenti.

Il fattore di manutenzione ha un forte impatto sull'efficienza energetica.

## 1.10 Efficienza energetica e luce diurna

L'illuminazione dovrebbe essere progettata per rispondere ai requisiti di illuminazione di una particolare attività in modo efficiente dal punto di vista energetico. La norma afferma che non bisogna compromettere gli aspetti visivi di un impianto di illuminazione solo per ridurre il consumo energetico.

La UNI EN 12464-1 raccomanda di realizzare risparmi energetici utilizzando anche la luce naturale così da migliorare le caratteristiche di manutenzione del sistema e facendo pieno uso dei controlli.

Un controllo di regolazione della luce può così essere utilizzato per assicurare una corretta integrazione tra illuminazione artificiale e illuminazione naturale.

L'interesse della norma per la luce naturale è dovuta ai benefici che la luce del giorno ha sulla salute e il benessere delle persone influenzando le emozioni e il loro stato mentale.

La UNI EN 12464-1 conclude parlando dei cicli circadiani e dell'importanza dell'illuminazione circadiana creata con l'illuminazione artificiale per stimolare i lavoratori aumentandone il benessere.



## 2.0 Conclusioni

Illuminare un luogo di lavoro, ufficio, scuola o i diversi ambiti industriali o artigianali, comporta un approfondimento della norma UNI EN 14264-1, in attesa del suo aggiornamento e pubblicazione, che fornisce tutti i requisiti per raggiungere *“una buona pratica di illuminazione”* che non solo comporta l’ottenere i lux richiesti, ma anche soddisfare tutte le esigenze qualitative e quantitative che l’illuminazione in un ambiente di lavoro richiedono.

La norma UNI EN 12464-1 del 2011 e così anche la versione che la sostituirà hanno la capacità di prescrivere i risultati da raggiungere, senza però indicare i mezzi per realizzare tali obiettivi, così da non ostacolare l’innovazione ed il confronto tra realizzazioni diverse. Le stesse norme affermano che non riportano soluzioni specifiche e che non vogliono limitare la libertà del progettista di sperimentare nuove tecniche, né l’applicazione di attrezzature innovative, ma ciò che chiedono è semplicemente studiare un’illuminazione che abbia rispetto del lavoratore, del suo comfort e della sua sicurezza.

**voltimum**

Voltimum Italia Srl

info@voltimum.it  
Via Felice Casati 20  
20124 Milano (MI)

**[www.voltimum.it](http://www.voltimum.it)**