

**ILLUMINAZIONE
DEI LUOGHI DI LAVORO**

SOMMARIO

	Pag.
1. PREMESSA	3
2. TIPI DI ILLUMINAZIONE.....	3
3. CARATTERISTICHE DI ALCUNI TIPI DI LAMPADE	5
4. IL COLORE NELL'AMBIENTE DI LAVORO	6
5. L'INDAGINE SUI LIVELLI DI ILLUMINAMENTO	6
6. LEGISLAZIONE E LIVELLI STANDARD DI RIFERIMENTO	8

1. PREMESSA

La maggior parte delle lavorazioni industriali richiede una buona visibilità; per questo motivo una corretta illuminazione può giocare un ruolo importante innanzi tutto nella prevenzione infortuni ed anche sulla produttività, agendo positivamente sullo stato di benessere individuale. Un'illuminazione inadeguata per intensità o per posizione delle lampade, può provocare irritazioni dell'apparato visivo e stati di malessere (cefalee in particolare), aumentando quindi il rischio d'errori nel lavoro e d'infortuni.

Sotto l'aspetto fisico si ricorda che le onde luminose sono del tipo elettromagnetico. Esse possono essere viste quando la loro lunghezza d'onda è nel campo visibile in altre parole tra 0,4 e 0,8 micron. Le onde al di fuori di questo campo, si dicono infrarosse o ultraviolette se hanno rispettivamente lunghezza d'onda superiore a 0,8 micron o inferiori a 0,4 micron.

Per quanto riguarda il colore le onde luminose vanno dal rosso per frequenze basse (e quindi lunghezze d'onda alte, intorno agli 0,8 micron) al violetto per frequenze alte (e quindi lunghezze d'onda basse, intorno agli 0,4 micron).

Internamente a questi due valori limite si avrà, al variare della frequenza, tutta una serie di colori che possono assumere tinte e tonalità diverse in funzione della presenza contemporanea di più frequenze.

La luce bianca si manifesta quando sono presenti tutte le frequenze contemporaneamente.

2. TIPI DI ILLUMINAZIONE

L'illuminazione dei locali di lavoro può essere ottenuta tanto con la luce naturale che con la luce artificiale.

Quando possibile la luce naturale è da preferirsi a quell'artificiale quanto è più tollerata dall'occhio, permette una migliore visione, agisce su tutto l'organismo come stimolo delle funzioni vitali ed influisce beneficamente mediante l'azione dei raggi solari.

Alla luce solare diretta, che può dare origine a vari disturbi da abbagliamento, è da preferire la luce solare diffusa ottenuta mediante un razionale orientamento del fabbricato o con un'opportuna distribuzione delle finestre o anche con accorgimenti particolari quali tettoie, tendaggi alle finestre, applicazione di vetri speciali e simili. La luminosità dei locali di lavoro può essere aumentata colorando di bianco o con tinte chiare tutte le superfici del locale, ricordando che le superfici bianche riflettono sino all'80% della luce ricevuta, mentre una superficie grigia - scura ne riflette soltanto dal 15% al 25%.

Più che riutilizzo di un colore uniforme, che in ogni caso dovrebbe essere indirizzato sulle tinte chiare, è conveniente utilizzare colori diversi tra loro armonizzati (ad esempio contrastando il colore delle macchine rispetto a quello dell'ambiente di lavoro).

A fianco dell'illuminazione generale dell'ambiente può essere a volte necessario ricorrere all'illuminazione localizzata dei singoli posti di lavoro.

L'illuminazione artificiale deve rispondere ai seguenti requisiti:

- essere atta a fornire da sola i livelli ottimali stabiliti e, pertanto, i rilievi fotometrici relativi vanno effettuati anche in ore notturne o comunque in condizioni tali che l'apporto della luce naturale sei trascurabile;

- per non stancare l'occhio non deve essere oscillante, deve cioè avere spettro e intensità d'emissione costanti;

non essere abbagliante per non arrecare offesa all'occhio e permettere la giusta percezione degli oggetti meno illuminanti;

non provocare alterazioni dell'aria né chimicamente con prodotti di combustione, né fisicamente con la produzione d'eccessivo calore;

avere spettro (cioè colore) il più vicino possibile a quello della luce naturale, sia per il benessere della vista, sia per non alterare il colore degli oggetti.

La distribuzione della luce artificiale deve essere fatta, pertanto, tenendo presente che le

esigenze dell'illuminazione generale dei locali di lavoro sono diverse rispetto a quelle dei posti di lavoro.

Allo scopo di evitare un contrasto molesto tra illuminazione generale ed illuminazione localizzata, gli studiosi consigliano di mantenere un rapporto, fra i due livelli d'illuminamento, di uno a tre, comunque mai superiore a cinque.

Per quel che riguarda la distribuzione delle luminanze (che è l'intensità luminosa, in NIT - candele/mq - o in STILB, di una data sorgente in funzione della superficie tramite la quale è vista dall'osservatore) fra oggetto, piano di lavoro e zona circostante, esistono dei limiti massimi stabiliti dalla Illuminating Engineering Society Usa formulati per prevenire l'abbagliamento prodotto dal riflesso (ad es. su superficie lucida):

- fra l'oggetto guardato e il piano di lavoro 3:1;
- fra l'oggetto guardato e l'ambiente circostante 10:1;
- fra le sorgenti luminose (anche finestre) ed il fondo 20:1;

in tutti questi casi opportune schermature potranno ricondurre a valori ottimali i rapporti esistenti.

Si accenna infine al fenomeno "stroboscopico", causa frequente d'infortuni anche gravi. Il fenomeno può verificarsi quando un oggetto, una parte di macchina, una ruota, è in risonanza con la frequenza della corrente d'alimentazione di lampade fluorescenti o simili, dando la sensazione che l'oggetto sia fermo.

L'effetto stroboscopico può essere impedito ripartendo in ogni ambiente il carico delle lampade fluorescenti sulle tre fasi oppure installando, in prossimità degli organi di macchina in movimento, lampade ad incandescenza.

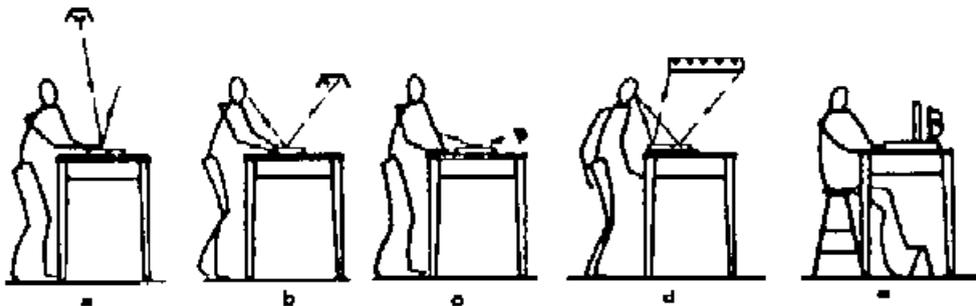


Fig. 1 -

Esempi di posizionamento d'illuminazione localizzata del posto di lavoro:

- illuminazione localizzata in modo tale da evitare il disturbo del raggio riflesso;*
- caso non corretto in cui il raggio riflesso coincide con l'angolo visivo;*
- basso angolo d'illuminazione per evidenziare le irregolarità della superficie;*
- illuminazione con una sorgente ad ampia superficie con riflessione fastidiosa per l'operatore;*
- illuminazione in trasparenza mediante sorgente diffusa.*

3. CARATTERISTICHE DI ALCUNI TIPI DI LAMPADE

La realizzazione di un buon sistema di illuminazione artificiale non può prescindere da un'attenta valutazione delle caratteristiche delle lampade impiegate. Di ogni tipo di lampada è importante conoscere la qualità della luce e della resa dei colori, l'efficacia di illuminamento e il flusso luminoso emesso, anche in funzione della potenza impegnata e della durata di vita della lampada.

Le lampade da usare per l'illuminazione artificiale dovranno avere una temperatura di colore (Tc) attorno a 4.000' Kelvin, per una migliore resa dei colori e l'ottimizzazione dei contrasti. Esistono anche lampade che riproducono fedelmente lo spettro della luce solare: sono estremamente salutari, e grazie alle radiazioni emesse hanno una significativa funzione igienica di disinfezione dell'ambiente (sono usate anche negli ospedali).

Occorre prestare attenzione anche alla manutenzione delle lampade, perché hanno tutte una ben definita durata di funzionamento, oltre la quale l'efficienza luminosa si riduce del 25%.

Lo stesso accumulo di polvere può ridurre il flusso luminoso fino al 40%.

Si ricordano nel seguito alcune caratteristiche delle lampade ad incandescenza, fluorescenti, a vapori di mercurio e al sodio.

Nelle lampade ad incandescenza la luce è emessa da un filamento di tungsteno riscaldato per il passaggio di una corrente elettrica. Nelle lampade di piccola potenza nell'ampolla viene fatto il vuoto, in quelle di maggior potenza l'ampolla è riempita con un gas inerte. Tra i vantaggi sono da annoverare il basso costo, l'accensione immediata, la semplicità. Hanno tuttavia costi di esercizio elevati avendo una scarsa efficienza luminosa (meno di 20 lumen/watt), limitata durata, elevata luminanza con conseguente abbagliamento quando la sorgente rientra nel campo visivo. Particolari lampade ad incandescenza sono le lampade ad alogeni (nel bulbo, di solito in quarzo, vengono introdotte piccole quantità di iodio): sono caratterizzate da un minor decadimento nel tempo, maggiore efficienza, minori dimensioni. Dato l'elevato costo vengono utilizzate in campi limitati (proiettori per autoveicoli, lampade per riprese fotocinematografiche, apparecchi per proiezione, ecc.).

Un altro svantaggio delle lampade ad incandescenza è dato dall'elevata produzione di calore e dal rapido crollo del flusso luminoso prodotto per abbassamenti anche lievi della tensione di alimentazione.

Nelle lampade a scarica nei gas l'elevata differenza di potenziale tra il catodo e l'anodo (ambedue all'interno di un tubo in vetro nel quale è stato fatto il vuoto e poi introdotta una piccola quantità di gas o di vapori metallici) ionizza il gas. L'energia ceduta dagli elettroni nel tornare nella propria orbita atomica dà luogo alla "luminescenza". Per innescare il fenomeno di ionizzazione è necessario applicare agli elettrodi una tensione iniziale superiore di un certo valore critico caratteristico: questo tipo di lampade richiedono quindi un apparato particolare (reattore o alimentatore a dispersione del flusso) alloggiato normalmente fuori della lampada.

Senza entrare nel dettaglio dei vari tipi di lampade fluorescenti se ne ricorda la buona efficienza luminosa (5 volte superiore alle lampade ad incandescenza), la bassa luminanza che riduce, ma non elimina, il problema dell'abbagliamento, l'elevata durata, la buona resa cromatica, particolarmente in alcuni tipi di lampade. Con un'accurata scelta tra i molti tipi di lampade fluorescenti, ed eventualmente sfruttandone le possibilità di combinazione, è possibile illuminare adeguatamente quasi ogni tipo di ambiente.

Le lampade a vapori di mercurio hanno l'ampolla in vetro che contiene un tubo in quarzo riempito di gas inerte ad alta pressione e vapori, di mercurio. Assai utilizzate per illuminazioni di grandi aree presentano lo svantaggio di richiedere alcuni minuti dall'accensione per raggiungere la massima emissione luminosa, mentre la riaccensione è possibile solo dopo alcuni minuti di raffreddamento. Secondo il tipo (bulbo fluorescente, luce

miscelata, ad alogenuri) la resa cromatica può essere più o meno buona.

Le lampade a vapori di sodio (dal caratteristico colore giallo) sono impiegate dove occorre un'elevata efficienza luminosa su grandi superfici e dove si richiede la percezione delle forme piuttosto che dei colori.

4. IL COLORE NELL'AMBIENTE DI LAVORO

La scelta dei colori merita particolare attenzione negli ambienti di lavoro, in quanto lo studio delle reazioni psicologiche di fronte ai colori ha consentito di stabilire criteri per la colorazione di detti ambienti, dei macchinari, delle attrezzature, allo scopo di creare una più accettabile e favorevole atmosfera.

Le tinte chiare per esempio aumentano l'illuminamento dei locali di lavoro, in funzione della loro alta riflessione e per lo scarso assorbimento della luce incidente. E' però da tenere presente che le superfici bianche, e dotate di elevata brillantezza, possono creare fenomeni di abbagliamento: quindi le pareti ed il soffitto dei locali dovranno avere colori chiari (coefficienti di riflessione R 0,5) ma opachi.

Non vi sono regole fisse per la scelta dei colori perché sono troppo diversi i lavori ed altrettanto diversi i lavoratori, i luoghi, i locali, i climi; colori che possono andar bene per determinate condizioni di lavoro, possono al contrario non adattarsi nello stesso tipo di ambiente per un tipo di lavoro diverso. L'uso razionale del colore deve tenere conto di numerosi fattori, innanzi tutto per esigenze di ordine preventivo - infortunistico, ed anche come armonico complemento del complesso di tutto l'edificio, dell'ambiente cromatico esterno e dei singoli reparti, con una scelta di colori in proporzione e di intensità tali da determinare una soddisfazione estetica, che in definitiva si traduce in un benessere visivo.

E' per queste ragioni (e per le altre dette in precedenza) che lo studio e la soluzione dei problemi connessi con l'illuminazione e colorazione degli ambienti di lavoro va affidata ad esperti qualificati.

L'efficienza visiva varia in rapporto al colore della luce, per cui in condizioni sfavorevoli, di illuminazione irrazionale, si può determinare l'affaticamento visivo con astenopia accomodativa, fotofobia, congestione oculare, cefalea, ecc., sforzo che se si protrae per tutto il turno lavorativo non può che portare a gravi conseguenze.

E' da sottolineare che per riconoscere i particolari è preferibile ricorrere al contrasto cromatico piuttosto che al contrasto luminoso, essendo quest'ultimo causa di affaticamento visivo e per giunta di abbagliamento.

Per la prevenzione degli infortuni si è ricorsi ad un codice dei colori della sicurezza applicato e standardizzato dalla Commissione Internazionale dell'illuminazione e dalle Organizzazioni ISO ed UNI. Di particolare importanza le norme ISO R408-1 964 (colori di sicurezza) e UNI 4099 e 4100 (colori funzionali per le macchine utensili).

5. L'INDAGINE SUI LIVELLI DI ILLUMINAMENTO

A causa della sua capacità di adattamento alla luminosità esistente nell'ambiente, l'occhio non è assolutamente in grado di valutare il livello oggettivo di illuminamento. Chi ha seguito almeno una volta una misura con il luxmetro si è reso conto che differenze di illuminamento da 1 a 10 sono percepite dall'occhio come molto piccole, a meno che non ci si trovi in condizioni di semioscurità (luce crepuscolare). L'affaticamento visivo è invece molto maggiore con bassi livelli di illuminamento. Da qui l'importanza di eseguire rilevamenti strumentali.

Mentre la misura del livello di illuminamento (in lux) si effettua con uno strumento relativamente semplice e poco costoso - il luxmetro - la misura della luminanza delle superfici e del contrasto luminoso richiede strumenti più complessi.

L'indagine deve tendere a raccogliere le seguenti informazioni:

- dimensioni del locale, colori, capacità di riflettere la luce delle superfici, temperatura nelle vicinanze delle sorgenti d'illuminazione;

descrizione del sistema di illuminazione generale e localizzato: lampade, quantità, distribuzione, tipo di armatura, ecc.;

tipo e caratteristiche dello strumento impiegato, data dell'ultima calibrazione (con il tempo gli strumenti per la misura dell'illuminamento si stano);

- livello di illuminamento misurato nei vari punti (posti di lavoro in particolare) in funzione del tipo di illuminazione artificiale inserita;

- luminanza delle superfici visibili dai singoli posti di lavoro nelle direzioni comprese nel normale angolo visivo del lavoratore con particolare attenzione ai fenomeni di abbagliamento;

valutazione soggettiva da parte dei lavoratori delle condizioni di illuminazione e verifica dello stato di manutenzione del sistema.

I dati raccolti saranno utilizzati per valutare il livello di illuminamento in relazione agli standard, i rapporti di luminanza rispetto ai rapporti massimi raccomandati, il grado di comfort sul posto di lavoro come rilevato dai lavoratori interessati. Le conclusioni saranno utili per migliorare la manutenzione dei corpi illuminanti; per modificarne - se necessario - il numero, la disposizione, il tipo; per introdurre un corretto uso dei colori ed infine per verificare il grado di disaccordo tra la situazione esistente e i dati di progetto dell'impianto di illuminazione.

utilizzate per illuminazioni di grandi aree presentano lo svantaggio di richiedere alcuni minuti dall'accensione per raggiungere la massima emissione luminosa, mentre la riaccensione è possibile solo dopo alcuni minuti di raffreddamento. A seconda del tipo (bulbo fluorescente, luce miscelata, ad alogenuri) la resa cromatica può essere più o meno buona.

Le lampade a vapori di sodio (dal caratteristico colore giallo) sono impiegate dove occorre un'elevata efficienza luminosa su grandi superfici e dove si richiede la percezione delle forme piuttosto che dei colori.

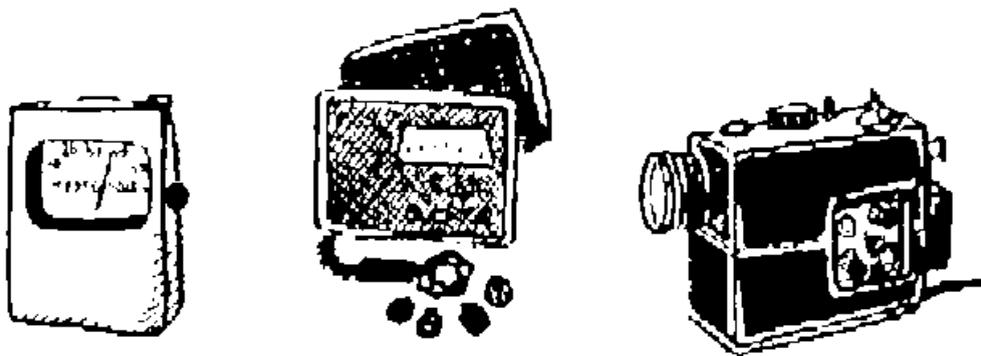


Fig.
2-

Strumenti per la misura dell'illuminamento: luxmetro tascabile, luxmetro di precisione, misuratore di luminanza.

6. LEGISLAZIONE E LIVELLI STANDARD DI RIFERIMENTO

E' molto difficile fissare uno standard di illuminazione valido per ogni lavorazione in quanto esso è strettamente legato al tipo di operazione che le mansioni richiedono. L'articolo 10 del D.P.R. 19.3.1956, n. 303 precisa le caratteristiche dell'illuminazione dei locali di lavoro: "A meno che non sia richiesto diversamente dalle necessità della lavorazione e salvo che non si tratti di locali sotterranei, i locali di lavoro devono essere convenientemente illuminati a luce naturale diretta.

Anche le vie di comunicazione tra i vari locali e fra questi e l'esterno, come i passaggi, i corridoi e le scale, devono essere ben illuminati, quando è possibile, a luce naturale."

L'illuminazione artificiale deve essere idonea per intensità, qualità e distribuzione delle sorgenti luminose alla natura del lavoro. Per quanto riguarda l'intensità, ove esigenze tecniche non ostino, devono essere assicurati i valori minimi seguenti:

- per ambiente destinato a depositi di materiali grossi	10 lux
- per i passaggi, corridoi e scale	20 lux
- per lavori grossolani	40 lux
- per lavori di media finezza	100 lux
- per lavori fini	200 lux
- per lavori finissimi	300 lux

Per i lavori di media finezza, fini e finissimi, i suddetti valori possono essere conseguiti mediante sistemi di illuminazione localizzata sui singoli posti di lavoro; in tal caso si deve provvedere a che il livello medio di illuminazione generale dell'ambiente non sia inferiore ad un quinto di quello esistente nei posti di lavoro.

Le superfici vetrate illuminanti ed i mezzi di illuminazione artificiale devono essere tenuti costantemente in buone condizioni di pulizia ed efficienza".

I valori minimi proposti dal D.P.R. 303 devono essere considerati con molta cautela in quanto noti solo sono insufficienti, secondo le attuali norme di buona tecnica, ma presentano anche uno scarto troppo elevato tra i diversi ambienti (20 Lux per passaggi + 300 lux per lavori finissimi). Le norme e le raccomandazioni estere, in tema di livelli di illuminazione degli ambienti di lavoro, adottano livelli che equivalgono in media dalle 5 alle 10 volte i minimi indicati dalla legge italiana sopracitata.

I livelli consigliati, ad esempio dalla norma DIN 5035, in funzione della utilizzazione dei locali e del tipo di lavoro, sono assai maggiori (v. tabella seguente).

NORMA DIN 5035	
Descrizione	Lux
Ambiente destinato a deposito di materiali grossi	15
Orientamento, passaggio saltuario	30
Impegno visivo leggero: dettagli grandi con forte contrasto	120
Impegno visivo normale: dettagli medi con contrasti medi	500
Impegno visivo difficile: dettagli piccoli con contrasti scarsi	1000
Impegno visivo molto difficile: dettagli piccolissimi con contrasti minimi	2000
Casi speciali (ad esempio campo operatorio)	5000

Entro tali campi di variabilità può essere scelto, caso per caso, il livello ritenuto più adatto utilizzando la soggettività dell'operatore. Questi livelli potranno essere validati o riveduti sulla base dell'esperienza.

I valori in lux raccomandabili in relazione alle varie attività sono:

Tipo di attività	Livello di illuminamento (lux)	
	Generale	Localizzato
Uffici . illuminazione generale	150÷300	==
Uffici contabili	250÷500	1.000
Uffici tecnici	250÷400	1.000÷2.000
Archivio e biblioteca	150÷250	250÷500
Sale di riunione	150÷250	==
Servizi	70÷100	==
Uffici per videoterminali	minore di 300	==

Occorre comunque considerare che, quando l'illuminazione non è sufficiente, si è portati istintivamente a ridurre la distanza tra gli occhi e l'oggetto con conseguenti disturbi quali pesantezza di testa, cefalea, bruciore agli occhi, che possono provocare l'insorgenza della miopia.

Un altro aspetto non trascurabile è quello dell'abbagliamento provocato da eccessiva illuminazione. Esso può essere causato da sorgenti luminose troppo elevate che colpiscono direttamente il soggetto oppure da riflessione totale o parziale. In generale si richiede che l'angolo tra la congiungente lampada - punto di vista e l'orizzontale sia non minore di 30'. In caso contrario si deve schermare la lampada.

Si veda, infine, la direttiva del Consiglio n. 89/654/CEE del 30.11.1989 relativa alle prescrizioni minime di sicurezza e di salute per i luoghi di lavoro.