



ISTITUTO SUPERIORE PER LA PREVENZIONE E LA SICUREZZA DEL LAVORO

Illuminazione

Roma, ottobre 2009

ILLUMINAZIONE

L'illuminazione di un ambiente di lavoro deve soddisfare esigenze fondamentali quali:

- Buona visibilità per svolgere una determinata attività
- Confort visivo
- Sicurezza

ILLUMINAZIONE

La Luce

Da Isaac Newton ad oggi, la teoria dei colori ha fatto molti passi avanti, ma fu proprio lo scienziato inglese a condurre nel 1666 i primi esperimenti che lo portarono a scoprire la natura del colore.

Oggi sappiamo che la luce non è omogenea, ma è composta da diversi tipi di radiazioni, separabili mediante la rifrazione.

Difatti, facendo passare un fascio di luce bianca attraverso un prisma di cristallo, questo si scompone nei sette colori dello spettro solare detti tradizionalmente "colori fondamentali": i colori spettrali sono infiniti, ma l'occhio riesce a distinguerne circa 200.

Un colore spettrale viene indicato dalla lunghezza d'onda della relativa radiazione, misurata in nm nanometro.

ILLUMINAZIONE

La Luce

La luce visibile all'occhio umano è una parte dello spettro elettromagnetico compresa tra i 400 e gli 800 nanometri (10^{-9} m)

Oltre questi estremi vi sono:

- le frequenze **ULTRAVIOLETTE** (percepite in modo indiretto, dato che la sovraesposizione della pelle ai raggi UV causa scottature)
- le frequenze **INFRAROSSE** (percepite dai recettori della pelle come calore).

Le onde luminose di diversa frequenza vengono percepite dal nostro occhio come luci di colore diverso.

Le frequenze delle radiazioni luminose sono dell'ordine di 10^{14} herz $f = c/\lambda$

ILLUMINAZIONE

La luce si distingue in :

- **Monocromatica** se costituita da onde elettromagnetiche che rilevano un solo colore (ex lampade al sodio a bassa pressione).
- **Policromatica** è quella del sole o di una lampada ad incandescenza cioè a spettro continuo (luce bianca) poiché contiene tutte le gamma di lunghezza d'onda visibili. La successione dello spettro visibile è quella dell'arcobaleno.

Nota: un corpo bianco riflette tutte le radiazioni, mentre un corpo nero le assorbe

ILLUMINAZIONE

Il colore non è una proprietà tipica di un oggetto, ma dipende dalla luce che lo colpisce

Una parete appare verde o rossa perché riflette le radiazioni luminose verde o rosse e assorbe tutti gli altri colori dello spettro.

La buona resa dei colori da parte di una sorgente artificiale di luce è condizionata dal fatto che essa emetta tutti i colori dello spettro; se dovesse mancare un colore questo non potrebbe essere riflesso.

Si ottiene quindi l'indice di resa cromatica IRC , valore numerico che è ottimo se vale 85-100 buono se vale 70-85



ILLUMINAZIONE

E' la scienza della illuminazione, ovvero la disciplina tecnico scientifica che si occupa dell'illuminazione degli spazi ed ambienti sia interni che esterni sia sfruttando la luce solare che la luce artificiale.

In Italia sono state recepite le norme:

- **UNI EN 12464-2004** che ha introdotto interessanti novità per quanto riguarda l'utilizzo della luce artificiale negli ambienti interni.
- **UNI EN 1838-2000** è relativa all'illuminazione di emergenza.



ILLUMINAZIONE

Grandezze Fotometriche

Flusso luminoso ϕ : unità di misura il lumen (lm)

esprime la quantità di luce emessa da una sorgente nell'unità di tempo (secondo)

Quantità di acqua che esce da una doccia in un secondo.



ILLUMINAZIONE

Grandezze Fotometriche

Intensità luminosa I : unità di misura la candela (cd)

parte del flusso luminoso emesso in una data direzione da una sorgente luminosa entro l'angolo solido che la contiene

L'intensità luminosa è la misura della quantità di flusso emessa all'interno di un angolo solido di 1° (cd).

Intensità del getto d'acqua in una determinata direzione



ILLUMINAZIONE

Grandezze Fotometriche

Efficienza luminosa μ : unità di misura (lumen/watt)

Rapporto tra il flusso e la potenza elettrica assorbita esprime il rendimento di una lampada tanto maggiore è l'efficienza luminosa tanto più economico è l'esercizio della sorgente luminosa

Rapporto tra la quantità di acqua che esce da una pompa con una determinata prevalenza lit/sec e la potenza elettrica necessaria per farla funzionare



ILLUMINAZIONE

Grandezze Fotometriche

Illuminamento E : unità di misura il lux (lm/mq)

E' il flusso luminoso incidente su una superficie di area unitaria

Se la sorgente è puntiforme il valore dell'illuminamento è direttamente proporzionale al valore dell'intensità luminosa ed inversamente proporzionale al quadrato della distanza secondo la seguente formula: $E=I/d^2$.

Quantità di acqua per unità di superficie



ILLUMINAZIONE

Grandezze Fotometriche

Luminanza L : unità di misura (cd/mq)

Intensità luminosa emessa in una determinata direzione da una superficie luminosa o illuminata (sorgente secondaria di luce)

Schizzi d'acqua che rimbalzano da una superficie, l'entità di acqua che rimbalza dipende dalla capacità di assorbimento della superficie



ILLUMINAZIONE

Leggi relative alla trasmissione della luce

**•Riflessione: quando i raggi luminosi
colpiscono la superficie di un mezzo
opaco**

**•Trasmissione: si ha quando i raggi
luminosi attraversano un mezzo più o
meno trasparente**



ILLUMINAZIONE

Leggi relative alla trasmissione della luce

•Rifrazione: se il mezzo attraversato è di forma prismatica

•Assorbimento: colpendo mezzi opachi, trasparenti o traslucidi i raggi luminosi vengono in parte assorbiti (calore) e in parte riflessi trasmessi o rifratti

ILLUMINAZIONE

L'illuminazione di un ambiente è data non solo dal flusso luminoso emesso dalle sorgenti naturali e artificiali ma anche dalla luce rinviata dalle superfici che direttamente o indirettamente sono investite dalle superfici.

Si deve tener conto quindi dei fattori di:

- assorbimento luminoso**
- riflessione luminosa**
- trasmissione luminosa**

ILLUMINAZIONE

L'illuminazione rappresenta uno dei principali fattori ambientali atti ad assicurare il benessere nei luoghi di lavoro.

Una corretta illuminazione, oltre che contribuire all'incremento della produttività, riveste grande importanza nel settore della prevenzione degli infortuni sul lavoro.

NE CONSEGUE CHE



ILLUMINAZIONE

I luoghi di lavoro devono essere *adeguatamente* illuminati . A tal fine è opportuno che siano dotati di:

- Quantità di luce adeguata per una corretta visibilità nell'ambiente di lavoro e, in particolare per lo specifico compito da svolgere;**
- Una distribuzione adeguata delle fonti (naturali e/o artificiali) di illuminazione, atte ad evidenziare eventuali situazioni di pericolo (ostacoli, spigoli vari, ecc) ed ad evitare fenomeni di abbagliamento**
- Una qualità dell'illuminazione che consenta di distinguere convenientemente i colori**

ILLUMINAZIONE

Valori di illuminazione errati, sia in difetto che in eccesso, oltre ad agire negativamente sulla componente psichica del lavoratore con disaffezione al lavoro e conseguente scadimento delle capacità lavorative, possono produrre disfunzioni dell'organo della vista.

ILLUMINAZIONE

Pertanto una carenza dei requisiti ottimali può produrre conseguenze sulla corretta regolazione dell'apparato visivo, con effetti su:

a) Per la nitidezza dell'immagine

Più l'oggetto da osservare è vicino e di ridotte dimensioni, maggiore è lo sforzo che viene richiesto all'apparato visivo per vedere nitidamente; più l'illuminazione dell'oggetto è debole, più la nitidezza è ridotta ed aumenta lo sforzo di accomodamento

ILLUMINAZIONE

b) Per l'adattamento alla quantità di luce

Gli oggetti riflettono in modo diverso la luce a seconda del loro colore (chiaro o scuro) e della loro superficie (opaca o brillante); i cambiamenti rapidi di direzione dello sguardo e/o la presenza nel campo visivo di zone di luminosità molto differenziata, impongono all'occhio una complessa attività di regolazione: per questa ragione occorre evitare tanto la visione diretta delle sorgenti luminose di notevole intensità, quanto i loro riflessi fastidiosi (dovuti a schermi, cristalli, vernici brillanti, ecc); i contrasti sono tuttavia utili: un oggetto sarà tanto più o meno visibile a seconda del contrasto dello stesso fondo (oggetto bianco su fondo nero o viceversa)

ILLUMINAZIONE

L'illuminazione dei posti di lavoro deve essere ottenuta per quanto possibile con luce naturale poiché essa è più gradita all'occhio umano, e quindi meno affaticante e possiede una discreta azione germicida grazie alla sua componente ultravioletta. Rapporto tra superficie finestrata e pavimentata varia da 1/8 a 1/15

In ogni caso tutti i locali e posti di lavoro devono avere adeguata luce artificiale per la sicurezza e la salute dei lavoratori.

La luce solare diretta è sconsigliabile negli ambienti di lavoro in quanto determina abbagliamenti e fastidiosi riflessi.

ILLUMINAZIONE

L'illuminazione naturale non diretta, quella cioè riflessa dalla volta celeste, è più adatta; l'ideale è quella proveniente da nord in quanto è più uniforme, per tale motivo le fabbriche, almeno fino ad alcuni anni fa avevano il tetto a dente di sega o a sella.

L'illuminazione degli ambienti di lavoro (espressa in lux) deve essere ovviamente valutata sulla base delle varie attività lavorative.

ILLUMINAZIONE

L'illuminazione di un ambiente deve fornire condizioni ottimali per lo svolgimento del compito visivo richiesto e anche quando si distoglie lo sguardo dal compito visivo.

La distribuzione delle luminanze influenza l'impegno oculare infatti se l'occhio si discosta dall'oggetto messo a fuoco inizia il processo di adattamento alle nuove luminanze e l'apparato visivo è soggetto ad affaticarsi in misura tanto più elevata quanto maggiori sono le differenze di luminanze.

ILLUMINAZIONE

La quantità di luce che cade su una superficie influenza notevolmente la percezione visiva. La visione può essere resa difficoltosa sia da un difetto che da un eccesso di illuminamento.

Importanza riveste la direzione della luce, infatti un ambiente è migliore se la struttura, le persone e gli oggetti sono disposti in modo tale che le forme e le superfici siano percepite in modo chiaro e piacevole, tale effetto si ottiene quando la luce proviene in modo predominante da una direzione e le ombre che si formano danno rilievo alle cose. Anche se la direzionalità della luce deve essere ben equilibrata con la luce diffusa ad evitare ombre troppo marcate.



ILLUMINAZIONE

La necessità di effettuare molteplici regolazioni della vista a causa di sfavorevoli condizioni di illuminazione, in rapporto con le operazioni da compiere, può affaticare sensibilmente l'apparato visivo; detto fenomeno che si manifesta agli inizi con l'irritazione degli occhi, finisce per determinare veri e propri disturbi.

Inoltre la postura, eventualmente assunta per compensare insufficienti o inadeguate condizioni di illuminazione del posto di lavoro, può provocare disturbi a carico dell'apparato muscolo scheletrico.



ILLUMINAZIONE

Al fine di prevenire i danni alla salute imputabili all'illuminazione, occorre adottare i correttivi che le norme di legge o di buona tecnica prescrivono in relazione alle possibili causali di rischio (tende, corretto posizionamento della postazione di lavoro rispetto alle fonti di illuminazione, adeguamento dell'intensità ecc..)

Quanto, alla intensità ed alle caratteristiche della illuminazione, è opportuno che esse vengano adeguate in relazione alle esigenze connesse al tipo di lavorazione /attività espletata



ILLUMINAZIONE

Contro l'incidenza diretta o riflessa del flusso luminoso, possono essere adottate schermature, tendaggi, veneziane, ecc.

Effetti positivi possono riscontrarsi, inoltre prevedendo,ove possibile, il corretto posizionamento delle postazioni di lavoro rispetto alle fonti di illuminazione, di cui dovrà curarsi la costante manutenzione e pulizia, soprattutto per le superfici vetrate e illuminanti.



ILLUMINAZIONE

L'art. 10 del D.P.R. 303/56 (che prevedeva limiti troppo bassi) è stato abrogato già dal D.Lgs.626/94 che, non introducendo nuovi limiti minimi, permetteva di adeguarsi ai più corretti standard europei.

ILLUMINAZIONE

D.lgs. 81/2008 – allegato IV

1.10.1. A meno che non sia richiesto diversamente dalle necessità delle lavorazioni e salvo che non si tratti di locali sotterranei, i luoghi di lavoro devono disporre di sufficiente luce naturale. In ogni caso, tutti i predetti locali e luoghi di lavoro devono essere dotati di dispositivi che consentono un'illuminazione artificiale adeguata per salvaguardare la sicurezza, la salute e il benessere di lavoratori;

1.10.2. Gli impianti di illuminazione dei locali di lavoro e delle vie di circolazione devono essere installati in modo che il tipo d'illuminazione previsto non rappresenta un rischio di infortunio per i lavoratori;

1.10.3. I luoghi di lavoro nei quali i lavoratori sono particolarmente esposti a rischi in caso di guasto dell'illuminazione artificiale, devono disporre di un'illuminazione di sicurezza di sufficiente intensità;

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

ILLUMINAZIONE

D.lgs. 81/2008 – allegato IV

1.10.5. Gli ambienti, i posti di lavoro ed i passaggi devono essere illuminati con luce naturale o artificiale in modo da assicurare una sufficiente visibilità.

1.10.6. Nei casi in cui, per le esigenze tecniche di particolari lavorazioni o procedimenti, non sia possibile illuminare adeguatamente gli ambienti, i luoghi ed i posti indicati al punto 5, si devono adottare adeguate misure dirette ad eliminare i rischi derivanti dalla mancanza e dalla insufficienza della illuminazione.



ILLUMINAZIONE

D.lgs. 81/2008 – allegato IV

Illuminazione sussidiaria

1.10.7.1. Negli stabilimenti e negli altri luoghi di lavoro devono esistere mezzi di illuminazione sussidiaria da impiegare in caso di necessità.

1.10.7.2. Detti mezzi devono essere tenuti in posti noti al personale, conservati in costante efficienza ed essere adeguati alle condizioni ed alle necessità del loro impiego.

ILLUMINAZIONE

D.lgs. 81/2008 – allegato IV

1.10.7.3. quando siano presenti più di 100 lavoratori e la loro uscita all'aperto in condizioni di oscurità non sia sicura ed agevole;

quando l'abbandono imprevedibile ed immediato del governo delle macchine o degli apparecchi sia di pregiudizio per la sicurezza delle persone o degli impianti;

quando si lavorino o siano depositate materie esplosive o infiammabili,

l'illuminazione sussidiaria deve essere fornita con mezzi di sicurezza atti ad entrare immediatamente in funzione in caso di necessità e a garantire una illuminazione sufficiente per intensità, durata, per numero e distribuzione delle sorgenti luminose, nei luoghi nei quali la mancanza di illuminazione costituirebbe pericolo.

ILLUMINAZIONE

D.lgs. 81/2008 – allegato IV

1.10.7.4 L'abbandono dei posti di lavoro e l'uscita all'aperto del personale deve, qualora sia necessario ai fini della sicurezza, essere disposto prima dell'esaurimento delle fonti della illuminazione sussidiaria.

1.10.8 Ove sia prestabilita la continuazione del lavoro anche in caso di mancanza dell'illuminazione artificiale normale, quella sussidiaria deve essere fornita da un impianto fisso atto a consentire la prosecuzione del lavoro in condizioni di sufficiente visibilità.

ILLUMINAZIONE

D.lgs. 81/2008 – allegato V

Le zone di operazione ed i punti di lavoro o di manutenzione di un'attrezzatura di lavoro devono essere opportunamente illuminati in funzione dei lavori da effettuare.

D.lgs. 81/2008 – allegato VI

Le zone di azione delle macchine operatrici e quelle dei lavori manuali, i campi di lettura o di osservazione degli organi e degli strumenti di controllo, di misure o indicatori in genere e ogni luogo od elemento che presenti un particolare pericolo di infortunio o che necessiti di una speciale sorveglianza, devono essere illuminati in modo diretto con mezzi particolari.



ILLUMINAZIONE

LE NORME TECNICHE RIPORTANO LE SEGUENTI INDICAZIONI:

L'illuminamento all'interno di uno stesso locale di lavoro, deve essere il più possibile uniforme, in modo che l'occhio dell'operatore non venga costretto a continui adattamenti alle diverse luminosità.

Nelle aree di un locale di lavoro, che non sono sede del compito visivo, il valore medio dell'illuminamento non deve essere mai minore di un terzo del valore medio dell'illuminamento della zona sede del compito visivo.



ILLUMINAZIONE

LE NORME TECNICHE RIPORTANO LE SEGUENTI INDICAZIONI:

Nel caso di due locali adiacenti, il rapporto tra l'illuminamento medio del locale più illuminato e quello del locale meno illuminato non deve essere maggiore di 5.

In assenza di specifiche disposizioni di legge la **norma UNI EN 12464: 2004** fornisce le prescrizioni relative all'esecuzione, all'esercizio, e alla verifica degli impianti di illuminazione artificiale negli ambienti interni civili ed industriali.

ILLUMINAZIONE

Attualmente la **UNI EN 12464:2004** al punto 5.3 indica i **valori di illuminamento medio mantenuto Em**. Tenendo conto di questo fattore limite occorre che il progettista valuti il fattore di manutenzione in base all'apparecchio scelto.

Esempio poiché in un ufficio in cui si svolge attività di reception il punto 5.3 sopracitato prevede Em pari a 300 lux determinato un fattore di manutenzione $M=0,85$

Andranno previsti $300/0,85 = 353$ lux

In assenza di dati sul decadimento luminoso si consiglia di fornire livelli di illuminamento superiori del 25%



ILLUMINAZIONE

Norma UNI 10380

Le esigenze qualitative dell'illuminazione crescono quando si è in presenza di compiti visivi difficoltosi

- **illuminazione generale : è l'illuminazione atta a creare in tutti i punti dell'ambiente considerato condizioni visive equivalenti;**
- **illuminazione generale orientata sul posto di lavoro: illuminazione generale con coordinamento rigido tra l'illuminazione prodotta dagli apparecchi di illuminazione e determinati posti di lavoro;**
- **illuminazione localizzata del singolo posto di lavoro: illuminazione dei singoli posti di lavoro ad integrazione dell'illuminazione generale**

ILLUMINAZIONE

**Confronto vecchi
valori con i nuovi
standard espressi
in lux**



Locali o tipo di lavoro	Dpr 303/56	Standard Europei
Deposito	10	100-200
Aree di passaggio	20	100-200
Lavori grossolani	40	200-400
Lavori di media finezza	20	200-400
Lavori fini	40	400-800
Lavori finissimi	60	800-1200

ILLUMINAZIONE

illuminazione diretta, sistema nel quale il flusso luminoso incide direttamente sugli oggetti illuminati senza riflessioni alle pareti o al soffitto, in misura superiore al 90%.

illuminazione indiretta, sistema nel quale il flusso luminoso incide sugli oggetti illuminati solo dopo riflessione alle pareti o al soffitto, in misura superiore al 90%. Si ottiene così un'illuminazione dolce, priva di ombre, detta anche diffusa, di elevato costo in relazione alla luce assorbita.

illuminazione semidiretta, mista o diretta-indiretta, semindiretta, sistemi di illuminazione intermedi fra i due precedenti, con percentuale di flusso luminoso che incide direttamente sugli oggetti illuminati.

illuminazione senza ombre, quella prodotta da una sorgente di grande area, con forte riduzione delle ombre portate.

illuminazione scialitica, illuminazione intensa, con assenza totale delle ombre portate, adottata nelle sale operatorie



ILLUMINAZIONE

Sorgenti luminose

Lo sviluppo di nuove tecnologie ha consentito di realizzare una gamma notevole di lampade tuttavia le sorgenti luminose elettriche possono classificarsi in due grandi categorie:

- **a irradiazione per effetto termico (lampade ad incandescenza)**
- **a scarica nei gas e nei vapori (lampade fluorescenti, a vapore di mercurio , di sodio ecc.)**



ILLUMINAZIONE

Sorgenti luminose classificazioni e caratteristiche:

- **potenza nominale - condiziona il flusso luminoso**
- **efficienza luminosa e decadimento del flusso luminoso durante il funzionamento**
- **resa cromatica - condiziona il maggiore o minore apprezzamento dei colori**
- **temperatura di colore - condiziona la tonalità di luce luce calda o fredda**
- **dimensioni di ingombro - condizionano la costruzione degli apparecchi di illuminazione**



ILLUMINAZIONE

Lampade ad incandescenza

un filamento di tungsteno a semplice o doppia spirale viene portato a incandescenza dal passaggio di corrente elettrica in atmosfera di gas inerte (azoto, argo, kripton) o in vuoto

la vita media di lampade ad incandescenza è in media di 1000 ore

ILLUMINAZIONE

Lampade ad incandescenza con alogeni

in particolari tipi di lampada ad incandescenza oltre al gas di riempimento vengono introdotte piccole quantità di un alogeno (iodio). Ciò dà luogo a un processo che riporta sul filamento il tungsteno volatilizzato impedendo l'annerimento del bulbo.

Le lampade di questo tipo sono caratterizzate da minor decadimento luminoso e maggior efficienza luminosa



ILLUMINAZIONE

Lampade a scarica nei gas

il gruppo di sorgenti luminose a scarica nei gas è molto vasto; esso comprende le lampade fluorescenti tubolari , le lampade a vapore di mercurio o di sodio.

I principi di funzionamento, le caratteristiche costruttive, il tipo di luce emessa variano da tipo a tipo di lampada, tuttavia esse hanno in comune il fenomeno del passaggio della corrente in un gas.

Problemi comuni a questi tipi di lampade sono i dispositivi per innescare e stabilizzare la scarica , il rifasamento e l'eliminazione dell'effetto stroboscopico



ILLUMINAZIONE

Un'illuminazione di emergenza deve essere prevista qualora la mancaza di illuminazione artificiale o un guasto della stessa pregiudichi la sicurezza dei lavoratori, ad esempio va predisposta un'illuminazione di emergenza in corrispondenza delle uscite di sicurezza, negli incroci dei corridoi, nei pianerottoli e dove cambia il livello del pavimento.

ILLUMINAZIONE

illuminazione di emergenza

destinata a funzionare quando viene a mancare l'alimentazione

illuminazione di sicurezza

Finalizzata alla sicurezza delle persone

illuminazione di sicurezza per l'esodo: destinata a consentire alle persone di individuare i percorsi per un esodo sicuro e deve illuminare la via di emergenza, in modo tale che sia facilmente identificabile

illuminazione antipanico di aree estese: destinata ad evitare l'insorgere di panico. e permettere alle persone di raggiungere il luogo dove le vie di esodo possono essere identificate.

illuminazione di aree ad alto rischio: destinata a salvaguardare le persone in situazioni a rischio e consentire le regolari condizioni di arresto di macchine o impianti e/o il raggiungimento del fermo processo

illuminazione di riserva

Finalizzata alla continuazione dell'attività

illuminazione destinata al proseguimento dell'attività senza sostanziali cambiamenti

Interventi di miglioramento adottabili

• Illuminazione naturale

- modificare la destinazione d'uso dell'ambiente
- liberare le finestre occluse o schermate con materiali vari
- aumentare le superfici che trasmettono illuminazione naturale
- sostituire i materiali che trasmettono la luce con altri a miglior fattore di trasmissione luminosa
- orientare le superfici illuminanti a nord
- realizzare pozzi o camini di luce
- mettere a disposizione sistemi regolabili di schermatura della luce naturale (veneziane, tende...)
- pulire regolarmente le superfici illuminanti

• Illuminazione artificiale

- usare corpi illuminanti schermati per ridurre l'abbagliamento
- usare lampade con miglior indice di resa cromatica
- aumentare la potenza luminosa impegnata e bilanciarla (ricalcolare l'impianto)
- sostituire le lampade ed i corpi illuminanti secondo le indicazioni dei costruttori
- pulire regolarmente le lampade, i corpi illuminanti e le pareti

• Illuminazione di sicurezza

- verificarne periodicamente la funzionalità