

Corso di Processi e Metodi della Progettazione Edilizia in Sicurezza



IX lezione

Contenuti della Lezione

Gli altri rischi fisici:

- Il microclima dei luoghi di lavoro
- L'illuminazione dei luoghi di lavoro

Ing. Renzo Simoni
ASUGI – SCPSAL
Via G. Sai, 1
34128 Trieste
tel 040 399 7409
cell 348 8729181
mail renzo.simoni@asugi.sanita.fvg.it



“Quando si parla di sicurezza si parla di individui.
Mica si fa male la betoniera ...”

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni

La Normativa di riferimento: il D.Lgs 81/08

I PRINCIPI COMUNI		
II LUOGHI DI LAVORO	VI MOVIMENTAZIONE MANUALE DEI CARICHI	X ESPOSIZIONE AD AGENTI BIOLOGICI
III USO DELLE ATTREZZATURE DI LAVORO E DEI DISPOSITIVI DI PROTEZIONE INDIVIDUALE	VII ATTREZZATURE MUNITE DI VIDEOTERMINALI	XI PROTEZIONE DA ATMO- SFERE ESPLOSIVE
IV CANTIERI TEMPORANEI O MOBILI	VIII AGENTI FISICI	XII DISPOSIZIONI IN MATERIA PENALE E DI PROCEDURA PENALE
V SEGNALETICA DI SALUTE E SICUREZZA SUL LAVORO	IX SOSTANZE PERICOLOSE	XIII NORME TRANSITORIE E FINALI

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



La Normativa di riferimento: il D.Lgs 81/08

II LUOGHI DI LAVORO

2 CAPI ARTICOLI 62 - 68 ALL. IV

CAPO I – DISPOSIZIONI GENERALI

CAPO II – SANZIONI

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



Il Titolo II - I luoghi di lavoro

Requisiti di salute e di sicurezza

D.Lgs 81/08
Art. 63
comma

1. I luoghi di lavoro devono essere conformi ai requisiti indicati nell'**ALLEGATO IV**.
2. I luoghi di lavoro devono essere strutturati tenendo conto, se del caso, dei **lavoratori disabili**.
3. L'obbligo di cui al **comma 2** vige in particolare per le **porte**, le **vie di circolazione**, gli **ascensori** e le relative pulsantiere, le **scale** e gli accessi alle medesime, le **docce**, i **gabinetti** ed i **posti di lavoro utilizzati da lavoratori disabili**.
4. La disposizione di cui al **comma 2** non si applica ai luoghi di lavoro già utilizzati prima del **1 gennaio 1993**; in ogni caso devono essere adottate misure idonee a consentire la mobilità e l'utilizzazione dei servizi sanitari e di igiene personale.
5. Ove vincoli urbanistici o architettonici ostino agli adempimenti di cui al comma 1 il datore di lavoro, previa consultazione del rappresentante dei lavoratori per la sicurezza e previa autorizzazione dell'organo di vigilanza territorialmente competente, **adotta le misure alternative che garantiscono un livello di sicurezza equivalente**.

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



Il Titolo II - I luoghi di lavoro

Obblighi del datore di lavoro

1. Il datore di lavoro provvede affinché:

- a) **i luoghi di lavoro siano conformi ai requisiti di cui all'articolo 63**, commi 1, 2 e 3;
- b) le vie di circolazione interne o all'aperto che conducono a uscite o ad uscite di emergenza e le uscite di emergenza siano **sgombre** allo scopo di consentirne l'utilizzazione in ogni evenienza;
- c) i luoghi di lavoro, gli impianti e i dispositivi vengano sottoposti a **regolare manutenzione tecnica** e vengano eliminati, quanto più rapidamente possibile, i difetti rilevati che possano pregiudicare la sicurezza e la salute dei lavoratori;
- d) i luoghi di lavoro, gli impianti e i dispositivi vengano sottoposti a **regolare pulitura**, onde assicurare **condizioni igieniche adeguate**;
- e) gli impianti e i dispositivi di sicurezza, destinati alla prevenzione o all'eliminazione dei pericoli, vengano sottoposti a **regolare manutenzione e al controllo del loro funzionamento**.

D.Lgs **81/08**

Art. **64**

comma

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



L'Allegato IV

REQUISITI DEI LUOGHI DI LAVORO

1. AMBIENTI DI LAVORO

- 1.1. Stabilità e solidità
- 1.2. Altezza, cubatura e superficie
- 1.3. Pavimenti, muri, soffitti, finestre e lucernari dei locali scale e marciapiedi mobili, banchina e rampe di carico
- 1.4. Vie di circolazione, zone di pericolo, pavimenti e passaggi
- 1.5. Vie e uscite di emergenza
- 1.6. Porte e portoni
- 1.7. Scale
- 1.8. Posti di lavoro e di passaggio e luoghi di lavoro esterni
- 1.9. Microclima**
- 1.10. Illuminazione naturale ed artificiale dei luoghi di lavoro**
- 1.11. Locali di riposo e refezione
- 1.12. Spogliatoi e armadi per il vestiario
- 1.13. Servizi igienico assistenziali
- 1.14. Dormitori

D.Lgs **81/08**

Titolo **II**

Allegato IV

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



L'Allegato IV

REQUISITI DEI LUOGHI DI LAVORO

2. PRESENZA NEI LUOGHI DI LAVORO DI AGENTI NOCIVI

3. VASCHE, CANALIZZAZIONI, TUBAZIONI, SERBATOI, RECIPIENTI, SILOS

4. MISURE CONTRO L'INCENDIO E L'ESPLOSIONE

6. DISPOSIZIONI RELATIVE ALLE AZIENDE AGRICOLE

D.Lgs **81/08**

Titolo **II**

Allegato IV

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



IL MICROCLIMA

CLIMA: insieme di fattori fisici che condizionano l'ambiente.

Macroclima:

- ambiente esterno ("outdoor")
- irraggiamento solare
- fluttuazione della temperatura dell'aria

Microclima:

- ambienti confinati ("indoor")
- omogeneità della temperatura

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



IL MICROCLIMA

Il microclima è una combinazione di diversi fattori quali la temperatura dell'aria, l'umidità relativa, la ventilazione (velocità dell'aria), il calore radiante (proveniente ad es. da macchinari, pareti, ecc.), che regolano le *condizioni climatiche di un ambiente chiuso o semi chiuso* (ad es., un luogo di lavoro).

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



Nozioni di TERMOFISIOLOGIA

L'uomo è un "omeotermo", cioè è incapace di adattarsi alle condizioni ambientali, avendo necessità di mantenere costante la temperatura interna del corpo.

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



Nozioni di TERMOFISIOLOGIA

- **“core” o nucleo interno:** T. dei sistemi vitali (sist. nervoso, app. cardiocirc., app. gastroenterico), caratterizzata da un range di variazione molto ristretto ($36.7 \pm 0,2^\circ \text{C}$).
- **“shell” o involucri:** T. della cute e dei tessuti sottocutanei, con un range di variazione molto ampio ($10-40^\circ \text{C}$ circa).

Questi limiti rappresentano valori di temperatura che superati, possono comportare **gravi rischi per l'organismo**.

Per mantenere costante la temperatura interna è necessario che il calore, prodotto o incamerato dall'organismo, possa essere dissipato nell'ambiente.

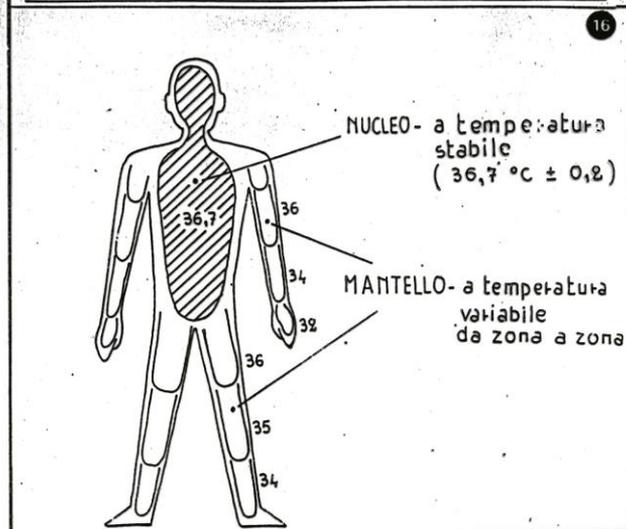
Ciò significa che l'organismo umano deve essere dotato di **meccanismi di difesa** sia per contrastare le condizioni ambientali caratterizzate da **alte temperature**, che quelle caratterizzate da **basse temperature**.

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



Nozioni di TERMOFISIOLOGIA

LA VARIABILITA' DELLA TEMPERATURA SUPERFICIALE
GARANTISCE LA COSTANZA DI QUELLA DEL NUCLEO.

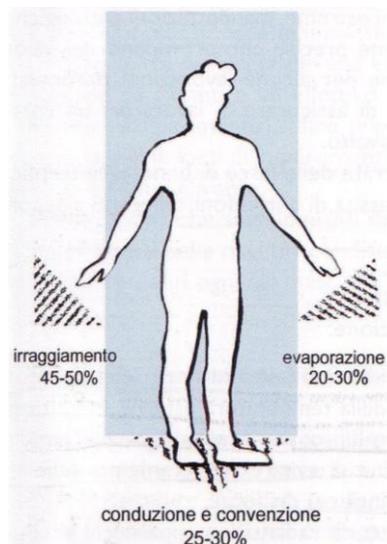


Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



Meccanismi fisiologici di termodispersione

- **CONDUZIONE(25-30%).** Il corpo umano cede calore a tutto ciò con cui è a contatto fino a 30-32° C di T. amb., oltre i quali si ha un riscaldamento della cute.
- **CONVEZIONE(20-25%).** Meccanismo di scambio termico che si realizza quando l'aria, a contatto con un elemento più caldo, si riscalda, diventa più leggera e tende a salire, lasciando il posto ad aria più fresca.

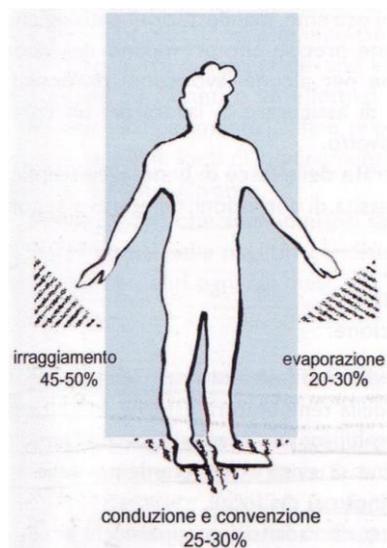


Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



Meccanismi fisiologici di termodispersione

- **IRRAGGIAMENTO (45-50%).** Il corpo umano emette onde elettromagnetiche trasferendo energia termica verso corpi più freddi. In presenza di forti fonti di calore (caldaie, forni di fonderia) il corpo può surriscaldarsi.
- **EVAPORAZIONE (20-30%).** Interviene quando la T. amb. arriva a 35° C, cioè quando cessa la termodispersione attraverso i primi due meccanismi. Esistono tre modalità fisiologiche: l'espirazione (quando l'aria inspirata ha una T inferiore a quella corporea), la perspiratio insensibilis (in riposo ed a T bassa) e la sudorazione (lavoro muscolare in ambiente caldo).



Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



Il bilancio termico

Lo studio del **bilancio termico (BT)** è indispensabile sia per comprendere le reazioni fisiologiche dell'organismo alle diverse condizioni ambientali di un luogo confinato, sia per individuare le misure preventive e protettive per l'uomo.

Quando $BT = 0$ si ha la condizione ideale per favorire l'omeotermia (benessere termico).

Quando $BT > 0$ la temperatura corporea aumenta (disagio).

Quando $BT < 0$ la temperatura corporea diminuisce (disagio).

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



L'equazione di bilancio termico

$$BT = M \pm C \pm R - E$$

dove:

M = calore metabolico prodotto dall'organismo. Può essere distinto nelle due componenti: metabolismo basale e dispendio energetico associato alla specifica attività lavorativa;

C = quantità di calore scambiata per convezione;

R = quantità di calore scambiata per irraggiamento;

E = quantità di calore dissipata attraverso l'evaporazione del sudore.

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



Comfort, disagio e stress termico

Quando il bilancio termico viene mantenuto con un minimo sforzo da parte dei sistemi di termoregolazione, le condizioni microclimatiche possono essere definite di benessere ed il **comfort termico** che ne deriva, viene definito come lo ***"stato di benessere psicofisico dell'individuo per l'ambiente in cui vive ed opera"*** (definizione A.S.H.R.A.E., American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers).

Per contro, il **disagio termico** indica l'insoddisfazione (***senso di caldo o di freddo***) da parte dell'individuo e sarà ***tanto maggiore quanto più sono impegnati i meccanismi di termoregolazione.***

Si parla di **stress termico** quando l'organismo ***non riesce più a mantenere costante la temperatura interna***, potendo sfociare verso uno stato di vera e propria malattia (colpo di calore, congelamento, assideramento).

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



Fattori microclimatici da valutare

1. Fattori fisici ambientali:

- temperatura dell'aria
- velocità dell'aria (ventilazione)
- temperatura media radiante
- umidità relativa

2. Fattori soggettivi strettamente legati all'individuo:

- attività fisica svolta
- abbigliamento
- età e sesso
- struttura fisica individuale
- condizioni di salute

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



Fattori fisici ambientali

- **Temperatura dell'aria (°C).** E' il fattore più importante nella determinazione del benessere termico. In generale, si considerano **adeguati per l'uomo valori di temperatura in inverno intorno ai 20 °C ed in estate dai 3 agli 8 °C in meno della T esterna**, in funzione del tempo di permanenza nel locale.
- **Velocità dell'aria (m/s).** Il movimento dell'aria **produce effetti termici anche senza variazione della temperatura dell'aria e può favorire la dissipazione del calore attraverso la superficie dell'epidermide**. Tutti gli ambienti sono soggetti a movimenti anche impercettibili dell'aria. **La velocità minima è di 0,075 m/s ma si inizia a percepire il movimento dell'aria a 0,3 m/s.** Nella **stagione fredda, all'interno** di un locale riscaldato **la velocità dell'aria non dovrebbe superare i 0.25 m/s.** La ventilazione influisce sulla qualità dell'aria interna e, quindi, sulla salute degli occupanti.

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



Fattori fisici ambientali

- **Temperatura media radiante(°C).** E' la media pesata delle temperature delle superfici che delimitano l'ambiente, incluso l'effetto dell'irraggiamento solare incidente. **Assieme alla temperatura dell'aria, la TMR è il fattore che influenza maggiormente la sensazione di calore** perché la radiazione che cade sulla cute ne attiva gli stessi organi sensori. **È considerata una condizione confortevole quella corrispondente ad una TMR di 2 °C più alta della T dell'aria.**
- **Umidità relativa (%).** E' il rapporto fra la quantità di acqua contenuta in un Kg d'aria secca ad una certa temperatura e la quantità massima di acqua che potrebbe essere contenuta alla stessa temperatura dallo stesso kg d'aria.
- **L'umidità atmosferica**, se non è estremamente alta o bassa, **ha un effetto lieve sulla sensazione di benessere. Un aumento del 10% dell'umidità relativa ha lo stesso effetto di un aumento della T dell'aria di 0,3 °C.**

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



Valori microclimatici

Per persone che svolgono attività sedentaria i valori ottimali dei parametri microclimatici sono:

in estate	Temperatura tra 23 e 27 °C
	Velocità dell'aria ≤ 0.25 m/sec
	Umidità relativa tra 40 e 60%
in inverno	Temperatura tra 19 e 24 °C
	Velocità dell'aria ≤ 0.15 m/sec
	Umidità relativa tra 40 e 60%

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



Fattori soggettivi della sensazione termica

Oltre che dai quattro parametri fisici già menzionati, la **sensazione termica di un individuo in un ambiente confinato** dipende da una serie di fattori che si possono definire soggettivi, in quanto diversi per ogni individuo:

- **attività fisica svolta (metabolismo);**
- **abbigliamento (resistenza termica);**
- **età e sesso;**
- **struttura fisica individuale;**
- **condizioni di salute.**

In particolare, **l'attività fisica e l'abbigliamento sono due parametri fondamentali** per l'utilizzo degli indici di valutazione del microclima e vengono calcolati utilizzando unità di misura diverse.

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



Attività fisica svolta

Il tasso di **metabolismo** è l'energia liberata per unità di tempo dalla trasformazione degli alimenti.

La quantità di calore prodotto da un individuo a riposo è i 1300-1700 Kcal/giorno (metabolismo basale).

Nel corso di qualsiasi attività fisica si ha un aumento della produzione di calore proporzionale al tipo di attività svolta.

PRODUZIONE CALORICA	TIPOLOGIA DEL LAVORO
circa 60 Kcal/h	condizioni di riposo
fino a 150 Kcal/h	lavoro moderato
fino a 300 Kcal/h	lavoro medio
Oltre 300 Kcal/h	lavoro pesante

Classificazione del lavoro fisico in base al dispendio energetico in fasce di gravosità per uomo medio di 70 Kg.

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



Attività fisica svolta

“MET” **Metabolic Equivalent of Task** o **unità metabolica standard**, è un'unità che stima la quantità di energia utilizzata dall'organismo durante l'attività fisica, rispetto al metabolismo a riposo (1 MET = 50 Kcal/ora) ovvero esprime la potenza totale media erogata da un individuo durante una attività lavorativa divisa per la superficie corporea dell'individuo (1 MET = 58.15 W/m²).

ATTIVITA'	MET	W/m ²	Kcal/h
Sdraiato, a riposo	0.8	47	73
Seduto, a riposo	1	58	90
Attività sedentaria (ufficio, abitazione, laboratorio, scuola)	1.2	70	108
In piedi, a riposo	1.2	70	108
Attività leggera, in piedi (laboratorio, industria leggera)	1.6	93	145
Attività media, in piedi (vendita, lavoro domestico, lavoro su macchinari)	2	117	182
Attività pesante (lavoro pesante su macchinari, garage)	3	175	271

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



Abbigliamento

Il vestiario influisce sulle perdite di calore per evaporazione, sugli scambi di calore per conduzione e irraggiamento, determina un isolamento termico delle persone e ***il cambio del vestiario rappresenta il più efficace sistema cosciente di controllo sulle dispersioni termiche.***

L'isolamento termico del vestiario è espresso in "Clo" (clothing, 1 Clo = gradiente termico di 0.18 °C su un'area di 1 m² attraversata da un flusso termico di 1 Kcal/h).

nudità	0 CLO
calzoncini	0,1 CLO
vestiti leggeri estivi	0,5 CLO
insieme di capi leggeri	0,7 CLO
completo invernale	1 – 1,5 CLO

Impedenza termica di alcuni tipi di abbigliamento.

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



Temperatura secca dell'aria

La temperatura secca dell'aria è misurata da un termometro la cui parte sensibile sia secca e protetta contro il minimo assorbimento di calore radiante.

Ciò è ottenibile quando la parte sensibile del termometro è sistemata lungo l'asse di un contenitore tubulare e collegata ad esso da fili sottilissimi ed a bassissima conducibilità termica. Deve essere inoltre assicurata, all'interno del contenitore, una ventilazione assiale di almeno 3 metri/secondo onde assicurare un buon scambio per convezione.

Sono disponibili diversi tipi di sensori:

- ***termometri a dilatazione di liquidi (mercurio, alcool, ecc.);***
- ***termometri a dilatazione di solidi;***
- ***termometri a resistenza elettrica;***
- ***le termocoppie;***
- ***i termistori.***

In pratica una buona misura può essere ottenuta con il termometro secco di uno psicrometro, quale quello aspirante di Assmann.

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



Il calore radiante

Per misurare il **calore radiante** lo strumento più largamente usato è il **globo-termometro nero di Vernon**, costituito da una sfera metallica (normalmente di rame) cava, con pareti poco spesse (0,1-0,2 mm) ed annerite con vernice opaca, del diametro di 15 cm al cui centro è posto il bulbo di un termometro a mercurio od altri elementi termosensibili quali termistori o termocoppie.

La superficie metallica, riscaldata per irraggiamento, trasmette all'aria contenuta all'interno della sfera una quantità di calore proporzionale all'irraggiamento termico, alla temperatura e alla velocità dell'aria nell'ambiente.



Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



L'umidità dell'aria

La misura più pertinente **dell'umidità dell'aria** è quella della pressione parziale di vapore d'acqua, espressa di norma, in millibar.

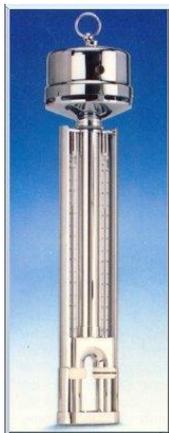
Quest'ultimo parametro non è misurabile direttamente, ma solo attraverso la determinazione contemporanea di due parametri, come la temperatura secca e la temperatura umida.



Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



L'umidità dell'aria



La misura della temperatura secca ed umida contemporaneamente viene eseguita comunemente con gli **psicrometri**, costituiti da due termometri a mercurio identici di cui uno ha il bulbo ricoperto da una mussola di cotone mantenuta umida con acqua distillata; entrambi i bulbi inoltre devono essere protetti dall'irraggiamento per mezzo di schermi lucidi e a doppie pareti ed esposti ad una corrente d'aria di velocità superiore a 3 m/sec per assicurare un veloce raggiungimento dell'equilibrio termico.

Quando l'aria viene fatta passare sopra i termometri, quello a bulbo secco si equilibra rapidamente con la temperatura ambiente mentre quello a bulbo umido, per effetto dell'evaporazione, si raffredda scendendo fino ad una temperatura di equilibrio. Incrociando i valori delle due temperature sulla tabella psicrometrica si ottengono sia l'umidità relativa che la pressione parziale di vapore saturo.

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



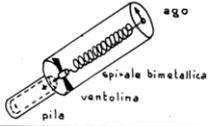
L'anemometro a filo caldo

L'**anemometro a filo caldo** rappresenta il miglior strumento di misura per **velocità dell'aria inferiori a 1 m/s**, anche perché il suo principio di funzionamento rispecchia il trasporto di calore che si verifica nell'uomo.

Il principio del suo funzionamento è che la resistenza di un filo percorso da corrente varia con la temperatura. Quando il filo è in qualche modo raffreddato, la sua resistenza varia e questo cambiamento può essere misurato elettricamente.

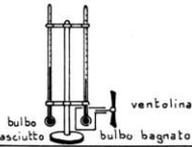
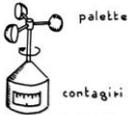
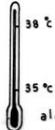
Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni

Strumenti per le rilevazioni microclimatiche

STRUMENTI PER LE RILEVAZIONI MICROCLIMATICHE 25		
	<u>TEMPERATURA ARIA</u> Termometro a mercurio (o ad alcool, toluene, etc)	Sfrutta la dilatazione del liquido per effetto del calore.
	Termometro a termocoppia	Sfrutta la diversa dilatazione dei due metalli per effetto del calore.
	<u>TEMPERATURA RADIANTE</u> Globotermometro di Vernon	La sfera raccoglie tutta l'energia radiante dell'ambiente e la trasmette al termometro che pesca nell'interno.

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni

Strumenti per le rilevazioni microclimatiche

	<u>UMIDITA' ARIA</u> Psicrometro	Dalla differenza di temperatura del termometro a bulbo asciutto e di quello a bulbo bagnato si determina l'umidità dell'aria.
	<u>VELOCITA' ARIA</u> Anemometro a palette	Dal numero di giri compiuto dalle palette si risale alla velocità dell'aria.
	Catetermometro di Hill	Dal tempo che l'alcool impiega a scendere da 38 °C a 35 °C si risale alla velocità dell'aria ed al fattore H.

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



La centralina microclimatica

Per agevolare la misurazione del microclima si usa un apparecchio, chiamato **centralina microclimatica**, composto dagli strumenti di misura relativi ad ogni singolo parametro e precisamente da:

- **un termometro a bulbo asciutto per la temperatura secca;**
- **un termometro a bulbo bagnato e asciutto per l'umidità;**
- **un globotermometro per il calore radiante;**
- **un anemometro per la ventilazione.**



Tutti questi strumenti sono collegati ad una centralina che rileva i dati e fornisce i risultati richiesti, che è possibile scaricare ed elaborare su pc.

Alla fine si ottiene un rapporto di misura del microclima attraverso l'elaborazione statistica di tutti i parametri ad esso relativi.

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



Gli indici di valutazione

Esistono degli indici di valutazione del microclima che possono essere suddivisi in due grandi gruppi:

- **criteri per "ambienti moderati", per i quali si esprime una valutazione del confort termico;**
- **criteri per "ambienti caldi o ambienti freddi", per i quali si valuta lo stress termico.**

Si parla di stress termico quando l'organismo non riesce più a mantenere costante la T interna potendo sfociare verso uno stato di vera e propria malattia.

Parleremo quindi di rischio da microclima solo nel secondo caso e di disagio da microclima nelle altre situazioni.

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



Gli ambienti moderati

Appartengono a questo gruppo tutte quelle situazioni in cui **il sistema di termoregolazione interviene raramente** non solo per effetto delle condizioni microclimatiche dell'ambiente, ma anche per effetto dell'attività svolta.

Ad essi si possono applicare **indici di valutazione basati su criteri statistici, non essendo possibile utilizzare dati di tipo obiettivo**, tra cui vengono maggiormente utilizzati quelli del "voto medio previsto" e della "percentuale prevista di insoddisfatti".

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



Gli indici di Fanger

La "**soddisfazione termica**", definita con il parametro denominato **PMV (predicted mean vote)**, si manifesta quando, in condizioni ambientali stazionarie, un individuo si trova in **condizioni di equilibrio termico**.

Il valore di **PMV è compreso tra -3 e +3**. Ad esso viene associato un parametro, denominato **PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied)**, che indica quale è la **percentuale prevedibile di soggetti che manifesterebbe un disagio termico nell'ambiente in esame**, assegnando un giudizio minore di -2 (ambiente troppo freddo), o maggiore di +2 (ambiente troppo caldo).

Questi due indici sono noti come **indici di Fanger**.

Attualmente, sono tra i più utilizzati per la determinazione di un ambiente accettabile per lavori sedentari; essi **consentono di valutare le condizioni microclimatiche di un ambiente di lavoro in funzione del giudizio** (caldo, freddo, confortevole) **espresso dai soggetti in esame e del loro eventuale disagio termico**.

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



Gli indici di Fanger - i soggetti insoddisfatti

Viene definito **“soggetto insoddisfatto”** quello che nell’ambiente in esame si dichiarerebbe decisamente insoddisfatto, ossia voterebbe **-3, -2 oppure +2, +3**.

La correlazione tra i due indici è stata elaborata sulla base di **ricerche sperimentali** che hanno coinvolto complessivamente circa 1300 soggetti indossanti abiti leggeri ed esposti per tre ore consecutive negli ambienti climatizzati in prova.

Come si evidenzia nella tabella successiva, **il PMV e il PPD sono strettamente correlati** e si osserva che anche a valori di $PMV = 0$, ovvero in condizioni microclimatiche teoricamente ottimali, esiste una percentuale del 5% di insoddisfatti.

Un ambiente viene comunque definito accettabile per valori di $PMV \pm 0,5$ e PPD minore del 10%, mentre le condizioni microclimatiche sono accettabili se la percentuale degli insoddisfatti non supera il 20%.

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



Gli indici di Fanger: PMV e PPD

PMV	PPD		
	sensazione di freddo	sensazione di caldo	totale insoddisfatti
-2,0	76,4 %	--	76,4 %
-1,0	26,8 %	--	26,8 %
-0,5	9,9 %	0,4 %	10,3 %
-0,1	3,4 %	1,8 %	5,2 %
0	2,5 %	2,5 %	5,0 %
0,1	1,8 %	3,4 %	5,2 %
0,5	0,4 %	9,8 %	10,2 %
1,0	--	26,4 %	26,4 %
2,0	--	75,7 %	75,7 %

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



Gli AMBIENTI CALDI

Appartengono a questo gruppo tutte quelle **situazioni in cui al sistema di termoregolazione è affidato il mantenimento dell'equilibrio termico dell'individuo.**

È nozione comune correlare lo **"stress termico"** con l'**innalzamento di un grado centigrado della temperatura corporea interna**, dovuto all'insufficiente cessione di calore all'ambiente esterno.

Negli ambienti caldi assume **particolare importanza l'umidità relativa**, in quanto **l'organismo umano elimina calore quasi esclusivamente attraverso l'evaporazione del sudore, la quale è inversamente proporzionale alla quantità di vapore d'acqua presente nell'ambiente.**

È bene ricordare che **soltanto il sudore che può evaporare contribuisce alla dispersione del calore**, mentre quello che rimane sulla superficie della pelle contribuisce solo ad accrescere il disagio.

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



Gli indici per gli ambienti caldi

Molti sono gli indici proposti per **valutare lo stress termico** ed in particolare per individuare la **soglia di allarme**, definita come quelle condizioni in cui un soggetto sano ed acclimatato non è esposto a rischio per la propria salute, e la **soglia di pericolo**, che corrisponde a condizioni termiche nelle quali è tutelata la maggioranza degli esposti, senza escludere che una parte di essi ne risulti danneggiata. La soglia di pericolo è definita da quelle condizioni che inducono un aumento teorico di 1° C della temperatura degli organi profondi (nucleo corporeo).

L'indice **WBGT (Wet-Bulb Globe Temperature)** è l'indice più semplice disponibile per valutare le **condizioni di stress termico** in quanto è ottenibile da una funzione lineare di due o tre misure:

- **la temperatura a bulbo secco (T_a);**
- **la temperatura a bulbo umido (T_u);**
- **la misura del calore radiante (T_g).**

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



L'indice HSI

L'indice *HSI (Heat Stress Index, indice di stress da calore)*, sviluppato negli anni 50 da Belding e Hatch, fornisce un valore percentuale del rapporto tra la *quantità di calore che deve essere smaltita dal metabolismo* (Ereq) e la *perdita massima di calore permessa al soggetto dall'evaporazione* (E_{max}).

Quando il valore di *HSI supera 100, l'esposizione dovrà essere limitata.*

Si presuppone che *la pelle si mantenga ad una temperatura costante media di 35 °C*, indipendentemente dall'ambiente e dal vestiario e che *la pressione di vapore sia 42 mm Hg.*

Il problema maggiore dell'HSI è costituito dal presupposto di una pressione di vapore costante a livello della pelle, per cui, in presenza di alta umidità, si rischia sempre una sottostima della E_{max}, anche se a vantaggio dei lavoratori esposti.

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



GLI AMBIENTI FREDDI

Sono caratterizzati da *condizioni microclimatiche che causano un rapido raffreddamento del corpo ed inducono un notevole intervento del sistema di regolazione della temperatura* che si traduce in una *riduzione del flusso sanguigno nelle parti periferiche del corpo (vasocostrizione) e nell'aumento di attività metabolica involontaria (brividi).*

Non esistono, allo stato attuale, studi sufficientemente ampi ed attendibili che possono costituire una base per norme tecniche di facile applicazione.

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni

Le patologie da calore



→ **CRAMPI DA CALORE**

Spasmi muscolari che interessano più frequentemente i muscoli più sollecitati allo sforzo in ambienti caldo-umidi.
Sudorazione
Alterazione equilibrio idrosalino
Affaticamento fibre muscolari.

→ **ERITEMA DA CALORE**

Ostruzione ghiandole sudoripare

→ **EDEMA DA CALORE**

Alterazioni vasomotorie
Squilibri idro-salini
Alterazioni neuroendocrine

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni

Le patologie da calore



→ **SINCOPE DA CALORE**

Improvvisa perdita di coscienza di breve durata per:

- Intensa vasodilatazione cutanea
- Marcata disidratazione
- Riduzione della portata cardiaca

→ **ESAURIMENTO DA CALORE**

Stato di prostrazione profonda con ipotonia muscolare, apatia, sopore psichico, ipotensione, tachicardia, disidratazione cutanea e, nei casi più gravi, si possono avere allucinazioni psicomotorie, stupore o coma.

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



Le patologie da calore

→ COLPO DI CALORE

→ COLPO DI SOLE

Sindrome caratterizzata da turbe di coscienza (sino al coma), aumento della TC ($TC > 40^{\circ} C$), assenza di sudorazione per esaurimento funzionale delle ghiandole sudoripare o per severa alterazione dei centri termoregolatori in seguito a notevole dispendio energetico in ambienti caldo-umidi. Si ha compromissione renale, epatica e cardiaca.

→ COLPO DI SOLE

Sindrome conseguente all'esposizione diretta, soprattutto del capo, ai raggi solari.

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



Le patologie da freddo

Interessano soprattutto i **lavoratori del freddo** (industria conserviera di surgelati, lavori in celle frigorifere) o i **lavoratori in condizioni climatiche esasperate** (es. alta montagna in inverno).

EFFETTI LOCALI

EFFETTI SISTEMICI

⇒ Congelamento delle estremità (geloni) per formazione di microcristalli, vasocostrizione.

⇒ Assideramento (T rettale $<$ di $32^{\circ} C$, pallore, cute fredda, \uparrow FC, \downarrow polso, torpore psichico \rightarrow perdita di coscienza, bradicardia, bradipnea, aritmie ed arresto cardio-respiratorio).

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



Riferimenti normativi

Art. 2087 cod.civ.	Obbligo per il datore di lavoro di "adottare le misure che, secondo la particolarità del lavoro, l'esperienza e la tecnica sono necessarie a tutelare l'integrità fisica e la personalità morale dei lavoratori"
Art. 10 Legge 864/70	Nei locali utilizzati dai lavoratori deve essere mantenuta la temperatura più confortevole e più stabile possibile in relazione alle circostanze
Allegato I, punto 7.1 direttiva CEE 89/654	La temperatura dei locali di lavoro deve essere adeguata all'organismo umano durante il tempo di lavoro tenuto conto dei metodi di lavoro applicati e degli sforzi fisici imposti ai lavoratori
Allegato, punto 16.6.1 direttiva CEE 92/104	Nei luoghi di lavoro chiusi occorre provvedere affinché in relazione ai metodi di lavoro in uso ed all'entità delle sollecitazioni fisiche a carico dei lavoratori, questi ultimi dispongano di sufficiente aria fresca
Art.7 comma 1 DPR 303/56 modificato dal D.Lgs 626/94	A meno che non sia richiesto diversamente dalle necessità della lavorazione, è vietato adibire a lavori continuativi i locali chiusi che non abbiano le segue-caratteristiche: <ul style="list-style-type: none"> * buona difesa contro gli agenti atmosferici * isolamento termico sufficiente * aperture sufficienti per un rapido ricambio d'aria ben asciutti e ben difesi contro l'umidità
Art. 9 DPR 303/56 modificato dal D.Lgs 626/94	Nei luoghi di lavoro chiusi i lavoratori devono disporre di aria salubre in quantità sufficiente, l'eventuale impianto di aerazione deve essere sempre mantenuto efficiente e si devono evitare correnti d'aria fastidiose
Art 11 DPR 303/56 modificato dal D.Lgs 626/94	Quando non è conveniente modificare la temperatura di tutto l'ambiente, si deve provvedere alla difesa dei lavoratori contro le temperature troppo alte o troppo basse mediante misure tecniche localizzate o mezzi di protezione individuali

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



La prevenzione

Prevenzione tecnica: ventilazione artificiale (essenziale per la sudorazione); isolare fonti di calore in ambienti confinati; impianti di aspirazione forzata per gas e aria; climatizzazione.

Prevenzione individuale: schermi riflettenti/assorbenti, indumenti di protezione individuale.

Prevenzione medica:

- 1) Selezione (visita pre-assuntiva); visita periodica.
- 2) Acclimatazione.
- 3) Recupero (pause intervallari durante il lavoro).
- 4) Igiene alimentare (alimenti digeribili, reintegro idro-salino).

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



La prevenzione

Misure preventive per il controllo del microclima negli ambienti di lavoro.

- garantire un buon isolamento termico dell'ambiente;
- predisporre un adeguato impianto di condizionamento dell'ambiente;
- ridurre il numero e la durata delle esposizioni con una opportuna organizzazione dei turni, con l'inserimento di pause e con la rotazione di più lavoratori nello stesso compito;
- fornire i DPI adeguati;
- evitare gli eccessi di superfici vetrate che, in estate, aumentano notevolmente il colore da irraggiamento solare;
- predisporre una regolazione termostatica dell'impianto di riscaldamento;
- controllare gli altri parametri che influiscono sulla temperatura effettiva corrente: umidità relativa e velocità dell'aria;
- evitare un'eccessiva concentrazione di macchinari che producono calore in un unico ambiente a causa del calore disperso dagli stessi.

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



L'illuminazione dei luoghi di lavoro



Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



La luce

La luce, a prescindere dalle interpretazioni ondulatoria o quantistica sulla sua effettiva natura, è energia radiante che si propaga nello spazio con andamento a carattere essenzialmente periodico E può essere definita come quella *parte della radiazione elettromagnetica a cui l'occhio è sensibile e che determina la sensazione della visione.*

La luce è costituita da *radiazioni elettromagnetiche di lunghezza d'onda convenzionalmente compresa tra 380 e 780 nanometri (nm).*

A seconda della diversa lunghezza d'onda si hanno le varie *sensazioni cromatiche* che vanno dal *violetto (400 nm)* al *rosso (700nm)*, passando per il *blu-verde (500nm)* ed il *giallo-arancio (600nm).*

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



La luce

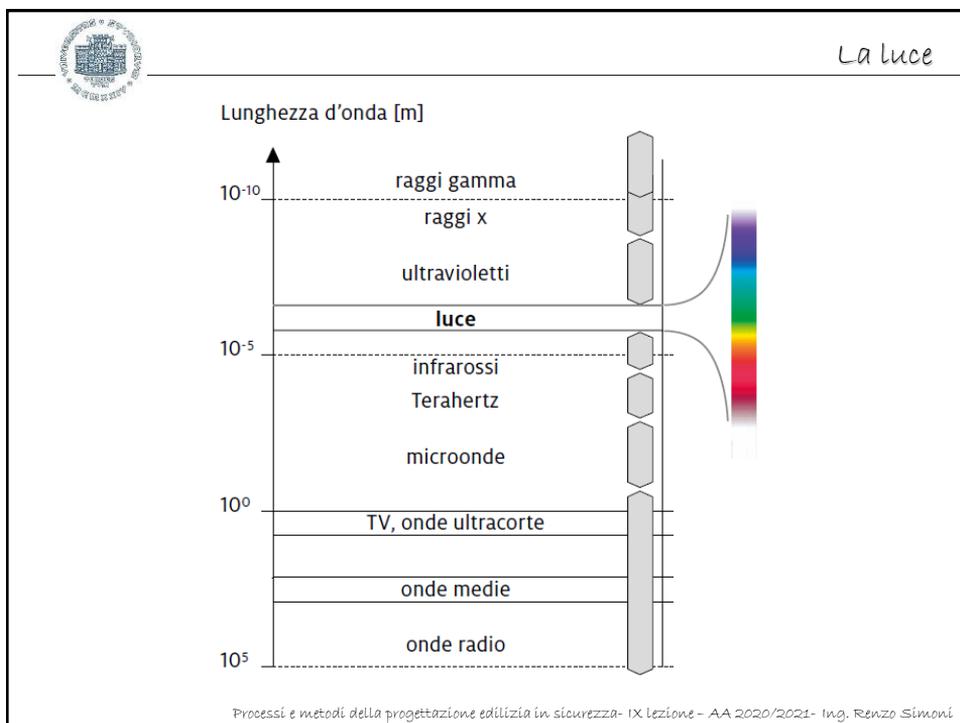
Tutte le radiazioni elettromagnetiche, compresa quindi la luce, si trasmettono con una traiettoria rettilinea alla medesima velocità che nel vuoto si avvicina ai 300.000 km/s.

Come tutti i moti ondulatori le onde elettromagnetiche sono caratterizzate dalle seguenti grandezze: la lunghezza d'onda, la frequenza e l'ampiezza. La *lunghezza d'onda*, che indicheremo con la lettera λ , è la distanza fra i picchi massimi di due onde successive. La *frequenza (f)* è il numero di periodi in un secondo. L'*ampiezza* corrisponde al massimo valore che l'onda assume nel suo moto oscillatorio.

Lunghezza d'onda λ e frequenza f sono legate dalla relazione:

$\lambda \times f = v = \text{velocità di propagazione nel vuoto e nell'aria secca} = \text{circa } 300.000 \text{ km/s}$

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



L'illuminazione

Unitamente ad altri fattori ambientali che condizionano lo stato di benessere, l'illuminazione assume nel campo del lavoro una estrema importanza, in quanto un suo razionale impiego non solo **favorisce l'incremento della produttività** e **contribuisce attivamente alla prevenzione infortuni**, ma **agisce positivamente sullo stato di benessere individuale e sulla componente psichica**.

La corretta illuminazione dei locali e dei posti di lavoro è necessaria per consentire, in modo agevole, lo svolgimento delle mansioni in tutte le stagioni e in tutte le ore del giorno.

L'illuminazione deve essere sempre **adeguata qualitativamente e quantitativamente al tipo di operazione eseguita**.

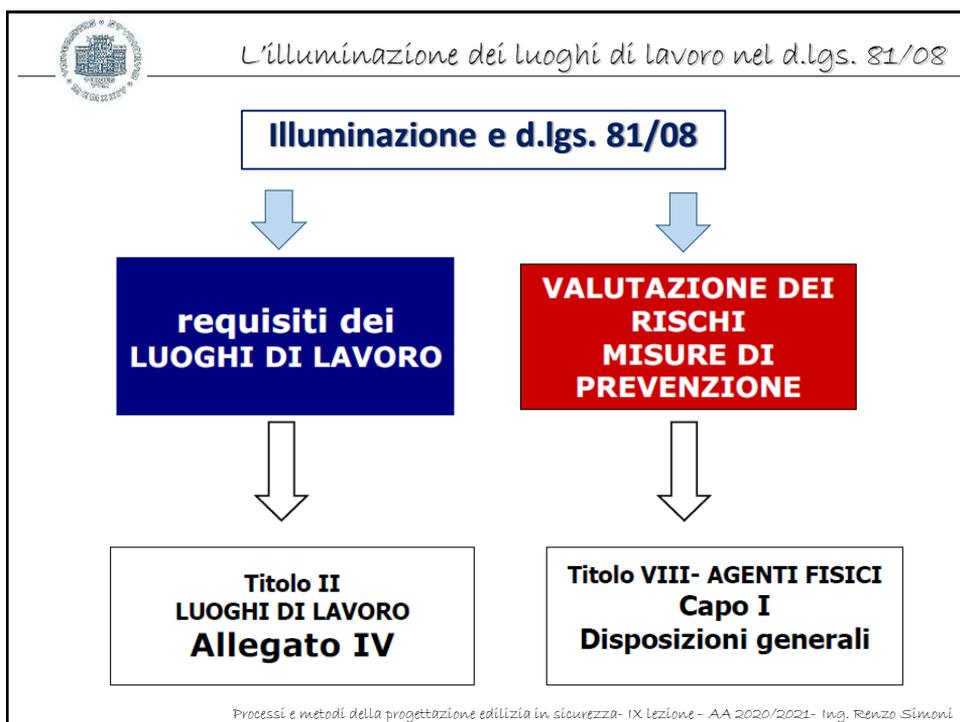
Una sufficiente illuminazione di un **ambiente di lavoro confinato** richiede una **quota minima di luce diretta**; negli ambienti di lavoro **l'intensità di illuminazione varia in rapporto al tipo di lavoro** che viene svolto e comunque **mai inferiore ad almeno 40 lux sul piano orizzontale**.

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni

L'illuminazione

La **sensibilità massima dell'occhio umano** si situa intorno a **500 - 550 nm** e può variare, anche se di poco, in rapporto alla intensità della radiazione luminosa.

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



**Titolo II, Allegato IV – Requisiti Luoghi di Lavoro****1.10. Illuminazione naturale ed artificiale dei luoghi di lavoro**

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 consentano un'illuminazione artificiale adeguata per salvaguardare la sicurezza, la salute e il benessere di lavoratori.

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



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 rappresenti 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.

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



illuminazione naturale e artificiale dei luoghi di lavoro

- 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 al punto 1.10.5, si devono adottare adeguate misure dirette ad eliminare i rischi derivanti dalla mancanza e dalla insufficienza della illuminazione

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



illuminazione naturale e artificiale dei luoghi di lavoro

1.10.7. 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.
- 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 esplodenti 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. Se detti mezzi non sono costruiti in modo da entrare automaticamente in funzione, i dispositivi di accensione devono essere a facile portata di mano e le istruzioni sull'uso dei mezzi stessi devono essere rese manifeste al personale mediante appositi avvisi.

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



illuminazione naturale e artificiale dei luoghi di lavoro

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.

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



Le definizioni dell'art. 2 del d.lgs. 81/08

- u) **norma tecnica**: specifica tecnica, approvata e pubblicata da un'organizzazione internazionale, da un organismo europeo o da un organismo nazionale di normalizzazione, la cui osservanza non sia obbligatoria;
- v) **buone prassi**: soluzioni organizzative o procedurali coerenti con la normativa vigente e con le norme di buona tecnica, adottate volontariamente e finalizzate a promuovere la salute e sicurezza sui luoghi di lavoro attraverso la riduzione dei rischi e il miglioramento delle condizioni di lavoro, elaborate e raccolte dalle regioni, dall'Istituto superiore per la prevenzione e la sicurezza del lavoro (ISPESL), dall'Istituto nazionale per l'assicurazione contro gli infortuni sul lavoro (INAIL) e dagli organismi paritetici di cui all'articolo 51, validate dalla Commissione consultiva permanente di cui all'articolo 6, previa istruttoria tecnica dell'ISPESL, che provvede a assicurarne la più ampia diffusione;
- z) **linee guida**: atti di indirizzo e coordinamento per l'applicazione della normativa in materia di salute e sicurezza predisposti dai Ministeri, dalle regioni, dall'ISPESL e dall'INAIL e approvati in sede di Conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato, le regioni e le province autonome di Trento e di Bolzano;

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



Le normative tecniche

Illuminotecnica. Illuminazione di interni con luce artificiale. UNI

10380: 1994 (sostituita dalla norma UNI EN 12464-1)

Valutazione dell'abbagliamento molesto con il metodo UGR, UNI EN

11665:2005

Sicurezza del macchinario - Illuminazione integrata alle macchine, UNI

EN 1837: 2009

Luce e illuminazione - Illuminazione di luoghi di lavoro in interni, UNI

EN 12464-1: 2011

Luce e illuminazione - Illuminazione di luoghi di lavoro in esterni, UNI

EN 12464-2: 2014

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



Illuminazione - grandezze fotometriche

FLUSSO LUMINOSO

- Potenza luminosa emessa da una sorgente.
- Quantità di luce emessa da una sorgente nell'unità di tempo.

Unità di misura lumen (lm)



Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni

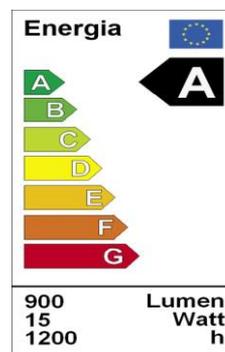


illuminazione - grandezze fotometriche

EFFICIENZA LUMINOSA

- esprime il rendimento di una lampada o di un apparecchio illuminante

$$\text{EFFICIENZA} = \frac{\text{flusso luminoso emesso (lm)}}{\text{potenza elettrica assorbita (W)}}$$



Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni

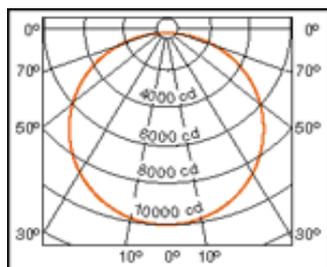


illuminazione - grandezze fotometriche

INTENSITÀ LUMINOSA

- esprime il flusso luminoso di una sorgente in una specifica direzione

Unità di misura candele (CD) (=lumen/steradiante).



Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



illuminazione - grandezze fotometriche

ILLUMINAMENTO

rapporto tra il flusso luminoso irradiato e la superficie illuminata. Esprime quanto agevolmente l'occhio può vedere.

Unità di misura : Lux [lx]

L'illuminamento prodotto da un flusso luminoso di 1 lm che cade in modo uniforme su una superficie di 1 m² è pari a 1 lx.



L'illuminamento prodotto da una sorgente luminosa diminuisce con il quadrato della distanza.

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni

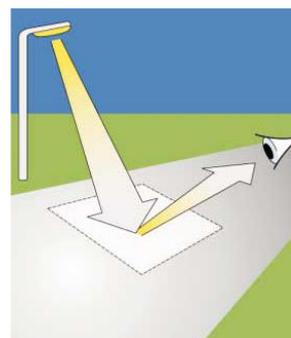
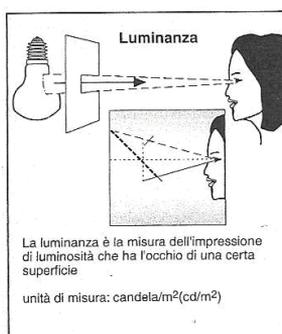


illuminazione - grandezze fotometriche

LUMINANZA

- quantità di luce che una superficie illuminata riflette verso l'occhio dell'osservatore (che sta guardando in quella direzione).

U.d.M.: candele/m²



Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



illuminazione - grandezze fotometriche

Rapporto di luminanza: L_2/L_1

rapporto tra la luminanza L_2 di un oggetto e la luminanza del suo fondo L_1 ; esso è correlato agli effetti di **abbagliamento**.

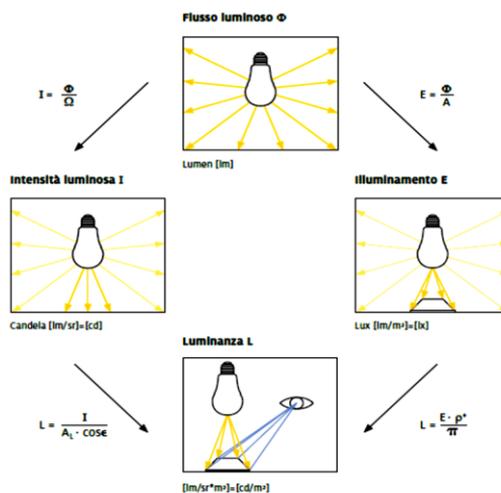
Fattore di contrasto: $(L_2 - L_1) / L_1$

rapporto della differenza di luminanza di un oggetto e del suo fondo e la luminanza del fondo stesso; risulta correlabile al **grado di visibilità degli oggetti**.

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



illuminazione - grandezze fotometriche



Ω = angolo solido in cui viene emesso il flusso luminoso
 A = superficie su cui incide il flusso luminoso
 $A_1 \cdot \cos \theta$ = superficie visibile della sorgente luminosa
 ρ = indice di riflessione della superficie
 π = 3,14
 $*$ = per superfici diffuse

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



TEMPERATURA DI COLORE (COLORE DELLA LUCE)

- indica il colore apparente della luce emessa

Unità di misura : K (Kelvin)

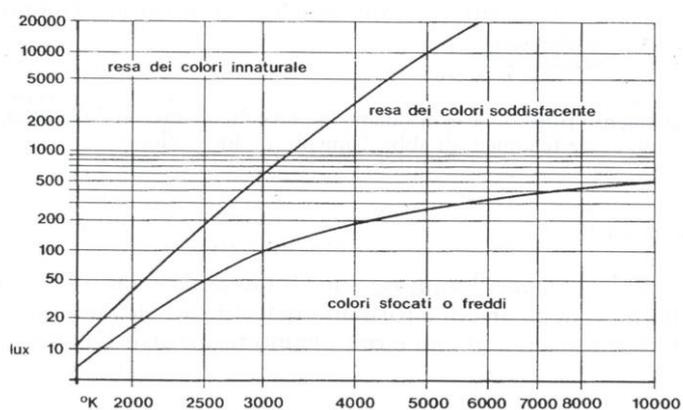
Gruppi di apparenza di colore delle lampade

Apparenza del colore	Temperatura correlata del colore T_{CP} K
Calda	minore di 3 300 K
Intermedia	da 3 300 K a 5 300 K
Fredda	maggiore di 5 300 K

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



Illuminazione - grandezze fotometriche



Temperatura di colore delle lampade in funzione dell'illuminamento richiesto.

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



illuminazione - grandezze fotometriche

INDICE GENERALE DI RESA CROMATICA (Ra)

Indica la capacità di una sorgente luminosa di restituire fedelmente il colore dell'oggetto o della superficie illuminata.

È un numero variabile da 0 a 100.

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni

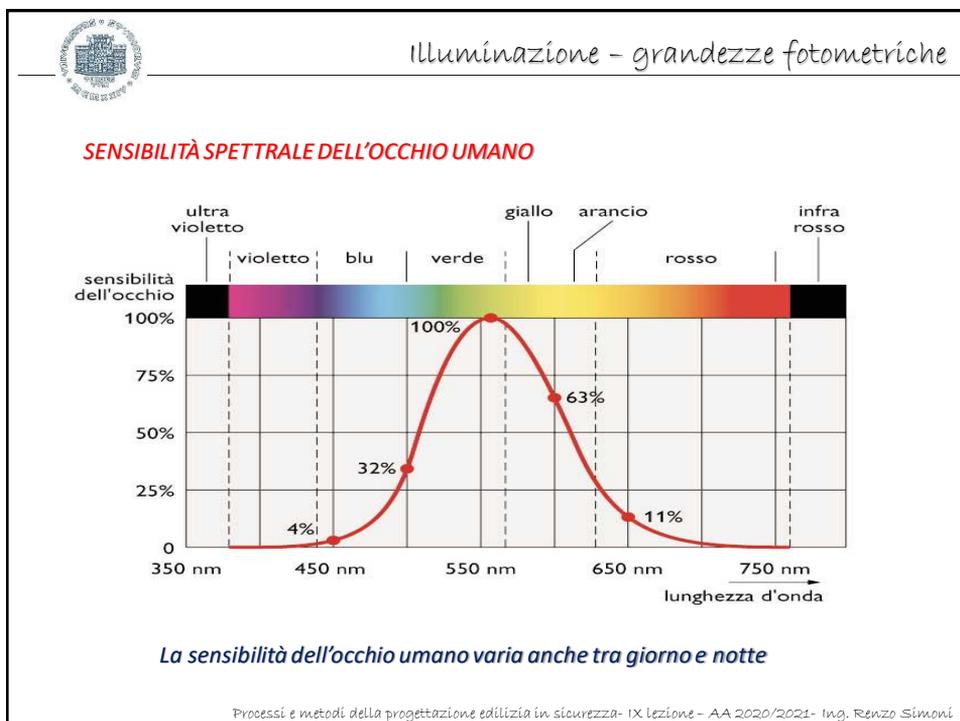


illuminazione - grandezze fotometriche

Indice generale di resa cromatica (Ra):

tipi di sorgente luminosa	Ra	Temp. Colore (K)	Efficienza (lm/W)	Durata media (h)
Incandescenza	100	2700	8÷19	1000
ad alogeni	100	2900÷3200	13÷25	1000÷4000
fluorescente lineare	65÷98	2700÷6300	50÷90	12000
fluorescente compatta	85÷98	2700÷5400	50÷60	5000
L.E.D.	60÷80	3200-5600	~ 40	100.000

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



illuminazione - requisiti luoghi di lavoro

L'illuminazione di un ambiente di lavoro deve garantire:

- Buona visibilità**
- Confort visivo**
- Sicurezza**

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



illuminazione - requisiti luoghi di lavoro

Le caratteristiche dell'ambiente:

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

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



illuminazione - La luce naturale

Nell'illuminazione degli ambienti l'impiego della luce diurna è importante sia per la **qualità della visione** e le caratteristiche di **gradevolezza** ed accettazione da parte degli occupanti, che per ragioni connesse al **risparmio energetico**.

Il contributo della luce naturale nell'illuminazione degli interni va inoltre privilegiato in quanto la presenza nell'involucro di un edificio di aperture verso l'esterno permette di cogliere le **modulazioni del ciclo della luce** a cui sono legate importanti **funzioni fisiologiche** e di mantenere un legame visivo col mondo circostante che è un bisogno psicologico elementare dell'uomo.

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



illuminazione - La luce naturale

La luce diurna è caratterizzata da variazioni nel tempo di quantità, composizione spettrale e direzione ed il suo ingresso negli ambienti confinati dipende :

- *dalla località*
- *dall'orientamento dell'edificio*
- *dell'orientamento e dalle caratteristiche delle chiusure trasparenti*
- *dalla presenza nell'intorno di edifici od altri elementi del paesaggio*

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



illuminazione e abbagliamento

L'**ABBAGLIAMENTO** è la sensazione visiva prodotta da superfici di elevata luminanza all'interno del campo visivo e può essere percepito come *abbagliamento molesto (o diretto) o debilitante (o riflesso)*.

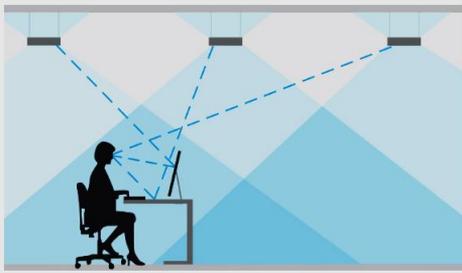
L'abbagliamento molesto è provocato direttamente dalle sorgenti luminose, cioè dagli apparecchi di illuminazione o dalle finestre.

L'abbagliamento debilitante è provocato dalla riflessione della luce su oggetti e superfici che fanno da superficie riflettente (ad es. lo schermo del computer).

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni

 **Illuminazione artificiale - Abbagliamento**

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



Esempi di abbagliamento di riflesso

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni

 **Illuminazione - Luce naturale e abbagliamento**

L'abbagliamento dovuto alla luce naturale dipende essenzialmente da:

- **Luminanza della porzione di cielo inquadrata dalla superficie vetrata**
- **Posizione e dimensione della superficie vetrata**
- **Contrasto di luminanza tra le superfici interne**
- **Presenza di superfici riflettenti esterne o interne**

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



illuminazione - luce naturale e abbagliamento

Per valutare il disturbo causato da superfici luminose estese quali le finestre, è utilizzato l'indice **DGI (Daylight Glare Index)** che può essere calcolato con le modalità indicate nell'Appendice B della **UNI 10840:2000**.

A titolo indicativo, si riporta il grado di abbagliamento percepito e l'indice DGI corrispondente:

SENSAZIONE	VAL	SENSAZIONE	VAL
Intollerabile	> 28	Appena Accettabile	22
Quasi Intollerabile	28	Accettabile	20
Fastidioso	26	Percepibile	18
Quasi Fastidioso	24	Appena Percepibile	16

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



L'illuminazione artificiale - requisiti luoghi di lavoro

L'**ILLUMINAZIONE ARTIFICIALE** è quella **prodotta dall'insieme dei corpi illuminanti** intenzionalmente introdotti per lo svolgimento dei compiti visivi richiesti in quel determinato luogo e **per compensare la carenza o l'assenza di illuminazione naturale**.

Le principali caratteristiche dell'ambiente:

- ❖ **Distribuzione delle luminanze**
- ❖ **Illuminamento**
- ❖ **Abbagliamento**
- ❖ **Aspetti del colore**
- ❖ **Calore apparente della luce**

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



illuminazione artificiale - distribuzione luminanze

La **DISTRIBUZIONE DELLE LUMINANZE** all'interno del campo visivo influenza il **grado di impegno degli organi oculari** e conseguentemente la **visibilità** ed il **comfort**.

Per evitare l'affaticamento visivo dovuto a ripetuti e **continui processi di adattamento**, va realizzata una distribuzione equilibrata delle luminanze, **evitando variazioni e discontinuità** accentuate tra le diverse aree del campo visivo e tenendo conto dell'**importanza delle superfici riflettenti** presenti nell'ambiente.

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



illuminazione artificiale - distribuzione luminanze

La Norma **UNI EN 12464-1:2004** consiglia, per le principali superfici di un ambiente, fattori di riflessione compresi tra gli intervalli riportati in Tabella:

RAPPORTI LIMITE DI LUMINANZA ALL'INTERNO DEL CAMPO VISIVO:

- 1:3** tra la luminanza media delle aree immediatamente circostanti la zona del compito visivo
- 1:10** tra la luminanza media delle zone più periferiche del campo visivo (pareti, soffitto, pavimento) e quella del compito

OGGETTO	LUMINANZA
Soffitto	Da 0,6 a 0,9
Pareti	Da 0,3 a 0,8
Piani di lavoro	Da 0,2 a 0,6
Pavimento	Da 0,1 a 0,5

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



illuminazione artificiale – distribuzione luminanze

Rapporti di luminanza nel campo visivo

- **X: ambienti nei quali è possibile controllare le riflessioni**
- **Y: ambienti nei quali è possibile controllare le riflessioni solo nelle zone vicine alle aree di lavoro, ma non nelle superfici più lontane**
- **Z: ambienti nei quali il controllo delle riflessioni è impraticabile**

Rapporti limite	X	Y	Z
Tra il compito visivo e le superfici più scure ad esso adiacenti (max)	3/1	3/1	5/1
Tra il compito visivo e le superfici più chiare ad esso adiacenti (min)	1/3	1/3	1/5
Tra il compito visivo e le superfici lontane più scure (max)	10/1	20/1	
Tra il compito visivo e le superfici lontane più chiare (min)	1/10	1/20	
Tra gli apparecchi di illuminazione e le superfici ad esse adiacenti (finestre, lucernari, ecc.) (max)	20/1		
Ovunque entro il campo visivo (max)	40/1		

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



illuminazione – grandezze fotometriche

La **norma UNI EN 12464-1: 2011** definisce l'**illuminamento medio mantenuto (E_m)** per garantire il comfort e le prestazioni visive in un ufficio, come quel valore di illuminamento al di sotto del quale l'illuminamento medio su una specifica superficie non può mai scendere.

La norma raccomanda di aumentare l'illuminamento medio mantenuto quando:

- *il compito visivo è critico;*
- *gli errori sono costosi da correggere;*
- *sono molto importanti accuratezza ed alta produttività;*
- *le capacità visive del lavoratore sono inferiori al normale;*
- *i dettagli del compito visivo sono eccezionalmente piccoli o con basso contrasto;*
- *il compito visivo deve essere svolto per tempi eccezionalmente lunghi.*

Si può ridurre l'illuminamento medio mantenuto quando:

- *i dettagli del compito visivo sono eccezionalmente grandi o con alto contrasto;*
- *il compito visivo deve essere svolto per un tempo eccezionalmente breve.*

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



illuminazione artificiale - illuminamento

Tenendo conto dei valori limite di illuminamento definiti dalla **UNI EN 12464-1** e determinato un **fattore di manutenzione (FM)** in base all'apparecchio di illuminazione scelto e ad un programma di manutenzione specifico facendo riferimento alla pubblicazione **CIE 97-1992 (Commission Internationale de l'Éclairage)**...

... è possibile **calcolare** il valore da **verificare in fase di collaudo dell'impianto** cioè **\bar{E}_m/FM**

Ad esempio, poiché per un **ufficio** in cui si svolge un'**attività di reception** **\bar{E}_m previsti = 300 lx**, determinato un **fattore di manutenzione $FM=0,85$** **andranno previsti in fase di collaudo: $300 / 0,85 \approx 353$ lx**

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



illuminazione artificiale - fattori di manutenzione

I **fattori di manutenzione** possono essere **calcolati individualmente seguendo le specifiche del produttore**.

Nel caso non siano disponibili dati specifici sulla manutenzione, in presenza di tecnologie moderne e ipotizzando interventi ogni tre anni, si consiglia di adottare i seguenti fattori di manutenzione:

- **0,67 in ambienti molto puliti**
- **0,50 dove si sviluppa una certa sporcizia**

Le **norme UNI EN 12464** prevedono che il progettista documenti sia il fattore che lo stesso programma di manutenzione.

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



illuminazione artificiale – fattori di manutenzione

Valutazione del fattore di manutenzione in base alla vecchia norma UNI 10380 (valido solo come indicazione)

Livello di polverosità del locale	Tipo di lampada		
	Ad incandescenza	A vapori di sodio o di mercurio	Ad alogenuri
Minimo	0,85	0,75	0,65
Medio	0,7	0,65	0,55
Elevato	0,6	0,5	0,45

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



illuminazione artificiale – fattori di manutenzione

Per una valutazione più precisa ci si può rifare alla **pubblicazione CIE 97 “Maintenance of electric indoor lighting systems”**, la quale permette di calcolare il **fattore di manutenzione (FM)** come prodotto di quattro parametri:

$$FM = LLMF \times LSF \times LMF \times RSMF$$

dove:

LLMF è il fattore di manutenzione del flusso luminoso che indica la riduzione del flusso specifica di una lampada nel corso della sua durata;

LSF è il fattore di durata delle lampade che indica la percentuale di lampade ancora funzionanti trascorso un certo intervallo di manutenzione;

LMF è il fattore di manutenzione dell'apparecchio che indica il calo di efficienza di un apparecchio dovuto alla sporcizia che si accumula trascorso un certo intervallo di manutenzione/pulizia;

RSMF è il fattore di manutenzione del locale che indica il calo degli indici di riflessione delle superfici perimetrali, dovuto alla sporcizia che si accumula trascorso un certo intervallo di manutenzione/pulizia.

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



La **UNI EN 12464-1:2011 "Luce e Illuminazione - Illuminazione dei luoghi di lavoro - Parte 1: Luoghi di lavoro interni"**, riporta i seguenti livelli riferimento per le principali tipologie lavorative:

Processi e metodi di

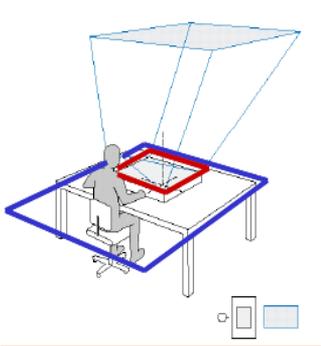
Tabella 3 – Principali tipologie lavorative – Indicazioni di illuminamento medio di esercizio				
Industrie	Grossolano 50 - 300 Lx	Medio 150 - 500 Lx	Fine 300 - 750 Lx	Finissimo 750 - 2000 Lx
Metalmecanica	Grosse fusioni, trafileatura, forgiature, pulizia grossolana	Fusioni piccole o di forma semplice, torni, frese, montaggi semplici	Fusioni complesse, trafileatura fine, fresatura, regolazione di macchine, montaggi fini, stampaggio	Lavori di precisione, incisioni, cesellatura, bobinatura, orologeria e simili
Chimica	Lavori al forno, macinazione, sedimentazione, essiccazione	Distillazione, filtrazione, cristallizzazione, essiccazione meccanica	Filtrazioni delicate, estrazioni, celle elettrolitiche	Misure colorimetriche, misure di precisione
Ceramica	Lavori al forno o con apparecchiature meccaniche	Formatura di grossi pezzi	Formatura di piccoli pezzi, pittura, tagliatura e pulitura del vetro	Lavorazioni di precisione su pezzi piccoli e sottili
Legno	Segatura meccanica	Segatura a mano, piallatura, fresatura, unione	Segatura di precisione, tornitura, scultura, finitura	Scultura di precisione
Tessile		Lavori di preparazione	Filatura, tessitura, taglio e cucitura di stoffe chiare, tintura, lavaggio, stiratura	Filatura, tessitura, taglio e cucitura di stoffe scure, rammendo
Elettrica	Caldaie, frantoi, trasporto carbone, trattamento ceneri	Sala macchine, trasformatori	Sala quadri di comando	
Grafica			Stampa	Regolazione stampanti, composizioni, controllo bozze
Cuoio e pelli	Conceria	Tagli grossi	Tagli, lavorazione alle macchine, tintura, cucitura	Lavorazioni di precisione su piccoli manufatti
Carta		Preparazione di cellulosa e pasta di legno	Finitura, controllo macchine	
Alimentare		Locali di lavoro	Verifiche, pesatura, imballaggio, lavori di laboratorio, pesatura	

 *Illuminazione artificiale - uniformità di illuminamento*

I valori di illuminamento tra l'**area oggetto del compito visivo** e quelli della **zona immediatamente circostante** (intesa come fascia di almeno 0,5 m di larghezza intorno alla zona del compito all'interno del campo visivo) **non devono discostarsi eccessivamente per evitare l'insorgere di affaticamento visivo e disturbi da abbagliamento**.

— Area specifica sede del compito visivo

— Area di lavoro, all'interno della quale si trova l'area sede del compito visivo



Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza - IX lezione - AA 2020/2021 - Ing. Renzo Simoni



illuminazione artificiale - uniformità di illuminamento

Una buona progettazione deve prevedere sia all'interno della zona del compito che in quella immediatamente circostante, una **buona uniformità di illuminamento**.

In tali zone **i rapporti tra l'illuminamento minimo e medio non devono comunque essere inferiori a:**

- **0,7 nell'interno della zona del compito**
- **0,5 nell'interno delle zone immediatamente circostanti il compito visivo**

<i>illuminamento nella zona del compito</i> E_{compito} [lx]	<i>illuminamento minimo delle zone immediatamente circostanti</i> [lx]
≥ 750	500
500	300
300	200
≤ 200	E_{compito}

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



illuminazione artificiale - Abbagliamento

Per la **valutazione dell'abbagliamento molesto** direttamente prodotto da apparecchi di illuminazione artificiale si utilizza l'indice unificato di abbagliamento **UGR (Unified Glare Rating)**, come riportato nella pubblicazione **CIE 117-1995**.

Valori limite dell'**UGR** sono previsti dalla **UNI 12464-1:2011** per ogni specifico **tipo di interno, compito o attività visiva**.

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



Illuminazione Uffici

Destinazione d'uso	Livelli di Illuminamento Medio in Lux [Lx]	UGR	Indice di Resa Cromatica [CRI]	Uniformità di Illuminamento [Uo]	Note Specifiche
Illuminazione Archiviazione e Copiatura	300	19	80	0,40	
Illuminazione Scrittura, Lettura ed Elaborazione Dati	500	19	80	0,60	
Illuminazione Disegno Tecnico	750	16	80	0,70	
Illuminazione Stazioni CAD	500	19	80	0,60	
Illuminazione Sale per Conferenze e Riunioni	500	19	80	0,60	L'illuminazione deve essere regolabile
Illuminazione Reception (zone ricezione)	300	22	80	0,60	
Illuminazione Archivi	200	25	80	0,40	

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



Illuminazione artificiale - Calore apparente luce

Ogni tipo di lampada emette luce di diversa tonalità a seconda della distribuzione spettrale della radiazione emessa ed è contraddistinta da una propria temperatura di colore.

Questo parametro, espresso in **Kelvin (K)**, è usato per individuare e classificare **il colore apparente della luce emessa da una sorgente luminosa**.

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni

Illuminazione artificiale – Calore apparente luce



A seconda della temperatura di colore, le sorgenti si suddividono in tre gruppi:

- ❑ *Colore apparente caldo < 3300 K*
- ❑ *Colore apparente neutro da 3300 K a 5300 K*
- ❑ *Colore apparente freddo > 5300 K.*

9500K		Cielo limpido
7000K		Cielo nuvoloso
5500K		Luce del giorno
3750K		Fluorescenza
3000K		Sorgenti alogene
2700K		Tungsteno
1800K		Candele

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni

Illuminazione



Valori e condizioni ottimali di illuminazione:

- *fra i 200 e i 400 lux*
- *pareti, pavimenti, soffitti, porte, piani di lavoro devono essere di colore chiaro e opaco*
- *le tende devono consentire la regolazione della luce naturale (es. veneziane)*
- *plafoniere anti-abbagliamento*



Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



Illuminazione - tipi di lampade

Lampade ad incandescenza:

- temperatura di colore "calda" (2500-3500 K)
- resa dei colori eccellente

Lampade alogene (incandescenza):

- idem c.s.
- **vantaggi**
- efficienza luminosa più elevata
- maggiore durata (2000 ore)
- stabilità di emissione
- **svantaggi**
- costo più elevato
- forte brillantezza
- delicatezza d'impiego

Lampade fluorescenti:

- risparmio di potenza (25% in meno)
- maggiore durata (ameno 4 volte)
- maggiore sicurezza (temp. minima)
- irraggiamento calorico trascurabile

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



Lampade - suddivisione in base all'aspetto cromatico

Gruppo	Aspetto cromatico	Tonalità di colore	Temperatura di colore
1	caldo	W (luce bianco-calda)	<3300 K
2	neutro	I (luce bianco-neutra)	3300-5300 K
3	freddo	C (luce bianco-fredda)	>5300 K

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



Valutazione di resa dei colori dei più comuni tipi di lampade

Valutazione della resa cromatica	Gruppo di resa di colore (Ra')	Indice di resa cromatica (Ra)	Lampade tipiche
Ottima	1A	90-100	lampade ad incandescenza, lampade alogene, lampade fluorescenti pentafosforo, lampade ad alogenuri metallici
Molto buona	1B	80-89	lampade fluorescenti trifosforo lampade ad alogenuri metallici
Buona	2A	70-79	lampade fluorescenti standard
Discreta	2B	60-69	lampade fluorescenti standard
Mediocre	3	40-59	lampade a vapori di mercurio
Scarsa	4	<39	lampade al sodio a bassa e ad alta pressione

Si assegna un **indice Ra = 100** se non si apprezzano variazioni tra lo spettro cromatico ottenuto con la sorgente campione e quello della sorgente esaminata, un punteggio più basso (tendente a zero per rese opposte) per rese cromatiche inferiori.

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



Illuminamento di esercizio, ton. di colore e gr. resa del colore

ACCIAIERIE E SIMILI			
Impianti di produzione senza intervento manuale	50-100-150	W, I	3
Impianti di produzione con intervento manuale	100-150-200	W, I	3
Postazioni di lavoro fisse in impianti di produzione	200-300-500	W, I	3
Controllo piattaforme di ispezione	300-500-750	W, I	3
ASSEMBLAGGIO			
Macchinario pesante	200-300-500	W, I	3
Motori e telaio veicoli	300-500-750	I, C	3
Macchinario elettronico e per ufficio	500-750-1000	I, C	2
Strumenti ed oggetti di piccole dimensioni	1000-1500-2000	C	2
UFFICI			
Uff. generici, dattilografia, sale pc	300-500-750	W, I	1B
Uff. per disegnatori e per progettazione	500-750-1000	W, I	3B
Sale riunioni	200-300-500	I, C	1A

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



Illuminazione - valori di riferimento

Valori di illuminamento	Norme UNI	IES britannica	IES americana
Per uffici generici	500 lux	500 lux	200-500 lux
Per uffici tecnici e tavoli da disegno	750 lux	750 lux	500-1.000 lux
Sale di riunione (sui tavoli)	500 lux	750 lux	500 lux
Uffici di dattilografia e contabilità	500 lux	750 lux	200-500 lux

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



Illuminazione - gradi di protezione

La **funzione degli involucri dei componenti elettrici** è quella di fornire una idonea protezione nei confronti dei contatti diretti e delle influenze dell'ambiente esterno. Come è noto, le norme definiscono il grado di protezione tramite una **sigla IP (International Protection)** seguita da due cifre ed in particolari casi anche da due lettere opzionali.

La **prima cifra** viene assegnata in base a due prove indipendenti con le quali si intende verificare la **protezione sia contro la penetrazione di corpi solidi e della polvere sia contro l'accesso a parti pericolose**.

La **seconda cifra** si riferisce alla **protezione contro la penetrazione dell'acqua** mentre le eventuali lettere aggiuntive definiscono il livello di accessibilità alle dita, alla mano o ad oggetti impugnati da una persona.

Quando una o entrambe le cifre non sono richieste vengono sostituite con una X.

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



illuminazione – gradi di protezione

Come per tutti gli altri componenti dell'impianto elettrico **anche gli apparecchi di illuminazione devono possedere un grado di protezione IP adeguato alle caratteristiche dell'ambiente di installazione.**

All'interno degli **ambienti ordinari** gli apparecchi devono garantire almeno un **grado di protezione IP2X.**

Per gli **apparecchi installati all'esterno** il grado di protezione deve essere aumentato a **IPX3 o IPX4 se soggetti a spruzzi.**

Ambienti particolari sono i locali bagno/doccia che, a seconda della pericolosità, sono suddivisi in zone: nelle zone 1 e 2 il grado di protezione non dovrà essere inferiore a IPX4 mentre nei bagni pubblici, dove solitamente si effettuano operazioni di pulizia mediante getti d'acqua, il grado di protezione dovrà non essere almeno IPX5.

Altri luoghi particolari sono quelli considerati a **maggior rischio in caso d'incendio** perché, rispetto a quelli ordinari, presentano un rischio più elevato

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



illuminazione – gradi di protezione

Le **Norme CEI** suddividono tali ambienti in tre gruppi, normalmente identificati per comodità come luoghi di tipo A, B e C.

I **luoghi di tipo A** sono considerati **a maggior rischio in caso d'incendio** per elevata densità di affollamento e per l'elevato tempo di sfollamento (es. una scuola, un cinema, ecc..).

Sono classificati di **tipo B** quelli aventi **strutture combustibili.**

Per gli apparecchi di illuminazione di queste due categorie è sufficiente un **grado di protezione IPX2.**

I luoghi sono considerati di **tipo C** in presenza di in **grandi quantità di materiale infiammabile o combustibile.** In questo caso per gli apparecchi di illuminazione è richiesto un **grado di protezione non inferiore a IP4X.** Il grado di protezione è richiesto nei confronti delle parti attive dell'apparecchio ma non delle lampade stesse.

Se l'apparecchio di illuminazione è installato ad almeno 3 m in verticale o 1,5 m in orizzontale rispetto al materiale combustibile il grado di protezione può anche essere inferiore

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



illuminazione di sicurezza – la Norma UNI EN 1838

La segnaletica luminosa è ovunque: nei cinema, nei parcheggi interrati, sui posti di lavoro, negli edifici pubblici, nei centri commerciali o nei passaggi.

La segnaletica è comprensibile internazionalmente e in caso di pericolo indica la via di fuga verso l'esterno. Unita a un impianto d'illuminazione indipendente dalla rete, essa contribuisce in misura fondamentale alla sicurezza.

La corrente può mancare in qualsiasi momento, per esempio a causa di forti temporali, di un incendio, di lavori in corso o di sovraccarico della rete.

In caso di pericolo *è necessario garantire che si possa abbandonare l'edificio in sicurezza e che siano presenti misure di salvataggio.*

Per l'illuminazione di emergenza, le norme europee **UNI EN 1838** stabiliscono i seguenti requisiti minimi:

- 1) *L'illuminazione di emergenza deve fornire una luminosità pari ad almeno il doppio di quella della luna in una notte serena.*
- 2) *L'illuminazione di sicurezza deve segnalare le vie di esodo in modo che siano facilmente identificabili e possano essere agevolmente seguite fino al «luogo sicuro».*

Per l'illuminazione di sicurezza va tenuto in conto un *fattore di manutenzione pari a 0,8*. Tale fattore è così motivato: "Si utilizzano apparecchi d'illuminazione chiusi, dotati di lampade fluorescenti, che in base alle normative richiedono una manutenzione annua".

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione – AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



illuminazione di sicurezza

Anche in *assenza dell'illuminazione ordinaria*, la visibilità degli spazi da percorrere e delle indicazioni segnaletiche deve essere comunque tale che le *persone possano identificare in modo inequivocabile il percorso verso un luogo sicuro e localizzare ed utilizzare dispositivi di sicurezza, antincendio e pronto soccorso.*

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione – AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni


illuminazione di sicurezza

Normativa di riferimento:

UNI EN 1838: 2013 - Applicazione dell'illuminotecnica - Illuminazione di emergenza (è la versione ufficiale della norma europea EN 1838 (edizione luglio 2013). La norma definisce i requisiti illuminotecnici dei sistemi di illuminazione di emergenza, installati in edifici o locali in cui tali sistemi sono richiesti. Essa si applica, principalmente, ai luoghi destinati al pubblico o ai lavoratori).

UNI EN 50172: 2006 - Sistemi di illuminazione di emergenza (classificazione CEI 34-111) (riguarda le disposizioni per l'illuminazione di sicurezza di tipo elettrico in tutti i luoghi di lavoro e nei locali aperti al pubblico e le disposizioni riguardo all'illuminazione di riserva quando questa viene utilizzata come illuminazione di sicurezza).

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni


illuminazione di sicurezza

illuminazione di emergenza

illuminazione di sicurezza

illuminazione sostitutiva

- Illuminazione di sicurezza per vie di fuga
- Illuminazione antipanico
- Illuminazione di sicurezza per posti di lavoro particolarmente pericolosi

Fonte: UNI EN 1838

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



illuminazione di sicurezza

Obiettivi dell'illuminazione di sicurezza:

- Abbandonare la zona problematica senza pericolo quando venga a mancare la corrente generale
- Assicurare orientamento e condizioni visive sufficienti nelle vie di fuga e nelle zone di pericolo
- Trovare facilmente i dispositivi di sicurezza e di estinzione degli incendi

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



illuminazione di sicurezza

Obiettivi dell'illuminazione antipanico:

- Ridurre la probabilità che si scateni il panico
- Consentire di raggiungere con sicurezza le vie di fuga
- Assicurare orientamento e condizioni visive sufficienti

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



illuminazione di sicurezza

Obiettivi dell'illuminazione di sicurezza per posti di lavoro particolarmente pericolosi:

In caso di situazioni e processi lavorativi potenzialmente pericolosi sono previsti requisiti particolari. La sicurezza del personale e di tutti i presenti richiede infatti adeguate misure di spegnimento, per esempio in caso di:

- *macchine in movimento*
- *laboratori con sostanze pericolose*
- *posti di lavoro di sorveglianza*

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



illuminazione di sicurezza - collocazione degli apparecchi

a) Altezza di installazione degli apparecchi illuminanti e direzione della luce

Un percorso per l'esodo deve avere un'altezza minima di 2 m e perciò, per rendere ben visibile l'intero spazio di mobilità:

- gli apparecchi illuminanti vanno posti a non meno di tale altezza e preferibilmente a parete poiché, se installati a soffitto o a ridosso del soffitto, può esserne ridotta rapidamente la visibilità dal fumo in caso di incendio.
- è opportuno che il flusso luminoso sia diretto dall'alto verso il piano di calpestio.

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



illuminazione di sicurezza – collocazione degli apparecchi

b) Collocazione degli apparecchi illuminanti

Gli apparecchi d'illuminazione di sicurezza vano posti **lungo le vie d'esodo ed almeno nei seguenti punti:**

- **Ad ogni porta di uscita prevista per l'emergenza e su ogni uscita di sicurezza** indicata
- **Vicino ed immediatamente all'esterno dell'uscita** che immette in un luogo sicuro
- **Vicino (meno di 2 m in senso orizzontale) alle scale** ed in modo che ogni rampa sia illuminata direttamente
- In corrispondenza di **ogni cambio di direzione**
- Ad ogni **intersezione di corridoi**
- **In corrispondenza dei segnali di sicurezza**
- **Vicino (meno di 2 m in senso orizzontale) ad ogni punto di pronto soccorso** (locale, cassetta di pronto soccorso, pacchetto di medicazione, punto di chiamata, ecc.)

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



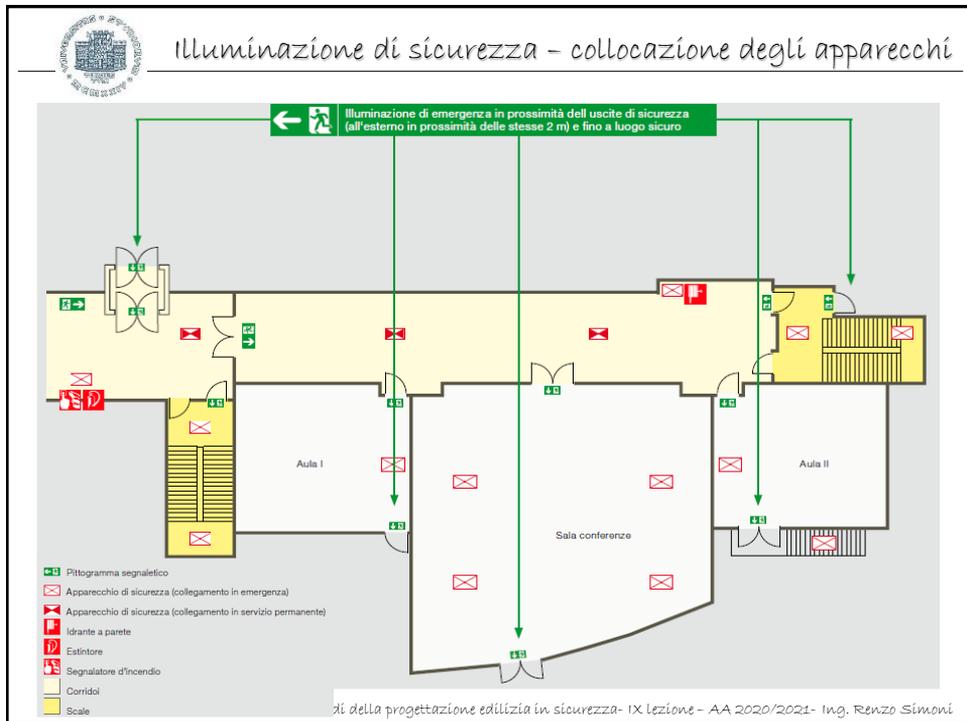
illuminazione di sicurezza – collocazione degli apparecchi

b) Collocazione degli apparecchi illuminanti

Gli apparecchi d'illuminazione di sicurezza vano posti **lungo le vie d'esodo ed almeno nei seguenti punti:**

- **In corrispondenza di ogni cambio di direzione**
- **Ad ogni intersezione di corridoi**
- **In corrispondenza dei segnali di sicurezza**
- **Vicino (meno di 2 m in senso orizzontale) ad ogni punto di pronto soccorso** (locale, cassetta di pronto soccorso, pacchetto di medicazione, punto di chiamata, ecc.)

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni





Illuminazione di sicurezza - requisiti minimi

Illuminamento						
E _{minimo} = 1 lx (Illuminamento orizzontale minimo sul pavimento)						
Uniformità						
E _{massimo} : E _{minimo} ≤ 40 : 1 lx d < 4h installazione						
Limitazione dell'abbagliamento						
h/m	< 2,5	2,5 ≤ h < 3	3 ≤ h < 3,5	3,5 ≤ h < 4	4 ≤ h < 4,5	≥ 4,5
L _{max} /cd	500	900	1600	2500	3500	5000
I valori di questa tabella all'interno della zona da 60° a 90° rispetto alla verticale non devono essere superati in tutte le angolature azimutali.						
Resa del colore						
R _a ≥ 40						
Autonomia nominale nelle vie di fuga						
UNI EN 1838 art. 4.2.5 e art. 4.3.5						
1 ora						
Velocità di accensione						
UNI EN 1838 art. 4.2.6 e art. 4.3.6						
Entro 5 secondi al 50 %, entro 60 secondi al 100 % dell'illuminamento previsto						

Tempo di ricarica
Ricarica completa **entro 12 h** per:

- **edifici scolastici**
(D.M. 26/08/92 All. art. 7.1)
- **attività turistico-alberghiere**
(D.M. 09/04/94 All. art. 9)
- **impianti sportivi**
(D.M. 18/03/96 art. 17)
- **locali di intrattenimento e di pubblico spettacolo**
(D.M. 19/08/96 All. art. 13.2 CEI 64-8 art. 752.56.1 la ricarica deve avvenire nell'intervallo giornaliero di chiusura del locale)
- **strutture sanitarie**
(D.M. 18/09/02 All. art. 6)
- **uffici**
(D.M. 22/02/06 All. art. 9)

Apparecchi di emergenza autonomi 24h (UNI EN 60598-2-22, CEI 34-22)

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



Illuminazione di sicurezza - requisiti minimi

c) Livello di illuminamento delle vie d'esodo

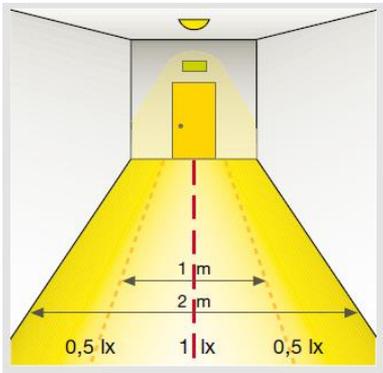
La norma UNI EN 1838:2013 definisce **valori minimi misurati al suolo** (fino a 20 mm dal suolo) e calcolati senza considerare il contributo luminoso della luce riflessa, per :

- **vie d'esodo di larghezza fino a 2 m:**
 - ✓ l'illuminamento orizzontale **al suolo lungo la linea centrale non deve essere minore di 1 lx**
 - ✓ **nella fascia centrale di larghezza pari ad almeno la metà della via d'esodo, l'illuminamento deve essere non meno del 50% di quello presente lungo la linea centrale**
- **vie d'esodo di larghezza superiore a 2 m**
 - ✓ devono essere considerate come un **insieme di vie d'esodo di 2 m** e per ciascuna di esse vanno adottati i valori minimi sopraindicati

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni

Illuminazione di sicurezza - requisiti minimi

c) Livello di illuminamento delle vie d'esodo



Corridoi fino a 2 m di larghezza:

- **minimo 1 lx sull'asse centrale**
- **alla meta della larghezza 0,5 lx**

L'altezza di misurazione è di 2 cm sopra il pavimento; viene considerata esclusivamente l'emissione diretta dell'apparecchio (o degli apparecchi combinati).

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni

Illuminazione di sicurezza - requisiti minimi

d) Livello di illuminamento di dispositivi e attrezzature di sicurezza, pronto soccorso e antincendio

Nel caso che attrezzature e dispositivi non siano posti lungo le vie d'esodo o in un'area dotata di illuminazione antipanico, il livello di **illuminamento al suolo** **deve essere di almeno 5 lx** (escluso apporto della luce riflessa).

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



illuminazione di sicurezza - requisiti minimi

h) Autonomia di funzionamento

Il **tempo minimo di funzionamento** dell'illuminazione di sicurezza deve essere di **almeno 1 ora**. Autonomie per **tempi superiori** sono previste da disposizioni di legge **per particolari attività** (es. **2 ore per le strutture sanitarie pubbliche e private**).

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



illuminazione - come si valuta

Strumenti di misura dei parametri

Luminanza



Luminanzometri

Illuminamento



Luxmetri



Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



illuminazione - come si valuta

Strumenti di misura dei parametri - Precisione

Classe	Impiego	Limite di incertezza [%]	
		Luxmetri	Luminanzometri
A	Misure di precisione	5	7,5
B	Misure su impianti in esercizio	10	10
C	Misure orientative	20	20



Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



illuminazione - come si valuta

illuminamento

- La misurazione dell'illuminamento deve essere condotta **nella zona e nella posizione di lavoro effettivamente occupate** durante lo svolgimento del compito visivo;
- La misurazione deve essere effettuata **tenendo conto della normale posizione del lavoratore** e della sua ombra e il sensore del luxmetro deve essere posto sul piano di lavoro potendo quindi assumere posizione orizzontale, verticale o inclinata tipologia dell'attività lavorativa effettivamente svolta;

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



illuminazione – come si valuta

illuminamento

- posizionare lo strumento con la **fotocellula rivolta verso la sorgente luminosa** se questa agisce ortogonalmente al piano di misura, oppure, nel caso più generale, con la **fotocellula parallela alla superficie di interesse**;
- Analogamente si procede per le **superfici verticali**, avendo l'accortezza di **posizionare lo strumento parallelamente al piano considerato** ed in ogni caso di disporsi in modo tale per cui lo strumento **non subisca l'influenza del corpo dell'operatore** (ombra portata) e non riceva la luce con un angolo di incidenza eccessivo (luce radente);
- Dopo aver effettuato la lettura in un **numero sufficiente di punti (maggiore è il numero di letture, più precise risultano le informazioni)** riferendo la somma dei singoli valori al numero totale dei punti di misura, si ottiene il valore dell'illuminamento medio.

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



illuminazione – come si valuta

illuminamento

Se nell'ambiente si prevedono **fluttuazioni del livello** d'illuminamento connesse all'illuminazione naturale si deve **prevedere la misurazione dell'illuminamento del posto di lavoro in tempi differenziati** in modo da caratterizzare compiutamente la situazione in esame.

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



illuminazione - come si valuta

Luminanza

- Il rilievo dei valori di luminanza deve essere effettuato **nelle condizioni di lavoro e nelle posizioni di lavoro effettive;**
- Il misuratore di luminanza deve essere **posizionato al livello degli occhi del lavoratore e direzionato verso la sorgente di luce, verso la luce riflessa o verso la superficie di cui si vuole misurare la luminanza;**

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



illuminazione - come si valuta

Luminanza

- La presenza di **riflessi fastidiosi** deve essere rilevata mediante **specifiche misurazioni di luminanza;**
- Nel caso di **spazi di lavoro occupati di giorno e di notte** si deve procedere a **misurazioni di luminanza in entrambe le condizioni.**

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



illuminazione – misure tecniche di sicurezza

Adozione di **correttivi previsti da norme di legge o di buona tecnica**, quali:

- corretto posizionamento delle postazioni di lavoro** rispetto alle fonti di illuminazione
- adeguamento dell'intensità e delle caratteristiche della illuminazione** alle esigenze connesse al tipo di lavorazione/attività espletata
- correzione dell'incidenza diretta o riflessa** del flusso luminoso adottando **schermature, tendaggi e veneziane** preferibilmente a lamelle orizzontali
- contrasti adeguati** (un oggetto sarà più o meno facilmente visibile a seconda del contrasto dello stesso al fondo)

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



illuminazione – misure organizzative di sicurezza

Adozione di **correttivi previsti da norme di legge o di buona tecnica**, quali:

- cura costante nella **manutenzione** e nella **pulizia**, soprattutto per le superfici vetrate o illuminanti

Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



**La salute è un bene prezioso,
impara a diventarne consapevole ... e responsabile!**



la sicurezza non è un problema di nuove leggi o sanzioni, ma pratica culturale nella vita di ogni giorno

**Fine
della nona lezione**

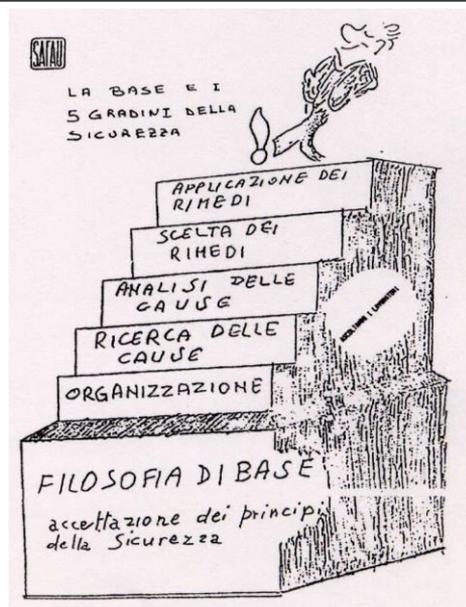


Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



Per concludere...

La filosofia di base di una politica di sicurezza passa attraverso l'organizzazione, la ricerca e l'analisi delle cause degli infortuni e degli incidenti, la scelta dei rimedi e soprattutto l'applicazione dei rimedi.



Processi e metodi della progettazione edilizia in sicurezza- IX lezione - AA 2020/2021- Ing. Renzo Simoni



Fine del corso ...
Grazie per l'attenzione



*"Quando si parla di sicurezza si parla di individui.
Mica si fa male la betoniera ..."*