



COORDINAMENTO
TECNICO
INTERREGIONALE
DELLA PREVENZIONE
NEI LUOGHI DI LAVORO

**Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro
delle Regioni e delle Province autonome**

Microclima, aerazione e illuminazione nei luoghi di lavoro

**Requisiti e standard
Indicazioni operative e progettuali**

Linee Guida

in collaborazione con



Istituto Superiore per la Prevenzione E la Sicurezza del Lavoro

Versione finale – 1 giugno 2006

PRESENTAZIONE

Fin dalla promulgazione del D.Lgs.626/94, le Regioni e le Province autonome così come l'ISPESL si sono sentite impegnate nell'emanazione di indirizzi operativi che costituissero un supporto tecnico all'applicazione della legislazione. A far capo dalle "Linee Guida per l'applicazione del D.Lgs.626/94", pubblicate nel 1996, è iniziata una importante produzione di indicazioni sull'interpretazione delle principali leggi sulla tutela della salute e sicurezza nei luoghi di lavoro che prosegue ancor oggi.

Prevalentemente, questa attività è sorretta, nell'ambito del CTIPL (Coordinamento tecnico interregionale della prevenzione nei luoghi di lavoro), da specifici Gruppi di Lavoro istituiti sulle più rilevanti aree tematiche del settore, dalle attrezzature di lavoro ai luoghi di lavoro ed ai cantieri, dagli agenti fisici a quelli chimici ed altri ancora.

L'opportunità di redigere delle linee guida su microclima, aerazione ed illuminazione nei luoghi di lavoro è maturata nel 2003 a seguito dell'istituzione, presso il CTIPL, di uno specifico Gruppo di Lavoro denominato "Microclima ed illuminazione" cui va rivolto un particolare ringraziamento.

Al gruppo di lavoro, costituito da:

- Omar Nicolini (Az.USL di Modena), coordinatore del Gruppo
- Giuseppe Antonini (SPSAL ASL MI)
- Alberto Arlotti (USL FE)
- Norberto Canciani (SPSAL ASL MI)
- Gilberto Cristofoloetti (ASL AR)
- Michele del Gaudio (ISPESL)
- Paola Forconi (ASL MC)
- Paolo Lenzuni (ISPESL DIP. FI)
- Edda Paino (ASL5 ME)
- Ivo Pavan (CTO CRF TO)
- Walter Perini (ASL MC)
- Alberto Sonnino (CTO CRF TO)
- Roberta Stopponi (ASL Civitanova Marche)
- Adele Valcavi (USL RE)

e formalizzato nel mese di giugno 2003 a seguito di una ricognizione effettuata dalle Regioni per individuare gli operatori in possesso delle necessarie competenze ed esperienze, venne dato il seguente mandato:

- produrre Linee Guida sulla valutazione del rischio microclimatico e sugli standard prestazionali degli impianti aeraulici;
- elaborare indicazioni operative per la gestione ed in particolare per la manutenzione degli impianti aeraulici al fine di evitare rischi per la salute e per la sicurezza durante il lavoro;

- effettuare una ricognizione su attualità e limiti dei rapporti aeroilluminanti previsti dai Regolamenti Edilizi comunali, puntualizzando i comportamenti da promuovere negli operatori dei Servizi territoriali nella valutazione dei progetti di ristrutturazione o costruzione di nuovi insediamenti produttivi.

E' da rilevare l'importante disponibilità manifestata dall'ISPESL sin dall'istituzione del Gruppo di Lavoro a collaborare, con una qualificata presenza di propri tecnici, al raggiungimento degli obiettivi fissati.

Fin dalle prime fasi di discussione, il Gruppo di Lavoro convenne sull'opportunità di mantenere le elaborazioni sugli obiettivi che gli erano stati affidati all'interno di un unico documento per consentire una trattazione organica di cui si rilevava la carenza.

Successivamente l'idea delle Linee Guida si consolidò in relazione al progetto legislativo del cosiddetto "Testo Unico". Infatti, nello schema di decreto inviato alla consultazione delle parti sociali da un lato si dava rilevanza strategica alle indicazioni di buona pratica e dall'altro si provvedeva ad una riscrittura del testo legislativo che, abolendo in maniera massiccia i riferimenti ai consolidati principi legislativi, finiva con l'ignorare (o quasi) i rischi da microclima, qualità dell'aria e illuminazione.

L'abbandono da parte del Governo, alla fine della scorsa legislatura, dell'intenzione di realizzare il Testo Unico non è parso motivo sufficiente per accantonare una idea di coordinamento dei testi legislativi e normativi invocata da più parti.

Dopo circa due anni di lavoro, di incontri, confronti e discussioni, anche pubbliche (ricordiamo, in primo luogo, il Convegno dBA-Microclima, tenutosi a Modena nell'ottobre 2004), si è approdati ad una prima stesura organica a febbraio 2005.

Tale bozza è stata inviata in consultazione ad esperti ed associazioni tecnico-scientifiche che desideriamo qui ringraziare per i suggerimenti forniti al perfezionamento del testo.

Si tratta in particolare di:

- Chiara Aghemo – Politecnico di Torino
- Marco Alberti – Università di Brescia
- Filippo Marciano – Università di Brescia
- Giovanni Molteni – Università di Milano Bicocca
- Giuseppe Nano – Politecnico di Milano
- Bruno Piccoli – Università di Milano
- Giorgio Raffellini – Università di Firenze
- Diana Rossi – Università di Brescia
- Luigi Schiavon – Libero professionista, Padova
- Giuseppe Tomasoni – Università di Brescia

e delle Associazioni:

- A.I.D.I. – Associazione Italiana Di Illuminazione
- A.I.D.I.I. – Associazione Italiana Degli Igienisti Industriali
- S.I.M.L.I.I. – Società Italiana di Medicina del Lavoro ed Igiene Industriale

Anche il Convegno “dBA_{incontri}2005 – Microclima, aerazione e illuminazione nei luoghi di lavoro” tenutosi a Bologna il 14 settembre 2005 ha costituito una occasione per presentare il testo, discuterlo e ripuntualizzarne alcuni contenuti.

Per completezza vanno poi ricordate le altre collaborazioni che a vario titolo ed in vario modo hanno permesso questa elaborazione del testo; si tratta dei contributi di:

- Massimo Borra (ISPESL)
- Fabrizia Goberti (Az.USL di Modena)
- Pamela Grandi (Modena)
- Andrea Militello (ISPESL)
- Giorgia Monduzzi (Modena)
- Claudio Natale (ASL Civitanova Marche)
- Donata Serra (Az.USL Modena)

Per ottenere situazioni di benessere in un ambiente di lavoro, occorre garantire condizioni accettabili dal punto di vista sia del microclima (ovvero relativamente alle grandezze termo-igro-anemometriche), sia della qualità dell'aria, sia del livello di illuminazione. Ciò può essere ottenuto attraverso scambi naturali con l'ambiente esterno o, quando si renda necessario, mediante l'utilizzo di appositi dispositivi meccanici.

L'uso intelligente delle risorse “naturali” è conveniente sia da un punto di vista di qualità della vita, sia da un punto di vista economico perché consente indubbe economie di costruzione e gestione dei sistemi meccanici che intervengono là dove non arrivano i sistemi naturali.

Quando poi si rende necessario ricorrere all'impiantistica (e nella complessità della progettazione moderna ciò accade sempre più di frequente) occorre farlo avendo sempre attenzione alla salute ed alla sicurezza degli occupanti, siano essi clienti, fruitori o lavoratori.

Molte sono le leggi e le normative, nazionali o locali che regolamentano la materia, alcune in apparente o reale contrasto tra di loro e molti sono anche i testi specialistici che affrontano questi rischi.

Tanta parte della progettazione industriale (i cosiddetti NIP) però non si sofferma con la dovuta attenzione su questi fattori di rischio.

Anche la valutazione dei rischi o del discomfort da microclima, qualità dell'aria ed illuminazione è quasi sempre sottovalutata, quando non anche ignorata, nei documenti aziendali realizzati in ottemperanza al D. Lgs. 626/94 ed ancor più trascurata è l'identificazione e l'attuazione di misure tecniche, organizzative e procedurali volte a migliorare l'ambiente di lavoro.

Le Linee Guida che qui presentiamo intendono formulare indicazioni operative per i diversi attori della sicurezza (addetti alla sicurezza aziendale, progettisti, consulenti, medici competenti, rappresentanti dei lavoratori per la sicurezza, operatori degli organi di vigilanza) in un panorama legislativo e normativo frammentato ed in continua evoluzione e per cogliere i diversi aspetti di salute e sicurezza connessi al microclima, alla qualità dell'aria ed all'illuminazione nei luoghi di lavoro.

Il testo che segue si articola in tre parti.

Nella prima vengono trattati ad un livello sostanzialmente divulgativo ambienti termici moderati, ambienti severi caldi e freddi, la aerazione naturale e ventilazione forzata, l'illuminazione naturale, artificiale e d'emergenza. Sono richiamati gli aspetti fisiologici, le patologie correlate e le implicazioni per la sicurezza sul lavoro, i descrittori del rischio o gli indicatori della qualità delle condizioni ambientali presenti, le possibilità di intervento per il miglioramento delle condizioni di lavoro.

Nella seconda parte, dopo una ricognizione su vincoli e opportunità legate ai temi del contenimento energetico, sono raccolti, commentati e portati a sintesi i requisiti e gli standard progettuali di aerazione, ventilazione, microclima e illuminazione nelle principali tipologie produttive. Sono in particolare considerati i locali adibiti a pubblico spettacolo, ad attività commerciali, quelli destinati all'edilizia scolastica e ospedaliera, ad ambienti industriali, locali ausiliari e uffici.

La terza parte è dedicata alle indicazioni operative. Sono proposti approfondimenti sulla valutazione del rischio, sulla strumentazione e sulle modalità di misura, sulla gestione e manutenzione degli impianti aeraulici, sui dispositivi di protezione individuale (DPI) per gli ambienti termici severi, sul controllo sanitario dei lavoratori e sulla valutazione dei progetti di luoghi di lavoro (NIP).

In conclusione vengono inoltre riportati in specifici allegati i principali inquinanti indoor, la bibliografia ed i siti WEB, la legislazione e la normativa tecnica, il glossario, le unità di misura e le grandezze utilizzate nel testo.

Questo documento vuole dunque fornire un valido supporto a tutti gli operatori della prevenzione e ai progettisti che quotidianamente si misurano con la necessità di fornire ai lavoratori degli ambienti confortevoli in cui sia sempre più raro il verificarsi di infortuni e di disagi.

Redigere un testo così articolato ha posto non pochi problemi.

Ci auguriamo di aver saputo sufficientemente portare a sintesi l'esigenza della completezza della trattazione con quelle della correttezza tecnico-scientifica e della chiarezza di linguaggio.

Auspichiamo che le indicazioni di queste Linee Guida siano favorevolmente accolte nel mondo della prevenzione e le ricadute operative, anche in termini di uniformità di comportamenti, si possano iniziare ad apprezzare sin dai primi mesi successivi la sua ufficializzazione.

AVVERTENZE

Queste Linee Guida raccolgono e raccordano un numero molto elevato di testi legislativi e normativi la cui continua pubblicazione e/o aggiornamento determinerà nel tempo un progressivo invecchiamento dei riferimenti. Ciò si verificherà anche per altre informazioni, per loro natura estremamente “volatili”, quali i riferimenti a siti web.

I promotori e gli autori danno per scontata l'esigenza di provvedere a periodiche correzioni e integrazioni, ma l'intendimento operativo del testo richiede un confronto con ciò che è il quadro dei riferimenti attuali e rimanda al lettore l'esigenza di correggere le letture proposte con gli aggiornamenti che progressivamente interverranno.

I promotori e gli autori hanno promosso e redatto queste Linee Guida con l'obiettivo di fornire indicazioni per agevolare il controllo dei rischi per la salute ed il confort nei luoghi di lavoro. Non di meno gli utilizzatori che faranno un uso professionale delle metodologie e dei parametri qui presentati devono essere persone competenti e sono quindi tenute a conoscere i criteri ed i loro limiti ed a farne un uso appropriato.

Indice analitico

PRESENTAZIONE

Parte I Principali aspetti di igiene

1	CONFORT TERMOIGROMETRICO	pag. 1
1.1	FISIOLOGIA DELLA TERMOREGOLAZIONE	6
1.2	INDICI DI CONFORT	8
1.3	CONTROLLO DEL MICROCLIMA AI FINI DEL CONFORT	16
1.4	SBALZI TERMICI	19
2	STRESS DA CALDO E DA FREDDO	20
2.1	AMBIENTI TERMICI SEVERI CALDI	20
2.2	AMBIENTI TERMICI SEVERI FREDDI	29
3	QUALITÀ DELL'ARIA INDOOR	36
3.1	EFFETTI PATOLOGICI DELL'INQUINAMENTO INDOOR	36
3.2	INDICATORI DI QUALITÀ DELL'ARIA	39
3.3	AERAZIONE NATURALE	40
3.4	VENTILAZIONE FORZATA	46
4	ILLUMINAZIONE	54
4.1	LUCE E PRESTAZIONE VISIVA	54
4.2	ILLUMINAZIONE NATURALE	61
4.3	ILLUMINAZIONE ARTIFICIALE	71
4.4	ILLUMINAZIONE DI SICUREZZA	75

Parte II Requisiti e standard progettuali nelle principali tipologie produttive

1	LE FONTI	pag. 83
2	SPECIFICHE DI SETTORE/COMPARTO/TIPOLOGIA EDILIZIA	86
2.1	PUBBLICO SPETTACOLO	86
2.2	ATTIVITÀ COMMERCIALI	91
2.3	EDILIZIA SCOLASTICA	95
2.4	EDILIZIA OSPEDALIERA	98
2.5	AMBIENTI INDUSTRIALI, LOCALI AUSILIARI, UFFICI	103
3	RIEPILOGO DEI REQUISITI E DEGLI STANDARD	109

Parte III Indicazioni operative

1	LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO	pag. 118
1.1	MICROCLIMA	118
1.2	QUALITÀ DELL'ARIA	123
1.3	ILLUMINAZIONE	126

2	STRUMENTAZIONE E MODALITÀ DI MISURA	129
2.1	MICROCLIMA	129
2.2	AERAZIONE E VENTILAZIONE	131
2.3	ILLUMINAZIONE	134
3	GESTIONE E MANUTENZIONE DEGLI IMPIANTI AERAILICI	140
3.1	SUGGERIMENTI PER LA MANUTENZIONE	140
3.2	INDICAZIONI COSTRUTTIVE	144
4	I DPI PER GLI AMBIENTI TERMICAMENTE SEVERI	147
4.1	AMBIENTI SEVERI CALDI	148
4.2	AMBIENTI SEVERI FREDDI E PROTEZIONE DALLE INTEMPERIE	151
5	IL CONTROLLO SANITARIO DEI LAVORATORI	153
5.1	SORVEGLIANZA SANITARIA SUI RISCHI DA STRESS MICROCLIMATICO	153
5.2	SORVEGLIANZA SANITARIA SUI RISCHI CONNESSI ALLA QUALITÀ DELL'ARIA	156
5.3	SORVEGLIANZA SANITARIA SUI RISCHI DA AFFATICAMENTO VISIVO	157
6	LA VALUTAZIONE DEI PROGETTI DI LUOGHI DI LAVORO	160
6.1	METODOLOGIA E CRITERI DI VALUTAZIONE	160
Allegati		
1	PRINCIPALI INQUINANTI INDOOR	pag. 165
2	BIBLIOGRAFIA & SITI WEB	174
3	LEGISLAZIONE E NORMATIVA TECNICA	177
4	GLOSSARIO	184
5	UNITÀ DI MISURA E GRANDEZZE	190

Parte I

Principali aspetti di igiene

1 - CONFORT TERMOIGROMETRICO

Di seguito definiamo “microclima” il complesso dei parametri fisici ambientali che caratterizzano l’ambiente locale (ma non necessariamente confinato) e che, assieme a parametri individuali quali l’attività metabolica e l’abbigliamento, determinano gli scambi termici fra l’ambiente stesso e gli individui che vi operano.

Premesso che nella generalità dei luoghi di lavoro l’attività metabolica è di fatto così strettamente associata al compito lavorativo da non potersi considerare una variabile, definiamo moderati tutti i luoghi di lavoro nei quali non esistono specifiche esigenze produttive che, vincolando uno o più degli altri principali parametri microclimatici (principalmente temperatura dell’aria, ma anche umidità relativa, velocità dell’aria, temperatura radiante e resistenza termica del vestiario), impediscano il raggiungimento del comfort.

Un microclima confortevole è quello che suscita nella maggioranza degli individui presenti una sensazione di soddisfazione per l’ambiente, da un punto di vista termico – igrometrico, convenzionalmente identificata col termine “benessere termicoigrometrico”, ma più spesso indicata per brevità come “benessere termico” o semplicemente “benessere” o “comfort”.

A tal fine risulta necessario che si verifichino condizioni appropriate a produrre sia comfort di tipo globale, ovvero relativo al corpo umano nel suo complesso, sia comfort di tipo locale, ovvero relativo a specifiche aree corporee.

- Il comfort globale è intimamente legato al mantenimento della neutralità termica del corpo umano attraverso una fisiologica risposta del sistema di termoregolazione. Quest’ultimo ha il compito di mantenere la temperatura del nucleo corporeo costante o comunque di contenerne le oscillazioni entro un intervallo molto ristretto compatibile con l’espletamento ottimale delle funzioni vitali.
- Il discomfort locale è invece legato alla limitazione degli scambi termici localizzati in specifiche aree, ovviamente superficiali, del corpo umano. La situazione ottimale si raggiunge annullando ogni possibile causa che possa indurre nel soggetto sensazioni di discomfort.

1.1 FISILOGIA DELLA TERMOREGOLAZIONE

Il corpo umano è un sistema che opera in modo ottimale quando la temperatura del suo nucleo viene mantenuta entro un ristretto intervallo di variabilità. Il mantenimento dell’omeotermia, necessaria allo svolgimento delle reazioni chimiche fisiologiche del corpo umano è diretto non solo a garantire condizioni di benessere psico-fisico, ma anche ad evitare pregiudizio alla salute dei lavoratori.

In generale la temperatura orale o rettale viene considerata rappresentativa di quella interna (o del cosiddetto nucleo), mentre quella cutanea media è utilizzata come rappresentativa di quella della superficie corporea. Si considerano “normali” i valori di temperatura orale compresi fra 35,8°C e 37,2°C e la temperatura rettale è circa 0,25 ÷ 0,50°C più elevata di quella orale.

Mentre per la temperatura del rivestimento esterno (epidermide, tessuto sottocutaneo e adiposo) sono fisiologicamente tollerabili anche variazioni di $4 \div 5^{\circ}\text{C}$, la variazione della temperatura del nucleo non può superare $1 \div 2^{\circ}\text{C}$. Tale intervallo di variabilità è di notevole importanza biologica: variazioni anche modeste provocano disagio e malessere e variazioni più importanti possono determinare condizioni di stress termico che comportano vere e proprie patologie.

Il bilancio di energia termica del corpo umano è garantito da un sistema di termoregolazione governato dall'ipotalamo il quale mantiene costante la temperatura del nucleo (ossia l'omeotermia) attraverso dei meccanismi nervosi a "feed-back". Ogni variazione di temperatura del nucleo corporeo viene segnalata a tale centro da parte di recettori termici centrali e periferici situati a livello della cute e di organi profondi quali il midollo spinale, gli organi addominali e le grosse vene e da qui partono gli stimoli effettori vasomotori, sudoripari e metabolici.

La circolazione del sangue svolge un importante compito nei processi di termoregolazione in quanto provvede al trasporto ed alla distribuzione del calore e ne regola gli scambi attraverso la cute mediante fenomeni di vasodilatazione e vasocostrizione. La cessione di energia termica può aumentare fino ad 8 volte quando i vasi cutanei passano dallo stato di massima vasocostrizione a quello di completa vasodilatazione.

La termodispersione verso l'esterno in ambienti moderati avviene prevalentemente attraverso la cute, in piccola parte attraverso la respirazione e in minima parte attraverso gli escreti.

I meccanismi mediante i quali avvengono gli scambi termici sono quelli di conduzione, convezione, irraggiamento ed evaporazione, i quali sono in stretto rapporto con i parametri microclimatici ambientali. Negli ambienti moderati o freddi l'energia termica viene ceduta principalmente mediante l'irraggiamento, la convezione e l'evaporazione. Negli ambienti caldi, al contrario, il corpo assorbe calore: in quest'ultima condizione l'evaporazione del sudore rappresenta il meccanismo fisiologico più efficace per il mantenimento della omeotermia in ambienti caldi, potendosi disperdere circa 2.430 kJ (580 kcal) per litro di sudore evaporato. Quanto maggiore è l'umidità relativa ambientale, tanto minore è l'evaporazione; tanto più elevata è la velocità dell'aria tanto più l'evaporazione del sudore è favorita.

La capacità di produrre sudore dipende dall'acclimatamento: secondo alcuni autori nei soggetti non acclimatati la produzione è mediamente pari a 400 g/h, mentre negli acclimatati arriva anche a 1000 g/h.

Anche la composizione del sudore dipende principalmente, anche se non esclusivamente, dallo stadio di acclimatamento del soggetto: l'esposizione prolungata, da 1 a 6 settimane, ad un clima caldo attiva meccanismi fisiologici tali da non depauperare il patrimonio salino del corpo umano.

L'acclimatamento comporta inoltre un minor impegno della funzionalità cardiaca.

Qualora invece la temperatura del nucleo corporeo tenda a diventare troppo bassa, oltre a ricorrere ai sistemi di termoregolazione volontaria (che principalmente coinvolgono vestiario e movimenti), il corpo umano riduce la cessione di calore

primariamente tramite la vasocostrizione periferica che significa minor apporto di sangue, soprattutto a livello degli arti, e riduzione di trasporto di calore alla superficie cutanea e da qui all'ambiente esterno.

Qualora ciò non fosse sufficiente, si ha l'attivazione involontaria di gruppi muscolari (meccanismo dei brividi) che permettono la produzione di calore al fine di ottenere l'aumento della temperatura del nucleo corporeo.

Ripetute e frequenti esposizioni al freddo conducono anche ad un aumento della produzione di calore attraverso la cosiddetta "termogenesi chimica", mediata dalla produzione di alcuni ormoni (tiroxina, adrenalina, noradrenalina...), e che si traduce in un aumento del metabolismo basale.

Tanto per gli ambienti che tendono al caldo quanto per quelli che tendono al freddo, l'acclimatazione controllata (che consiste in una serie di esposizioni di durata variabile e progressiva in ambiente sempre più sfavorevole e con lavoro muscolare più impegnativo), facendo acquisire una resistenza elevata, è uno dei metodi utilizzabili per la prevenzione dei rischi.

Si ricorda comunque che l'acclimatazione viene persa nel giro di pochi giorni se ci si allontana dall'ambiente termico che l'aveva determinata.

E' infine importante notare come i processi fisiologici di adattamento siano tanto meno sollecitati quanto più ci si allontana dalle condizioni termoigrometriche ottimali. In queste condizioni inoltre l'omeotermia si mantiene al prezzo di un forte impegno organico, con conseguenze che possono andare dalle modificazioni delle attività psicosensoriali e psicomotorie quali affaticamento ed abbassamento del livello di attenzione, all'interferenza con l'attività lavorativa svolta, concausa nell'incremento della frequenza degli infortuni, fin anche a quadri patologici franchi.

1.2 INDICI DI CONFORT

I riferimenti legislativi fondamentali per la valutazione degli ambienti termici moderati sono gli articoli 9 (comma 3), 11 e 13 del DPR 303/56, così come riformulati dal D.Lgs.626/94 e successive modifiche. Questi articoli contengono una serie di disposizioni qualitative con riferimenti a molte quantità (temperatura, umidità, velocità dell'aria, attività, soleggiamento), ma nessun indicatore semplice sulla base del quale formulare un giudizio di qualità, né alcun criterio quantitativo di accettabilità.

La normativa tecnica al contrario, così come avviene per molti altri fattori di rischio fisico e chimico, propone una metodologia per la valutazione del confort microclimatico basata su quantità dette indicatori (o indici) sintetici di qualità (o di rischio), che condensano in un numero minimo di valori numerici tutta l'informazione necessaria alla formulazione di un giudizio di accettabilità o inaccettabilità di un ambiente termico. Si tratta pertanto di elementi utili sia in fase di valutazione di una situazione esistente, sia in fase di progettazione, qualora siano disponibili informazioni sulla destinazione d'uso degli ambienti e dunque sul tipo di attività che vi verrà svolta.

1.2.1 Indici sintetici di confort globale

Il documento fondamentale per la valutazione del confort microclimatico in ambienti moderati è la norma tecnica UNI EN ISO 7730 (*). La procedura descritta in questo documento si fonda sull'esistenza di una relazione biunivoca fra bilancio energetico del corpo umano e sensazione termica, con associato confort o discomfort. Tale relazione individua la sensazione di massimo confort in coincidenza con la condizione di omeotermia del corpo umano, mentre sensazioni di crescente discomfort risultano associate a condizioni via via più distanti dall'equilibrio.

() La norma tecnica UNI EN ISO vigente è la 7730:1997, ma è in fase di avanzato perfezionamento la nuova versione dello standard ISO 7730, attualmente disponibile come ISO/FDIS 7730:2005, che quando verrà recepita produrrà la nuova norma tecnica UNI EN ISO 7730:200X. Nel testo che segue si è inteso indicare con la dicitura UNI EN ISO 7730 riferimenti validi per entrambe le versioni normative; viceversa, l'indicazione dell'anno sottolinea passaggi specifici dell'uno o dell'altro documento.*

L'equazione che descrive il bilancio energetico sul corpo umano in termini di energia per unità di tempo (e dunque di potenza) è la seguente:

$$S = M - W \pm C_{RES} \pm E_{RES} \pm K \pm C \pm R - E \quad (1.1)$$

dove:

M = potenza termica prodotta dai processi metabolici (nelle più recenti normative viene usato il termine “metabolismo energetico”);
W = potenza meccanica impegnata per compiere lavoro meccanico;
C_{RES} = potenza termica scambiata nella respirazione per convezione;
E_{RES} = potenza termica scambiata nella respirazione per evaporazione;
K = potenza termica scambiata per conduzione;
C = potenza termica scambiata per convezione;
R = potenza termica scambiata per irraggiamento;
E = potenza termica ceduta per evaporazione (traspirazione e sudorazione);
S = differenza tra la potenza termica acquisita e dissipata dal corpo umano.

I termini C_{RES}, E_{RES}, K, C, R sono preceduti dal segno + se nello scambio termico si ha guadagno netto di energia, e viceversa sono preceduti dal segno – se si ha perdita netta di energia. Quando S = 0 viene stabilita la condizione di omeotermia con conseguente sensazione termicamente neutra. Se S > 0 la potenza termica in ingresso è maggiore di quella in uscita, con conseguente sensazione di caldo. Se S < 0 al contrario, la potenza termica in ingresso è minore di quella in uscita, con conseguente sensazione di freddo.

Ciascuno dei termini presenti nella equazione (1.1) risulta funzione di una o più delle quantità fisiche che caratterizzano l'ambiente da un punto di vista termoigrometrico, nonché da una o più quantità riconducibili al singolo individuo (tipo di lavoro svolto, abbigliamento, acclimatamento, allenamento, alimentazione, dimensione corporea, temperatura cutanea ...).

In prima approssimazione tuttavia i termini che compaiono nella equazione (1.1) possono essere espressi complessivamente in funzione di soltanto sei parametri, di cui quattro sono quantità fisiche e vengono identificate come parametri ambientali e due risultano descrittori di specifiche caratteristiche dell'individuo e sono identificati come parametri individuali. La Tabella 1.1 ne riassume denominazioni, simboli ed unità di misura.

In ambienti moderati non esistono rischi per la salute dell'individuo e gli indici sintetici di rischio mirano esclusivamente alla quantificazione del confort/disconfort. A tal fine si utilizza una quantità nota come PMV, acronimo di Predicted Mean Vote (voto medio previsto), caratterizzata da una forte correlazione statistica con la quantità S vista in precedenza, che esprime il giudizio medio di qualità termica relativo alle condizioni microclimatiche in esame, espresso in una scala di sensazione termica a 7 punti (-3 = molto freddo 0 = neutro +3 = molto caldo). In questo modo si ha direttamente la percezione della qualità dell'ambiente termico.

Tabella 1.1: Parametri ambientali ed individuali che caratterizzano il rapporto individuo-ambiente

Quantità	Simbolo	Unità di misura
temperatura dell'aria	t_a	°C o K
temperatura media radiante	t_r	°C o K
pressione parziale del vapore acqueo	p_a	Pa (1 Pa = 1 N/m ²)
velocità relativa dell'aria	v_{ar}	m/s
attività metabolica (o dispendio metabolico o metabolismo energetico)	M	W/m ² o <i>met</i> (1 <i>met</i> = 58,2 W/m ² pari a 104,8 W per la superficie corporea standard di un individuo adulto pari a 1,8 m ²)
isolamento termico del vestiario	I_{cl}	m ² K/W o <i>clo</i> (1 <i>clo</i> = 0,155 m ² K/W)

Esiste un ampio consenso riguardo al fatto che l'indice PMV sia il miglior descrittore statistico del confort microclimatico globale in ambienti termici moderati.

Poiché però si tratta di un valore medio, esso sottintende l'esistenza di una variabilità individuale. Di conseguenza, anche per un gruppo di individui esposti ad identiche condizioni microclimatiche, non è possibile individuare una situazione ideale, valida per tutti.

All'indice PMV risulta direttamente associato un secondo indice noto come PPD, acronimo di Predicted Percentage of Dissatisfied, che indica la percentuale di soggetti che si ritengono insoddisfatti dalle condizioni microclimatiche in esame. La relazione fra PPD e PMV, mostrata nella Figura 1.1, è data dalla espressione:

$$PPD = 100 - 95 \times \exp -(0,03353 \times PMV^4 + 0,2179 \times PMV^2) \quad (1.2)$$

dalla quale si deduce che esiste un valore minimo di PPD pari al 5% in corrispondenza di $PMV = 0$.

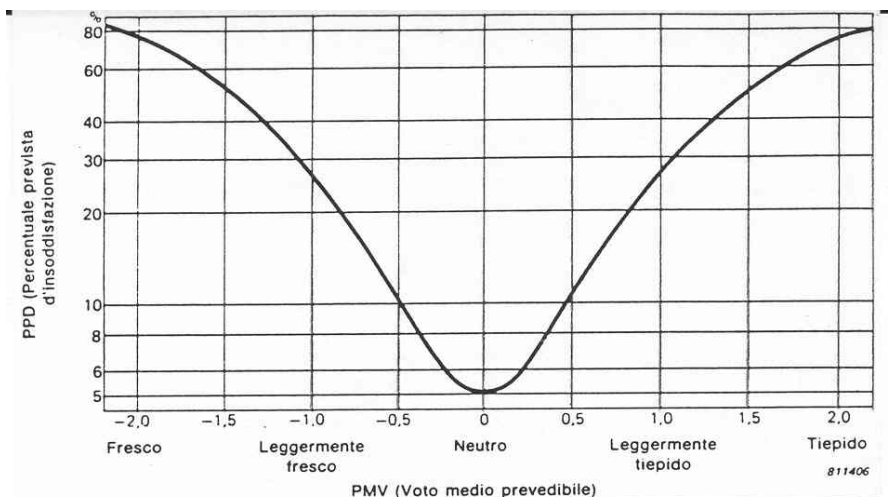


Figura 1.1: Percentuale prevista di insoddisfatti (PPD) in funzione del voto medio previsto (PMV)

Il calcolo degli indici PMV e PPD può venire eseguito mediante il software che viene solitamente fornito a corredo di una centralina di misura. In alternativa è possibile utilizzare il software PSYCHTOOL, che può essere scaricato gratuitamente in formato .zip nella sezione software della pagina web:

www.squ1.com/site.html/

oppure eseguire il calcolo on-line ad esempio alla pagina web:

<http://penman.es.mq.edu.au/~rdedear/pmv/>

Entrambi questi strumenti di calcolo forniscono, accanto al PMV, numerose altre quantità relative all'equilibrio termico di un soggetto. Il codice di calcolo (BASIC) che consente il calcolo degli indici può altresì essere visionato nell'appendice B della norma tecnica UNI EN ISO 7730:1997.

A rigore, gli indici PMV e PPD risultano idonei alla valutazione di ambienti termici moderati soltanto in presenza di condizioni microclimatiche stazionarie. La nuova versione dello standard internazionale ISO/FDIS 7730:2005 quantifica la tolleranza con la quale le condizioni non stazionarie possono comunque essere valutate, specificando che:

- in caso di fluttuazioni di temperatura cicliche, la variazione picco-picco deve risultare inferiore ad 1°C ;
- in caso di derive termiche, il gradiente non deve superare i 2°C/h .

In queste condizioni, ponendosi come obiettivo una incertezza del PMV dell'ordine di $\pm 0,25$, la valutazione del confort/disconfort effettuato nelle condizioni ambientali "peggiori" (di massimo caldo o di massimo freddo, come normalmente occorre fare), risulta associabile ad un intervallo temporale minimo dell'ordine di 1 ora.

Tabella 1.2: Intervalli di applicabilità dei parametri ambientali ed individuali nella valutazione del PMV

Quantità	Simbolo	Intervallo utile	Unità di misura
temperatura dell'aria	t_a	$+10 \div +30$	$^{\circ}\text{C}$
temperatura media radiante	t_r	$+10 \div +40$	$^{\circ}\text{C}$
pressione parziale del vapore acqueo	p_a	$0 \div 2700$	Pa
velocità relativa dell'aria	v_{ar}	$0 \div 1$	m/s
attività o dispendio metabolico	M	$0,8 \div 4$	met
isolamento termico del vestiario	I_{cl}	$0 \div 2$	clo

La norma tecnica UNI EN ISO 7730 raccomanda di utilizzare gli indici PMV e PPD soltanto quando tutti i sei parametri ambientali e individuali coinvolti nel processo che ne consente il calcolo risultano compresi nei relativi intervalli, indicati nella Tabella 1.2.

L'uso degli indici PMV e PPD viene inoltre raccomandato soltanto fintantoché il valore dell'indice PMV stesso risulta compreso all'intervallo $[-2 \div +2]$. Ciò a causa del fatto che all'esterno di tale intervallo (percentuale prevista di insoddisfatti oltre il 75%) l'associazione del PMV con la sensazione di confort termico non è adeguatamente supportata da evidenze sperimentali.

1.2.2 Indici di disconfort locale

Accanto al disconfort "globale", adeguatamente descritto dalla distanza da una condizione di neutralità termica del corpo umano, sono stati evidenziati numerosi fattori di disconfort "locale" legati alla presenza di disomogeneità nel riscaldamento o raffreddamento del corpo umano, e più precisamente alla presenza di:

- 1) correnti d'aria;
- 2) un gradiente verticale di temperatura;
- 3) pavimenti con temperatura eccessivamente alta o bassa;
- 4) asimmetria radiante.

Questi fattori di disturbo vengono quantificati e valutati mediante quattro "indici di disconfort locale". La norma tecnica UNI EN ISO 7730 contiene intervalli di accettabilità per questi quattro indici, sintetizzati nella Tabella 1.3 accanto alle percentuali di insoddisfatti PD ad essi associate.

Tabella 1.3: Valori limite per gli indici di discomfort locale

Quantità	Limite massimo o Intervallo di accettabilità	PD massima raccomandata
correnti d'aria (*)	$v_{a,l} < 0,11 \div 0,15 \text{ m/s (20°C)}$ $v_{a,l} < 0,17 \div 0,26 \text{ m/s (26°C)}$	15%
differenza verticale di temperatura	$\Delta t_{a,v} < 3^\circ\text{C}$	5%
temperatura del pavimento	$19 < t_f < 29^\circ\text{C}$	10%
asimmetria radiante	$\Delta t_{pr} < 10^\circ\text{C (vert.)}$ $\Delta t_{pr} < 5^\circ\text{C (orizz.)}$	5%

(*) vedi la Figura 1.2 per maggiori dettagli

Le correnti d'aria sono la più comune causa di discomfort locale. A questo riguardo la norma tecnica UNI EN ISO 7730 contiene un'equazione per il calcolo della percentuale di soggetti disturbati:

$$PD = (34 - t_{a,l}) \times (v_{a,l} - 0,05)^{0,62} \times (0,37 \times v_{a,l} \times Tu + 3,14) \quad (1.3)$$

dove:

PD= percentuali di insoddisfatti (nella UNI EN ISO 7730:1997 indicata con DR)
 $t_{a,l}$ = temperatura locale dell'aria [$^\circ\text{C}$];
 $v_{a,l}$ = velocità media locale dell'aria [m/s];
 Tu = turbolenza [%], definita come il rapporto fra la deviazione standard e la velocità media dell'aria.

L'equazione (1.3) si applica a soggetti che svolgono attività lavorativa leggera, per i quali PMV è non distante da 0, e per correnti d'aria dirette nella zona del collo. Per correnti che investono braccia o piedi l'equazione (1.3) sovrastima la percentuale di soggetti disturbati.

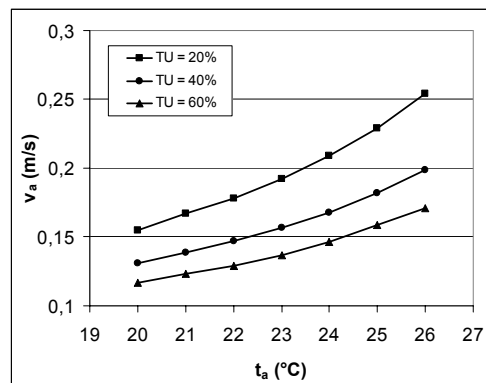


Figura 1.2: Valori limite della velocità dell'aria per l'accettabilità di correnti d'aria

L'equazione (1.3) si applica per temperature comprese fra 20 e 26°C, velocità dell'aria comprese fra 0,05 e 0,5 m/s (per $v_{a,l}$ inferiore a 0,05 m/s DR viene imposto pari a 0), e turbolenze comprese fra 10 e 60% (se questa quantità non è conosciuta, può essere utilizzato un valore pari al 40%). Essa mostra come il disagio sia tanto più avvertito quanto più bassa è la temperatura del flusso d'aria.

La Figura 1.2 mostra l'andamento della velocità dell'aria massima accettabile in funzione della temperatura e della variabilità del flusso, quantificata dal parametro turbolenza Tu . Come evidenziato nella Tabella 1.3, l'accettabilità viene determinata imponendo che la percentuale di disturbati da correnti d'aria si mantenga al di sotto del 15%.

Relativamente agli altri fattori di discomfort locale, è possibile stimare la percentuale di insoddisfatti PD dalle Figure 1.3, 1.4 e 1.5, ovvero mediante le successive espressioni algebriche approssimate.

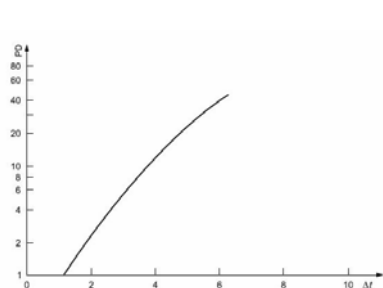


Figura 1.3: Percentuale di insoddisfatti per la differenza verticale di temperatura

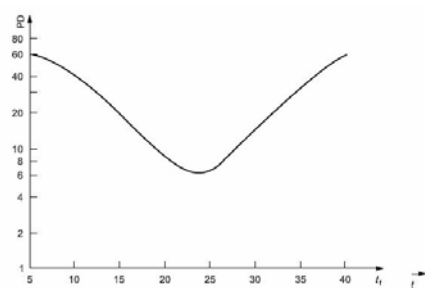


Figura 1.4: Percentuale di insoddisfatti da pavimenti caldi o freddi

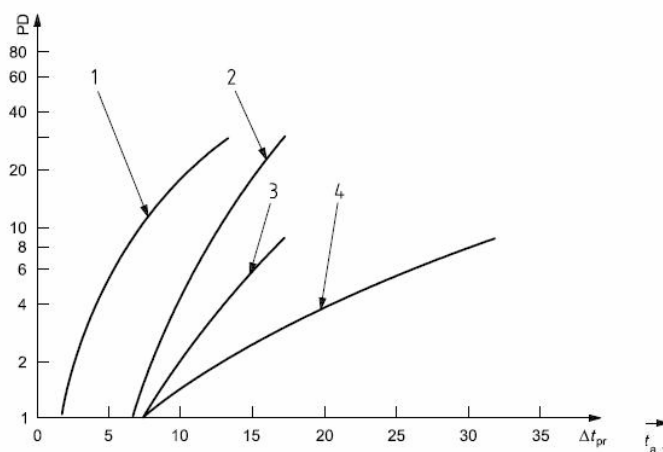


Figura 1.5: Percentuale di insoddisfatti da asimmetria radiante. 1-soffitto caldo; 2-parete fredda; 3-soffitto freddo; 4-parete calda

Per l'uso delle seguenti espressioni algebriche approssimate si richiede che le variabili risultino interne agli intervalli specificati:

- per la differenza verticale di temperatura ($\Delta t_{a,v} < 8^\circ\text{C}$)

$$PD = \frac{100}{1 + \exp(5,76 - 0,856 \times \Delta t_{a,v})} \quad (1.4a)$$

- per la temperatura del pavimento ($5 < t_f < 35^\circ\text{C}$)

$$PD = 100 - 94 \times \exp(-1,387 + 0,118 \times t_f - 0,0025 \times t_f^2) \quad (1.4b)$$

- per l'asimmetria radiante da soffitto caldo (warm ceiling) ($\Delta t_{p,r} < 23^\circ\text{C}$)

$$PD = \frac{100}{1 + \exp(2,84 - 0,174 \times \Delta t_{pr})} - 5,5 \quad (1.4c)$$

- per l'asimmetria radiante da parete fredda (cool wall) ($\Delta t_{p,r} < 15^\circ\text{C}$)

$$PD = \frac{100}{1 + \exp(6,61 - 0,345 \times \Delta t_{pr})} \quad (1.4d)$$

- per l'asimmetria radiante da soffitto freddo (cool ceiling) ($\Delta t_{p,r} < 15^\circ\text{C}$)

$$PD = \frac{100}{1 + \exp(9,93 - 0,50 \times \Delta t_{pr})} \quad (1.4e)$$

- per l'asimmetria radiante da parete calda (warm wall) ($\Delta t_{p,r} < 35^\circ\text{C}$)

$$PD = \frac{100}{1 + \exp(3,72 - 0,052 \times \Delta t_{pr})} - 3,5 \quad (1.4f)$$

1.2.3 Valori di confort per gli ambienti termici moderati

Un ambiente termico moderato viene considerato confortevole secondo la norma tecnica UNI EN ISO 7730 quando sono simultaneamente soddisfatti i criteri di confort globale e locali, ovvero se:

- a) PMV risulta in valore assoluto pari o inferiore a 0,5, tale cioè da mantenere il PPD ad un livello pari o inferiore al 10%;
- b) ciascuno dei fattori di discomfort locale discussi al punto 1.2.2 si trova all'interno degli intervalli riportati nella Tabella 1.3 e sia tale pertanto da mantenere la relativa percentuale di insoddisfatti inferiore alla PD massima raccomandata, anch'essa mostrata nella Tabella 1.3.

E' impossibile prevedere esattamente la percentuale di individui complessivamente insoddisfatti, in quanto sono spesso gli stessi soggetti a dimostrarsi sensibili ai diversi fattori di disturbo locale. In questo senso, le percentuali di insoddisfatti per le varie cause non vanno mai sommati.

La norma tecnica UNI EN ISO 7730:1997 (*) stima che, se entrambe le condizioni a) e b) vengono soddisfatte, la percentuale complessiva di individui insoddisfatti non sia superiore al 20%.

() La nuova versione dello standard internazionale ISO/FDIS 7730:2005 contiene uno schema valutativo analogo, condizionando l'accettabilità di un ambiente termico al soddisfacimento simultaneo dei criteri globale e locali, ma con una maggiore articolazione, ovvero richiedendo che:*

- a) PMV risulti in valore assoluto, pari o inferiore a 0,2 a 0,5 e a 0,7 rispettivamente, tale cioè da mantenere il PPD ad un livello pari o inferiore al 6%, 10% e 15% rispettivamente, per ambienti che vengono classificati di categoria A, B e C rispettivamente;*
- b) ciascuno dei fattori di discomfort locale discussi al punto 1.2.2 sia tale da mantenere la relativa percentuale di insoddisfatti inferiore ad una determinata soglia, che assume valori crescenti passando dalla categoria A alla categoria C.*

1.3 CONTROLLO DEL MICROCLIMA AI FINI DEL CONFORT

In questo tipo di ambienti il datore di lavoro deve provvedere a rendere il microclima il più possibile prossimo alla zona di benessere termico e, come abbiamo visto, ciò significa il raggiungimento di una situazione nella quale le condizioni termoigrometriche sia generali sia locali sono considerate soddisfacenti da una larga maggioranza dei presenti.

E' utile ricordare che il discomfort in ambienti moderati può derivare tanto dalla percezione globale del corpo umano quanto da situazioni di disagio localizzate e può essenzialmente essere ricondotto a sensazioni di caldo, di freddo o di eccessive correnti d'aria.

Il problema del contenimento degli sbalzi termici verrà discusso nel paragrafo 1.4.

Come noto, la situazione climatica di un locale dipende da un insieme di fattori, molti dei quali sono decisi a livello di progettazione dell'edificio (situazione climatica esterna, soleggiamento, isolamento termico delle pareti, rapporti aeranti...), ma sui quali si può intervenire anche successivamente; questi fattori possono trovare adeguamenti per cui il ricorso alla regolazione termoigrometrica con impiantistica dedicata, anche nel caso di ambienti moderati-caldi, non costituisce l'unica risposta possibile.

Risulta evidente che il miglior presupposto per un ambiente gradevole dal punto di vista microclimatico sia quello di mettere in atto tutte le misure utili a raggiungere condizioni di confort in modo naturale (con questo contribuendo anche ad un apprezzabile risparmio energetico) ed in particolare:

- collocazione dell'edificio nel territorio, soprattutto rispetto al soleggiamento ed alla ventosità, con un approccio tipicamente di natura progettuale;
- buon isolamento termico, in opera, delle pareti e delle superfici vetrate che si affacciano all'esterno. Questi aspetti, sui quali occorre rilevare la scarsa efficacia della legislazione in essere sino al 2005, sono tornati all'attenzione dei

tecniche per la promulgazione di un decreto legislativo, il 192/05, che recepisce la direttiva comunitaria 2002/91/CE e che classifica (e valorizza) gli edifici sulla base della riduzione dei consumi energetici attesi;

- possibilità di schermare l'irraggiamento solare diretto, mediante dispositivi più o meno oscuranti quali frangisole, tende veneziane, tende (in plastica o stoffa), pellicole riflettenti (che possono anche migliorare la sicurezza antisfondamento delle superfici vetrate), ecc... Tali sistemi risultano tanto migliori quanto più sono flessibili (e consentono quindi di filtrare una frazione arbitraria del flusso solare) e non incidono negativamente sul carico termico del locale;
- presenza di buoni rapporti aeranti (quanto meno allineati ai requisiti dei Regolamenti edilizi) e di una loro corretta distribuzione sulle diverse pareti per favorire una buona ventilazione naturale, particolarmente efficace se risulta possibile mantenerla anche nel periodo notturno.

Naturalmente, nel caso ciò non sia sufficiente (e, almeno per il riscaldamento invernale, questa è la condizione normale nel nostro clima), vanno adottati quegli ulteriori provvedimenti che modifichino le condizioni ambientali agendo su una o più quantità fisiche in modo da portare gli indici di qualità all'interno degli intervalli di confort. Ciò significa, tanto per il riscaldamento quanto il raffrescamento o il raffreddamento, quasi sempre ricorrere ad impiantistica specifica.

Purtroppo, invece, si riscontrano ancora luoghi di lavoro in cui, pur in presenza di addetti ed in assenza di reali motivazioni produttive, non è garantito il riscaldamento degli ambienti e nemmeno quello localizzato dei posti di lavoro (soluzione indicata dall'art.11, comma 5, del DPR 303/56). D'altra parte, anche qui purtroppo, sono molti i luoghi di lavoro in cui per errate scelte progettuali o per successive scelte gestionali, si sono realizzati ambienti con ridotta capacità di isolamento termico, minime finestrate apribili e/o collocate in modo scorretto (es.: 1 solo lato finestrato; finestre tutte in alto; ecc...) o altro ancora, e nei quali il ricorso ad impianti per la ventilazione, il raffrescamento (*) o il condizionamento estivo non è garantito.

() per raffrescamento (evaporativo) si intende l'immissione in un locale di aria a temperatura inferiore di quella ambiente ottenuta (anziché con un tradizionale sistema refrigerante ad espansione) facendo passare l'aria attraverso una lamina d'acqua e sfruttando l'assorbimento di energia termica connesso all'evaporazione di parte di quell'acqua. I vantaggi di questo metodo, utilizzabile anche in limitati spazi esterni, sono legati all'immissione di aria esterna in locali in cui la ventilazione generale è spesso carente, ai bassi costi d'acquisto e di gestione.*

Per il resto, le direttrici di intervento che consentono di superare i problemi di confort microclimatico sono estremamente differenziate, ma le più frequenti riguardano:

- adozione di sistemi di apertura e chiusura dei portoni che riducano al minimo gli scambi termici tra l'esterno e l'interno (porte a barriera/lamina d'aria, punti di carico con portali di tipo "isotermico" –a cuscini/a tenuta-, portone sezionale e

pedana di livellamento) per evitare inutili raffreddamenti invernali e riscaldamento estivi;

- posizionamento delle postazioni fisse di lavoro in distanza dalle porte che si affacciano su ambienti esterni o non controllati dal punto di vista termoigrometrico ovvero lontane da importanti sorgenti radianti;
- interposizione di schermi che evitino l'esposizione diretta del soggetto alla radiazione emessa da superfici molto calde o molto fredde interne o esterne all'ambiente. L'assenza (o la minor presenza) di corpi a temperature elevate o molto basse nel campo di vista del soggetto produce una riduzione della asimmetria radiante e una condizione di maggior favore per il controllo degli indici di confort globale;
- controllo del carico termico interno degli ambienti: presenze eccessive di macchine/persone/attività apportano energia termica che l'impiantistica può non essere più in grado di controllare;
- riduzione (o, talvolta, aumento) delle velocità dell'aria con appropriati ventilatori e anemostati ovvero bilanciamento delle portate d'aria nei diversi locali e/o regolazione delle direzioni del flusso. Particolarmente negli ambienti moderati-freddi è bene verificare che la velocità dell'aria sul posto di lavoro non divenga eccessiva. In generale, poiché il disturbo aumenta abbastanza velocemente all'aumentare della velocità del flusso, è importante fare attenzione a posizionare le bocchette soprattutto di entrata lontano dalle postazioni di lavoro ed indirizzare opportunamente il flusso d'aria eventualmente utilizzando dei deviatori di flusso. Inoltre è raccomandabile che le bocchette o i diffusori per l'immissione d'aria siano in numero sufficiente a mantenere basse la velocità dell'aria immessa in ambiente.
- potenziamento delle prestazioni dell'impianto RCV per quanto riguarda la capacità di controllo di uno o più dei parametri temperatura, umidità relativa, portata di aria immessa;
- dotazione nei diversi ambienti di regolatori autonomi dei parametri termoigrometrici, favorendo una regolazione più vicina alle esigenze individuali degli occupanti;
- aumento dell'umidità relativa invernale e riduzione di quella estiva.

Oltre alle misure di carattere tecnico possono infine essere adottate misure a carattere procedurale, che si debbono integrare con i percorsi di informazione e formazione degli operatori. Le situazioni che rendono utile l'adozione di procedure sono estremamente diverse e possono ad esempio riguardare le tempistiche di attivazione degli impianti RCV in funzione delle tempistiche di accesso dei lavoratori negli ambienti o le occasioni e le modalità di utilizzo degli apprestamenti di controllo dei parametri termoigrometrici.

Negli ambienti termici moderati, fatta eccezione per interventi su comportamenti individuali che vanno contro il "buon senso", le modifiche all'abbigliamento non devono essere utilizzate come strumento di controllo del microclima se non come *extrema ratio* in casi particolari.

1.4 SBALZI TERMICI

Uno dei problemi connessi alla presenza di impianti di condizionamento è legato agli sbalzi termici subiti dai soggetti in entrata/uscita dall'ambiente condizionato. E' infatti naturale che la temperatura del nucleo corporeo venga stabilita primariamente sulla base delle esigenze di chi vi svolge attività lavorativa e che vi permane per tempi lunghi. Sbalzi termici elevati sono naturalmente possibili sia in inverno che in estate. Tuttavia il notevole isolamento termico che caratterizza l'abbigliamento invernale riduce notevolmente la sensibilità a repentine variazioni della temperatura ambientale. Le situazioni più critiche si presentano pertanto in corrispondenza di condizioni estive estreme nelle quali non è difficile creare differenziali dell'ordine di $10 \div 15^{\circ}\text{C}$ fra interno ed esterno, che possono preludere a danni per la salute. Di conseguenza, si raccomanda di predisporre una zona di transizione non condizionata, anche di dimensioni limitate, nella quale mantenere condizioni termiche intermedie fra quelle esterne e quelle interne per permettere l'acclimatamento prima di entrare/uscire dal locale.

Qualora fosse oggettivamente impossibile ricavare questa zona, si consiglia di aumentare la temperatura interna nei giorni estivi più caldi, in modo da non esasperare la differenza esterno- interno. Poiché tuttavia l'ambiente deve essere comunque adattato primariamente alle esigenze di chi vi lavora, non vanno superati i valori di temperatura dell'aria che definiscono il limite superiore del confort per condizioni tipiche estive, ad esempio circa 26°C per attività molto moderate ($1 \div 1,2$ met) e vestiario consono alla stagione ($0,5 \div 0,6$ clo).

2 - STRESS DA CALDO E DA FREDDO

Gli ambienti termici nei quali specifiche ed ineludibili esigenze produttive (vicinanza a forni ceramici o fusori, accesso a celle frigo o in ambienti legati al ciclo alimentare del freddo, ...) o condizioni climatiche esterne in lavorazioni effettuate all'aperto: in agricoltura, in edilizia, nei cantieri di cava, nelle opere di realizzazione e manutenzione delle strade ...) determinano la presenza di parametri termoigrometrici stressanti vengono definiti "severi".

Dati i rischi alla salute che comporta, un ambiente severo (tanto caldo quanto freddo) trova una sua giustificazione soltanto quando esso permane tale a valle della adozione di tutte le possibili misure tecniche a protezione dei lavoratori.

In ambienti termici severi al sistema di termoregolazione viene richiesto un impegno gravoso nel tentativo di mantenere condizioni organiche accettabili. In questi casi, accanto ai parametri termoigrometrici ambientali, del carico di lavoro ecc..., risulta fondamentale la conoscenza dei meccanismi fisiologici della termoregolazione e di quelli delle patologie da alte e basse temperature. Per i rischi che gli ambienti severi caldi o freddi comportano, è importante sottolineare come essi vadano sempre valutati anche sulla base di dati oggettivi, ottenuti con adeguati rilievi strumentali e non solo sulla base di semplici e generiche "sensazioni" del valutatore (tipicamente: datore di lavoro, R-SPP, consulente). In tali ambienti i lavoratori vanno infatti tutelati con misure organizzative (es.: pause), con dispositivi di protezione individuale (DPI), con una specifica informazione e formazione ed un adeguato controllo sanitario che necessitano di valori strumentali.

I riferimenti legislativi fondamentali (*) per la valutazione degli ambienti termici severi sono gli articoli 11 e 13 del DPR 303/56.

() Fanno eccezione i lavori (cantieri) in sotterraneo e nell'esercizio di cave e miniere, per i quali valgono i dispositivi di legge specifici di settore DPR 320/56 e DPR 128/59 che, tra l'altro, fissano anche dei valori limite. In estrema sintesi sono definite una temperatura massima di 30-32°C considerata compatibile con l'esecuzione di attività della durata di 8 h/giorno ed è invece vietata la normale attività al superamento dei 35°C.*

Come già affermato nella sezione sugli ambienti termici moderati, questi riferimenti non contengono alcun criterio quantitativo di accettabilità né alcun indice sintetico. È pertanto necessario sostenere i principi contenuti nel testo di legge con le indicazioni presenti nella normativa tecnica.

2.1 AMBIENTI TERMICI SEVERI CALDI

2.1.1 Fisiopatologia delle alte temperature

In ambienti termici severi caldi l'obiettivo del comfort termico non è perseguibile. In condizioni termo-igrometriche lontane da quelle ottimali, ma comunque non estreme, la temperatura del nucleo corporeo tende a diventare troppo alta ed allora il

sistema termoregolatore si attiva al fine di dissipare calore attraverso la vasodilatazione, la sudorazione e la diminuzione della produzione di calore e, quindi, di limitare l'accumulo termico.

Quando però i meccanismi di termoregolazione non sono più sufficienti a mantenere l'equilibrio termico, la temperatura del nucleo corporeo si innalza provocando manifestazioni patologiche anche gravi che, se non trattate, possono avere conseguenze persino fatali.

Le patologie da alte temperature possono essere determinate da un protratto funzionamento dei meccanismi di termoregolazione, attraverso la determinazione di disordini dovuti alla instabilità del sistema cardiocircolatorio (edema e collasso), a squilibri idro-elettrolitici ovvero dal blocco di tali meccanismi.

L'instabilità del sistema cardio-circolatorio può condurre ad edema, spesso solo delle estremità, ed a sincope da calore (collasso), vale a dire una transitoria ipossia cerebrale con perdita della coscienza. Quest'ultima manifestazione è importante in quanto costituisce un avvertimento di condizioni predisponenti al colpo di calore.

Gli squilibri idro-elettrolitici invece sono responsabili di esaurimento da calore con deplezione di sali (caratterizzato in particolare da spossatezza, vertigini, nausea e vomito, cefalea) e crampi da calore che interessano solitamente i muscoli più utilizzati. Collateralmente possono manifestarsi disturbi dermatologici sotto forma di eruzioni cutanee e vescicole tendenzialmente eczematose.

Il blocco centrale dei sistemi di termoregolazione sembra essere l'eziopatogenesi più accreditata del colpo di calore. Esso è spesso dovuto ad una serie di fattori tra loro variamente combinati, determinati da elevata temperatura ambientale, acclimatamento inadeguato, dieta ricca di carboidrati e grassi ed assunzione di alcool, assunzione di farmaci, patologie intercorrenti (diabete, ipertensione, ecc...).

Il colpo di calore può insorgere improvvisamente ed iniziare con perdita di coscienza o essere preceduto da cefalea, vertigini, astenia, incoordinazione motoria e disturbi addominali. Il quadro può portare a delirio e coma e l'indice di letalità è altissimo: la temperatura rettale è invariabilmente al di sopra dei 40,5°C.

Quando tale temperatura sale al di sopra di 41 ÷ 42,5°C cominciano ad essere danneggiati numerosi organi (in particolare cervello, fegato e rene) e si può arrivare anche alla morte.

2.1.2 Indici di rischio

Per la valutazione dello stress in ambienti termici severi caldi le norme tecniche armonizzate forniscono due procedure di valutazione: il WBGT ed il PHS, in seguito descritti. Innanzitutto è necessario sottolineare che sono caratterizzati da un diverso grado di complessità: il WBGT è un criterio semplice, per uso di routine, mentre il PHS è più analitico. La loro applicazione congiunta, come peraltro suggerito dalle norme, consente sia l'analisi di situazioni di esposizione semplici e ripetitive, che l'analisi di situazioni complesse e particolari, mantenendo un buon livello di coerenza delle valutazioni.

Più normalmente possono essere impiegati in modo sequenziale: il criterio WBGT per selezionare le condizioni eventualmente meritevoli di particolare approfondimento ed il PHS per portare a termine tale approfondimento nel caso il WBGT superasse i valori limite previsti.

2.1.3 Valutazioni mediante PHS

La procedura più dettagliata e affidabile per la valutazione dello stress in ambienti termici severi caldi è la “Predicted Heat Strain” (PHS), descritta nella norma tecnica UNI EN ISO 7933:2005.

A somiglianza di quella utilizzata in ambienti termici moderati, questa procedura si fonda sulla nozione che le condizioni ottimali coincidono con la situazione di neutralità termica, mentre lo stress termico è tanto più intenso quanto maggiore è il guadagno netto di energia.

Premesso che si tratta di uno standard molto complesso sia nella logica che nella procedura di calcolo degli indici sintetici, che certo non può essere illustrata in questa sede, è comunque importante sottolineare gli aspetti essenziali.

L'equazione che descrive il bilancio energetico del corpo umano è la stessa già illustrata nel caso di ambienti termici moderati. Tuttavia, riconoscendo il ruolo primario svolto in questi ambienti dalla sudorazione, e trascurando i termini il cui contributo risulta marginale, essa viene riformulata come:

$$E_{\text{req}} = M - W - C_{\text{RES}} - E_{\text{RES}} - C - R - dS_{\text{eq}} \quad (2.1)$$

dove E_{req} è la potenza termica che risulta necessario dissipare per sudorazione per il mantenimento di condizioni di neutralità termica. La quantità dS_{eq} , che corrisponde alla quantità S dell'equazione 1.1 per ambienti termici moderati, rappresenta la potenza termica associata all'incremento della temperatura del nucleo corporeo (t_{cr}). Tutti gli altri termini hanno lo stesso significato precedentemente illustrato al punto 1.2.1.

Il PHS offre la possibilità di seguire nel tempo l'evoluzione delle diverse quantità che descrivono la risposta fisiologica del corpo umano e ciò rappresenta una delle grandi novità che questo standard introduce rispetto alla precedente versione ISO 7933:1989 e UNI EN 12515:1999. L'altro elemento forte di novità è rappresentato dal metodo di calcolo dell'isolamento termico fornito dall'abbigliamento.

In parallelo alla evoluzione nel tempo dell'indice SW_p , e sfruttando ad ogni passo il risultato ottenuto per questa quantità, vengono calcolate le evoluzioni di altre quantità, ed in particolare:

- a) la frazione di pelle bagnata w_p nelle condizioni ambientali in esame;
- b) la quantità cumulata di acqua perduta dal corpo umano D , data dalla somma delle perdite per sudorazione e evaporazione avvenute in ogni intervallo Δt ;
- c) tre temperature caratteristiche del corpo umano, ovvero
 - c1) la temperatura della pelle t_{sk} ;
 - c2) la temperatura del nucleo corporeo t_{cr} ;
 - c3) la temperatura rettale t_{re} ,

le quali dipendono dalla differenza fra la potenza termica che dovrebbe venire dissipata per mantenere l'equilibrio termico e la potenza termica realmente dissipata.

La valutazione dell'accettabilità o inaccettabilità dell'ambiente termico in esame secondo la norma tecnica UNI EN ISO 7933:2005 viene effettuata confrontando i due indici sintetici di stress SW_{req} e w_{req} ed i due indici sintetici di strain D e t_{re} con i

rispettivi valori limite SW_{max} , w_{max} , D_{max} e $t_{re,max}$. Tali valori limite, riportati nelle Tabelle 2.1 e 2.2, risultano calcolati in base a considerazioni di carattere fisiologico, ed hanno i seguenti significati:

- la quantità SW_{max} rappresenta la massima potenza termica dissipabile per sudorazione ovvero la massima quantità di sudore evaporabile per unità di tempo (nel caso specifico quantificata in un'ora);
- la quantità w_{max} rappresenta la massima frazione di pelle dalla quale può essere realisticamente fatto evaporare il sudore;
- la quantità D_{max} stabilisce la massima perdita d'acqua compatibile con il mantenimento dei normali parametri fisiologici dell'individuo. Si tratta di un parametro con una forte variabilità biologica. Le cifre del 3% (nessun accesso a liquidi) e del 5% (libero accesso a liquidi) indicate in Tabella 2.1 rispondono all'obiettivo di proteggere da effetti nocivi (disidratazione) il 95 % dei soggetti esposti (*);

**: la norma in questione fornisce due limiti che si riferiscono uno al 50% e l'altro al 95% percentile della popolazione esposta; in questa sede si è considerato solo il secondo, più cautelativo.*

- infine la quantità $t_{re,max}$ rappresenta il valore massimo accettabile della temperatura rettale. Il valore di 38°C risulta tale da rendere molto improbabile (1/10.000) il raggiungimento di temperature del nucleo che caratterizzano situazioni di pericolo.

Tabella 2.1: Valori limite degli indici di stress per l'esposizione ad ambienti termici severi caldi

Quantità	Individui non acclimatati	Individui acclimatati
SW_{max} [g/h]	$2,6 \times (M-32) \times A_{DU}$	$3,25 \times (M-32) \times A_{DU}$
w_{max}	0,85	1

Tabella 2.2: Valori limite degli indici di strain per l'esposizione ad ambienti termici severi caldi

Quantità	Accesso ai liquidi	
	libero	nessuno
D_{max95}	5% della massa corporea	3% della massa corporea
$t_{re,max}$ [°C]	38	

Nella Tabella 2.1 la quantità A_{DU} è la cosiddetta area di DuBois e rappresenta la superficie corporea:

$$A_{DU} = 0,20247 \times \text{Altezza}^{0,725} \times \text{Peso}^{0,425} \quad (2.2)$$

Dove le unità di misura sono m² per A_{DU} , m per l'Altezza e kg per il Peso.

Il calcolo di A_{DU} può venire eseguito con facilità mediante il software accessibile on-line all'indirizzo:

www.halls.md/body-surface-area/bsa.htm

Dal confronto fra valori limite e l'evoluzione nel tempo delle quantità D e t_{re} , possono essere ottenute due stime indipendenti del tempo di esposizione massimo quotidiano all'ambiente in esame:

- $D_{lim-tre}$ rappresenta il tempo dopo il quale la temperatura rettale t_{re} raggiunge il valore limite $t_{re,max}$;
- $D_{limloss95}$ rappresenta il tempo dopo il quale la quantità di acqua complessivamente perduta supera il valore limite D_{max95} .

E' pertanto richiesto che la durata della giornata lavorativa venga limitata ad un tempo massimo dato da:

$$D_{lim} = \min(D_{lim-tre}, D_{limloss95}) \quad (2.3)$$

Nelle condizioni di bassa e media umidità che normalmente (ma non sempre) caratterizzano gli ambienti caldi in climi non tropicali, si può avere notevole sudorazione e dunque l'esposizione tende ad essere limitata dalla quantità $D_{limloss95}$.

Il calcolo degli indici sintetici di stress (SW_{req} , w_{req}) e di strain (D , t_{re}), può venire eseguito con facilità mediante il software PHS, che fa parte del pacchetto "hytrprogrammes.exe" scaricabile gratuitamente alla pagina web:

<http://www.md.ucl.ac.be/hytr/new/Download/downloadEn.htm>

che contiene anche le istruzioni per l'installazione del software. Va sottolineato che all'interno di tale codice la massa corporea è fissata a 75 kg e di conseguenza il valore limite per la perdita di liquidi D_{max95} è fissato a 3750 g (libero accesso a liquidi). Qualora la massa del soggetto in esame risulti significativamente diversa da tale valore è necessario adeguare tale valore moltiplicandolo per il rapporto (massa/75 kg).

Il codice di calcolo del software PHS (Quick Basic) può altresì essere visionato nell'appendice E della norma tecnica, ovvero scaricato alla pagina web:

<http://www.md.ucl.ac.be/hytr/new/Download/iso7933n.txt>

L'appendice F della stessa norma tecnica contiene numerosi esempi dei risultati dell'applicazione del modello a casi pratici.

L'affidabilità del metodo PHS risulta verificata soltanto all'interno di determinati intervalli stabiliti sia per i parametri ambientali che per i parametri individuali,

riportati in Tabella 2.3.

Tabella 2.3: Intervalli di applicabilità dei parametri ambientali ed individuali

Quantità	Simbolo	Intervallo utile	Unità di misura
temperatura dell'aria	t_a	+15 ÷ +50	°C
differenza fra t_a e t_r	$t_r - t_a$	0 ÷ +60	°C
pressione parziale del vapore acqueo	p_a	0 ÷ 4.500	Pa
velocità dell'aria	v_a	0 ÷ 3	m/s
attività metabolica	M	100 ÷ 450	W
isolamento termico del vestiario	I_{cl}	0,1 ÷ 1	clo

L'intervallo di applicabilità per l'attività metabolica corrisponde a circa 1 ÷ 4,3 met per un'area corporea tipica di un individuo adulto di 1,8 m². Viene inoltre raccomandata particolare cura nel trattare situazioni nelle quali si abbia:

- un valore negativo di E_{max} . Dato che E_{max} è proporzionale alla differenza ($p_{sk,s} - p_a$) ciò implica che la pressione del vapore acqueo in aria (p_a) è superiore alla tensione di vapor saturo alla temperatura media cutanea ($p_{sk,s}$) e quindi non si ha evaporazione bensì condensazione di vapore acqueo sulla pelle;
- un tempo massimo di esposizione $D_{lim} < 30$ minuti, che implica un ruolo molto forte da parte dei fenomeni che innescano la sudorazione, non adeguatamente trattati nella norma tecnica.

In queste circostanze viene richiesta una supervisione medica diretta e personalizzata sui soggetti a rischio.

Una delle opportunità che la procedura PHS offre è quella di stimare le pause con le quali interrompere l'attività negli ambienti severi caldi.

La determinazione della durata minima della pausa richiesta al termine di un periodo lavorativo pari a D_{lim} non è un risultato diretto della procedura, in quanto dipende anche dall'attività lavorativa che la seguirà. Essa va invece determinata per tentativi, verificando che una determinata sequenza di impegni lavorativi e pause, di durata arbitraria all'interno di una giornata lavorativa, risulti compatibile con il vincolo che nessuno dei due parametri di strain D e t_{re} superi mai il rispettivo valore massimo ammissibile D_{max} e $t_{re,max}$ mostrato nella Tabella 2.2.

Con queste premesse, il calcolo della durata minima della pausa può anch'esso venire eseguito con il software PHS.

2.1.4 Valutazioni mediante WBGT

Stante la complessità di applicazione della procedura PHS descritta al paragrafo precedente, è spesso utile procedere ad una veloce, anche se più grossolana, stima preliminare che consenta di valutare su basi oggettive la reale opportunità di procedere alla valutazione dello stress termico mediante la procedura più analitica.

Per questo compito risulta appropriato l'indice sintetico di rischio detto WBGT (acronimo di Wet Bulb Globe Temperature), dettagliato nella norma tecnica UNI EN 27243:1996.

L'indice WBGT viene calcolato mediante le equazioni

$$\text{WBGT} = 0,7 t_{nw} + 0,2 t_g + 0,1 t_a \quad (2.4)$$

ovvero

$$\text{WBGT} = 0,7 t_{nw} + 0,3 t_g \quad (2.5)$$

che vanno utilizzate rispettivamente per ambienti soleggiati e non soleggiati, ed i simboli t_{nw} e t_g identificano rispettivamente la “temperatura di bulbo umido a ventilazione naturale” e la “temperatura di globotermometro”.

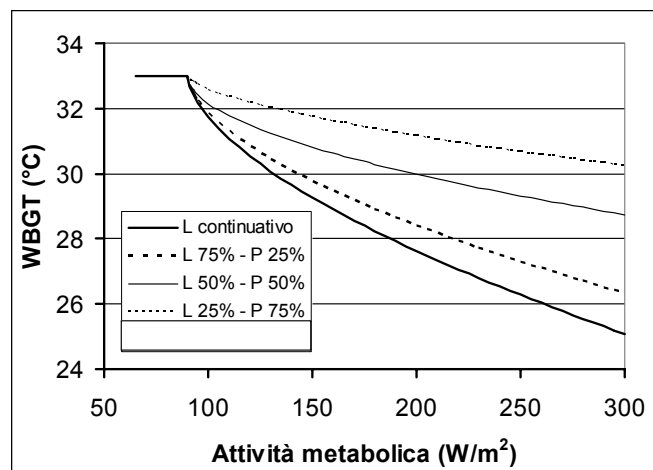


Figura 2.1: Valori limite di WBGT in funzione dell'attività metabolica. (L=lavoro; P=pausa)

La valutazione basata sull'indice WBGT assume che il vestiario possieda un isolamento termico pari a 0,6 clo, e abbia le caratteristiche di permeabilità al vapore acqueo del cotone.

I valori limite del WBGT in funzione dell'attività metabolica sono mostrati nella Figura 2.1. Questi valori valgono nell'ipotesi che il WBGT della zona di riposo sia molto vicino al WBGT dell'area di lavoro e che il soggetto sia acclimatato. Un individuo viene ritenuto acclimatato dopo lo svolgimento di una attività lavorativa in ambiente simile a quello in esame per almeno una settimana. Per individui non acclimatati i valori limite vanno abbassati di 1°C per attività metabolica sotto i 130 W/m², di 2°C fra 130 e 200 W/m², di 3°C fra 200 e 260 W/m² e di 6°C oltre i 260 W/m². Si nota che valori di WBGT crescenti sono ammissibili a patto che il ciclo lavorativo comprenda frazioni crescenti di riposo relativamente al lavoro. L'aumento del WBGT limite legato all'inserimento di lunghe pause nell'attività lavorativa è notevole per impegni metabolici elevati, ma minimo per impegni

metabolici modesti, e addirittura nullo per impegni leggeri, per i quali il valore limite del WBGT è univocamente fissato a 33°C.

In mancanza di una disponibilità di una stima affidabile dell'attività metabolica M, il valore limite di WBGT può essere identificato ricorrendo alla Tabella 2.4.

Tabella 2.4: Valori limite del WBGT per classi di attività metabolica M e per soggetti acclimatati e non.

Classe di attività metabolica	Attività metabolica, M		Valore limite di WBGT			
	Relativa ad un'area unitaria di superficie della pelle W/m^2	Totale (per un'area media della superficie della pelle di $1,8 m^2$) W	Persona acclimatata al calore °C		Persona non acclimatata al calore °C	
0 (a riposo)	$M \leq 65$	$M \leq 117$	33		32	
1	$65 < M \leq 130$	$117 < M \leq 234$	30		29	
2	$130 < M \leq 200$	$234 < M \leq 360$	28		26	
3	$200 < M \leq 260$	$360 < M \leq 468$	Aria stagnante 25	Aria non stagnante 26	Aria stagnante 22	Aria non stagnante 23
4	$M > 260$	$M > 468$	23	25	18	20
Nota - I valori dati sono stati stabiliti prendendo come riferimento una temperatura rettale massima di 38 °C per le persone in esame.						

2.1.5 Controllo del rischio da microclima in ambienti termici severi caldi

Gli ambienti severi caldi, almeno quelli indoor, sono tipicamente caratterizzati dalla presenza di intense fonti di calore che determinano una combinazione di alte temperature dell'aria e alte temperature radianti. La presenza di alti tassi di umidità può rendere ancor più gravoso l'impegno fisico richiesto al corpo umano del soggetto esposto.

Anche in questi ambienti rimangono validi la maggior parte dei principi già espressi nella sezione sugli ambienti termici moderati, che si esplicano nelle seguenti azioni:

- interposizione di schermi che evitino l'esposizione diretta del soggetto alla radiazione emessa dalle superfici calde, almeno durante le operazioni che non richiedono tale esposizione. I pannelli devono essere rivestiti di materiali metallici in modo da aumentarne le proprietà riflettenti. L'assenza (o la minor presenza) di corpi a temperature molto elevate nel campo di vista del soggetto produce una riduzione della temperatura media radiante. Naturalmente, quando possibile, vanno effettuati interventi che riducono la temperatura superficiale della sorgente, e quindi lo scambio termico con il soggetto.
- estrazione di grandi volumi di aria dalle immediate vicinanze delle sorgenti di calore. L'alta temperatura dell'aria è infatti dovuta in buona parte alla circolazione di aria che è stata riscaldata dal contatto con la superficie calda. Se tale aria viene prontamente ed efficacemente aspirata e sostituita con aria più fresca, si ottiene una apprezzabile diminuzione della temperatura dell'aria in

tutta l'area in prossimità della sorgente. E' bene verificare che la velocità dell'aria sul posto di lavoro non divenga eccessiva.

- c) installazione di cabine climatizzate, ben isolate dall'ambiente. Questa soluzione è adottabile specialmente in condizioni particolarmente critiche, come in vicinanza di forni, laminatoi, e simili attrezzature.

Ovviamente, tra le misure cautelative occorre anche considerare il controllo in continuo della temperatura stessa o degli indici di riferimento.

E' poi sempre utile ricordare che esistono anche regole di semplice e generale applicazione che possono ridurre sensibilmente i rischi da ambienti severi caldi.

Ad esempio, l'acclimatamento progressivo in occasione di esposizioni sistematiche ad alte temperature permette di adattare alcuni parametri fisiologici in modo tale da contenere i rischi; va tuttavia tenuto presente che anche una sola settimana di pausa lavorativa è sufficiente a far perdere tali capacità.

Anche la somministrazione di abbondanti liquidi ai lavoratori, in modo tale da reintegrare, almeno in parte, quanto perso con la sudorazione, fa parte di queste regole. Si ricorda che in assenza di reintegro dei liquidi perduti nel corso della attività lavorativa il periodo di esposizione a determinate condizioni ambientali è limitato al 60% di quello consentito con libero accesso a liquidi (UNI EN ISO 7933:2005) e che la somministrazione di acqua deve essere accompagnata da quella dei sali minerali che vengono persi con la sudorazione, in particolar modo sodio e potassio.

Oltre alle misure di carattere tecnico possono essere adottate importanti misure a carattere procedurale, che si debbono integrare con i percorsi di informazione e formazione degli operatori. Le procedure, che è sempre opportuno siano scritte, sono un insostituibile elemento di gestione di condizioni di esposizione:

- tecnicamente non controllabili (es.: l'esposizione a condizioni estreme in luoghi all'aperto);
- ad alto rischio potenziale, se non affrontate con la dovuta attenzione.

Per il controllo del rischio relativamente a questi due aspetti, risulta importante la formalizzazione di procedure per:

- lavori all'aperto, in quota (es.: in edilizia) o isolati (es.: in agricoltura); in questi casi, nei quali le lavorazioni vengono eseguite anche in pieno sole durante la stagione estiva, è importante definire le condizioni limite per l'effettuazione delle attività più a rischio. Ciò può essere fatto utilizzando i dati termoisometrici della zona, associati ad un dato indicativo per la temperatura radiante $t_r = 75^\circ\text{C}$. Questo valore si ottiene sommando i contributi della radiazione in equilibrio con l'ambiente (a temperature intorno a $30 - 34^\circ\text{C}$) e della radiazione solare diretta. Nel caso la lavorazione venga svolta in prossimità di una estesa superficie riflettente (ad esempio una parete di marmo), si suggerisce di portare il valore di t_r ad 80°C . L'indicazione che si fornisce è quella di evitare esposizioni di durata prossima al tempo massimo

calcolato dal software PHS per quelle condizioni ambientali, e comunque escludere l'attività quando il tempo massimo risulta inferiore a 30';

- l'accesso in luoghi caldi in raffreddamento per le operazioni di manutenzione (rimozione refrattari di rivestimento interno dei cubilotti, ripristino coibenti dei forni...) o movimentazione di materiali caldi; in questi casi, nell'ottica di definire condizioni limite, vanno stabiliti con precisione i tempi di attesa.

Infine, dove non sia possibile intervenire con i metodi finora indicati (sia per il particolare tipo di lavorazione in atto, sia per le caratteristiche dell'ambiente di lavoro) o il loro effetto sia insufficiente alla tutela della salute degli esposti, si può ulteriormente intervenire sul vestiario degli addetti, adeguandone le caratteristiche di isolamento termico e di permeabilità al vapore d'acqua alle circostanze ambientali. Per lavorazioni o interventi particolari sono oggi disponibili tute protettive più o meno complesse che permettono esposizioni estreme.

2.2 AMBIENTI TERMICI SEVERI FREDDI

2.2.1 Fisiopatologia delle basse temperature

Negli ambienti termici severi freddi il corpo umano mette inizialmente in atto sistemi per la riduzione delle dispersioni di calore (vasocostrizione) e la produzione di ulteriore calore (aumento del tono muscolare, brividi, attività muscolare...).

Altro meccanismo di difesa dal freddo è costituito dall'attivazione della cosiddetta "termogenesi chimica" nella quale la produzione di calore è mediata dalla produzione di adrenalina, tiroxina e noradrenalina (vedi paragrafo 1.1).

Quando i meccanismi di termoregolazione e le regole comportamentali non sono più sufficienti a mantenere l'equilibrio termico, la temperatura del nucleo corporeo si abbassa provocando manifestazioni patologiche anche gravi (assideramento) che, se non trattate, possono avere conseguenze invalidanti permanenti o addirittura fatali.

Le patologie da basse temperature si distinguono in sindromi di ordine generale (ipotermia) ed in lesioni locali da freddo.

L'aspetto più importante della ipotermia è l'abbassamento della temperatura del nucleo corporeo. Secondo la statunitense ACGIH i lavoratori devono essere protetti dalla esposizione al freddo in modo tale che la temperatura rettale non scenda al di sotto di 36°C. Temperature rettali inferiori ai 36°C portano infatti ad obnubilamento del sistema nervoso centrale che si evidenzia con sonnolenza, riduzione della vigilanza e della capacità decisionale, fino alla perdita di coscienza ed al coma.

I brividi di forte intensità si hanno quando la temperatura rettale scende sotto i 35°C ed essi rappresentano un ulteriore segnale di pericolo per l'individuo in quanto riducono fortemente la capacità di lavoro sia fisico che mentale.

A temperature rettali inferiori ai 32°C corrisponde un'ulteriore depressione dei meccanismi termoregolatori finanche alla inibizione della comparsa del brivido.

Quando la temperatura corporea cade sotto a $29 \div 30^\circ\text{C}$, l'ipotalamo perde completamente ogni capacità di termoregolazione (vedi Tabella 2.5).

Individui anziani, debilitati, con intossicazione da farmaci o alcool o con patologie predisponenti (quali mixedema, insufficienza ipofisaria, ipoglicemia ecc...) sono più suscettibili a contrarre patologie generali da basse temperature.

Tabella 2.5: temperatura interna (rettale) e sintomatologie correlabili (riprodotto da American Family Physician, Genn. 1982)

Temperatura interna °C	Sintomi clinici
37,6	Temperatura rettale "normale"
37,0	Temperatura orale "normale"
36,0	Il metabolismo basale aumenta nel tentativo di compensare la cessione di calore
35,0	Massima intensità dei brividi
34,0	Vittima pienamente cosciente, pressione arteriosa normale
33,0	Ipotermia grave al di sotto di questa temperatura
32,0-31,0	Obnubilamento della coscienza; pressione sanguigna difficilmente rilevabile; pupille dilatate ma reattive alla luce; i brividi cessano
30,0-29,0	Perdita progressiva di coscienza; incrementata rigidità muscolare; polso e pressione sanguigna difficili da rilevare; diminuisce la frequenza respiratoria
28,0	Possibile fibrillazione ventricolare da irritabilità miocardica
27,0	La motilità volontaria cessa; pupille non reattive alla luce; riflessi superficiali e profondi assenti
26,0	Vittima raramente cosciente
25,0	Possibilità di fibrillazione ventricolare spontanea
24,0	Edema polmonare
22,0-21,0	Rischio massimo di fibrillazione ventricolare
20,0	Arresto cardiaco
18,0	Grado massimo di ipotermia accidentale alla quale il paziente può sopravvivere
17,0	Elettroencefalogramma isoelettrico
9,0	Grado massimo di ipotermia per raffreddamento artificiale a cui il paziente può sopravvivere

L'esposizione a basse temperature di parti superficiali conduce al congelamento dei tessuti per alterazione della concentrazione di sali nei liquidi circostanti e delle componenti fosfolipidiche delle membrane e per stasi venosa associata a liberazione di sostanze istamino-simili, che portano a fenomeni trombotici-occlusivi fino alla gangrena.

2.2.2 Indici di rischio

La valutazione dello stress termico in ambienti severi freddi viene effettuata mediante una procedura detta “Isolamento richiesto”, descritta nella norma tecnica UNI ENV ISO 11079:2001.

Anche questa procedura, in analogia con quella utilizzata in ambienti termici moderati e severi caldi, si fonda sulla nozione che le condizioni ottimali coincidono con la condizione di omeotermia, mentre lo stress termico è sempre più intenso quanto più la perdita netta di energia è grande.

L'equazione di bilancio di energia del corpo umano (1.1) in termini di potenza viene in questo caso risolta per l'isolamento termico del vestiario IREQ (acronimo di Insulation REQuired, ovvero isolamento richiesto), riconoscendo l'importanza centrale di questo parametro, in assenza di efficienti meccanismi fisiologici di minimizzazione della dissipazione del calore, nel mantenere condizioni prossime a quella di omeotermia.

La procedura di valutazione degli ambienti termici severi freddi prevede la soluzione della equazione di bilancio di energia sul corpo umano in due diverse ipotesi e pertanto impone il calcolo di due diversi valori di IREQ, indicati come $IREQ_{min}$ e $IREQ_{neutral}$. Tali valori risultano capaci di assicurare rispettivamente condizioni minime accettabili (dunque con presenza di una sensibile, ma tollerabile, sensazione di freddo) e condizioni di neutralità termica.

Dal confronto di queste due quantità con l'isolamento termico I_{clr} effettivamente garantito dall'abbigliamento utilizzato, tenuto conto dell'effetto della ventilazione e del movimento del soggetto, si determina l'appartenenza del caso in esame ad uno dei tre seguenti:

- $I_{clr} < IREQ_{min}$ implica protezione insufficiente, e conseguente rischio di ipotermia;
- $IREQ_{min} \leq I_{clr} \leq IREQ_{neutral}$ definisce l'intervallo di accettabilità, garantendo condizioni caratterizzate da una sensazione soggettiva di freddo che varia da minima a significativa, senza tuttavia mai indurre significative variazioni di temperatura del nucleo e conseguenti possibili ipotermie;
- $I_{clr} > IREQ_{neutral}$ implica iper-protezione, e conseguente rischio di sudorazione, che, in presenza di un ambiente rigido, può produrre effetti nocivi; in aggiunta, l'assorbimento di umidità da parte del vestiario ne degrada le proprietà isolanti e introduce un potenziale rischio di ipotermia.

L'esposizione ad ambienti severi freddi risulta limitata ad una durata massima:

$$DLE = Q_{lim} / S \quad (2.6)$$

dove Q_{lim} è la massima perdita di energia tollerabile senza serie conseguenze, assunto pari a 40 Wh/m^2 , ed S rappresenta il raffreddamento del corpo umano il cui valore si ottiene dalla soluzione dell'equazione di bilancio di energia.

Il calcolo sia dei valori $IREQ_{min}$ ed $IREQ_{neutral}$, sia delle durate massime consentite per l'esposizione corrispondenti a condizioni di isolamento minimo (DLE_{min}) ovvero

neutro (DLE_{neu}), può venire eseguito con facilità mediante il software IREQ2002 accessibile on-line all'indirizzo:

http://www.eat.lth.se/Forskning/Termisk/Termisk_HP/Klimatfiler/IREQ2002alfa.htm

Il software richiede in input i valori dei quattro parametri ambientali e dei due parametri individuali elencati nella Tabella 1.2, e di tre ulteriori parametri, ossia la potenza metabolica utilizzata per compiere lavoro meccanico, la velocità media del soggetto esposto e la permeabilità all'aria del vestiario. Per quest'ultimo, stante la difficoltà per un utente medio di disporre di dati realistici, vengono forniti all'interno della stessa pagina web dei valori di riferimento.

E' importante precisare che nel software IREQ2002 l'accettabilità del vestiario utilizzato nell'ambiente in esame va dedotta confrontando il dato relativo all'isolamento termico "AVAILABLE basic clothing insulation" (ultima riga in input) con la quantità "REQUIRED basic clothing insulation" (seconda riga in output). Per quanto riguarda sia IREQ che DLE, il primo dato è sempre relativo alle condizioni "minime" ed il secondo alle condizioni "neutre".

L'affidabilità del metodo IREQ risulta verificata soltanto all'interno di determinati intervalli, specificati nella pagina web del software IREQ2002, e riportati in Tabella 2.6. Anche se la Tabella 2.6 non contiene limiti per l'isolamento termico del vestiario, esistono vincoli di natura pratica che di fatto restringono questa quantità a valori non superiori a 4,5 clo (unica eccezione: sacchi a pelo).

Tabella 2.6: Intervalli di applicabilità dei parametri ambientali ed individuali

Quantità	Simbolo	Intervallo utile	Unità di misura
temperatura dell'aria	t_a	< +10	°C
temperatura media radiante	t_r	-----	°C
pressione parziale del vapore acqueo	p_a	-----	Pa
velocità relativa dell'aria	v_{ar}	0,4 ÷ 18	m/s
attività metabolica	M	1 ÷ 5	met
isolamento termico del vestiario	I_{cl}	-----	clo

Una delle opportunità che il metodo IREQ permette è quella di stimare la durata delle pause con le quali interrompere l'attività negli ambienti severi freddi, onde permettere un adeguato recupero termico.

La durata di tale periodo (detta RT dall'inglese Recovery Time) può venire calcolata con lo stesso metodo con il quale viene calcolato DLE, ovvero come:

$$RT = Q_{lim} / S' \quad (2.7)$$

dove Q_{lim} è lo stesso usato in precedenza per il calcolo di DLE e S' è la differenza tra la potenza termica acquisita e dissipata dal corpo umano (questa volta positiva) risultante dalla soluzione dell'equilibrio energetico ottenuta per il soggetto (con l'opportuno abbigliamento e l'opportuna attività metabolica) nell'ambiente usato per la pausa (caratterizzato dai suoi parametri fisici). Anche la quantità RT viene calcolata dal software IREQ2002.

2.2.3 Indici di rischio locale

Analogamente a quanto avviene per gli ambienti termici moderati, anche per gli ambienti termici severi freddi esiste un indice aggiuntivo di tipo "locale" ad integrazione dell'indice "globale" IREQ. L'indice locale viene in questo caso utilizzato per proteggere il soggetto esposto dalle conseguenze di un eccessivo raffreddamento in specifiche parti del corpo (mani, piedi, testa) che, per la combinazione di modesta protezione e alto rapporto superficie/volume, risultano particolarmente sensibili al raffreddamento di tipo convettivo dovuto alla azione combinata della bassa temperatura e del vento.

L'indice sintetico utilizzato è detto "chilling temperature" ed è identificato dal simbolo t_{ch} .

Esso risulta espresso in [$^{\circ}C$] e calcolato mediante l'equazione

$$t_{ch} = 33 - WCI / 25,5 \quad (2.8)$$

dove WCI è l'acronimo di Wind Chill Index, un indice sintetico di analogo significato, ma di più difficoltosa lettura, che risulta essere una semplice funzione della temperatura dell'aria e della velocità del vento

$$WCI = 1,16 \times (10,45 + 10 \sqrt{v_a - v_a}) \times (33 - t_a) \quad (2.9)$$

I valori limite di t_{ch} contenuti nella norma tecnica UNI ENV ISO 11079:2001 sono di $-14^{\circ}C$ (soglia di allarme) e di $-30^{\circ}C$ (soglia di pericolo). Quest'ultimo valore corrisponde al livello al quale si ha congelamento della parte esposta in un'ora.

2.2.4 Controllo del microclima in ambienti termici severi freddi

Gli ambienti indoor severi freddi sono caratterizzati da temperature molto basse e tipicamente uniformi, il cui scopo è generalmente quello di mantenere nel tempo sostanze che a temperature più elevate si degraderebbero velocemente. E' pertanto difficile, spesso impossibile, intervenire sui parametri ambientali in quanto ciò determinerebbe una incompatibilità con il risultato che si intende conseguire con l'uso di un simile ambiente.

L'unico suggerimento progettuale che può essere dato con una certa generalità di applicazione riguarda la velocità dell'aria, che è una significativa concausa di problemi di ipotermia, e che pertanto va sempre mantenuta ai livelli più bassi possibili.

Il principale metodo di controllo del microclima in ambienti severi freddi è senz'altro l'abbigliamento. Come discusso nella precedente sezione 2.2.2, l'effetto legato all'utilizzo di abbigliamento con diverse caratteristiche di

isolamento termico è trattato, ed è anzi il punto centrale della procedura di valutazione dello stress descritta dalla norma tecnica UNI ENV ISO 11079:2001. Le procedure per la definizione delle proprietà isolanti dell'abbigliamento indossato per protezione dal freddo verranno discusse in maggior dettaglio nella sezione sui DPI (Parte III, Capitolo 4).

L'altro strumento di contenimento del rischio è la definizione di un adeguato schema di lavoro. In particolare, una opportuna scelta delle quantità DLE e RT, ovvero il tempo massimo di permanenza continuativa nell'ambiente e la durata minima del periodo di recupero (UNI ENV ISO 11079:2001) consente di abbassare notevolmente il rischio di ipotermia. La definizione di queste quantità è naturalmente condizionata alla conoscenza delle condizioni ambientali e dell'abbigliamento disponibile.

Esiste poi tutta una serie di misure che permettono di contenere al minimo i disagi legati al lavoro in ambienti severi freddi, quali:

- la realizzazione di un percorso controllato nei tempi e nei parametri termoigrometrici tra le condizioni esterne (che in estate possono superare i 40°C) e gli ambienti di lavoro (che possono essere anche a -20 o -25°C). Particolare importanza assumono gli spogliatoi che, in condizioni estreme, vanno preceduti e/o seguiti da ambienti di acclimatazione in modo da ridurre l'entità degli sbalzi termici ed aumentare i tempi in cui questi sono subiti dai lavoratori;
- l'installazione di uffici/box/cabine opportunamente climatizzate, ben isolate dall'ambiente, può consentire di ridurre la permanenza negli ambienti severi ai soli "tempi tecnici", ritrovando temperature gradevoli per le altre attività in cui non sono presenti particolari esigenze produttive che impongano di rimanere al freddo. Questi ambienti a microclima controllato sono anche la soluzione ideale per la fruizione delle pause soprattutto se dispongono di punti di erogazione di bevande calde.

Oltre alle misure suddette possono essere adottate importanti misure a carattere procedurale, che si debbono integrare con i percorsi di informazione e formazione degli operatori.

Ci si riferisce in primo luogo alle pause ed alle loro modalità di fruizione, che è consigliato avvengano in ambienti termicamente confortevoli, ma anche alla tutela della salute e della sicurezza di operatori che possono trovarsi ad operare a basse/bassissime temperature in condizioni di emergenza. Ecco allora che l'illuminazione di sicurezza delle celle frigo, la certezza di un sistema di apertura manuale per l'uscita in ambienti a temperatura confortevole, l'utilizzo di dispositivi atti a segnalare eventuali malori in posizioni non presidiate da altri lavoratori, sono tutti esempi di soluzioni che possono evitare infortuni dall'esito spesso drammatico.

3 - QUALITÀ DELL'ARIA INDOOR

Per “aria indoor” si intende quella presente negli ambienti confinati non industriali (quali abitazioni, uffici, ospedali, scuole ecc...): essa è caratterizzata dalla presenza di sostanze di varia natura che provengono sia dall'interno delle costruzioni (originati dalla stessa presenza umana o da emissioni di materiali e attività) che dall'esterno, ma che non sono naturalmente presenti nell'aria esterna di sistemi ecologici di elevata qualità.

Gli inquinanti presenti nell'aria indoor possono essere generati da più fonti, ognuna delle quali di difficile identificazione e non particolarmente dominante, in modo sia occasionale che continuativo: l'inquinamento indoor è spesso di modesta entità ed assume sovente un carattere diffuso.

La qualità dell'aria indoor (indicata per brevità anche con la sigla “IAQ”) ha visto nel corso degli anni un progressivo aumento, sia in numero che in concentrazione, di sostanze inquinanti aerodisperse con relative ricadute negative per gli effetti sulla salute.

Tali mutamenti sono da attribuire a due ordini di motivi: uno di tipo “politico” ed uno di tipo “strutturale”.

Il primo motivo è da attribuire alla emanazione della legge 373/76 che, per sopravvenute priorità di risparmio energetico, ha indotto ad adottare scelte costruttive che limitando gli scambi termici verso l'esterno riducono anche i ricambi d'aria.

Il secondo motivo, pressoché parallelo al primo, è da attribuire all'utilizzo di nuovi materiali per l'edilizia e per gli arredi, ed al sempre più frequente ricorso agli impianti per il condizionamento che, per recuperare una quota parte dell'energia termica, adottano un ricircolo dell'aria.

Accanto a queste due principali cause di mutamenti della qualità dell'aria indoor si deve segnalare anche la maggiore permanenza di persone all'interno di questi ambienti (nei paesi industrializzati le persone trascorrono all'interno degli edifici oltre l'80% del loro tempo) che contribuiscono essi stessi all'inquinamento atmosferico con la respirazione e l'abitudine voluttuaria al fumo di sigaretta.

3.1 EFFETTI PATOLOGICI DELL'INQUINAMENTO INDOOR

Da quanto detto in premessa si deduce come il panorama dei fattori di rischio sia decisamente complesso ed indaginoso coinvolgendo inquinanti di natura chimica, fisica e biologica.

L'elenco dei principali inquinanti indoor riportati nella Tabella 3.1 è perciò da considerarsi orientativo in quanto verosimilmente ancora incompleto.

È necessario rilevare che molti degli inquinanti indoor, essendo presenti nelle case, negli ambienti pubblici, sui mezzi di trasporto ecc..., interessano anche la vita extralavorativa della popolazione con evidenti ripercussioni sulla diffusione dell'eventuale rischio ad essi connesso e sul prolungamento dei tempi di esposizione.

Gli effetti dell'inquinamento dell'aria degli ambienti confinati possono interessare vari organi ed apparati determinando conseguenze sulla salute e sulla produttività di chi si trova a stazionare in tali ambienti.

Da notare che nonostante il miglioramento della qualità dell'aria indoor sia affidato pressoché totalmente agli impianti di condizionamento (attraverso il rinnovo e/o la filtrazione), uno degli imputati principali per il peggioramento della qualità dell'aria indoor è proprio l'impianto di condizionamento. Accanto agli indubbi vantaggi, infatti, gli impianti di condizionamento possono determinare rischi per la salute, soprattutto laddove la progettazione non sia stata corretta oppure quando si verificano trascuratezze nella manutenzione, in particolare nelle unità di trattamento dell'umidità e nel sistema di filtrazione.

Tabella 3.1: Principali inquinanti indoor

INQUINANTI	FONTI
Asbesto e Fibre minerali sintetiche	Materiali da costruzione, isolanti
Anidride carbonica (CO ₂)	Occupanti (respirazione), combustioni
Antiparassitari	Legno, aria esterna
Composti organici volatili (COV o VOC)	Arredamenti, fumo, prodotti per la pulizia, isolanti
Formaldeide (o Aldeide formica: HCHO)	Arredamenti
Fumo di tabacco (ETS)	Abitudine voluttuaria al fumo degli occupanti
Ossidi di azoto (NO e NO ₂)	Fumo di tabacco, stufe con bruciatore a camera aperta
Ossido di carbonio (CO)	Sistemi di riscaldamento e cottura, fumo di tabacco
Ozono (O ₃)	Aria esterna, strumenti elettrici ad alto voltaggio
Particolato inalabile	Fumo di tabacco, fonti di combustione, attività degli occupanti
Inquinanti microbiologici	Occupanti, animali domestici, impianti di condizionamento, aria esterna, piante
Radon	Suolo, acqua, materiali da costruzione

Le patologie riconducibili a tali esposizioni sono ascrivibili a tre gruppi principali:

- 1) quelle aventi un quadro clinico ben definito e per le quali può essere identificato uno specifico agente causale: Building Related Illness (BRI) o “Malattia correlata all’edificio”. Fra le patologie appartenenti a questo gruppo si ricordano: alveoliti allergiche estrinseche, infezioni da rickettsie, da virus e funghi, asma bronchiale, febbre da umidificatori, febbre di Pontiac e legionellosi. Le patologie appartenenti a questo gruppo sono caratterizzate da una bassa

incidenza fra gli occupanti, la patogenesi è di tipo allergico o tossico-infettivo, il quadro clinico di ciascuna malattia è ben definito e la diagnosi si giova di reperti obiettivi clinici e strumentali. Le manifestazioni non si risolvono rapidamente abbandonando il luogo di lavoro. Esempi di specifici agenti causali sono riportati nell'Allegato 1.

- 2) quelle caratterizzate da un quadro clinico sfumato non facilmente riconducibili ad un unico agente causale: Sick Building Syndrome (SBS) o "Sindrome da edificio malato".

La Sick Building Syndrome comprende un vero e proprio quadro patologico caratterizzato da disturbi plurisintomatici, aspecifici, di tipo prevalentemente irritativo a carico delle mucose delle congiuntive e delle prime vie aeree e da manifestazioni riguardanti l'apparato respiratorio, digerente, cardiovascolare, osteomuscolare, nervoso e cutaneo. Tali disturbi colpiscono la grande maggioranza delle persone esposte, per definizione l'80% o più, si presentano ripetutamente nel tempo, compaiono prevalentemente ma non esclusivamente fra gli occupanti di edifici condizionati. Le manifestazioni sono strettamente correlate con la permanenza nell'edificio e si risolvono o si attenuano rapidamente con l'allontanamento dallo stesso. Non si riconosce un fattore eziologico causale ma si ipotizza che fattori di varia natura possano contribuire a determinare tali manifestazioni.

- 3) quelle comprendenti una sindrome caratterizzata da reazioni negative del corpo umano ad agenti chimici ed ambientali presenti a concentrazioni generalmente tollerate dalla maggioranza dei soggetti: Multiple Chemical Sensitivity (MCS) Syndrome o "Sindrome da sensibilità chimica multipla". L'eziologia e la patogenesi della sindrome MCS non sono ancora chiare: i sintomi sono numerosi e più o meno intensi riguardano prevalentemente il sistema nervoso centrale con insonnia o sonnolenza, difficoltà di concentrazione, stanchezza eccessiva, depressione, ansia. Altri disturbi frequenti sono: congestione nasale, alterazione del gusto, ipersensibilità olfattiva, ecc.... Secondo la letteratura scientifica prevalente la sindrome MCS soggiace alle seguenti premesse: sintomatologia pluriorganica, riproducibile e provocata da sostanze numerose e non chimicamente affini, scatenamento dei sintomi per esposizione a concentrazioni di prodotti chimici molto basse, fenomeno arresto-ripresa, assenza di test diagnostici di funzionalità organica.

Le finalità a cui lo studio della IAQ vuole giungere sono quelle di offrire un'analisi dei principali fattori di rischio e delle condizioni che determinano la relazione esposizione/effetti sulla salute e di fornire delle indicazioni tecniche e delle linee di intervento per ridurre le concentrazioni degli inquinanti. Le norme tecniche UNI 10339:1995 e ASHRAE 62:2001 definiscono rispettivamente come obiettivi "la riduzione degli inquinanti noti negli ambienti confinati in concentrazioni tali da non arrecare danno alla salute e da non causare condizioni di malessere" o di portarle "a concentrazioni non dannose e tali che una notevole percentuale di persone (80% o più) non esprima insoddisfazione".

Qualora in un ambiente confinato vengano lamentati disturbi che suggeriscono la presenza di una SBS o BRI occorre provvedere ad una valutazione della qualità dell'aria integrata, per quanto possibile, da controlli sanitari mirati.

3.2 INDICATORI DI QUALITÀ DELL'ARIA

L'enorme varietà delle sostanze inquinanti potenzialmente presenti in un ambiente confinato rende di fatto impossibile l'individuazione di un indicatore sintetico di inquinamento dell'aria valido in generale. Di conseguenza è necessario focalizzare l'attenzione su quella classe di sostanze inquinanti che si ritiene essere la causa principale di disagio.

Tale classe viene comunemente identificata nelle sostanze bioeffluenti. La concentrazione di queste sostanze è difficile da misurare, e sono assai raramente disponibili valori limite di riferimento. Pertanto non è possibile individuare indicatori di qualità diretti.

Esiste tuttavia un indicatore di qualità indiretto, la concentrazione di CO_2 , che risulta ottimamente correlata all'insoddisfazione espressa dagli occupanti di un ambiente e cui viene quindi unanimemente riconosciuta una buona capacità descrittiva dell'inquinamento indoor di tipo antropico..

La relazione fra queste due quantità è mostrata nella Figura 3.1.

Secondo lo standard ASHRAE 62:2001 il valore limite per l'accettabilità della qualità dell'aria indoor è stabilito pari ad una differenza fra concentrazione di CO_2 interna e CO_2 esterna di 700 ppm e corrisponde a condizioni di ventilazione ritenute disagioli da circa il 20% delle persone presenti.

Poiché l'emissione di CO_2 nell'ambiente è direttamente proporzionale al metabolismo medio dei presenti, è possibile determinare la portata d'aria richiesta per mantenere la concentrazione di CO_2 nei valori di qualità richiesti.

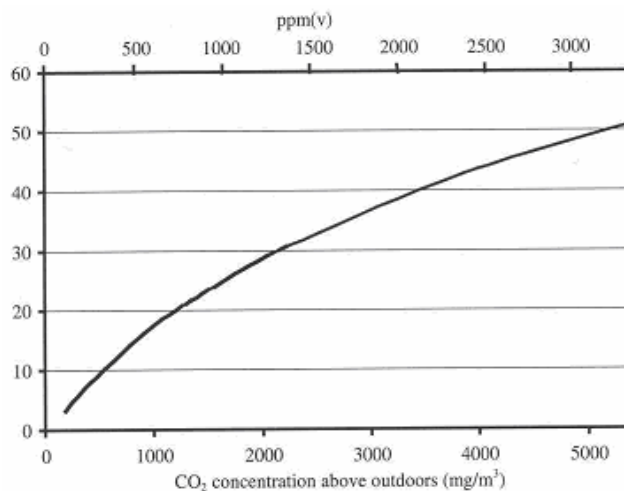


Figura 3.1: Percentuale di insoddisfatti in funzione della concentrazione di CO_2 (NISTIR 6729)

Assunto come limite il valore differenziale di 700 ppm di CO₂, prodotto dalla attività metabolica degli occupanti, è possibile calcolare il valore richiesto della portata d'aria specifica per persona (Q_p). Attraverso l'indice di affollamento previsto (n_s) e l'altezza del locale (h) è possibile risalire alla portata d'aria specifica per m² di superficie del locale (Q_s) ed il numero di ricambi orari (n) per ogni singola tipologia di ambiente.

E' importante sottolineare come i valori così determinati, derivati dalla considerazione dell'effetto inquinante dovuto alle sole sostanze bioeffluenti, rappresentano di fatto la base minima del ricambio d'aria da garantire. In ambienti nei quali esistono ulteriori fonti di inquinamento, le portate d'aria devono risultare adeguate a tenere sotto controllo tutto l'insieme delle sostanze inquinanti. Per tale motivo si è soliti descrivere le portate d'aria richieste articolandole per tipologia di ambiente e di attività (vedi Parte II).

In generale i requisiti sulla portata d'aria possono venire soddisfatti mediante una combinazione di aerazione naturale e di ventilazione forzata.

3.3 AERAZIONE NATURALE

Con il termine "aerazione naturale" (o "ventilazione naturale") si indicano gli scambi d'aria tra il locale in esame e l'ambiente circostante che avvengono sotto la spinta della pressione generata sia per effetto della diversa temperatura* del fluido tra interno ed esterno dell'edificio, sia per effetto della diversa pressione d'aria tra l'interno e l'esterno del locale.

** nella ventilazione per differenza di temperatura è il gradiente termico esistente fra l'aria all'interno e all'esterno dell'edificio che a causa della diversa densità fa salire la colonna d'aria più calda. Maggiore è la differenza di temperatura, maggiore è la differenza di altezza fra le aperture di entrata e di uscita e maggiori le dimensioni delle aperture, tanto più rilevante sarà l'effetto camino.*

Il controllo dell'aerazione naturale degli spazi chiusi è uno dei principali elementi che concorrono al mantenimento di una buona qualità dell'aria indoor, ma contribuisce anche su altri versanti al benessere dell'individuo. Più analiticamente si può affermare che l'aerazione naturale non solo ha lo scopo di assicurare un adeguato ricambio d'aria per ridurre la presenza di inquinanti nell'ambiente chiuso, ma serve anche a:

- controllare il valore di umidità relativa, riducendo la formazione di condensa del vapore d'acqua sulle pareti e quindi il rischio della formazione di colonie batteriche;
- favorire gli scambi convettivi ed evaporativi e quindi permettere una migliore termoregolazione corporea negli ambienti caldi.

E' da rilevare che l'aerazione naturale assume rilevanza anche ai fini della sicurezza antincendio, limitando la formazione di concentrazioni esplosive o asfissianti di

aerodispersi; in questo testo tuttavia sono esaminate solo le implicazioni igienistiche il cui rispetto, nella maggioranza dei casi, garantisce condizioni di sicurezza.

Le grandezze che correntemente sono utilizzate per descrivere l'aerazione naturale sono:

- RA = rapporto aerante; vale a dire il rapporto tra la superficie apribile delle finestre di un ambiente e la sua area in pianta. Si tratta di un descrittore semplice e comunemente adottato soprattutto nei regolamenti edilizi comunali ed entrato a far parte delle regole di progettazione edile;
- n = ricambi orari; vale a dire la portata specifica per m³ d'aria ambiente. Tale quantità, moltiplicata per il volume dell'ambiente stesso, determina la quantità d'aria che attraversa il locale in oggetto in 1 ora, e dunque il numero di "lavaggi" che, nell'ipotesi di perfetto miscelamento, si verifica nel locale in tale periodo.

L'aerazione naturale può avvenire in modo non controllato, attraverso crepe e interstizi (porte, finestre e cassonetti dei serramenti avvolgibili); in questo caso essa viene detta "continua" e dipende dalla classe di permeabilità all'aria degli infissi; oppure essa può avvenire in modo controllato, attraverso l'apertura volontaria di serramenti e porte; in questo caso essa viene detta "discontinua"; infine essa può essere parzialmente controllata con l'adozione di specifici accorgimenti quali l'introduzione nell'involucro esterno di bocchette di adduzione dell'aria e l'adozione di dispositivi di estrazione naturale (aeratori, camini ecc.).

3.3.1 Aerazione continua

L'aerazione continua di un ambiente è generalmente posta pari a $0,5 \div 1,0$ ricambi orari. Ad esempio, il DPR 412/93 (abrogato nel 2005) nell'art.8, comma 8, individuava un valore di riferimento "n" per la valutazione del rinnovo dell'aria, definito come la media giornaliera nelle 24 ore del numero di volumi d'aria ricambiati in un'ora, convenzionalmente fissati in 0,5 per l'edilizia abitativa.

La materia è normalmente affidata a regolamenti locali; in assenza di diverse specifiche una valutazione più analitica può essere condotta coi metodi illustrati nella nota a seguito, tratti dallo Schema di Regolamento Edilizio tipo della Regione Emilia-Romagna (DGR 268/2000)*.

***: Metodo di calcolo A (PER INFISSI CLASSIFICATI¹)**

Si scelga la pressione convenzionale differenziale p_c , misurata in pascal [Pa], in funzione della situazione in cui si trova l'infisso mediante l'uso della seguente tabella:

¹ In questo Regolamento gli infissi sono classificati dal produttore secondo la UNI 7979:1979 (attualmente sostituita dalla UNI EN 12207:2000 – n.d.r.)

	Altezza dal suolo dell'elemento [m]	Facciata protetta p_c [Pa]	Facciata non protetta p_c [Pa]
fino a 800 m s.l.m.	$h < 10$	10	20
	$10 \leq h \leq 20$	20	40
	$h > 20$	30	60
sopra a 800 m s.l.m.	$h < 10$	20	40
	$10 \leq h \leq 20$	30	60
	$h > 20$	50	80

Nota la classe A_i d'appartenenza dell'elemento di chiusura in esame¹ si calcola la portata d'aria per m^2 di superficie apribile, Q_a [m^3/hm^2], mediante le relazioni:

$$\text{infissi di classe } A_1 \quad Q_a = 1,47 \cdot p_c^{0,66}$$

$$\text{infissi di classe } A_2 \quad Q_a = 0,73 \cdot p_c^{0,66}$$

$$\text{infissi di classe } A_3 \quad Q_a = 0,23 \cdot p_c^{0,66}$$

L'infiltrazione complessiva d'aria Q [m^3/h] è data dalla seguente formula:

$$Q = \sum_i (q_{si} \cdot s_i)$$

dove s_i = superficie apribile [m^2] dell'infisso avente portata d'aria q_{si}

I ricambi d'aria "n" sono infine calcolati mediante la relazione:

$$n = Q/V \quad \text{dove } V = \text{volume dello spazio chiuso preso in considerazione;} \\ Q = \text{infiltrazione complessiva d'aria o portata d'aria.}$$

Metodo di calcolo B (PER INFISSE NON CLASSIFICATE)

L'infiltrazione complessiva d'aria Q , si ottiene mediante la seguente formula:

$$Q = l \cdot a \cdot (p_e - p_i)^{0,66} = l \cdot q_o$$

dove:

Q = l'infiltrazione complessiva d'aria o portata d'aria esterna [m^3/h]

l = lunghezza totale delle battute di porte e finestre [m]

a = coefficiente d'infiltrazione (vedi tabella a seguito, nella quale si suppone che il giunto tra il telaio delle finestre e la muratura sia eseguita a regola d'arte) ossia portata

¹ In questo Regolamento si fa riferimento alla UNI EN 42:1976 (attualmente sostituita dalla UNI EN 1026:2001 – n.d.r.)

volumica d'aria infiltrata per metro di battuta e per una differenza di pressione di 1 Pa [$m^3/hm Pa^{0,66}$]
 p_e = pressione esistente sulla facciata esposta al vento [Pa]
 p_i = pressione esistente sulla facciata protetta dal vento [Pa]
 $q_o = a \cdot (p_e - p_i)^{0,66}$ = portata volumica d'aria infiltrata per m di battuta [m^3/hm]

TIPOLOGIA DI FINESTRA:	COEFFICIENTE D'INFILTRAZIONE <i>a</i>
<i>Finestra con riquadro in legno o in materiale plastico</i>	0,54
<i>Finestra con riquadro in metallo o combinato legno metallo, senza cure particolari</i>	0.32
<i>Finestre con riquadro in metallo e sigillature adeguate</i>	0.22

Per quanto riguarda la differenza di pressione $\Delta p = (p_e - p_i)$, funzione della pressione dinamica del vento sulle facciate esposte e dell'angolo d'incidenza del vento sulle facciate, non essendo possibile calcolarla con precisione, si scelga il valore ricorrendo alle semplificazioni della Tabella a seguito.

CONDIZIONI LOCALI DEL VENTO:	SITUAZIONE	$\Delta p = (p_e - p_i)$ [Pa]	
		Insieme di alloggi; case a schiera	Case isolate
<i>Normali (valida per tutte le facciate)</i>	<i>Protetta</i>	6	10
	<i>Libera</i>	14	22
	<i>Esposta</i>	24	40
<i>Regioni ventose (valida solo per le facciate esposte ai venti predominanti)</i>	<i>Protetta</i>	14	18
	<i>Libera</i>	24	40
	<i>Esposta</i>	38	62

3.3.2 Aerazione discontinua

L'aerazione discontinua è funzione del numero, della dimensione e della geometria delle aperture, e della pressione che viene esercitata sulla superficie delle aperture. Quest'ultima dipende sia dalle condizioni meteo esterne, sia dalla distribuzione spaziale delle aperture (è massima quando le aperture sono collocate su pareti parallele ed opposte e ad altezze diverse dal suolo e dal piano di calpestio), sia dalla presenza di eventuali "camini" (es.: scale di comunicazione tra piani).

Qualora le finestre siano collocate su di un'unica parete, l'efficacia dell'aerazione diminuisce rapidamente con l'allontanarsi dalla apertura: all'incirca si può valutare che l'efficacia dell'aerazione dovuta ad una finestra sia pressoché nulla per distanze

superiori a due volte l'altezza del locale, con un lieve incremento nel caso di aperture multiple o quando la differenza di temperatura tra il locale e l'esterno supera i 5°C.

Una valutazione dei ricambi d'aria prodotti da una superficie aperta può essere condotta col metodo illustrato nella nota a seguito*, tratto dallo Schema di Regolamento Edilizio tipo della Regione Emilia-Romagna (DGR 268/2000).

**: Il numero di ricambi d'aria orario viene calcolato mediante la seguente relazione:*

$$n = \frac{S_L \times \sqrt{h}}{2,5 \times V} \times 10^3$$

dove:

S_L = superficie aerante, vale a dire superficie libera corrispondente ad angolo di apertura maggiore o uguale a 90° = $b \times h$ (valida per infissi schematizzabili come rettangolari)

b = base della superficie libera

h = altezza della superficie libera

V = volume dell'ambiente considerato.

I ricambi calcolati in questo modo si riferiscono ad una superficie mantenuta costantemente aperta e devono ritenersi proporzionalmente ridotti sulla base della frazione di tempo in cui la superficie resta effettivamente aperta.

Nel caso di locali con aperture collocate su pareti opposte, il flusso d'aria determinato dall'azione del vento sulle pareti è stimabile con la seguente formula proposta dall'ASHRAE (1989):

$$Q = C \cdot A \cdot v$$

dove:

Q = portata d'aria in ingresso (m^3/s)

A = area libera dell'apertura d'ingresso (m^2) pari all'area libera dell'apertura di uscita situata sulla parete opposta

v = velocità dell'aria (m/s)

C = coefficiente d'ingresso, che si assume essere pari a:

0,50÷0,60 se la direzione predominante del vento è perpendicolare al piano dell'apertura

0,25÷0,35 se la direzione predominante del vento è obliqua rispetto al piano dell'apertura

3.3.3 Valori limite

Le norme di igiene del lavoro prescrivono che i luoghi di lavoro abbiano aperture per un rapido ricambio dell'aria e che i lavoratori dispongano di aria salubre in quantità sufficiente (artt. 7 e 9, DPR 303/56).

Una qualità accettabile dell'aria interna deve essere ottenuta in primo luogo attraverso l'aerazione naturale e, così come indicato dalle *Linee Guida per l'applicazione del DLgs.626/94* delle Regioni e Province autonome (Documento n.10, 1996), i sistemi di aerazione meccanica vanno adottati non in sostituzione, ma come integrazione dell'aerazione naturale, qualora questa non sia sufficiente. Sono fatti salvi i casi in cui le attività rendono indispensabile, per il loro stesso espletamento, il controllo dell'aria dell'ambiente (es. sale operatorie, camere bianche).

Circa i valori ottimali dell'aerazione naturale da garantire nei diversi ambienti di lavoro si riscontra una sostanziale debolezza delle potenziali fonti informative che va di pari passo con la già discussa difficoltà a valutare con precisione tanto l'aerazione continua quanto quella discontinua.

Il descrittore più grossolano, ma anche il più utilizzato, per stabilire la presenza di una sufficiente aerazione naturale in un ambiente è il rapporto aerante RA. Questo descrittore non richiede che venga calcolata la portata d'aria prevedibilmente associata alla aerazione continua o discontinua. Tipicamente si richiedono valori minimi di RA compresi tra 1/8 e 1/10 per gli uffici e tra 1/16 e 1/20 per gli ambienti adibiti ad attività produttiva. Spesso sono previste riduzioni di tale rapporto per ambienti molto ampi, in relazione al maggiore volume disponibile per persona che si riscontra in tali ambienti, o per destinazioni d'uso secondarie.

La necessità di avere regolamenti di facile applicabilità porta però a trascurare diversi altri parametri quali l'altezza (e quindi il volume) del locale, l'affollamento, il tipo di attività svolta (impegno fisico), ma anche alcuni fattori che caratterizzano il locale, quale la presenza di finestre su due o più lati, l'ubicazione dell'ambiente in piani alti o le modalità di apertura delle finestre (es.: vasistas); tutte queste caratteristiche possono condizionare nettamente il numero effettivo di ricambi d'aria realmente ottenuti.

Si ritiene tuttavia accanto all'aerazione continua ($n \geq 0,5 \text{ m}^3/\text{h m}^3$ stimabile per ogni ambiente) si debba fare sempre (per tutte le destinazioni d'uso) ricorso alla ventilazione discontinua, adottando, i valori fissati dai Regolamenti comunali.

Nel caso che nei Regolamenti comunali non siano prescritti valori minimi di aerazione naturale, si forniscono i valori indicativi di RA desunti da atti regionali e regolamenti locali:

1. uffici, ambulatori, mense, locali di riposo, aule, locali di degenza: $RA \geq 1/8$;
2. locali adibiti ad attività lavorative diverse dalle precedenti, compresi i magazzini e gli archivi, occupati da lavoratori: $RA \geq 1/16$ se di superficie inferiore a 1.000 m^2 , $RA \geq 1/20$ se di superficie compresa tra 1.000 e 3.000 m^2 , $RA \geq 1/24$ se di superficie maggiore di 3.000 m^2 ;
3. locali con posti di lavoro non continuativo (vedi Glossario): $RA \geq 1/30$.

Inoltre, si riportano le seguenti ulteriori precisazioni:

- a) di norma le superfici apribili devono essere uniformemente distribuite sulle superfici esterne, evitando che si formino sacche di ristagno;
- b) la profondità del locale rispetto all'apertura di aerazione non deve essere superiore a 2 volte l'altezza del locale;
- c) per tener conto dell'effettiva capacità delle superfici apribili a scambiare aria con l'esterno, nel caso di finestre con aperture parziali (es. vasistas), la superficie utile può essere calcolata con la funzione:

$$S_L = S \cdot \sin \gamma$$

dove: S = superficie apribile della finestra (base x altezza)

γ = angolo della massima apertura;

- d) normalmente dal computo delle superfici apribili vanno escluse quelle di porte e portoni.

3.4 VENTILAZIONE FORZATA

La ventilazione meccanica (o "forzata") è la soluzione impiantistica classica in cui il movimento dell'aria è realizzato con ventilatori (*), a volte inseriti in un sistema di condizionamento o trattamento dell'aria, che prelevano aria all'esterno dell'edificio e la distribuiscono utilizzando (almeno parzialmente) una canalizzazione.

**: a seconda della funzione svolta dai ventilatori, la ventilazione meccanica si distingue in:*

- *estrazione, in cui il ventilatore aspira l'aria dai locali da mantenere in depressione (es.: bagni, cucine, ecc.) e l'aria esterna (non trattata) viene immessa direttamente da aperture collegate con l'esterno o dai locali confinanti;*
- *immissione, in cui l'aria esterna (generalmente trattata) viene spinta nei locali dal ventilatore di mandata, mentre la fuoriuscita dell'aria all'esterno avviene per semplice sovrappressione attraverso le fessurazioni dell'involucro;*
- *ventilazione bilanciata, in cui l'impianto realizza sia l'immissione che l'estrazione dell'aria, mantenendo una condizione controllata di parità o di differenza di pressione tra l'interno e l'esterno degli ambienti serviti.*

La corretta progettazione di un impianto di ventilazione presuppone il raggiungimento dei seguenti obiettivi:

- a) mantenimento della purezza dell'aria mediante l'immissione nell'ambiente di una adeguata quantità di aria di rinnovo;
- b) mantenimento della purezza dell'aria mediante l'appropriata scelta del punto di prelievo e la filtrazione dell'aria movimentata;
- c) efficace distribuzione dell'aria in modo da ottenere un ricambio omogeneo in ogni parte del locale e in modo da evitare la formazione di fastidiose correnti d'aria.

Da ultimo verrà sviluppato l'argomento del ricircolo, anch'esso strettamente correlato alle caratteristiche tecniche dell'impianto di ventilazione.

3.4.1 Generalità sul ricambio d'aria forzato

In linea di massima è necessario ricorrere ad un impianto di ventilazione forzata se:

- 1) l'aerazione naturale (continua o discontinua) è insufficiente (ad esempio, perché le superfici aeranti sono carenti o mal distribuite) e non esiste la possibilità concreta di adeguarsi ai requisiti.
- 2) si devono rimuovere inquinanti diffusi (molteplicità e imprevedibilità delle sorgenti) a bassa tossicità e non è possibile ricorrere all'aspirazione localizzata. In presenza di inquinanti moderatamente o molto tossici e per sorgenti ben individuabili ci si deve avvalere di aspirazioni localizzate;
- 3) sono richiesti (da una fonte legislativa, per esigenze produttive, ...) parametri certi di qualità dell'aria in termini di rinnovo e/o filtrazione/depurazione.

Nella progettazione degli impianti di ventilazione non si considera il contributo delle aperture in grado di garantire aerazione naturale del locale, in quanto variabile di effetto incontrollabile ed imprevedibile sui movimenti d'aria del locale.

Gli impianti di ventilazione devono quindi garantire le prestazioni di progetto con finestre chiuse mentre la possibilità di ricorrere alla aerazione naturale discontinua (cioè all'apertura delle finestre) è praticamente sempre indispensabile e particolarmente utile, come ad es. in caso di funzionamento anomalo o disattivazione dell'impianto, come misura integrativa del ricambio nelle circostanze di rapido ed elevato affollamento del locale o di inquinamenti accidentali. In carenza o in assenza di finestre apribili (situazione conforme alle norme di igiene del lavoro solo se sussistono motivi di ordine produttivo e non, ad esempio, motivi di sicurezza anti-intrusione e di contenimento energetico) la presenza di un impianto di ventilazione è sempre necessaria;

L'impianto deve garantire il controllo delle variabili prefissate di purezza dell'aria durante l'intero arco dell'anno e non deve essere vincolato al funzionamento di altri impianti o ad altre funzioni dello stesso impianto (cioè deve essere attivo anche quando sono disattivati il riscaldamento o il raffreddamento). Il rispetto di questo principio è fondamentale, particolarmente negli ambienti senza aerazione naturale. Ogni eventuale guasto deve essere segnalato da un sistema di allarme e nel documento di valutazione dei rischi devono essere indicate le eventuali azioni da adottare nell'evenienza.

Come anticipato al paragrafo 3.2, la legislazione e le normative concernenti la qualità dell'aria non prescrivono valori quantitativi massimi accettabili di sostanze inquinanti nell'aria indoor (ad esempio la concentrazione di CO₂), ma invece sono tutte orientate a stabilire la quantità d'aria fresca che deve essere immessa o la quantità di quella viziata che deve essere estratta.

In termini progettuali, le quantità correntemente utilizzate per descrivere la ventilazione forzata sono:

- 1) ricambi/ora, o volumi/ora, (n);
- 2) portate specifiche per persona (Q_p);
- 3) portate specifiche per unità di superficie del locale (Q_s).

I ricambi/ora, già introdotti nel precedente paragrafo 3.3, rappresentano una portata specifica per m^3 ; sostanzialmente possono essere considerati come il numero per il quale occorre moltiplicare la volumetria dell'ambiente per ottenere la portata Q in m^3/h richiesta all'impianto. Questo modo di esprimere le portate di ventilazione, pur di facile uso, presenta non poche difficoltà alla definizione precisa di valori e solitamente sottostima la ventilazione necessaria negli ambienti piccoli con forte affollamento.

Piuttosto che ricorrere ai ricambi/ora, l'attuale tendenza, ripresa oramai da molte delle più recenti normative, è quella di precisare le portate specifiche per persona (Q_p in m^3/h o in l/s per persona), moltiplicandole per l'affollamento (*) previsto (n_s in persone/ m^2) e per la superficie dell'ambiente.

**: più i locali sono affollati (es.: locali con accoglienza pubblico) e più aumentano (in modo proporzionale al numero delle stesse) gli inquinanti dovuti alla attività metabolica delle persone e la probabilità di presenza e diffusione di agenti patogeni. I valori dell'affollamento vanno definiti sulla base delle peculiarità del locale e la prima fonte di riferimento è il datore di lavoro, che può fornire le indicazioni sul lay-out previsto. Solo in caso di impossibilità a quantificare l'affollamento è ammesso far riferimento ai valori convenzionali della specifica tipologia edilizia reperibili in Letteratura, ad es., nella norma UNI 10339:1995.*

Anche questo criterio, certamente più preciso dal punto di vista tecnico, tende a sottostimare le reali necessità della ventilazione richiesta per locali di grandi dimensioni e poco affollati.

In alcuni casi i due criteri compaiono abbinati: viene inizialmente fissata una portata specifica (Q_p) che, unitamente all'affollamento specifico (n_s) e alla superficie dell'ambiente (A), determina una portata complessiva (Q) dell'impianto; questa portata Q non può però mai scendere al di sotto di un altro valore minimo, questa volta ottenibile dai ricambi orari (n) moltiplicati per il volume dell'ambiente (V). L'integrazione dei due criteri consente di contenere fortemente i limiti di ciascuno di essi.

In alcune norme tecniche le portate d'aria d'aria sono espresse come portata specifica per unità di superficie (Q_s in $m^3/h m^2$ o in $l/s m^2$). Questo modo di descrivere le portate necessarie si adatta abbastanza bene ad ambienti non sovraffollati e di discreta volumetria.

Per la ricognizione sui requisiti legislativi e l'identificazione degli standard prestazionali di rinnovo d'aria, si consulti la Parte II di questo testo dal titolo: "Standard progettuali nelle principali tipologie produttive".

3.4.2 Punto di prelievo e filtrazione

L'aria di rinnovo (o ricambio) viene aspirata dall'esterno dell'edificio. Questa aria esterna risulta più o meno inquinata (*) da contaminanti che possono provocare inconvenienti agli occupanti. Parimenti, anche nell'aria di ricircolo si riscontrano presenze più o meno accentuate di contaminanti.

**: Ci si riferisce, ovviamente, ad aria aspirata in punti nei quali non è comunque presente un inquinamento specifico (es.: scarichi industriali, espulsioni di aria esausta, scarichi di combustioni, canne di esalazione di servizi igienici, fosse o cavedi con aria viziata o comunque contaminata ...) o eccessivamente in prossimità degli scarichi del traffico veicolare (vedi UNI 10339:1995, punto 9.1.1.3: l'altezza dal piano di calpestio utilizzabile dal traffico deve essere di 4m). In particolare, il posizionamento della presa di aria esterna a 4m di altezza sopra il piano stradale più elevato ed il rispetto di una analoga distanza da fonti contaminanti puntiformi risolve la maggioranza delle possibili contaminazioni di natura urbana. Con queste premesse, l'entità dell'inquinamento dell'aria esterna dipende essenzialmente dalla località e dalle condizioni climatiche, queste ultime intese anche come stagione.*

Pertanto gli impianti di ventilazione prevedono solitamente processi di filtrazione per il trattenimento del particolato.

Per descrivere le prestazioni di un filtro meccanico sono particolarmente importanti tre caratteristiche:

- il rendimento della filtrazione, indice della capacità del filtro a rimuovere le polveri da un flusso d'aria;
- la capacità di ritenzione delle polveri, quantità di polveri che il filtro è in grado di trattenere nel corso della sua vita operativa in condizioni prefissate;
- la perdita di carico, indice della resistenza opposta dal filtro all'attraversamento dell'aria.

La norma UNI 10339:1995 classifica i filtri in 14 classi (*), secondo lo schema di Tabella 3.2.

Si osservi che in Tabella 3.2, oltre che per classi, i filtri sono classificati in 3 livelli di efficienza: Media (M), Alta (A) ed Altissima (AS). Per preservare la vita dei filtri più fini (e quindi le prestazioni complessive dell'impianto) infatti, la UNI 10339:1995 prevede l'utilizzo preliminare di filtri a livello di efficienza inferiore secondo la sequenza:

M
M + A
M + A + AS

Classe	Efficienza del filtro E	Campo di efficienza %	Metodo di prova
1	M	$E < 65$	ponderale
2	M	$65 \leq E < 80$	ponderale
3	M	$80 \leq E < 90$	ponderale
4	M	$90 \leq E$	ponderale
5	A	$40 \leq E < 60$	atmosferico
6	A	$60 \leq E < 80$	atmosferico
7	A	$80 \leq E < 90$	atmosferico
8	A	$90 \leq E < 95$	atmosferico
9	A	$95 \leq E$	atmosferico
10	AS	$95 \leq E < 99,9$	fiamma sodio
11	AS	$99,9 \leq E < 99,97$	fiamma sodio
12	AS	$99,97 \leq E < 99,99$	fiamma sodio
13	AS	$99,99 \leq E < 99,999$	fiamma sodio
14	AS	$99,999 \leq E$	fiamma sodio
M = media efficienza A = alta efficienza AS = altissima efficienza e filtri assoluti			

Tabella 3.2: Classificazione dei filtri secondo la UNI 10339:1995

**: Nel linguaggio tecnico (ed anche legislativo), per descrivere l'efficacia dei filtri utilizzati negli impianti di ventilazione si utilizzano sovente i termini "HEPA" ed "ULPA". Il primo di questi termini (HEPA) è l'acronimo di "High Efficiency Particulate Air" ed indica filtri ad alta efficienza ai quali la norma UNI 10339:1995 assegna una classe da 10 a 14, mentre il secondo (ULPA) è l'acronimo di "Ultra Low Penetration Air" ed indica filtri ancor più efficaci di quelli considerati dalla UNI 10339:1995, ai quali è assegnabile una classe di efficienza da 15 a 17.*

In questa soluzione è identificabile un preciso ruolo di ognuna delle stazioni di filtraggio. La prefiltrazione è sostanzialmente deputata a trattenere gli inquinanti di maggiore diametro al fine di proteggere gli impianti ed allungare la vita dei filtri successivi. La prima stazione di filtraggio, trattenendo comunque una elevata percentuale in peso del particolato, evita accumuli di polveri su tutti i componenti dell'impianto, riducendo i cali di efficienza, i guasti e le necessità di manutenzione. Lo stadio finale di filtrazione ha invece la specifica funzione del controllo (*) dell'aria in mandata.

**: in effetti esso determina il grado di intervento e solo indirettamente il grado di qualità dell'aria che è funzione anche dell'entità e delle caratteristiche degli agenti inquinanti presenti nell'aria movimentata (di rinnovo e di ricircolo).*

Laddove sia richiesto un preciso controllo della purezza dell'aria, qualitativamente elevato, e siano quindi richiesti i filtri ad alta o altissima efficienza (sale operatorie, camere bianche ...), l'ultimo stadio filtrante deve essere l'elemento terminale

dell'impianto e collocato all'interno del locale servito. Questa soluzione viene adottata per non pregiudicare l'efficacia della filtrazione a causa di possibili inquinamenti a valle della stazione filtrante (batteri, ingressi di aria esterna, ecc..).

Per stabilire il grado di filtrazione necessaria non sono definiti requisiti legislativi numerici né in termini di qualità finale dell'aria né in termini di efficienza filtrante. Invece, la UNI 10339:1995 indica in uno specifico schema (il Prospetto 6) un range di classi di efficienza da utilizzare per i filtri da installare negli impianti di determinati ambienti: sarà questa la fonte di riferimento utilizzata per le indicazioni prospettate nella Parte II del presente testo.

3.4.3 Distribuzione dell'aria

Una soddisfacente distribuzione della ventilazione nell'ambiente, indispensabile per contenere entro limiti accettabili l'inquinamento ai posti di lavoro, dipende non solo dalla portata dell'impianto ma anche da altri fattori quali il tipo ed il posizionamento delle bocche di mandata e di estrazione, la temperatura dell'aria immessa, le sorgenti di calore presenti nell'ambiente, gli elementi meccanici che possono favorire il rimescolamento dell'aria, il peso specifico degli inquinanti da eliminare.

L'efficacia della distribuzione dell'aria è rappresentabile col parametro "età dell'aria" (ϵ), che descrive in modo relativo il tempo di permanenza dell'aria stessa nell'ambiente mediante il confronto di concentrazioni di inquinanti nell'aria.

L'età dell'aria può essere valutata come:

- età media dell'aria localizzata, in un determinato punto
- età media dell'aria dell'ambiente.

Si determina "l'età dell'aria localizzata" soprattutto per individuare sacche di aria stagnante, ad esempio in uno specifico posto di lavoro.

L'eliminazione di questo tipo di anomalia è, in genere, relativamente semplice in quanto è sufficiente installare un agitatore d'aria.

"L'età media dell'aria dell'ambiente" è invece la media spaziale delle "età dell'aria localizzata" sull'intero volume della stanza e definisce l'efficacia del funzionamento del sistema di ventilazione (cioè come questa si distribuisce nell'ambiente).

L'età media dell'aria localizzata si misura rapportando la concentrazione degli inquinanti (o meglio, di un gas tracciante) in quel determinato punto rispetto alla concentrazione degli inquinanti all'uscita.

L'età media dell'aria ambiente si misura rapportando la concentrazione media degli inquinanti (o meglio, di un gas tracciante) in più punti omogeneamente distribuiti nell'ambiente rispetto alla concentrazione degli inquinanti all'uscita.

Per definizione l'età media dell'aria dell'ambiente assume un valore unitario per un sistema a *perfetta miscelazione*; per un sistema a *flusso a pistone* (ad esempio per un flusso determinato dal movimento di un pistone ideale), detto anche a *flusso perfetto*, si ha $\epsilon = 2$ (vedi Figura 3.2).

Se nell'ambiente ci sono zone in cui l'aria ristagna, l'età dell'aria in uscita sarà minore dell'età media dell'aria nell'ambiente e quindi l'aria in uscita risulterà più inquinata di quella in uscita evidenziandone una scorretta distribuzione. Nel caso di flusso a pistone (o flusso perfetto), l'aria estratta avrà maggior concentrazione di sostanze inquinanti rispetto alla situazione media dell'ambiente.

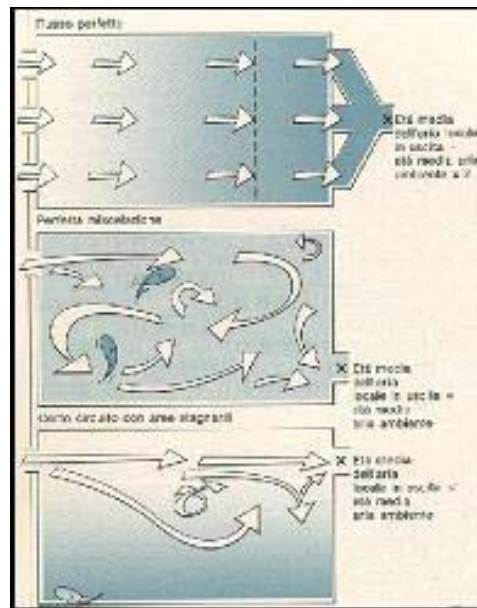


Figura 3.2: Varie modalità di distribuzione dell'aria in ambiente

Nella scelta tra distribuzione con perfetta miscelazione o con flusso a pistone occorrerà pertanto sempre tener conto della destinazione degli spazi prima di decidere dove collocare le bocche di immissione e quelle di estrazione.

Una ventilazione a perfetta miscelazione si adatta a distribuire aria in ambienti con stessi livelli di inquinamento.

Una ventilazione a flusso a pistone è idonea a distribuire aria in ambienti con diversi livelli di inquinamento, ovviamente immettendo aria negli ambienti più "puliti" (messi quindi in sovrappressione) ed estraendola nelle aree più "sporche" (che quindi risultano in depressione) quali servizi igienici o locali per fumatori.

3.4.4 Ricircolo dell'aria

Il ricircolo è una modalità di gestione dell'aria di ventilazione che permette un risparmio energetico (e quindi economico), ma può comportare peggioramenti anche sensibili nella qualità dell'aria.

E' il sistema meno sicuro per assicurare la salubrità dell'aria in un edificio: infatti è sufficiente che in un solo ambiente si realizzi un inquinamento di qualsivoglia natura (chimico, batteriologico o virale) che la contaminazione si diffonda, anche se diluita, in tutti i locali.

In Italia non è stata emessa alcuna norma tecnica che definisca le caratteristiche minime degli impianti che prevedono il ricircolo; al più la legislazione si limita a vietarne il ricorso in qualche caso particolare.

Le uniche norme tecniche che prevedono la possibilità di un recupero centralizzato dell'aria sono di origine statunitense e risalgono agli anni '80 (ASHRAE standard 62:1981 e 62:1989).

Le esperienze raramente positive degli impianti a ricircolo, probabilmente in parte condizionate da parallele trascuratezze nella manutenzione, fanno sempre propendere per valutare con attenzione la reale opportunità di una tale scelta.

Nei luoghi di lavoro l'aria dei locali chiusi deve essere convenientemente e frequentemente rinnovata (art.9, DPR 303/56); ne discende che è sempre e comunque vietato il ricircolo totale.

La legislazione, nazionale o locale, definisce poi alcune casistiche per le quali anche il ricircolo parziale dell'aria di ventilazione generale è esplicitamente vietato.

Ad esempio, la CM 13011/74 relativa all'edilizia ospedaliera identifica tali locali nei blocchi operatori, le sale travaglio, i reparti rianimazione, centri di neonatologia, lattanti, terapia intensiva, centri di dialisi, la centrale di sterilizzazione (settore sterile) ed i laboratori di analisi. I Regolamenti Comunali d'Igiene prevedono il divieto al ricircolo parziale per l'aria proveniente dai servizi igienici (situazione comunque da evitare).

Più in generale, può essere invece consentito ricorrere al ricircolo parziale dell'aria di aerazione o ventilazione generale (*) sempre che si tratti di aria non proveniente da locali con inquinamenti specifici (es.: locali foto/eliocopiatrici, camere oscure, ...) e che l'aria di ricircolo venga filtrata.

La sola presenza di fumo di sigaretta è motivo sufficiente a vietare il ricircolo.

**: il ricircolo (comunque parziale) dell'aria da impianti di aspirazione localizzati è subordinato a condizioni particolarmente severe per la cui analisi si rimanda alla Letteratura.*

Sul "quantum" ammissibile di ricircolo non vi sono riferimenti legislativi e normative UNI: i valori citati da queste due fonti sono sempre e solamente riferiti ad aria di rinnovo. Pertanto, l'adozione di impianti con ricircolo deve comunque garantire i ricambi evidenziati (sia Q_p che Q_s che n) con aria di rinnovo.

Quest'ultima impostazione, adottata nel presente testo, è suffragata anche dalla sempre più frequente adozione di impiantistica che permette il recupero termico (sia d'inverno che d'estate) dall'aria di estrazione mantenendo le portate in ingresso di solo rinnovo.

I valori di ricambi identificati sono quindi unicamente valori di rinnovo.

Per quanto concerne il ricircolo nella Parte II di questo testo ci si è limitati ad un'espressione qualitativa che individua le situazioni nelle quali il ricircolo è:

- espressamente vietato da fonti legislative (V);
- generalmente sconsigliato ma, da valutarsi caso per caso (S);
- generalmente accettabile (A), rispettando i rinnovi previsti.

4 - ILLUMINAZIONE

L'illuminazione di un ambiente di lavoro deve essere tale da soddisfare esigenze umane fondamentali quali:

- buona visibilità: per svolgere correttamente una determinata attività, l'oggetto della visione deve essere percepito ed inequivocabilmente riconosciuto con facilità, velocità ed accuratezza;
- confort visivo: l'insieme dell'ambiente visivo deve soddisfare necessità di carattere fisiologico e psicologico;
- sicurezza: le condizioni di illuminazione devono sempre consentire sicurezza e facilità di movimento ed un pronto e sicuro discernimento dei pericoli insiti nell'ambiente di lavoro.

Per soddisfare queste tre esigenze fondamentali è necessario riferirsi a parametri qualitativi e quantitativi definiti per i sistemi di illuminazione naturale ed artificiale

4.1 LUCE E PRESTAZIONE VISIVA

La conoscenza della natura della luce e delle grandezze utili a misurare le sensazioni che questa produce nell'uomo, sono importanti per descrivere l'ambiente visivo ed individuare i parametri ed i fattori che condizionano l'affidabilità della prestazione visiva nei luoghi di lavoro.

4.1.1 La luce ed il fenomeno della visione

Ciò che definiamo radiazioni luminose o più semplicemente luce, sono le radiazioni elettromagnetiche che l'occhio umano è in grado di percepire e precisamente quelle che hanno una lunghezza d'onda (λ) nel vuoto compresa tra 400 e 780 nanometri (nm). La luce è quindi la sensazione soggettiva prodotta dall'interazione di queste radiazioni con l'apparato visivo.

Molte delle impressioni sensoriali dell'uomo sono di natura ottica e necessitano della luce come veicolo di informazione. Essa perciò ha una rilevanza fondamentale nella percezione del mondo e dunque nelle attività umane ed influenza grandemente le relazioni fisiologiche, emozionali, psicologiche dell'uomo.

L'atto del vedere si esplica in una complessa sequenza di fenomeni fisici, chimici e nervosi e si manifesta concretamente attraverso la percezione delle forme, del colore, del rilievo e del movimento degli oggetti.

Nell'apparato della visione l'occhio è l'elemento ricevitore; in esso le radiazioni luminose provenienti dall'esterno attraversano elementi trasparenti (cornea, umor acqueo, cristallino, umor vitreo) che nel loro insieme costituiscono un sistema paragonabile ad un gruppo di lenti. Questi mezzi diottrici, insieme ai muscoli intrinseci ed estrinseci dell'occhio, regolano l'ingresso e la direzione delle radiazioni sulla retina e rifrangono la luce secondo leggi puramente fisiche (rifrazione statica) e secondo meccanismi fisiologici (rifrazione dinamica).

Le radiazioni luminose così proiettate attraverso gli elementi interni dell'occhio, stimolano le cellule fotosensibili della retina con conseguente generazione di impulsi nervosi. Questi, attraverso le fibre che compongono il nervo ottico, giungono alla zona della corteccia cerebrale deputata alla trasformazione dei segnali in percezione

visiva, vale a dire in una cosciente rappresentazione luminosa e colorata delle informazioni ricevute dal mondo esterno.

Il sistema visivo si avvale in larga misura di un sistema di autoregolazione: per far sì che l'immagine dell'oggetto si formi sempre nitida sulla superficie della retina, il cristallino modifica la sua forma in rapporto alla distanza dell'oggetto osservato (accomodazione); l'iride è in grado di allargare o restringere il diametro della pupilla regolando così la quantità di luce incidente sull'occhio e le caratteristiche ottiche del sistema visivo si adeguano alla luminanza del campo visivo o alla distribuzione spettrale dello stimolo luminoso (adattamento). I muscoli oculari hanno la funzione di mirare il campo visivo e di far convergere entrambi gli occhi sullo stesso punto in modo che le immagini arrivino sulla parte della superficie retinica in cui si ha la massima risoluzione (fovea) e si fondano, permettendo la valutazione delle dimensioni, della tridimensionalità e della distanza dell'oggetto osservato.

4.1.2 Le principali grandezze fotometriche

L'occhio non è un semplice strumento di registrazione di radiazioni: esso possiede regole e modalità proprie di ricezione che è importante conoscere per poter descrivere le caratteristiche dell'illuminazione di un ambiente.

Dagli studi effettuati per definire gli effetti che la radiazione produce sull'osservatore è stato riscontrato che la risposta fisiopsicologica (percezione) è diversa a seconda della lunghezza d'onda che caratterizza la radiazione.

Innanzitutto diversa è la sensazione cromatica: ad ogni lunghezza d'onda ed alle loro innumerevoli combinazioni sono associate percezioni cromatiche differenti dovute alla diversa sensibilità spettrale dei fotorecettori retinici (Tabella 4.1).

Tabella 4.1: Corrispondenza tra gli intervalli di lunghezza d'onda delle radiazioni ed i principali colori percepiti

lunghezze d'onda (nm)	colore
< 425	viola
425 ÷ 486	indaco
486 ÷ 493	blu
493 ÷ 510	blu-verde
510 ÷ 552	verde
552 ÷ 573	verde-giallo
573 ÷ 587	giallo
587 ÷ 645	arancio
> 645	rosso

Diversa è anche l'intensità della risposta, vale a dire la visibilità delle radiazioni: l'occhio, infatti, manifesta sensibilità maggiori o minori a seconda che la lunghezza d'onda della sorgente luminosa si trovi rispettivamente al centro od agli estremi della banda delle radiazioni visibili.

Naturalmente non tutti gli individui hanno un'identica sensibilità e per questo sono state condotte indagini su numerosissime persone. Il risultato statistico di tali indagini ha portato alla codificazione di un occhio avente una sensibilità media

convenzionale (occhio medio internazionale) ed alla definizione di un fattore di visibilità relativa $V(\lambda)$.

Adottando $V(\lambda) = 1$ per la lunghezza d'onda di 555 nm, che è la radiazione che produce la massima sensazione luminosa, è stata costruita la curva di visibilità relativa, il cui andamento esprime la variazione del fattore di visibilità in funzione della lunghezza d'onda della radiazione ed è valida per livelli d'illuminamento corrispondenti alla visione diurna (visione fotopica). Per livelli d'illuminamento molto bassi, corrispondenti alla visione notturna (visione scotopica), il massimo di visibilità si registra per lunghezze d'onda intorno ai 507 nm (Figura 4.1).

La visione fotopica e la visione scotopica, dovute alla presenza ed alla distribuzione non uniforme sulla superficie della retina delle cellule fotosensibili (coni e bastoncelli), si caratterizzano l'una per la nitida percezione dei colori ed un rapido adattamento alle variazioni d'intensità di radiazione, l'altra per la mancanza di discernimento dei colori, la scarsa definizione delle immagini e la lentezza di adattamento passando dalla luce alla semioscurità.

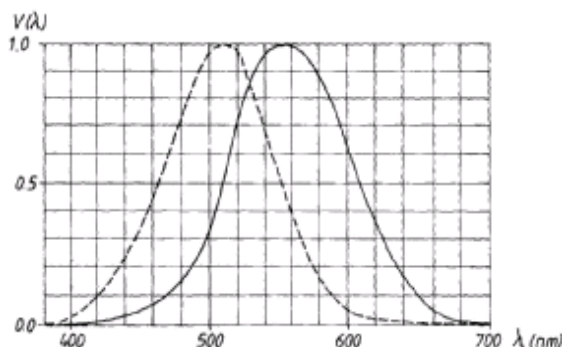


Figura 4.1: Curve di visibilità relativa $V(\lambda)$ in condizioni di visione fotopica (linea continua) e scotopica (linea tratteggiata)

Considerando le diverse sensazioni prodotte nell'uomo dalle radiazioni delle diverse lunghezze d'onda, è chiaro che per descrivere le condizioni di luce di un ambiente o le caratteristiche di una sorgente luminosa non basta riferirsi a grandezze energetiche (energia, potenza, ecc.). Per questo la curva di visibilità relativa è di fondamentale importanza: essa infatti consente di misurare la quantità di energia luminosa emessa da una sorgente o ricevuta da una superficie in relazione alle sensazioni visive che produce e cioè passare da grandezze energetiche a grandezze fotometriche.

Le principali grandezze fotometriche sono:

- il flusso luminoso (Φ) che esprime l'energia luminosa emessa da una sorgente puntiforme e ponderata in base alla curva di visibilità relativa; l'unità di misura è il lumen (lm);
- l'intensità luminosa (I) che esprime il flusso luminoso emesso da una sorgente puntiforme in una determinata direzione entro un angolo solido unitario, l'unità di misura è la candela (cd);

- la luminanza (L) che esprime l'intensità luminosa prodotta o riflessa da una superficie estesa in rapporto all'area di tale superficie così come è vista dall'osservatore (area apparente); l'unità di misura è la candela per metro quadrato (cd/m^2);
- l'illuminamento (E) che esprime il flusso luminoso incidente su una superficie in rapporto all'area di tale superficie; l'unità di misura è il lumen per metro quadrato (lm/m^2) e viene detta lux (lx).

Per una più puntuale definizione di queste stesse grandezze si veda la UNI EN 12665:2004.

L'illuminazione di un ambiente è data non solo dal flusso luminoso emesso dalle sorgenti naturali o artificiali, ma anche dalla luce rinviata ripetutamente dalle superfici che direttamente o indirettamente sono investite dalle radiazioni luminose. Le grandezze idonee a valutare il comportamento di una superficie su cui incide una radiazione luminosa sono:

- il fattore di assorbimento luminoso: esprime il rapporto tra il flusso luminoso assorbito dalla superficie ed il flusso luminoso incidente; per esemplificare, una superficie nera e opaca assorbe teoricamente tutto il flusso luminoso (che si converte in energia termica), mentre una superficie colorata lo assorbe solo in parte (il colore di un oggetto dipende dalle quantità relative di luce assorbita e riflessa);
- il fattore di riflessione luminoso: esprime il rapporto tra il flusso luminoso riflesso dalla superficie ed il flusso luminoso incidente; a seconda del tipo di superficie, si può avere una riflessione speculare (es. specchio, acciaio inossidabile), diffusa (es. intonaco, carta ruvida) o mista (es. carta lucida, superfici smaltate);
- il fattore di trasmissione luminoso: esprime il rapporto tra il flusso luminoso trasmesso da una superficie trasparente ed il flusso luminoso incidente; a seconda del tipo di superficie, si può avere una trasmissione speculare (es. vetro trasparente), diffusa (es. vetro opalizzato) o mista (es. carta o vetro traslucidi).

Le radiazioni luminose percepite da un soggetto in un ambiente interno sono solo in parte emesse direttamente dalle sorgenti luminose; una quota più o meno importante è invece prodotta dalla riflessione dei vari componenti dell'ambiente (pareti, soffitto, pavimenti, arredi, ecc.).

4.1.3 La prestazione visiva

La progettazione adeguata di un ambiente visivo - che, ricordiamo, deve soddisfare esigenze di buona visibilità, confort visivo e sicurezza - è misurata in termini di prestazione visiva, espressione utilizzata per descrivere la capacità di rilevazione e l'attitudine a reagire che una persona manifesta quando i dettagli dell'oggetto della visione (compito visivo) entrano nello spazio di osservazione (campo visivo).

La prestazione visiva è condizionata da diverse variabili che si possono ricondurre a tre elementi fondamentali: le capacità visive del soggetto, il compito visivo, le caratteristiche dell'ambiente (Figura 4.2). Una prestazione visiva affidabile può essere conseguita attraverso numerose combinazioni di questi fattori e le eventuali carenze di uno o più di essi possono parzialmente essere compensate da un opportuno incremento degli altri.

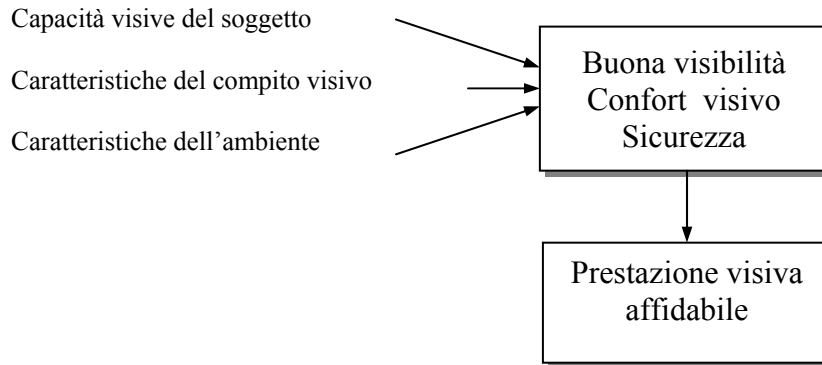


Figura 4.2: Elementi che condizionano la prestazione visiva

a) Le capacità visive del soggetto.

Come si è detto, il sistema visivo si avvale in larga misura di un sistema di autoregolazione per decifrare con chiarezza i messaggi luminosi, mettendo in atto contemporaneamente meccanismi di accomodazione, regolazione della quantità di luce incidente, convergenza dell'asse visivo, ecc.. Tuttavia, le caratteristiche dell'occhio variano da individuo a individuo e si modificano con l'età, oltre che per la presenza di anomalie o difetti o per l'insorgenza di processi patologici. Tali differenze sono riferibili principalmente al sistema di accomodazione, alla motilità oculare, all'adattamento, al senso cromatico e questi fattori devono essere presi in considerazione nella fase di studio del posto di lavoro e dello spazio circostante. Il grado di accuratezza con cui l'occhio assolve alle sue funzioni è misurato in termini di acuità visiva.

b) Le caratteristiche del compito visivo.

Le esigenze quali-quantitative dell'illuminazione aumentano in presenza di compiti visivi difficoltosi o complessi, quali quelli che comportano un'osservazione ravvicinata e prolungata, l'uso di mezzi diottrici, frequenti cambi di visuale su oggetti posti a distanze diverse, un ridotto tempo di osservazione. Una corretta e confortevole visione degli oggetti, dei dettagli e dello sfondo connessi al tipo di mansione da svolgere dipende principalmente dai seguenti parametri:

- Luminanza e contrasto di luminanza: la luminanza ha una grande influenza nei processi di percezione, essa infatti rappresenta il rapporto tra l'intensità luminosa emessa direttamente o indirettamente da una superficie e l'area della superficie stessa, così come è effettivamente mirata. Un oggetto appare tale se si staglia su un fondo più o meno luminoso rispetto ad esso oppure perché le sue parti hanno differenti luminanze; a partire da una determinata soglia, l'occhio è in grado di cogliere innumerevoli modulazioni luminose e la loro distribuzione nel campo visivo influenza l'acuità visiva (nitidezza della visione), la sensibilità al contrasto (discriminazione di piccole differenze di luminanza), l'efficienza delle funzioni oculari (accomodamento, convergenza, contrazione pupillare, movimenti oculari, ecc.).

- Colore e contrasto di colore: il colore è un attributo della luce utilissimo per una rapida e agevole identificazione degli oggetti presenti nel campo visivo; la capacità di discriminare il colore di un oggetto ed il fondo su cui si staglia, che per particolari compiti visivi è di notevole importanza, dipende dalla luminanza, dalla composizione spettrale della luce e dalle proprietà fotometriche delle superfici osservate.
- Dimensioni, forma e tessitura (aspetto) della superficie: le informazioni visive sulle dimensioni, la forma e l'aspetto delle superfici sono utili per il riconoscimento e la localizzazione nello spazio degli oggetti o dei dettagli del compito visivo; la percezione dei rilievi e dello stato della loro superficie è influenzata dalla distribuzione della luce (diffusa e/o direzionale) e dalla configurazione delle ombre e delle penombre che ne deriva.
- Posizione del dettaglio nel campo visivo: il sistema visivo funziona con la massima efficacia quando l'immagine dell'oggetto osservato si forma nella parte centrale della retina detta fovea; la posizione dell'oggetto della visione lungo la linea principale di osservazione è quindi indispensabile soprattutto per quei compiti visivi che richiedono il riconoscimento di ciascun dettaglio.
- Movimento e tempo di osservazione: il movimento di un oggetto, che è percepito con maggior sensibilità dalla zona periferica della retina, induce la rotazione del globo oculare nella direzione dell'oggetto per riportarne l'immagine al centro della retina ed osservarlo con precisione; la precisione nella percezione di un oggetto in movimento dipende dalle dimensioni e dalla forma dell'oggetto, dal contrasto, dalla velocità, dal tipo di traiettoria e dal tempo disponibile per l'osservazione.
- Durata della prestazione: in condizioni di prolungato impegno visivo svolto in condizioni di illuminazione non appropriata può insorgere una sindrome clinica detta fatica visiva o astenopia che si manifesta con un insieme di segni oculari quali fotofobia, riduzione dell'acuità visiva, visione sfocata, instabile o sdoppiata, difficoltà di accomodazione, ecc.. Accanto a queste manifestazioni, nel complesso reversibili col il riposo, gli effetti dell'affaticamento possono riguardare anche il sistema muscolare (es. adozione di posture forzate per ridurre la distanza dal compito visivo) ed il sistema nervoso centrale (es. fatica mentale per lo sforzo per interpretare segnali non sufficientemente nitidi, riduzione dell'attenzione e della concentrazione).

c) 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 una variazione del compito. L'impressione visiva di un ambiente è influenzata dall'aspetto delle superfici degli oggetti visivi principali (compito visivo, arredi e persone al suo intorno), del suo interno (pareti, soffitti, pavimenti, arredi e macchine) e delle sorgenti di luce (finestre e apparecchi d'illuminazione) e dipende principalmente dai seguenti parametri:

- Distribuzione delle luminanze: la distribuzione delle luminanze influenza il livello d'impegno degli organi oculari; infatti, appena l'occhio si discosta dall'oggetto attualmente a fuoco inizia il processo di adattamento alle

luminanze del nuovo campo visivo mirato. L'apparato visivo è soggetto ad affaticarsi in misura tanto più elevata, quanto maggiori sono le differenze di luminanza e contrasti di luminanza elevati possono provocare abbagliamento; per contro, luminanze e contrasti di luminanza troppo bassi possono influenzare le condizioni di visibilità e dar luogo ad un ambiente di lavoro monotono e non stimolante. Una luminanza di adattamento ben equilibrata è quindi necessaria per aumentare l'efficienza della prestazione visiva.

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

- Illuminamento: la quantità di luce che cade sulle superfici influenza notevolmente la percezione visiva. La visione può essere resa difficoltosa da un difetto di illuminamento come anche da un eccesso in quanto possono insorgere fenomeni collaterali (es.: abbagliamento) che disturbano e alterano la visione. Nella scala degli illuminamenti raccomandati per gli ambienti interni il valore minimo adottato è di 20 lx (valore che in condizioni normali permette di riconoscere una persona dai tratti del viso) e quello massimo di 5000 lx. L'illuminamento dell'ambiente va correlato a quello presente nella zona del compito visivo e non deve presentare eccessive disuniformità all'interno del locale o tra ambienti comunicanti poiché il passaggio da zone scarsamente illuminate a zone illuminate può determinare abbagliamento o, nel passaggio inverso, creare difficoltà di adattamento visivo.
- Abbagliamento: con questo termine si indica quella condizione visiva di discomfort e/o di riduzione della capacità di vedere che si manifesta quando nell'ambiente le luminanze non sono correttamente distribuite od i contrasti di luminanza sono eccessivi per la presenza nel campo visivo di sorgenti primarie di luce (abbagliamento diretto) o di superfici riflettenti (abbagliamento riflesso o di velo).

Il controllo delle luminanze è quindi essenziale per evitare le conseguenze negative sulla prestazione visiva che sono riconducibili a due forme di abbagliamento:

- abbagliamento molesto (discomfort glare) che produce una sensazione di sgradevolezza, di disturbo e disagio, senza necessariamente compromettere od impedire la visione;
 - abbagliamento debilitante (disability glare) che compromette, turba ed al limite impedisce la visione, senza necessariamente determinare discomfort.
- Direzione della luce: l'aspetto generale di un ambiente è migliore se la struttura, le persone e gli oggetti al suo interno sono illuminati in modo tale che le forme e la tessitura delle superfici siano percepite in modo chiaro e piacevole. Questo effetto (modellato) si ottiene quando la luce proviene in modo predominante da una direzione e le ombre e le penombre che si formano danno rilievo alle cose ed espressione ai visi. La direzionalità della luce deve essere accuratamente determinata e ben equilibrata con l'illuminazione diffusa: infatti, se l'illuminazione è troppo direzionale si generano ombre troppo forti e nette, se è troppo diffusa, l'assenza di ombre nuoce alla buona visibilità e rende l'ambiente monotono o sgradevole.

- Aspetti del colore: il risultato cromatico di un ambiente è dato dall'interazione tra la luce emessa dalle sorgenti, l'attitudine a riflettere le radiazioni che compongono la luce da parte delle superfici e la sensibilità dell'occhio a percepire i colori. L'apparato visivo è strutturato per una nitida percezione dei colori in condizioni di visione diurna: per questo, in presenza di luce artificiale, la prestazione visiva dipende dai requisiti di ordine cromatico delle sorgenti e dalla loro capacità di restituire una sensazione cromatica naturale degli oggetti e delle persone all'interno dell'ambiente.
- Luce diurna: la presenza di luce diurna influenza le caratteristiche illuminotecniche di tutto l'ambiente. Le dimensioni, la disposizione e l'orientamento dei varchi di luce naturale sono quindi importanti in quanto in grado di condizionare l'ambiente visivo e, di conseguenza, l'affidabilità della prestazione visiva.

4.2 ILLUMINAZIONE NATURALE

L'illuminazione naturale è l'illuminazione che si ottiene utilizzando la luce diurna, vale a dire quella parte di energia che il sole fornisce alla terra e che può essere diretta o riflessa dalla volta celeste e dalle varie superfici dell'ambiente esterno e interno.

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.

Per queste ragioni, l'illuminazione con luce naturale degli ambienti di lavoro deve essere adottata in tutti i casi in cui le attività o le lavorazioni non necessitano, per il loro stesso espletamento, di un'illuminazione naturale ridotta o assente.

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.

Questi elementi devono essere tenuti presenti nella progettazione dei luoghi di lavoro per utilizzare efficacemente i vantaggi dati dalla luce diurna e minimizzare gli effetti negativi che possono derivarne, quali un eccessivo riscaldamento estivo e una elevata dispersione termica nel periodo invernale, attraverso scelte architettoniche e di materiali compatibili con un buon comportamento termico dell'edificio.

I principali parametri di controllo della luce naturale sono il livello di illuminamento ed i fenomeni di abbagliamento.

4.2.1 Illuminamento

I livelli di prestazione che un edificio deve garantire in termini di illuminazione naturale nei diversi ambienti vengono principalmente descritti col fattore medio di luce diurna (FLD_m) che rappresenta il rapporto in percentuale tra l'illuminamento medio dell'ambiente e l'illuminamento che si ha nelle stesse condizioni di tempo e spazio, su una superficie orizzontale esterna che riceve luce dall'intera volta celeste, senza irraggiamento solare diretto.

Il ricorso ad un tale descrittore consente di rappresentare con un parametro statico un fenomeno dinamico, riducendo per di più il calcolo alla valutazione di fattori puramente geometrici.

La valutazione previsionale del FLD_m può essere eseguita sulla base di diversi modelli di calcolo e di seguito si riportano i due più comunemente utilizzati:

- A) Metodo prospettato dalla CM 3151/67 e ripreso dalla DGR 268/2000 dell'Emilia-Romagna (metodo di calcolo "a") e dall'Appendice A della UNI 10840:2000.

Secondo quanto riportato nella suddetta DGR, il metodo è applicabile limitatamente a:

- spazi di forma regolare con profondità, misurata perpendicolarmente al piano della parete finestrata, minore o uguale a 2,5 volte l'altezza dal pavimento del punto più alto della superficie trasparente dell'infisso;
- finestre verticali (a parete).

Per spazi con due o più finestre si calcola il valore di fattore medio di luce diurna (FLD_m) di ogni finestra e si sommano i risultati ottenuti.

La formula per il calcolo del FLD_m è la seguente:

$$FLD_m = \frac{t \times A \times \varepsilon \times \psi}{S \times (1 - r_m)}$$

dove:

- t = Fattore di trasmissione luminoso del vetro
- A = Area della superficie trasparente della finestra [m^2]
- ε = Fattore finestra che tiene conto della posizione della finestra e della presenza di ostruzioni
- ψ = Fattore che tiene conto dell'arretramento del piano della finestra rispetto al filo esterno della facciata
- r_m = Fattore medio di riflessione luminosa delle superfici interne che delimitano l'ambiente
- S = Area totale delle superfici interne che delimitano l'ambiente [m^2] (comprese le superfici delle finestre)

Per il calcolo si procede come segue:

1. determinare t in funzione del tipo di vetro (vedi Tabella 4.2);

Tabella 4.2

Tipo di superficie trasparente	t
Vetro semplice trasparente	0,90
Vetro retinato	0,85
Doppio vetro trasparente	0,80

2. calcolare A in funzione anche del tipo di telaio da installare;
3. calcolare S come area delle superfici interne (pavimento, soffitto e pareti comprese le superfici delle finestre) che delimitano lo spazio;
4. calcolare r_m come media pesata dei fattori di riflessione luminosa delle singole superfici interne dello spazio utilizzando la Tabella 4.3 (si ritiene accettabile convenzionalmente un valore di 0,7 per superfici chiare);

Tabella 4.3

Materiale e natura della superficie	Fattore di riflessione luminosa
Intonaco comune bianco recente o carta	0,8
Intonaco comune o carta di colore molto chiaro (avorio, giallo, grigio)	0,7
Intonaco comune o carta di colore chiaro (avorio, rosa chiaro)	0,6 ÷ 0,5
Intonaco comune o carta di colore medio (verde chiaro, azzurro chiaro)	0,5 ÷ 0,3
Intonaco comune o carta di colore scuro (verde oliva, rosso)	0,3 ÷ 0,1
Mattone chiaro	0,4
Mattone scuro, cemento grezzo, legno scuro, pavimenti di tinta scura	0,2
Pavimenti di tinta chiara	0,6 ÷ 0,4
Alluminio	0,8 ÷ 0,9

5. calcolare il fattore ψ previa determinazione dei rapporti h_f/p e di L/p indicati in Figura 4.3. Individuare sull'asse delle ascisse del grafico della medesima figura il valore h_f/p indi tracciare la retta verticale fino a che s'incontra il punto di intersezione con la curva corrispondente al valore di L/p precedentemente determinato. Da quest'ultimo punto si traccia la retta orizzontale che individua sull'asse delle ordinate il valore del fattore di riduzione ψ ;
6. calcolare il fattore finestra ε secondo il tipo di ostruzione eventualmente presente (aggetti, edifici o altri elementi del paesaggio prospicienti):
 - a) nel caso non vi siano ostruzioni nella parte superiore della finestra (aggetti) il fattore finestra può essere determinato in due modi:
 - a.1) il rapporto $H-h/L_a$ (Figura 4.4) viene individuato sull'asse delle ascisse del grafico di Figura 4.5; si traccia poi la verticale fino

all'intersezione con la curva e si legge sull'asse delle ordinate il valore di ε ;

a.2) in alternativa, si calcola ε con la seguente formula:

$$\varepsilon = \frac{1 - \text{sen} \alpha}{2}$$

dove α è l'angolo riportato in Figura 4.4;

b) nel caso di ostruzione nella parte superiore della finestra (Figura 4.6), ε è determinato con la seguente formula:

$$\varepsilon = \frac{\text{sen} \alpha_2}{2}$$

dove α_2 è l'angolo riportato in Figura 4.6 e 4.7;

c) nel caso di ostruzione della finestra nella parte superiore e frontale, ε è determinato con la seguente formula:

$$\varepsilon = \frac{(\text{sen} \alpha_2 - \text{sen} \alpha)}{2}$$

dove α_2 e α sono gli angoli riportati in Figura 4.7.

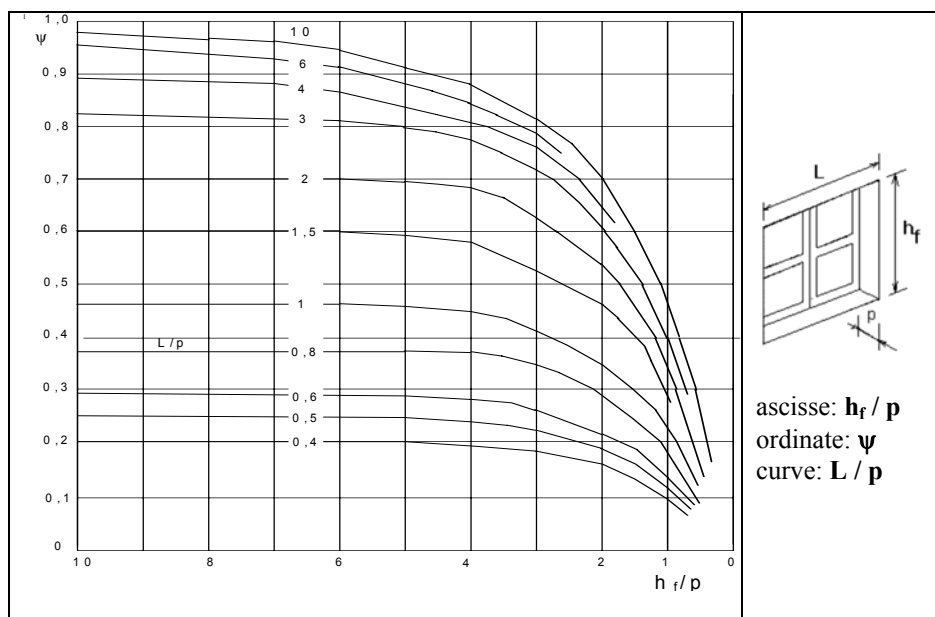


Figura 4.3

h = altezza dal baricentro B della finestra al piano stradale

H = altezza del fabbricato contrapposto dal piano stradale

La = distanza tra il fabbricato contrapposto (o comunque dell'ostacolo) e la finestra

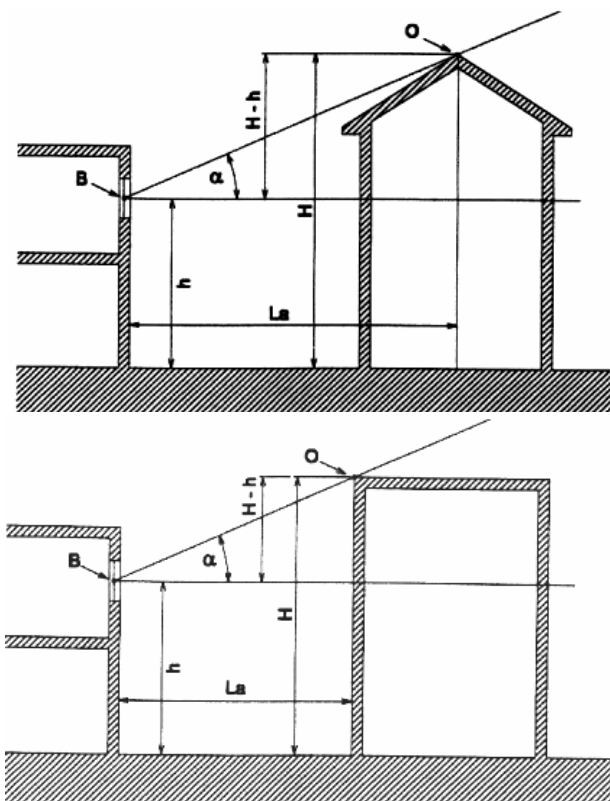


Figura 4.4: Esempio di schemi relativi a due diversi tipi di ostruzione per determinare l'angolo α

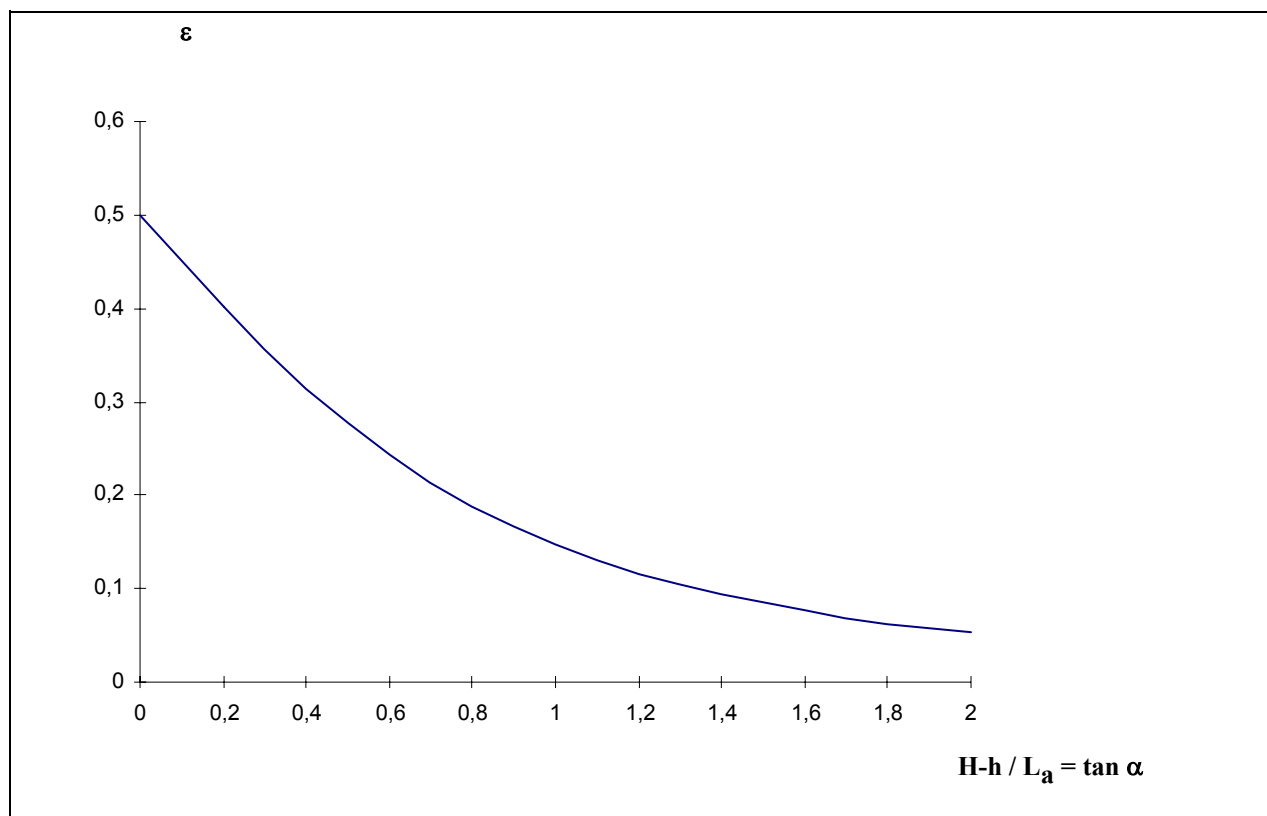


Figura 4.5

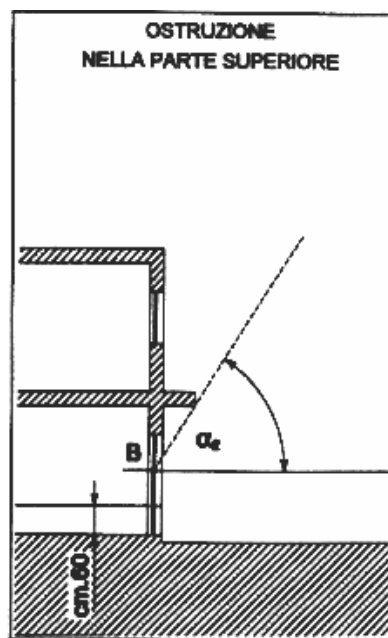


Figura 4.6

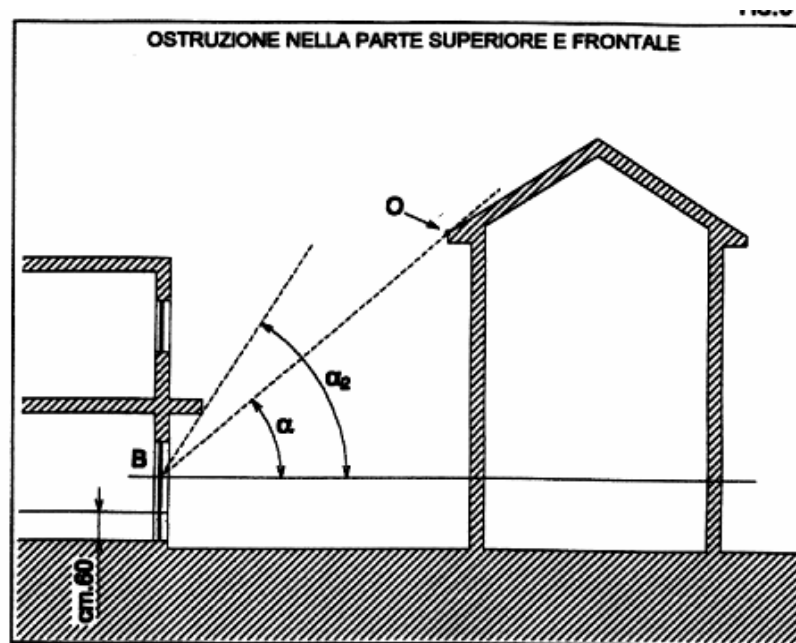


Figura 4.7

Dal metodo di calcolo soprariportato, quello indicato nell'Appendice A della UNI 10840:2000 differisce per i seguenti punti:

- non sono dichiarati limiti all'applicazione del metodo rispetto alla profondità del vano o alla collocazione delle finestre;
- al fattore finestra ε è attribuito valore = 1 per finestra orizzontale (lucernario) senza ostruzioni e = 0,5 per finestra verticale senza alcuna ostruzione;
- non sono indicate modalità di calcolo per ostruzioni nella parte superiore della finestra dovute ad elementi aggettanti.

B) Metodo informatizzato di calcolo Superlite ripreso dalla DGR 268/2000 della Regione Emilia-Romagna (metodo di calcolo "b").

La verifica consiste nel calcolo del FLD_m all'interno dell'ambiente considerato mediante l'uso del programma di calcolo Superlite (Predicting Daylighting and Lighting performance¹).

Il metodo non ha significativi limiti di applicazione e può pertanto essere utilizzato nel caso di:

- spazi di forma sia regolare sia complessa;
- spazi prospicienti logge, balconi, ballatoi;
- qualsiasi tipo di aperture finestrate (finestre verticali, lucernari, ecc.).

Il metodo permette di calcolare il FLD_m per tutte le condizioni di cielo; ai fini della verifica il calcolo va effettuato scegliendo il cielo coperto CIE standard².

Per un metodo di calcolo che tenga conto, oltre alla componente cielo, anche del contributo della luce riflessa dall'esterno e di quella riflessa dall'interno dello spazio considerato, si può utilizzare il metodo di calcolo "c" riportato sulla DGR 268/2000 della Regione Emilia-Romagna. Tale metodo può inoltre essere utilizzato per spazi di forma sia regolare che complessa e per quelli prospicienti logge, balconi o ballatoi.

Circa i valori ottimali, è da rilevare che il FLD_m dipende sia dalla destinazione generale dell'edificio sia dalla funzione propria dei singoli spazi all'interno di esso. I valori utilizzati nella Parte II di queste Linee Guida discendono da indicazioni legislative e normative che indicano valori minimi di 0,7% per le aree occupate in modo non continuativo da lavoratori e valori del 2% ed ancora crescenti per le aree in cui si svolgono attività lavorative. In tutti i casi la progettazione delle aperture trasparenti verso l'esterno deve essere tale da assicurare una adeguata uniformità dell'illuminazione naturale, garantendo rapporti maggiori di 0,16 tra il fattore di luce diurna puntuale minimo ed il fattore di luce diurna puntuale massimo (punto 7, UNI 10840:2000).

¹ Il programma ed il relativo manuale sono reperibili gratuitamente presso il sito internet: <http://eetd.lbl.gov/btd/tools/superlite/superlite2.htm>

² Tale condizione semplificata è quella considerata implicitamente o esplicitamente anche nel metodo di calcolo A (CIE= Commission International de l'Éclairage).

Molti regolamenti edilizi e d'igiene comunali esprimono i livelli di prestazione che un edificio deve garantire in termini di illuminazione naturale con il rapporto illuminante (RI), vale a dire il rapporto tra la superficie finestrata prospiciente spazi liberi esterni e la superficie pavimentata dell'ambiente. I valori minimi di RI comunemente stabiliti e tipicamente associati a diverse categorie di destinazione d'uso dei locali di lavoro, ricadono nell'intervallo $1/8 - 1/15$, ammettendo l'assenza di illuminazione naturale in alcune tipologie di locali accessori.

Questo metodo di valutazione basato sul RI, molto diffuso per la sua facile applicazione, presenta tuttavia dei limiti sulla quantità effettiva di luce naturale che riesce a garantire in molti ambienti e solo in pochi casi particolari è coerente con il calcolo del FLD_m . Per ridurre tali limiti, diversi regolamenti locali, hanno introdotto elementi "correttivi" al calcolo del RI minimo.

Da una disamina dei regolamenti di più recente approvazione, i principali fattori "correttivi" da considerare nella valutazione del RI sono:

- per superfici vetrate con ridotto fattore di trasmissione luminosa (solitamente $t < 0,7$) va previsto un aumento proporzionale dell'ampiezza delle finestre;
- dal computo della superficie illuminante vanno escluse quelle parti trasparenti poste ad una altezza dal pavimento inferiore a 0,60 m;
- la profondità del locale, misurata perpendicolarmente al piano della parete finestrata, non deve superare 2,5 volte l'altezza dal pavimento al punto più alto della superficie trasparente;
- in presenza di ostacoli superiori, quali tettoie, balconi o altri aggetti, la superficie vetrata deve essere aumentata di $0,05 \text{ m}^2$ ogni 5 cm di ostruzione oltre ad 1 m di profondità;
- in caso di edifici contrapposti, se la distanza tra la finestra e l'edificio di fronte è inferiore all'altezza dell'edificio più alto e l'angolo α di Figura 4.4 è maggiore di 45° , la superficie vetrata va proporzionalmente aumentata.

Alla luce di quanto esposto si fornisce l'indicazione di utilizzare il seguente criterio:

- 1) il requisito prestazionale da garantire è quello del $FLD_m \geq 2\%$ o $\geq 0,7\%$ da rispettare in tutti i locali occupati da lavoratori rispettivamente in modo durevole o temporaneo;
- 2) i valori minimi fissati dai regolamenti edilizi e d'igiene comunali (con l'adozione dei correttivi previsti) possono essere ritenuti soluzione conforme al rispetto del requisito prestazionale;
- 3) in assenza di indicazioni dei regolamenti comunali, si forniscono in Tabella 4.4 valori di riferimento desunti dalle indicazioni regionali più ricorrenti e che richiedono l'applicazione dei fattori "correttivi" sopra elencati.

Tabella 4.4: Valori di RI per diverse tipologie di locali

Tipologia del locale	Dimensione	RI minimo
uffici, ambulatori, mense, locali di riposo, aule, locali di degenza	-	1/8
locali adibiti ad attività lavorative diverse dalle precedenti, compresi i magazzini e gli archivi, occupati durevolmente da lavoratori	< 1.000 m ²	1/10
	1.000 ÷ 3.000 m ²	1/12
	> 3.000 m ²	1/15
Locali occupati temporaneamente da lavoratori*	-	1/20
* in questi locali può anche essere ammessa una illuminazione naturale ridotta rispetto al RI indicato nei casi in cui vi siano impedimenti tecnici (strutturali e/o vincoli urbanistici) od altri ostacoli che rendono particolarmente complessa la realizzazione di superfici trasparenti.		

4.2.2 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.

Per il controllo dell'abbagliamento occorre innanzitutto compiere scelte progettuali tali da prevenire il verificarsi di tale fenomeno e, là ove queste non siano sufficienti, intervenire con dispositivi per la schermatura e la regolazione dell'ingresso della luce (es. frangisole, aggetti, tende alla veneziana o a bande, tende di diversa tramatura, ecc.) o con l'impiego di vetri in grado di attenuare o regolare la trasmissione luminosa.

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:

- intollerabile: > 28;
- quasi intollerabile: 28;
- fastidioso: 26;
- quasi fastidioso: 24;
- appena accettabile: 22;
- accettabile: 20;

- percepibile: 18;
- appena percepibile: 16.

4.3 ILLUMINAZIONE ARTIFICIALE

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. La progettazione di un impianto di illuminazione deve perciò essere coerente con le caratteristiche dell'ambiente (dimensioni, forma, proprietà fotometriche delle superfici interne, presenza di luce diurna, ecc.), la sua funzione generale (commerciale, produttiva, sanitaria, ecc.) ed i compiti visivi degli utilizzatori.

I principali parametri da considerare per progettare le condizioni illuminotecniche di un ambiente sono:

1. distribuzione delle luminanze
2. illuminamento;
3. uniformità dell'illuminamento;
4. abbagliamento;
5. resa del colore;
6. colore apparente della luce.

4.3.1 Distribuzione delle luminanze

La distribuzione delle luminanze all'interno del campo visivo influenza il grado di impegno degli organi oculari e conseguentemente la visibilità ed il confort. 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 che hanno le superfici riflettenti presenti nell'ambiente.

A questo proposito, 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 4.5.

Tabella 4.5: Intervalli consigliati per i fattori di riflessione delle principali superfici.

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

I criteri reperibili in letteratura e che possono essere utilizzati per la valutazione della distribuzione delle luminanze, indicano generalmente i seguenti rapporti limite di luminanza all'interno del campo visivo:

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

Dalla ritirata norma UNI 10380:1994, punto 6.2.4, possono essere tratti ulteriori indicazioni di rapporti di luminanza limite, con riferimento anche ad una classificazione degli ambienti in base alla possibilità di controllo delle riflessioni.

4.3.2 Illuminamento ovvero illuminamento medio mantenuto

Si definisce illuminamento medio mantenuto (\bar{E}_m) quel valore di illuminamento al di sotto del quale l'illuminamento medio su una specifica superficie non può mai scendere. Considerato che i provvedimenti legislativi indicano valori di illuminamento minimi da garantire, nel seguito si farà unicamente riferimento al parametro \bar{E}_m .

Il progettista dell'impianto di illuminazione artificiale può trovare i valori di \bar{E}_m in provvedimenti legislativi e, per diversi ambienti interni, compiti o attività, al punto 5.3 della UNI EN 12464-1:2004. Tenendo conto di questi valori limite e determinato un fattore di manutenzione (rapporto tra l'illuminamento medio sul piano di lavoro dopo un certo periodo di utilizzazione dell'installazione e l'illuminamento medio ad installazione nuova) in base all'apparecchio di illuminazione scelto, alle condizioni dell'ambiente ed ad un programma di manutenzione specifico degli apparecchi, il progettista può definire il livello di illuminamento iniziale necessario. Il progettista dovrà indicare nella relazione che accompagna il progetto dell'impianto di illuminazione, tutte le ipotesi fatte per ottenere il valore del fattore di manutenzione, specificare quali apparecchi vanno usati, il piano di manutenzione completo comprendente il periodo di sostituzione delle lampade, gli intervalli tra due pulizie successive dell'apparecchio e del locale. I fattori di manutenzione possono essere stabiliti facendo riferimento alla pubblicazione CIE 97-1992 (Commission Internazionale de l'Éclairage).

Il progettista, per definire il valore iniziale dell'illuminamento medio, con le lampade funzionanti a pieno regime, dovrà quindi dividere il valore dell'illuminamento dato dalla norma per il fattore di manutenzione correttamente determinato, cioè \bar{E}_m/M (*).

Dal punto di vista dell'acquirente invece, \bar{E}_m non è il valore da verificare in fase di collaudo dell'impianto, ma va verificato il valore del rapporto \bar{E}_m/M (*) sulla base del fattore di manutenzione correttamente determinato.

** ad esempio, poiché per un ufficio in cui si svolge un'attività di reception il punto 5.3 della UNI EN 12464-1:2004 prevede \bar{E}_m 300 lx, determinato un fattore di manutenzione $M=0,85$ andranno previsti:*

$$300 / 0,85 \approx 353 \text{ lx}$$

In assenza di dati sul decadimento luminoso degli apparecchi si consiglia al progettista e all'acquirente di realizzare un impianto che fornisca livelli d'illuminamento superiori di almeno il 25% al valore raccomandato nel punto 5.3 della UNI EN 12464-1:2004.

Oltre al fattore di manutenzione, per la determinazione dell'illuminamento necessario in un ambiente occorre valutare se vi siano condizioni di visibilità differenti da quelle abitualmente attribuite ad un determinato ambiente, compito o

attività. In questi casi, al punto 4.3.1 la norma UNI EN 12464-1:2004 suggerisce di usare un valore \bar{E}_m maggiore di almeno un gradino fra quelli previsti nella scala degli illuminamenti nel caso che il compito visivo sia critico (es. dettagli molto piccoli, tempi di lavoro lunghi, capacità visive individuali ridotte, errori costosi, ...), oppure usare un valore più basso di almeno un gradino fra quelli di detta scala nel caso, ad esempio, di compiti visivi con dettagli molto grandi, tempi di lavoro brevi. In nessun caso, nelle zone occupate con continuità l'illuminamento medio mantenuto deve essere inferiore a 200 lx.

4.3.3 Uniformità dell'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.

I valori minimi d'illuminamento attorno alla zona del compito, in rapporto a quelli presenti nella zona del compito, non devono essere inferiori a quelli riportati nella Tabella 4.6 (da prospetto 1 della UNI 12464-1:2004).

Tabella 4.6: Rapporti tra illuminamenti nelle zone del compito visivo e nelle zone immediatamente circostanti.

<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}

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.

4.3.4 Abbagliamento

La limitazione dell'abbagliamento è necessaria per evitare errori, affaticamento e incidenti, vale a dire per non pregiudicare l'affidabilità della prestazione visiva. L'abbagliamento debilitante assume generalmente un'importanza trascurabile, se la limitazione dell'abbagliamento molesto è efficace.

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 al punto 5.3 della UNI 12464-1:2004 per ogni specifico tipo di interno, compito o attività visiva.

I valori di UGR per ogni apparecchio di sono forniti dal fabbricante per determinate configurazioni di sistemi di illuminazione e geometrie degli ambienti, permettendo al progettista di calcolare (usando ad esempio programmi illuminotecnici) o determinare (usando le tabelle complete o ridotte) i valori di UGR dello specifico impianto.

Nel caso di impianti di illuminazione non recenti e dotati di corpi illuminanti sprovvisti di UGR fornito dal costruttore, si può far riferimento all'appendice A della sostituita Norma UNI 10380:1994.

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

- intollerabile: > 28;
- quasi intollerabile: 28;
- fastidioso: 25;
- quasi fastidioso: 22;
- appena accettabile: 19;
- accettabile: 16;
- percepibile: 13;
- appena percepibile: 10.

4.3.5 Indice di resa del colore

Nella progettazione dell'illuminazione artificiale è importante valutare la capacità di una sorgente luminosa di non alterare significativamente il colore di un oggetto, soprattutto per quei compiti visivi incentrati sul corretto discernimento dei colori, oltre che per la sicurezza ed il benessere visivo in generale.

Ogni tipo di lampada è contraddistinta da uno specifico indice di resa del colore (R_a); questo valore esprime l'effetto prodotto da quella sorgente luminosa sull'aspetto cromatico di un oggetto, confrontato con quello ottenuto da una sorgente campione. L'indice di massima fedeltà di resa cromatica è convenzionalmente fissato a 100 e valori decrescenti indicano la minore capacità della sorgente di rendere i colori.

Nel punto 5.3 della UNI EN 12464-1:2004 sono dati valori limite di R_a per diversi ambienti, compiti o attività; in nessun ambiente ove le persone lavorano o permangono per più tempo vanno comunque utilizzate lampade con un indice di resa del colore inferiore ad 80.

4.3.6 Colore apparente della 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, confrontandola con la sorgente campione (corpo nero).

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.

Nella progettazione occorre valutare quale sia il colore più adatto alle specifiche caratteristiche dell'ambiente e tener conto della correlazione che esiste tra la

temperatura di colore delle sorgenti ed i livelli di illuminamento nel determinare una condizione di benessere visivo (in generale, sorgenti luminose a bassa temperatura di colore sono preferibili per bassi livelli di illuminamento, ad alti livelli di illuminamento sono preferibili sorgenti a più elevata temperatura di colore).

4.4 ILLUMINAZIONE DI SICUREZZA

Tutti i posti di lavoro, in caso di pericolo, devono poter essere evacuati rapidamente ed in piena sicurezza. Un esodo rapido e sicuro presuppone che siano presenti percorsi senza ostacoli e adeguati alla natura dell'attività, alle dimensioni dei luoghi, al numero di persone presenti ed alla loro conoscenza dei luoghi, capacità di muoversi senza assistenza, ecc. e che tali percorsi, unitamente ai potenziali pericoli ed ai presidi di sicurezza e soccorso, siano sempre riconoscibili in modo certo ed immediato, anche in mancanza dell'illuminazione normale, per evitare pericoli per l'incolumità delle persone.

Tabella 4.7: Applicazioni dell'illuminazione d'emergenza

ILLUMINAZIONE DI EMERGENZA Illuminazione destinata a funzionare quando l'alimentazione dell'illuminazione normale viene a mancare	
ILLUMINAZIONE DI SICUREZZA Illuminazione finalizzata alla sicurezza delle persone	ILLUMINAZIONE DI SICUREZZA PER L'ESODO Illuminazione destinata a consentire alle persone un esodo sicuro mediante la corretta identificazione dei percorsi d'uscita e delle uscite, dei potenziali pericoli lungo i percorsi, dei dispositivi di sicurezza, di pronto soccorso e antincendio.
	ILLUMINAZIONE ANTIPANICO DI AREE ESTESE Illuminazione destinata ad evitare l'insorgere del panico ed a consentire alle persone di raggiungere un luogo da cui sia possibile identificare una via d'esodo.
	ILLUMINAZIONE DI AREE AD ALTO RISCHIO Illuminazione destinata alla sicurezza delle persone coinvolte in lavorazioni o situazioni potenzialmente pericolose ed a permettere l'esecuzione di corrette procedure d'arresto dei processi di lavorazione pericolosi anche per la sicurezza delle altre persone presenti.
ILLUMINAZIONE DI RISERVA Illuminazione finalizzata alla continuazione dell'attività	Illuminazione destinata al proseguimento dell'attività senza sostanziali cambiamenti e perciò tale da fornire un livello d'illuminamento pari a quello dell'illuminazione ordinaria. Livelli d'illuminazione di riserva inferiori devono essere utilizzati solo per chiudere o portare a termine un'attività. L'illuminazione di riserva deve essere conforme ai requisiti previsti dalle leggi e dalle norme per l'illuminazione di sicurezza qualora sia utilizzata anche come illuminazione di sicurezza.

Col termine di illuminazione di sicurezza ci si riferisce ad un sistema d'illuminazione alimentato da una sorgente di energia indipendente e destinato ad assicurare, qualora venga a mancare la fonte d'alimentazione ordinaria dell'illuminazione artificiale, un'appropriata visibilità nell'intero spazio di mobilità delle persone durante l'evacuazione ed in quei luoghi ove è necessario portare a termine operazioni potenzialmente pericolose prima di allontanarsi.

Secondo le definizioni della norma UNI EN 1838:2000, l'illuminazione di sicurezza è un'applicazione specifica dell'illuminazione d'emergenza, termine generico comprensivo di diverse forme d'illuminazione finalizzate alla sicurezza delle persone oppure alla continuazione dell'attività per ragioni diverse dalla sicurezza delle persone (Tabella 4.7).

Una corretta progettazione dell'illuminazione di sicurezza presuppone l'applicazione di disposizioni legislative, di norme tecniche ed un'attenta valutazione quel particolare luogo.

Nelle disposizioni legislative che prevedono l'obbligo di predisporre l'illuminazione di sicurezza, solitamente non sono indicati, o lo sono solo in parte, i requisiti illuminotecnici di tale sistema di illuminazione. Il riferimento in questi casi è costituito dalla norma UNI EN 1838:2000 che definisce i requisiti minimi che devono essere soddisfatti per l'intero periodo di autonomia dell'impianto e per tutto l'arco di vita delle apparecchiature luminose.

4.4.1 Illuminazione di sicurezza per l'esodo

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. Tale illuminazione deve essere prevista in tutti i luoghi di lavoro, così come definiti dall'art. 30 del DLgs 626/94

I requisiti minimi da soddisfare per un'adeguata l'illuminazione di sicurezza sono:

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.

E' opportuno che il flusso luminoso sia diretto dall'alto verso il piano di calpestio.

b) Collocazione degli apparecchi illuminanti

Gli apparecchi d'illuminazione di sicurezza vanno 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 (Figura 4.8);

- vicino (meno di 2 m in senso orizzontale) alle scale ed in modo che ogni rampa sia illuminata direttamente (Figura 4.9);
- vicino (meno di 2 m in senso orizzontale) ad ogni cambio di livello (gradini, rampe, ecc.),
- 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 telefonico di chiamata, ecc.)
- vicino (meno di 2 m in senso orizzontale) ad ogni dispositivo di sicurezza e attrezzatura antincendio (pulsanti di allarme, attrezzature di estinzione, punto telefonico di chiamata, ecc.).



Figura 4.8

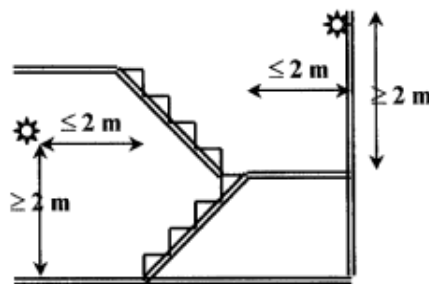


Figura 4.9

c) *Livello di illuminamento delle vie d'esodo*

La norma UNI EN 1838:2000 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, mentre 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 (vedi Figura 4.10);
- 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, oppure essere dotate di illuminazione antipanico.

Diverse disposizioni legislative e particolarmente quelle attinenti la prevenzione degli incendi in luoghi in cui si svolgono attività particolari prescrivono un illuminamento non inferiore a 5 lx ad 1 m di altezza dal pavimento. Tale valore, che è comprensivo degli apporti della luce riflessa, in presenza di superfici chiare corrisponde all'incirca ad 1 lx misurato al suolo senza considerare il contributo delle riflessioni.

Il livello dell'illuminazione di sicurezza deve comunque tener conto del livello medio di illuminazione ordinaria poiché una riduzione repentina limita le condizioni di visibilità.

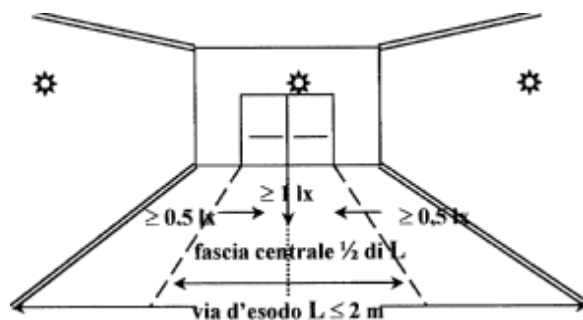


Figura 4.10

- 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).

- e) *Uniformità dell'illuminamento*

Lungo la linea centrale della via d'esodo, il rapporto tra illuminamento massimo e minimo non deve essere maggiore di 40:1.

- f) *Abbagliamento*

Per contenere l'abbagliamento debilitante (peggioramento istantaneo della visione e non corretta visione di ostacoli e segnali), l'intensità luminosa degli apparecchi entro le zone di possibile abbagliamento non deve essere maggiore dei valori di Tabella 4.8.

Tabella 4.8: Limiti dell'abbagliamento debilitante

ALTEZZA DAL SUOLO DELL'APPARECCHIO h (m)	ILLUMINAZIONE VIE D'ESODO E ANTIPANICO Intensità luminosa massima I_{\max} (cd)
$h < 2,5$	500
$2,5 \leq h < 3,0$	900
$3,0 \leq h < 3,5$	1600
$3,5 \leq h < 4,0$	2500
$4,0 \leq h < 4,5$	3500
$h \geq 4,5$	5000

Per le vie di fuga orizzontali sono considerate zone d'abbagliamento quelle comprese nell'area tra 60° e 90° rispetto alla verticale e per qualunque angolo di osservazione, mentre per i percorsi non orizzontali (scale, rampe o altri

dislivelli) la zona di abbagliamento è costituita dall'intera area illuminabile dell'apparecchio e per qualunque angolo di osservazione (vedi Figura 4.11 e Figura 4.12).

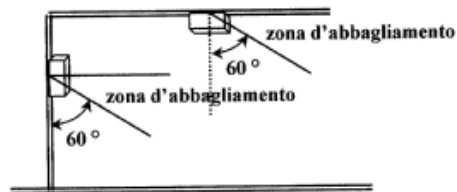


Figura 4.11: zona di abbagliamento per vie di fuga orizzontali

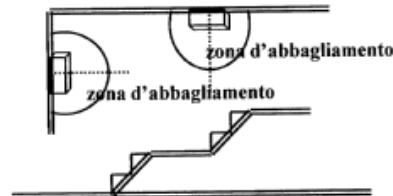


Figura 4.12: zona di abbagliamento per vie di fuga non orizzontali

g) *Resa cromatica*

Il messaggio di un segnale di sicurezza è affidato anche al significato del suo colore e perché tale colore sia riconoscibile, il valore minimo dell'indice di resa cromatica R_a della sorgente luminosa non deve essere inferiore a 40.

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).

i) *Tempo di intervento*

Entro 0,5 s dal momento in cui viene meno l'illuminazione ordinaria, l'illuminazione di sicurezza deve fornire il 50% dell'illuminamento richiesto ed entro 60 s l'illuminamento deve essere completo. Tempi di intervento inferiori sono previsti da disposizioni di legge per particolari attività (es. strutture sanitarie pubbliche e private, attività ricettive turistico-alberghiere, locali di intrattenimento e pubblico spettacolo, impianti sportivi).

4.4.2 Illuminazione antipanico

Il venir meno dell'illuminazione ordinaria può generare panico nelle persone e lo stato di confusione e di disorientamento possono essere tali da determinare comportamenti impulsivi od impedire la capacità di reagire. L'illuminazione antipanico è destinata ad evitare l'insorgere di questo senso improvviso di paura e d'apprensione, fornendo una visibilità sufficiente per muoversi con sicurezza fino ad individuare e raggiungere una via d'esodo.

L'illuminazione antipanico è necessaria nelle aree nelle quali l'identificazione di una via d'esodo non è immediata, nelle aree con un elevato numero di persone, nelle aree di superficie maggiore di 60 m² (pr EN 50172).

I requisiti minimi da soddisfare per un'adeguata l'illuminazione antipanico sono:

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

Gli apparecchi devono essere installati ad un'altezza non inferiore a 2 m dal suolo ed il flusso luminoso è opportuno sia diretto dall'alto verso il pavimento.

b) *Livello di illuminamento*

L'illuminamento orizzontale al suolo non deve essere minore di 0,5 lx (escluso

apporto della luce riflessa) sull'intera area, ad esclusione di una fascia perimetrale di 0,5 m di larghezza.

Il livello dell'illuminazione antipanico deve comunque tener conto del livello medio di illuminazione ordinaria poiché una riduzione repentina limita le condizioni di visibilità.

- c) *Uniformità dell'illuminamento, abbagliamento, resa del colore, autonomia di funzionamento, tempo di intervento*

Si veda illuminazione di sicurezza per l'esodo.

4.4.3 Illuminazione di aree ad alto rischio

Nei luoghi di lavoro in cui si svolgono attività o avvengono processi potenzialmente pericolosi, la mancanza dell'illuminazione ordinaria determina condizioni particolari di rischio sia per i lavoratori direttamente incaricati della conduzione o della sorveglianza di tali attività o processi, sia per gli altri occupanti degli ambienti di lavoro. L'illuminazione di sicurezza ha quindi lo scopo di garantire la visibilità necessaria per compiere le corrette procedure d'arresto delle operazioni e la messa in sicurezza di macchine o impianti.

L'individuazione dei luoghi in cui è necessaria questa particolare illuminazione deve essere conseguente alla valutazione dei rischi che, ricordiamo, deve essere riferita non solo alle normali condizioni di lavoro, ma anche alle situazioni anomale prevedibili, quale è quella della mancanza dell'illuminazione ordinaria. A titolo esemplificativo, sono da considerarsi ad alto rischio gli impianti di processo nell'industria chimica, le centrali elettriche, le lavorazioni con presenza di prodotti pericolosi (esplosivi, infiammabili, tossici, nocivi, radioattivi, infettanti, ecc.) o che si avvalgono nel processo produttivo di fonti di calore (es. fonderie, trattamenti termici, cucine, panifici) oppure che richiedono l'impiego di mezzi di sollevamento e trasporto di carichi o, in generale, di macchine la cui conduzione non può essere sospesa in modo imprevedibile ed immediato senza rischio per la sicurezza dei lavoratori.

I requisiti minimi dell'illuminazione delle aree ad alto rischio sono:

- a) *Livello di illuminamento*

L'illuminamento mantenuto sul piano di riferimento non deve essere inferiore al 10% dell'illuminamento previsto per l'attività e comunque non minore di 15 lx (escluso apporto della luce riflessa); la sorgente di luce di sicurezza deve essere tale da non causare effetti di distorsione della visione di oggetti in movimento, facendoli apparire fermi o con moto diminuito o invertito oppure a scatti (effetti stroboscopici).

- b) *Uniformità dell'illuminamento*

Nelle zone ad alto rischio il rapporto tra illuminamento massimo e minimo non deve essere superiore di 10:1.

- c) *Abbagliamento*

Per contenere l'abbagliamento debilitante, l'intensità luminosa non deve essere inferiore dei valori della Tabella 4.9.

Le zone di abbagliamento sono considerate quelle comprese nell'area tra 60° e 90° rispetto alla verticale e per qualunque angolo di osservazione (Figura 4.11).

Tabella 4.9: limiti dell'abbagliamento debilitante

ALTEZZA DAL SUOLO DELL'APPARECCHIO h (m)	ILLUMINAZIONE AREE AD ALTO RISCHIO Intensità luminosa massima I_{\max} (cd)
$h < 2,5$	1000
$2,5 \leq h < 3,0$	1800
$3,0 \leq h < 3,5$	3200
$3,5 \leq h < 4,0$	5000
$4,0 \leq h < 4,5$	7000
$h \geq 4,5$	10000

d) Resa cromatica.

Si veda illuminazione di sicurezza per l'esodo.

e) Autonomia di funzionamento.

Il tempo di funzionamento dell'illuminazione deve essere almeno pari al tempo necessario per l'arresto e la messa in sicurezza di tutte le fonti di potenziale pericolo.

f) Tempo di intervento.

In relazione ai potenziali pericoli, le lampade del sistema d'illuminazione di sicurezza delle aree a rischio devono essere alimentate con modalità di funzionamento permanente (sempre accese), oppure fornire l'illuminamento richiesto in tempi non superiori a 0,5 s.

Parte II

Requisiti e standard progettuali nelle principali tipologie produttive

1 – LE FONTI

Prioritariamente alla discussione dei requisiti e standard progettuali delle diverse tipologie edilizie pare opportuno richiamare che, dopo una iniziale ricognizione sui riferimenti esistenti nell'ordinamento giuridico ed in presenza, come diverse volte si è verificato, di più testi che si cimentano nel regolamentare una stessa situazione, per effettuare le scelte dei riferimenti legislativi e normativi ci si è attenuti ai consolidati principi di gerarchia (della fonte), competenza (territoriale), successione (temporale) e specialità (sul problema in analisi).

Le principali fonti legislative e normative utilizzate in questa Parte II sono riportate in Tabella 1.1.

Tabella 1.1: principali fonti legislative e normative utilizzate in questa Parte II

Legislazione nazionale	
CM 13011/74	edilizia ospedaliera
DM 26/08/92	antincendio nell'edilizia scolastica
DLgs.626/94	attività sanitarie, veterinarie e industriali
Legge 23/96	edilizia scolastica
DPR 14/01/97	attività sanitarie
DPCM 23/12/03	tutela dei non fumatori
Legislazione locale	
Regolamenti edilizi	tutti gli ambienti
Normativa	
“ex” DM 18/12/75	edilizia scolastica
UNI 8852:1987	ambienti industriali
UNI 10339:1995	ambienti del terziario
UNI EN 1838:2000	illuminazione d'emergenza
UNI 10840:2000	illuminazione edilizia scolastica
UNI EN 12464-1:2004	illuminazione posti di lavoro

Il metodo di lavoro ha quindi consentito di portare a sintesi i requisiti e gli standard tanto per i parametri termoigrometrici quanto per quelli di aerazione, ventilazione, illuminazione naturale, artificiale e di sicurezza, per gli edifici adibiti ad attività di pubblico spettacolo, ad attività commerciali e assimilabili, ad attività scolastiche, ad attività sanitarie, ospedaliere e veterinarie e ad altri luoghi di lavoro quali gli ambienti industriali, i locali ausiliari, gli uffici con uso o meno di VDT.

Circa le modalità di visualizzazione dei riferimenti stessi nei capitoli che seguiranno, in una tabella sinottica verranno puntualizzate le prestazioni degli impianti aeraulici,

essenzialmente intese come temperatura, umidità relativa e velocità dell'aria invernali ed estive, di aerazione naturale, di ventilazione forzata (in termini di rinnovi), giudizi di massima sul grado di filtrazione consigliato e indicazioni qualitative sull'ammissibilità del ricircolo per le suddette principali tipologie di ambienti di lavoro.

Per quanto riguarda i riferimenti per l'illuminazione naturale, nelle tabelle saranno normalmente indicati i riferimenti in termini di FLD (fattore di luce diurno) negli spazi dedicati all'attività principale, nei punti fissi di lavoro e negli spazi dedicati ad attività plurime.

Infine, per quanto riguarda i requisiti e gli standard di illuminamento artificiale, nell'ambito dei molti parametri illuminotecnici che contribuiscono all'igiene ed all'ergonomia della visione, per motivi pratici si è deciso di riportare il solo livello di illuminamento così come per quanto riguarda i requisiti e gli standard di illuminazione di sicurezza.

C'è poi da osservare che nelle tabelle dei singoli Capitoli i parametri di aerazione, ventilazione, microclimatici e di illuminazione vengono assegnati a "categorie di edifici", loro "sottogruppi" e "tipologie di locali" sulla cui terminologia e raggruppamento non è sempre stato facile raccordarsi con le leggi e le norme di riferimento. Si consideri che spesso, anche all'interno di una singola norma vengono usate terminologie e raggruppamenti diversi in punti diversi del testo.

Si è quindi utilizzata una certa arbitrarietà nell'assegnazione di un determinato ambiente all'uno o all'altro degli insiemi seguendo una logica speculativa che di volta in volta ha privilegiato le terminologie ed i raggruppamenti utilizzati da leggi o norme, oppure ha raggruppato tipologie talvolta assegnate a gruppi diversi ma con esigenze simili di prestazioni.

In generale, comunque, le terminologie utilizzate e gli accorpamenti fatti non dovrebbero porre difficoltà circa la loro individuazione e interpretazione.

Infine alcune annotazioni per la lettura delle Tabelle di sintesi dei requisiti e degli standard.

Si consideri che per esigenze di spazio si sono utilizzate le seguenti convenzioni grafiche:

- i requisiti (obblighi da fonti legislative) sono evidenziati in **grassetto** mentre gli standard (indicazioni da fonti normative) sono indicate in testo normale;
- quando per uno stesso parametro una sola fonte normativa o legislativa prevede un intervallo di valori (es.: UR tra 40 e 60%), si è utilizzato il simbolo " \div ";
- quando per uno stesso parametro una sola fonte legislativa/normativa prevede valori diversi per condizioni diverse (es.: $n \geq 5$ per aerazione continua di WC; $n \geq 10$ per aerazione intermittente abbinata all'utilizzo oppure 5 lx per l'illuminazione di sicurezza sulle vie di fuga e 2 lx sulle aree circostanti), si è utilizzato il simbolo " \parallel ";
- quando su di uno stesso parametro insistono più fonti legislative/normative che definiscono valori diversi per scopi diversi (es.: $n \geq 2,5$ per la ventilazione forzata dei servizi dotati di aerazione naturale, secondo il DM 18/12/75, e $n \geq 5$ per i

servizi privi di aerazione naturale, secondo i regolamenti locali edilizi), si è utilizzato il simbolo "-";

- quando sono individuati più criteri per definire prestazioni per uno stesso scopo (es.: Q_s e n), i criteri risultano collegati dal simbolo "+"; in questi casi si privilegerà il criterio più restrittivo.
- quando sono individuati più criteri per definire prestazioni per uno stesso scopo che occorre tutti garantire (es.: n e RA per l'aerazione naturale), i criteri risultano collegati dal simbolo "&";
- le note che si riferiscono al solo parametro sono addossate a questo; quando sono previste più note, esse risultano separate dal simbolo "/".

2 - SPECIFICHE DI SETTORE/COMPARTO/TIPOLOGIA EDILIZIA

2.1 - LOCALI DI PUBBLICO SPETTACOLO, ATTIVITÀ RICREATIVE E ASSOCIATIVE

In presenza di terminologie diverse anche nell'ambito di una singola normativa, in questa sede, per locali di pubblico spettacolo, attività ricreative e associative, si sono sostanzialmente intese le tipologie di locali indicate nel Prospetto III della UNI 10339:1995 con l'esclusione dei luoghi di culto (fuori dal campo di interesse di questo approfondimento), delle borse titoli/merci e delle sale attese di stazioni/metropolitane (assegnate agli edifici adibiti ad attività commerciali) e con il necessario aggiornamento dovuto all'emanazione del DPCM 23/12/03 sulla tutela della salute dei non fumatori.

2.1.1. AERAZIONE, VENTILAZIONE E MICROCLIMA

I locali di pubblico spettacolo debbono, al pari delle altre categorie di edifici, disporre di:

- aria salubre in quantità sufficiente, anche ottenuta con impianti di ventilazione forzata;
- aperture sufficienti per un rapido ricambio d'aria.

Per tutti i locali nei quali può essere garantita l'aerazione naturale valgono quindi i requisiti generali discussi estesamente nella Parte I, Paragrafo 3.2. (in sintesi: un'aerazione continua $n \geq 0,5 \text{ m}^3/\text{hm}^3$ ed un ricambio discontinuo ottenibile con $RA \geq 1/8$ o $1/16$ o $1/24$ a seconda delle dimensioni del locale).

Come noto, è invece consuetudine che cinema e teatri non prevedano finestrate; in merito pare tuttavia importante precisare che tale situazione deve riguardare:

- solamente gli ambienti destinati direttamente allo spettacolo e non a locali accessori con presenza di lavoratori, quali i bar;
- tali specifiche destinazione d'uso e non altre che intendessero insediarsi in quegli stessi locali se non presentino analoghe esigenze "produttive".

L'assenza (o la carenza) di aerazione naturale andrà adeguatamente compensata con impianti di ventilazione forzata che garantiscano l'apporto di aria salubre permanentemente durante l'esercizio delle attività, con dispositivi di allarme per segnalare l'interruzione dell'immissione di aria di rinnovo e con procedure che definiscano i tempi per l'evacuazione del luogo di lavoro.

Le prestazioni degli impianti di condizionamento nei locali di pubblico spettacolo sono caratterizzate da una specifica evoluzione legislativa e normativa che ha avuto origine negli anni '50 e che si è spesso cimentata col problema della presenza di locali per fumatori.

Con l'emanazione del DPCM 23/12/03 per la tutela della salute dei non fumatori, il quadro dei riferimenti si è tuttavia molto semplificato poiché quest'ultimo provvedimento supera i precedenti riferimenti (CM 16/51, DM 18/05/76).

Il legislatore, per applicare effettivamente la Legge 584/1975, con la Legge 3/03 ha ribadito il divieto generale di fumare nei locali chiusi ad eccezione di:

- quelli privati non aperti ad utenti o al pubblico;

- quelli riservati ai fumatori e come tali contrassegnati;

e il DPCM 23/12/03 ha definito i requisiti tecnici dei locali per fumatori oltre che i requisiti tecnici degli impianti di ventilazione e di ricambio d'aria per quegli ambienti.

Ecco allora che i locali destinati ai fumatori posti nei locali di pubblico spettacolo, per attività ricreative e associative, devono in particolare essere provvisti di impianti per la ventilazione forzata tali da garantire una portata d'aria supplementare minima di 30 l/s per persona adottando un indice di affollamento per il locale di 0,7 persone/m² e vanno mantenuti in depressione non inferiore a 5 Pa rispetto agli ambienti vicini. Inoltre, l'aria aspirata da questi locali deve essere espulsa all'esterno (non è permesso il ricircolo), va prevista una segnalazione di divieto di fumo per guasto all'impianto di ventilazione e le zone per fumatori non debbono essere di transito obbligato per i non fumatori.

I locali da adibirsi a pubblico spettacolo, attività ricreative e associative debbono poi osservare le norme prescritte dai locali Regolamenti Edilizi e Regolamenti Comunali d'Igiene. Solitamente, i vincoli imposti da questi provvedimenti si limitano a:

- fissare una temperatura minima da garantire nella stagione invernale;
- determinare i ricambi da garantire in assenza di aerazione naturale per spogliatoi e servizi.

Per quanto riguarda i rimanenti parametri termoigrometrici e di rinnovo e qualità dell'aria il riferimento tecnico attuale è la norma UNI 10339:1995.

Le condizioni termiche e igrometriche di progetto presentano valori differenziati per la stagione invernale e per quella estiva: per la stagione invernale la temperatura a bulbo asciutto è $\leq 20^{\circ}\text{C}$ (ma su questo parametro prevalgono, ove presenti, le indicazioni legislative dei regolamenti locali) e l'umidità relativa è compresa tra 35% e 45%; per la stagione estiva la temperatura a bulbo asciutto è $\leq 26^{\circ}\text{C}$ e l'umidità relativa risulta compresa tra 50% e 60%.

La norma prevede che qualora il progettista ritenga necessario adottare condizioni differenti da quelle riportate e in particolare temperature minori a 20°C in inverno e maggiori di 26°C in estate, debba espressamente segnalare tale fatto, dandone adeguata giustificazione e verificando che si ottengano egualmente condizioni di benessere. La verifica va effettuata in accordo con la procedura della UNI-EN-ISO 7730:1997, imponendo una percentuale massima di persone insoddisfatte non maggiore del 10 %.

Relativamente alla velocità dell'aria misurabile nel volume convenzionale occupato, nelle principali tipologie di locali di pubblico spettacolo si possono individuare valori compresi nel range $0,05 \div 0,25\text{ m/s}$, con minime differenze tra riscaldamento e condizionamento estivo.

La distribuzione dell'aria deve garantire che il flusso di aria immesso si misceli convenientemente con tutta l'aria ambiente.

Nei locali di stazionamento possono essere installate griglie di estrazione o di ripresa, purché la loro ubicazione sia la più lontana possibile dai luoghi di normale permanenza delle persone. In questi casi è tollerata una velocità massima di 0,30 m/s in corrispondenza della superficie luogo dei punti distanti 0,60 m dal perimetro della griglia. Deve comunque essere verificata la compatibilità tra la velocità frontale

della griglia e le condizioni di rumorosità richieste nell'ambiente (vedi UNI EN 8199:1998).

Infine, la UNI 10339:1995 indica in apposita tabella le classi di filtri da posizionare sull'aria in ingresso a seconda dei locali.

Rispetto a questo quadro di riferimenti normativi, l'unica eccezione riguarda gli studi TV, i palcoscenici e teatri di posa dove il riferimento è al DPR 322/56.

In questi ambienti è consentito derogare dall'illuminazione e aerazione naturale all'ovvia condizione che il ricambio d'aria sia garantito con mezzi artificiali. I valori numerici indicati da tale provvedimento riguardano la temperatura dell'aria, che deve essere mantenuta in limiti da 14°C a 30°C, e l'umidità, dal 40 al 70 %. La velocità dell'aria nelle zone di lavoro non deve superare 1 m/s. Per particolari esigenze è consentito scostarsi da detti limiti, per brevi periodi di tempo durante l'orario giornaliero di lavoro.

2.1.2. ILLUMINAZIONE

I locali di pubblico spettacolo debbono, al pari delle altre categorie di edifici, disporre di sufficiente luce naturale "... a meno che non sia richiesto diversamente dalle necessità delle lavorazioni (*) e salvo che non si tratti di locali sotterranei".

**: Il DPR 322/56 prevede la possibilità di derogare per gli studi TV, i palcoscenici e i teatri di posa*

Per tutti i locali nei quali l'illuminazione naturale può essere garantita valgono quindi i requisiti generali discussi estesamente nella Parte I, Paragrafo 4.2. (in sintesi: $FLD_m \geq 2\%$ negli spazi di attività principale e nei punti fissi di lavoro; $FLD_m \geq 0,7\%$ negli spazi destinati a funzioni plurime).

Come noto, è invece consuetudine che cinema e teatri non prevedano finestrature; in merito si ribadisce che tale situazione deve riguardare:

- solamente gli ambienti destinati direttamente allo spettacolo e non per locali accessori con presenza di lavoratori, quali i bar;
- tali specifiche destinazione d'uso e non altre che intendessero insediarsi in quegli stessi locali se non presentino analoghe esigenze "produttive".

L'assenza (o la carenza) di illuminazione naturale prefigura una condizione negativa rispetto all'ergonomia della visione per superare la quale occorre avere particolare attenzione alla qualità dell'illuminazione.

Il principale riferimento legislativo per l'illuminazione artificiale in questi ambienti è rappresentato dalla CM 16/51 la quale prevede che tutti i locali di spettacolo siano illuminati elettricamente con adeguata intensità luminosa e che nelle sale per il pubblico, l'impianto di illuminazione sia predisposto in modo che l'accensione e lo spegnimento siano graduabili. Ogni locale deve avere due impianti distinti di illuminazione: l'illuminazione normale e l'illuminazione di sicurezza. La sala, gli accessi, i corridoi, le scale, i servizi vari, la scena e i servizi annessi, la cabina di proiezione, ecc., devono avere sufficienti corpi illuminanti alimentati dall'uno e dall'altro impianto di illuminazione.

Per quanto riguarda indicazioni numeriche sull'illuminazione artificiale il riferimento è alla UNI 12464-1:2004 che fissa in particolare i seguenti standard:

- \bar{E}_m = Illuminamento medio mantenuto [lx]
- Uniformità dell'illuminamento
- UGR_l = Indice unificato di abbagliamento
- R_a = Indice di resa del colore
- Temperatura di colore della luce [K]

Nella Tabella B1.1, come già anticipato, verrà riportato solamente il valore o il range dei valori di \bar{E}_m previsti per quella determinata tipologia di locali segnalando che per disporre del dato relativo al singolo compito visivo occorre riferirsi al testo esteso della UNI EN 12464-1:2004.

Infine, per l'illuminazione di sicurezza il riferimento è al DM 19/08/96 per cinema, teatri, sale per congressi e riunioni, sale da ballo (il livello di illuminazione di sicurezza deve essere ≥ 5 lux lungo le vie d'uscita e ≥ 2 lux nelle altre aree accessibili al pubblico) mentre, per le altre tipologie di locali il riferimento è alla UNI EN 1838:2000.

Nella Tabella 2.1.1 si riporta il quadro completo dei requisiti (indicati in grassetto) e degli standard (in corsivo normale) dei parametri di aerazione, ventilazione, termoigrometrici e illuminotecnici identificati.

Tabella 2.1.1: requisiti e standard di aerazione, microclimatici e illuminotecnici negli ambienti per pubblico spettacolo, attività ricreative e associative Nella Tabella si specificano requisiti e valori standard di riferimento di ampia validità nelle condizioni più tipiche degli ambienti considerati; si deve tuttavia tener conto che ambienti o situazioni particolari possono richiedere una specifica valutazione secondo le metodologie generali presentate in queste Linee Guida.

CATEGORIE DI EDIFICI		Aerazione naturale	Ventilazione forzata Rinnovi	n _s	Classe dei filtri	Ricirc.	inverno			estate			Illuminazione		
- Sottogruppi							t	UR	va	t	UR	va	naturale	artificiale	sic.
• Tipologia dei locali							(°C)	(%)	(m/s)	(°C)	(%)	(m/s)	(FLD _m %)	lx	lx
PUBBLICO SPETTACOLO, ATTIVITÀ RICREATIVE E ASSOCIATIVE															
- Cinema, Teatri, Sale per Congressi/Riunioni															
• zone pubblico	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	Q _{op} = 5,5 #	1,50	5 ÷ 6	A	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05÷0,15	26	50 ÷ 60	0,05÷0,20	0,7 (I)	150	5 2	
• palcoscenici, studi TV	*	Q _{op} = 12,5 #	1,50	5 ÷ 6	A	14 ÷30	40 ÷ 70	1,0	14 ÷30	40 ÷ 70	1,0	*	300 ⊗	5 2	
• atri, sale di attesa, bar	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	estrazioni	0,20	3 ÷ 5	A	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05÷0,15	26	50 ÷ 60	0,05÷0,20	2+0,7 (I)	100÷300 ⊗	5 2	
- Mostre, Musei, Biblioteche															
• sale mostre, pinacoteche, musei	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	Q _{op} = 6,0 #	0,30	7 ÷ 9	A	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05÷0,15	26	50 ÷ 60	0,05÷0,20	2+0,7 (I)	200 ⊗	1	
• sale lettura biblioteche	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	Q _{op} = 5,5 #	0,30	5 ÷ 6	A	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05÷0,15	26	50 ÷ 60	0,05÷0,20	2+0,7 (I)	500	1	
• depositi libri	*	Q _{os} = 1,5	*	3 ÷ 5	A	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	*	200 §	1	
- Bar, Ristoranti, Sale da ballo															
• bar	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	Q _{op} = 11,0	0,80	3 ÷ 5	S	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05÷0,15	26	50 ÷ 60	0,05÷0,20	2+0,7 (I)	200 ⊗	1	
• pasticcerie	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	Q _{op} = 6,0	0,20	3 ÷ 5	S	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05÷0,15	26	50 ÷ 60	0,05÷0,20	2+0,7 (I)	300÷500	1	
• sale pranzo ristoranti/self-service	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	Q _{op} = 10,0	0,60	5 ÷ 6	S	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05÷0,15	26	50 ÷ 60	0,05÷0,20	2+0,7 (I)	200÷300 ⊗	1	
• cucine	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	Q _{os} = 16,5	*	3 ÷ 5	S	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05÷0,15	26	50 ÷ 60	0,05÷0,20	2 (I)	500	1	
• sale da ballo	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	Q _{op} = 16,5 #	1,00	3 ÷ 5	S	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05÷0,15	26	50 ÷ 60	0,05÷0,20	2+0,7 (I)	200 ⊗	5 2	
- Altri tipi di locali															
• servizi	*	n ≥ 5 10 (-a/l)	*	*	V	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	≤ 0,15	26	50 ÷ 60	≤ 0,15	*	200	1	
- Tutti i tipi di locali															
• zone per fumatori	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	Q _{op} = 30 (F)	0,7	⊗	V	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05÷0,15	26	50 ÷ 60	0,05÷0,20	0,7	200÷300	1	
Note:															
-a	= in assenza di aerazione naturale														
l	= valori tipicamente previsti dai Regolamenti Comunali d'Igiene: controllare!														
V	= ricircolo vietato														
#	= sono previste equazioni correttive in funzione del volume disponibile per persona														
*	= valori non previsti o non necessari														
⊗	= parametri fissati o da fissare tenuto eventualmente conto delle particolari, specifiche esigenze														
F	= da garantirsi in locali separati ed in depressione (≥5 Pa) rispetto agli ambienti circostanti														
§	= verificare anche l'illuminamento sul piano verticale in corrispondenza della copertina dei libri														

2.2 - LOCALI PER ATTIVITÀ COMMERCIALI

In questa sede per locali adibiti ad attività commerciali e assimilabili si sono intese le tipologie di locali indicate nel Prospetto III della UNI 10339:1995 alla voce “attività commerciali e assimilabili” integrate con la voce “alberghi e pensioni”.

I parametri termoigrometrici, di purezza dell'aria e dell'illuminazione previsti per questi ambienti devono anche tener conto delle tipologie di vendita e della necessità di trattamento, conservazione, esposizione della merce, e far sì che queste siano conciliate con le necessità di benessere e di mantenimento della qualità dell'aria e del loro microclima.

2.2.1. AERAZIONE, VENTILAZIONE E MICROCLIMA

I locali destinati ad attività commerciali e assimilabili debbono, al pari delle altre categorie di edifici, disporre di:

- aria salubre in quantità sufficiente, anche ottenuta con impianti di ventilazione forzata;
- aperture sufficienti per un rapido ricambio d'aria.

Per tutti i locali nei quali può essere garantita l'aerazione naturale valgono quindi i requisiti generali discussi estesamente nella Parte I, Paragrafo 3.2. (in sintesi: un'aerazione continua $n \geq 0,5 \text{ m}^3/\text{hm}^3$ ed un ricambio discontinuo ottenibile con $RA \geq 1/8$ o $1/16$ o $1/24$ a seconda delle dimensioni del locale).

Come noto, nella grande distribuzione (centri commerciali, ipermercati ...) sono diffusi ambienti nei quali il rispetto dei requisiti di aerazione naturale non è garantito. Premesso che a livello progettuale la situazione è da evitare, pare comunque importante precisare che in un ambiente esistente con carente aerazione naturale qualora sia presente un adeguato impianto per la ventilazione forzata l'unico pregiudizio effettivo è in relazione all'impossibilità di avere in tali ambienti un rapido ricambio d'aria. Ecco quindi che la carenza di aerazione naturale andrà adeguatamente compensata con impianti di ventilazione forzata che garantiscano l'apporto di aria salubre permanentemente durante l'esercizio delle attività, con dispositivi di allarme per segnalare l'interruzione dell'immissione di aria di rinnovo e con procedure che definiscano i tempi per l'evacuazione degli ambienti.

Nota a parte meritano le autorimesse e gli autosili per i quali, anche in previsione della possibile collocazione interrata e dell'abbinamento con impianti di ventilazione forzata, il DM 01/02/86 prevede standard aeranti ridotti (1/25).

Gli ambienti da adibirsi a edifici commerciali o assimilabili debbono poi osservare le norme prescritte dai locali Regolamenti Edilizi e Regolamenti Comunali d'Igiene. Solitamente, i vincoli imposti da questi provvedimenti si limitano a:

- fissare una temperatura minima da garantire nella stagione invernale;
- determinare i ricambi da garantire in assenza di aerazione naturale per spogliatoi e servizi.

Le prestazioni degli impianti di condizionamento nei locali commerciali e assimilabili sono desumibili dalla norma UNI 10339:1995. I valori indicati per il

rinnovo d'aria in tale norma sono da ritenersi minimi; in alcuni negozi o zone di vendita di supermarket nei quali il genere merceologico può contenere sostanze facilmente evaporabili (solventi, vernici, ammoniaca, detersivi ecc.) o per quei prodotti che hanno odore caratteristico e non gradito (es. rosticceria ...) risulta infatti utile progettare un maggior ricambio d'aria o ricorrere a captazioni localizzata.

Quanto detto è relativo ad ambienti dove è vigente il divieto di fumo. Qualora si volesse predisporre specifici ambienti per fumatori, le caratteristiche di tali ambienti e dei relativi impianti di ventilazione forzata sono regolamentati dal DPCM 23/12/03, più ampiamente discusso nel precedente paragrafo B1.

Come poi già anticipato per la ventilazione forzata delle autorimesse e degli autosili il riferimento è al DM 01/02/86.

2.2.2. ILLUMINAZIONE

I locali commerciali e assimilabili debbono, al pari delle altre categorie di edifici, disporre di sufficiente luce naturale "... a meno che non sia richiesto diversamente dalle necessità delle lavorazioni e salvo che non si tratti di locali sotterranei".

Per tutti i locali nei quali l'illuminazione naturale può essere garantita valgono quindi i requisiti generali discussi estesamente nella Parte I, Paragrafo 4.2. (in sintesi: $FLD_m \geq 2\%$ negli spazi di attività principale e nei punti fissi di lavoro; $FLD_m \geq 0,7\%$ negli spazi destinati a funzioni plurime).

Come noto, nella grande distribuzione (centri commerciali, ipermercati ...) sono diffusi ambienti nei quali il rispetto dei requisiti di illuminazione talvolta è raggiungibile con grande difficoltà, ma va perseguito ad es.: con la realizzazione di piazze, cortili, passaggi illuminati naturalmente.

L'assenza (o la carenza) di illuminazione naturale prefigura una condizione negativa rispetto all'ergonomia della visione per superare la quale occorre avere particolare attenzione alla qualità dell'illuminazione.

Per quanto riguarda indicazioni numeriche sull'illuminazione artificiale il riferimento è alla UNI 12464-1:2004 che fissa in particolare i seguenti standard:

- \bar{E}_m = Illuminamento medio mantenuto [lx]
- Uniformità dell'illuminamento
- UGR_l = Indice unificato di abbagliamento
- R_a = Indice di resa del colore
- Temperatura di colore della luce [K]

Nella Tabella B2.1, come già anticipato, verrà riportato solamente il valore o il range dei valori di \bar{E}_m previsti per quella determinata tipologia di locali segnalando che per disporre del dato relativo al singolo compito visivo occorre riferirsi al testo esteso della UNI EN 12464-1:2004.

Infine, per l'illuminazione di sicurezza il riferimento è al DM 09/04/94 per alberghi e pensioni (il livello di illuminazione di sicurezza deve essere ≥ 5 lux lungo le vie

d'uscita) mentre, per le altre aree di quegli stessi locali e per le altre tipologie di locali il riferimento è alla UNI EN 1838:2000 con l'unica eccezione delle autorimesse e autosili che fanno riferimento al DM 01/02/86.

Nella Tabella B2.1 si riporta il quadro completo dei requisiti (indicati in grassetto) e degli standard (in corsivo normale) dei parametri di aerazione, ventilazione, termoigrometrici e illuminotecnici identificati.

Tabella 2.2.1: requisiti e standard di aerazione, microclimatici e illuminotecnici negli ambienti adibiti ad attività commerciali ed equiparabili. Nella Tabella si specificano requisiti e valori standard di riferimento di ampia validità nelle condizioni più tipiche degli ambienti considerati; si deve tuttavia tener conto che ambienti o situazioni particolari possono richiedere una specifica valutazione secondo le metodologie generali presentate in queste Linee Guida.

CATEGORIE DI EDIFICI		Aerazione naturale	Ventilazione forzata Rinnovi	n _s	Classe dei filtri	Ricirc.	inverno			estate			Illuminazione		
- Sottogruppi							t	UR	va	t	UR	va	naturale	artificiale	sic.
• Tipologia dei locali							t (°C)	(%)	(m/s)	t (°C)	(%)	(m/s)	(FLD _m %)	lx	lx
EDIFICI ADIBITI AD ATTIVITA' COMMERCIALI E ASSIMILABILI															
- Grandi Magazzini															
• piano interrato	n ≥ 0,5 & RA ≥ 1/8	Q _{op} = 9,0	0,25	4 ÷ 6	A	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05±0,15	26	50 ÷ 60	0,05±0,20	*	300 ÷ 500	1	
• piani superiori	n ≥ 0,5 & RA ≥ 1/8	Q _{op} = 6,5	0,25	4 ÷ 6	A	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05±0,15	26	50 ÷ 60	0,05±0,20	2+0,7 (I)	300 ÷ 500	1	
- Negozi o Reparti di Grandi Magazzini															
• barbieri, saloni di bellezza	n ≥ 0,5 & RA ≥ 1/8	Q _{op} = 14,0	0,20	4 ÷ 6	S	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05±0,15	26	50 ÷ 60	0,05±0,20	2+0,7 (I)	500	1	
• abbigliamento, calzature, mobili	n ≥ 0,5 & RA ≥ 1/8	Q _{op} = 11,5	0,10	4 ÷ 6	S	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05±0,15	26	50 ÷ 60	0,05±0,20	2+0,7 (I)	300 ÷ 500	1	
• ottici, fioristi	n ≥ 0,5 & RA ≥ 1/8	Q _{op} = 11,5	0,10	4 ÷ 6	A	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05±0,15	26	50 ÷ 60	0,05±0,20	2+0,7 (I)	300 ÷ 500	1	
• fotografi	n ≥ 0,5 & RA ≥ 1/8	Q _{op} = 11,5	0,10	5 ÷ 6	S	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05±0,15	26	50 ÷ 60	0,05±0,20	2+0,7 (I)	300 ÷ 500	1	
• alimentari	n ≥ 0,5 & RA ≥ 1/8	Q _{op} = 9,0	0,10	5 ÷ 6	S	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05±0,15	26	50 ÷ 60	0,05±0,20	2+0,7 (I)	300 ÷ 500	1	
• farmacie	n ≥ 0,5 & RA ≥ 1/8	Q _{op} = 9,0	0,20	5 ÷ 6	A	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05±0,15	26	50 ÷ 60	0,05±0,20	2+0,7 (I)	500	1	
• lavasecco	n ≥ 0,5 & RA ≥ 1/8	Q _{op} = 9,0	0,20	5 ÷ 6	V	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05±0,15	26	50 ÷ 60	0,05±0,20	2+0,7 (I)	300	1	
- Alberghi e pensioni															
• ingresso, soggiorni	n ≥ 0,5 & RA ≥ 1/8	Q _{op} = 11,0	0,20	5 ÷ 7	A	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05±0,15	26	50 ÷ 60	0,05±0,20	2 (I)	100 ÷ 300	5-1	
• sale conferenze (piccole)	n ≥ 0,5 & RA ≥ 1/8	Q _{op} = 5,5 #	0,60	5 ÷ 7	A	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05±0,15	26	50 ÷ 60	0,05±0,20	2 (I)	500	5-1	
• auditori (grandi)	n ≥ 0,5 & RA ≥ 1/8	Q _{op} = 5,5 #	0,60	5 ÷ 7	A	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05±0,15	26	50 ÷ 60	0,05±0,20	2 (I)	500	5-1	
• sale da pranzo	n ≥ 0,5 & RA ≥ 1/8	Q _{os} = 10,0	0,60	5 ÷ 7	S	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05±0,15	26	50 ÷ 60	0,05±0,20	2 (I)	200÷300 ⊗	5-1	
• camere da letto	n ≥ 0,5 & RA ≥ 1/8	Q _{op} = 11,0 #	0,05	5 ÷ 7	S	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05±0,15	26	50 ÷ 60	0,05±0,20	2 (I)	200	5-1	
- Altri ambienti															
• zone pubblico delle banche	n ≥ 0,5 & RA ≥ 1/8	Q _{op} = 10,0	0,20	4 ÷ 6	A	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05±0,15	26	50 ÷ 60	0,05±0,20	2+0,7 (I)	200 ÷ 300	1	
• borse	n ≥ 0,5 & RA ≥ 1/8	Q _{op} = 10,0 #	0,50	2 ÷ 3	A	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05±0,15	26	50 ÷ 60	0,05±0,20	2+0,7 (I)	300	1	
• quartieri fieristici	n ≥ 0,5 & RA ≥ 1/8	Q _{op} = 10,0	0,20	2 ÷ 3	A	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,10±0,20	26	50 ÷ 60	0,10±0,20	2+0,7 (I)	300 ⊗	1	
• attese stazioni e metropolitane	n ≥ 0,5 & RA ≥ 1/8	estrazioni	1,00	2 ÷ 3	*	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05±0,15	26	50 ÷ 60	0,05±0,20	2+0,7 (I)	200	1	
• autorimesse, autosili	RA ≥ 1/25	n ≥ 3	*	2 ÷ 3	V	*	*	*	*	*	*	*	75÷300	5	
• servizi	n ≥ 0,5 & RA ≥ 1/8	n ≥ 5 10 (-a/l)	*	*	V	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	≤ 0,15	26	50 ÷ 60	≤ 0,15	*	200	1	

Note:

- a = in assenza di aerazione naturale
- l = valori tipicamente previsti dai Regolamenti Comunali d'Igiene: controllare!
- V = ricircolo vietato
- # = sono previste equazioni correttive in funzione del volume disponibile per persona
- * = valori non previsti o non necessari
- ⊗ = parametri fissati o da fissare tenuto eventualmente conto delle particolari, specifiche esigenze

2.3 - EDILIZIA SCOLASTICA

In questa sede per locali adibiti ad edilizia scolastica si sono intese le principali tipologie di locali presenti negli edifici dall'asilo nido all'Università avendo come primo riferimento gli ambienti indicati nel Prospetto III della UNI 10339:1995 alla voce "Edifici adibiti ad attività scolastiche e assimilabili", ma estendendo l'analisi anche alle palestre ed ai refettori che spesso costituiscono parte integrante dei plessi scolastici

I parametri termoigrometrici, di purezza dell'aria e dell'illuminazione previsti per questi ambienti discendono in primo luogo dall'esigenza di tutelare la fruibilità didattica, ma sono parimenti in grado di tutelare la salute di coloro che vi operano per motivi professionali.

2.3.1. AERAZIONE, VENTILAZIONE E MICROCLIMA

I locali destinati ad edilizia scolastica debbono, come le altre categorie di edifici, disporre di:

- aria salubre in quantità sufficiente, anche ottenuta con impianti di ventilazione forzata;
- aperture sufficienti per un rapido ricambio d'aria.

In assenza di normative specifiche su questo parametro, per l'aerazione naturale continuano pertanto a valere i requisiti generali già visti (in sintesi: un'aerazione continua $n \geq 0,5 \text{ m}^3/\text{hm}^3$ ed un ricambio discontinuo ottenibile con $RA \geq 1/8$ o decrescenti all'aumentare delle dimensioni del locale).

Legislazioni e normative specifiche sono invece presenti per gli altri parametri termoigrometrici.

E' innanzitutto il caso di ricordare che il DM 18/12/75, per tanti anni riferimento per le prestazioni relative agli edifici destinati ad edilizia scolastica, è stato abrogato dalla Legge 23/96 che "in sede di prima applicazione e fino all'approvazione delle norme regionali di cui al comma 2" (dell'art.5 della stessa Legge), ne ha comunque mantenuto in vita il testo come indicazione tecnica.

Dopo aver affermato che ad una prima analisi non si sono identificati testi di legge regionale che superino il DM 18/12/75, si raccomanda comunque una verifica nell'ambito della propria Regione per quello che, se presente, costituirebbe una fonte di requisiti (obbligatori) da rispettare. Nella loro valenza attuale, invece, le specifiche tecniche del DM 18/12/75 sono da considerarsi alla stregua di una norma di buona tecnica di valore equivalente alla UNI 10339:1995, normativa che si cimenta su questa categoria di edifici.

Di fatto poiché gli standard della UNI 10339:1995 contemplano tutte le casistiche già esaminate dal DM 18/12/75 e sono più recenti, si è reputato che le sostituiscano quando si cimentano sugli stessi parametri (come per l'UR invernale ed estiva) o le integrino quando adottano parametri diversi (come per la ventilazione forzata: n e Q_{op}).

Sempre nella UNI 10339:1995 sono riportate le classi di filtri da adottarsi negli (eventuali) impianti di ventilazione forzata.

Per quanto riguarda gli ambienti adibiti a laboratori è da evidenziare che qualora questi esponano a rischi da agenti biologici occorre riferirsi alle specifiche indicazioni previste dal Titolo VIII del DLgs.626/94 (vedi paragrafo sugli edifici adibiti ad attività sanitarie, ospedaliere e veterinarie).

Gli ambienti da adibirsi a edifici scolastici debbono infine osservare i requisiti prescritti dai locali Regolamenti Edilizi (talvolta, anche dai Regolamenti Comunali d'Igiene) che, solitamente, si limitano a:

- fissare una temperatura minima da garantire nella stagione invernale;
- determinare i ricambi da garantire in assenza di aerazione naturale per spogliatoi e servizi.

2.3.2. ILLUMINAZIONE

I locali scolastici debbono, come e più delle altre categorie di edifici, disporre di luce naturale ed avere una illuminazione artificiale adeguata.

Per oltre un trentennio l'argomento è stato definito dai requisiti del DM 18/12/75, poi "ridotti" a standard dalla Legge 23/96. Verificato che nella propria Regione non esistano provvedimenti attuativi della Legge 23/96 (come risulta da una prima ricognizione), oggi l'argomento è compiutamente esaminato dagli standard della UNI 10840:2000 che amplia ed aggiorna quelli del DM 18/12/75.

Per tutti i locali nei quali l'illuminazione naturale può essere garantita valgono quindi gli standard della UNI 10840:2000 con valori di FLD_m che raggiungono il 5% nei nidi e nelle scuole materne. Particolarmente interessante sono l'Appendice A e l'Appendice B di tale norma che propongono rispettivamente un metodo per la previsione del FLD_m e un metodo per la valutazione dell'abbagliamento dovuto alla luce naturale basato sul DGI (Indice di abbagliamento).

Anche per quanto riguarda indicazioni numeriche sull'illuminazione artificiale il riferimento è alla UNI 10840:2000 e del suo foglio di aggiornamento UNI 10840/A1 (in fase d'adozione) che fissa in particolare i seguenti standard:

- \bar{E}_m = Illuminamento medio mantenuto [lx]
- Uniformità dell'illuminamento
- UGR_l = Indice unificato di abbagliamento
- R_a = Indice di resa del colore
- Temperatura di colore della luce [K]

Nella Tabella 2.3.1, come già anticipato, verrà riportato solamente il valore o il range dei valori di \bar{E}_m previsti per quella determinata tipologia di locali segnalando che per disporre del dato relativo al singolo compito visivo occorre riferirsi al testo esteso della UNI EN 12464-1:2004.

Infine, per l'illuminazione di sicurezza il riferimento è al DM 26/08/92 che prevede un livello di illuminazione ≥ 5 lux lungo le vie d'uscita.

Nella Tabella 2.3.1 si riporta il quadro completo dei requisiti (indicati in grassetto) e degli standard (in corsivo normale) dei parametri di aerazione, ventilazione, termoigrometrici e illuminotecnici identificati.

Tabella 2.3.1: requisiti e standard di aerazione, microclimatici e illuminotecnici negli edifici adibiti ad attività scolastiche. Nella Tabella si specificano requisiti e valori standard di riferimento di ampia validità nelle condizioni più tipiche degli ambienti considerati; si deve tuttavia tener conto che ambienti o situazioni particolari possono richiedere una specifica valutazione secondo le metodologie generali presentate in queste Linee Guida.

CATEGORIE DI EDIFICI - <i>Sottogruppi</i>	Aerazione naturale	Ventilazione forzata Rinnovi	n _s	Classe dei filtri	Ricirc.	inverno			estate			Illuminazione		
						<i>t</i>	<i>UR</i>	<i>va</i>	<i>t</i>	<i>UR</i>	<i>va</i>	<i>naturale</i>	<i>artificiale</i>	<i>sic.</i>
						(°C)	(%)	(m/s)	(°C)	(%)	(m/s)	(FLD _m %)	lx	lx
EDILIZIA SCOLASTICA														
- Aule														
• Asili nido e scuole materne	n ≥ 0,5 & RA ≥ 1/8	n ≥ 2,5 + Q _{op} = 4,0	* + 0,40	7 ÷ 9	S	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	≤ 0,10	26	50 ÷ 60	≤ 0,10	≥ 5 ≥ 3 L	200 300	≥ 5
• Scuole elementari	n ≥ 0,5 & RA ≥ 1/8	n ≥ 2,5 + Q _{op} = 5,0	* + 0,45	7 ÷ 9	S	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	≤ 0,10	26	50 ÷ 60	≤ 0,10	≥ 3 L	200 500	≥ 5
• Scuole medie inferiori	n ≥ 0,5 & RA ≥ 1/8	n ≥ 3,5 + Q _{op} = 6,0	* + 0,45	5 ÷ 6	S	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05 ÷ 0,15	26	50 ÷ 60	0,05 ÷ 0,20	≥ 3 L	200 500	≥ 5
• Scuole medie superiori	n ≥ 0,5 & RA ≥ 1/8	n ≥ 5,0 + Q _{op} = 7,0	* + 0,45	5 ÷ 6	S	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05 ÷ 0,15	26	50 ÷ 60	0,05 ÷ 0,20	≥ 3 L	300 500	≥ 5
• Università	n ≥ 0,5 & RA ≥ 1/8	Q _{op} = 7,0	0,60	5 ÷ 6	S	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05 ÷ 0,15	26	50 ÷ 60	0,05 ÷ 0,20	≥ 3 L	200 500	≥ 5
- Altri locali														
• Laboratori ★	n ≥ 0,5 & RA ≥ 1/8	Q _{os} = 7,0	0,30	6 ÷ 7	S	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05 ÷ 0,15	26	50 ÷ 60	0,05 ÷ 0,20	≥ 3	300 750	≥ 5
• Palestre	n ≥ 0,5 & RA ≥ 1/8	n ≥ 2,5 + Q _{op} = 6,5 16,5	* + 0,20	5 ÷ 6	S	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05 ÷ 0,15	26	50 ÷ 60	0,05 ÷ 0,20	≥ 3	300	≥ 5
• Refettori	n ≥ 0,5 & RA ≥ 1/8	n ≥ 2,5 + Q _{op} = 10,0	* + 0,60	6 ÷ 7	S	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05 ÷ 0,15	26	50 ÷ 60	0,05 ÷ 0,20	≥ 2	200	≥ 5
• Biblioteche, sale lettura	n ≥ 0,5 & RA ≥ 1/8	n ≥ 1,5 + Q _{op} = 6,0	* + 0,30	6 ÷ 7	A	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05 ÷ 0,15	26	50 ÷ 60	0,05 ÷ 0,20	≥ 3	200 500	≥ 5
• Sale insegnanti	n ≥ 0,5 & RA ≥ 1/8	n ≥ 1,5 + Q _{op} = 6,0	* + 0,30	5 ÷ 6	A	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05 ÷ 0,15	26	50 ÷ 60	0,05 ÷ 0,20	≥ 2	300	≥ 5
• Ambienti di passaggio	n ≥ 0,5 & RA ≥ 1/8	n ≥ 1,5	*	5 ÷ 6	A	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05 ÷ 0,15	26	50 ÷ 60	0,05 ÷ 0,20	≥ 1	100	≥ 5
• Servizi igienici	*	n ≥ 2,5 (a) - ≥ 5 10 (-a/l)	*	*	V	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05 ÷ 0,15	26	50 ÷ 60	0,05 ÷ 0,20	≥ 1	100	≥ 5
Note:														
-a = in assenza di aerazione naturale														
l = valori tipicamente previsti dai Regolamenti Comunali d'Igiene: controllare!														
V = ricircolo vietato														
# = sono previste equazioni correttive in funzione del volume disponibile per persona														
* = valori non previsti o non necessari														
⊗ = parametri fissati o da fissare tenuto eventualmente conto delle particolari, specifiche esigenze														
L = inoltre, la posizione della lavagna deve evitare che le finestre si riflettano sulla lavagna per ogni posizione degli allievi														
★ = nei laboratori in cui sono o possono essere presenti agenti biologici di gruppo 3 o 4 sono obbligatori filtri AS sia in immissione che in estrazione														

2.4. – EDIFICI ADIBITI AD ATTIVITÀ SANITARIE, OSPEDALIERE E VETERINARIE

Il capitolo si sofferma sulle diverse destinazioni d'uso associate all'edilizia sanitaria e ospedaliera proponendo un richiamo alle strutture sanitarie e veterinarie esposte a rischi da agenti biologici secondo la definizione del Titolo VIII del DLgs.626/94. Occorre per altro segnalare che in alcune Regioni sono in vigore norme che stabiliscono i requisiti per l'accreditamento di strutture sanitarie e socio-assistenziali che in questo contesto non sono state esaminate, ma alle quali si rimanda.

2.4.1. AERAZIONE, VENTILAZIONE E MICROCLIMA

I parametri microclimatici delle strutture sanitarie in Italia sono regolamentati da norme che, dal DPCM del 20 luglio 1939 ("Approvazione delle istruzioni per le costruzioni ospedaliere") ad oggi, ha subito una notevole evoluzione.

E' da rilevare che l'apparato regolamentare in vigore attribuisce, per il raggiungimento dei valori ottimali di confort termico e di ventilazione negli ospedali e nelle case di cura, importanza determinante sia alla scelta dell'area su cui far sorgere le strutture sanitarie che all'orientamento degli edifici.

La struttura sanitaria deve essere ubicata in zona salubre, esente da inquinamenti atmosferici, da rumorosità moleste e da ogni altra causa di insalubrità ambientale. Per un maggior confort dei pazienti le sale di degenza devono essere preferibilmente orientate a sud, sud-est. Notevole importanza è data inoltre alle caratteristiche strutturali degli edifici per il raggiungimento di buoni risultati microclimatici, in relazione a quanto previsto nella Circolare del 22/11/1974 n.13011, in merito alla trasmittanza delle chiusure (opache perimetrali, orizzontali e verticali trasparenti, verticali opache perimetrali) e alla protezione dal soleggiamento delle chiusure verticali e orizzontali trasparenti perimetrali.

Per quanto concerne i requisiti termoigrometrici delle strutture ospedaliere, il principale riferimento legislativo è stato per lungo tempo la CM 13011/74 che è tuttora in vigore per le prescrizioni relative essenzialmente alla degenza ed ai servizi privi di specifiche necessità. In essa è previsto che in tutti i reparti ospedalieri, compresi i servizi, venga mantenuta una temperatura invernale $\geq 20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ salvo diverse prescrizioni per locali di particolare destinazione e che nelle camere di degenza, nei locali ad uso collettivo e se possibile anche nei disimpegni, nel periodo invernale deve essere assicurata, mediante un trattamento di umidificazione dell'aria di ventilazione, una UR compresa tra 35 e 45 %.

Con il DPR 14/01/97 la materia è stata ulteriormente regolamentata per quanto riguarda la temperatura e l'UR invernale ed estiva, i ricambi d'aria e l'efficienza dei filtri relativamente ai reparti operatori, al blocco parto, alla rianimazione e terapia intensiva, alla gestione farmaci e materiale sanitario, al servizio di sterilizzazione e di disinfezione ed al servizio mortuario.

Relativamente alle case di cura private i parametri termoigrometrici vengono individuati principalmente dai DM 05/08/77, DPCM 27/06/86 e DM 16/06/90. Da questi riferimenti è possibile trarre che relativamente alle sale di degenza e di soggiorno la temperatura dell'aria non dovrà essere inferiore a 20°C con numero di ricambi d'aria non inferiore a 2 all'ora, ed a 22°C con un numero di ricambi d'aria pari a 3* per le sale di visita e medicazione;

** questo requisito riferito alle sole case di cura private è stato estensivamente indicato come standard per tutti gli ambulatori, compresi quelli pubblici.*

Nei locali di servizio (servizi igienici, cucinette, ecc.) la temperatura dell'aria deve essere compresa tra 17 e 19 °C con un numero minimo di 4 ricambi d'aria all'ora. Il DM 05/08/77 vieta il ricircolo dell'aria nei settori destinati a specifiche attività terapeutiche (sale operatorie, sale parto, sale di degenza degli immaturi, rianimazione, terapie intensive), inoltre prevede che la superficie complessiva delle finestre delle camere di degenza deve essere non inferiore a 1/8 della superficie del pavimento, con un minimo di due metri quadrati.

Indicazioni di carattere generale, per quanto riguarda l'aerazione dei locali, sono previste dal DPCM 20/07/39. Nelle sale di degenza, nonché in quelle di soggiorno anche temporaneo, deve essere assicurato il totale ricambio dell'aria confinata in ragione di due volte all'ora e deve potersi provvedere al riscaldamento razionale nella stagione fredda. Inoltre gli infissi delle porte e delle finestre devono avere nella parte alta dispositivi atti ad assicurare una naturale ventilazione delle sale, delle camere e dei corridoi; per le finestre, gli infissi, capaci di regolare le condizioni termiche e la penetrazione di raggi solari, devono spingersi molto vicino al soffitto ed essere dotati di avvolgibili dal basso. Le finestre meglio indicate per le sale di degenza sono quelle che si aprono su muro pieno a non meno di 1,20 m dal pavimento. I reparti per malati contagiosi devono rispettare il rapporto di superficie finestrata maggiore a 1/5 del pavimento della stanza.

Con la CM 13011/74 si definiscono livelli di ventilazione continua anche per le degenze, comprese quelle pediatriche, i reparti di diagnostica e quelli di isolamento, i soggiorni ed i servizi.

A compendio della sintesi sui criteri di ventilazione pare opportuno aggiungere una breve nota sugli indicatori di affollamento, cambiati non di poco nel corso del secolo.

Le prime indicazioni, fornite dal DPCM 20/07/39, prevedevano un cubo minimo d'aria per posto letto di 19,20 m³ ed una superficie minima di 6 m²; le camere singole dovevano avere superficie almeno di 9 m². I m² minimi per posto letto vengono portati a 7 dal DM 05/08/77 per camere a più letti ed a 12 m² per camere singole ad un letto, mentre è solo con il DPR 14/01/97 che si pone l'attuale limite minimo di 9 m² per posto letto, con numero di posti letto non superiore a quattro per camera.

Relativamente poi al versante normativo il riferimento attuale è la norma UNI 10339:1995.

Tale norma riprende i requisiti termoigrometrici, già previsti nelle leggi indicate, fornendo in dettaglio standard diversificati in relazione alle diverse tipologie dei reparti e servizi delle strutture ospedaliere. Le portate d'aria previste sono pari ad $11 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ per persona, ad esclusione delle sale mediche/soggiorni in cui sono previsti valori di $8,5 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ per persona (lo standard indicato in Tabella 4.1 è invece desunto dal DM 05/08/77) e le camere per infettivi e le sale operatorie/sale parto in cui si rimanda alle "prescrizioni vigenti e specifiche esigenze".

Per quanto concerne la velocità dell'aria espressa nel volume convenzionale occupato, nelle principali tipologie delle strutture ospedaliere, si possono individuare valori compresi nel range $0,05 \div 0,25 \text{ m/s}$.

In particolare la velocità distinta per riscaldamento e raffrescamento, in relazione anche alle condizioni termoigrometriche di progetto, all'abbigliamento ed all'attività fisica dei presenti in modo da soddisfare i criteri di benessere, può essere sostanzialmente individuata negli intervalli $0,05$ a $0,20 \text{ m/s}$ per il riscaldamento e da $0,05$ a $0,25 \text{ m/s}$ per il raffrescamento.

Relativamente alla filtrazione d'aria, le classi di filtri e l'efficienza di filtrazione per le diverse tipologie di reparti e servizi vanno da un valore minimo di 6 ad un massimo di 12, comunque con un'efficienza di filtrazione almeno pari ad M+A. Si noti che sono invece previsti requisiti (ex DPR 14/01/97) per le sale operatorie e le farmacie e requisiti (ex D.Lgs.626/94) per i locali di isolamento malattie infettive.

2.4.2. ILLUMINAZIONE

Indicazioni di carattere generale possono essere tratte dal DPCM 20/07/39.

Nella costruzione degli ospedali deve essere usato prevalentemente il doppio corpo di fabbrica, in modo che i corridoi, servendo le sale di degenza da un lato, abbiano abbondante aerazione ed illuminazione a mezzo di finestre e verande praticate nel lato libero. I fronti dei fabbricati nei quali si aprono le finestre di sale di degenza, devono essere a tale distanza da edifici posti di fronte che, dal punto di massima profondità, deve essere visibile un adeguato settore della volta celeste.

I reparti per malati contagiosi devono rispettare il rapporto di superficie finestrata maggiore a $1/5$ del pavimento della stanza.

Solo con la Circolare 13011/74 si definiscono i valori minimi dei livelli di illuminazione naturale ed artificiale:

- Sul piano di lavoro o osservazione medica (escluso il piano operatorio) 300 Lux
- Sul piano di lettura negli spazi per lettura, laboratori negli uffici 200 Lux
- Spazi per riunioni, per ginnastica, ecc, misurati sul piano ideale posto a $0,6 \text{ m}$ dal pavimento 100 Lux
- Corridoi, Scale, Servizi igienici, atrii, spogliatoi, ecc. misurati su un piano ideale posto a 1 m dal pavimento 80 Lux

La stessa Circolare introduce prescrivendo i seguenti valori del Fattore Medio di Luce Diurna:

- | | |
|--------------------------------------|----|
| • Degenze, diagnostiche e laboratori | 3% |
| • Palestre, refettori | 2% |
| • Uffici, corridoi, scale | 1% |

Per quanto riguarda indicazioni numeriche sull'illuminazione artificiale il riferimento è alla UNI 12464-1:2004 che fissa in particolare i seguenti standard:

- \bar{E}_m = Illuminamento medio mantenuto [lx]
- Uniformità dell'illuminamento
- UGR_i = Indice unificato di abbagliamento
- R_a = Indice di resa del colore
- Temperatura di colore della luce [K]

Nella Tabella riassuntiva, verrà riportato solamente il valore o il range dei valori di \bar{E}_m previsti per quella determinata tipologia di locali segnalando che per disporre del dato relativo al singolo compito visivo occorre riferirsi al testo esteso della UNI EN 12464-1:2004.

I requisiti illuminotecnici dei sistemi d'illuminazione di sicurezza sono individuati dal DM 18/09/02 prevedendo un livello minimo di illuminazione pari a 5 lux ad 1 m di altezza dal piano di calpestio, lungo le vie di uscita e nelle aree di tipo C e D (cioè rispettivamente aree destinate a prestazioni medico-sanitarie di tipo ambulatoriale in cui non è previsto ricovero come ambulatori, centri specialistici, centri di diagnostica, consultori, ..., ed aree destinate al ricovero in regime ospedaliero e/o residenziale nonché aree adibite ad unità speciali come terapia intensiva, neonatologia, reparto di rianimazione, sale operatorie, terapie particolari, ...), mentre per le altre aree il riferimento è la norma UNI EN 1838:2000.

Nella Tabella seguente si riporta il quadro completo dei requisiti (indicati in grassetto) e degli standard (in corsivo normale) dei parametri di aerazione, ventilazione, termoigrometrici e illuminotecnici identificati.

Tabella 2.4.1: requisiti e standard di aerazione, microclimatici e illuminotecnici negli edifici adibiti ad attività sanitarie^Δ, ospedaliere^Δ e veterinarie. Nella Tabella si specificano requisiti e valori standard di riferimento di ampia validità nelle condizioni più tipiche degli ambienti considerati; si deve tuttavia tener conto che ambienti o situazioni particolari possono richiedere una specifica valutazione secondo le metodologie generali presentate in queste Linee Guida.

CATEGORIE DI EDIFICI		Aerazione naturale	Ventilazione forzata Rinnovi	n _s	Classe dei filtri	Ricirc.	inverno			estate			Illuminazione		
- Sottogruppi							t	UR	va	t	UR	va	naturale	artificiale	sic.
• Tipologia dei locali							t (°C)	UR (%)	va (m/s)	t (°C)	UR (%)	va (m/s)	(FLD _m %)	lx	lx
EDIFICI ADIBITI AD ATTIVITA' SANITARIE, OSPEDALIERE E VETERINARIE ⊗ ★ (V)															
• degenze in genere	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	n ≥ 2	*	6 ÷ 8	V	20 ± 2	35 + 45	0,05÷0,10	26	50 ÷ 60	0,05÷0,10	3	300	5	
• degenze bambini	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	n ≥ 3	*	6 ÷ 8	V	20 ± 2	35 + 45	0,05÷0,10	26	50 ÷ 60	0,05÷0,10	3	300	5	
• reparti diagnostica	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	n ≥ 6	*	6 ÷ 8	V	20 ± 2	35 + 45	0,05÷0,10	26	50 ÷ 60	0,05÷0,10	3	300 - 1.000	5	
• terapie fisiche	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	Q _{op} = 11,0	0,20	6 ÷ 8	V	20 ± 2	35 ÷ 45	0,10÷0,20	26	50 ÷ 60	0,15÷0,25	2	100 - 300	5	
• rianimazione e terapia intensiva	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	n ≥ 6	*	10 ÷ 11	V	≥ 20	40 + 60	0,05÷0,10	≤ 24	40 + 60	0,05÷0,10	3	1.000	5	
• locali travaglio e sale parto	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	n ≥ 6	*	11 ÷ 12	V	≥ 20	30 + 60	0,05÷0,10	≤ 24	30 + 60	0,05÷0,10	3	300 1.000	5	
• sale operatorie	*	n ≥ 15	*	≥ 12	V	≥ 20	40 + 60	0,05÷0,10	≤ 24	40 + 60	0,05÷0,10	*	1.000	5	
• isolamento (malattie infettive)	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	n ≥ 12	*	10 + 14	V	20 ± 2	35 + 45	0,05÷0,10	26	50 ÷ 60	0,05÷0,10	3	500	5	
• altri reparti speciali (es.: c.dialisi)	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	n ≥ 6	*	10 ÷ 11	V	20 ± 2	35 + 45	0,05÷0,10	26	50 ÷ 60	0,05÷0,10	2+0,7 (I)	500	5	
• sterilizzazione, disinfezione	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	n ≥ 15	*	10 ÷ 11	V	≥ 20	40 + 60	0,05÷0,10	≤ 27	40 + 60	0,05÷0,10	2+0,7 (I)	300	5 – 1	
• farmacia	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	n ≥ 2	*	3 + 4	V	≥ 20	45 + 55	0,05÷0,10	≤ 26	45 + 55	0,05÷0,10	2+0,7 (I)	500 1.000	5 – 1	
• serv. mortuari-ove presenti salme	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	n ≥ 15	*	6 ÷ 8	V	≤ 18	55 + 65	0,05÷0,10	≤ 18	55 + 65	0,05÷0,10	2+0,7 (I)	500	5 – 1	
• soggiorni	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	Q _{op} = 8,3 (≅30m³/h)	0,20	6 ÷ 8	V	20 ± 2	35 ÷ 45	0,05÷0,10	26	50 ÷ 60	0,05÷0,10	2+0,7 (I)	100 - 200	5 – 1	
• disimpegni	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	Q _{op} = 11	0,12	6 ÷ 8	V	20 ± 2	35 ÷ 45	0,05÷0,10	26	50 ÷ 60	0,05÷0,10	1 (I)	200	5 – 1	
• ambulatori	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	n ≥ 3	*	6 ÷ 8	V	20 ± 2	35 ÷ 45	0,05÷0,15	26	50 ÷ 60	0,05÷0,10	3	300	5	
• servizi igienico-sanitari	*	n ≥ 10 (-a)	*	*	V	≥ 20	35 ÷ 45	0,05÷0,10	26	50 ÷ 60	0,05÷0,10	*	80 - 200	1	
Note:															
Δ	= vedi anche norme regionali per l'accreditamento delle strutture sanitarie e socio-assistenziali														
⊗	= parametri fissati o da fissare tenuto eventualmente conto delle particolari, specifiche esigenze														
V	= ricircolo vietato														
-a	= in assenza di aerazione naturale														
*	= valori non previsti o non necessari														
★	= nei <i>servizi di isolamento, laboratori e stabulari</i> sia sanitari che veterinari in cui sono o possono essere presenti agenti biologici di gruppo 3 o 4 sono obbligatori filtri AS (art.81 e 82, DLgs.626/94) sia in immissione che in estrazione														

2.5 - AMBIENTI INDUSTRIALI, LOCALI AUSILIARI, UFFICI

In questo paragrafo sono raccolti i dati progettuali degli ambienti produttivi classici (laboratori, fabbriche) e dei loro locali ausiliari, compresi gli uffici. E' stata anche prevista una specifica per il lavoro al videoterminale (VDT) anche se questi ultimi sono ormai riscontrabili in ogni tipo di ambiente.

Le tipologie edilizie riferibili agli ambienti industriali sono molteplici, ciascuna da considerarsi in relazione al tipo di attività svolta ed, in particolare, ai cicli tecnologici presenti.

Molteplici sono pure gli inquinanti che si diffondono dalle varie lavorazioni, più comunemente sotto forma di polveri, fumi, nebbie, vapori, gas e varie le esigenze di illuminazione connesse alle diverse esigenze ed ai diversi usi produttivi con relativi compiti visivi (dalla sicurezza del transito a compiti di controllo, lettura ecc...).

Il controllo delle condizioni di illuminazione, di purezza dell'aria e di standard termoigrometrici legate ad esigenze di prodotto (che devono essere reali, chiaramente identificate e comunque compatibili con la salute e sicurezza sul lavoro) o ad emissioni di inquinanti tossici¹ da sorgenti legate al ciclo produttivo esula tuttavia da questa analisi.

¹ In presenza di inquinanti moderatamente o molto tossici e per sorgenti ben individuabili occorre rivolgersi alle aspirazioni localizzate.

Per classificare la tossicità degli inquinanti, orientativamente e con le opportune cautele, può essere utilizzato il seguente criterio basato sui TLV ACGIH:

Classi di tossicità	Range TLV-TWA, in ppm
-poco tossico	≥ 500
-moderatamente tossico	$100 \div 500$
-molto tossico	≤ 100

Qualora sia ammesso ricorrere alla ventilazione generale per diluizione (anziché all'aspirazione localizzata), il valore di Q dell'aria esterna di ventilazione deve tenere conto della quantità e tipo di inquinanti che si liberano nell'ambiente.

Per il computo della portata di ventilazione (laddove è necessario un controllo di qualità dell'aria in ingresso) o di aerazione (qualora il controllo della qualità dell'aria in ingresso non sia richiesto) generale, per inquinanti di tipo chimico (gas/vapori) si può utilizzare la formula:

$$Q = \frac{K m \bullet}{STD} \quad \text{dove:}$$

Q = portata necessaria in m^3/h

K = reciproco dell'efficienza media di ventilazione; dipende dal sistema di ventilazione adottato;

$m \bullet$ = quantità di inquinante immessa in ambiente in mg/h ;

STD = limite di accettabilità dell'inquinante in mg/m^3 , (ad es.: $STD = \frac{1}{2} TLV-TWA$; criterio NIOSH)

La presenza di agenti chimici, fisici e biologici che si originano in relazione ad esigenze produttive o di prodotto determina infatti rischi che, per la loro entità e gravità, comportano normalmente interventi di riduzione/controllo con modalità diverse dall'aerazione o dalla ventilazione generale. Sostituzione dei prodotti, cicli chiusi, aspirazioni localizzate, dispositivi di protezione individuale sono tutti esempi di modalità concrete per il contenimento dei rischi.

Per il controllo della qualità dell'aria indoor è invece normalmente accettabile ricorrere alla aerazione o alla ventilazione generale.

Ricordiamo allora che le esigenze fondamentali cui devono rispondere la aerazione/ventilazione (naturale ed artificiale) ed il controllo termoigrometrico sono:

- il controllo della qualità dell'aria interna per ridurre la presenza di contaminanti chimico-fisici e biologici pericolosi per la salute degli occupanti l'edificio;
- il benessere respiratorio-olfattivo e termoigrometrico degli individui;
- il controllo dell'umidità per evitare fenomeni di condensa ed i relativi effetti negativi;
- evitare che correnti d'aria fastidiose create artificialmente colpiscano le persone.

Similmente, le esigenze fondamentali cui l'illuminazione (naturale, artificiale e di sicurezza) deve rispondere sono:

- il benessere visivo delle persone con presenza di illuminazione naturale ovunque possibile
- la visibilità degli elementi di paesaggio dai punti fissi di lavoro;
- l'individuazione delle vie di fuga e delle porte di sicurezza in situazioni d'emergenza.

2.5.1. AERAZIONE, VENTILAZIONE E MICROCLIMA

Gli ambienti industriali debbono, al pari delle altre categorie di edifici, disporre di:

- aria salubre in quantità sufficiente, anche ottenuta con impianti di ventilazione forzata, tenendo conto dei metodi di lavoro e degli sforzi fisici ai quali sono sottoposti i lavoratori;
- aperture sufficienti per un rapido ricambio d'aria.

Per tutti i locali nei quali può essere garantita l'aerazione naturale valgono quindi i requisiti generali discussi estesamente nella Parte I, Paragrafo 3.2. (in sintesi: un'aerazione continua $n \geq 0,5 \text{ m}^3/\text{hm}^3$ ed un ricambio discontinuo ottenibile con $RA \geq 1/8$ o $1/16$ o $1/24$ a seconda delle dimensioni del locale).

Come noto, soprattutto nei grandi capannoni (ma non solo) sono diffusi ambienti nei quali il rispetto dei requisiti di aerazione naturale non è garantito. Premesso che a livello progettuale la situazione è da evitare, pare comunque importante precisare che in un ambiente esistente con carente aerazione naturale qualora sia presente un adeguato impianto per la ventilazione forzata l'unico pregiudizio effettivo è in relazione all'impossibilità di avere in tali ambienti un rapido ricambio d'aria. Ecco quindi che in tali situazioni la carenza di aerazione naturale andrà adeguatamente compensata con impianti di ventilazione forzata che garantiscano l'apporto di aria

salubre permanentemente durante l'esercizio delle attività, con dispositivi di allarme per segnalare l'interruzione dell'immissione di aria di rinnovo e con procedure che definiscano i tempi per l'evacuazione degli ambienti.

Le indicazioni relative alla ventilazione forzata sono di diversa fonte:

- per gli ambienti industriali (laboratori, magazzini ...) in assenza di superiori esigenze produttive il riferimento è alla UNI 8852:1987 che prevede tanto valori di Q_{op} di $15 \div 40 \text{ m}^3/\text{h}$ ($\equiv 4,2 \div 11,1 \text{ l/s}$) quanto un valore in n pari a 0,5 volumi/ora;
- per gli uffici ed i locali assimilabili, così come per le cucine ed i refettori, il riferimento è alla UNI 10339:1995;
- per gli ambulatori e le camere di medicazione si suggerisce di attenersi alle indicazioni previste per gli analoghi ambienti in ambito di edilizia sanitaria;
- per le docce, spogliatoi e servizi il riferimento è (solitamente) contenuto regolamenti edilizi comunali.

Relativamente ai parametri termoigrometrici per la climatizzazione invernale i riferimenti sono:

- per gli ambienti industriali (laboratori, magazzini ...), in assenza di esigenze produttive specifiche (es.: lavorazioni legate al ciclo del freddo), la UNI 8852:1987 che prevede valori minimi di temperatura nel range $18 \div 10^\circ\text{C}$ in funzione del dispendio metabolico associato all'attività;
- i regolamenti locali per tutti le altre tipologie di locali, con la specifica per ambulatori, camere di medicazione, docce e spogliatoi per i quali occorre prevedere una temperatura minima che non ne limiti l'utilizzo.

Relativamente ai parametri termoigrometrici per la climatizzazione estiva sono invece stati adottati estensivamente i parametri indicati dalla norma UNI 10339:1995.

Ancora una volta, quanto detto è relativo ad ambienti dove è vigente il divieto di fumo. Qualora si volesse predisporre specifici ambienti per fumatori, le caratteristiche di tali ambienti e dei relativi impianti di ventilazione forzata andrebbero realizzati come previsto dal DPCM 23/12/03 e già discusso nel precedente paragrafo B1.

2.5.2. ILLUMINAZIONE

Gli edifici industriali, gli uffici ed i locali accessori debbono, al pari delle altre categorie di edifici, disporre di sufficiente luce naturale "... a meno che non sia richiesto diversamente dalle necessità delle lavorazioni e salvo che non si tratti di locali sotterranei".

Per tutti i locali nei quali l'illuminazione naturale può essere garantita valgono quindi i requisiti generali discussi estesamente nella Parte I, Paragrafo 4.2. (in sintesi: $FLD_m \geq 2\%$ negli spazi di attività principale e nei punti fissi di lavoro; $FLD_m \geq 0,7\%$ negli spazi destinati a funzioni plurime).

L'assenza (o la carenza) di illuminazione naturale prefigura una condizione negativa rispetto all'ergonomia della visione per superare la quale occorre avere particolare attenzione alla qualità dell'illuminazione.

Per quanto riguarda indicazioni numeriche sull'illuminazione artificiale il riferimento è alla UNI 12464-1:2004 che fissa in particolare i seguenti standard:

- \bar{E}_m = Illuminamento medio mantenuto [lx]
- Uniformità dell'illuminamento
- UGR_l = Indice unificato di abbagliamento
- R_a = Indice di resa del colore
- Temperatura di colore della luce [K]

Nella Tabella B5.1, come già anticipato, verrà riportato solamente il valore o il range dei valori di \bar{E}_m previsti per quella determinata tipologia di locali segnalando che per disporre del dato relativo al singolo compito visivo occorre riferirsi al testo esteso della UNI EN 12464-1:2004.

Infine, per l'illuminazione di sicurezza il riferimento è alla UNI EN 1838:2000.

2.5.3 SPECIFICHE PER IL LAVORO AL VDT

Si tratta di una attività onnipresente, tanto negli uffici quanto negli altri tipi di ambiente, sulla quale esistono più riferimenti legislativi, il primo dei quali è il DLgs.626/94 che, nel proprio Titolo VI e Allegato VII, discutono il lavoro al VDT in modo complessivo, non solo sotto il profilo illuminotecnico, ma anche per quanto riguarda il comfort climatico, acustico ed ergonomico della postazione di lavoro e dell'ambiente in cui tale postazione è inserita.

Questo approccio ergonomico risulta confermato anche nel DM 02/10/00. Limitando comunque l'osservazione al versante illuminotecnico viene in particolare indicato di orientare correttamente la postazione rispetto alle finestre (vedi **Figura 2.5.1**), di realizzare l'illuminazione artificiale dell'ambiente con lampade provviste di schermi ed esenti da sfarfallio, poste in modo che siano al di fuori del campo visivo degli operatori ed evitando l'abbagliamento dell'operatore e la presenza di riflessi sullo schermo qualunque sia la loro origine. E' anche presente un dato quantitativo: in caso di lampade a soffitto non schermate, la linea tra occhio e la lampada deve formare con l'orizzonte un angolo non inferiore a 60°.

Anche la UNI EN ISO 9241-6:2001 propone una valutazione complessiva della postazione di lavoro al VDT, con approfondimenti su suono e rumore, vibrazioni meccaniche, campi elettromagnetici ed elettricità statica, ambiente termico, organizzazione dello spazio, disposizione del posto di lavoro e illuminazione.

Una ricognizione sui soli aspetti illuminotecnici è disponibile sulla UNI EN 12464-1:2004 che, in estrema sintesi, afferma che il compito visivo (quello non legato all'osservazione del VDT) merita l'illuminazione quali-quantitativa prevista per quel determinato lavoro e che l'interazione visione-VDT va affrontata con una buona qualità del video (sono previste 3 classi di schermi) e con una illuminazione che, in relazione alla qualità degli schermi, non ne esalti i difetti (vedi **Tabella 2.5.1**).

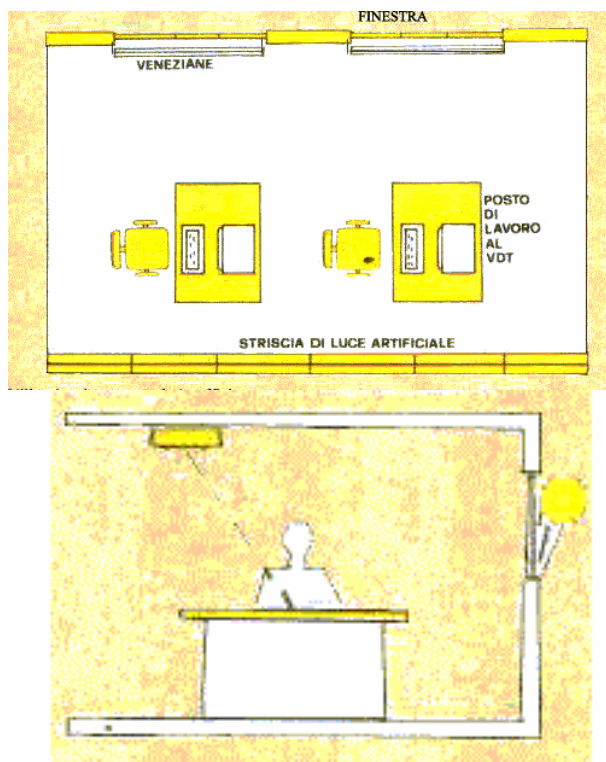


Figura 2.5.1: collocazione corretta dei posti di lavoro con VDT rispetto alle finestre ed ai corpi illuminanti. Vista in pianta ed in sezione

Tabella 2.5.1: limiti delle luminanze degli apparecchi che possono riflettersi sullo schermo

Classe dello schermo secondo la UNI EN ISO 9241-7	I	II	III
Qualità dello schermo	buona	media	bassa
Luminanza media degli apparecchi che sono riflessi nella schermo	$\leq 1.000 \text{ cd/m}^2$		$\leq 200 \text{ cd/m}^2$

Nella Tabella 2.5.2 si riporta il quadro completo dei requisiti (indicati in grassetto) e degli standard (in corsivo normale) dei parametri di aerazione, ventilazione, termoigrometrici e illuminotecnici identificati.

Tabella 2.5.2: requisiti e standard di aerazione, microclimatici e illuminotecnici negli ambienti industriali, nei locali accessori e negli uffici. Nella Tabella si specificano requisiti e valori standard di riferimento di ampia validità nelle condizioni più tipiche degli ambienti considerati; si deve tuttavia tener conto che ambienti o situazioni particolari possono richiedere una specifica valutazione secondo le metodologie generali presentate in queste Linee Guida.

CATEGORIE DI EDIFICI	Aerazione naturale	Ventilazione forzata Rinnovi	n _s	Classe dei filtri	Ricirc.	inverno			estate			Illuminazione		
						t	UR	va	t	UR	va	naturale	artificiale	sic.
- Sottogruppi						(°C)	(%)	(m/s)	(°C)	(%)	(m/s)	(FLD _m %)	lx	lx
AMBIENTI INDUSTRIALI, LOCALI ACCESSORI E UFFICI														
- Ambienti industriali														
• in generale ⊗	n ≥ 0,5 & RA ≥ 1/8	Q _{op} ≥ 4,2÷11,1 + n ≥ 0,5	⊗	3 ÷ 5 ★	S	≥10÷≥18 § ≤ 20 (l)	30 ÷ 70	≤ 0,30	26	50 ÷ 60	≤ 0,30	2+0,7 (l)	200÷2.000 (u)	1
• depositi, magazzini, archivi ⊗ (u)	n ≥ 0,5 & RA ≥ 1/8	Q _{op} ≥ 4,2÷11,1 + n ≥ 0,5	⊗	2 ÷ 3	A	≥10÷≥18 § ≤ 20 (l)	30 ÷ 70	≤ 0,30	26	50 ÷ 60	≤ 0,30	2+0,7 (l)	100÷200	1
- Locali per uffici ed assimilabili														
• uffici, box-ufficio singoli	n ≥ 0,5 & RA ≥ 1/8	Q _{op} = 11,0	0,06	5 ÷ 7	A	20 ± 2 (l)	35 ÷ 45	0,05÷0,15	26	50 ÷ 60	0,05÷0,20	2+0,7 (l)	300÷750	1
• uffici open space	n ≥ 0,5 & RA ≥ 1/8	Q _{op} = 11,0	0,12	5 ÷ 7	A	20 ± 2 (l)	35 ÷ 45	0,05÷0,15	26	50 ÷ 60	0,05÷0,20	2+0,7 (l)	300÷750	1
• locali riunione interne (<100 posti)	*	Q _{op} = 10,0 #	0,60	5 ÷ 7	A	20 ± 2 (l)	35 ÷ 45	0,05÷0,15	26	50 ÷ 60	0,05÷0,20	*	500	1
• centri elaborazione dati	*	Q _{op} = 7,0	0,08	6 ÷ 9	S	20 ± 2 (l)	35 ÷ 45	0,05÷0,15	26	50 ÷ 60	0,05÷0,20	*	500	1
• lavoro ai VDT	n ≥ 0,5 & RA ≥ 1/8	Q _{op} = 11,0	0,12	5 ÷ 7	A	20 ± 2 (l)	35 ÷ 45	0,05÷0,15	26	50 ÷ 60	0,05÷0,20	2+0,7 (l)	300÷500	1
- Locali ausiliari														
• cucine	n ≥ 0,5 & RA ≥ 1/8	Q _{os} = 16,5	*	4 ÷ 7	S	20 ± 2 (l)	35 ÷ 70	0,05÷0,15	26	50 ÷ 70	0,05÷0,20	2 (l)	500	1
• refettori	n ≥ 0,5 & RA ≥ 1/8	Q _{op} = 10,0	0,60	5 ÷ 6	S	20 ± 2 (l)	35 ÷ 45	0,10÷0,15	26	50 ÷ 60	0,10÷0,20	2 (l)	200	1
• docce, spogliatoi	*	n ≥ 3 (-a/l)	*	*	S	20 ± 2 (l)	*	0,05÷0,15	*	*	0,05÷0,20	*	200	1
• ambulatori, camere di medicazione	n ≥ 0,5 & RA ≥ 1/8	n ≥ 2	*	6 ÷ 8	V	20 ± 2 (l)	35 ÷ 45	0,05÷0,15	26	50 ÷ 60	0,05÷0,10	2 (l)	300	1
• servizi	*	n ≥ 5 10 (-a/l)	*	*	V (l)	20 ± 2 (l)	35 ÷ 45	≤ 0,15	26	50 ÷ 60	≤ 0,15	*	200	1
Note: -a = in assenza di aerazione naturale l = valori tipicamente previsti dai Regolamenti Comunali d'Igiene: controllare! u = in presenza/assenza di postazioni di lavoro / di attività / di accessi regolari V = ricircolo vietato # = sono previste equazioni correttive in funzione del volume disponibile per persona * = valori non previsti o non necessari ⊗ = parametri fissati o da fissare tenuto eventualmente conto delle particolari, specifiche esigenze § = in funzione del carico metabolico dell'attività esercitata (vedi UNI 8852:1986) ★ = nei processi industriali comportanti l'uso di AB3 o AB4, sono obbligatori filtri AS (art.83, DLgs.626/94) sia in immissione che in estrazione														

3 - RIEPILOGO DEI REQUISITI E DEGLI STANDARD

Col termine di requisiti prestazionali si vuol fare riferimento ai parametri desumibili da fonti legislative mentre col termine di standard prestazionali si vuol fare riferimento ai parametri che indirizzano il progettista sulla base delle normative e delle considerazioni espresse nei paragrafi precedenti di questa Parte II.

In estrema sintesi si potrebbe sostenere che gli obblighi al controllo dei parametri termoigrometrici, di purezza dell'aria e di illuminazione a stretti termini di legge sono solo quelli indicati in grassetto.

La Tabella che segue, invece, parte dai requisiti legislativi, li interpreta ed li integra sulla base di una lettura condivisa ed attuale delle normative di buona tecnica.

In altri termini: all'atto della progettazione di un edificio o della valutazione di un impianto aeraulico, la legislazione e le norme di buona tecnica vincolano o indirizzano ai requisiti, ma le norme di buona tecnica completano queste indicazioni con gli standard che, graficamente, nella Tabella che segue sono riportati in corsivo normale.

Come già evidenziato, i provvedimenti legislativi per la tutela della sicurezza e della salute nei luoghi di lavoro non sono (quasi) mai suffragati da requisiti numerici sui parametri termoigrometrici e sull'aerazione e sull'illuminazione naturale e artificiale. Questi provvedimenti forniscono comunque indicazioni vincolanti, la cui portata non va assolutamente sottovalutata.

Si pensi, ad esempio, alla prescrizione sulla temperatura dei locali chiusi di lavoro (art.11, DPR 303/56). In caso di "pregiudizio alla salute dei lavoratori", con una Costituzione che pone il bene salute al di sopra delle considerazioni economiche, il rispetto di questa o quella legge/norma/raccomandazione non è sufficiente.

Si pensi, inoltre, alle prescrizioni sulle finestre apribili, che il DPR 303/56 (art.7) definisce necessarie in tutti i locali con lavorazioni continuative.

Altre deduzioni particolarmente importanti sono:

- l'esigenza di garantire il controllo delle emissioni inquinanti prioritariamente con le aspirazioni localizzate;
- la non ammissibilità del ricircolo totale;
- l'esigenza di disporre di sufficiente luce naturale "... a meno che non sia richiesto diversamente dalle necessità delle lavorazioni e salvo che non si tratti di locali sotterranei".

Per quanto riguarda gli standard identificati è poi opportuno ribadire che:

- i ricambi sono identificati indipendentemente dal fatto che gli impianti adottino o meno il ricircolo e quindi i parametri indicati in tabella devono essere sempre rigorosamente rispettati anche nell'eventualità fossero adottati impianti con ricircolo;
- le portate definite vanno garantite anche nei periodi nei quali non sono attivi gli impianti di riscaldamento o refrigerazione;
- le classi indicate per i filtri sono da considerarsi orientative, così come il giudizio sull'ammissibilità del ricircolo;

- i range di illuminamento artificiale sono spesso molto ampi perché si riferiscono a diversi compiti visivi; per disporre del dato relativo al singolo compito visivo occorre riferirsi al testo esteso della UNI EN 12464-1:2004.
- i valori di illuminamento debbono essere accompagnati dal rispetto degli altri standard (tipicamente: UGR_l, R_a, temperatura di colore della luce, uniformità dell'illuminamento) previsti dalle normative e non indicate per motivi di spazio

Le portate definite ($Q_p/Q_s/n$) vanno poi garantite sempre, per l'intero arco dell'anno, anche nei periodi nei quali non sono attivi gli impianti di riscaldamento o refrigerazione.

In definitiva, nella Tabella 3.1 viene riportato il quadro, necessariamente schematico, dei requisiti (evidenziati in **grassetto**) e degli standard prestazionali (in testo normale) previsti dalle fonti legislative e normative.

Nella lettura della tabella, per la cui comprensione integrale si rimanda al testo precedente ed alla lettura estesa della legislazione e normativa di riferimento, si consideri che per esigenze di spazio si sono utilizzate le seguenti convenzioni grafiche:

- quando per uno stesso parametro una sola fonte legislativa prevede un intervallo di valori (es.: UR tra 40 e 60%) si è utilizzato il simbolo " \div ";
- quando per uno stesso parametro una sola fonte legislativa prevede valori diversi per condizioni diverse (es.: $n \geq 5$ per aerazione continua di WC; $n \geq 10$ per aerazione intermittente abbinata all'utilizzo oppure 5 lx per l'illuminazione di sicurezza sulle vie di fuga e 2 lx sulle aree circostanti), si è utilizzato il simbolo " \parallel ";
- quando su di uno stesso parametro insistono più fonti legislative/normative che definiscono valori diversi per scopi diversi (es.: $n \geq 2,5$ per la ventilazione forzata dei servizi dotati di aerazione naturale, secondo il DM 18/12/75, e $n \geq 5$ per i servizi privi di aerazione naturale, secondo i regolamenti locali edilizi), si è utilizzato il simbolo "-";
- quando per uno stesso parametro sono individuati più criteri (es.: Q_p e n), i criteri risultano collegati dal simbolo "+"; in questi casi si privilegerà il criterio più restrittivo;
- quando sono individuati più criteri per definire prestazioni per uno stesso scopo che occorre tutti garantire (es.: n e RA per l'aerazione naturale), i criteri risultano collegati dal simbolo "&";
- le note che si riferiscono al solo parametro sono addossate a questo; quando sono previste più note, esse risultano separate dal simbolo "/".

Infine, poiché tra le fonti legislative si sono considerate anche quelle locali (*) (Leggi regionali, Regolamenti Comunali d'Igiene e Regolamenti Edilizi) e questi testi possono differire, talvolta in modo sostanziale, da Regione a Regione e da Comune a Comune, se ne raccomanda la consultazione prima di impostare o valutare un progetto.

**: Il mancato rispetto dei regolamenti locali costituisce pregiudizio al rilascio del “Permesso a costruire” (ex “Concessione edilizia”) o della “Conformità edilizia” (ex “Usabilità”); la varietà della casistica non ne ha qui ovviamente permesso una sintesi completa; l'unica raccomandazione valida resta pertanto quella della consultazione dei testi in sede locale.*

Nelle Tabelle presentate in questa Parte delle Linee Guida si sono utilizzati i valori identificati mediante una ricerca a campione su base nazionale delle fonti legislative locali e degli orientamenti Regionali e Provinciali sulla base dei quali molti Comuni stanno provvedendo all'aggiornamento dei loro regolamenti.

Un uso esperto della Tabella a seguito prevede l'attenta lettura delle simbologie adottate ed il frequente ricorso ai testi delle leggi e delle normative di riferimento. Infine, nella Tabella si specificano requisiti e valori standard di riferimento di ampia validità nelle condizioni più tipiche degli ambienti considerati; si deve tuttavia tener conto che ambienti o situazioni particolari possono richiedere una specifica valutazione secondo le metodologie generali presentate in queste Linee Guida.

Tabella 3.1: quadro di sintesi dei requisiti e degli standard identificati:

Note:	
-a	= in assenza di aerazione naturale
I	= valori tipicamente previsti dai Regolamenti Comunali d'Igiene: controllare!
u	= in presenza/assenza di postazioni continuative di lavoro / di attività / di accessi regolari
V	= ricircolo vietato
#	= sono previste equazioni correttive in funzione del volume disponibile per persona
*	= valori non previsti o non necessari
⊗	= parametri fissati o da fissare tenuto eventualmente conto delle particolari, specifiche esigenze
F	= da garantirsi in locali separati ed in depressione (≥ 5 Pa) rispetto agli ambienti circostanti
Δ	= vedi anche norme regionali per l'accreditamento delle strutture sanitarie e socio-assistenziali
§	= verificare anche l'illuminamento sul piano verticale in corrispondenza della copertina dei libri
L	= inoltre, la posizione della lavagna deve evitare che le finestre si riflettano sulla lavagna per ogni posizione degli allievi
★	= nei processi comportanti l'uso di agenti biologici di gruppo 3 o 4, sono obbligatori filtri AS (Titolo VIII, DLgs.626/94) sia in immissione che in estrazione
M	= in funzione del carico metabolico dell'attività esercitata (vedi UNI 8852:1986)

CATEGORIE DI EDIFICI		Aerazione naturale	Ventilazione forzata Rinnovi	n _s	Classe dei filtri	Ricirc.	inverno			estate			Illuminazione		
- Sottogruppi							t	UR	va	t	UR	va	naturale	artificiale	sic.
• Tipologia dei locali							t (°C)	UR (%)	va (m/s)	t (°C)	UR (%)	va (m/s)	(FLD _m %)	lx	lx
PUBBLICO SPETTACOLO, ATTIVITÀ RICREATIVE E ASSOCIATIVE															
- Cinema, Teatri, Sale per Congressi/Riunioni															
• zone pubblico	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	Q _{op} = 5,5 #	1,50	5 ÷ 6	A	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05÷0,15	26	50 ÷ 60	0,05÷0,20	0,7 (I)	150	5 2	
• palcoscenici, studi TV	*	Q _{op} = 12,5 #	1,50	5 ÷ 6	A	14 ±30	40 ± 70	1,0	14 ±30	40 ± 70	1,0	*	300 ⊗	5 2	
• atri, sale di attesa, bar	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	estrazioni	0,20	3 ÷ 5	A	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05÷0,15	26	50 ÷ 60	0,05÷0,20	2+0,7 (I)	100÷300 ⊗	5 2	
- Mostre, Musei, Biblioteche															
• sale mostre, pinacoteche, musei	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	Q _{op} = 6,0 #	0,30	7 ÷ 9	A	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05÷0,15	26	50 ÷ 60	0,05÷0,20	2+0,7 (I)	200 ⊗	1	
• sale lettura biblioteche	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	Q _{op} = 5,5 #	0,30	5 ÷ 6	A	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05÷0,15	26	50 ÷ 60	0,05÷0,20	2+0,7 (I)	500	1	
• depositi libri	*	Q _{os} = 1,5	*	3 ÷ 5	A	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	*	200 §	1	
- Bar, Ristoranti, Sale da ballo															
• bar	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	Q _{op} = 11,0	0,80	3 ÷ 5	S	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05÷0,15	26	50 ÷ 60	0,05÷0,20	2+0,7 (I)	200 ⊗	1	
• pasticcerie	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	Q _{op} = 6,0	0,20	3 ÷ 5	S	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05÷0,15	26	50 ÷ 60	0,05÷0,20	2+0,7 (I)	300÷500	1	
• sale pranzo ristoranti/self-service	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	Q _{op} = 10,0	0,60	5 ÷ 6	S	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05÷0,15	26	50 ÷ 60	0,05÷0,20	2+0,7 (I)	200÷300 ⊗	1	
• cucine	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	Q _{os} = 16,5	*	3 ÷ 5	S	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05÷0,15	26	50 ÷ 60	0,05÷0,20	2 (I)	500	1	
• sale da ballo	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	Q _{op} = 16,5 #	1,00	3 ÷ 5	S	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05÷0,15	26	50 ÷ 60	0,05÷0,20	2+0,7 (I)	200 ⊗	5 2	
- Altri tipi di locali															
• servizi	*	n ≥ 5 10 (-a/l)	*	*	V	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	≤ 0,15	26	50 ÷ 60	≤ 0,15	*	200	1	
- Tutti i tipi di locali															
• zone per fumatori	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	Q _{op} = 30 (F)	0,7	⊗	V	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05÷0,15	26	50 ÷ 60	0,05÷0,20	0,7	200÷300	1	

CATEGORIE DI EDIFICI		Aerazione naturale	Ventilazione forzata Rinnovi	n _s	Classe dei filtri	Ricirc.	inverno			estate			Illuminazione		
- Sottogruppi							t	UR	va	t	UR	va	naturale	artificiale	sic.
• Tipologia dei locali							(°C)	(%)	(m/s)	(°C)	(%)	(m/s)	(FLD _m %)	lx	lx
EDIFICI ADIBITI AD ATTIVITA' COMMERCIALI E ASSIMILABILI															
- Grandi Magazzini															
• piano interrato	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	Q _{op} = 9,0	0,25	4 ÷ 6	A	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05÷0,15	26	50 ÷ 60	0,05÷0,20	*	300 ÷ 500	1	
• piani superiori	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	Q _{op} = 6,5	0,25	4 ÷ 6	A	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05÷0,15	26	50 ÷ 60	0,05÷0,20	2+0,7 (I)	300 ÷ 500	1	
- Negozi o Reparti di Grandi Magazzini															
• barbieri, saloni di bellezza	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	Q _{op} = 14,0	0,20	4 ÷ 6	S	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05÷0,15	26	50 ÷ 60	0,05÷0,20	2+0,7 (I)	500	1	
• abbigliamento, calzature, mobili	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	Q _{op} = 11,5	0,10	4 ÷ 6	S	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05÷0,15	26	50 ÷ 60	0,05÷0,20	2+0,7 (I)	300 ÷ 500	1	
• ottici, fioristi	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	Q _{op} = 11,5	0,10	4 ÷ 6	A	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05÷0,15	26	50 ÷ 60	0,05÷0,20	2+0,7 (I)	300 ÷ 500	1	
• fotografi	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	Q _{op} = 11,5	0,10	5 ÷ 6	S	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05÷0,15	26	50 ÷ 60	0,05÷0,20	2+0,7 (I)	300 ÷ 500	1	
• alimentari	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	Q _{op} = 9,0	0,10	5 ÷ 6	S	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05÷0,15	26	50 ÷ 60	0,05÷0,20	2+0,7 (I)	300 ÷ 500	1	
• farmacie	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	Q _{op} = 9,0	0,20	5 ÷ 6	A	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05÷0,15	26	50 ÷ 60	0,05÷0,20	2+0,7 (I)	500	1	
• lavasecco	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	Q _{op} = 9,0	0,20	5 ÷ 6	V	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05÷0,15	26	50 ÷ 60	0,05÷0,20	2+0,7 (I)	300	1	
- Alberghi e pensioni															
• ingresso, soggiorni	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	Q _{op} = 11,0	0,20	5 ÷ 7	A	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05÷0,15	26	50 ÷ 60	0,05÷0,20	2 (I)	100 ÷ 300	5-1	
• sale conferenze (piccole)	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	Q _{op} = 5,5 #	0,60	5 ÷ 7	A	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05÷0,15	26	50 ÷ 60	0,05÷0,20	2 (I)	500	5-1	
• auditori (grandi)	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	Q _{op} = 5,5 #	0,60	5 ÷ 7	A	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05÷0,15	26	50 ÷ 60	0,05÷0,20	2 (I)	500	5-1	
• sale da pranzo	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	Q _{os} = 10,0	0,60	5 ÷ 7	S	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05÷0,15	26	50 ÷ 60	0,05÷0,20	2 (I)	200÷300 ⊗	5-1	
• camere da letto	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	Q _{op} = 11,0 #	0,05	5 ÷ 7	S	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05÷0,15	26	50 ÷ 60	0,05÷0,20	2 (I)	200	5-1	
- Altri ambienti															
• zone pubblico delle banche	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	Q _{op} = 10,0	0,20	4 ÷ 6	A	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05÷0,15	26	50 ÷ 60	0,05÷0,20	2+0,7 (I)	200 ÷ 300	1	
• borse	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	Q _{op} = 10,0 #	0,50	2 ÷ 3	A	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05÷0,15	26	50 ÷ 60	0,05÷0,20	2+0,7 (I)	300	1	
• quartieri fieristici	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	Q _{op} = 10,0	0,20	2 ÷ 3	A	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,10÷0,20	26	50 ÷ 60	0,10÷0,20	2+0,7 (I)	300 ⊗	1	
• attese stazioni e metropolitane	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	estrazioni	1,00	2 ÷ 3	*	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05÷0,15	26	50 ÷ 60	0,05÷0,20	2+0,7 (I)	200	1	
• autorimesse, autosili	RA ≥ 1/25	n ≥ 3	*	2 ÷ 3	V	*	*	*	*	*	*	*	75÷300	5	
• servizi	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	n ≥ 5 10 (-a/l)	*	*	V	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	≤ 0,15	26	50 ÷ 60	≤ 0,15	*	200	1	

CATEGORIE DI EDIFICI	Aerazione naturale	Ventilazione forzata Rinnovi	n _s	Classe dei filtri	Ricirc.	inverno			estate			Illuminazione		
- Sottogruppi						t	UR	va	t	UR	va	naturale	artificiale	sic.
• Tipologia dei locali						(°C)	(%)	(m/s)	(°C)	(%)	(m/s)	(FLD _m %)	lx	lx
EDILIZIA SCOLASTICA														
- Aule														
• Asili nido e scuole materne	n ≥ 0,5 & RA ≥ 1/8	n ≥ 2,5 + Q _{op} = 4,0	* + 0,40	7 ÷ 9	S	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	≤ 0,10	26	50 ÷ 60	≤ 0,10	≥ 5 ≥ 3 L	200 300	≥ 5
• Scuole elementari	n ≥ 0,5 & RA ≥ 1/8	n ≥ 2,5 + Q _{op} = 5,0	* + 0,45	7 ÷ 9	S	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	≤ 0,10	26	50 ÷ 60	≤ 0,10	≥ 3 L	200 500	≥ 5
• Scuole medie inferiori	n ≥ 0,5 & RA ≥ 1/8	n ≥ 3,5 + Q _{op} = 6,0	* + 0,45	5 ÷ 6	S	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05+0,15	26	50 ÷ 60	0,05+0,20	≥ 3 L	200 500	≥ 5
• Scuole medie superiori	n ≥ 0,5 & RA ≥ 1/8	n ≥ 5,0 + Q _{op} = 7,0	* + 0,45	5 ÷ 6	S	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05+0,15	26	50 ÷ 60	0,05+0,20	≥ 3 L	300 500	≥ 5
• Università	n ≥ 0,5 & RA ≥ 1/8	Q _{op} = 7,0	0,60	5 ÷ 6	S	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05+0,15	26	50 ÷ 60	0,05+0,20	≥ 3 L	200 500	≥ 5
- Altri locali														
• Laboratori ★	n ≥ 0,5 & RA ≥ 1/8	Q _{os} = 7,0	0,30	6 ÷ 7	S	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05+0,15	26	50 ÷ 60	0,05+0,20	≥ 3	300 750	≥ 5
• Palestre	n ≥ 0,5 & RA ≥ 1/8	n ≥ 2,5 + Q _{op} = 6,5 16,5	* + 0,20	5 ÷ 6	S	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05+0,15	26	50 ÷ 60	0,05+0,20	≥ 3	300	≥ 5
• Refettori	n ≥ 0,5 & RA ≥ 1/8	n ≥ 2,5 + Q _{op} = 10,0	* + 0,60	6 ÷ 7	S	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05+0,15	26	50 ÷ 60	0,05+0,20	≥ 2	200	≥ 5
• Biblioteche, sale lettura	n ≥ 0,5 & RA ≥ 1/8	n ≥ 1,5 + Q _{op} = 6,0	* + 0,30	6 ÷ 7	A	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05+0,15	26	50 ÷ 60	0,05+0,20	≥ 3	200 500	≥ 5
• Sale insegnanti	n ≥ 0,5 & RA ≥ 1/8	n ≥ 1,5 + Q _{op} = 6,0	* + 0,30	5 ÷ 6	A	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05+0,15	26	50 ÷ 60	0,05+0,20	≥ 2	300	≥ 5
• Ambienti di passaggio	n ≥ 0,5 & RA ≥ 1/8	n ≥ 1,5	*	5 ÷ 6	A	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05+0,15	26	50 ÷ 60	0,05+0,20	≥ 1	100	≥ 5
• Servizi igienici	*	n ≥ 2,5(a) - ≥ 5 10(-a/l)	*	*	V	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05+0,15	26	50 ÷ 60	0,05+0,20	≥ 1	100	≥ 5

CATEGORIE DI EDIFICI	Aerazione naturale	Ventilazione forzata Rinnovi	n _s	Classe dei filtri	Ricirc.	inverno			estate			Illuminazione		
- Sottogruppi						t	UR	va	t	UR	va	naturale	artificiale	sic.
• Tipologia dei locali						(°C)	(%)	(m/s)	(°C)	(%)	(m/s)	(FLD _m %)	lx	lx
EDIFICI ADIBITI AD ATTIVITA' SANITARIE, OSPEDALIERE E VETERINARIE ⊗ ★ (V)														
• degenze in genere	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	n ≥ 2	*	6 ÷ 8	V	20 ± 2	35 ÷ 45	0,05÷0,10	26	50 ÷ 60	0,05÷0,10	3	300	5
• degenze bambini	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	n ≥ 3	*	6 ÷ 8	V	20 ± 2	35 ÷ 45	0,05÷0,10	26	50 ÷ 60	0,05÷0,10	3	300	5
• reparti diagnostica	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	n ≥ 6	*	6 ÷ 8	V	20 ± 2	35 ÷ 45	0,05÷0,10	26	50 ÷ 60	0,05÷0,10	3	300 - 1.000	5
• terapie fisiche	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	Q _{op} = 11,0	0,20	6 ÷ 8	V	20 ± 2	35 ÷ 45	0,10÷0,20	26	50 ÷ 60	0,15÷0,25	2	100 - 300	5
• rianimazione e terapia intensiva	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	n ≥ 6	*	10 ÷ 11	V	≥ 20	40 ÷ 60	0,05÷0,10	≤ 24	40 ÷ 60	0,05÷0,10	3	1.000	5
• locali travaglio e sale parto	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	n ≥ 6	*	11 ÷ 12	V	≥ 20	30 ÷ 60	0,05÷0,10	≤ 24	30 ÷ 60	0,05÷0,10	3	300 1.000	5
• sale operatorie	*	n ≥ 15	*	≥ 12	V	≥ 20	40 ÷ 60	0,05÷0,10	≤ 24	40 ÷ 60	0,05÷0,10	*	1.000	5
• isolamento (malattie infettive)	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	n ≥ 12	*	10 ÷ 14	V	20 ± 2	35 ÷ 45	0,05÷0,10	26	50 ÷ 60	0,05÷0,10	3	500	5
• altri reparti speciali (es.: c.dialisi)	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	n ≥ 6	*	10 ÷ 11	V	20 ± 2	35 ÷ 45	0,05÷0,10	26	50 ÷ 60	0,05÷0,10	2+0,7 (I)	500	5
• sterilizzazione, disinfezione	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	n ≥ 15	*	10 ÷ 11	V	≥ 20	40 ÷ 60	0,05÷0,10	≤ 27	40 ÷ 60	0,05÷0,10	2+0,7 (I)	300	5 – 1
• farmacia	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	n ≥ 2	*	3 ÷ 4	V	≥ 20	45 ÷ 55	0,05÷0,10	≤ 26	45 ÷ 55	0,05÷0,10	2+0,7 (I)	500 1.000	5 – 1
• serv. mortuari-ove presenti salme	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	n ≥ 15	*	6 ÷ 8	V	≤ 18	55 ÷ 65	0,05÷0,10	≤ 18	55 ÷ 65	0,05÷0,10	2+0,7 (I)	500	5 – 1
• soggiorni	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	Q _{op} = 8,3 (≅30m³/h)	0,20	6 ÷ 8	V	20 ± 2	35 ÷ 45	0,05÷0,10	26	50 ÷ 60	0,05÷0,10	2+0,7 (I)	100 - 200	5 – 1
• disimpegni	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	Q _{op} = 11	0,12	6 ÷ 8	V	20 ± 2	35 ÷ 45	0,05÷0,10	26	50 ÷ 60	0,05÷0,10	1 (I)	200	5 – 1
• ambulatori	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	n ≥ 3	*	6 ÷ 8	V	20 ± 2	35 ÷ 45	0,05÷0,15	26	50 ÷ 60	0,05÷0,10	3	300	5
• servizi igienico-sanitari	*	n ≥ 10 (-a)	*	*	V	≥ 20	35 ÷ 45	0,05÷0,10	26	50 ÷ 60	0,05÷0,10	*	80 - 200	1

CATEGORIE DI EDIFICI	Aerazione naturale	Ventilazione forzata Rinnovi	n _s	Classe dei filtri	Ricirc.	inverno			estate			Illuminazione		
- Sottogruppi						t	UR	va	t	UR	va	naturale	artificiale	sic.
• Tipologia dei locali						(°C)	(%)	(m/s)	(°C)	(%)	(m/s)	(FLD _m %)	lx	lx
AMBIENTI INDUSTRIALI, LOCALI ACCESSORI E UFFICI														
- Ambienti industriali														
• in generale ☒	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	Q _{op} ≥ 4,2÷11,1 + n ≥ 0,5	☒	3 ÷ 5 ★	S	≥10÷≥18 § ≤ 20 (I)	30 ÷ 70	≤ 0,30	26	50 ÷ 60	≤ 0,30	2+0,7 (I)	200÷2.000 (u)	1
• depositi, magazzini, archivi ☒ (u)	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	Q _{op} ≥ 4,2÷11,1 + n ≥ 0,5	☒	2 ÷ 3	A	≥10÷≥18 § ≤ 20 (I)	30 ÷ 70	≤ 0,30	26	50 ÷ 60	≤ 0,30	2+0,7 (I)	100÷200	1
- Locali per uffici ed assimilabili														
• uffici, box-ufficio singoli	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	Q _{op} = 11,0	0,06	5 ÷ 7	A	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05÷0,15	26	50 ÷ 60	0,05÷0,20	2+0,7 (I)	300÷750	1
• uffici open space	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	Q _{op} = 11,0	0,12	5 ÷ 7	A	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05÷0,15	26	50 ÷ 60	0,05÷0,20	2+0,7 (I)	300÷750	1
• locali riunione interne (<100 posti)	*	Q _{op} = 10,0 #	0,60	5 ÷ 7	A	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05÷0,15	26	50 ÷ 60	0,05÷0,20	*	500	1
• centri elaborazione dati	*	Q _{op} = 7,0	0,08	6 ÷ 9	S	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05÷0,15	26	50 ÷ 60	0,05÷0,20	*	500	1
• lavoro ai VDT	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	Q _{op} = 11,0	0,12	5 ÷ 7	A	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05÷0,15	26	50 ÷ 60	0,05÷0,20	2+0,7 (I)	300÷500	1
- Locali ausiliari														
• cucine	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	Q _{os} = 16,5	*	4 ÷ 7	S	20 ± 2 (I)	35 ÷ 70	0,05÷0,15	26	50 ÷ 70	0,05÷0,20	2 (I)	500	1
• refettori	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	Q _{op} = 10,0	0,60	5 ÷ 6	S	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,10÷0,15	26	50 ÷ 60	0,10÷0,20	2 (I)	200	1
• docce, spogliatoi	*	n ≥ 3 (-a/l)	*	*	S	20 ± 2 (I)	*	0,05÷0,15	*	*	0,05÷0,20	*	200	1
• ambulatori, camere di medicazione	n ≥ 0,5 & RA ≥1/8	n ≥ 2	*	6 ÷ 8	V	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	0,05÷0,15	26	50 ÷ 60	0,05÷0,10	2 (I)	300	1
• servizi	*	n ≥ 5 10 (-a/l)	*	*	V (I)	20 ± 2 (I)	35 ÷ 45	≤ 0,15	26	50 ÷ 60	≤ 0,15	*	200	1

Parte III

Indicazioni operative

1 - LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Nella attuale legislazione italiana in materia di salute e sicurezza sui luoghi di lavoro l'obbligo alla valutazione dei rischi dovuti alla qualità dell'aria, al microclima o all'illuminazione, discende dagli obblighi generali che il Titolo I del DLgs.626/94 pone in capo al datore di lavoro con la partecipazione, la consultazione e l'informazione di tutti i soggetti individuati dallo stesso provvedimento. In questo contesto la valutazione assume in particolare il significato della ricerca delle cause dei rischi per la salute, o anche solo di disagio nell'ambiente di lavoro, finalizzata al loro superamento.

Nel caso in cui siano emersi elementi di disagio o potenziali cause di danno alla salute, la valutazione si conclude pertanto con l'indicazione dei possibili interventi. Sotto la propria responsabilità penale, il datore di lavoro, assunte le risultanze della valutazione, indicherà nel programma degli interventi le azioni che intende mettere in campo per eliminare o contenere i rischi o i disagi emersi.

Nella maggior parte dei casi e per tutti e tre gli aspetti qui considerati (microclima, qualità dell'aria e illuminazione) la valutazione può basarsi inizialmente su di un approccio mediante semplici liste di controllo che permettano al valutatore di accertare l'assenza del pericolo senza aver dimenticato le più importanti fonti informative ed i controlli più elementari oppure di prendere atto che per decidere servono ulteriori approfondimenti tecnici che normalmente consistono in valutazioni strumentali.

Resta poi inteso che la valutazione di questi rischi è parte di un processo più complessivo che ha al centro la tutela della salute del lavoratore e che considera tutte le interazioni lavoratore-ambiente, tenendo presente che gli effetti risultanti talvolta possono essere potenziati rispetto a quelli prodotti dai singoli rischi.

Infine, prima di addentrarci nell'analisi delle singole tipologie di rischio più sopra richiamate, si vuole ribadire il concetto che anche le misurazioni, quando effettuate, devono essere finalizzate tanto alla quantificazione del problema quanto alla sua soluzione, ed in questo senso assume particolare rilevanza la scelta del personale competente che effettua la valutazione. Troppo spesso, infatti, i valutatori si limitano alla mera diagnosi o propongono soluzioni generiche; il disagio o i rischi che permangono divengono allora elemento di frizione con i lavoratori, causano errori operativi, danneggiano l'immagine dell'azienda ed espongono il datore di lavoro a possibili sanzioni per mancato rispetto dei precetti legislativi perché, come si ricorderà, la scelta del personale cui affidare la valutazione dei rischi è un obbligo che la legislazione assegna proprio al datore di lavoro.

1.1 MICROCLIMA

Nell'affrontare la valutazione del rischio microclimatico negli ambienti di lavoro è fondamentale innanzitutto distinguere tra gli ambienti nei quali esistono precise esigenze termoisometriche ai fini della produzione e quelli nei quali queste esigenze non esistono.

Premesso che nella generalità dei luoghi di lavoro l'attività metabolica M è di fatto così strettamente associata al compito lavorativo da non potersi considerare una variabile, definiamo moderati tutti i luoghi di lavoro nei quali non esistono specifiche esigenze produttive che vincolando uno o più degli altri principali parametri microclimatici (principalmente t_a , ma anche UR , v_a , t_{rm} e I_{cl}), impediscano il raggiungimento del confort.

Fermo restando il dovere prioritario di tutelare la salute e la sicurezza dei lavoratori, definiamo invece severi quegli ambienti termici che caratterizzano luoghi di lavoro nei quali le esigenze produttive (lavori a ridosso di forni, accesso a celle frigo o in ambienti legati al ciclo alimentare del freddo, ma anche camere bianche, sale operatorie ...), vincolando uno o più dei principali parametri microclimatici, impediscono il raggiungimento del confort pena lo scadimento della funzione produttiva o del servizio oggetto dell'attività.

Nella classe degli ambienti termici severi rientrano, data l'oggettiva impossibilità a controllarne puntualmente il microclima, tutti i lavori esercitati all'aperto (quali ad esempio quelli svolti da: contadini, muratori, taglialegna, ...).

Pare importante evidenziare che sulla base delle definizioni appena enunciate un ambiente debba essere considerato moderato indipendentemente dall'attività che vi svolge il personale in termini di impegno fisico e quindi di metabolismo energetico (M) nell'equazione di bilancio termico del corpo umano. In altre parole un ambiente termicamente moderato non è solo il locale ad uso ufficio, ma anche una officina meccanica, un laboratorio di maglieria, una carrozzeria, ecc...; in definitiva: la grande maggioranza dei luoghi di lavoro.

1.1.1 Ambienti moderati

Negli ambienti moderati la valutazione del rischio può esaurirsi con una valutazione preliminare, confrontandosi con i requisiti e gli standard di settore e recuperando le valutazioni soggettive degli occupanti i diversi ambienti.

La valutazione preliminare potrebbe utilizzare la seguente, semplicissima, lista di controllo:

<i>N.</i>	<i>QUESITO</i>	<i>Modalità di intervento (in caso di risposta negativa)</i>
1	Esistono in azienda locali nei quali non è garantito il controllo delle temperature secondo i requisiti o gli standard del tipo d'ambiente?	Installare sistemi di climatizzazione del tipo adatto agli ambienti
2	Il RLS ha segnalato (o ci sono addetti che lamentano) problemi connessi al microclima quali correnti d'aria fastidiose, ambienti troppo caldi o freddi, con alta o bassa umidità relativa (es.: aria troppo secca)?	Verificare l'attendibilità della segnalazione, identificarne le cause e intervenire

Nel caso di risposte tutte negative la valutazione potrebbe esaurirsi a questo livello (una sorta di "giustificazione" che non è necessaria una valutazione maggiormente dettagliata dei rischi) ma, qualora si rilevassero oggettivi elementi di disagio o

disturbo, l'indicazione operativa per il datore di lavoro è di valutarne la fondatezza e le motivazioni eventualmente ricorrendo a rilevazioni strumentali.

L'indicazione a verificare l'attendibilità delle segnalazioni discende dalla variabilità soggettiva con cui si apprezza il confort (o il discomfort) di una situazione microclimatica: come noto, anche nella migliore delle condizioni possibili si stima che un 5% di soggetti manifesti insoddisfazione.

L'indicazione a non avvalersi necessariamente di misurazioni discende dalla nutrita casistica di situazioni che possono essere risolte con la semplice osservazione attenta del contesto ambientale.

Le direttrici di intervento che consentono di superare i problemi di confort microclimatico sono estremamente differenziate, ma le più frequenti consistono nel:

- installare o potenziare gli impianti per la regolazione termoigrometrica;
- dotare i diversi ambienti di regolatori autonomi dei parametri termoigrometrici;
- aumentare l'umidità relativa invernale e ridurre quella estiva;
- ridurre le velocità dell'aria o direzionarne il flusso;
- schermare le sorgenti radianti.

Qualora la soluzione del problema non fosse immediatamente evidente è invece sempre opportuno provvedere a rilievi strumentali finalizzati a fornire indicazioni tecniche per le misure di bonifica adottabili.

In ambienti moderati con condizioni fortemente discoste da quelle ottimali, può accadere che i risultati dei rilievi strumentali valutati in riferimento alla UNI EN ISO 7730:1997 conducano a risultati al di fuori dell'ambito di applicazione degli indici (per il PMV, l'intervallo di validità è compreso tra -2 e +2). In questo caso occorrerà intervenire con sollecitudine con misure tecniche e/o organizzative per evitare che si determinino situazioni critiche, di pericolo per la salute dei lavoratori.

In definitiva, la chiave di lettura con cui andare all'interpretazione dei risultati delle misurazioni, nel caso di ambienti moderati-caldi può basarsi sulle seguenti tre aree di riferimento:

- area di "confort" con $PMV \leq +0,5$ (ovvero $PPD \leq 10\%$), nella quale eventuali lamentele dovrebbero risultare oltremodo improbabili, eventualmente associabili ai fattori locali di discomfort (situazione che merita uno specifico approfondimento) o risolvibili con minimi interventi tecnici;
- area di "discomfort" con $+0,5 < PMV \leq +2$ (ovvero $10\% < PPD \leq 77\%$), nella quale si osservano frequenti manifestazioni di disagio degli operatori che, se non occasionali, richiedono interventi correttivi, programmabili ma da prevedere;
- area di "allarme" con, in modo ricorrente e per più settimane, $PMV > +2$ (ovvero $PPD > 77\%$), che indica un ambiente nel quale importanti errori di progettazione, carenze costruttive, assenza di protezioni o problemi gestionali comportano l'esigenza di urgenti interventi tecnici. E' questa un'area nella quale possono anche manifestarsi rischi per la salute e determinarsi situazioni che richiedono interventi immediati, ad esempio sospendendo il proseguimento del lavoro.

In modo del tutto analogo, la chiave di lettura con cui andare all'interpretazione dei risultati delle misurazioni nel caso di ambienti moderati-freddi può basarsi sulle seguenti tre aree di riferimento:

- area di “confort” con $PMV \geq -0,5$ (ovvero $PPD \leq 10\%$), nella quale eventuali lamentele dovrebbero risultare oltremodo improbabili, eventualmente associabili ai fattori locali di discomfort (situazione che merita uno specifico approfondimento) o risolvibili con minimi interventi tecnici;
- area di “discomfort” con $-0,5 > PMV \geq -2$ (ovvero $10\% < PPD \leq 77\%$), nella quale si osservano frequenti manifestazioni di disagio degli operatori che, se non occasionali, richiedono interventi correttivi, programmabili ma da prevedere;
- area di “allarme” con, in modo ricorrente e per più settimane, $PMV < -2$ (ovvero $PPD > 77\%$), che indica un ambiente nel quale importanti errori di progettazione, carenze costruttive, assenza di protezioni o problemi gestionali comportano l’esigenza di urgenti interventi tecnici. E’ questa un’area nella quale possono anche manifestarsi rischi per la salute e determinarsi situazioni che richiedono interventi immediati, ad esempio sospendendo il proseguimento del lavoro.

Per quanto riguarda invece la valutazione delle situazioni di discomfort locale, al superamento dei valori di riferimento fissati dalla normativa va associata l’esigenza di intervenire per contenere il problema.

Per concludere è da osservare che il confronto con indicatori richiede comunque una dotazione strumentale la cui disponibilità, purtroppo, potrebbe non venire garantita da taluni datori di lavoro. Ecco allora che in questi casi la segnalazione di problemi alla salute (capogiri, crampi a causa del caldo; brividi prolungati, intorpidimento o dolore alle estremità a causa del freddo ...) in più persone oppure il manifestarsi di “eventi-sentinella” (svenimento, collasso ...) in condizioni di evidente criticità termoisigrometrica va interpretata, possibilmente con l’avvallo del medico competente, come situazione che sostiene il diritto del lavoratore all’abbandono del posto di lavoro (D.Lgs.626/94, art.4, comma 5, lettera h) e l’obbligo del datore di lavoro di astenersi dal richiedere di riprendere l’attività (D.Lgs.626/94, art.4, comma 5, lettera l) senza essersi prima accertato, con rilevazioni strumentali, che i parametri microclimatici quanto meno non comportino rischi immediati per la salute.

1.1.2 Ambienti severi

Negli ambienti severi la valutazione del rischio deve comunque essere eseguita sulla base di dati oggettivi, ottenuti con adeguati rilievi strumentali e mai affidandosi a semplici e generiche “sensazioni” del valutatore. Tali ambienti, alla pari di ogni luogo di lavoro con rischi per la salute, richiedono l’adozione e l’aggiornamento di tutte le misure (prioritariamente alla fonte e collettive, come previsto dall’art.3, D.Lgs.626/94 e sanzionato all’art.4, comma 5, lettera b) concretamente attuabili a protezione dei lavoratori.

In questi casi la valutazione del rischio, oltre che all’individuazione di eventuali ulteriori modalità di contenimento dei pericoli per la salute alla fonte, va finalizzata a definire i periodi di recupero, l’esigenza di zone di acclimatamento in avvicinamento od allontanamento dai luoghi termicamente severi, le regolazioni termoisigrometriche dei servizi igienico-assistenziali, le caratteristiche di protezione dei DPI, la puntualizzazione di procedure di tutela in condizioni estreme. E’ poi il

caso di ricordare che per i lavoratori che operano in luoghi termicamente severi è anche fondamentale fornire indicazioni sulle caratteristiche del vestiario da utilizzare, sull'alimentazione e sul corretto ricorso a bevande (quante, di che tipo...), compresa l'eventuale esigenza di ricorrere ad integratori salini e seguire il loro stato di salute con una sorveglianza sanitaria specifica.

La valutazione del rischio in condizioni severe deve quindi sempre prevedere rilievi strumentali per l'applicazione dei metodi di valutazione precedentemente presentati e, quindi, il confronto con gli indici di rischio proposti:

- per gli ambienti severi caldi le quantità SW_{max} , w_{max} , D_{max} e $t_{re,max}$ contenute nella procedura PHS, oppure il WBGT;
- per gli ambienti severi freddi l'IREQ ai fini della valutazione del raffreddamento globale del corpo umano ed il $WCI-t_{ch}$, per quello del raffreddamento localizzato di determinati distretti corporei.

Qualora l'attività svolta non abbia alcun effetto nella determinazione del microclima, come nel caso dei lavori svolti all'aperto da edili, agricoltori..., i dati termoigrometrici necessari per il calcolo degli indici di valutazione possono essere desunti dai dati meteorologici di zona, integrati con i dati specifici legati all'attività metabolica ed all'abbigliamento, assumendo $t_r = 75^\circ C$ ovvero $80^\circ C$ per attività agricole e edili rispettivamente (fase estiva). Il software PHS consente il calcolo degli indici.

In maniera oltremodo sintetica la chiave di lettura con cui andare all'interpretazione dei risultati delle misurazioni, nel caso di ambienti severi caldi prevede due aree di riferimento (indipendentemente che si tratti di soggetti acclimatati o non, anche se ovviamente con valori diversi):

- area di "accettabilità", quando il WBGT è inferiore al rispettivo TLV o quando $D_{lim} > \text{'tempo di esposizione'}$ e, qualora siano state adottate tutte le misure preventive e protettive del caso, indica che la condizione espositiva può proseguire senza particolari rischi immediati;
- area di "pericolo", quando il WBGT supera il rispettivo TLV o quando $D_{lim} < \text{'tempo di esposizione'}$ e richiede interventi immediati (per limitare l'esposizione entro i tempi indicati dal calcolo) e anche interventi di altra natura (misure tecniche, sui DPI ...) per ricondurre le condizioni espositive all'area della "tollerabilità".

Anche nel caso di ambienti severi freddi, i comportamenti da adottare sono riconducibili a due aree:

- area di "accettabilità", quando $IREQ_{neutral} > I_{cl} > IREQ_{min}$ e, qualora siano state adottate tutte le misure preventive e protettive del caso, indica che la condizione espositiva può proseguire senza particolari rischi immediati. In questa situazione eventuali problemi sono probabilmente associabili a criticità di singoli parametri termoigrometrici (es.: velocità dell'aria elevate), situazione che merita specifici approfondimenti;

- area di “pericolo”, quando $I_{cl} < IREQ_{min}$ oppure se $I_{cl} > IREQ_{neutral}$ (con, rispettivamente, vestiario insufficiente o eccessivo) e richiede interventi immediati (per limitare l’esposizione entro i tempi indicati dal calcolo) e anche interventi di altra natura (in particolare sul vestiario) per ricondurre le condizioni espositive all’area della “tollerabilità”.

Infine, anche per gli ambienti severi è da osservare che il confronto con gli indicatori previsti dalle norme richiede una valutazione strumentale che, purtroppo, potrebbe non venire garantita da taluni datori di lavoro. Ecco allora che, a parere di chi scrive, l’assenza di una valutazione strumentale, particolarmente se contestuale alla segnalazione di specifici disagi sul lavoro (vestiario insufficiente, sudorazione in ambienti freddi...) o di problemi alla salute (capogiri, crampi a causa del caldo; brividi prolungati, intorpidimento o dolore alle estremità a causa del freddo ...) in più persone oppure al manifestarsi di “eventi-sentinella” (svenimento, collasso ...), va interpretata, possibilmente con l’avvallo del medico competente, come situazione che sostiene il diritto del lavoratore all’abbandono del posto di lavoro (DLgs.626/94, art.4, comma 5, lettera h) e l’obbligo del datore di lavoro di astenersi dal richiedere di riprendere l’attività (DLgs.626/94, art.4, comma 5, lettera l) senza essersi prima accertato, con rilevazioni strumentali, che i parametri microclimatici non comportano rischi immediati per la salute.

1.2 QUALITÀ DELL’ARIA

Richiamato che il controllo delle emissioni inquinanti va garantito prioritariamente con le aspirazioni localizzate e che in questo contesto si dà per scontato di confrontarsi con ambienti in cui tali aspirazioni sono già in essere ed efficienti ovvero non sono necessarie, l’attuale assetto legislativo e normativo italiano specificamente riferibile alla salubrità dell’aria così intesa si basa essenzialmente sul DLgs.626/94 (art.32) e sul DPR 303/56 (artt. 7 e 9) per quanto riguarda la tutela della salute dei lavoratori.

Di carattere progettuale sono le indicazioni dei Regolamenti Edilizi (ove presenti) e delle norme UNI 10339:1995 e UNI 8852:1987.

Sono poi presenti diversi testi legislativi, tutti richiamati nella ricognizione dei requisiti e degli standard per tipologia edilizia, che puntualizzano prestazioni in locali destinati ad alcune tipologie edilizie.

Dal quadro legislativo di base (DLgs.626/94 e DPR 303/56), nel quale sono assenti requisiti numerici sull’aerazione dei luoghi di lavoro, emergono comunque indicazioni vincolanti, la cui portata non va assolutamente sottovalutata e che anzi costituiscono la base per quella valutazione preliminare che ci può testimoniare l’assenza o la presenza del rischio.

In particolare le indicazioni fondamentali riguardano:

- la presenza, ovunque possibile, di una adeguata aerazione naturale;
- il ricorso, in caso di carenza di aerazione naturale, agli impianti di ventilazione forzata;
- le tutele per gli operatori (impianti sempre funzionanti, portate adeguate, velocità dell’aria non eccessive ...) nel caso di ricorso ad impianti di

- ventilazione forzata;
- gli ulteriori requisiti degli impianti di ventilazione forzata (allarmi, pulizia ...).

Anche dai regolamenti edilizi, dalla legislazione specifica e dalla normativa, possono essere desunti criteri qualitativi (es.: divieto di ricircolo, collocazione delle prese d'aria esterne lontano da possibili fonti inquinanti...) o quantitativi (ricambi d'aria continui e discontinui e/o rapporti aeranti) utilizzabili nella valutazione preliminare.

Infine, su di un tema che presenta molteplici problemi che si intersecano e si sovrappongono, si suggerisce sempre di verificare e tenere in primaria considerazione la valutazione soggettiva degli occupanti i diversi ambienti.

In molti contesti, a fianco dell'aerazione e dell'illuminazione naturale si trova sviluppato il tema della "visione degli elementi di paesaggio", inteso come un fattore di qualità che concorre al benessere dell'uomo.

In questa pubblicazione si è invece deciso di non approfondire questo argomento anche se, in generale, la collocazione delle finestre solo in altezza o a soffitto (spesso motivata con esigenze di sicurezza antintrusione o di disporre di appoggi per scaffalature; esigenze, entrambe, che possono trovare altre soluzioni) deve essere concettualmente osteggiata proprio perché pregiudica particolarmente la corretta aerazione naturale dei luoghi di lavoro.

Ecco allora che la valutazione preliminare potrebbe utilizzare una lista di controllo quale quella proposta a seguito.

In prima approssimazione, una lista di controllo quale quella appena esposta nel caso di risposte tutte negative permette di escludere l'esistenza di rischi per la salute o di disagi.

Qualora invece si rilevassero elementi evidenziati disagi o disturbi o danni, è possibile ricorrere a tecniche di misurazione per diagnosi più sofisticate (vedi Capitolo 2 a seguito). In molti casi, tuttavia, è relativamente semplice e più conveniente correlare i problemi rilevati con le misure di bonifica disponibili.

Normalmente, le direttrici di intervento che consentono di superare i problemi di purezza dell'aria, riguardano:

- l'installazione di impianti di aspirazione localizzati su sorgenti ad emissione incontrollata;
- la disponibilità (finestre apribili) o l'incremento della aerazione naturale, con attenzione alla dislocazione delle stesse su più pareti;
- la corretta collocazione delle prese di aria esterna;
- l'installazione o il potenziamento di impianti di ventilazione meccanica sino al rispetto dei requisiti o degli standard previsti per la specifica destinazione d'uso;
- l'eliminazione del ricircolo o la riduzione dello stesso;

- il ripristino delle portate progettuali mediante manutenzione straordinaria e programmata;
- la pulizia periodica e programmata degli impianti (particolarmente di umidificatori, filtri, condotte d'aria);
- l'introduzione e la verifica del rispetto del divieto di fumo.

Linee guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati sono fornite dall'Atto di intesa del 27/09/01 tra Ministero della salute e Regioni e Province autonome, pubblicato in GU 27/11/01, S.O. n°276.

<i>N.</i>	<i>QUESITO</i>	<i>Modalità di intervento (in caso di risposta negativa)</i>
1	Esistono sorgenti localizzate di inquinanti non controllate con impianti di aspirazione localizzati?	Installare le aspirazioni localizzate o isolare le sorgenti
2	Tutti gli ambienti utilizzati come luogo di lavoro sono dotati di finestre apribili in quantità sufficiente e ben collocate (vedi Regolamento Edilizio o paragrafo 3.2 della Parte I)?	Ampliare le finestre, aprirne su pareti diverse, ricorrere alla ventilazione meccanica
3	Gli ambienti con carente aerazione naturale sono assistiti da un impianto di ventilazione che rispetta i requisiti/standard tecnici di rinnovo dell'aria, funziona continuamente tutto l'anno e dispone di un segnale d'allarme in caso di rottura?	Installare l'impianto di ventilazione, verificarne la completezza e l'efficienza
4	Si è certi della quantità di aria di rinnovo immessa nei diversi ambienti di lavoro?	Controllare la portata sulla bocca di presa di aria esterna e sulle singole immissioni escludendo il ricircolo
5	Gli impianti di riscaldamento/condizionamento/ventilazione sono regolarmente oggetto di manutenzione (in particolare: pulizia dei filtri, dei gruppi di umidificazione e delle condotte d'aria)?	Verificare la portata; fare una manutenzione straordinaria; attivare una procedura per la manutenzione programmata
6	E' stato introdotto il divieto di fumo in tutti i locali dell'azienda?	Introdurre il divieto e sorvegliarne il rispetto
7	Ci sono addetti che lamentano presenza di aria stagnante o odori sgradevoli?	Verificarne le cause e bonificare

1.3 ILLUMINAZIONE

Relativamente all'illuminazione naturale, artificiale e di sicurezza, l'attuale assetto legislativo e normativo italiano per quanto riguarda la tutela della salute dei lavoratori si basa essenzialmente sul DPR 303/56 (artt.7 e 10), sul DPR 547/55 (artt.11, 13, 28, 29, 31 e 32), sul DM 10/03/98 (Allegato III.3.13). Ulteriori indicazioni per gli ambienti destinati ad utilizzare VDT sono fornite dal Titolo VI° e dall'Allegato VII° del DLgs.626/94 e dal DM 02/10/00.

Di carattere progettuale sono le indicazioni dei Regolamenti Edilizi (ove presenti), delle norme UNI 12464-1:2004, UNI 10840:2000 e, per quanto riguarda i VDT, dalla UNI EN ISO 9241-6:2001 nonché dalla UNI EN 1838:2000. Ovviamente questi testi sono richiamati nella ricognizione dei requisiti e degli standard di tipologia edilizia riportati nella Parte II.

Dal quadro legislativo di riferimento emergono una serie di indicazioni vincolanti, il cui rispetto costituisce la base della valutazione preliminare che ci può testimoniare l'assenza o la presenza del rischio.

Le indicazioni fondamentali riguardano:

- la presenza, ovunque possibile, di una adeguata illuminazione naturale;
- il ricorso agli impianti di illuminazione artificiale per salvaguardare la sicurezza, la salute e il benessere dei lavoratori, quando l'illuminazione naturale non è sufficiente;
- il ricorso ad illuminazioni particolari in aree ove sono presenti particolari rischi di infortunio o che necessitino di speciali sorveglianze;
- la presenza di un'illuminazione di sicurezza che si attivi a seguito di guasti dell'illuminazione artificiale e indichi le vie di uscita fino al luogo sicuro;
- gli ulteriori requisiti delle realizzazioni (sicurezza antisfondamento delle superfici illuminanti, visibilità delle stesse, pulizia, sicurezza dei sistemi d'accesso per la pulizia e la manutenzione, ...).

In molti contesti, a fianco dell'aerazione e dell'illuminazione naturale si trova sviluppato il tema della "visione degli elementi di paesaggio", inteso come un fattore di qualità che concorre al benessere dell'uomo.

In questa pubblicazione si è invece deciso di non entrare nell'argomento anche se, in generale, la collocazione delle finestrate solo in altezza o a soffitto (spesso motivata con esigenze di sicurezza antintrusione o di disporre di appoggi per scaffalature) deve essere concettualmente osteggiata perché pregiudica in generale la salubrità e l'accettazione dell'ambiente di lavoro a fronte di esigenze che possono trovare altre soluzioni tecniche.

Anche dai regolamenti edilizi possono essere desunti criteri quantitativi (i valori del fattore di luce diurno e/o i cosiddetti rapporti illuminanti) di primo orientamento per la valutazione preliminare.

Inoltre, anche su questo tema si suggerisce sempre di verificare, e tenere in primaria considerazione, la valutazione soggettiva degli occupanti i diversi ambienti.

Ecco allora che la valutazione preliminare potrebbe utilizzare una lista di controllo quale quella proposta a seguito:

<i>N.</i>	<i>QUESITO</i>	<i>Modalità di intervento (in caso di risposta negativa)</i>
1	Tutti gli ambienti utilizzati come luogo di lavoro sono dotati di illuminazione naturale nella quantità richiesta dal Regolamento Edilizio o, in sua assenza, fornita da un RI maggiore di 1/8 della superficie del pavimento?	Misurare il RI o il FLD _m ; ampliare le finestre, modificare la destinazione d'uso del locale
2	Ci sono addetti che si lamentano della poca o troppa luce naturale oppure della poca o troppa luce artificiale?	Verificarne le cause e bonificare
3	Ci sono addetti che lamentano una scarsa qualità dell'ambiente luminoso (abbagliamenti, riflessi, cattiva percezione dei colori, fatica visiva...)?	Verificarne le cause anche con specifiche misurazioni, sentire il medico competente, bonificare
4	Gli impianti di illuminazione e le finestre sono regolarmente oggetto di manutenzione (in particolare: sostituzione delle lampade, pulizia di vetri, lampade e corpi illuminanti)?	Effettuare una manutenzione straordinaria ed attivare una procedura per la manutenzione programmata
5	Tutti i centri di pericolo hanno una illuminazione sussidiaria sufficiente?	Installare l'illuminazione sussidiaria
6	E' presente e funzionante un impianto per l'illuminazione di sicurezza delle vie di fuga sino ai punti sicuri?	Installare e verificare almeno 2 volte l'anno

In prima approssimazione, una lista di controllo quale quella appena esposta nel caso di risposte tutte negative permette di escludere l'esistenza di rischi per la salute o di disagi.

Qualora invece si rilevassero disagi, disturbi, pericoli o danni, è possibile ricorrere a tecniche di misurazione (vedi Capitolo 2 a seguito) per diagnosi e indicazioni di bonifica più puntuali confrontandosi con i requisiti indicati nel Regolamento Edilizio o con gli standard evidenziati nella Parte II per quanto riguarda l'illuminazione naturale e con i valori della UNI 12464-1:2004 per l'illuminazione artificiale.

Il ricorso a tali misurazioni è particolarmente utile laddove i compiti visivi si rivelano impegnativi, ma anche la presenza di ambienti con posti di lavoro privi o carenti di luce naturale deve indurre ad effettuare misurazioni di controllo.

I principali parametri indagabili sono il FLD_m (fattore medio di luce diurno) e il livello d'illuminamento in lux (per la quantità e l'uniformità di illuminamento). Sono poi disponibili indicazioni normative sui valori e sui rapporti di luminanza che provocano abbagliamenti tanto nel lavoro in generale (la luminanza degli intorni immediati del compito visivo deve essere inferiore a quella del compito ma non minore di 1/3 di questa) quanto per quello al VDT (i limiti di luminanza degli apparecchi che possono riflettersi sullo schermo variano da 1000 a 200 cd/m^2 a seconda della classe dei VDT - valori indicati dalla UNI EN ISO 9241-6:2001 e ripresi dal prospetto 4 della UNI 12462-1:2004). Ad altre indicazioni sulla qualità dell'ambiente visivo artificiale si può risalire con informazioni fornite dai costruttori delle sorgenti luminose e dai progettisti degli impianti di illuminazione (indice di resa cromatica, colore della luce, indice di abbagliamento, ...).

Circa gli interventi di miglioramento adottabili per superare i problemi evidenziati dalla valutazione del rischio, tra i più frequenti si richiamano:

- **Illuminazione naturale**
 - modificare la destinazione d'uso dell'ambiente
 - liberare le finestre occluse o schermate con materiali vari
 - aumentare le superfici che trasmettono illuminazione naturale
 - sostituire i materiali che trasmettono la luce con altri a miglior fattore di trasmissione luminosa
 - orientare le superfici illuminanti a nord
 - realizzare pozzi o camini di luce
 - mettere a disposizione sistemi regolabili di schermatura della luce naturale (veneziane, tende...)
 - pulire regolarmente le superfici illuminanti
- **Illuminazione artificiale**
 - usare corpi illuminanti schermati per ridurre l'abbagliamento
 - usare lampade con miglior indice di resa cromatica
 - aumentare la potenza luminosa impegnata e bilanciarla (ricalcolare l'impianto)
 - sostituire le lampade ed i corpi illuminanti secondo le indicazioni dei costruttori
 - pulire regolarmente le lampade, i corpi illuminanti e le pareti
- **Illuminazione di sicurezza**
 - verificarne periodicamente la funzionalità

Relativamente agli ambienti in cui si utilizzano VDT come elemento di valutazione in sede di progetto si consiglia di riferirsi alla UNI 12464-1:2004 mentre, per le indicazioni di bonifica sono le norme della serie UNI EN ISO 9241 e particolarmente alla UNI EN ISO 9241-6:2001 a fornire indicazioni più precise.

Infine si rammenta che il controllo dei rischi di natura visiva possono essere oggetto di misure tecniche sull'attività (es.: automazione dei controlli), di misure organizzative (rotazioni, pause ...), di controlli sanitari della funzionalità visiva (come generalmente previsto per gli addetti ai VDT) e di informazione e formazione agli addetti.

2 - STRUMENTAZIONE E MODALITÀ DI MISURA

2.1 MICROCLIMA

I parametri ambientali che è necessario misurare ai fini di una corretta valutazione degli indici microclimatici, sia in ambienti moderati che in ambienti severi, sono:

- Temperatura dell'aria;
- Umidità relativa dell'aria;
- Velocità dell'aria;
- Temperatura media radiante;
- Temperatura di bulbo bagnato a ventilazione naturale (solo ambienti severi caldi);
- Temperatura del pavimento;
- Temperatura piana radiante.

Tanto i principi fisici di funzionamento quanto le specifiche tecniche degli strumenti adeguati ad una corretta misura di queste quantità sono discussi estensivamente nella norma tecnica UNI EN ISO 7726:2002 che in particolare dedica una appendice a ciascuna delle prime quattro quantità.

2.1.1 Tempi di misura

La durata di una misura viene determinata dalla necessità di garantire che le risposte di tutti i sensori siano prossime a quelle corrette entro le incertezze ammesse come specificato dalla norma tecnica UNI EN ISO 7726:2002. Essa risulta dunque stabilita dal più "lento" dei sensori.

Per quanto riguarda le misure eseguite nell'ottica della determinazione degli indici sintetici (PMV, PHS, IREQ) è la misura della umidità relativa a porre il requisito più stringente, almeno nel caso si utilizzi uno psicrometro. Il sensore a bulbo bagnato impiega infatti un certo tempo per andare a regime, ed è stato sperimentalmente verificato che l'accuratezza diviene accettabile soltanto dopo circa 2 minuti dall'inizio della misura. E' necessario pertanto che i dati riferiti a questo periodo iniziale siano eliminati dal campione in fase di analisi dei risultati. Considerando inoltre che:

- il numero di campioni non può essere inferiore ad una decina per poter svolgere gli opportuni calcoli statistici;
- la tipica rata di acquisizione è di un campionamento ogni 15 – 20 secondi, si consigliano tempi di misura dell'ordine dei 5 – 6 minuti per postazione.

Per quanto riguarda le misure eseguite per la quantificazione dei fattori di discomfort locale, i tempi di misura sono dettati di volta in volta dalla specifica strumentazione utilizzata.

La valutazione del discomfort da correnti d'aria richiede che vengano misurate simultaneamente la temperatura dell'aria, la velocità dell'aria e la turbolenza del flusso. Il requisito più stringente è posto dal termometro. Si raccomanda una durata della misura di almeno 3 minuti con scarto dei primi 30 secondi.

Per i fattori “Gradiente termico verticale”, “Temperatura del pavimento”, “Asimmetria della temperatura radiante”, i sensori rilevanti sono rispettivamente il “termometro”, il “termometro per misure di superficie” e il “radiometro netto”. Tutti e tre questi sensori sono relativamente veloci, e le misure possono ritenersi affidabili già dopo 20 – 30 secondi.

2.1.2 Intervalli temporali fra misure successive

La distanza temporale fra due misure successive dipende fondamentalmente dalla velocità con cui le sonde tendono a mettersi in equilibrio con le condizioni ambientali. Tale velocità viene quantificata attraverso il tempo scala che caratterizza l'avvicinamento esponenziale al valore limite asintotico di equilibrio (ossia il valore corretto).

Per quanto riguarda le misure eseguite nell'ottica della determinazione degli indici sintetici (PMV, PHS, IREQ) è la misura della temperatura di globotermometro a porre il requisito più stringente.

Il globotermometro è uno strumento caratterizzato da una notevole inerzia termica, ed è dunque inevitabile che il suo tempo di risposta sia lungo (parecchi minuti). Per una misura di buona precisione si richiede pertanto che essa venga eseguita dopo almeno 15 minuti dal posizionamento del globotermometro nel luogo deputato alla misura stessa. In ogni caso non conviene scendere sotto i 10 minuti onde evitare di trasportare nella misura relativa ad una ambiente informazioni raccolte dal globotermometro nell'ambiente precedente e, per così dire, trattenute in memoria. Soltanto se il campo di radiazione prevedibile nell'ambiente è prossimo a quello dell'ambiente oggetto della precedente misura, è possibile ridurre i tempi di attesa per l'esecuzione di una nuova misura a 6 – 8 minuti.

Per quanto riguarda le misure eseguite per la quantificazione dei fattori di discomfort locale, nessuno dei sensori utilizzati possiede una apprezzabile inerzia termica. I pochi minuti necessari allo spostamento ed al nuovo posizionamento della strumentazione sono sicuramente sufficienti a garantire che la misura sia del tutto indipendente da quella eseguita in precedenza.

2.1.3 Postazioni di misura

In relazione alle condizioni climatiche, gli ambienti di lavoro possono essere distinti in “omogenei” e “eterogenei” a seconda che i principali parametri microclimatici siano o meno uniformi in prossimità del soggetto. La **Tabella 2.1** indica le posizioni nelle quali effettuare le misure descritte in questa sezione ed i coefficienti di peso (P_i) da usare nei calcoli dei valori medi di queste grandezze, secondo il tipo di ambiente considerato e la classe delle specifiche di misura (C ovvero confort cioè in ambienti termici moderati – S ovvero stress cioè in ambienti termici severi).

Tabella 2.1: Posizione dei sensori per le misure delle grandezze fisiche ambientali

Posizione dei sensori	Coefficiente di peso P_i				Altezze raccomandate per la misurazione	
	Ambiente omogeneo		Ambiente eterogeneo		Soggetto seduto	Soggetto in piedi
	Classe C	Classe S	Classe C	Classe S		
Livello testa			1	1	1,1 m.	1,7 m.
Livello addome	1	1	1	2	0,6 m.	1,1 m.
Livello caviglia			1	1	0,1 m.	0,1 m.

La Tabella 2.1 mostra che nel caso eterogeneo sarà necessario effettuare misure in più punti e a quote diverse.

Definita x la quantità in esame, e P_i il coefficiente di peso (specificato nella Tabella 2.1), per calcolare il valore medio relativo a tale quantità si applica la seguente formula:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i \times P_i}{\sum P_i} \quad (2.1)$$

Questa procedura è applicabile a tutte le quantità elencate all'inizio di questa sezione 2.1, fatta eccezione per la temperatura del pavimento (per ovvi motivi geometrici).

Infine è buona regola eseguire sempre le misure in prossimità delle postazioni realmente occupate dai soggetti esposti, comunque ad almeno 0,6 m dalle pareti.

2.2 AERAZIONE E VENTILAZIONE

Le tecniche comunemente impiegate per valutare l'efficacia dell'aerazione e della ventilazione di un ambiente possono essere ulteriormente suddivise in:

- 1) misure delle portate locali dell'impianto di ventilazione forzata;
- 2) misure con gas traccianti;

2.2.1 Misure delle portate locali dell'impianto di ventilazione forzata

Di norma i rilievi effettuati in fase di collaudo di un nuovo impianto di ventilazione si limitano a verificare che la portata generale dell'impianto corrisponda a quella di progetto, ma questo modo di procedere è insufficiente a verificare il corretto ricambio d'aria nei diversi posti di lavoro. Il solo fatto che un ventilatore garantisca una certa portata non assicura infatti che il ricambio d'aria nell'edificio o nell'ambiente servito dall'impianto sia uniformemente distribuito; può capitare invece che, per effetto di una cattiva distribuzione dell'aria, si abbiano ricambi/ora superiori a quelli previsti in certi punti e ventilazione quasi nulla in altri.

Per valutare l'efficacia della distribuzione locale dell'impianto di ventilazione si ricorre invece a misure di portata eseguite nei singoli ambienti.

Dopo aver correttamente dimensionato l'impianto (vale a dire determinato le portate d'aria da immettere e da estrarre in ciascun ambiente e, conseguentemente, la portata complessiva dell'impianto) in fase di avvio occorre procedere al cosiddetto "bilanciamento", operazione attraverso la quale si verifica che la distribuzione delle portate d'aria nella rete e nei terminali sia il più possibile vicina ai valori di progetto. Per risalire alle portate si effettuano misure di velocità dell'aria in corrispondenza delle prese d'aria esterna, nei punti di espulsione dell'aria esausta, in corrispondenza dei diffusori d'immissione nei singoli locali, ma più normalmente all'interno di condotti.

Le misure della velocità dell'aria si effettuano normalmente con:

- a) *il tubo di Pitot*
- b) *l'anemometro a ventolina,*
- c) *l'anemometro a filo caldo.*

a) *Il tubo di Pitot* misura la pressione totale e la pressione statica, dalla cui differenza si calcola la pressione dinamica che, come noto, è funzione del quadrato della velocità del fluido. Il tubo di Pitot è disponibile in diverse dimensioni e costruzioni ed è globalmente lo strumento più robusto ed affidabile per le misure di pressione e portata all'interno di condotti.

b) *L'anemometro a ventolina*, per la cui descrizione si rimanda al precedente punto 2.1.3, è uno strumento in grado di effettuare buone misure di velocità dell'aria se questa non è troppo bassa. Inoltre, essendo fortemente direzionale, è bene sia utilizzato avendo cura di disporlo sempre con l'asse di rotazione della ventola parallelo alla direzione prevalente del flusso.

c) *L'anemometro a filo caldo*, per la cui descrizione si rimanda al precedente punto 2.1.3, è uno strumento in grado di effettuare misure affidabili di velocità dell'aria anche quando questa quantità è molto piccola (dell'ordine di 0,05 m/s). Tuttavia, essendo chiaramente anisotropo, è bene sia utilizzato avendo cura di disporlo sempre con il filo perpendicolare alla direzione prevalente del flusso.

2.2.2 Misure con gas traccianti

La misura della ventilazione all'interno di un ambiente può essere effettuata anche ricorrendo all'uso dei gas traccianti.

La dotazione sperimentale richiesta per lo svolgimento delle misurazioni consiste essenzialmente in una bombola contenente un gas idoneo ad essere utilizzato come tracciante, un sistema di diffusione del gas, eventualmente correlato ad un indicatore di portata, ed un analizzatore della concentrazione del gas.

Per le misure dell'efficienza della ventilazione con gas traccianti sono principalmente adottati i seguenti protocolli:

- a) *metodo del decadimento della concentrazione;*
- b) *metodo della concentrazione costante.*

a) Metodo del decadimento della concentrazione

È il metodo principale per la misura del numero di ricambi d'aria.

Una piccola quantità di gas tracciante viene diffusa nell'ambiente dopo aver provveduto a fermare l'impianto di ventilazione meccanica, se esistente.

Attraverso uno o più ventilatori si provvede a miscelare il gas in modo da ottenere una concentrazione uniforme in tutto il locale.

La sorgente di gas tracciante viene rimossa e, dopo aver avviato l'impianto di ventilazione meccanica, inizia la misura del decadimento della concentrazione del gas tracciante nel tempo.

Se il parametro che si vuole misurare è il numero di ricambi orari nel locale in esame, si dovrà provvedere a mantenere una costante miscelazione durante tutto il periodo di misura, mantenendo in funzione i ventilatori; se, invece, si vorrà misurare l'età locale dell'aria localizzata (ad esempio: in un preciso luogo di lavoro) i ventilatori verranno spenti in modo da consentire l'instaurarsi dei moti caratteristici dell'ambiente.

Rappresentando in un diagramma il logaritmo naturale della concentrazione del gas tracciante in funzione del tempo, si ottiene una linea retta la cui pendenza rappresenta il numero di ricambi d'aria dell'ambiente:

$$n = \frac{\ln\left(\frac{C_0}{C_t}\right)}{t} \quad (2.2)$$

dove:

n = ricambi orari

C₀ = concentrazione all'inizio della misura

C_t = concentrazione alla fine della misura dopo un tempo t

t = periodo di misura totale espresso in ore

Ovviamente la misura C₀ andrà effettuata quando sono ristabilite le condizioni di normale funzionamento dell'impianto dopo il suo avvio, escludendo quindi il tempo necessario per vincere le inerzie dell'impianto stesso.

b) Metodo della concentrazione costante

Questo metodo può essere usato per ottenere un preciso tasso medio del ricambio dell'aria in un lungo periodo, in situazioni dove i flussi non sono costanti (per esempio in edifici occupati), ma può essere usato anche per documentare dettagliatamente queste variazioni.

È anche particolarmente adatto per la determinazione continua di infiltrazioni di aria esterna.

Il gas tracciante è immesso in un punto specifico dell'ambiente, per tutta la durata della misura e l'aria dell'ambiente viene continuamente rimescolata per evitare sacche di ristagno.

La concentrazione dell'inquinante in ambiente viene rilevata in continuo affinché variando in continuo la quantità del tracciante immessa nell'ambiente la concentrazione stessa sia mantenuta costante.

In queste condizioni l'equazione di continuità risulta essere la seguente:

$$n(t) = \frac{F(t)}{V \times C} \quad (2.3)$$

ove:

$F(t)$ è la quantità del gas tracciante immessa nell'ambiente nell'unità di tempo (es.: mg / h)

V è il volume del locale in esame (m^3)

C è la concentrazione di gas tracciante (es.: mg / m^3).

In definitiva, i ricambi d'aria dell'ambiente sono direttamente proporzionali ai quantitativi di gas tracciante immessi per mantenere costante la concentrazione.

2.3 ILLUMINAZIONE

Molteplici sono i parametri illuminotecnici che possono essere determinati quantitativamente con apposite apparecchiature, ma per chi si occupa di progetti di insediamenti produttivi e di igiene del lavoro i principali parametri sono il FLD (fattore di luce diurno, ricostruibile da misurazioni di livelli di illuminamento) per valutare la congruità dell'illuminazione naturale ed il livello d'illuminamento e la luminanza (intesa anche come rapporti di luminanza) per valutare la quantità e la qualità dell'illuminazione di un ambiente.

2.3.1 Principali strumenti

Gli strumenti per la misurazione dei principali parametri fotometrici sono:

a) Luxmetro

Permette la misurazione del valore degli illuminamenti dovuto sia a luce naturale che luce artificiale.

E' costituito da una fotocellula accoppiata ad un galvanometro.

La parte sensibile di un luxmetro, che riceve il flusso luminoso, è realizzato mediante un sensore al silicio al quale viene anteposto un filtro ottico per la correzione della risposta spettrale (il filtro ottico non è altro che un vetrino piano su cui sono stati depositi dei sottilissimi strati di ossidi metallici i quali determinano un comportamento globale del filtro variabile al variare della lunghezza d'onda incidente sulla base della curva di visibilità relativa dell'occhio umano e della sensibilità del dispositivo fotorilevatore impiegato).

L'inclinazione dei fasci di luce che raggiungono la fotocellula può causare errori di misura non trascurabili. Per ovviare a questo problema sul piano della fotocellula deve essere presente un correttore del coseno (che consiste nel posizionare delle semisfere o altri elementi opalini che hanno la funzione di diffondere i raggi luminosi incidenti distribuendoli in maniera omogenea sulla superficie della fotocellula).

La radiazione luminosa che raggiunge la fotocellula viene trasformata in energia elettrica permettendone la misurazione poiché lo strumento è tarato in modo da indicare direttamente valori in lux.

Gli strumenti usati devono rispondere a quanto prescritto dalla UNI 11142:2004.

b) Luminanzometro

In un dato posto di lavoro non vi è corrispondenza tra la quantità di luce rilevata mediante luxmetro e la quantità di luce che effettivamente penetra negli occhi dell'operatore addetto a quella postazione. Accanto alle rilevazioni col luxmetro si rivelano così importanti le rilevazioni fotometriche eseguite mediante luminanzometro, uno strumento che ricorda una telecamera e che permette la misurazione della luminanza di una superficie.

La luce emessa dalla sorgente passa attraverso un obiettivo, una certa quantità di essa è deflessa da uno specchio in direzione di un prisma che trasmette l'immagine su di un disco in vetro. La superficie del disco è trattata in modo da permettere il passaggio di una parte della luce, che solo dopo aver attraversato un sistema di filtri raggiunge una fotocellula tramite la quale si effettuerà la misurazione in cd/m^2 .

Anche la risposta spettrale del misuratore di luminanza deve essere corretta secondo la curva spettrale di visibilità.

Anche in questo caso gli strumenti usati devono rispondere a quanto prescritto dalla UNI 11142:2004.

Altri strumenti (misuratori di flusso, colorimetri, spettroradiometri, goniofotometri...) trovano applicazioni più specifiche e non sono qui ripresi.

2.3.2 Modalità di misura dei principali parametri

Come già anticipato, i principali parametri oggetto di misurazione nel campo dell'igiene del lavoro sono il fattore di luce diurna, il livello di illuminamento e la sua uniformità, la luminanza delle sorgenti.

a) Fattore di luce diurna e Fattore medio di luce diurna

Il calcolo dell'illuminamento naturale all'interno di locali risulta poco agevole e talvolta poco significativo.

Per tali ragioni, ma esclusivamente qualora sussistano le condizioni di cielo coperto, è usuale valutare l'illuminamento naturale interno attraverso l'utilizzo di una grandezza derivata, il fattore di luce diurna (FLD), espressa come il rapporto fra il valore istantaneo di illuminamento che si ha nel punto in esame e quello che si genera in un punto di una superficie orizzontale liberamente esposta alla volta celeste nel medesimo istante.

Il ricorso ad un tale descrittore consente di rappresentare con un parametro statico un fenomeno dinamico, riducendo per di più il calcolo alla valutazione di fattori puramente geometrici.

Come già anticipato, la valutazione mediante il FLD non è invece attuabile nel caso di cielo sereno in quanto non può essere trascurata la variazione introdotta dal moto apparente del sole. In tale situazione è necessario fare delle valutazioni di tipo dinamico, ad intervalli di tempo regolari e possibilmente nei diversi mesi dell'anno. Inoltre nel caso di cielo sereno, oltre al contributo generato dal cielo stesso è necessario considerare l'effetto del sole che, entrando nei locali, può generare problemi di abbagliamento. Si ritiene però che analisi così complesse risultino giustificate solo in condizioni particolari, come

laboratori o ambienti espositivi, mentre nella maggior parte dei casi, visto che lo scopo è quello di valutare le condizioni che si realizzano all'interno dei locali nelle condizioni più sfavorevoli (che mediamente si verificano d'inverno, con cielo nuvoloso) sia sufficiente lo studio attraverso la modellizzazione di cielo coperto.

Per una prova in opera per la misurazione del FLD o meglio, del fattore medio di luce diurna (FLD_m), è preferibile che le misure di illuminamento esterno E_e ed interno E_i siano effettuate con l'uso contemporaneo di due luxmetri, dei quali sia stata precedentemente verificata la congruenza. In alternativa è possibile eseguire le misure esterne ed interne di ciascun punto in successione, purché rapida, soprattutto se le condizioni di illuminazione esterna sono mutevoli.

La misura di illuminamento esterno E_e va eseguita su un piano orizzontale. Il piano, oltre a essere in grado di vedere l'intera volta celeste (in genere si considera come piano orizzontale quello della copertura dell'organismo edilizio), non deve essere sottoposto all'irraggiamento diretto del sole (in pratica la misura richiede un cielo uniformemente coperto o una opportuna banda di occultamento della radiazione diretta). Durante le misure lo strumento deve essere appoggiato su un piano orizzontale.

L'illuminamento medio interno E_{im} va calcolato come media (aritmetica) degli illuminamenti nei punti considerati.

Premesso che il numero di punti di misura è in primo luogo funzione della precisione del valore che si desidera ottenere, tali punti di misura per uno spazio di forma regolare di piccola dimensione, sono almeno 4, situati all'incrocio degli assi posti a $1/4$ e a $3/4$ dello spazio in oggetto (vedi Figura 2.1).

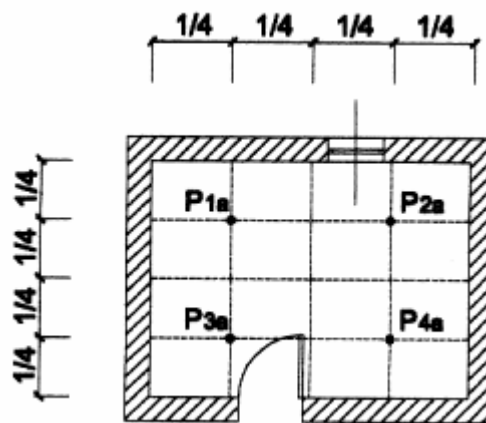


Figura 2.1: punti di misura negli spazi di natura regolare

Nel caso di uno spazio di forma irregolare si può suddividere lo spazio in subspazi di forma regolare ed individuare i punti di prova in ogni subspazio secondo il criterio usato per gli spazi regolari (vedi Figura 2.2).

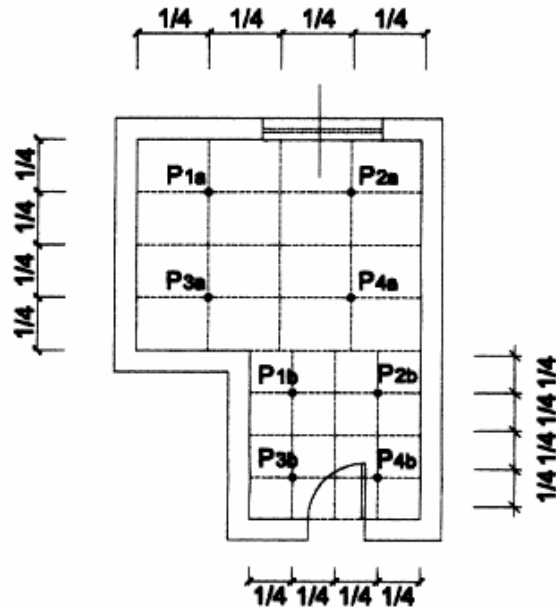


Figura 2.2: punti di misura negli spazi di natura irregolare

Per ogni subspazio è così possibile calcolare la media aritmetica dei valori di illuminamento rilevati nei punti di misura e determinare il corrispondente valore del FLD_m . Il valore del FLD_m dello spazio complessivo sarà calcolato come media pesata dei FLD_m di ogni singolo subspazio.

Per gli ambienti di dimensioni ampie è analogamente consigliabile suddividerli con una griglia che ne consenta l'analisi complessiva; tale griglia non dovrebbe avere il lato superiore ai 5 m.

Nel caso di spazi destinati a funzioni plurime, poiché il livello del FLD_m deve essere soddisfatto almeno nei punti fissi di lavoro, i quattro punti di misura dell'illuminamento interno vanno scelti, con lo stesso metodo descritto nelle figure precedenti, all'interno dell'area che comprende i punti fissi di lavoro e almeno i 9 m² intorno ai medesimi punti fissi di lavoro.

In tutti e tre i casi (spazi regolari, irregolari e spazi per funzioni plurime) il valore di FLD_m è ottenuto dal rapporto:

$$FLD_m = \frac{E_{im}}{E_e} \quad (2.4)$$

b) Livello e uniformità di 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.

Per rilievi più accurati si deve procedere alla suddivisione della superficie in pianta dell'area di lavoro secondo una appropriata griglia.

Dopo aver stabilito il piano del quale si vuole conoscere l'illuminamento (piano orizzontale a livello del piano di lavoro o più generalmente sul pavimento, piano verticale su pareti o su arredi), si può effettuare la misura. Si tratta di 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.

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.

Per la determinazione dell'illuminamento medio e dell'uniformità di illuminamento di un impianto di illuminazione artificiale si può fare riferimento alla scelta del progettista (la griglia prevista in fase di progetto) ovvero alle indicazioni tecniche dell'Appendice C della UNI 10380:1994, con gli aggiornamenti del A1 dell'ottobre 1999, anche se questa è stata ritirata.

c) Luminanze

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 tenendo comunque ben presente che particolarmente importante è la quantificazione dei rapporti di luminanza all'interno del campo visivo professionale (eccessivi rapporti di luminanza costituiscono la principale causa di astenopia occupazionale nei videoterminalisti).

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.

2.3.3 Precisione degli strumenti di misura

Per quanto riguarda la classificazione della precisione degli strumenti di misura e le precisioni richieste in funzione degli impieghi, per quanto non diversamente

normato si può continuare a far riferimento alla UNI 10380:1995, punto 6.2.1, e sintetizzate nella Tabella 2.2. a seguito.

In particolare, per gli strumenti impiegati per verifiche illuminotecniche va prevista una taratura biennale.

Tabella 2.2: Precisioni richieste agli strumenti di misura in relazione alle classi d'impiego

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

3 - GESTIONE E MANUTENZIONE DEGLI IMPIANTI AERAILICI

Gli impianti di aerazione/trattamento dell'aria necessitano, come ogni installazione tecnologica, di manutenzione periodica e programmata sia per garantire la continua efficienza delle parti meccaniche, idrauliche, elettriche ecc., sia per prevenire che essi diventino fonte inaspettata di inquinanti fisici, chimici e biologici.

E' auspicabile che già in fase di progettazione si prevedano spazi di alloggiamento delle unità di trattamento, delle tubazioni e delle altre parti dell'impianto, nei quali sia possibile accedere per ispezione ed eventuali interventi manutentivi.

La corretta gestione e la regolare manutenzione è quindi garanzia di qualità dell'aria, gli impianti di ventilazione e trattamento aria infatti, possono essere intrinsecamente fonti di inquinanti che derivano dai materiali di costruzione (materiali fibrosi, prodotti di degradazione delle superfici metalliche, sigillanti, stucchi, oli lubrificanti ecc.) oppure di inquinanti che possono svilupparsi nel tempo come lo sviluppo di contaminanti biologici e microrganismi in particolare nelle zone caldo-umide dell'impianto e favorite dall'accumulo di materiale organico come deiezioni di animali, foglie ecc..

La legge n. 46 del 1990 affida la manutenzione di impianti di climatizzazione a personale qualificato con idonea formazione escludendo l'utilizzo di figure improvvisate (personale delle pulizie, addetti ai servizi di portineria o di vigilanza non adeguatamente formato) per lo svolgimento di tali mansioni. Analogamente il DPR 412/93 affida la gestione degli impianti termici a personale qualificato e tra l'altro prevede la compilazione di un libretto di centrale o libretto d'impianto in cui sono indicate le varie fasi della manutenzione.

Nella stesura di questo paragrafo ci si è anche avvalsi delle indicazioni definite dal D.G.P.R. n°8/03 della Regione Liguria, unico riferimento legislativo regionale noto in materia.

Utili riferimenti sono anche le normative ISO e UNI relative alla progettazione di impianti aerailici, in quanto molti problemi riscontrabili in fase di manutenzione dipendono da errori di progettazione o ancor più spesso da un montaggio poco attento delle varie parti.

3.1 SUGGERIMENTI PER LA MANUTENZIONE

La manutenzione, come per qualsiasi macchina e/o impianto, può essere distinta in straordinaria e ordinaria

La manutenzione straordinaria si effettua a seguito di guasti e/o funzionamento anomalo, in queste situazioni è necessario porre, nel tempo più breve possibile, rimedio al malfunzionamento o al guasto, è importante verificare che i dispositivi di allarme siano entrati in funzione e che al riavvio siano perfettamente efficienti, ed inoltre sarà necessario valutare gli effetti del guasto sulle altre parti dell'impianto, decidendo all'occorrenza la loro sostituzione anticipata.

Relativamente alla manutenzione ordinaria è importante che essa sia programmata sin dalla messa in funzione dell'impianto basandosi sulle caratteristiche tecniche,

degli indici di deperibilità dei singoli componenti e sulle condizioni di esercizio dell'intero impianto tenendo conto di tutte le variabili esterne che possono influenzarne il buon funzionamento. Dovranno essere verificati tutti gli stadi seguendo un percorso ideale che va dalla presa d'aria esterna, attraverso l'unità di trattamento (UTA, vedi **Figura 3.1**) e le condotte fino al punto di immissione in ambiente ed anche attraverso l'eventuale punto di presa per il ricircolo.

Di seguito si riporta un elenco dei principali aspetti da controllare; elenco certamente non esaustivo in quanto le soluzioni tecniche possibili sono numerose e variabili. Per una più rapida consultazione il tutto viene riassunto infine nella **Tabella 3.1** dove vengono anche suggeriti i tempi indicativi per lo svolgimento di ogni azione.

Prima di addentrarci nell'analisi dei singoli punti critici si sottolinea che, ad installazione avvenuta, è necessario avviare e tenere in funzione l'impianto in assenza di utenza per favorire la rimozione dai canali dei residui di costruzione (polveri, vapori) quindi dopo aver provveduto alla sostituzione dei filtri è possibile dare libero accesso agli ambienti asserviti.

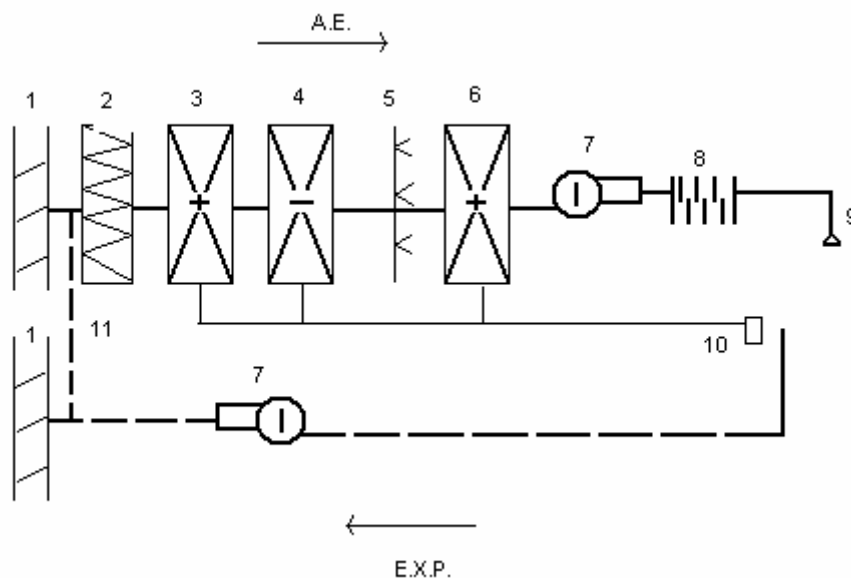


Figura 3.1 – Schema tipo d'impianto. Legenda: 1) Serranda di regolazione 2) Sezione filtrante 3) Batteria preriscaldamento 4) Batteria di raffreddamento 5) Umidificatore 6) batteria post riscaldamento 7) Ventilatore 8) Silenziatore 9) Bocchetta d'immissione 10) Sensore ambientale 11) Ricircolo

Punto di aspirazione dell'aria esterna: verificare l'assenza di fonti inquinamento nei dintorni (eventualmente sorte dopo la costruzione dell'impianto), verificare l'integrità delle griglie di protezione per evitare l'ingresso di animali o di oggetti grossolani, verificare l'assenza di infiltrazioni ed il ristagno di acque meteoriche, effettuare periodicamente la pulizia delle griglie e delle tubazioni.

Locali che ospitano le UTA: i locali debbono essere regolarmente puliti e sanificati. Occorre in particolare rimuovere dai locali stessi ogni eventuale deposito di materiali.

Stadi di filtrazione nell'UTA: verificare l'efficienza dei sistemi di avanzamento per i filtri di tipo automatico; verificare l'integrità dei filtri, le loro condizioni di igiene e l'eventuale presenza di corpi estranei sostituendo i filtri esauriti. Effettuare periodicamente la pulizia delle sedi in cui sono alloggiati i filtri. Verificare l'efficienza dei pressostati e la tenuta delle guarnizioni degli sportelli di ispezione.

Stadio di deumidificazione e umidificazione: periodicamente devono essere svuotate le vaschette d'accumulo, rimosse le incrostazioni calcaree e verificate le loro condizioni d'igiene (nel caso effettuando una disinfezione). Qualora si effettuino analisi dell'acqua delle vaschette si utilizzi il limite di 1000 UFC/ml. Si deve verificare il perfetto isolamento, mediante sifoni, delle vaschette di raccolta delle acque, dagli scarichi fognari. Occorre inoltre verificare l'efficienza delle pompe e dei sistemi automatici di sostituzione dell'acqua, il prosciugamento dello stadio in caso di arresto dell'impianto o in assenza di umidificazione, la tenuta delle guarnizioni degli sportelli di ispezione e il corretto collegamento ai sensori di umidità posizionati negli ambienti condizionati.

Stadio di riscaldamento, raffreddamento, condensazione e di recupero di calore: è necessario provvedere periodicamente alla pulizia degli scambiatori e ricercare eventuali perdite di fluidi.

Svuotare periodicamente la vaschetta d'accumulo e verificare le condizioni d'igiene (nel caso effettuando una disinfezione).

Va inoltre verificato il perfetto isolamento, mediante sifoni, delle vaschette di raccolta delle acque dagli scarichi fognari, l'efficienza delle valvole o delle saracinesche e dei sistemi automatici di troppo pieno o reintegro dell'acqua, la tenuta delle guarnizioni degli sportelli di ispezione, il collegamento ai sensori di temperatura posizionati negli ambienti condizionati.

Per gli impianti che prevedono delle torri evaporative occorre infine provvedere alla pulizia e disinfezione con sostituzione dell'acqua.

Condotte: attraverso i portelli d'ispezione previsti occorre verificare le condizioni di igiene: l'eventuale analisi dei residui permette di risalire alla fonte d'inquinamento. Occorre poi effettuare la pulizia e la disinfezione di tutte le condotte e in particolare di quelle di ricircolo; i tratti flessibili (di difficile pulizia) debbono essere sostituiti quando sede di residui contaminanti. E' inoltre necessario verificare l'assenza di perdite di aria dalle connessioni, dai giunti antivibranti, dagli sportelli o da fori accidentali. A fronte di segnalazioni di malfunzionamento dell'impianto, dopo aver

verificato l'efficienza delle serrande di chiusura in prossimità delle bocchette può essere opportuno verificare le portate in immissione in ciascun ambiente. Particolare attenzione deve essere prestata alla presenza di legionella pneumoniae.

Stadio di filtrazione nell'ambiente trattato: verificare l'integrità dei filtri e il loro intasamento. Verificare la tenuta all'aria degli alloggiamenti dei filtri. Eventualmente verificare la concentrazione di particolato all'uscita dalle bocchette in base alle prescrizioni dell'ambiente. Utilizzare i filtri entro la data di scadenza indicata dal costruttore.

Bocchette d'immissione e d'aspirazione: verificarne le condizioni igieniche, che possono essere indicative di una insufficienza nella filtrazione, e nel caso pulirle. Verificare l'assenza di arredi o altro che ostacoli la corretta diffusione dell'aria. A fronte di segnalazioni di eccessive o scarse correnti d'aria verificare l'orientamento delle alette frangiflusso in funzione delle postazioni di lavoro.

Impianti di termoregolazione separati dall'impianto aeraulico (fan-coils, split): verificare l'efficienza delle termovalvole che regolano il flusso dei fluidi negli elementi riscaldanti o raffreddanti. Verificare le condizioni igieniche dei ventilconvettori e del pavimento nei pressi dello stesso, rimuovendo eventuali depositi di materiali. Sostituire o lavare/disinfettare i filtri.

Registri di manutenzione: a partire dalla messa in esercizio degli impianti ogni operazione svolta (ispezioni, riparazioni, modifiche, sostituzione di parti) deve essere annotata su un registro che permetta di ricostruire in ogni momento la vita dell'impianto.

E' necessario che sia disponibile inoltre una copia completa del progetto effettivamente realizzato e copia delle certificazione di conformità rilasciata dal costruttore .

In chiusura, una raccomandazione di carattere generale: gli operatori addetti alla manutenzione degli impianti, oltre agli occhiali, guanti e tute protettive, devono indossare dispositivi di protezione individuali delle vie aeree contro il rischio di contaminazioni batteriche.

Tabella 3.1: Lista schematica dei principali controlli da effettuare sugli impianti e relativa tempistica

Criticità	Azione	Tempo (mesi)	Note
Punto di aspirazione aria esterna			
Fonti d'inquinamento	Verifica	12	
Integrità griglie	Verifica	6	
Infiltrazioni d'acqua	Verifica e rimozione	6	
Igiene griglie / condotte	Pulizia e disinfezione	12	
Locali che ospitano le UTA			
Pulizia ambiente	pulizia e rimozione	3	
Igiene ambiente	sanificazione	12	
Stadi di filtrazione nell'UTA			
Filtri	sostituzione o pulizia	3	vedi indicazioni produttore
Pressostati	Verifica	3	
Igiene	Pulizia e disinfezione	6	
Stadio di deumidificazione e umidificazione			
Funzionamento parti	Verifica	3	
Igiene / Incrostazioni	Pulizia / Rimozione	3	
Acqua in uso	Svuotamento/ricambio	3	anche dopo soste d'uso
Stadio di condensazione, riscaldamento o raffreddamento e di recupero di calore			
Igiene	Pulizia	3	
Acqua raffreddamento	Sostituzione	3	anche dopo soste d'uso
Condotte			
Igiene	Pulizia	24	
Serrande di chiusura	Regolazione	al bisogno	
Stadio di filtrazione nell'ambiente trattato			
Filtri	sostituzione o pulizia	1	vedi indicazioni produttore
Igiene	Pulizia e disinfezione	1	
Bocchette d'immissione e d'aspirazione			
Igiene / Incrostazioni	Pulizia / Rimozione	12	
Orientamento alette	Regolazione	al bisogno	
Impianti di termoregolazione separati dall'impianto aeraulico (fan-coils, split)			
Igiene	Pulizia	6	giornaliera al pavimento
Filtri	Sostituzione/Lavaggio	3	
Registri di manutenzione			
Ogni operazione	Annotazione	ogni intervento	

Il Ministero della Salute ha in corso di redazione uno schema di linee guida sui "Requisiti igienici per le operazioni di manutenzione degli impianti di climatizzazione". Allo stato attuale non si ravvisano differenze sostanziali tra questi documenti.

3.2 INDICAZIONI COSTRUTTIVE

Anche se questo documento non tratta specificamente i criteri di progettazione degli impianti è utile sottolineare quelle soluzioni tecniche che possono evitare situazioni di certo disagio.

Nella scelta della tipologia d'impianto occorre tener presente che gli impianti del tipo "a tutt'aria" sono di più difficile gestione quando gli ambienti trattati presentino caratteristiche termoigrometriche molto differenziate (ambienti con forte soleggiamento ed altri esposti a Nord; ambienti poco ed altri molto affollati ...).

Qualora gli impianti adottino sistemi di programmazione automatici occorre che le operazioni di accensione precedano l'orario di inizio delle attività lavorative con un intervallo sufficiente a garantire per tempo le condizioni di confort termoigrometrico e che attivino la ventilazione in concomitanza all'inizio delle giornate lavorative e per tutto il tempo di lavoro.

Gli impianti "misti" (che utilizzano impianti separati, ad es. fan-coils, per la regolazione fine delle caratteristiche termoigrometriche) permettono normalmente una gestione più versatile.

Nella progettazione dell'impianto di riscaldamento si deve tenere conto del bilancio termico dovuto alla posizione dell'ambiente (primo o ultimo piano, facciate esposte a sud e a nord, dei locali d'angolo piuttosto che interni, ...) prevedendo impianti a zone o a distribuzione orizzontale. Questi tipi di impianti a zone sono obbligatori nelle nuove costruzioni o nelle ristrutturazioni di edifici (legge 10/91).

Il punto di aspirazione dell'aria all'esterno deve essere sempre opportunamente protetto da infiltrazioni d'acqua, ingresso di animali e posizionato lontano da fonti d'inquinamento (scarichi di centrali termiche, attività artigianali, ecc.). Una regola generale è quella di posizionare la presa d'aria esterna ad una altezza non inferiore ai 4 metri dal più alto piano stradale dell'edificio.

Occorre inoltre evitare che l'aspirazione dell'aria esterna avvenga attraverso cavedi comuni a più unità di trattamento.

I locali che ospitano le UTA devono essere facilmente accessibili ed avere pavimenti e pareti facilmente pulibili e lavabili.

Privilegiare gli umidificatori per evaporazione o nebulizzazione che in nessun caso utilizzino acqua di ricircolo.

Negli impianti che utilizzano torri evaporative occorre verificare che la loro collocazione (per vicinanza, in relazione ai venti prevalenti ...) non comporti disturbi o danni agli ambienti vicini anche per la potenziale presenza di legionella pneumophila.

Le tubazioni non devono avere coibentazioni interne che possano disfarsi per l'azione meccanica dell'aria così da intasare i filtri e, in generale, sporcare l'impianto.

Le condotte devono essere ispezionabili prevedendo aperture regolari anche nei tratti rettilinei, ma soprattutto in prossimità delle curve o delle riduzioni di diametro dove più facilmente si ha l'accumulo di sedimenti.

Non si devono utilizzare le intercapedine non dedicate (realizzate, ad es., da controsoffitti o pavimenti galleggianti) per il passaggio “libero” dell’aria di condizionamento dell’ambiente per l’accumulo di contaminati che qui si verifica. In queste situazioni occorre invece sempre utilizzare condotte chiuse.

In presenza di ricircolo dell’aria è necessario prevedere una canna di esalazione separata per gli ambienti più sporchi quali i servizi.

Gli impianti realizzati per ambienti sterili (es. sale operatorie) debbono alloggiare i filtri assoluti direttamente nei terminali di immissione (appena prima delle bocchette di immissione), per evitare che a valle dei filtri possa, per qualsiasi motivo, determinarsi un inquinamento indesiderato.

4 - I DPI PER GLI AMBIENTI TERMICAMENTE SEVERI

Negli ambienti severi e solo dopo aver attentamente valutato l'ambiente di lavoro ed aver minimizzato il rischio attraverso interventi di riduzione alla fonte, è normalmente necessaria l'adozione di un DPI (Dispositivo di Protezione Individuale, in lingua inglese indicato con la sigla PPE, Personal Protective Equipment), che protegga il lavoratore dagli effetti degli ambienti termici sulla sua salute per tutto il tempo richiesto dallo svolgimento dell'attività prevista.

Tutti i DPI debbono essere conformi alla direttiva 89/686/CEE, recepita in Italia dal DLgs.475/92. Successivamente la direttiva comunitaria è stata aggiornata dalle direttive 93/95/CEE e 96/58/CE recepite dal DLgs.10/97 che di conseguenza ha anche aggiornato il DLgs.475/92.

Gli stati membri sono tenuti a presumere conformi i DPI realizzati in base alle norme armonizzate (disposizioni di carattere tecnico adottate da organismi di normazione europei su incarico della Commissione CEE).

L'adeguamento alle indicazioni di tali norme è comunque da ritenersi volontario.

Nel caso il produttore ne attesti la conformità alla normativa vigente, il DPI deve riportare impresso il marchio CE (vedi **Figura 4.1**).

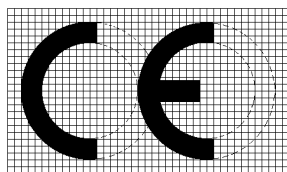


Figura 4.1: il marchio CE

I DPI sono classificati in tre categorie: la prima si riferisce a dispositivi che proteggono da rischi di bassa entità; le altre due da rischi di livello più elevato.

Per la commercializzazione dei prodotti della prima categoria è sufficiente la dichiarazione di conformità del fabbricante; per le altre categorie la dichiarazione del fabbricante dovrà essere conseguente all'ottenimento di una certificazione di conformità rilasciata da un "organismo notificato" il cui numero identificativo dovrà essere indicato sul DPI.

Gli indumenti di protezione debbono rispondere ai requisiti generali previsti dalla UNI EN 340:2004 per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali, delle taglie disponibili, della marcatura di identificazione del rischio per le quali sono state testate e delle indicazioni a carico del fabbricante.

Nell'ambito dei dispositivi di protezione da meccanismi di tipo termico, esistono DPI che proteggono dal calore e dal fuoco, ed altri che proteggono dal freddo e dalle intemperie (vedi **Figura 4.2**)

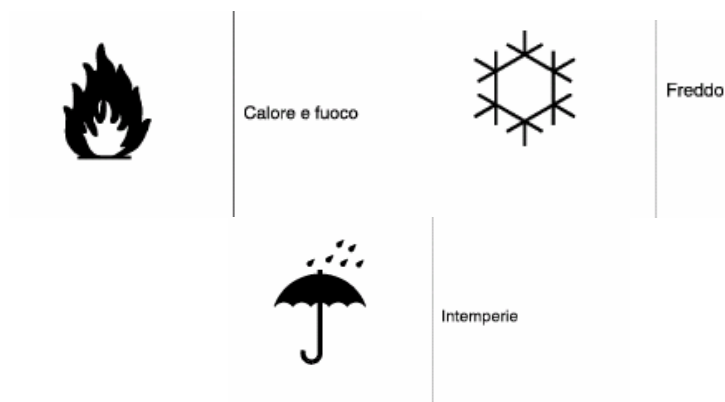


Figura 4.2: pittogrammi identificativi dei DPI di protezione da calore e fuoco, da freddo e da intemperie

4.1 AMBIENTI SEVERI CALDI

Per ambienti severi caldi la norma UNI EN 531:1997 classifica i DPI destinati a proteggere i lavoratori contro brevi contatti con la fiamma ed il calore. La norma prevede una classificazione dei DPI in base a prove il cui risultato viene riportato in sintesi nel pittogramma con una lettera compresa fra A e E (vedi **Figura 4.3**).



Figura 4.3: pittogramma identificativo dei DPI che proteggono dal calore

Per quanto riguarda la protezione dal calore le lettere che forniscono informazioni sulle prestazioni del DPI sono la B e la C.

Il dispositivo è ritenuto resistente al calore convettivo (Codice B) quando il materiale nel quale esso è realizzato, sottoposto a prova in conformità alla norma UNI EN 367:1993, fornisce protezione almeno al livello B1. I valori HTI (vedi **Tabella 4.1**), che esprimono in secondi il tempo necessario ad avere un aumento della temperatura all'interno di 24°C nelle condizioni di prova previste dalla citata norma, si traducono in un valore numerico che accompagna la lettera B e che indica una protezione crescente all'incremento del numero stesso.

I DPI costituiti da più strati di tessuto e in grado di trattenere aria tra gli stessi hanno generalmente migliore resistenza.

Tabella 4.1: equivalenza tra livelli di prestazione del DPI e tempi di resistenza all'incremento di temperatura dovuto al calore convettivo, secondo la UNI EN 367:1993

Livelli di prestazione	Fascia di valori HTI	
	min.	max
B1	3	6
B2	7	12
B3	13	20
B4	21	30
B5	31	

Il dispositivo viene ritenuto resistente al calore radiante (Codice C) quando il materiale nel quale esso è realizzato, sottoposto a prova in conformità alla norma UNI EN 366:1994 Metodo B (densità di flusso di energia di 20 kW/m²), fornisce protezione almeno al livello C1.

Il valore indicato nella **Tabella 4.2** si riferisce al tempo massimo entro il quale si raggiunge la soglia di ustione.

La norma UNI EN 531:1997 dettaglia poi alcune caratteristiche costruttive che i DPI debbono avere per risultare più efficaci, tra le quali la lunghezza delle giacche e dei pantaloni, la copertura delle parti metalliche, i rinforzi nelle zone soggette a sfregamento se coperte da materiali alluminizzati.

Tabella 4.2: equivalenza tra livelli di prestazione del DPI e tempi medi di resistenza alla soglia di ustione dovuta al calore radiante, secondo la UNI EN 366:1994

Livelli di prestazione	Tempo medio per livello t ₂ (s)	
	min.	max
C1	8	30
C2	31	90
C3	91	150
C4	151	

Qualora si intenda testare il DPI nella sua interezza occorre seguire la procedura descritta dalla norma UNI 9477:1989 in cui ricreando le condizioni di lavoro mediante una camera di prova è possibile misurare il calore trasmesso ad un manichino di prova su cui è montato il dispositivo.

La classificazione è la stessa, ma il risultato è più direttamente riferibile alle prestazioni del DPI.

La protezione delle mani dal fuoco e dal calore può avvenire attraverso guanti conformi alla norma UNI EN 407:1994. Questo documento, analogamente a quanto avviene per gli indumenti nella norma UNI EN 531:1997, contiene una classificazione in base alla resistenza al fuoco, al calore convettivo, al calore radiante ed agli spruzzi piccoli e grandi di metalli fusi mediante un codice sei cifre affiancato al pittogramma di resistenza a fuoco e calore, come mostrato in **Figura 4.4**.

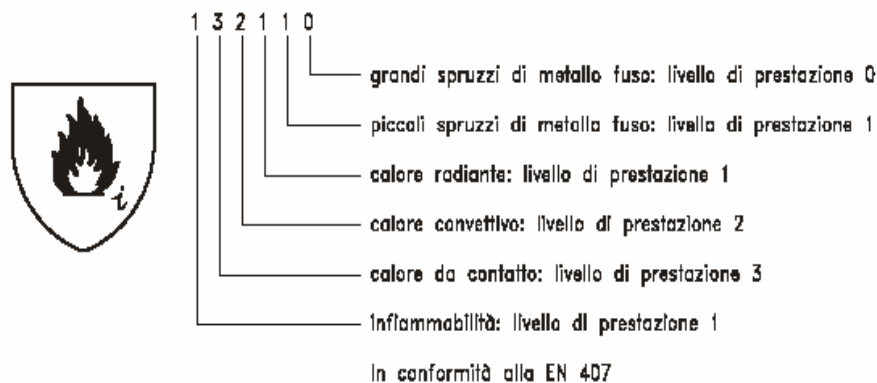


Figura 4.4: classificazione delle prestazioni di resistenza al calore dei guanti

La protezione dal calore dei guanti viene dunque descritta dalla terza e dalla quarta cifra.

La norma UNI EN 166:1997 fornisce le caratteristiche dei DPI per la protezione degli occhi mediante una marcatura che a seconda dell'utilizzo ne descrive le caratteristiche di protezione meccanica ed ottica.

Il filtro di protezione da radiazioni infrarosse è indicato dal codice 4 con caratteristiche come dal prospetto di Tabella 4.3, desunta dalla norma UNI EN 171:1993.

Tabella 4.3: dalla temperatura del corpo caldo alla scelta della lente

N° di graduazione	Applicazione tipica in termini di temperature medie °C
4 - 1.2	fino a 1 050
4 - 1.4	1 070
4 - 1.7	1 090
4 - 2	1 110
4 - 2.5	1 140
4 - 3	1 210
4 - 4	1 290
4 - 5	1 390
4 - 6	1 500
4 - 7	1 650
4 - 8	1 800
4 - 9	2 000
4 - 10	2 150

4.2 AMBIENTI SEVERI FREDDI E PROTEZIONE DALLE INTEMPERIE

La capacità di proteggere dal freddo di un DPI è legata essenzialmente al valore di isolamento termico e in secondo luogo al valore di permeabilità all'aria e al vapore. Per ambienti severi freddi la norma UNI EN 342:2004 fornisce una classificazione dei capi mediante l'indicazione sul pittogramma (vedi **Figura 4.5**) del valore di isolamento termico e dei valori di permeabilità all'aria e al vapore misurati.

ENV 342

- X (A o B) Isolamento termico risultante di base misurato (con indumento intimo di tipo A o B) valore $I_{cl,r}$ in $m^2 \cdot K/W$
- X Classe di permeabilità all'aria
- X Classe di resistenza al vapore acqueo o classe per i_{mt} (facoltativo)



Figura 4.5: pittogramma della classificazione dei DPI di protezione dal freddo

La scelta DPI verrà quindi fatta ricavando l'isolamento termico necessario, come individuato dalla procedura contenuta nella norma tecnica UNI EN ISO 11079:2001, ovvero in base alla temperatura ambiente, alla velocità dell'aria, all'impegno metabolico associato alla attività svolta e al tempo di permanenza.

La norma UNI EN 511:1995 fornisce la classificazione dei guanti resistenti al freddo secondo un codice a tre cifre associato al pittogramma (vedi Figura 4.6) che indica la permeabilità all'acqua al freddo da contatto e al freddo convettivo.

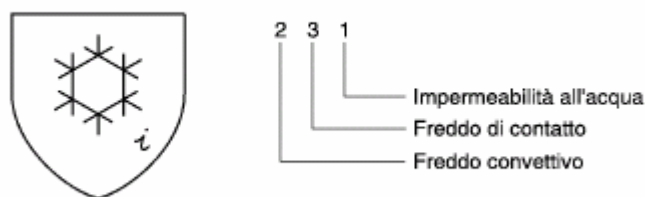


Figura 4.6: pittogramma della classificazione dei guanti di protezione dal freddo

La norma UNI ENV 343:2004 indica le caratteristiche di resistenza alle intemperie secondo un codice a due cifre (vedi Figura 4.7).

Il DPI può anche avere una fodera interna classificata per la sua resistenza al freddo.

a) per l'abbigliamento

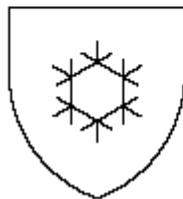


ENV 343

X (resistenza alla penetrazione dell'acqua)

X (resistenza al vapore acqueo)

b) per la fodera termica (separabile)



ENV 343

X (resistenza al vapore acqueo)

X (resistenza termica)

Figura 4.7: pittogrammi della classificazione degli indumenti di protezione dalle intemperie

5. IL CONTROLLO SANITARIO DEI LAVORATORI

Come per gli altri fattori di rischio per la salute dei lavoratori, il processo di prevenzione passa attraverso la corretta progettazione e realizzazione degli ambienti di lavoro, le misure di organizzazione del lavoro, le misure comportamentali e di igiene, l'informazione/formazione sui rischi e, ove prevista, la sorveglianza sanitaria.

Relativamente ai rischi trattati in queste Linee Guida, vale a dire microclima, qualità dell'aria e illuminazione, è da rilevare in primo luogo come per nessuno di questi la legislazione preveda un esplicito obbligo di sorveglianza sanitaria se si esclude la sorveglianza sui rischi a carico dell'apparato visivo per il solo caso degli addetti ai videoterminali.

Dalla disamina della Letteratura si coglie che i tre rischi vanno tuttavia considerati in modo assolutamente differenziato.

5.1 – SORVEGLIANZA SANITARIA SUI RISCHI DA STRESS MICROCLIMATICO

Per gran parte degli addetti ai lavori è motivata e necessaria una sorveglianza sanitaria preventiva e periodica anche in presenza del solo rischio di stress microclimatico rilevante, tuttavia il datore di lavoro che effettua la valutazione dei rischi nella propria azienda (vedi Capitolo 1 di questa Parte III) qualora identifichi la sola presenza di lavorazioni in ambienti severi caldi o freddi a stretti termini di legge non ha l'obbligo di nominare il medico competente in quanto questa casistica non è compresa nella legislazione vigente.

Viceversa, qualora la contestuale presenza di altri rischi per i quali è prevista dalla legge una specifica sorveglianza sanitaria imponga al datore di lavoro di nominare il medico competente, questi considererà anche questo rischio tanto in fase di visita preventiva quanto di visita periodica.

Riguardo le condizioni nelle quali deve essere attivata la sorveglianza sanitaria preventiva e periodica, la norma tecnica UNI EN ISO 12894:2002 le identifica con ambienti con temperature inferiori a 0°C o con indice WBGT superiore a 25°C, ferma restando la necessità di valutazioni più dettagliate che tengano conto anche dell'attività fisica e del vestiario.

La sorveglianza sanitaria mirata si basa in primo luogo sulla raccolta anamnestica, in particolare quella lavorativa.

L'anamnesi lavorativa deve dettagliare le attività svolte, i tempi impiegati e le pause effettuate; le anamnesi fisiologica e patologica devono essere indirizzate soprattutto all'approfondimento delle funzionalità di organi ed apparati particolarmente coinvolti nella problematica climatica, alla ricerca dei primi sintomi compatibili con stress da calore e delle patologie e/o condizioni di ipersuscettibilità (es.: precedenti effetti del microclima) nonché a condizioni particolari come la gravidanza. Con l'anamnesi patologica in particolare verrà indagata:

- in caso di esposizione al caldo: la presenza di patologie cardiovascolari compresa l'ipertensione e i farmaci antiipertensivi assunti, le patologie gastroenteriche, respiratorie, cutanee e psichiche, compresi i farmaci assunti nel caso, presenza di diabete mellito ed eventuali interventi di simpaticectomia o riducenti il potere di sudorazione;
- in caso di esposizione al freddo: la presenza di tireopatie, ipertensione e i farmaci antiipertensivi assunti, vasculopatie periferiche, fenomeno di Raynaud e malattie osteoarticolari, carenze immunitarie, emoglobinuria parossistica a frigore e analoghe forme, crioglobulinemia, orticaria da freddo, asma bronchiale da sforzo non "controllata" farmacologicamente, disturbi del metabolismo, iposurrenalismo, ipopituitarismo, disturbi pancreatici, cirrosi epatica, ipoglicemia e diabete mellito e sintomatologie neurologiche da freddo.

Si richiama altresì l'attenzione sulla raccolta anamnestica relativa all'assunzione di farmaci o di tossici voluttuari (senza dimenticare la possibile co-presenza di tossici professionali) e si ricorda quanto segue:

- controindicata all'esposizione al caldo è l'assunzione di atropina e anticolinergici in genere, tiroxina, antidepressivi tricyclici, antistaminici, fenotiazine, butirofenoni, domperidone e alcuni diuretici, di alcool e droghe;
- controindicata all'esposizione al freddo è l'assunzione di antidepressivi, ipnotici, ansiolitici, psicofarmaci maggiori, ipoglicemizzanti, antitiroidei, simpaticolitici, calcio-antagonisti, vasodilatatori, bloccanti gangliari, alcool, fumo e grossi quantitativi di caffeina.

La norma UNI EN ISO 12894:2002 propone un questionario sia per esposizioni a caldo che per quelle al freddo.

Successivamente l'esame obiettivo deve essere, come sempre, corredato oltre che dal rilievo di altezza e peso anche dal calcolo dell'indice di massa corporea, dalla misura della frequenza cardiaca, della pressione arteriosa a riposo e in diverse posture, raffrontando i parametri rilevati con i limiti consigliati ed integrare con essi la valutazione dei rischi.

Fra i parametri consigliati elenchiamo quelli dell'ACGIH che per il caldo raccomanda di evitare:

- frequenza cardiaca (f.c.) per molti minuti $> (180/\text{min} - \text{anni di età})$ nella persona con normale funzionalità cardiaca;
- frequenza cardiaca un minuto dopo un picco di sforzo $> 110/\text{min}$;
- sintomi di stanchezza, nausea, vertigine;
- sudorazione profusa per ore;
- temperatura interna (rettale) $> 38^\circ\text{C}$ nel non acclimatato;
- riduzione di peso $\geq 1,5\%$ del peso corporeo corretta per assunzione ed emissione di liquidi con urine o feci.

Tali accertamenti, svolti secondo lo standard UNI EN ISO 9886:2002, sono raccomandati in particolare per lavoratori esposti a situazioni estreme o con uso di

DPI in condizioni che superino i limiti indicati nelle norme UNI EN ISO 27243:1996 e UNI EN ISO 7933:2005.

Il metodo NIOSH 1986, suggerito da Brohwa et al., propone di misurare a fine turno, nel lavoratore assiso la frequenza cardiaca in tre intervalli temporali: P1 (da 30 s a 1 min), P2 (da 1,5 a 2 min) e P3 (da 2,5 a 3 min). A seconda dei valori rilevati:

- se la f.c. misurata in P3 è minore di 90/min e la differenza tra i due valori di f.c. misurati in P1 e in P3 è superiore 10/min, il carico è elevato ma non c'è aumento di temperatura del nucleo corporeo;
- se la f.c. misurata in P3 è > 90/min e la differenza tra i due valori di f.c. misurati in P1 e in P3 è inferiore a 10/min siamo in condizioni di stress troppo elevato.

Considerando sempre la frequenza cardiaca altri criteri definiscono come TLV i valori medi massimi di 120/min (Vogt), i picchi massimi di 160/min (OMS), l'incremento di frequenza di 30/min in oltre il 20% degli esposti (Maggi).

L'allegato informativo C della norma tecnica UNI EN ISO 9886:2002 documenta alcuni valori limite per parametri fisiologici quali la frequenza cardiaca, la temperatura interna, esterna e la sudorazione.

E' chiaramente necessario fissare l'attenzione sugli organi ed apparati primariamente interessati allo stress termico quali cute, apparato cardiovascolare, apparato respiratorio, ipofisi, tiroide, rene e surrene.

Per la valutazione del rene e delle vie urinarie si propone l'esecuzione di un semplice esame delle urine e soltanto in casi selezionati, quando l'anamnesi e/o l'esame obiettivo lo giustifichi, si può procedere alla esecuzione di accertamenti strumentali di secondo livello (ecografia, ecc...)

Esami quali spirometria, ECG, ECG da sforzo, prove scalari con consumo di ossigeno finanche altri esami strumentali e visite specialistiche si consigliano in condizioni molto impegnative o in casi selezionati in cui l'anamnesi e/o l'esame obiettivo li rendano necessari.

Infine, come noto, la sorveglianza sanitaria è finalizzata alla espressione di un giudizio di idoneità lavorativa e tale giudizio deve quindi essere sempre personalizzato ed adattato non solo alla persona ma anche alla specifica situazione lavorativa.

Il giudizio di idoneità al lavoro con esposizione al freddo deve tener conto dell'età (preferibilmente inferiore ai 45 anni) del sesso (maggiore vulnerabilità del sesso femminile) e del carico di lavoro.

Tra le cause di non idoneità permanente si annoverano: fenomeno o malattia di Raynaud, l'acrocianosi (livedo reticularis, eritrocianosi, geloni, acrocianosi a macchie), le vasculopatie periferiche.

Controindicazioni temporanee, soprattutto per esposizioni a freddo, si possono verificare in casi di patologie delle vie aeree, gastrointestinali o infettive.

Per quanto attiene il giudizio di idoneità in ambienti a microclima caldo e caldo/umido si deve tener conto del fatto che la tolleranza diminuisce con l'età, che

è superiore nell'uomo rispetto alla donna, che decresce con lo sviluppo del pannicolo adiposo e con l'eccesso ponderale, che è influenzata sfavorevolmente da alcune abitudini voluttuarie (consumo di alcool in particolare) e che viene meno con alcune malattie cardiovascolari, metaboliche, endocrine, etc.

Infine particolari attenzioni sono da rivolgere ai soggetti che sono chiamati, per motivi professionali, ad interventi di emergenza, soprattutto se si tratta di persone in sovrappeso o di piccola taglia.

I compiti di un medico competente non si esauriscono poi con la sorveglianza sanitaria vera e propria, ma prevedono una serie di compiti propedeutici e di sostegno a tale attività che rivestono almeno altrettanta importanza.

a) Effettuazione di sopralluoghi periodici al fine di:

- collaborare alla corretta valutazione dei rischi analizzando le condizioni e le modalità operative delle attività dei lavoratori, in particolare quelle più critiche (possibilità di sincopi in condizioni pericolose quale lavoro in quota, macchine pericolose, funzioni di controllo o di comando di macchine);
- valutare la presenza di rischi che aggravano quelli microclimatici (esposizione a radiazione solare diretta, sforzi intensi e ripetuti, posizioni statiche in ambienti freddi...);
- relazionarsi con gli operatori esposti e con le figure addette alla prevenzione (in particolare: RSPP e RLS);
- osservare l'abilità e la scioltezza dello svolgimento dei compiti o, al contrario, le difficoltà di concentrazione degli operatori;
- percepire soggettivamente le condizioni microclimatiche esistenti;
- verificare la disponibilità di liquidi in ambienti caldi, promuovendone l'assunzione prima che insorga la stimolo della sete, e bevande calde in ambienti freddi da associarsi alle pause lavorative in ambienti riscaldati.

b) Informazione, formazione e counselling

Particolarmente sugli aspetti microclimatici, è importante il ruolo informativo del medico competente volto a precisare al lavoratore misure comportamentali e di igiene (corretta alimentazione, rispetto delle pause, corretto abbigliamento personale...). Di fondamentale importanza risultano le corrette indicazioni sui primi sintomi di disagio o di stress termoisometrico.

Il rapporto consulenziale con il datore di lavoro può verificarsi in particolare a proposito della scelta dei DPI e del vestiario da lavoro, i tempi ed i modi delle pause e dei percorsi di acclimatamento.

c) Collaborazione alla predisposizione del servizio di primo soccorso

E' fondamentale tener conto della presenza e delle peculiarità del rischio microclimatico.

Per un approfondimento dei temi trattati in materia di sorveglianza sanitaria e ruoli del medico competente sui rischi da stress microclimatico si rimanda

particolarmente alla norma tecnica UNI EN ISO 12894:2002, agli Atti del 41° congresso SIMLII (Genova – 1978), e a ILO Encyclopaedia of Occupational Health and Safety.

5.2 – SORVEGLIANZA SANITARIA SUI RISCHI CONNESSI ALLA QUALITÀ DELL'ARIA

Circa gli effetti della qualità dell'aria emerge un ruolo del Medico competente essenzialmente imperniato sulla capacità di diagnosi di un problema che tende a sfuggire alla riconoscibilità dell'origine occupazionale. Questa specifica attenzione ha comunque una forte valenza preventiva tanto sui lavoratori quanto sull'ambiente di lavoro perché permette di innescare con tempestività quelle azioni tecniche che rimuovono le cause del rischio.

In estrema sintesi si può affermare che per le patologie associate a questo tipo di rischio (vedi Parte I, paragrafo 3.1) nessun Autore intravede l'opportunità di una sorveglianza sanitaria preventiva e periodica.

5.3 – SORVEGLIANZA SANITARIA SUI RISCHI DA AFFATICAMENTO VISIVO

Come affermato in premessa, l'unica attività per la quale la legislazione prevede l'obbligo di sorveglianza sanitaria è quella degli addetti ai videoterminali (VDT), così come definiti dal DLgs.626/94 al Titolo VI.

Quello del VDT è problema di cui tanto si parla e si discute.

Vari sono i rischi che interessano tale attività; in questa sede ci si riferirà però al solo rischio visivo per il quale al momento non è comunque dimostrata una chiara correlazione tra lavoro al VDT e danni oculari, anche se gli studi sinora effettuati non paiono adeguati né sotto il profilo del “*risk assessment*”, né sotto quello epidemiologico.

L'uso prolungato dei VDT può provocare un insieme di disturbi funzionali che nel loro complesso vengono definiti “Sindrome astenopica occupazionale”.

Le cause di astenopia nei videoterminalisti possono essere schematicamente suddivise in quattro gruppi:

- 1) fattori legati alle caratteristiche intrinseche del compito visivo, ovvero distanza media di osservazione e tempo di applicazione;
- 2) fattori ambientali;
- 3) fattori legati alle caratteristiche cliniche e funzionali dell'apparato visivo;
- 4) fattori organizzativi e di sensibilità individuale.

Le principali manifestazioni dell'astenopia sono suddivisibili in tre gruppi così articolati:

- 1) Disturbi visivi, i principali dei quali sono disagio/disturbo alla luce (fotofobia), visione sfuocata, visione sdoppiata, dolenzia/fastidio perioculare. Effetti secondari segnalati sono aloni colorati ed effetto Mc Collough.

A questi sintomi possono corrispondere sul piano obiettivo riduzione dell'acuità visiva, riduzione dell'ampiezza visiva, allontanamento del punto prossimo di accomodazione, comparsa o aumento di forie, miopizzazione transitoria;

- 2) Disturbi oculari, i principali dei quali sono lacrimazione, prurito, bruciore, secchezza, rossore riferito, sensazione di sabbia negli occhi (*"gritty feeling"*), dolore periorbitario e/o retrobulbare. Effetti secondari segnalati sono alterazioni dell'ammicciamento e pesantezza dei bulbi.

A questi disturbi possono corrispondere iperemia congiuntivale, ipersecrezione oculare e alterazioni del film lacrimale;

- 3) Disturbi generali che più tipicamente comprendono cefalea, astenia, nausea, dispepsia, vertigine, tensione generale.

L'attuale normativa, al fine di evitare l'insorgenza della predetta sintomatologia ha previsto, tra l'altro, l'inserimento di pause lavorative di 15 minuti ogni 2 ore di lavoro al VDT e una sorveglianza sanitaria preventiva e periodica per gli addetti che operano per più di 20 ore/settimana.

Come indicazione di carattere generale si può definire pausa un cambiamento di attività in compiti che non richiedono in alcun modo un impegno visivo per vicino e che richiedano un cambiamento di postura.

La sorveglianza sanitaria dei lavoratori addetti all'uso di VDT è trattata dal DLgs.626/94 e successive modifiche ed integrazioni all'art. 55 Titolo VI (Uso di attrezzature munite di videoterminali). I lavoratori, prima di essere addetti, sono sottoposti ad una visita medica per evidenziare eventuali malformazioni strutturali e ad un esame degli occhi e della vista effettuati dal medico competente. Qualora l'esito della visita ne evidenzia la necessità, il lavoratore è sottoposto ad esami specialistici.

In base alle risultanze della visita (1) il lavoratore può essere giudicato:

- idoneo con o senza prescrizioni;
- non idoneo

La periodicità della visita di controllo, fatti salvi i casi particolari che richiedono una frequenza diversa stabilita dal medico competente, è biennale per i lavoratori classificati come idonei con prescrizione e per i lavoratori che abbiano compiuto il cinquantesimo anno di età. E' invece quinquennale negli altri casi.

Il lavoratore è sottoposto a controllo oftalmologico a sua richiesta, ogniqualvolta sospetti una sopravvenuta alterazione della funzione visiva, confermata dal medico competente oppure ogniqualvolta l'esito della visita medica ne evidenzia la necessità.

Per ulteriori approfondimenti sui contenuti della sorveglianza sanitaria e, in generale sul ruolo del medico competente per gli esposti ai VDT si rimanda alle "Linee guida tematiche per l'attività dei medici del lavoro – Videoterminali" pubblicate sugli Atti del 65° Congresso Nazionale della Società Italiana di Medicina del Lavoro e Igiene Industriale.

Purtroppo la legislazione vigente considera il problema dell'affaticamento visivo solo a proposito degli addetti ai VDT mentre il rischio è certamente più diffuso (vedi Tabella 5.1).

Relativamente al ruolo del medico competente sulle situazioni di affaticamento visivo non legate all'uso dei VDT vanno riproposte le considerazioni già avanzate a proposito del microclima.

A stretti termini di legge, in presenza del solo rischio di affaticamento visivo (sempre se non legato all'uso dei VDT) il datore di lavoro non ha l'obbligo di nominare il medico competente.

Viceversa, qualora la contestuale presenza di altri rischi per i quali è prevista dalla legge una specifica sorveglianza sanitaria imponga al datore di lavoro di nominare il medico competente, questi non potrà esimersi dal considerare anche questo rischio tanto in fase di visita preventiva quanto di visita periodica.

Tabella 5.1: Elenco di alcune lavorazioni e dei relativi settori produttivi ad impegno visivo ravvicinato e protratto che non comportano l'uso di VDT (adattato da Piccoli B. et al., "Photometry in the workplace: rationale for a new method", Ann.Occup.Hyg., vol.48, 2004)

SETTORE PRODUTTIVO	TIPO DI LAVORAZIONE
<i>Metalmeccanica</i>	Meccanica di precisione, incisione, saldatura, montaggio e controllo di piccoli pezzi, modellatura, fresatura, pulitura, lucidatura, disegno al tecnigrafo
<i>Industria della ceramica</i>	Lavoro di decorazione, operazione di scelta
<i>Industria tessile</i>	Pettinatura della lana, filatura, stampa dei tessuti
<i>Industria dell'abbigliamento</i>	Produzione di pizzi e merletti, lavoro di cernita e rammendo, cucito
<i>Industria elettronica</i>	Assemblaggio e saldatura di microcomponenti, produzione e controllo di circuiti, controllo dei filamenti di tungsteno nelle industrie delle lampadine
<i>Industria orafa</i>	Lavoro al banco
<i>Orologiai</i>	Assemblaggio e riparazione di orologi
<i>Editoria e affini</i>	Lavoro di rilegatura, fotocomposizione, disegno di mappe
<i>Industria farmaceutica</i>	Controllo impurità
<i>Industria alimentare</i>	Controllo qualità
<i>Istituti di ricerca/Laboratori analisi</i>	Lavoro al microscopio
<i>Sanità</i>	Microchirurgia (vascolare, oculistica, ORL, odontoiatrica, ecc.)
<i>Arte</i>	Pittura, scultura, incisione, cesellatura
<i>Industria cinematografica</i>	Lavoro di montaggio e taglio di film
<i>Industria fotografica</i>	Analisi di fotogrammi

6. LA VALUTAZIONE DEI PROGETTI DI LUOGHI DI LAVORO

La valutazione preventiva degli insediamenti produttivi costituisce un'attività di fondamentale importanza per individuare, eliminare o limitare, fin dalla fase di progettazione e di avvio di nuovi impianti produttivi, le eventuali possibili fonti di rischio. Una preventiva e corretta valutazione dei rischi può infatti garantire che i luoghi di lavoro nascano già rispondenti ai migliori requisiti di igiene, sicurezza ed ergonomia del lavoro, consentendo risultati molto più efficaci a minor costi rispetto agli interventi su fabbriche già insediate.

La legge 833/78 istitutiva del Servizio Sanitario Nazionale, all'art. 20 sancisce la necessità di un parere igienico-sanitario all'interno dell'istruttoria per le concessioni edilizie di attività produttive.

L'art.48 del DPR 303/56 impone l'obbligo di notifica alla USL a chi intende costruire ampliare ed adattare un edificio od un locale per adibirlo a lavorazioni; la notifica deve contenere tutti gli elementi di valutazione necessari eventualmente integrabili su richiesta della USL che può prescrivere modifiche ai progetti al fine di perseguire il concetto di prevenzione.

Leggi regionali e regolamenti comunali recepiscono e regolamentano le leggi nazionali ulteriormente applicando il concetto di prevenzione e definendo percorsi autorizzatori per i Nuovi Insediamenti Produttivi (NIP) atti a garantire i livelli minimi di prevenzione nei luoghi di lavoro.

La valutazione dei NIP ha subito inoltre sostanziali modifiche procedurali ed amministrative con l'entrata in vigore delle nuove norme sulla semplificazione, le ultime delle quali con il DPR 447/98, come modificato dal DPR 440/00, che hanno istituito lo Sportello Unico per le Attività Produttive (SUAP).

L'attenzione dei cittadini verso i problemi di sicurezza e la complessità della normativa di igiene e sicurezza nei luoghi di lavoro, rendono oggi la valutazione dei NIP un momento di forte attività preventiva.

Valutazione dei NIP significa valutazione delle conseguenze che un progetto potrebbe avere sulla sicurezza e sulla salute dei lavoratori che vi saranno impegnati, per questo spesso è necessaria una conoscenza di dettaglio, talvolta difficilmente standardizzabile, che proprio per questo deve disporre una base documentale sufficientemente esplicativa, eventualmente rinviando ad una successiva integrazione documentale le ulteriori informazioni necessarie.

Le considerazioni seguenti si propongono di dare un'indicazione sul percorso di valutazione e sulla documentazione necessaria con particolare riferimento a microclima, aerazione e illuminazione degli ambienti di lavoro, pur nella consapevolezza che una corretta valutazione è frutto della preparazione, dell'esperienza e della sensibilità delle persone che esprimono il loro parere in un preciso contesto geografico, economico e culturale.

6.1 METODOLOGIA E CRITERI DI VALUTAZIONE

L'atteggiamento con cui ci si deve porre nella valutazione di un progetto di insediamento produttivo potrebbe riassumersi in una semplice domanda: "quali

saranno le conseguenze sulla salute dei lavoratori, sull'ambiente, sulla salute o il semplice disturbo dei vicini, del progetto che deve essere valutato?"

Con questa premessa il primo passo della valutazione di un progetto è quello di cercare di evitare che si realizzino ambienti nei quali è oggettivamente impossibile lavorare in modo confortevole (es.: locali sotterranei).

Successivamente andranno individuati i soggetti che operano nei locali, definendone in particolare il numero (affollamento) e le attività (mansione/compito) ai fini della definizione dei requisiti e degli standard applicabili.

Per l'espressione del parere finale occorrerà poi analizzare le caratteristiche strutturali ed infrastrutturali del progetto e raffrontarle con le esigenze che l'esperienza indica in quel determinato contesto.

Con riferimento ai problemi microclimatici, di aerazione e di illuminazione, una sequenza indicativa per la valutazione dei progetti si ritiene debba considerare:

- a) l'individuazione dei soggetti che operano nei locali oggetto dell'intervento;
- b) l'individuazione delle attività svolte e dei processi produttivi;
- c) la definizione dei requisiti e degli standard di microclima/aerazione/illuminazione applicabili;
- d) l'analisi delle caratteristiche strutturali (degli involucri) del progetto;
- e) analisi delle caratteristiche impiantistiche del progetto;
- f) la valutazione della compatibilità delle caratteristiche strutturali ed impiantistiche con i requisiti e gli standard richiesti;

Infine, in determinate situazioni (rischio elevato, ambienti con esigenze specifiche...) può risultare utile definire particolari procedure di lavoro, dispositivi di protezione individuali o altre possibili azioni migliorative di prevenzione e protezione dai rischi.

Le informazioni necessarie per una corretta valutazione dei NIP in relazione agli aspetti del microclima, aerazione ed illuminazione non può ovviamente prescindere dalle informazioni di carattere generale che, nella maggioranza delle Regioni italiane sono raccolte in un modello a valenza regionale (di solito definita "Scheda NIP").

Tali informazioni riguardano tra l'altro:

- i dati identificativi dell'attività,
- informazioni di carattere generale relative alla struttura (orientamento dell'edificio, aperture, superfici, volumi, destinazioni d'uso)
- informazioni di carattere specifico relative alla attività (settore merceologico, lay-out)

Più in dettaglio, in un elenco che non intende essere esaustivo, si evidenziano le seguenti informazioni più specificamente rivolte agli aspetti di microclima, di aerazione ed illuminazione.

6.1.1 Aerazione, ventilazione e microclima

Vanno suddivisi i dati relativi alla struttura che caratterizzano l'aerazione ed il controllo del microclima su base naturale dai dati relativi all'impiantistica, vale a dire sul controllo artificiale degli stessi parametri.

Per quanto riguarda i dati relativi alla struttura le informazioni più rilevanti attengono a:

- ubicazione e orientamento dell'edificio;
- isolamento termico delle strutture di tamponamento;
- numero, dimensione, tipologia e collocazione delle superfici finestrate apribili e non;
- sistemi di schermatura dell'irraggiamento solare;
- numero, dimensioni, destinazione d'uso dei locali.

Per quanto riguarda i dati relativi all'impiantistica le informazioni più rilevanti attengono a:

- relazione tecnica descrittiva del funzionamento di ciascun impianto di ventilazione, termoventilazione, condizionamento o anche di impianti che comunque intervengano sulle variabili termoigrometriche (anche di solo riscaldamento e/o umidificazione) presenti (portate d'aria esterna immessa in totale e per locale, filtri, tipologia di umidificazione, parametri termoigrometrici garantiti, velocità dell'aria nelle posizioni occupate, eventuale ricircolo, presenza di locale per fumatori...)
- elaborati grafici dell'impianto con posizione delle prese d'aria esterna e di espulsione dell'aria viziata, bocchette di mandata e ripresa, canalizzazioni, ...

6.1.2 Illuminazione

Anche per questo aspetto conviene suddividere la trattazione dell'illuminazione naturale da quella artificiale e di sicurezza.

Per quanto riguarda i dati relativi alla struttura (e quindi all'illuminazione naturale) le informazioni più rilevanti sono ancora quelle indicate a riguardo dell'aerazione naturale con le seguenti specifiche:

- ombreggiature esterne all'edificio;
- caratteristiche di trasmissione luminosa del materiale utilizzato per le superfici finestrate comunque collocate;
- relazione tecnica che evidenzi il rispetto del fattore medio di luce diurna (FLD_m) nel caso non sia garantita la soluzione conforme legata al rapporto illuminante (RI).

Per quanto riguarda i dati relativi all'illuminazione artificiale e di sicurezza le informazioni più rilevanti attengono a:

- tipologia e caratteristiche delle sorgenti luminose e degli apparecchi illuminanti e dei loro diffusori;
- relazione tecnica che evidenzi i livelli di illuminamento minimi garantiti per ciascuna area dell'azienda e per ciascun compito visivo ed i livelli di illuminazione di sicurezza sulle vie e percorsi di fuga e sulle rimanenti aree dei locali;
- relazione tecnica che, per i compiti visivi più impegnativi (es.: $\bar{E}_m \geq 500 \text{ lx}$ o $UGR_L \leq 20$) o in assenza di illuminamento naturale (nei casi ammessi) individui per ciascun compito visivo il livello di illuminamento (\bar{E}_m); l'indice unificato

abbagliamento (UGR_L), l'indice di resa cromatica (R_a), l'uniformità di illuminamento e la temperatura di colore;

- In caso di presenza di postazioni di lavoro con videotermini, una dichiarazione sul rispetto delle regole di progettazione secondo il D.Lgs 626/94, il DM 02/02/00 e la norma UNI 9241-6:2001, in particolare per la tipologia adeguata di classe dello schermo (tipo I, II o III), la possibilità di schermare l'illuminazione naturale, la non presenza di sorgenti abbaglianti nei 60° sulla linea di visione orizzontale, l'assenza di riflessi sul video.

Allegati

Allegato 1

PRINCIPALI INQUINANTI INDOOR

Gli inquinanti indoor presenti negli ambienti confinati non industriali sono molto numerosi e possono essere suddivisi in tre categorie: chimici, microbiologici e fisici. Di seguito si riporta un elenco indicativo e non esaustivo di inquinanti indoor, con le loro principali caratteristiche e con l'indicazione delle patologie che possono provocare.

I TLV riportati sono quelli proposti dall'ACGIH nel 2004.

a) Amianto (asbesto) e Fibre minerali sintetiche

Amianto - CAS: 1332-21-4

Con la Legge 257/92 l'Italia ha dichiarato fuori legge l'amianto che non può essere più estratto né utilizzato per produrre manufatti. L'esposizione a fibre di amianto all'interno degli edifici può comunque verificarsi a causa del deterioramento dei materiali costitutivi, vibrazioni, infiltrazioni d'acqua, variazioni di umidità o per scorretti interventi di manutenzione: il DM 06/09/94 stabilisce le modalità di intervento sui manufatti e sulle opere contenenti amianto.

L'esposizione a fibre di amianto produce un aumentato rischio di patologie polmonari come pneumoconiosi, cancro del polmone e mesotelioma. Il rischio di ammalarsi di tumore polmonare è correlato alle dosi di asbesto inalate vi è un effetto sinergico con l'esposizione a fumo di sigaretta; per quanto riguarda il mesotelioma, non vi è relazione con il fumo di sigaretta e vi è evidenza di casi di tumore anche per dosi molto basse di asbesto. La IARC classifica l'amianto nel gruppo 1, cioè nel gruppo di sostanze per le quali vi è evidenza sufficiente di cancerogenicità nell'uomo.

L'esposizione ad amianto può condurre a fibrosi polmonare, asbestosi, che è nella massima parte dei casi una malattia professionale, ma sempre più spesso vengono segnalati casi (di norma di grado "lieve" o "minimo", spesso venuti ad osservazione incidentale in quanto associati a neoplasie correlabili all'amianto) in soggetti non professionalmente esposti ad amianto ma conviventi di soggetti professionalmente esposti e/o residenti in zone ad intenso inquinamento ambientale da amianto.

Valori limite proposti dall'ACGIH:

- TLV-TWA: 0,1 fibre/cm³

La legislazione italiana (DLgs.277/91 e successive modifiche) fissa il limite di 0,6 fibre/cm³ per il crisotilo e di 0,2 fibre/cm³ per le altre varietà di amianto (sia isolate sia in miscela, ivi comprese le miscele contenenti crisotilo)

Fibre minerali sintetiche - CAS: non caratterizzabile

Sono fibre minerali prodotte artificialmente che nel tempo hanno sostituito le fibre di amianto in numerose applicazioni. Le fibre minerali artificiali presenti nell'inquinamento indoor provengono prevalentemente dai materiali isolanti dei controsoffitti e delle tramezze, dagli impianti di ventilazione e condizionamento dell'aria.

Le valutazioni tossicologiche sono ancora in corso: è confermata la possibilità di insorgenza di rinite, faringite, bronchite acuta e dermatite irritativa in operatori che manipolano le fibre di vetro, di lana di vetro e/o lana di roccia. Le caratteristiche dimensionali e la biopersistenza delle fibre sono i fattori più importanti per lo sviluppo di malattie a carico dei polmoni: le fibre respirabili (diametro $< 3 \mu\text{m}$, rapporto lunghezza/diametro > 3) e quelle più durevoli sono le più pericolose. Alla luce delle evidenze attualmente disponibili, queste fibre minerali sono risultate caratterizzate da una minore attività biologica rispetto all'asbesto, tanto per gli effetti fibrotici quanto per quelli neoplastici.

Lana di vetro, lana di roccia, lana di scoria e fibre ceramiche sono, secondo l'OMS, "agenti potenzialmente cancerogeni per l'uomo", allocati nella categoria "2B" secondo i criteri stabiliti dalla IARC. Nella UE, per la "lana di roccia/scoria, produzione" è prevista l'etichettatura di pericolosità quale "T; R49" (tossico, cancerogeno per inalazione), mentre per la "lana di vetro, produzione" è prevista etichettatura di pericolosità quale "Xn; R40" (nocivo, possibilità di effetti irreversibili). L'ACGIH ha classificato le fibre ceramiche nel gruppo A2, le fibre di lana di roccia, quelle di lana di scoria, di lana di vetro e di vetro per scopi speciali in A3, mentre le fibre di vetro e filamento continuo in A4.

Questi prodotti sono considerati irritanti in base ad un effetto di sfregamento sulla cute. Nell'ambito della normativa nazionale si ricorda il DM 01/09/98 ed il DM di rettifica 02/02/99 riguardanti la classificazione, l'imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose e la definizione dei criteri per la classificazione e l'etichettatura delle fibre artificiali vetrose (lane minerali, fibre ceramiche refrattarie)

Valori limite proposti dall'ACGIH:

- TLV-TWA per fibre ceramiche $0,2 \text{ fibre/cm}^3$
- TLV-TWA per fibre di lana di roccia, fibre di lana di vetro, fibre di lana di scoria e fibre di vetro per scopi speciali: 1 fibre/cm^3
- TLV-TWA per fibre di vetro a filamento continuo: 5 mg/m^3 (frazione inalabile) e 1 fibra/cm^3 (frazione respirabile)

b) Anidride carbonica o biossido di carbonio (CO_2)

CAS: 124-38-09

Gas incolore, inodore, insapore, derivato dalla combustione completa del Carbonio compresi i processi metabolici.

Alla normale concentrazione atmosferica (380 ppm) non è tossica per l'uomo.

Quando la concentrazione del CO_2 nell'aria supera i 10.000 ppm è stata accertata una diminuzione delle funzioni mentali e quando supera i 20.000 ppm iniziano a comparire gli effetti sul corpo umano: a seconda della concentrazione la CO_2 può agire come potente stimolante respiratorio, come narcotico con azione depressiva sul Sistema Nervoso Centrale o come asfissiante.

Valori limite proposti dall'ACGIH per la CO_2 :

- TLV-TWA: 5.000 ppm; 9.000 mg/m^3
- TLV-STEL: 30.000 ppm; 54.000 mg/m^3

c) Antiparassitari

CAS: non caratterizzabile

Utilizzati all'interno degli edifici per eliminare zanzare, mosche, ecc... possono penetrare dall'esterno, attraverso soluzioni di continuità e fessure presenti nelle fondazioni e negli scantinati. I pesticidi che più comunemente si riscontrano negli ambienti indoor negli Stati Uniti sono: clordano, fenclos, clorpyrifos, malathion, dimpylate e quelli usati per il trattamento antimuffa del legno: una rilevante esposizione cronica ad antiparassitari (in particolare pentaclorofenolo) è stata infatti documentata in soggetti che abitano ambienti ove vi è presenza di superfici di legno trattate, che rilasciano lentamente e per anni tali composti nell'aria ambientale. Questi composti, tossici per definizione, esercitano i loro effetti principalmente sul sistema nervoso, sul fegato e sull'apparato riproduttore ed alcuni fungono anche da sensibilizzanti allergici e comunque l'informazione circa l'esposizione dell'uomo ai pesticidi in ambienti confinati è frammentaria. L'ACGIH propone TLV-TWA per i vari, singoli pesticidi.

d) Composti organici volatili (COV o VOC)

CAS: non caratterizzabile

È una famiglia di molecole organiche (carbonio ed idrogeno), prevalentemente idrocarburi aromatici e clorurati, alcani, terpeni, aldeidi. Importanti fonti di inquinamento sono rappresentate dal fumo di sigaretta, stampanti, fotocopiatrici, materiali di costruzione ed arredi; negli ambienti indoor le concentrazioni maggiori sono state rilevate in locali con recente installazione degli arredi. Un'errata collocazione delle prese d'aria (prossimità di aree ad elevato inquinamento) possono determinare un'importante penetrazione di COV dall'esterno.

Molti COV presi singolarmente provocano definiti effetti acuti e cronici (irritazione delle mucose, effetti neurocomportamentali, sensoriali, neurotossici ed epatotossici), alcuni sono cancerogeni.

Non sono definiti valori limite per i COV come tali.

e) Formaldeide (o Aldeide formica: HCHO)

CAS: 50-00-0

Gas incolore, composto organico volatile che oltre ad essere un prodotto della combustione (il fumo di tabacco ne costituisce la sorgente principale) è anche emesso da alcune resine usate per l'isolamento o utilizzate per la produzione del truciolato, compensato di legno, tappezzerie, moquette ed altri materiali per l'arredamento. Negli ambienti indoor le concentrazioni maggiori sono state rilevate in case prefabbricate o in locali con recente posa di mobili in truciolato o moquette.

La formaldeide ha una soglia olfattiva molto bassa, a concentrazioni di circa 0,1 ppm viene percepita come odore pungente. L'esposizione acuta può essere causa di una sintomatologia (SIMEC) caratterizzata da irritazione delle mucose dell'estremità encefalica; sono poco conosciuti gli effetti dell'esposizione cronica a basse dosi. E' cancerogeno per l'uomo (gruppo A2 dell'ACGIH)

Le principali misure preventive e protettive da adottare per esercitare un controllo delle emissioni sono quelle di pretrattare, mediante essiccamento e/o

insufflazione di aria calda, i materiali “inquinanti”, coprire i pannelli con apposite vernici, depurare l’aria mediante assorbitori a palline di ossido di alluminio impregnati con permanganato di potassio, condensare le particelle di formaldeide per raffreddamento, agire sulle condizioni microclimatiche in quanto lo sviluppo ed il rilascio dipendono dalla temperatura, umidità e ventilazione dei locali.

Valori limite proposti dall’ACGIH per la formaldeide:

- TLV-Ceiling: 0,3 ppm; 0,37 mg/m³

f) Fumo di tabacco ambientale (ETS: Environmental Tobacco Smoke)

CAS: non caratterizzabile

Il fumo di tabacco ambientale, detto anche fumo passivo, è una miscela di fumo esalato da parte del fumatore (tertiary smoke) e di fumo secondario (side-stream smoke) prodotto dalla combustione spontanea della sigaretta.

Il fumo attivo è un fattore di rischio indiscusso per il tumore del polmone nell’essere umano. La IARC che classifica anche il fumo passivo come sostanza cancerogena di gruppo I, conferma che il rischio di cancro del polmone aumenta altresì per coloro che non fumano ma vivono accanto a fumatori: il fumo passivo è stato valutato anche come fattore causale del cancro naso-sinusale. I cancerogeni presenti nel fumo passivo comprendono il benzene, l’1,3-butadiene, il benzo[a]pirene. Sempre secondo la IARC l’esposizione dei non fumatori a fumo passivo sul posto di lavoro comporta un aumento nel rischio di cancro del polmone del 16-19%. L’esposizione ad ETS causa inoltre sintomatologia irritativa a carico di congiuntive e vie aeree, cefalea, riduzione della capacità decisionale, di concentrazione e vigilanza, può determinare alterazione dei test di funzionalità respiratoria e dati epidemiologici indicano anche un aumento di malattie cardiovascolari e gravi effetti su persone allergiche o che soffrono di patologie respiratorie.

L’intervento più pratico per ridurre la concentrazione di ETS negli ambienti confinati, oltre al divieto di fumo, è l’isolamento dei fumatori. La normativa vigente (Legge 306/2003 e DPCM 23/12/2003) prevede che i locali per i fumatori siano dotati di mezzi meccanici di ventilazione forzata tali da garantire una portata d’aria di ricambio supplementare esterna o immessa per trasferimento da altri ambienti limitrofi dove è vietato fumare: l’aria di ricambio supplementare deve essere adeguatamente filtrata e la portata di aria supplementare minima da assicurare è pari a 30 l/s per ogni persona che può essere ospitata nei locali in conformità della normativa vigente, sulla base di un indice di affollamento pari allo 0,7 persone/m².

L’approccio che viene comunemente utilizzato per stimare l’esposizione a fumo passivo consiste nel misurare uno o più costituenti per inferire successivamente sulla concentrazione degli altri costituenti non misurati o per quantizzare i livelli del fumo passivo stesso: la nicotina è la sostanza più frequentemente utilizzata come marker in quanto molto specifica e abbondante e non presente in assenza di fumo.

L’ACGIH non definisce valori limite.

La cotinina urinaria (ma anche ematica e nella saliva) è considerata un buon indicatore biologico di esposizione ad ETS.

Un promettente marker di esposizione a lungo termine è la nicotina nei capelli e nelle unghie.

g) Ossido di azoto (NO) e Biossido di azoto (NO₂)

CAS: 10102-43-9 E 10102-44-0

L'ossido di azoto si genera dalla reazione di N₂ e O₂ ad elevate temperature (> 1210°C) e per ossidazione forma il biossido d'azoto. Le principali fonti indoor di ossidi d'azoto sono costituite dai fumi di tabacco, stufe a gas prive di scarico esterno (i valori più elevati si rilevano nelle cucine).

A basse concentrazioni l'ossido di azoto non viene percepito, a concentrazioni superiori a 1 ÷ 3 ppm viene avvertito come odore pungente, a concentrazioni di 13 ppm causa irritazioni delle mucose degli occhi e del naso, a concentrazioni di 100 ppm conduce ad edema polmonare fino al decesso.

I dati di letteratura scientifica, riguardanti il rapporto tra esposizione a NO₂ indoor e malattie respiratorie sono più controversi. Gli effetti conseguenti all'esposizione a concentrazioni normalmente presenti negli ambienti studiati sono poco evidenziati: l'esposizione a piccole concentrazioni di NO₂ (1 ÷ 2,5 ppm) diminuisce la funzione respiratoria dei bambini e probabilmente anche quella degli adulti ed inoltre alcuni dati epidemiologici sembrano indicare un effetto interattivo con altri inquinanti con relativo effetto immunodepressivo. L'esposizione a concentrazione di NO₂ fra 0,07 e 0,27 ppm può condurre a turbe della visione crepuscolare.

Valori limite proposti dall'ACGIH per l'ossido di azoto:

- TLV-TWA: 25 ppm; 31 mg/m³
- IBE: 1,5 % metaemoglobina nel sangue (durante o fine turno lavorativo)

Valori limite proposti dall'ACGIH per il biossido di azoto:

- TLV-TWA: 3 ppm; 5,6 mg/m³
- TLV-STEL: 5 ppm; 9,4 mg/m³

h) Ossido di carbonio (CO)

CAS: 630-08-0

Gas incolore, inodore, insapore, derivato dalla combustione incompleta del Carbonio e dunque i suoi livelli sono strettamente influenzati dalla presenza di processi di combustione (sistemi di riscaldamento e cottura, fumo di tabacco, ecc...). Il CO ha una affinità per l'emoglobina 210 volte superiore a quella dell'O₂: ciò determina la formazione della carbossiemoglobina che ostacola la captazione ed il trasporto dell'O₂ nel corpo umano.

Il CO possiede un ampio spettro di effetti a seconda delle concentrazioni; il riconoscimento di tali effetti, strettamente correlati alla quantità di carbossiemoglobina che si forma, è piuttosto difficile per l'aspecificità dei sintomi e per la lunga latenza della risposta. I soggetti affetti da disturbi cardiovascolari, broncopneumotici cronici, anemici, ipertiroidi, donne in gravidanza, bambini ed anziani possono presentare disturbi (cefalea, riduzione della capacità lavorativa, ecc..) anche a concentrazioni di 10 ÷ 20 ppm; esposizioni fino a concentrazioni di 25 ppm sono in grado di determinare effetti a livello cardiaco quali tachicardia ed aumento della frequenza di crisi anginose, a concentrazioni superiori a 25 ppm determina esacerbazione delle crisi cardiache,

perdita di coscienza fino al decesso per inibizione dei centri cardio-respiratori bulbari.

Le principali misure preventive e protettive da adottare per evitare eccessive concentrazioni di CO, consistono nell'aerazione dei locali in cui sono presenti apparecchi di combustione a fiamma libera e la sistematica loro manutenzione, pulizia e controllo, applicazione di ventilazione supplementare in caso di prevedibili massicce emissioni di CO (anche per brevi periodi di tempo).

Valori limite proposti dall'ACGIH per il CO:

- TLV-TWA: 25 ppm; 29 mg/m³
- IBE: 3,5 % di carbossiemoglobina; 20 ppm di CO nell'aria di fine espirazione

i) Ozono (O₃)

CAS: 10028-15-6

La maggior parte dell'ozono che si ritrova negli ambienti confinati deriva dall'esterno; una quantità significativa può essere generata da strumenti elettrici ad alto voltaggio (stampanti laser, fax, motori elettrici). Le concentrazioni di ozono, avendo un tempo di dimezzamento inferiore ai 30 minuti, in assenza di emissioni, decadono velocemente.

L'esposizione, anche per breve tempo, a concentrazioni superiori a 4 ppm, può ridurre l'efficacia del sistema immunitario, l'esposizione prolungata a bassi livelli (0,08 ÷ 1 ppm) può provocare irritazione agli occhi ed alle vie respiratorie ed aumentare la reattività bronchiale.

Valori limite proposti dall'ACGIH per l'ozono:

- TLV: 0,20 ppm; 0,40 mg/m³ se le esposizioni non si protraggono oltre le 2 ore
- TLV-TWA: 0,10 ppm; 0,20 mg/m³ se si effettuano lavori leggeri
- TLV-TWA: 0,08 ppm; 0,16 mg/m³ se si effettuano lavori moderati
- TLV-TWA: 0,05 ppm; 0,10 mg/m³ se si effettuano lavori pesanti

l) Particolato inalabile (PNOC)

CAS: non caratterizzabile

È principalmente prodotto dal fumo di sigaretta e dalle fonti di combustione e dalle attività degli occupanti: la composizione del particolato di combustione varia con il tipo di combustibile e con le condizioni in cui avviene la combustione. Sulla base della dimensione aerodinamica delle particelle, nell'ambito del particolato inalabile si identifica una frazione respirabile dotata di maggiore capacità a penetrare nell'apparato respiratorio e quindi potenzialmente più pericolosa.

Il particolato inalabile può condurre ad irritazione delle mucose respiratorie ed oculari. Ad elevate concentrazioni è stato associato con una condizione occasionalmente fatale denominata "proteinosi alveolare" e a concentrazioni inferiori può inibire la "clearance" di particelle tossiche dei polmoni riducendo la mobilità dei macrofagi alveolari. A concentrazioni di 300 µg/m³ può determinare, da solo o in sinergismo con SO₂ ed altri gas di combustione, diminuzione della funzione respiratoria. Il cancro è l'effetto più grave di quelli

associati con l'esposizione a particolato di combustione: le particelle possono svolgere un ruolo additivo o sinergico nella cancerogenesi prodotta dai composti (IPA, fuliggine) adsorbiti su di esse.

L'intervento più pratico per ridurre la concentrazione di particolato inalabile negli ambienti è l'aerazione con l'attenzione alla provenienza dell'aria di rinnovo.

Sui valori limite delle particelle insolubili o scarsamente solubili non altrimenti classificate (PNOC) l'ACGIH propone uno specifico approfondimento che recita:

“E' obiettivo dell'ACGIH raccomandare TLV per tutte le sostanze per le quali vi è evidenza di effetti sulla salute in relazione alle concentrazioni rilevate nell'aria del luogo di lavoro. Quando sussiste una sufficiente evidenza per una particolare sostanza viene fissato un valore TLV. Quindi, per definizione, le sostanze cui associare questa raccomandazione, sono quelle per le quali esistono soltanto limitati dati. La raccomandazione alla fine di questa appendice è fornita quale linea guida piuttosto che quale TLV poiché non risulta possibile raggiungere l'adeguato livello standard di conoscenze utili a fissare il TLV. In più, il TLV per PNOC e quelli fissati precedentemente per tale argomento sono stati male utilizzati nel passato e applicati a qualsivoglia particella non reperibile negli elenchi piuttosto che a quelle particelle che osservavano i criteri sotto precisati. Le raccomandazioni in questa appendice si applicano a particelle che:

- non hanno TLV applicabile;
- sono insolubili o scarsamente solubili in acqua (o preferibilmente in liquido polmonare se i dati sono disponibili) e
- hanno bassa tossicità (cioè non sono citotossiche, genotossiche, o altrimenti chimicamente reattive con il tessuto polmonare e non emettono radiazioni ionizzanti, non sono fonte di immuno sensibilizzazione o non causano effetti tossici differenti dall'infiammazione o dal meccanismo di “sovraccarico polmonare”).

L'ACGIH ritiene che anche se biologicamente inerti o scarsamente solubili o insolubili le particelle possano esplicare effetti avversi e raccomanda che le concentrazioni aerodisperse siano mantenute al di sotto di 3 mg/m³ per le particelle respirabili e di 10 mg/m³ per le particelle inalabili, fino a che uno specifico TLV sia fissato per quella particolare sostanza.”

m) Inquinanti microbiologici

CAS: non caratterizzabile

Gli inquinanti microbiologici sono rappresentati da particelle organiche aerodisperse costituite da microrganismi, virus, batteri, pollini, spore, acari ed altro materiale biologico da essi derivato. Negli ambienti indoor, le principali fonti di inquinamento microbiologico sono gli occupanti (es.: desquamazione epidermica, emissione di batteri saprofiti o agenti infettanti nel corso di malattie delle prime vie aeree, ecc...), le strutture ed i servizi degli edifici (es.: acqua ferma, piante, rifiuti, umidificatori e condizionatori di aria, ecc...). Ubiquitari in

natura, possono subire modifiche in conseguenza dell'attività umana; la presenza di vapor d'acqua in elevata misura ne aumenta la crescita e la diffusione.

Le patologie causate da tali agenti sono frequentemente lievi, che comunque possono interferire sia con la vita di relazione sia con la capacità lavorativa, ma anche, se pur raramente, letali. L'episodio epidemico più famoso è quello della legionellosi verificatosi in un Hotel di Philadelphia nel 1976 fra i partecipanti di un convegno di ex combattenti del Vietnam (detti anche legionari); il batterio responsabile, la legionella pneumophila, è un patogeno a localizzazione intracellulare, responsabile di manifestazioni prevalentemente polmonari (polmonite acuta). Seguono poi una serie di effetti di tipo allergico (dovuti alla presenza di allergeni) e di effetti tossici diretti: alcune muffe producono micotossine che possono causare anche a modeste concentrazioni, lesioni gastrointestinali, depressione dell'emopoiesi ed effetto immunodepressivo.

L'intervento più pratico per ridurre il rischio di danni alla salute si riduce con una accurata manutenzione degli impianti di condizionamento dell'aria, controllo dell'umidità, adeguata ventilazione, buona distribuzione dell'aria e depuratori dell'aria ad alta efficienza per la rimozione degli inquinanti.

Tra i contaminanti ambientali di interesse emergente, un ruolo sempre più importante assumono gli allergeni indoor causa di patologia asmatica: i principali allergeni all'interno degli edifici sono dovuti solitamente agli acari, agli animali domestici ed a microrganismi come funghi e batteri. Gli allergeni prodotti dagli animali domestici sono presenti nei peli, nella forfora, ma anche nella saliva e nell'urina e sono facilmente trasportabili dalle persone (tramite gli indumenti), diffondendosi anche in ambienti in cui solitamente non ci sono animali.

L'indicatore per valutare la contaminazione da inquinanti microbiologici (batteri e funghi) negli ambienti indoor è il Colony forming units (CFU).

L'ACGIH ha prodotto delle Linee guida per il riconoscimento, la valutazione ed il controllo degli inquinanti microbiologici "indoor", ma non esprimono TLV con i quali confrontare i risultati delle misure di concentrazione della maggior parte dei materiali di origine biologica.

Si rammenta inoltre che il Titolo VIII del D.Lgs 626/94 norma tutte le attività lavorative nelle quali vi è rischio di esposizione ad agenti biologici.

n) Radon (^{222}Rn)

Gas radioattivo classificato, insieme ai suoi prodotti di decadimento, come agente cancerogeno di gruppo 1 dallo IARC. Chimicamente inerte e inodore è il primo prodotto di decadimento del ^{226}Ra ed ha una emivita di 3,82 giorni e a sua volta da origine ad una serie di prodotti di decadimento a vita breve o media che, aderendo alle particelle di polvere ed alle superfici dell'ambiente, possono essere veicolate nel polmone. Esso è diffuso nella crosta terrestre a concentrazioni molto variabili; la concentrazione negli edifici varia con le caratteristiche geologiche del terreno e con quelle dei materiali di costruzione: all'interno degli ambienti confinati tende a concentrarsi mentre all'esterno, per l'effetto diluente dell'aria atmosferica, le concentrazioni sono molto basse. I prodotti di decadimento del ^{222}Rn , depositandosi in parte sul pulviscolo presente nell'aria, possono essere veicolati nel polmone: il principale rischio per la salute

conseguente all'esposizione a radon è quindi lo sviluppo del tumore al polmone: l'aria inalata contiene sia il radon che i suoi prodotti di decadimento e sono proprio questi ultimi che, essendo particelle solide, si attaccano alle pareti interne dell'apparato respiratorio e decadendo emettono radiazioni che producono danno cellulare e genetico a livello delle cellule broncopolmonari. Il rischio di contrarre il tumore al polmone è proporzionale alla concentrazione ed al tempo di esposizione. Nella valutazione degli effetti sulla salute è poi molto importante tenere in considerazione l'effetto del fumo di tabacco, sinergico sull'induzione del tumore polmonare. La NAS (National Academy of Sciences, degli Stati Uniti) ha confermato che il radon rappresenta, dopo il fumo, la seconda causa di morte per tumore polmonare

Gli interventi più pratici per ridurre le concentrazioni di radon negli ambienti confinati sono quelli di aumentare la ventilazione, mantenere in pressurizzazione il seminterrato, ventilando all'esterno l'aria e chiudendone le fessure e creare una pressione negativa all'esterno del seminterrato, sigillandolo rispetto ai piani superiori. L'indicatore per valutare l'inquinamento da radon negli ambienti indoor è rappresentato dalle alfa-emissioni

I DLgs.241/00 e 257/01, che modificano il DLgs.230/95, rappresentano i riferimenti normativi per la materia: il livello d'azione (con obbligo di azioni specifiche, oltre alla misurazione) è fissato a 500 Bq/m³ per la concentrazione di attività di radon in aria media in un anno nei luoghi di lavoro interrati, semi-interrati o in zone specifiche (*prone areas* cioè zone ad alto rischio radon, che ogni regione deve individuare).

Il Coordinamento Tecnico delle Regioni e Province autonome per la sicurezza nei luoghi di lavoro ha elaborato una specifica linea guida per precisare criteri e metodi per le misure delle concentrazioni di radon in aria nei luoghi di lavoro sotterranei.

Allegato 2 BIBLIOGRAFIA & SITI WEB

BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

- AA.VV., *“Linee guida per la definizione degli standard di sicurezza e di igiene ambientale dei reparti operatori”*, ISPESL Ed., Roma 1999;
- AA.VV., *“Qualità degli ambienti confinati non industriali (indoor): valutazione del rischio, prevenzione, sorveglianza sanitaria”*, Giornale Italiano Medicina del Lavoro e Ergonomia 2004; 26:4, 345-428, PI-ME Ed., Pavia 2004;
- AA.VV., *“Valori limite di soglia – Indici biologici di esposizione – ACGIH 2004”*, traduzione AIDII, Inditalia Ed., Milano 2005;
- Atti del 41° Congresso della Società Italiana di Medicina del Lavoro ed Igiene Industriale, SIMLII Ed., S. Margherita Ligure (GE) 1978;
- Atti del 53° Congresso Nazionale della Società Italiana di Medicina del Lavoro ed Igiene Industriale, a cura di Foà V. e Grieco A., SIMLII Ed., Stresa (VB) 1990;
- Atti del 65° Congresso Nazionale della Società Italiana di Medicina del Lavoro e Igiene industriale, a cura di Germanò D., SIMLII Ed., Messina 2002;
- Atti del Convegno “Edilizia e Ambiente”, a cura di Peretti A., Simonetti P., Trento Ambiente Ed., Padova 1998
- Atti del Convegno “dBA’98 – Dal Rumore ai Rischi fisici”, a cura di Nicolini O., Lazzaretti G., Nataletti P., Peretti A., ASL di Modena Ed., Modena 1998;
- Atti del Convegno “DPI 2000 – Il ruolo dei Dispositivi di Protezione Individuali nell’ambito della Prevenzione”, a cura di Govoni C., Nicolini O., Poletti R., ASL di Modena Ed., Modena 2000;
- Atti del Convegno “NIP2001 – Nuovi insediamenti produttivi. Requisiti e standard prestazionali degli edifici destinati a luoghi di lavoro”, a cura di Nicolini O., Peretti A., De Pasquale F., ASL di Modena Ed., Modena 2001;
- Atti del Convegno “dBA 2002– Rumore, vibrazioni, microclima, illuminazione, onde elettromagnetiche”, a cura di Nicolini O., Nataletti P., Peretti A., Ferrari D., ASL di Modena Ed., Modena 2002;
- Atti del Convegno “dBAincontri2004 – Microclima. Valutazione, prevenzione e protezione dai rischi e confort nei luoghi di lavoro”, a cura di Nicolini O., del Gaudio M., Peretti A., ASL di Modena Ed., Modena 2004;
- Aghemo C., Azzolino C., *“Illuminazione naturale: metodi ed esempi di calcolo”*, Celid Ed., Torino 1995;
- Alberti M., Marchet G., Calabrese A., *“L’ambiente fisico, termico, luminoso, sonoro, chimico”*, LSI Ed., Settala Premenugo (MI) 1997;
- Apostoli P., Bergamaschi A., Muzi G., Piccoli B., Romano C., *“Funzione visiva ed idoneità al lavoro”*, Folia Medica, vol.69, n.1, Ricerca Medica Ed., Napoli 1998;
- Casula D., *“Medicina del Lavoro”*, Monduzzi Ed., Bologna 1993;
- D’Ambrosio F.R., Raffellini G., *“I “vizi” dell’aria”*, Condizionamento dell’Aria, Riscaldamento, Refrigerazione, XI, 66-72, ReedBusiness Information 2003

- Grieco A., Piccoli B., *“Visione e lavoro”*, La medicina del lavoro, vol.73, n.5, Mattioli Ed., Fidenza (PR) 1982;
- Grosso M., *“Il raffrescamento passivo degli edifici”*, Maggioli Ed., Rimini 1997;
- Foà V., Ambrosi L., *“Medicina del Lavoro”*, UTET Ed., Torino 2003;
- Forcolini G., *“Illuminazione di interni”*, Ulrico Hoepli Ed., Milano 1992;
- Melino C., Carlesi G., Jacovili I., *“Lineamenti di igiene del lavoro”*, Società Editrice Universo, Roma 2004
- Nicolini O., Grimandi S., Martinelli G., Ricchi F., *“Riscaldamento, condizionamento e ventilazione. Ricognizione ed analisi delle normative sulle prestazioni degli impianti in ambienti di lavoro”*, Provincia di Modena Ed., Modena 1992;
- Papalia F., Schiavon L., *“Illuminotecnica. Elementi essenziali”*, Zerbetto Ed., Padova 1990;
- Ruggeri R., *“Ergotecnica. Illuminazione degli ambienti di lavoro”*, Politecnico di Milano Ed., Milano 1979;
- Serra M., Calderaro V., *“Fondamenti di fotometria e tecnica di illuminazione”*, ESA Ed., Roma 1978;
- Torricelli M.C., Sala M., Secchi S., *“Daylight. La luce del giorno. Tecnologie e strumenti per la progettazione”*, Alinea Ed., Firenze 1995;

SITI WEB

- www.acgi.org (ACGIH – American Conference of Governmental Industrial Hygienists)
- www.aicarr.it (AICARR – Associazione Italiana Condizionamento dell’Aria, Riscaldamento, Refrigerazione)
- www.aivc.org (AIVC – Air Infiltration and Ventilation Centre)
- www.amblav.it (Associazione Ambiente e Lavoro)
- www.ashrae.org (ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers)
- www.cenorm.be/CENORM/BusinessDomains/TechnicalCommitteesWorkshops/CENTechnicalCommittees/CENTechnicalCommittees.asp?param=6138&title=CEN%2FTC+156 (CEN TC 156 – Ventilation for Buildings)
- www.cie.co.at/cie/home.html (CIE - Commission Internationale de l’Eclairage)
- www.eat.lth.se/Forskning/Termisk/Termisk_HP/Klimatfiler/IREQ2002alfa.htm - (per il calcolo on-line dello stress termico in ambienti severi freddi)

- www.epa.gov/iaq/ (EPA – Environmental Protection Agency – Indoor Air Quality)
- www.halls.md/body-surface-area/bsa.htm (per il calcolo on-line di A_{DU})
- www.iso.ch (ISO – International Organization for Standardization)
- www.ispesl.it (ISPESL – Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro)
- www.md.ucl.ac.be/hytr/new/Download/downloadEn.htm (per scaricare il software che consente il calcolo degli indici sintetici di stress e strain termico in ambienti severi caldi)
- www.md.ucl.ac.be/hytr/new/Download/iso7933n.txt (per visionare il codice di calcolo del software PHS)
- www.msc-smc.ec.gc.ca/cd/brochures/humidex_table_e.cfm (Indice Humidex)
- www.squ1.com/site.html/ (per scaricare il software che consente il calcolo dell'indice di confort PMV)
- www.uni.com (UNI – Ente nazionale italiano di unificazione)
- http://architettura.supereva.it/notes/ns_nazionale/ (Normativa nazionale fino al 1996)
- <http://eetd.lbl.gov/btd/tools/superlite/superlite2.htm> (per scaricare il software che consente il calcolo del fattore medio di luce diurna FLD_m)

Allegato 3
LEGISLAZIONE E NORMATIVA TECNICA

LEGISLAZIONE NAZIONALE

- **Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 luglio 1939:** “Istruzioni per le costruzioni ospedaliere”;
- **Decreto del Presidente della Repubblica 19 marzo 1956, n.303:** “Norme generali per l’igiene del lavoro”;
- **Decreto del Presidente della Repubblica 20 marzo 1956, n.322:** “Norme per la prevenzione degli infortuni e l’igiene del lavoro nell’industria della cinematografia e della televisione”;
- **Circolare Ministeriale 22 maggio 1967 n.3151:** “Criteri di valutazione delle grandezze atte a rappresentare le proprietà termiche, idrometriche, di ventilazione e di illuminazione nelle costruzioni edilizie”;
- **Circolare Ministeriale 22 novembre 1974 n.13011:** ”Requisiti fisico tecnici per le costruzioni edilizie ospedaliere, proprietà termiche, idrometriche, di ventilazione e di illuminazione” ;
- **Decreto Ministeriale 18 dicembre 1975:** “Norme tecniche aggiornate relative all’edilizia scolastica ivi compresi gli indici minimi di funzionalità didattica edilizia ed urbanistica da osservarsi nella esecuzione di opere di edilizia scolastica”;
- **Decreto Ministeriale 5 agosto 1977:** “Determinazione dei requisiti tecnici sulle case di cura private”;
- **Legge 23 dicembre 1978 n.833:** “Istituzione del servizio sanitario nazionale”;
- **Decreto Ministeriale 23 novembre 1982:** “Direttive per il contenimento del consumo di energia relativo alla termoventilazione ed alla climatizzazione di edifici industriali ed artigianali”;
- **Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 27 giugno 1986:** “Atto di indirizzo e coordinamento dell’attività amministrativa delle Regioni in materia di requisiti delle case di cura private”;
- **Legge 5 marzo 1990 n.46:** “Norme per la sicurezza degli impianti”;
- **Decreto Ministeriale 16 giugno 1990:** “Classificazione delle case di cura convenzionate nelle fasce funzionali A, B, C”;
- **Legge 9 gennaio 1991 n.10:** “Norme per l’attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell’energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia”;
- **Decreto Ministeriale 20 maggio 1992, n.569:** “Regolamento contenente norme di sicurezza antincendio per gli edifici storici e artistici destinati a musei, gallerie, esposizioni e mostre”;
- **Decreto Ministeriale 26 agosto 1992:** “Norme di prevenzione incendi per l’edilizia scolastica”;
- **Decreto Legislativo 4 dicembre 1992, n.475:** “Attuazione della direttiva CEE 89/686/CEE del Consiglio del 21 dicembre 1989, in materia di riavvicinamento

delle legislazioni degli Stati membri relative ai dispositivi di protezione individuali”;

- **Decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993 n.412:** “Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della legge 9 gennaio 1991, n. 10”;
- **Decreto Ministeriale 13 dicembre 1993:** “Approvazione dei modelli tipo per la compilazione della relazione tecnica di cui all'art. 28 della legge 9 gennaio 1991, n. 10, attestante la rispondenza alle prescrizioni in materia di contenimento del consumo energetico degli edifici”;
- **Decreto Ministeriale 6 settembre 1994:** “Normative e metodologie tecniche di applicazione dell'art. 6, comma 3, e dell'art. 12, comma 2, della legge 27 marzo 1992, n. 257, relativa alla cessazione dell'impiego dell'amianto”;
- **Decreto Legislativo 19 settembre 1994, n.626:** “Attuazione delle direttive 89/391/CEE, 89/654/CEE, 89/655/CEE, 89/656/CEE, 90/269/CEE, 90/270/CEE, 90/394/CEE, 90/679/CEE, 93/88/CEE, 95/63/CE, 97/42/CE, 98/24/CE, 99/38/CE e 99/92/CE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori durante il lavoro”;
- **Decreto del Presidente della Repubblica 30 giugno 1995, n.418:** “Regolamento concernente norme di sicurezza antincendio per gli edifici di interesse storico-artistico destinati a biblioteche ed archivi”;
- **Legge 11 gennaio 1996 n.23:** “Norme per l'edilizia scolastica”;
- **Decreto Ministeriale 19 agosto 1996:** “Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio dei locali di intrattenimento e di pubblico spettacolo”;
- **Decreto Legislativo 2 gennaio 1997, n.10:** “Attuazione delle direttive 93/68/CEE, 93/95/CEE e 96/58/CEE relative ai dispositivi di protezione individuali”;
- **Decreto del Presidente della Repubblica 14 gennaio 1997:** “Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento alle regioni e alle province autonome di Trento e di Bolzano, in materia di requisiti strutturali, tecnologici ed organizzativi minimi per l'esercizio delle attività sanitarie da parte delle strutture pubbliche e private”;
- **Decreto Ministeriale 1 settembre 1998:** “Disposizioni relative alla classificazione, imballaggio ed etichettatura di sostanze pericolose in recepimento della direttiva n. 97/69/CE”;
- **Decreto del Presidente della Repubblica 20 ottobre 1998, n.447:** “Regolamento di semplificazione dei procedimenti di autorizzazione per la realizzazione di impianti produttivi, per il loro ampliamento, ristrutturazione e riconversione, per l'esecuzione di opere interne ai fabbricati nonché per la determinazione delle aree destinate agli insediamenti produttivi (nn. 26, 42, 43 e 50 di cui all'allegato alla legge 15 marzo 1997, n.59)”;
- **Decreto Legislativo 4 agosto 1999, n.351:** “Attuazione della direttiva 96/62/CE in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente”;

- **Decreto Ministeriale 2 settembre 1999:** “Rettifica al decreto ministeriale 1° settembre 1998, concernente imballaggio, classificazione ed etichettatura di sostanze pericolose, in recepimento della direttiva 97/69/CE”;
- **Decreto del Presidente della Repubblica 21 dicembre 1999, n.551:** “Regolamento recante modifiche al decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412, in materia di progettazione, installazione, esercizio e manutenzione degli impianti termici degli edifici, ai fini del contenimento dei consumi di energia”;
- **Decreto Legislativo 26 maggio 2000, n.241:** “Attuazione della direttiva 96/29/EURATOM in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivati dalle radiazioni ionizzanti”;
- **Decreto del Presidente della Repubblica 7 dicembre 2000, n.440:** “Regolamento recante modificazioni al D.P.R. 20 ottobre 1998, n. 447, norme di semplificazione dei procedimenti di autorizzazione per la realizzazione, l'ampliamento, la ristrutturazione e la riconversione di impianti produttivi, per l'esecuzione di opere interne ai fabbricati, nonché per la determinazione delle aree destinate agli insediamenti produttivi, a norma dell'articolo 20, comma 8, della Legge 15 marzo 1997, n. 59”;
- **Conferenza Stato-Regioni - Accordo 27 settembre 2001:** Accordo tra il Ministro della salute, le regioni e le province autonome sul documento concernente: “Linee-guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati”;
- **Decreto Ministeriale 2 aprile 2002, n.60:** “Recepimento della direttiva 1999/30/CE del Consiglio del 22 aprile 1999 concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per biossido di zolfo, gli ossidi di azoto, le particelle PM 10 e il piombo e della direttiva 2000/69/CE relativa ai valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene e il monossido di carbonio”;
- **Decreto Ministeriale 18 settembre 2002:** “Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio delle strutture sanitarie pubbliche e private”;
- **Legge 16 gennaio 2003, n.3:** “Disposizioni ordinamentali in materia di pubblica amministrazione”;
- **Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 23 dicembre 2003:** “Attuazione dell'art.51, comma 2 della legge 16 gennaio 2003, n°3, come modificato dall'art.7 della legge 31 ottobre 2003, n° 306, in materia di tutela della salute dei non fumatori”;
- **Decreto Legislativo 19/08/2005, n.192:** “Attuazione della Direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia”.

LEGISLAZIONE REGIONALE

- Regione Emilia-Romagna – **DGR 22 febbraio 2000 n.268:** “Schema di Regolamento edilizio tipo – Aggiornamento dei requisiti cogenti (Allegato A) e della parte quinta, ai sensi comma 2, art.2, L.R. 33/90”; B.U. 21/03/2000 n°47;

- Regione Liguria – **DGPR 16 aprile 2003 n.8:** “Regolamento di attuazione della legge regionale 2 luglio 2002, n. 24 (disciplina per la costruzione, installazione, manutenzione e pulizia degli impianti aeraulici)” ; B.U. 14/05/2003 n°8;

NORME TECNICHE

- ASHRAE 62 (2001), Ventilation for acceptable indoor air quality;
- CEN Technical Report CR 1752 (1998), Ventilation for buildings. Design criteria for the indoor environment;
- CIE (Commission internationale de l'éclairage), International lighting vocabulary, Pubblicazione n. 17, 1970;
- CIE (Commission internationale de l'éclairage), Maintenance of indoor electric lighting systems, Pubblicazione n. 97, 1992;
- CIE (Commission internationale de l'éclairage), Discomfort glare in interior lighting, Pubblicazione n. 117, 1995;
- EN 50172 (2004), Emergency escape lighting systems;
- ISO 9972 (1996), Thermal insulation, determination of building airtightness. Fan pressurization method;
- UNI EN 166 (1997), Protezione personale degli occhi. Specifiche;
- UNI EN 171 (1993), Protezione personale degli occhi. Filtri infrarossi. Requisiti di trasmissione e utilizzazioni raccomandate;
- UNI EN 340 (2004), Indumenti di protezione - Requisiti generali;
- UNI EN 342 (2004), Indumenti di protezione - Completi e capi di abbigliamento per la protezione contro il freddo;
- UNI EN 343 (2004), Indumenti di protezione - Protezione contro la pioggia;
- UNI EN 366 (1994), Indumenti di protezione. Protezione contro il calore e le fiamme. Metodo di prova: valutazione dei materiali e materiali assemblati quando esposti ad una sorgente di calore radiante;
- UNI EN 367 (1993), Indumenti di protezione. Protezione contro il calore e le fiamme. Metodo di prova: determinazione della trasmissione di calore mediante esposizione a una fiamma;
- UNI EN 407 (1994), Guanti di protezione contro rischi termici (calore e/o fuoco);
- UNI EN 511 (1995), Guanti di protezione contro il freddo;
- UNI EN 531 (1997), Indumenti di protezione per lavoratori dell'industria esposti al calore (esclusi gli indumenti per i vigili del fuoco e i saldatori);
- UNI EN 832 (2001), Prestazione termica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento - Edifici residenziali;
- UNI EN 1026 (2001), Finestre e porte - Permeabilità all'aria - Metodo di prova;
- UNI EN 1837 (2001) Sicurezza del macchinario - illuminazione integrata alle macchine;
- UNI EN 1838 (2000), Applicazione dell'illuminotecnica. Illuminazione d'emergenza;
- UNI 7129 (2001), Impianti a gas per uso domestico alimentati da rete di

distribuzione; Progettazione, installazione e manutenzione;

- UNI EN ISO 7726 (2002), Ergonomia degli ambienti termici - Strumenti per la misurazione delle grandezze fisiche;
- UNI EN ISO 7730 (1997), Ambienti termici moderati - Determinazione degli indici PMV e PPD e specifica delle condizioni di benessere termico;
- UNI EN ISO 7933 (2005), Ergonomia dell'ambiente termico - Determinazione analitica ed interpretazione dello stress termico da calore mediante il calcolo della sollecitazione termica prevedibile;
- UNI 8852 (1987), Impianti di climatizzazione invernali per gli edifici adibiti ad attività industriale ed artigianale. Regole per l' ordinazione, l' offerta ed il collaudo;
- UNI EN ISO 8996 (2005), Ergonomia dell'ambiente termico - Determinazione del metabolismo energetico;
- UNI EN ISO 9241-6 (2001), Requisiti ergonomici per il lavoro di ufficio con videoterminali (VDT) - Guida sull'ambiente di lavoro;
- UNI 9477 (1989), Equipaggiamenti individuali di intervento in ambienti caldi. Misura del calore trasmesso attraverso un indumento;
- UNI EN ISO 9886 (2004), Ergonomia - Valutazione degli effetti termici (thermal strain) mediante misurazioni fisiologiche
- UNI EN ISO 9920 (2004), Ergonomia degli ambienti termici - Valutazione dell'isolamento termico e della resistenza evaporativa dell'abbigliamento;
- UNI 10148 (1992), Manutenzione. Gestione di un contratto di manutenzione;
- UNI 10339 (1995), Impianti aeraulici a fini di benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura;
- UNI 10379 (1994), Riscaldamento degli edifici – Fabbisogno energetico convenzionale normalizzato – Metodo di calcolo e verifica;
- UNI EN ISO 10551 (2002), Ergonomia degli ambienti termici - Valutazione dell'influenza dell'ambiente termico mediante scale di giudizio soggettivo;
- UNI 10840 (2000), Luce e illuminazione. Locali scolastici. Criteri generali per l'illuminazione naturale;
- UNI 11063 (2003), Manutenzione - Definizioni di manutenzione ordinaria e straordinaria;
- UNI 11142 (2004), Fotometri portatili – Caratteristiche prestazionali;
- UNI ENV ISO 11079 (2001), Ergonomia degli ambienti termici – Determinazione dell'isolamento richiesto dagli indumenti (IREQ);
- UNI EN ISO 11399 (2001), Ergonomia degli ambienti termici - Principi e applicazione delle relative norme internazionali;
- UNI ENV 12097 (1999), Ventilazione degli edifici - Rete delle condotte - Requisiti relativi ai componenti atti a facilitare la manutenzione delle reti delle condotte;
- UNI EN 12207 (2000), Finestre e porte – permeabilità all'aria – Classificazione;
- UNI EN 12464-1 (2004), Illuminazione dei posti di lavoro. Parte I: Posti di lavoro in interni;

- UNI EN 12665 (2004), Luce e illuminazione. Termini fondamentali e criteri per i requisiti illuminotecnici;
- UNI EN ISO 12894 (2002), Ergonomia degli ambienti termici - Supervisione medica per persone esposte ad ambienti molto caldi o molto freddi;
- UNI EN 13202 (2002), Ergonomia degli ambienti termici - Temperature delle superfici di contatto calde - Guida per stabilire nelle norme di prodotto i valori limite della temperatura delle superfici mediante la EN 563;
- UNI EN 13306 (2003), Manutenzione – Terminologia;
- UNI EN ISO 13731 (2004), Ergonomia degli ambienti termici - Vocabolario e simboli;
- UNI EN ISO 15265 (2005), Ergonomia dell'ambiente termico - Strategia di valutazione del rischio per la prevenzione dello stress o del disagio termico in condizioni di lavoro;
- UNI EN 27243 (1996), Ambienti caldi – Valutazione dello stress termico per l'uomo negli ambienti di lavoro basata sull'indice WBGT (temperatura a bulbo umido e del globotermometro);

PRINCIPALI NORME TECNICHE RITIRATE O IN CORSO D'ADOZIONE

- UNI EN 340 (1995), Indumenti di protezione – Requisiti generali, (Norma ritirata, sostituita da UNI EN 340:2004);
- UNI EN 342 (2001), Indumenti di protezione - Completi per la protezione contro il freddo (Norma ritirata, sostituita da UNI EN 342:2004);
- UNI ENV 343 (2001), Indumenti di protezione - Protezione contro le intemperie (Norma ritirata, sostituita da UNI EN 343:2004);
- ISO 7933 (1989), Hot environments - Analytical determination and interpretation of thermal stress using calculation of required sweat rate (Norma ritirata, sostituita da ISO 7933:2004)
- UNI 10380 (1994), Illuminotecnica. Illuminazione di interni con luce artificiale. (Norma ritirata, sostituita da UNI EN 12464-1:2004);
- UNI 10530 (1997), Principi di ergonomia della visione. Sistemi di lavoro e illuminazione. (Norma ritirata senza sostituzione);
- UNI EN 12515 (1999), Ambienti caldi – Determinazione analitica ed interpretazione dello stress termico mediante il calcolo della sudorazione richiesta. (Norma ritirata, sostituita da UNI EN ISO 7933:2005);
- CTI – prEN 5/716 (2001), Requisiti igienici per le operazioni di manutenzione degli impianti di climatizzazione. (in corso d'adozione);
- ISO/FDIS 7730 (2005), Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort. (in corso d'adozione);
- ISO/DIS 11079 (2004), Ergonomics of the thermal environment – Determination and interpretation of cold stress using required clothing insulation (IREQ) and local cooling effects. (in corso d'adozione);

- prEN ISO/DIS 15743 (2005), Attività lavorative in ambienti freddi: Strategie per la valutazione e gestione del rischio
- EN/TR ISO/TS 14415 (2005), Ergonomia dell'ambiente termico - Applicazione delle Norme a gruppi e individui con risposte termiche atipiche;

Allegato 4

GLOSSARIO

Si è ritenuto opportuno inserire questo breve glossario per la persistente disomogeneità nella terminologia corrente.

Le definizioni e le puntualizzazioni che seguono richiamano il significato attribuito ad alcuni termini fondamentali e generali nella presente pubblicazione.

Abbagliamento

Condizione che genera fastidio o riduce la capacità di distinguere gli oggetti, oppure che provoca ambedue gli effetti in conseguenza di una distribuzione o di un livello inadeguato (eccessivo) della luminanza nel campo visivo;

Aerazione naturale o Ventilazione naturale

Processo di agitazione e/o circolazione con rinnovo dell'aria in uno spazio confinato, ottenuto da una superficie aperta direttamente sull'esterno (superficie aerante o superficie finestrata apribile).

Ambiente termico: vedi Microclima

Ambienti termici moderati

Ambienti termici nei quali non esistono specifiche esigenze produttive che, vincolando uno o più dei altri principali parametri microclimatici (principalmente t_a , ma anche UR, v_a , t_r e I_{cl}), impediscano il raggiungimento del confort;

Ambienti termici severi

Ambienti termici nei quali specifiche ed ineludibili esigenze produttive (vicinanza a forni ceramici o fusori, accesso a celle frigo o in ambienti legati al ciclo alimentare del freddo, ...) o condizioni climatiche esterne in lavorazioni effettuate all'aperto: in agricoltura, in edilizia, nei cantieri di cava, nelle opere di realizzazione e manutenzione delle strade ...) determinano la presenza di parametri termoigrometrici stressanti vengono definiti "severi";

Asimmetria radiante

Differenza fra la temperatura radiante di due lati opposti di un piccolo elemento piano;

Aspirazione localizzata

Processo di ventilazione forzata localizzata (vedi), normalmente di sola estrazione, con la cappa aspirante collocata a ridosso della sorgente inquinante;

Astenopia (o Affaticamento visivo)

Insieme di disturbi funzionali che si originano quando l'apparato visivo cerca di conseguire, ricorrendo ad artifici stressanti, risultati funzionali eccedenti le proprie possibilità fisiologiche;

Attività metabolica o Dispendio metabolico o Metabolismo (energetico)

Ritmo al quale procede all'interno del corpo umano la trasformazione di energia chimica in energia termica e lavoro meccanico;

Compito visivo

Prestazione visiva richiesta da una determinata attività;

Confort termoigrometrico

Condizione mentale che esprime soddisfazione con l'ambiente termoigrometrico ed è espressa mediante giudizio soggettivo;

Condizionamento (o Climatizzazione)

Mantenimento nel tempo in un ambiente confinato di predeterminate condizioni termoigrometriche e di purezza dell'aria indipendentemente dal macroclima, dalle sue oscillazioni e dalle contaminazioni atmosferiche;

Depurazione

Azione di purificazione dell'aria dagli inquinanti aerodispersi non particolati;

DPI (Dispositivo di protezione individuale)

Qualsiasi dispositivo o articolo destinato ad essere indossato e tenuto dal lavoratore allo scopo di proteggerlo contro uno o più rischi presenti nell'attività lavorativa;

Filtrazione

Azione di separazione per mezzo di filtri di cattura delle particelle liquide o solide aerodisperse;

Illuminazione generale

Illuminazione progettata per illuminare un'intera area approssimativamente in modo uniforme;

Illuminazione locale

Illuminazione per uno specifico compito visivo (vedi) complementare e controllabile separatamente dalla illuminazione generale;

Impianti aeraulici

Definizione genericamente estensibile a tutti gli impianti adibiti al trattamento ed alla movimentazione dell'aria (quindi gli impianti di ventilazione, di termoventilazione, di condizionamento);

Impianto di condizionamento

Impianto capace di soddisfare al controllo di tutti i parametri relativi al condizionamento dell'aria;

Intorno del compito visivo

Insieme dello spazio che può essere visto da una posizione precisata quando si muovano la testa e gli occhi. In fisiologia si usa il termine "mira";

Isolamento termico

Resistenza al trasporto di calore fornita dall'abbigliamento (tenuto conto anche delle parti scoperte del corpo, come le mani e la testa);

Legislazione (o Regole tecniche)

Specifica di carattere obbligatorio emessa da organi con potestà legislativa. Essa può avere validità comunitaria (essenzialmente: risoluzioni CEE), nazionale (leggi, DPR, D.Lgs, DM...), regionale (leggi, DPGR, DGR...) o locale (essenzialmente: Regolamento Edilizio e Regolamento Comunale d'Igiene);

Luce

Energia radiante in grado di eccitare la retina dell'occhio e di produrre perciò una sensazione visiva. È costituita dalle onde (o radiazioni) elettromagnetiche di lunghezza d'onda convenzionalmente compresa fra 380 e 780 nm;

Microclima

Complesso dei parametri climatici dell'ambiente locale, non necessariamente confinato, che determina gli scambi termici fra l'ambiente stesso e gli individui che vi operano;

Normative (o Norme tecniche)

Specifiche tecniche di carattere consensuale che definiscono le caratteristiche richieste di un prodotto tenendo conto del livello tecnologico del momento.

Sono elaborate col concorso di tutte le parti tecniche interessate ed approvate e pubblicate da un organismo riconosciuto (Ente Normatore). Le norme UNI e CEI hanno validità nazionale, le norme CEN e CENELEC hanno validità "europea", le norme ISO e IEC hanno validità internazionale;

Notifica ex art.48

Obbligo, che risiede sull'azienda, a segnalare all'Organo di Vigilanza della ASL locale (generalmente: Servizio di Prevenzione e Sicurezza negli Ambienti di Lavoro - SPSAL) l'intendimento di provvedere ad una ristrutturazione o alla realizzazione di un nuovo insediamento produttivo qualora siano interessati 4 o più addetti (art.48, DPR 303/56);

Omeotermia

Capacità del corpo umano di mantenere costante la temperatura del nucleo al fine di garantire le funzioni vitali;

Posto di lavoro (o Postazione di Lavoro)

Zona di lavoro occupata da un lavoratore oppure da più persone successivamente, per un periodo superiore a 2½ giorni/settimana (20 ore/settimana). La zona di lavoro può essere limitata ad uno spazio ristretto oppure estendersi a tutto il locale;

Posto di lavoro non continuativo

Zona di lavoro occupata da un lavoratore oppure da più persone successivamente, per un periodo inferiore a 2½ giorni/settimana (20 ore/settimana). La zona di lavoro può essere limitata ad uno spazio ristretto oppure estendersi a tutto il locale;

Punto di rugiada (Dew point)

Temperatura alla quale, raffreddando l'aria a pressione costante, il vapore acqueo diventa saturo (umidità relativa 100 %);

Raffreddamento (o Refrigerazione)

Mantenimento della temperatura di uno spazio chiuso a livelli inferiori di quelli esterni mediante un circuito frigorifero;

Raffrescamento

Mantenimento della temperatura di uno spazio chiuso a livelli inferiori di quelli esterni mediante una sottrazione di energia termica per evaporazione;

Rapporto aerante

Rapporto tra la superficie aerante (vedi) e la superficie in pianta di un determinato locale.

Rapporto illuminante

Rapporto tra la superficie finestrata e la superficie in pianta dell'ambiente. Normalmente il rapporto minimo viene indicato con il valore di 1/8 nei luoghi in cui si svolge una normale attività;

Refrigerazione: vedi **Raffreddamento**

Regole tecniche: vedi **Legislazione**

Ricambio: vedi **Rinnovo**

Ricircolo

Ripresa di parte dell'aria estratta dal locale (o dai locali) che, previo ritrattamento, viene reimpressa nel o nei locali;

Rinnovo (o Ricambio)

Sostituzione dell'aria di un ambiente confinato con altra, pulita, presa dall'esterno in idonee posizioni non esposte ad inquinamenti o contaminazioni;

Riscaldamento

Mantenimento della temperatura di uno spazio chiuso a livelli maggiori di quelli esterni;

Sfarfallamento (flicker)

Sensazione di fluttuazione di luminanza o di colore, che si presenta quando la frequenza di variazione dello stimolo è compresa tra valori di frequenza di qualche Hz (hertz) e quello della frequenza di fusione delle immagini;

Superficie aerante

Somma delle porzioni degli involucri concretamente apribili (angolo di apertura di almeno 90°) deputate in modo esclusivo a mettere in diretto collegamento uno spazio confinato con l'esterno ai fini dell'aerazione naturale;

Tempo di risposta

Tempo richiesto ad un sensore per coprire il 90% della variazione indotta da un cambiamento istantanea della quantità da misurare;

Tensione di vapor saturo

Pressione massima esercitata dalla sola fase vapore dell'acqua ad una data temperatura;

Termoventilazione

Mantenimento nel tempo in un ambiente confinato di predeterminate condizioni termiche e di purezza dell'aria indipendentemente dal macroclima, dalle sue oscillazioni e dalle contaminazioni atmosferiche;

Trattamento dell'aria

Termine generico che indica uno o più dei processi fisico-chimici capaci di ottenere determinate condizioni termoigrometriche e/o di purezza dell'aria di uno spazio confinato. Tali processi sono: filtrazione, depurazione, riscaldamento, raffreddamento, umidificazione, deumidificazione;

Turbolenza

Rapporto fra la deviazione standard della velocità dell'aria e la media della velocità dell'aria, moltiplicato per 100;

Umidità relativa

Rapporto fra la pressione parziale (o la densità) del vapore acqueo in aria e la pressione parziale (o la densità) di saturazione del vapore acqueo in aria alla stessa temperatura;

UTA (Unità di Trattamento dell'Aria)

Parte dell'impianto aeraulico che raccoglie contemporaneamente il gruppo di ventilazione, gli stati di filtrazione, di umidificazione, riscaldamento e raffreddamento;

Ventilazione (forzata)

Mantenimento nel tempo in un ambiente confinato di predeterminate condizioni di purezza dell'aria (indipendentemente dal macroclima, dalle sue oscillazioni e dalle contaminazioni atmosferiche) attraverso il rinnovo ed il contestuale trattamento di filtrazione e/o depurazione.

E' anche definibile come un processo di immissione, estrazione ovvero entrambi, in uno spazio confinato, ottenuto con impianti meccanici.

Si distingue una ventilazione forzata generale ed una localizzata (normalmente detta: aspirazione localizzata).

Allegato 5
UNITÀ DI MISURA E GRANDEZZE

Si riportano a seguito le principali grandezze fisiche ed i parametri utilizzati nel testo con i rispettivi simboli ed unità di misura adottati. Alcune unità di misura utilizzate sono di fatto derivate dal Sistema Tecnico anziché dal Sistema Internazionale, soprattutto per la consuetudine d'uso nella letteratura tecnica.

Grandezza fisica o Parametro	Simbolo	Unità di misura SI	Unità di misura adottate
Altezza	H, h	M	m
Angolo piano	$\alpha, \beta \dots$	rad	grado
Angolo solido	$\alpha, \beta \dots$	Sr	sr
Concentrazione (peso / volume)	C	N / m ³	mg(peso) / m ³
Concentrazione (volume / volume)	C	-	ppm
Dispendio energetico metabolico	M	W / m ²	met (1)
Età dell'aria	E	-	-
Fattore di luce diurno	FLD	%	%
Flusso luminoso	Φ	lm	lm = cd / sr
Frequenza	f	Hz	Hz
Illuminamento	E	lx	lx = lm / m ²
Indice di resa cromatica	Ra	%	%
Intensità luminosa	I	cd	cd = lm / sr
Luminanza o Brillanza	L	cd / m ²	nit = cd / m ²
Lunghezza	l	m	m
Lunghezza d'onda	λ	m	nm
Massa	m	kg	kg
Portata d'aria	Q	m ³ / s	m ³ / h
Portata d'aria specifica per persona	Q _p	m ³ / s pers.	m ³ / h pers.
Portata d'aria specifica per superficie	Q _s	m ³ / s m ²	m ³ / h m ²
Potenza	P	W	kW = kJ / s
Potenza termica	P	W	kcal / h (2)
Pressione	p	Pa	Pa
Rapporto aerante	RA	%	%
Rapporto illuminante	RI	%	%
Rendimenti, efficienze	μ	%	%
Resistenza termica del vestiario	I _{cl}	m ² K / W	clo (3)
Ricambi orari	n	m ³ / s m ³	m ³ / h m ³
Superficie o Area	S, A	m ²	m ²
Temperatura termodinamica	T, t	K	°C
Temperatura prossimale del colore	T _{CP}	K	K
Tempo	t	s	s
Umidità relativa	UR	%	%
Velocità	v	m / s	m / s
Volume	V	m ³	m ³ o l (litri)
Note:	(1):	1 met = 58,2 W/m ² pari a 104,8 W per superficie corporea standard di 1,8 m ²	
Note:	(2):	1 kcal/h = 1,163 W	
Note:	(3):	1 clo = 0,155 m ² °C/W	

CREDITS

Il testo è stato redatto dal Gruppo di lavoro composto da:

Omar Nicolini (Az.USL Modena) con il ruolo di Coordinatore
Giuseppe Antonini (ASL Milano)
Gilberto Cristofolletti (ASL Arezzo)
Michele del Gaudio (ISPESL – Dipartimento Igiene del Lavoro)
Paola Forconi (ASL Macerata)
Paolo Lenzuni (ISPESL – Dipartimento di Firenze)
Edda Paino (ASL 5 Messina)
Walter Perini (ASL Macerata)
Alberto Sonnino (CTO CRF Torino)
Roberta Stopponi (ASL Civitanova Marche)
Adele Valcavi (Az.USL Reggio Emilia)

Con le collaborazioni di:

Massimo Borra (ISPESL - Dipartimento Igiene del Lavoro)
Fabrizia Goberti (Az.USL di Modena)
Pamela Grandi (Modena)
Andrea Militello (ISPESL - Dipartimento Igiene del Lavoro)
Giorgia Monduzzi (Modena)
Claudio Natale (ASL Civitanova Marche)
Donata Serra (Az.USL Modena)
Gianni Zoboli (Az. USL Modena)

Testo in consultazione a:

Chiara Aghemo – Politecnico di Torino
Marco Alberti – Università di Brescia
Filippo Marciano – Università di Brescia
Giovanni Molteni – Università di Milano Bicocca
Giuseppe Nano – Politecnico di Milano
Bruno Piccoli – Università di Milano
Giorgio Raffellini – Università di Firenze
Diana Rossi – Università di Brescia
Luigi Schiavon – Libero professionista, Padova
Giuseppe Tomasoni – Università di Brescia

e presso le Associazioni:

A.I.D.I. – Associazione Italiana Di Illuminazione
A.I.D.I.I. – Associazione Italiana Degli Igienisti Industriali
S.I.M.L.I.I. – Società Italiana di Medicina del Lavoro ed Igiene Industriale