

35 / 1955 Per 637 / 1955

RASSEGNA TECNICA

La "Rassegna tecnica", vuole essere una libera tribuna di idee e, se del caso, saranno graditi chiarimenti in contraddittorio; pertanto le opinioni ed i giudizi espressi negli articoli e nelle rubriche fisse non impegnano in alcun modo la Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino

IL PRESENTE FASCICOLO RACCOGLIE ALCUNE INTERESSANTI RELAZIONI PRESENTATE AL CONVEGNO SULLA TECNICA DEL "CONDIZIONAMENTO AMBIENTALE NELLE AZIENDE" ORGANIZZATO IN TORINO DAL C. R. A. T. E. M. A. NEI GIORNI 8, 9, 10 OTTOBRE 1954

Il condizionamento dell'aria negli stabilimenti industriali

L'A. pone il problema generale del condizionamento dell'aria nell'industria e scende quindi in dettaglio per alcune industrie, in cui il condizionamento è una premessa tecnologica.

Che cosa è il condizionamento dell'aria.

Condizionare l'aria di un locale significa mantenerla costante nelle varie stagioni dell'anno e nelle diverse ore del giorno quelle condizioni di temperatura, umidità, agitazione e purezza dell'aria che si giudicano le più adatte per gli scopi cui il locale stesso è destinato.

Talvolta le esigenze da soddisfare sono soltanto quelle del benessere delle persone che soggiornano o lavorano nel locale. Spesso però negli stabilimenti industriali necessità tecnologiche, inerenti alle lavorazioni compiute nei locali possono consigliare di mantenerne condizioni diverse.

Il condizionamento non deve confondersi col riscaldamento e la refrigerazione ad aria.

Siccome la parola « condizionamento » è venuta di moda, la si vede spesso erroneamente usata per indicare degli impianti destinati soltanto a riscaldare o raffreddare dei locali, mediante circolazione d'aria. È bene non dimenticare che per meritare il nome di « condizionamento » un impianto deve controllare non soltanto la temperatura ma anche in modo prefissato ed indipendente l'umidità, il movimento e la purezza dell'aria, ecc.

Come si ottiene il condizionamento dell'aria.

Generalmente per mantenere condizionato un locale vi si immette una calcolata quantità d'aria opportunamente e preventivamente trattata (riscaldata o raffreddata, essicata od umidificata, ecc.). Una eguale quantità d'aria deve venire espulsa dal locale.

Le condizioni da mantenere, insieme alle quantità di calore e di umidità che vengono generate od assorbite nei locali per effetto delle persone che vi soggiornano e delle lavorazioni che vi si compiono, determinano la quantità e le condizioni d'aria da immettere. Queste pertanto dovranno variare al va-

riare delle stagioni e delle altre circostanze influenzanti.

L'aria da trattare od immettere può, a seconda dei casi, essere presa dall'esterno od essere quella espulsa dal locale condizionato.

Cosa costa il condizionamento dell'aria.

Non si deve pensare che le spese necessarie per installare un ben progettato impianto di condizionamento e per mantenerlo in esercizio durante le varie stagioni siano così elevate da precludere la possibilità di realizzarlo negli stabilimenti industriali di piccola e media importanza.

L'impianto di condizionamento previsto per il solo funzionamento invernale costa pressochè come qualsiasi più semplice impianto di riscaldamento.

Se il condizionamento deve estendersi alla stagione estiva la necessaria sottrazione del calore può essere fatta a seconda delle circostanze con acqua di pozzo o con una macchina frigorifera. Nel primo caso il costo dell'installazione è poco superiore a quello necessario per il solo condizionamento invernale e la spesa dell'esercizio estivo è principalmente quella inerente alla provvista dell'acqua (captazione dal pozzo od erogazione dall'acquedotto).

Nei casi in cui è necessaria la macchina frigorifera le spese di impianto e di esercizio sono ovviamente maggiori.

Si devono in ogni caso però mettere in relazione le spese di esercizio e di ammortamento dell'impianto di condizionamento con i benefici tecnici ed economici spesso notevoli che possono risultare nelle lavorazioni compiute.

Industrie per le quali il condizionamento dell'aria è una esigenza tecnologica.

Vi sono ogni giorno numerose industrie che non possono fare a meno del condizionamento dell'aria ambiente.

Spesso le materie prime ed i prodotti lavorati si rammolliscono, si alterano e si deformano alle temperature cui si arriverebbe naturalmente durante l'estate per cui il condizionamento deve provvedere a mantenere una più moderata temperatura. Altre volte le sostanze soggette alle lavorazioni sono igroscopiche, per cui esse possono in misura non controllata e con conseguenze dannose assorbire o cedere umidità all'aria circostante. In questi casi il condizionamento deve mantenere nell'ambiente un grado igrometrico costante, in equilibrio con le sostanze lavorate, tale cioè da evitare gli scambi di umidità sopra accennati. Vi sono inoltre delle industrie in cui si eseguono lavori di grande precisione i cui risultati sono influenzati dalle variazioni anche piccolissime che le dimensioni delle cose lavorate (carta, metalli ecc.) subiscono a causa delle variazioni di temperatura e di umidità. In questi casi interessa mantenere le condizioni ambiente rigorosamente costanti nelle varie ore della giornata.

Talvolta temperatura ed umidità sono addirittura i fattori da mettere in azione per compiere particolari trasformazioni delle sostanze trattate, come l'essiccazione, la fermentazione, la maturazione, la lenta trasformazione chimica ecc.

Infine il condizionamento dell'aria può avere lo scopo di eliminare fumane, polveri, germi o sostanze dannose o moleste.

Esempi di industrie che utilizzano il Condizionamento dell'aria per scopi tecnici.

1) Nell'industria del Cioccolato e dei Dolci basse temperature.

Nei locali di lavorazione e nei magazzini, con umidità controllate, servono per svariati scopi, tra i quali principalmente:

- l'indurimento dei prodotti colati negli stampi ed il loro distacco dagli stampi stessi;
- la conservazione della lucentezza superficiale e l'eliminazione delle velature biancastre, che si verificano nel cioccolato conservato a lungo a temperatura ordinaria;
- il rapido raffreddamento ed il mantenimento della colorazione della polvere di cacao;
- l'essiccazione superficiale e la consistenza di prodotti igroscopici (es. caramelle) o rammollienti (es. cioccolato) durante la manipolazione e la confezione, ecc. ecc.

2) Nella preparazione dei formaggi, la massa di latte coagulata per l'azione diastatica del caglio, dopo scoltature del siero ed eventuale pressatura e salatura, subisce un ulteriore processo di manutenzione, provocato dalla flora microbica e dalle diastasi presenti.

La condotta della maturazione, assieme al modo con il quale è avvenuta la cagliatura, danno luogo non solo alla formazione delle svariate specie di formaggi, ma anche alle differenze di qualità che si possono riscontrare in prodotti della medesima varietà.

La regolazione della maturazione può avvenire con l'aggiunta di particolari fermenti, con la selezione dei microrganismi presenti, ed inoltre con un opportuno condizionamento delle sale di matura-

zione, onde mantenervi le migliori condizioni di temperatura, di umidità e ventilazione, in relazione alla varietà di formaggio di cui trattasi, ed alle abitudini ed ai metodi di lavorazione locali.

3) I salumi dopo insaccamento ed eventuale affumicatura, subiscono un processo di maturazione, che consiste, tra l'altro, in una parziale e lenta essiccazione. Analogamente i prosciutti dopo salatura. La perdita di peso è massima nei primi giorni e va gradatamente diminuendo sino ad una quasi completa stabilizzazione.

Il tempo richiesto per l'essiccazione, come pure il grado di essa, dipendono evidentemente dalla temperatura e dallo stato igrometrico dell'ambiente. Un'umidità eccessiva rende molto lenta l'essiccazione, e può provocare alterazioni delle carni per lo sviluppo di muffe; per contro un ambiente troppo secco accelera l'essiccazione degli strati superficiali, ostacolando invece quella delle parti centrali, e provocando screpolature dell'involucro.

4) La funzione del condizionamento dell'aria nelle sale destinate alla filatura ed alla tessitura delle sostanze tessili (cotone, lana, seta, canapa, fibre artificiali, ecc.) è quella di provvedere al risanamento dell'aria, che risulterebbe altrimenti viziata dai numerosi operai che vi lavorano, e di mantenere d'altra parte quel grado igrometrico che è più indicato per la trasformazione delle materie in lavorazione.

Tutte le fibre tessili di origine animale, vegetale, od artificiale sono più o meno igroscopiche, nel senso che possono restare in equilibrio con un'atmosfera avente una determinata temperatura ed umidità, solo quando esse contengono una quantità d'acqua pure determinata; e che diversamente tendono a cedere o ad assorbire umidità a seconda che il loro contenuto è maggiore o minore di quello corrispondente al detto stato di equilibrio.

Le fibre ricche di acqua diventano più flessibili, e si presentano meglio alle operazioni di filatura e di tessitura.

Un'altra importante azione dell'aria umida, è quindi miglior conduttrice dell'elettricità dell'aria secca, è quella di scaricare le fibre elettrizzate, distendendole ed impedendo loro di arruffarsi, e facilitando così le lavorazioni.

5) Il grano è una materia essenzialmente igroscopica, nel senso che esiste una relazione tra la quantità d'acqua che esso contiene, ed il grado igrometrico dell'aria ambiente:

Si può presagire che nel corso della macinazione vi sarà una tendenza, da parte del grano e dei suoi derivati, a cedere la propria umidità dell'aria ambiente, in una misura e con una rapidità che saranno tanto più elevate, quanto più l'aria medesima sarà secca.

Le variazioni del grado igrometrico nelle sale di un mulino hanno quindi una capitale importanza sulla resa della macinazione e sui relativi utili. Per di più esse hanno un'azione notevole anche sulla regolarità della lavorazione, e principalmente della burattazione, in quanto i veli di seta con i quali questa si compie sono alla loro volta molto igrosco-

pici, e le variazioni di umidità portano per conseguenza dilatazioni o restringimento delle loro maglie. La costanza del grado igrometrico è quindi indispensabile per una perfetta classificazione dei prodotti.

Il condizionamento dell'aria trova anche utile applicazione nell'industria della panificazione. Nelle camere di fermentazione, come pure in quelle di lavorazione e di prova prima della cottura, è necessario regolare la temperatura e l'umidità dell'aria a valori costanti che danno i migliori risultati dal punto di vista della qualità finale del prodotto, e della durata dell'operazione.

Anche nella preparazione delle paste alimentari un fattore determinante per la qualità del prodotto è il mantenimento delle più opportune temperature ed umidità nei locali di lavorazione e nelle camere di essiccamento.

6) L'essiccazione delle foglie di tabacco richiede un particolare condizionamento dei locali in

cui essa si opera. Successivamente le foglie essicate, prima di passare alle varie lavorazioni, debbono essere umidificate per riacquistare la dovuta flessibilità e consistenza.

7) Delicate esigenze ha la carta destinata alla stampa specie a più colori, perchè il maggior o minor contenuto di umidità può variarne le dimensioni, alterarne la flessibilità, indurvi l'elettrizzazione.

Queste esigenze vengono soddisfatte portando la carta ad assorbire la voluta quantità di acqua in apposite camere di condizionamento, e mantenendo i magazzini e le sale di lavorazione in adatte condizioni termoigrometriche.

In tutte le industrie il condizionamento dell'aria aumenta la produzione e migliora la quantità dei prodotti perchè eleva l'efficienza degli operai.

Questo concetto potrà essere sviluppato dai fisiologi e dagli igienisti.

Alberto Stradelli

Impostazione del problema del condizionamento Metodi e sistemi di distribuzione

L'A., dopo avere accennato a una impostazione generale del condizionamento, e ad alcuni sistemi di distribuzione più in uso, fornisce alcuni dati sull'impianto in esercizio negli Stabilimenti dell'Istituto Geografico De Agostini di Novara.

Quanto vado ad esporre non ha carattere nè di invenzione nè di priorità.

Rappresenta soltanto una modalità di impostazione del problema del condizionamento, che è strettamente collegato con il problema della ventilazione, sia per i locali di lavoro come per qualsiasi altra occorrenza.

Desidero inoltre segnalare la convenienza e la opportunità di applicare metodi e sistemi di distribuzione d'aria condizionata o di ventilazione che hanno dato e danno un esito sicuro, di massima efficienza, che semplificano le opere di impianto, che procurano delle possibilità e caratteristiche molto apprezzabili in ogni evenienza.

Impostazione del problema del condizionamento.

Il condizionamento dell'aria nei locali di lavoro è molto affine al riscaldamento per quanto riguarda l'impostazione del problema, vale a dire:

Per una azienda si può fare un impianto « centralizzato » ossia: « una unica centrale di produzione dell'aria condizionata per tutti i locali da condizionare » oppure « impianti indipendenti » uno per ogni fabbricato o reparto o anche per ogni locale.

L'impostazione della Centralizzazione del condizionamento richiede uno studio ed una progettazione più complessa, come per le centralizzazioni degli impianti di riscaldamento di grandi stabilimenti o di Zone Urbane, ma i vantaggi della centralizzazione sono così evidenti in entrambi i casi, sia

per il riscaldamento come per il condizionamento, che la preferenza per la centralizzazione è evidente.

La centralizzazione dell'impianto di preparazione dell'aria condizionata oltre che riunire i macchinari, i controlli, la sorveglianza procura soprattutto la possibilità di poter disporre all'occorrenza della totale potenzialità della centrale in rapporto alle esigenze massime ed occasionali anche saltuarie delle lavorazioni nei vari reparti con la riduzione temporanea delle disponibilità per la necessità e opportunità del condizionamento dei locali di lavoro per la sola presenza delle persone.

Questa prerogativa riduce la necessità di esecuzioni di impianti di eccessiva potenza necessaria solo in determinate situazioni temporanee e di eccezione per periodi di grande calore o di grande umidità.

È evidente che una centralizzazione come specificata richiede una possibilità di sistemazione, per la distribuzione e per la ripresa aria; di canalizzazioni con sezioni ragguardevoli, canalizzazioni che possono essere predisposte senza difficoltà se considerate in progetto di costruzione degli stabilimenti e che in ogni modo, salvo poche eccezioni, possono sempre essere applicate anche in fabbricati già esistenti.

Distribuzione aria - Sistema « aria di giro ».

In un impianto di condizionamento o di ventilazione se la preparazione dell'aria condizionata per la sua temperatura per il grado igrometrico, richiede impianti accurati e soprattutto apparecchi precisi

di misura e di controllo, la *distribuzione dell'aria nei locali* assume, a mio avviso e per esperienza acquisita, una importanza che direi prevalente e fondamentale.

Molto è stato discusso ed ancora oggi vi sono fautori per ognuno dei due sistemi di introduzione ed estrazione dell'aria dei locali:

entrata dall'alto, uscita dal basso
oppure : viceversa

Posso affermare che la disposizione con la immissione dall'alto e l'uscita dal basso è quella più in uso, sia per il caso dell'aria di raffreddamento, come è di maggiore evidenza, come pure per l'aria di riscaldamento.

Un locale da ventilare o da condizionare è da considerare come un grande serbatoio continuamente alimentato dall'alto e vuotato dal basso di guisa che se il rinnovamento avviene da 6 a 4 volte all'ora si ha un intero rinnovo ogni 10-15 minuti, la qual cosa dà una massima garanzia di uniformità di ventilazione.

Per una buona efficienza dell'impianto è di massima importanza la determinazione del numero di rinnovi dell'aria nel locale per ogni ora.

Intendo dire « *rinnovamento* » e non « *ricambi* » vale a dire l'introduzione dell'aria con una ripresa parziale in modo di dare da 6 a 4 rinnovi orari, con una quota di ricambio proporzionata alle esigenze del locale per il numero delle persone, per la quantità del macchinario e per le esigenze della lavorazione.

Con una impostazione come sopra specificato viene evidente l'opportunità di disporre delle bocche di introduzione e di estrazione o di ripresa in *posizione diametralmente opposte* nei locali, in modo da creare una *circolazione con aria di giro*, che procura una temperatura molto uniforme nell'ambiente.

È bene tenere presente che se l'aria può essere introdotta in varie bocchette per esigenze d'uso e per le modalità e disposizioni degli ambienti è però della *massima necessità concentrare in una unica posizione l'estrazione*.

Il sistema e la disposizione elimina la necessità di sistemare bocchette numerose sia per la introduzione come per la estrazione che richiederebbero la esecuzione di numerosi canali di collegamento: bocchette e canali costosi ed ingombranti.

Impianto: Istituto Geografico De Agostini.

A conclusione di quanto esposto segnalo ad esempio e per riferimento, l'impianto da me progettato per il nuovo stabilimento dell'Istituto Geografico De Agostini di Novara nel 1949.

L'impianto di condizionamento venne progettato non solo per il fabbricato per il nuovo reparto Rotative, magazzino carta e locali annessi ora eseguiti, ma anche per gli altri sette fabbricati previsti in costruzione, tenuto conto per ognuno delle esigenze di condizionamento.

Venne progettata una *unica centrale* ed una rete di canalizzazioni attualmente parzialmente eseguite

e di possibile ampliamento per le occorrenze previste.

Il fabbricato per il nuovo reparto Rotative ha dimensioni di m. 45 x 17 di larghezza e 14 di altezza, pari ad un volume di oltre 10.000 mc. ed il complesso edilizio è previsto di circa 56.000 mc.

Il fabbricato in oggetto si compone di un grande magazzino a piano terreno per deposito carta e di un soprastante locale per la sistemazione della macchina rotativa che occupa una area di 16 metri di lunghezza x 5 metri di larghezza.

La macchina è munita di 5 gruppi riscaldatori con 66 KW. e nel locale sono installati motori per un ulteriore consumo di 105 KW.

Per il progetto del condizionamento è stata inoltre considerata la presenza di 60 persone.

Venne disposto una distribuzione separata per il locale al I Piano con un apporto di 53.000 mc. orari di aria condizionata ed un secondo circuito per il piano sottostante magazzino con un apporto di 6300 mc.

Per l'estrazione, avendo dovuto tener conto dell'aria da estrarre o da recuperare per l'impianto di ricupero gas, venne disposto una ripresa complessiva di 28.000 mc.

Nella parte di impianto eseguita venne applicata la « *circolazione d'aria di giro* » con un numero limitato di bocchette di introduzione (21 per il primo piano - 9 per il piano terreno) disposte su un lato dei locali ed un numero minore di bocche di ripresa e di estrazione a lato opposto (5 al primo piano - 9 al piano terreno).

Per il fabbricato in oggetto vengono utilizzate 220.000 frigorifiche ore delle quali 85.000 sono procurate con batteria di raffreddamento e 128.000 con raffreddamento a spruzzo con 2 batterie ed un totale di 112 ugelli polverizzatori.

Per il riscaldamento invernale viene utilizzato lo stesso impianto con una potenzialità di 300.000 calorie già previsto per un aumento a 1.800.000 calorie necessarie per tutti gli 8 Fabbricati in progetto.

Con particolare cura è stato provveduto ad una installazione della regolazione automatica tanto invernale quanto estiva e vennero sistemati indicatori di temperatura e di umidità a distanza a disposizione per una opportuna condotta dell'impianto.

Il risultato ottenuto è stato ottimo sotto ogni aspetto ed ha dato la possibilità di avere il condizionamento nella misura necessaria per le esigenze della lavorazione, superiori a quelle segnalate e richieste all'impostazione del progetto.

Conclusione.

Quanto ho esposto in merito alla ventilazione e condizionamento dell'aria nei locali di lavoro, del sistema dell'*aria di giro* vale anche per i locali di riunioni, teatri cinematografici, per i quali è particolarmente vantaggiosa, in modo tale che si può garantire d'estate come d'inverno una minor temperatura nelle zone superiori dei locali, nelle gallerie ecc. che alla base a pavimento.

Con l'applicazione del sistema di distribuzione con aria di giro in abbondanza, si può ottenere in molti casi un benessere di soggiorno e di lavoro nei

locali anche con la sola ventilazione, con aria semplicemente raffreddata, senza ricorrere a complessi impianti di condizionamento, costosi di esecuzione e ancora più costosi di esercizio e che non sempre vengono poi tenuti in funzione.

Concludo augurando che la breve esposizione

abbia raggiunto lo scopo di illustrare una semplificazione di esecuzioni di impianti di condizionamento e ventilazione in modo di poter favorire una maggiore esecuzione di impianti apporti di benessere per chi lavora.

Giuseppe Boido

Generalità sull'ambientazione termica dei fabbricati industriali

L'A. dopo aver ricordato le caratteristiche cui devono soddisfare gli impianti di ambientazione termica, si sofferma sull'esecuzione degli stessi, sia come impostazione generale e progettazione, sia come realizzazione pratica.

La realizzazione, nei locali di lavoro, di condizioni ambientali termiche ed igieniche tali da consentire la efficiente esplicazione di attività industriali è lo specifico compito degli impianti di ambientazione termica.

Detti impianti devono comunque assicurare:

a) il contenimento della temperatura ambiente e conseguentemente dell'umidità relativa dell'aria, entro un determinato e ristretto intervallo termico, per qualsiasi condizione *esterna* atmosferica;

b) il mantenimento di una purezza della atmosfera ambiente intorno ai valori più idonei alle necessità dell'attività che vi si esplica.

Dette necessità sono di ordine tecnologico per le polveri, i gas, i vapori che si sviluppano e si liberano in conseguenza di particolari lavorazioni, e di ordine fisiologico per il continuo depauperamento in ossigeno dell'aria per la respirazione ed il concomitante arricchimento in prodotti irrespirabili.

Risulta pertanto necessario introdurre o sottrarre del calore agli ambienti, estrarvi gas nocivi od aria viziata, apportare sistematicamente i necessari quantitativi di aria di rinnovo.

La opportuna scelta e la buona realizzazione della entità e delle modalità di tali operazioni determinano la razionalità e l'efficienza dell'impianto.

Quanto sopra deve essere perseguito tramite:

1) l'impostazione e la progettazione dell'impianto;

2) la realizzazione dell'impianto.

L'impostazione progettuale dell'impianto si basa razionalmente sui seguenti criteri generali:

a) corrispondenza dell'impianto alle esigenze termiche ambientali;

b) adeguata incidenza del costo di ammortamento dell'impianto sul costo complessivo di gestione;

c) progettazione di dettaglio, in stretta collaborazione con la progettazione edile.

La corretta realizzazione dell'impianto, oltreché

alla necessaria competenza dell'esecutore, è diretta conseguenza di:

1) qualità dei materiali installati;

2) competente assistenza tecnica durante l'installazione.

La impostazione generale.

Le temperature interne sono in vario modo influenzate dalle condizioni atmosferiche *esterne* a seconda del rapporto superficie disperdente/volume ambiente, della qualità e coibenza delle pareti disperdenti, della esposizione alle radiazioni solari, della esposizione a venti dominanti, fattori questi che sono variabili di caso in caso e che determinano l'inerzia termica del fabbricato.

I fattori interni che influiscono sulle condizioni d'ambiente sono: particolari lavorazioni tecnologiche; sorgenti di polveri, gas, vapori; sorgenti di calore; affollamento.

L'impianto di ambientazione termica deve ovviare a tutti questi fattori che tendono a scostare i valori della temperatura, umidità e purezza dell'aria interna da quel campo optimum che definisce la zona di benessere.

Possiamo per analogia paragonare il locale ad un recipiente costituito da pareti porose, che debba contenere un fluido ad un livello costante e che questo recipiente poroso sia immerso in altro molto più ampio recipiente (che è l'ambiente esterno o atmosfera esterna) contenente anche lui un fluido, però a livello variabile.

Per il principio dei vasi comunicanti i due livelli tendono a eguagliarsi stabilendosi un flusso positivo o negativo attraverso la parete porosa, e quindi una variazione del livello interno, proporzionale sia alla differenza dei due livelli che alla porosità delle suddette pareti.

Per mantenere costante il livello interno dobbiamo perciò prevedere un dispositivo che immetta o sottragga del fluido dal recipiente interno con una portata variabile quantitativamente come il flusso attraverso la parete porosa.

L'inerzia del dispositivo in oggetto non deve es-

sere inferiore all'inerzia del recipiente poroso in modo che risulti ridotta al minimo, teoricamente anzi a zero, l'isteresi del ciclo.

Uscendo dall'analogia, l'impianto di ambientazione termica (che è appunto il dispositivo di cui sopra) deve avere un'inerzia non inferiore all'inerzia del fabbricato per poter contenere le variazioni delle condizioni ambientali interne entro il campo che definisce la cosiddetta « zona di benessere » al variare delle condizioni esterne.

Dato quanto sopra, non sarà perciò, ad esempio, l'impianto a pannelli radianti il più adatto per un fabbricato a grandi vetrate e forti dispersioni in una zona a clima continentale, mentre potrà, senza esitazione essere adottato in un fabbricato avente un basso rapporto superficie disperdente/volume ambiente costruito in una località litoranea.

Volendo stabilire una classifica dei vari tipi di impianti di riscaldamento per quanto riguarda l'entità specifica dell'inerzia nel compensare con tempestività le variazioni giornaliere (e stagionali) dell'effettivo fabbisogno termico delle utenze, si potrà adottare la seguente graduatoria (in valore diminuente):

- 1) pannelli radianti con tubi solidalmente incorporati alle strutture murarie;
- 2) pannelli radianti con tubi non solidalmente incorporati alle strutture murarie;
- 3) radiatori; termoconvettori;
- 4) aerotermi;
- 5) impianti centrali ad aria soffiata;
- 6) impianti centrali con mobiletto in ogni ambiente (e impianto individuale con condizionatore locale).

La necessità inoltre di effettuare il ricambio dell'aria ambiente in opportuna quantità e qualità è pure uno degli elementi determinanti nella scelta del tipo di impianto di riscaldamento, in quanto pure nei confronti dell'attitudine ad effettuare un rinnovo dell'aria si può stabilire una graduatoria.

Detta necessità è, come ovvio, più elevata nei locali a grande addensamento di persone, quali possono essere quelli adibiti ad uffici, che nei locali signorili e di lusso a minimo addensamento di persone.

La nuova aria di ricambio da distribuire negli ambienti è prelevata dall'esterno ed in genere nel perimetro cittadino essa deve subire un trattamento di filtraggio o lavaggio in quanto l'atmosfera della città è sempre inquinata sia per i gas di scappamento degli autoveicoli, sia per i fumi dei camini, sia per la polvere sollevata dal traffico stradale.

La scelta quindi del più opportuno impianto di ambientazione termica al fine di realizzare il voluto benessere potrà essere effettuata solo a seguito di uno specifico e dettagliato esame di tutte le caratteristiche della località, del fabbricato e degli ambienti ed in base ad una larga e sicura conoscenza dei vari tipi di impianto, con particolare riferimento a quello che è il costo complessivo di gestione.

Il problema economico inerente ai suddetti impianti ha pure un grande potere determinante specie nei grandi fabbricati ad uso industriale.

Si verifica infatti di norma che il costo di ammortamento è inversamente proporzionale al costo di esercizio; e solo nei particolari casi in cui la durata di funzionamento annuale dell'impianto è molto ridotta si possono accettare impianti di elevato costo specifico di esercizio, per poterne abbassare in compenso l'ammortamento.

Ma in genere gli impianti di ambientazione termica nei fabbricati industriali hanno un periodo annuale di funzionamento che tende sempre più ad aumentare e quindi si fa sempre più sentire il problema di costruire impianti a basso costo di esercizio e cioè con maggiore onere di costo di primo impianto.

Per quanto riguarda quest'ultimo costo, si può subito dire che anche per un impianto di ventilazione o ad aria condizionata è possibile contenere gli oneri di installazione in limiti accettabili se è stato adeguatamente previsto nel progetto edile tutto il complesso delle canalizzazioni.

La centralizzazione delle macchine è un altro elemento che consente di abbassare i costi di gestione permettendo migliori rendimenti funzionali, sia per la qualità delle macchine stesse (che, di fatto, come noto, migliora sensibilmente con l'aumentare della resa specifica delle unità), sia per la continua sorveglianza del funzionamento al regime più appropriato (che è resa possibile dalla centralizzazione), sia inoltre per il minor costo di manutenzione.

Il costo di esercizio è prevalentemente costituito dall'importo del combustibile. Si tratta di scegliere il combustibile di tipo più idoneo ed economico e di bruciarlo con buon rendimento.

Il combustibile solido, là ove particolari condizioni locali lo rendono di economico impiego, richiede praticamente in caldaia minori volumi di camera di combustione potendosi con relativa facilità ottenere una buona uniformità di carico termico, in quanto la combustione avviene su tutta la superficie della griglia e perchè la fiamma trova in senso verticale la sua più naturale strada di sviluppo.

Con il combustibile solido si ha inoltre una buona possibilità di depurazione dei fumi prima di scaricarli nell'atmosfera, dato che le impurità trascinate sono in genere costituite da particelle solide e secche.

Il problema del conseguimento di fumi depurati ha un'importanza notevole, ormai ammessa da tutti: assunto che in sostanza può essere realizzato riducendo al massimo le fonti di inquinamento della atmosfera, più che installando onerosi impianti di depurazione dell'aria, la cui efficienza è notoriamente molto discutibile.

Il combustibile solido trova come contropartita il maggior costo per caloria e maggiori ingombri della centrale termica per la necessità di un carburante e di un cenerario.

Il combustibile liquido è oggi giorno il combustibile più economico. La sua adozione comporta però particolari accorgimenti nel dimensionamento

della corrispondente camera di combustione, in quanto è facile, per la concentrazione della fiamma in una zona relativamente ristretta, originare disuniformità di carico termico con punte eccessive e pericolose per la resistenza organica della caldaia. Il continuo aumento, inoltre, della viscosità e della a-reattività delle nafta dense rende sempre più difficile la combustione con buoni rendimenti: ne deriva un grave inquinamento dell'atmosfera ad opera delle particelle catramose presenti nel fumo, particelle che d'altra parte sono di difficile separazione dai gas di combustione.

Il combustibile gassoso, cioè il metano, offre le maggiori possibilità pratiche per una ottima combustione e per la grande pulizia dei fumi. Esso richiede però complesse e costose apparecchiature di controllo e di sicurezza che possono essere adottate solo nelle grandi installazioni, senza che esse incidano eccessivamente sul costo dell'impianto.

Nel caso specifico degli impianti di riscaldamento, in confronto alla nafta densa, il metano può spesso non risultare più economico, tenendo presente anche la tassazione comunale ad esso applicata per tale destinazione.

Il costo del personale addetto agli impianti costituisce pure un importo di notevole incidenza. La sua riduzione si ottiene centralizzando le macchine in modo da ridurle di numero e da migliorarne la qualità, minimizzando la manutenzione ed inoltre automatizzando tutte quelle operazioni che più impegnerebbero il personale, sia quanto a frequenza d'intervento, che a competenza professionale specifica.

In merito alla progettazione, insistiamo sulla basilare importanza pratica che essa sia perfezionata sino al minimo dettaglio esecutivo e che sia effettuata in strettissimo e tempestivo accordo con la progettazione della parte edile.

Quanto sopra è tanto più importante in considerazione dell'ingombro che presentano le parti costitutive di un qualsiasi impianto (specialmente se centrale) che effettua veicolazione di aria, ingombro che richiede cospicue, tempestive e non sempre facili predisposizioni murarie.

Concludendo, per quanto riguarda la impostazione di progetto di un impianto di ambientazione termica, risulta necessario insistere sul fatto che detto problema deve essere risolto non in base a semplici preferenze o simpatie per un dato tipo di impianto, ma a seguito di uno specifico e dettagliato esame di tutti i fattori tecnici e economici che comunque influenzano in modo sensibile la impostazione, la costituzione e l'esercizio del particolare impianto in oggetto, ed in base ad una vasta e sicura competenza di progettazione nel campo specifico dei fabbricati industriali adibiti sia ad officine che ad uffici. Occorre in particolare tenere conto delle peculiari esigenze di rinnovo dell'aria ambiente per qualsiasi motivo tecnologico o costruttivo e per le ubicazioni in zone cittadine ad atmosfera particolarmente inquinata. Tutto ciò richiede, fra l'altro, obbligatoriamente una stretta collaborazione fra il progettista dell'impianto, quello edile e la direzione lavori.

La realizzazione degli impianti.

Non ci soffermiamo, perchè ovvio, sulla necessità che la ditta esecutrice abbia proporzionata competenza specifica; riteniamo invece opportuno insistere sui fattori: qualità dei materiali; assistenza tecnica ai lavori.

Troppo spesso infatti si transige sulla qualità dei materiali di impiego, non valutando adeguatamente il livello minimo a cui questa può essere abbassata con riferimento proprio a quel costo economico complessivo di gestione che dovrebbe invece essere tenuto a base di una qualsiasi scelta dei materiali d'impiego.

Facciamo pure presente che l'assistenza tecnica competente è frequentemente inadeguata sia per qualità che per quantità, da parte delle ditte esecutrici. Una simile affermazione potrà provocare... lo sdegno di molti fra i tecnici presenti, ma essa è dettata dalla esperienza dei molti impianti costruiti per conto del Committente Fiat, tramite il S.C.T., a cui appartiene lo scrivente e si ritiene di poter affermare in merito che, in tutti questi casi, tecnici del Servizio hanno dovuto intervenire personalmente per ovviare a una tale lacuna da parte della Ditta esecutrice per conseguire l'assunto che comunque era nostro compito, cioè la realizzazione optimum dell'impianto commesso.

Affermiamo pertanto che l'assistente della esecutrice deve essere in grado di valutare nel modo più completo tutti gli elementi del progetto e la loro relativa importanza nei confronti del risultato che si vuole raggiungere e deve inoltre conoscere tutte le norme della costruzione cosiddetta a regola d'arte, nonchè le difficoltà che l'installatore può incontrare nel montaggio, ed infine deve sapere con tempestività ed opportunità intervenire qualora, nel procedere dei lavori, si producessero fatti nuovi tali da comportare il ritocco di qualche dettaglio del progetto.

L'assistente tecnico, anche in questo ramo delle costruzioni, deve perciò, senza essere un progettista, sapere come si progetta e, senza essere un costruttore, deve sapere come si costruisce.

Di questi assistenti tecnici nel ramo degli impianti termici, ne esistono in numero, a nostro parere, insufficiente ed è necessario formarli scegliendoli fra i diplomati delle scuole tecniche, con un tirocinio in un ufficio di progettazione ove prestino opera di aiuto progettisti affinché si rendano conto di che significa progettare e perchè sappiano poi dare la dovuta importanza alla accurata realizzazione dei singoli particolari. E nel corso del tirocinio devono seguire con assiduità la realizzazione dell'impianto alla progettazione del quale hanno contribuito.

In Torino, è sorta una scuola che persegue questi intendimenti e che vuole formare, scegliendoli fra periti industriali e geometri, dei tecnici specializzati nel ramo degli impianti termici. E mentre si intende applaudire ai promotori di questa iniziativa, si augura alla suddetta scuola un largo successo ed una lunga vita anche nell'interesse di chi ha la necessità di servirsi di tali tecnici.

Mario Chiattono

Il condizionamento del salone contrattazioni di un palazzo borsa valori

Vengono forniti alcuni dati sull'impianto di condizionamento d'aria del salone contrattazioni del nuovo Palazzo Borsa Valori di Torino.

Sta vieppiù divenendo di comune dominio come le condizioni ambientali influiscano sulle attività umane, siano esse intellettuali siano esse manuali, come sul processo di lavorazione o sulla conservazione di certi materiali.

Lo stato dell'aria che ci circonda o che circonda i materiali che lavoriamo ha pertanto un'importanza di enorme interesse sia dal punto di vista sociale che dal punto di vista tecnico ed economico.

Gli impianti di condizionamento possono essere così suddivisi in due categorie: impianti civili o di conforto e impianti industriali o tecnologici.

L'impianto in questione è essenzialmente un impianto di conforto e pertanto può proporsi (e deve proporsi) degli impegni che sono lati quanto le condizioni di benessere di un considerevole numero di individui.

Il Salone contrattazioni del Palazzo Borsa Valori di Torino insiste su un'area quasi quadrata di circa 1.300 mq. ed ha una capacità d'aria di circa 20.000 mc., il soffitto è a cupola e la massima altezza è di circa 16 mt. Nessun pilastro lo ingombra.

Al centro vi è la « corbeille » che è un ribassamento del pavimento, circolare, con diametro di 5 mt., e all'intorno un riquadro rialzato di circa 16 mt. di lato.

Su tre lati del perimetro estremo del salone s'allineano un'ottantina di cabine telefoniche.

Le superfici di dispersione di calore si aggirano sui 3.800 mq. di cui 450 sono superfici vetrate.

Il salone lo si prevede frequentato in media solo per poche ore al giorno e cioè dalle 9 alle ore 13 circa.

La piena media di affollamento sarà di circa 300 persone.

Occorre prevedere che nelle restanti ore la temperatura non abbia ad abbassarsi troppo, sia per evitare il pericolo di condensazioni dannose alla conservazione delle attrezzature tecnologiche, decorative ed architettoniche della sala stessa, sia per favorire lo svolgimento dei servizi.

Il sistema del riscaldamento è combinato. Una quota parte del fabbisogno termico nella stagione invernale è sopperita da pannelli per calore diffuso dal pavimento del salone.

Il rimanente fabbisogno è fornito dall'aria condizionata.

Il funzionamento dei pannelli dovrà essere continuativo e atto pertanto a mantenere una certa temperatura nelle ore di non utenza mentre l'aria provvede alla rapida messa a punto e al mantenimento delle condizioni volute nonchè alle necessarie modulazioni ambientali.

Analogamente nella stagione estiva il raffrescamento viene dato quasi totalmente dall'aria condizionata, con leggero apporto da parte dei pannelli.

L'aria affluisce nel salone tramite 13 bocchette sistemate sui tre lati confinanti con l'esterno. La costituzione e l'architettura non permette il passaggio di condotti sul quarto lato adiacente agli uffici.

Le bocchette di ripresa sono situate nelle alzate dei gradini della parte di pavimento sopra-alzata, e della parte ribassata costituente la « corbeille ».

Altre due a pavimento sono disposte sul lato di confine con gli uffici sufficienti a che anche quella zona venga opportunamente ventilata.

Il condotto di mandata corre perifericamente sotto il pavimento del locale sottostante il salone e della medesima area (autorimessa) e costituisce un anello chiuso.

Da questo salgono i canali montanti fino alle bocche di mandata. I condotti di ricupero scendono a fianco dei pilastri centrali dell'autorimessa e sempre sotto il pavimento di questa ritornano alla cella condizionatrice. Le cabine telefoniche sono pure ventilate, essendo con opportuni condotti collegate, col canale di aspirazione.

L'aria giunge alle cabine del salone stesso mediante un passaggio disposto sotto la pedana delle stesse.

Quest'aria si riscalda ulteriormente in quanto lambisce un tubo che corre sotto le predelle delle cabine stesse. Ciò al fine di elevare la temperatura in questi piccoli ambienti che hanno una intera parete confinante con l'esterno e ovviare alla sensazione di freddo che altrimenti l'irradiazione di questa creerebbe pur avendo l'aria la temperatura di 18° Cg.

La bocca di presa dell'aria esterna è sita nel giardino a Nord dell'edificio.

Regime invernale.

L'impianto è calcolato per avere con una temperatura esterna minima di -10° Cg. una temperatura interna minima reale di +18° Cg. ed una umidità relativa interna compresa tra il 60 % e il 70 %.

Data la scarsa durata dell'utenza e perciò la rimarchevole intermittenza di esercizio e dato il grande volume dell'ambiente in questione, si è pensato di dotare l'impianto di una potenza necessaria ad ottenere la temperatura voluta in modo rapido, prescindendo cioè dalla mandata a regime delle masse murarie.

I calcoli prevedono che durante la sospensione del condizionamento i soli pannelli dovrebbero mantenere una temperatura minima aggirantesi intorno alla decina di gradi.

Il pavimento può essere portato alla temperatura media massima di 26° Cg. e richiede una produzione durante le ore di utenza (cioè con la temperatura reale di +18° Cg.) di circa 120.000 calorie/ora.

Nella camera di condizionamento vengono fornite all'aria, complessivamente circa 430.000 calorie/ora, ivi compreso la mandata a regime e il disperdimento dei canali.

La ventilazione della sala avviene in ragione di 2 ricambi all'ora e cioè per una portata di 40.000 mc/ora d'aria di cui circa il 30 % (pari a circa 25 mc/ora per persona) è rinnovabile con aria di presa esterna.

Le vicissitudini dell'aria vengono pertanto ad essere le seguenti: (Fig. 1)

Ingresso dell'aria nel locale: 41.000 Kg. ora a 42° Cg - (Punto A).

Salto entalpico nel locale: 5,6 cal/Kg. (AB).

Aria ricircolata: 28.000 Kg./ora a 18° Cg. con circa il 65 % di umidità relativa - (Punto B).

Aria di presa esterna 12.000 Kg./ora a -10° Cg. col 60 % di umidità relativa - (Punto C).

Condizioni della miscela dell'aria ricircolata e di quella di presa esterna: circa 9° Cg. - (Punto D).

Filtraggio dell'aria attraverso un filtro umettato d'olio.

Lavaggio energico dell'aria nella cella eseguita con acqua di pozzo snebbiata da appositi ugelli (espansione di 3 atmosfere) supposta alla temperatura di 13° Cg.; umidificazione con acqua riscaldata da apposito scambiatore: salto entalpico complessivo 1,8 cal/Kg. cioè un apporto di circa 75.000 cal/ora (DE).

Il lavaggio costituisce un'azione estremamente benefica per quanto riguarda la rigenerazione dell'aria viziata, poichè in queste condizioni l'acqua precipita i fumi, assorbe CO₂ ed altri gas che costituiscono il viziamento dell'aria.

Questa si viene ora a trovare alla temperatura di circa 13° Cg. (Punto E) ed una umidità relativa del 90 ÷ 100 %.

Un separatore di gocce a chicanes priva l'aria dell'acqua in sospensione.

Riscaldamento mediante batteria in tubo alettato a correnti contrarie della potenza di 350.000 calorie/ora (EF), per poter portare l'aria a circa 47° Cg. considerando con questa temperatura un margine per il disperdimento e la mandata a regime dei canali.

Regime estivo (Fig. 2).

La potenzialità dell'impianto è calcolata per:

- temperatura esterna +30° (misurata all'ombra (Punto C));
- umidità relativa esterna massima 90% (Punto C);

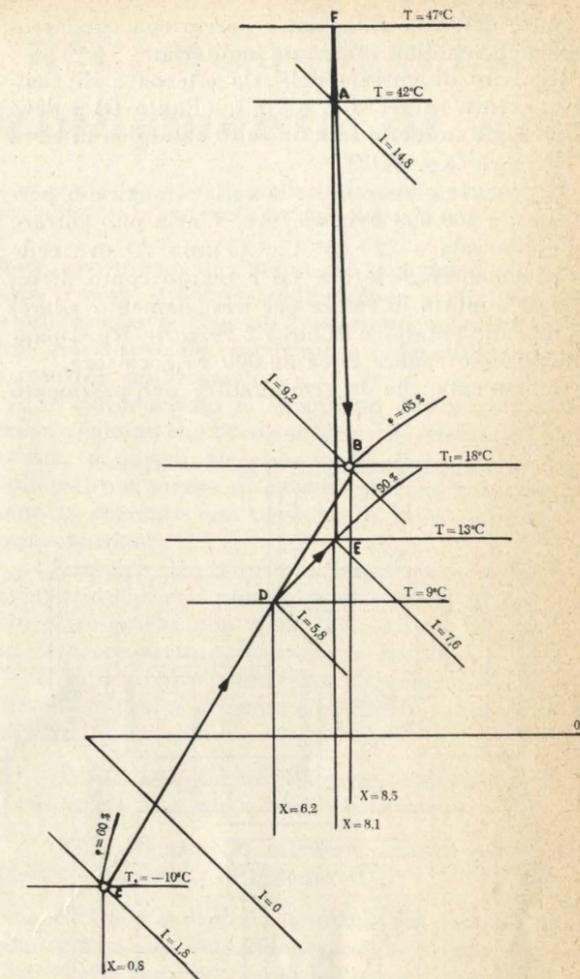


Fig. 1.

- minima temperatura interna circa 26° Cg. (Punto B);
 - massima umidità relativa interna 60% (Punto B).
- Contribuiscono alla refrigerazione 40.000 litri/ora d'acqua di pozzo alla temperatura di 13°. Quest'acqua viene snebbiata nella cella da appositi ugelli disposti su ranghi in serie rispetto all'aria. Avviene qui cessione di calore sensibile e latente

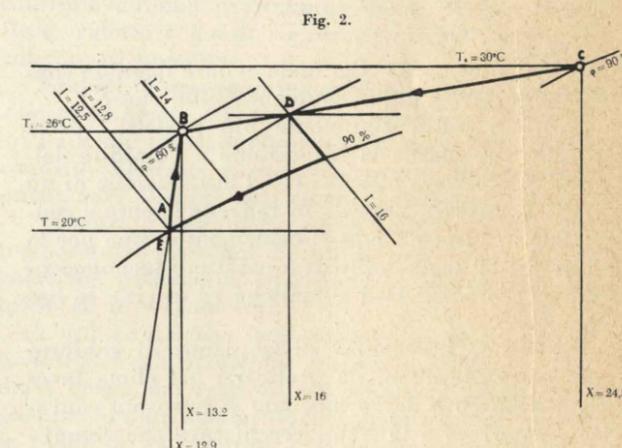


Fig. 2.

da parte dell'aria all'acqua e perciò con condensazione dell'umidità contenuta nell'aria.

Il punto di miscela dell'aria esterna e di ricupero si trova sui 27° Cg. e 70 % (Punto D) e deve nel lavaggio suddetto fare un salto entalpico di circa 3,5 Frigorie/Kg. (DE).

Le frigoriferie elaborate nella cella si aggirano pertanto sulle 140.000 Frigorie/ora. L'aria può entrare così nella sala a 22÷23° Cg. (Punto A) ove cede circa 90.000 Frigorie/ora (si è tenuto conto di un parziale apporto di calore per irraggiamento solare) con un salto entalpico di circa 2 Frigorie/Kg. I pannelli possono cedere circa 30.000 Frigorie/ora.

È prudente che la temperatura del pavimento

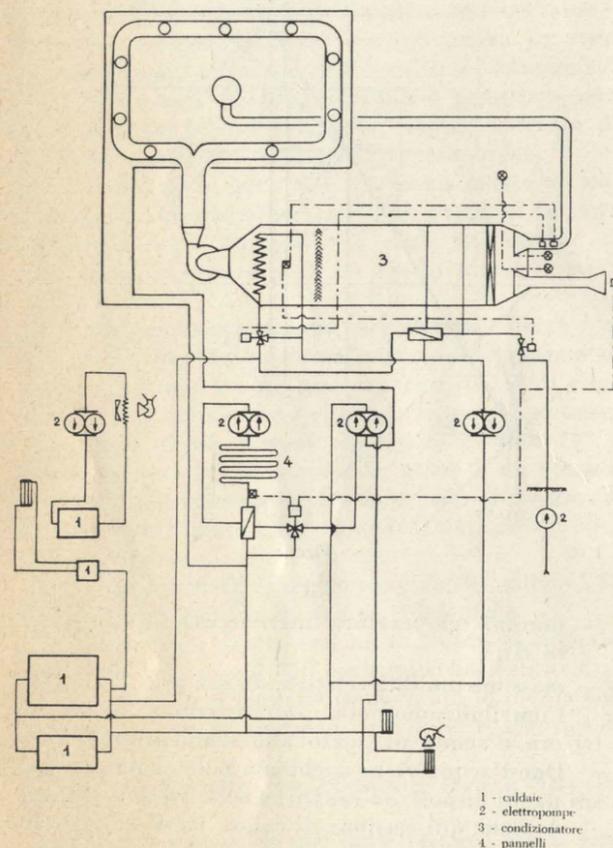


Fig. 3.

non scenda sotto i 23° Cg. onde evitare dannose condensazioni dell'umidità ambiente sullo stesso.

Risultati indiscutibilmente più perfetti, specie per quanto riguarda la regolazione e l'umidità dell'aria, si sarebbero ottenuti con l'installazione di un gruppo frigogeno, batteria di raffreddamento e condensazione e con un post-riscaldamento come per lo più necessita negli impianti a carattere tecnologico, o là dove le condizioni climatiche ed esterne lo impongono.

Senonchè, trattandosi di impianto di conforto come detto all'inizio, da praticarsi nel clima favorevole della città di Torino, non si è trovato conveniente ricorrere a tali apparecchiature che compli-

cherebbero assai l'installazione, ma soprattutto oltremodo la manutenzione e la gestione tanto che il vantaggio di precisione tecnica non meriterebbe il maggior carico economico e pratico di conduzione.

Regime di mezza stagione (condizioni esterne favorevoli alle condizioni interne).

Si possono fornire: 2 ricambi all'ora con aria totalmente presa dall'esterno.

Quest'aria viene filtrata ed inviata semplicemente nella sala.

Questa sulla sommità è dotata di apposita bocca di espulsione.

A facilitare la conduzione del servizio termico per il salone in questione, provvede la regolazione automatica di cui gli impianti (pannelli e condizionamento) sono dotati.

I pannelli sono regolati estate ed inverno in funzione della temperatura esterna.

Un termostato situato nel canale di ricupero dell'aria regola la batteria riscaldante, e pertanto la temperatura della sala, mentre un umidostato sito nella sala o pure esso nel condotto di ricupero collegato con un termostato di compenso allogato dopo l'umidificatore, regola lo stato igrometrico dell'ambiente, agendo sull'erogazione dell'acqua di umidificazione.

La ventilazione può essere regolata dal direttore di sala dal locale stesso mediante un comando potenziometrico che agisce, tramite servomotore, sulla serranda dell'aria di ricambio.

Dalla centrale sono regolabili allo stesso modo le varie serrande di regolazione.

Un quadro elettrico nel locale della centrale riproduce con segnali luminosi le varie funzionalità, come: i 4 bruciatori di nafta, l'elettro-ventilatore centrifugo, le 9 elettropompe centrifughe, ecc. ecc., (per complessivi 45 CV circa), disposte secondo la corrispondente posizione in pianta, in modo da indicare al conduttore quale circuito è in funzione: poichè occorre notare che la centrale provvede inoltre, al riscaldamento degli uffici, dell'autorimessa e dell'alloggio del custode, con circuiti fra loro indipendenti.

Questa per sommi capi la situazione generica base, che ha servito ad inquadrare il complesso problema; ossia il piano regolatore che ha tracciato il processo degli studi analitici piuttosto laboriosi ed eccezionali, e la cui realizzazione ha richiesto una collaborazione armonica laboriosissima colla Direzione dei Lavori, che con rara perizia ha permesso lo svolgimento tutt'altro che semplice dell'opera.

Questa condizione astratta e non appariscente è di primaria importanza, diremo essenziale, per la concretazione di impianti del genere; i quali per la loro stessa natura, debbono essere creazione tecnica plasmata da percezione quasi artistica, esulando in certi punti imponderabili dalla rigida applicazione tecnica o scientifica.

Venanzio Laudi

Controllo dell'umidità nel ciclo invernale per impianti di condizionamento di aria

Dopo aver brevemente accennato ai pregi degli automatismi negli impianti di condizionamento d'aria, l'A. descrive le caratteristiche di funzionamento di alcuni sistemi in uso nella pratica odierna.

Prima di trattare l'argomento per cui questo articolo è stato redatto, desidero chiarire alcuni punti principali sulla questione dei controlli automatici, specialmente per la loro applicazione in impianti di riscaldamento, ventilazione o condizionamento dell'aria.

Si può affermare che nella maggior parte dei casi i controlli automatici sono applicati per i seguenti scopi:

1) Assicurare determinate condizioni di temperatura, pressione o umidità che vengono richieste o sono desiderate.

2) Servire come mezzo di sicurezza per mantenere delle temperature, pressioni o umidità entro determinati limiti o per impedire il funzionamento di determinati macchinari quando ciò presenta delle caratteristiche pericolose.

3) Assicurare dei risultati economici, fornendo dei cicli operativi uniformi ed impedendo il funzionamento dell'impianto in tempi superflui od eccessivi.

4) Eliminare l'errore umano. Un sistema automatico di controllo completo e ben progettato è in grado di coordinare le varie funzioni ed i componenti di un impianto di riscaldamento, di ventilazione o di condizionamento dell'aria, in modo tale da rendere impossibile una regolazione manuale. Naturalmente, a questo scopo, occorre fare una netta distinzione fra il sistema di controlli automatici ed il macchinario che viene controllato da essi.

Ora, per identificare le caratteristiche di un sistema di controlli automatici, bisogna ricordare che esso deve misurare una piccola variazione nella variabile controllata. Di solito, ciò significa misurare la temperatura o l'umidità o la pressione e provocare una variazione contrapposta nel funzionamento del macchinario controllato che chiameremo di condizionamento.

Questo sistema di controlli automatici deve funzionare in modo tale da agire con il minor ritardo possibile, pur essendo spesso anche posto a qualche distanza.

Non ci dilungheremo sulle caratteristiche di uno strumento di controllo, ma occorre ricordare che le quattro caratteristiche fondamentali che esso deve presentare sono: la necessità di un'accurata misura della variabile controllata, la necessità di evitare, per quanto possibile l'inerzia sempre presente nell'impianto, la necessità d'avere un differenziale regolabile largamente e la necessità di evitare un controllo oscillante o troppo, o poco.

Consideriamo gli strumenti di controllo dal punto di vista del mezzo materiale per farli funzio-

nare, ovverossia del mezzo di comando, essi possono essere suddivisi nella classe « elettrico » o « pneumatico », facendo eccezione solamente per una classe speciale che di solito è denominata come « controlli autoregolatori ».

Se consideriamo lo strumento di controllo elettrico, vediamo che la sua sorgente di energia è l'elettricità, e quindi gli apparecchi di controllo sono collegati per mezzo di circuiti elettrici che trasportano la corrente con tensione di linea oppure con bassa tensione.

L'impiego di controlli a bassa tensione offre il vantaggio che essi possono essere installati con minor costo poichè non viene richiesto il collegamento in cavo corazzato o in condotto metallico.

L'impiego di questo tipo di controllo è largamente diffuso e presenta i seguenti vantaggi principali:

1) È adatto per installazione in qualsiasi punto a cui arriva una rete elettrica commerciale.

2) I collegamenti necessari sono di solito semplici e convenienti da montare.

3) I comandi dello strumento di controllo possono essere applicati abbastanza facilmente da produrre varie combinazioni e sequenze di comando nei circuiti elettrici e negli organi di regolazione.

4) L'elettricità si presta facilmente alla necessaria amplificazione o maggiorazione dei piccoli movimenti per la piccola potenza presente nello strumento di controllo.

Se il sistema è pneumatico, gli apparecchi di controllo sono collegati per mezzo di tubetti in cui c'è aria compressa fornita da un compressore. L'aria fornita dal compressore è di solito immagazzinata in un serbatoio ad una pressione da 2 a 6 atm. circa e viene alimentata dal serbatoio agli strumenti di controllo ad una pressione costante di una atmosfera, ridotta a questo valore per mezzo di un regolatore di pressione.

I tubetti d'aria sono in genere in rame o in ferro zincato ed hanno dimensioni variabili fra 1/8" e 2".

Le stesse funzioni che possono essere fornite dai controlli elettrici si possono avere dai controlli pneumatici facendo solo alcune eccezioni.

I controlli pneumatici sono adatti per regolare temperature, pressioni o umidità e gli organi di regolazione pneumatici consistono in valvole di controllo ed in servomotori.

L'unica categoria importante che non è rappresentata fra gli strumenti pneumatici, è costituita dalla classe dei controlli di sicurezza poichè per esempio il funzionamento di un bruciatore, anche in edifici in cui il resto del sistema di controllo è

Controllo umidità ciclo invernale

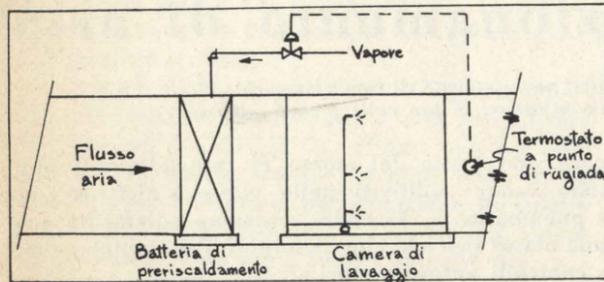


Fig. 1.

pneumatico, è di solito controllato per mezzo di apparecchi elettrici.

L'impiego dei sistemi pneumatici è comune sia per il controllo di macchinario per il riscaldamento ed il condizionamento d'aria in edifici civili che per impianti in edifici industriali, ed è anche impiegato per alcuni tipi di applicazione di riscaldamento domestico.

Di solito, più è grande lo spazio in cui è previsto un impianto centralizzato di riscaldamento o di condizionamento dell'aria e più si adatta l'impiego dei controlli pneumatici.

Il controllo pneumatico, offre un certo numero di vantaggi principali, specialmente negli edifici commerciali ed industriali.

1) Lo strumento pneumatico è essenzialmente adatto per il funzionamento modulante, pur potendosi avere facilmente anche il funzionamento a tutto o niente ovvero a due posizioni.

2) Si può ottenere una grande varietà di sequenze di controllo e di combinazioni con l'impiego di un numero limitato di apparecchi e ciò è sen-

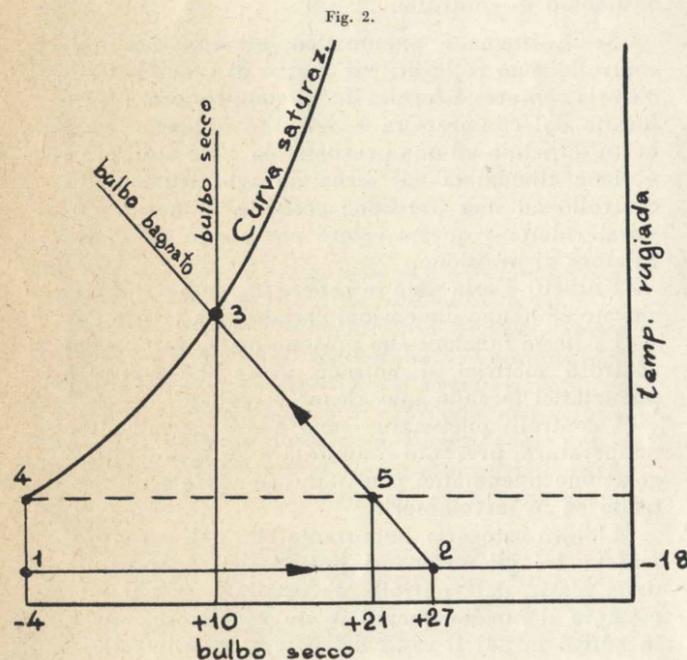


Fig. 2.

z'altro più semplice che non nel caso degli strumenti elettrici.

3) Lo strumento pneumatico non dà fastidi ed è completamente sicuro durante il suo funzionamento, anche dove esistono umidità relative molto alte o pericoli di esplosione. Anche in presenza di difficoltà operative è semplice rintracciare queste difficoltà e correggerle.

4) Il costo degli strumenti, del montaggio, del funzionamento e della manutenzione è relativamente basso.

Ciò è specialmente vero per grandi impianti, in edifici già esistenti e nei luoghi in cui le norme elettrotecniche richiedono che i collegamenti elettrici, pur essendo a bassa tensione, siano fatti in condotto metallico.

Esaminati questi aspetti del controllo automatico, vediamo di affrontare un particolare problema che si presenta normalmente in tutti gli impianti in cui vi è un trattamento dell'aria e cioè: sia in caso di condizionamento integrale dell'aria sia nel caso di riscaldamento.

In entrambi i casi cioè il controllo dell'umidità nella fase invernale deve essere senz'altro accurato per evitare l'inconveniente diffusissimo della troppa secchezza dell'aria.

Durante i mesi invernali possono essere impiegati per il controllo dell'umidità negli impianti di condizionamento dell'aria due metodi distinti.

Il primo metodo, che è anche il più comune, consiste nel controllare la temperatura dal punto di rugiada dell'aria di alimentazione.

Il secondo metodo, che discuteremo in seguito, consiste nel controllare direttamente l'umidità relativa dell'aria di circolazione oppure dell'aria ambiente.

Nel primo tipo, in cui si controlla la temperatura del punto di rugiada, vi sarà naturalmente una leggera variazione dell'umidità relativa dell'ambiente. Nondimeno questa variazione non è molto importante per gli impianti di condizionamento per comfort, poichè è facilmente possibile mantenere l'umidità nell'ambiente condizionato al di sopra del limite più basso del 30%.

Quando si controlla il punto di rugiada dell'aria da immettere nell'ambiente, si possono adottare due metodi. Il più comune dei due consiste nel piazzare un termostato immediatamente a valle della camera di lavaggio. Questo termostato controllerà l'alimentazione di vapore o di acqua calda ad una batteria di pre-riscaldamento piazzata immediatamente a monte della camera di lavaggio, come mostrato nella figura 1.

Se il rendimento di umidificazione della camera di lavaggio fosse del 100%, questo controllo potrebbe dare un risultato molto accurato fornendo una temperatura a punto di rugiada molto precisa, come descritto nella figura 2. L'aria che entra nel pre-riscaldatore verrebbe sempre riscaldata ad una temperatura tale che la sua temperatura a bulbo bagnato sarebbe eguale al punto di controllo del termostato.

Supponiamo infatti che il termostato abbia il punto di controllo a $+10^{\circ}\text{C}$. Se l'aria entra ad una temperatura a bulbo secco di -4°C , ed a una temperatura a punto di rugiada di -18°C , (punto 1) essa verrebbe riscaldata dal preriscaldatore ad una temperatura a bulbo secco di quasi $+27^{\circ}\text{C}$, ed ad una temperatura a bulbo bagnato di $+10^{\circ}\text{C}$, come indicato dal punto 2.

L'aria che entra nell'umidificatore verrebbe quindi umidificata e raffreddata dal punto 2 al punto 3. Nel punto 3 l'aria uscirebbe saturata a $+10^{\circ}\text{C}$, se il rendimento dell'umidificatore fosse del 100%.

Influenza del rendimento di umidificazione della camera di lavaggio.

Se lo stato iniziale dell'aria fosse rappresentato dal punto 4 della figura 2 invece che del punto 1, l'aria verrebbe riscaldata allora dalla batteria di pre-riscaldamento fino al punto 5 (anch'esso sulla linea a bulbo bagnato di $+10^{\circ}\text{C}$).

Con un rendimento dell'umidificatore del 100%, l'aria entrante nell'umidificatore verrebbe quindi umidificata e raffreddata fino al punto 3. Notare che la condizione finale dell'aria è sempre rappresentata dal punto 3 sia se l'aria entra nell'umidificatore nello stato rappresentato dal punto 1, o punto 4.

Il preriscaldatore controllato dal termostato a punto di rugiada preriscalderebbe sempre l'aria ad una temperatura a bulbo bagnato $+10^{\circ}\text{C}$, che corrisponde appunto al punto di controllo del termostato.

È quindi possibile ottenere l'aria ad uno stato finale costante senza riguardo allo stato iniziale dell'aria stessa solamente quando l'umidificatore ha un rendimento del 100%, cioè: quando l'aria esce dall'umidificatore completamente saturata.

Nondimeno, è importante notare che gli umidificatori non possono avere mai un rendimento di umidificazione del 100%.

L'umidificazione dell'aria per impianti di condizionamento per confort, infatti, non rende ammissibile le spese che si hanno impiegando camere di lavaggio che diano un rendimento del 90% e che sono lunghe e a due batterie di spruzzatori.

Le camere che vengono normalmente impiegate hanno una lunghezza di circa mt. 1,50-2, con un rendimento del 65%. Il loro impiego è soddisfacente, sempre che essi siano controllati in modo adatto.

Nondimeno, un termostato a punto di rugiada che controlla una batteria di pre-riscaldamento, come illustrato nelle figure 1 e 2, non può mantenere la temperatura a punto di rugiada dell'aria in arrivo a un punto costante se l'umidificazione ha un rendimento minore del 100%.

Ciò, se supponiamo che il termostato a bulbo secco, posto a valle dell'umidificatore, abbia il punto di controllo a $+10^{\circ}\text{C}$, questo termostato a bulbo secco controllerà il punto di rugiada dell'aria in condizione saturata.

Inoltre, poichè questo termostato è sempre un termostato a bulbo secco, lo stato dell'aria che esce

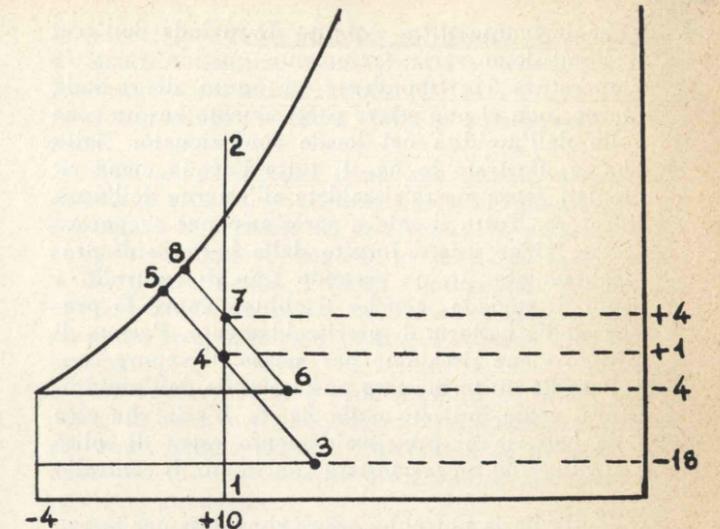


Fig. 3.

dall'umidificatore verrà rappresentato da un punto lungo la linea verticale 1-2 della temperatura a bulbo secco $+10^{\circ}\text{C}$, come indicato nella figura 3.

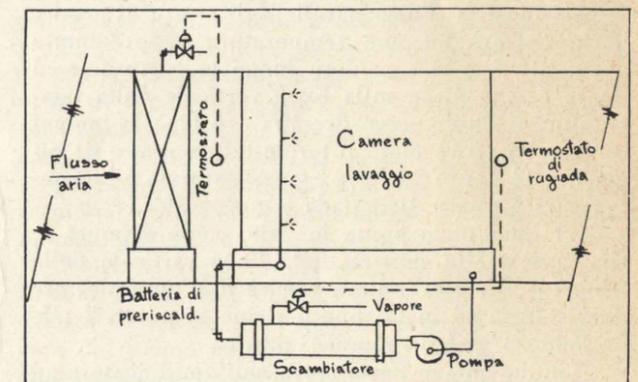
Se l'aria entra ad un punto di rugiada di -18°C , essa verrà riscaldata ad un punto tale che la distanza da 3 a 4 sarà il 65% della distanza da 3 a 5, (ammettendo infatti che il rendimento dell'umidificatore sia del 65%).

L'aria che esce dall'umidificatore sarà quindi ad una temperatura a punto di rugiada di $+1^{\circ}\text{C}$, come rappresentato dal punto 4. D'altra parte, supponiamo che l'aria entri ad una temperatura a punto di rugiada di -4°C . In questo caso, essa verrà riscaldata solamente ad un punto 6, tale che la distanza 6-7 sarà il 65% della distanza 6-8.

L'aria, uscirà quindi dall'umidificatore ad un punto di rugiada più alto pari a $+4^{\circ}\text{C}$.

È ovvio quindi che con umidificatori di tipo normale, aventi un rendimento del 65%, il tipo di controllo illustrato nella figura 1, dà temperature a punto di rugiada variabili largamente a seconda della temperatura a punto di rugiada dell'aria in ingresso. Non solamente è quindi impossibile, con questo tipo di controllo, ottenere una umidità relativa costante nell'ambiente condizionato, ma è anche impossibile ottenere una temperatura a punto di rugiada costante dell'aria di immissione.

Fig. 4.



Se la temperatura a punto di rugiada dell'aria di immissione varia largamente quando varia la temperatura corrispondente al punto di rugiada esterna, non vi può essere praticamente nessun controllo dell'umidità nel locale condizionato. Nello schema illustrato in fig. 1, tutta l'acqua viene ricircolata senza essere riscaldata all'esterno dell'umidificatore. Tutto il calore necessario per evaporare l'acqua viene infatti fornito dalla batteria di preriscaldamento. In un secondo tipo di controllo a punto di rugiada, benchè si abbia sempre la presenza della batteria di preriscaldamento, l'acqua di spruzzo viene riscaldata per mezzo di vapore controllato da un termostato posto a valle dell'umidificatore, come indicato nella fig. 4. L'aria che esce dalla batteria di preriscaldamento verrà di solito controllata da un termostato con punto di controllo costante.

Tutta l'aria potrebbe essere riscaldata per mezzo dell'acqua calda di spruzzo, ma vi può essere il pericolo di brinature, specialmente durante le temperature esterne bassissime e quindi è meglio usare la batteria di preriscaldamento.

L'aria che esce dall'umidificatore, sarà quindi ad un grado molto vicino alla saturazione, benchè vi sarà sempre una differenza di alcuni gradi fra le temperature a bulbo secco ed a bulbo bagnato dell'aria uscente dall'umidificatore. Di conseguenza: ciò significa che vi sarà una leggera variazione della temperatura a bulbo di rugiada a seconda dei valori delle temperature a bulbo secco ed a bulbo rugiada dell'aria in ingresso. Nondimeno questa leggera variazione non è importante per impianti di comfort e può anche non essere presa in considerazione.

È consigliabile il riscaldamento dell'acqua di spruzzo.

Con lo schema di controllo illustrato nella fig. 4, la temperatura a punto di rugiada dell'aria immessa nell'ambiente può essere mantenuta praticamente costante, per qualsiasi condizione, se la temperatura a bulbo secco dell'aria che entra nell'umidificatore è sempre più bassa del punto di controllo del termostato a punto di rugiada.

Fino a che la temperatura a bulbo secco dell'aria che entra nell'umidificatore sarà più bassa del punto di controllo del termostato a punto di rugiada, lo stato dell'aria varierà lungo una linea curva come la 1-2-3 della fig. 5.

Avendosi un flusso parallelo di aria e di acqua, l'aria entrerà ad una temperatura rappresentata dal punto 1 e si riscalderà lungo la curva fino al punto 2, che giace sulla linea verticale della temperatura a bulbo secco di $+10^{\circ}\text{C}$., e cioè la temperatura a cui è regolato il termostato a punto di rugiada. Nel punto 2, l'aria è quasi saturata e la temperatura a punto di rugiada è quasi $+10^{\circ}\text{C}$.

Per qualunque punto iniziale, come il punto 1, che giaccia alla sinistra della linea verticale della temperatura $+10^{\circ}\text{C}$., l'aria uscirà dall'umidificatore quasi saturata ed in un punto vicino al punto 2 tale da soddisfare tutti i requisiti pratici.

Nondimeno, se l'aria entra nell'umidificatore ad

una temperatura a bulbo secco rappresentata dal punto 4 che rimane alla destra della linea verticale di $+10^{\circ}\text{C}$., l'ammissione di vapore al riscaldatore dell'acqua verrà immediatamente strozzata poichè l'acqua non ha bisogno di riscaldare l'aria.

L'acqua ha bisogno solamente di fornire una parte del calore latente necessario per evaporare l'acqua nell'aria; il rimanente del calore latente è fornito dal raffreddamento dell'aria stessa, poichè il termostato strozzerà l'ammissione di vapore fino a che l'aria esce ad una temperatura di $+10^{\circ}\text{C}$.. In questo caso, la temperatura dell'acqua verrà abbassata sufficientemente dal termostato a punto di rugiada in modo che l'aria venga raffreddata ed umidificata lungo la curva come la 4-5-6.

L'aria che entra nell'umidificatore nel punto 4, lascia lo stesso nella condizione rappresentata dal punto 5 lungo la linea verticale della temperatura a bulbo secco corrispondente a $+10^{\circ}\text{C}$., e cioè al punto di controllo del termostato.

Se l'aria entra nell'umidificatore, essendo preriscaldata ad un punto come 7, il termostato fermerà completamente il vapore poichè in questo caso l'aria passando attraverso l'umidificatore verrà raffreddata fino al punto 8, che anch'esso giace sulla linea di temperatura $+10^{\circ}\text{C}$., senza che alcun vapore venga immesso.

In questo caso l'aria nel raffreddarsi fino a $+10^{\circ}\text{C}$., e cioè fino al punto di controllo del termostato, cede tutto il calore latente necessario per evaporare l'acqua e cioè l'aria viene raffreddata adiabaticamente lungo la linea di temperatura a bulbo bagnato costante 7-8-9.

È da notare che fino a che la temperatura a bulbo secco dell'aria che entra nell'umidificatore è superiore al punto di controllo del termostato a punto di rugiada, la temperatura a punto di rugiada dell'aria uscente dall'umidificatore è più bassa di $+10^{\circ}\text{C}$..

I punti 5 e 8 rappresentano la condizione finale dell'aria, quando la sua temperatura iniziale a bulbo secco è superiore al punto di controllo del termostato, cioè i punti che rappresentano la condizione iniziale dell'aria, giacciono alla destra della linea verticale di $+10^{\circ}\text{C}$.. Da notare che nei punti 5 e 8 l'aria non è satura e le temperature a punto di rugiada di questi due punti sono al disotto del punto 2.

Per qualunque temperatura iniziale a bulbo secco che sia più alta del punto di controllo del termostato a punto di rugiada, la temperatura a punto di rugiada dell'aria uscente dall'umidificatore non può quindi essere controllata.

Di conseguenza, se la temperatura a punto di rugiada immessa nel locale deve essere mantenuta ad un valore pressochè costante, la temperatura a bulbo secco dell'aria che entra nell'umidificatore deve essere sempre più bassa del punto di controllo del termostato a punto di rugiada.

Se la temperatura a bulbo bagnato dell'aria che entra nell'umidificatore è più alta della temperatura a bulbo bagnato nel punto 7, il vapore non verrà ammesso e l'umidificatore funzionerà come una semplice camera di lavaggio. In questo caso,

sia la temperatura a bulbo bagnato che la temperatura a punto di rugiada dell'aria uscente dal lavaggio saranno sempre più alte che non le stesse temperature al punto 8. Non vi può essere quindi nessun controllo dell'umidità in questo caso con il metodo a punto di rugiada.

Occorre notare che fino a quando la temperatura a bulbo secco dell'aria che entra nella camera di lavaggio è compresa fra i punti 1 e 7, la temperatura a punto di rugiada dell'aria che esce dalla camera di lavaggio si troverà tra i punti 2 e 8 lungo la linea verticale della temperatura a $+10^{\circ}\text{C}$..

Quanto più è vicina la temperatura dell'aria al punto 7, tanto più vicina sarà la temperatura del punto di rugiada al punto 8. Nondimeno, se la temperatura a bulbo secco dell'aria di immissione è più alta del punto 7 la temperatura a punto di rugiada dell'aria immessa, continuerà a salire proporzionalmente all'aumento della temperatura dell'aria entrante.

Il limite a cui la temperatura a punto di rugiada dell'aria immessa può salire in questo caso dipende solamente dalle temperature più alte a bulbo secco ed a bulbo bagnato a cui l'aria entra nella camera di lavaggio, proprio come nelle comuni camere di lavaggio non controllate.

Controllo delle serrande sull'aria esterna e sull'aria di ritorno.

Con il tipo di controllo a punto di rugiada illustrato nella fig. 4, il termostato che controlla la temperatura dell'aria che entra nella camera di lavaggio, dovrebbe non solamente controllare la batteria di preriscaldamento ma dovrebbe in aggiunta controllare le serrande sull'aria esterna e sull'aria di ritorno in modo che la temperatura a bulbo secco della miscela che entra nella camera di lavaggio sia sempre più bassa del punto di controllo del termostato a punto di rugiada.

Se le serrande sull'aria di ritorno e sull'aria esterna non sono controllate, è frequente il caso che la temperatura a bulbo secco della miscela sia troppo alta con il risultato che la temperatura a punto di rugiada dell'aria di immissione non sarà più controllata.

Negli impianti in cui una grande quantità di aria di ritorno viene rimessa in circolazione, può darsi il caso che non sia possibile mantenere la temperatura della miscela che entra nella camera di lavaggio ad un punto abbastanza basso da permettere che il controllo a punto di rugiada funzioni in modo adatto.

È probabile che non si possa ottenere una temperatura della miscela sufficientemente bassa e tale da assicurare un controllo soddisfacente, eccezione fatta per temperature esterne molto basse. In questo caso occorrerebbe fare un attento esame per assicurarsi che non ci sia necessità di controllo accurato dell'umidificazione per temperature esterne più elevate, a cui la temperatura della miscela sarà superiore al punto di controllo del termostato a punto di rugiada.

Se viene impiegata una quantità di aria di ritorno tale che anche con basse temperature esterne,

la temperatura della miscela che entra nella camera di lavaggio viene ad essere troppo alta, può verificarsi una sovraumidificazione che può essere dannosa soprattutto a causa della condensazione sui vetri.

Nel caso che venga usata una grande quantità di aria di ritorno, può essere necessario umidificare solamente la corrente di aria esterna e piazzare il controllo a punto di rugiada in questa corrente.

In questo modo, i locali condizionati possono essere umidificati anche se viene controllata solamente la temperatura a punto di rugiada dell'aria esterna.

Un tale controllo è soddisfacente di solito per edifici in cui non vi sono sorgenti importanti interne di calore latente durante l'inverno e le perdite di calore latente sono sempre più grandi di qualunque possibile guadagno.

Con questo tipo di controllo a punto di rugiada,

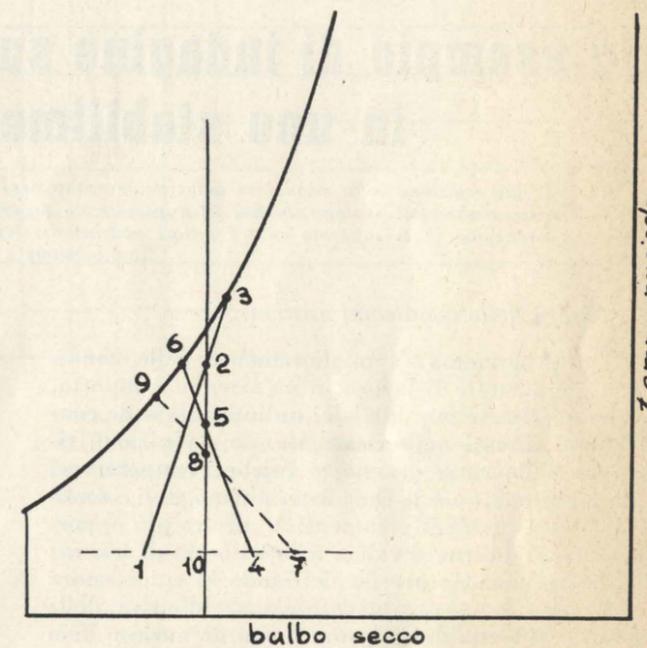


Fig. 5.

si ha che i preriscaldatori, controllati da un termostato sull'aria esterna, vengono a creare dei fastidi.

Di solito vengono impiegati due gruppi di batterie di preriscaldamento, in serie. L'ingresso del vapore al primo gruppo è controllato per mezzo di un termostato a tutto o niente con il punto di controllo a $+2^{\circ}\text{C}$., temperatura dell'aria esterna.

Questo termostato, lascia passare la piena pressione di vapore nel primo gruppo dei preriscaldatori, ogni qualvolta la temperatura dell'aria esterna cade al disotto di $+2^{\circ}\text{C}$.. Il secondo gruppo di preriscaldamento è naturalmente controllato da un termostato modulante posto nella corrente di aria appena a monte della camera di lavaggio.

Il primo gruppo di preriscaldamento è di solito di dimensione sufficiente da far sì che, per le condizioni di temperatura esterna più gravose, l'aria esca dal primo gruppo sempre al disopra di 0°C .. In tal modo, se la temperatura più bassa è di $+20^{\circ}\text{C}$.,

una batteria ad un rango del tipo comunemente impiegato, riscalderebbe l'aria ad una temperatura finale di circa +7°C.

Nondimeno se la temperatura esterna è di soli -1°C, questa batteria riscalderebbe l'aria a +25°C. In queste condizioni, anche con tutta aria esterna o con una miscela di aria esterna ed aria di ritorno non si otterrebbe alcun controllo della temperatura a punto di rugiada dell'aria immessa se il termostato a punto di rugiada fosse alla temperatura comunemente impiegata di +10°C.

Con questo tipo di controllo della temperatura di rugiada, è particolarmente importante che non vengano impiegate batterie con immissione a tutto o niente del fluido riscaldante, ed inoltre che la temperatura della miscela di aria esterna e di ritorno entri nella camera di lavaggio essendo con-

trollata ad un punto più basso del punto di controllo del termostato a punto di rugiada.

Impiego di valvola ad azione inversa.

Occorre notare che quando viene impiegato il vapore per riscaldare l'acqua dell'umidificatore e si impieghi perciò una valvola pneumatica per vapore, occorre sempre scegliere il tipo di valvola ad azione inversa.

Infatti, in caso di mancanza di pressione d'aria nelle linee di controllo, questa valvola rimarrebbe chiusa.

Se si installasse una valvola ad azione diretta il vapore troverebbe via libera in caso di mancanza di pressione di aria e si avrebbe una condizione disastrosa di sovraumidificazione.

U. Stefanutti

Un esempio di indagine sulle condizioni ambientali in uno stabilimento industriale

È una relazione sulla minuziosa indagine, eseguita negli Stabilimenti Olivetti di Ivrea, relativa alle condizioni ambientali esistenti, al fine di impostare un programma di miglioramento delle stesse; con particolare attenzione ci si sofferma su tre fattori ambientali: temperatura (tenendo conto di umidità e ventilazione), illuminazione e rumorosità.

La misura delle condizioni esistenti.

Un programma di miglioramento delle condizioni ambientali di lavoro in un'azienda comporta, come necessaria fase iniziale, un'indagine sulle condizioni esistenti e precisamente: la definizione rigorosa delle varie grandezze fisiche (temperatura, illuminazione, ecc.) che determinano tali condizioni; la scelta degli strumenti di misura più opportuni per stabilirne il valore in ogni posto di lavoro; la determinazione precisa del modo in cui eseguire in pratica le misure; la esecuzione effettiva delle misure. Si tratta di un lavoro lungo, minuzioso, non facile da impostare su basi scientifiche eppure praticamente attuabili, sovente omesso o trascurato perchè misconosciuto nella sua importanza di indispensabile punto di partenza per migliorare le condizioni d'ambiente.

È estremamente utile che un piano di indagini di questo genere sia condotto dai tecnici di stabilimento in stretta collaborazione con il medico di fabbrica, che alla capacità professionale unisca una acuta sensibilità per i problemi dell'uomo al lavoro e buone conoscenze generali delle esigenze della produzione. Infatti definizione e misura delle varie condizioni ambientali devono avvenire in funzione delle caratteristiche fisiologiche dell'organismo umano; per ognuna delle grandezze misurate, poi, il medico deve fissare, in base a dettami dell'igiene del lavoro, i valori limiti tollerabili dall'organismo di chi lavora.

Vogliamo qui accennare brevemente ad un programma di misure di questo genere, condotto negli Stabilimenti di Ivrea. L'incarico fu affidato ad una

Commissione di cui facevano parte rappresentanti del Servizio Metodi, del Centro Prevenzione Infortuni, del Servizio Personale e degli operai; la Commissione era assistita da membri del Servizio Sanitario (medico di fabbrica) e del Servizio Assistenza Sociale (assistente sociale di fabbrica). Dell'aspetto « umano » del lavoro di questa Commissione si è accennato mesi or sono al Convegno dell'Umanitaria sulle condizioni del lavoratore nell'impresa industriale (Milano 4-6 giugno); illustreremo qui alcuni dettagli tecnici.

I « fattori ambientali » presi in esame e misurati in ogni posto di lavoro furono: temperatura (tenendo conto di umidità e ventilazione); illuminazione; rumorosità; polverosità; presenza di esalazioni; presenza di acqua allo stato liquido. Per mantenerci strettamente nel tema del Convegno, ci limiteremo nel seguito ai primi tre fattori.

Temperatura.

Misurare la temperatura di un ambiente di fabbrica, per stabilirne il *clima di lavoro*, è un problema di ben difficile soluzione. Si tratta infatti di determinare contemporaneamente la misura di tutti quei fattori che contribuiscono a creare una data temperatura ambientale. Di questi alcuni sono fattori fisici matematicamente definibili, quali la temperatura, la ventilazione, l'umidità relativa, la temperatura degli oggetti circostanti (irradiazione), altri invece sono fattori fisiologici che, non essendo rappresentabili matematicamente, sfuggono ad una valutazione rigorosa: il ricambio energetico, la sudorazione e l'irrorazione sanguigna della pelle.

La determinazione della temperatura effettiva

Officina..... Centro.....	1) ILLUMINAZIONE	2) TEMPERATURA	3) POLVEROSITÀ	4) RUMOROSITÀ	5) ESALAZIONI	6) CONTATTO DELLE MANI CON LIQUIDI	7) MASCHERE O SCHERMI	8) AMBIENTE	9) USURA INDUMENTI	TOTALE PUNTI	Osservazioni
Tipo di lavoro	1)	2)	3)	4)	5)	6)	7)	8)	9)		
Conduttore Torni Automatici	Lux 180	Catav. 19	-	decib 83	-	50+70 olio	-	grad. -	grad. 1°	-	Pomata Kerodex 18
Punti				1		0,5			0,5	2	
Centrifugazione pezzi T.A.	155	17	-	79		> 70 olio	-	-	1°		Pomata Kerodex 10 - guanti gomma
Punti						1			0,5	1,5	
Affilatura utensili T.A.	180	17	-	80		-	-	-	-		
Punti										0	
Sgrassatura al trichloroetilene	280	171	-	75	trietilina 0,617 mg./l	> 70 olio	-	-	-		
Punti					3	1				4	
Banchi	400	19	-	75		-	-	-	-		
Punti										0	
Magazzino MPA	145	15	-	68		-	-	-	-		
Punti										1	

avrebbe dato senza dubbio un risultato scientificamente esatto: essa è però, in pratica, molto difficile nel caso di lavori medi e pesanti. È stato quindi necessario partire da condizioni semplificate, per poter giungere ad una determinazione pratica: seguendo la vecchia proposta di Haldane abbiamo tenuto conto solo della temperatura e dell'umidità dell'ambiente, trascurando tutti gli altri fattori. A tale scopo è stato impiegato il catatermometro di L. Hill.

Riconosciamo noi stessi che il bulbo del Catatermometro di Hill, non avendo le stesse proprietà fisiche della pelle umana, non può essere considerato un termometro ideale, capace di darci il potere di raffreddamento dell'aria ambientale sulla superficie cutanea e polmonare: i catavalori hanno quindi un valore assai relativo. Le nostre misurazioni hanno permesso di stabilire che i catavalori optimum per il nostro genere di industria sono di 18 per reparti di montaggio, e da 19 a 21 per reparti di officina (1).

Illuminazione.

Il lavoro che si svolge nella nostra industria appartiene alla categoria dei lavori di precisione ed è

(1) Come è noto, il catavalore si ottiene dividendo una costante di taratura dello strumento per il tempo che il fluido impiega a discendere fra 2 riferimenti dello strumento stesso.

paragonabile, in alcuni casi, a quello dell'industria dell'orologeria: quindi una razionale illuminazione rappresenta una necessità assai sentita. Per questo motivo, ormai da alcuni anni si è adottato in quasi tutti i reparti la più razionale delle illuminazioni, quella cioè con lampade a fluorescenza. Ora, sia per questo fatto, sia per il tipo stesso di costruzione architettonica dello stabilimento (per cui gran parte delle pareti esterne sono costituite da estese vetrate), l'indagine in un tale ambiente ci ha permesso di ottenere dati di un certo interesse pratico. Eccone in breve alcuni:

a) l'intensità di illuminazione media riscontrata nello stabilimento Olivetti è di circa 300 lux nei reparti di officina (arrivando a 400 e 500 per alcuni lavori fini) e di 350 lux nei reparti di montaggio; si tratta, come si vede, di valori un po' più elevati di quelli normalmente ritenuti sufficienti;

b) per quanto concerne le caratteristiche spettrali della luce, la nostra esperienza, che data ormai da alcuni anni, ci ha indirizzati verso le tonalità intermedie dello spettro e quindi più « calde » (warm-white e soft-white);

c) l'abbagliamento va scrupolosamente evitato, il che si ottiene solo con schermi adatti, alcuni aperti in basso, altri ermeticamente chiusi, così da creare una confortevole luce diffusa.

Rumorosità.

Il problema che si presenta di più difficile soluzione e che l'enorme incremento nella meccanizzazione ha messo in primo piano per tutti coloro che si dedicano all'igiene del lavoro, è la lotta contro i danni che esso arreca all'udito. Benchè sia ancora discusso l'effetto generale che i rumori esercitano sull'organismo dell'operaio, ora irritandolo, ora deprimendolo, non vi è alcun dubbio sulla loro importanza nel determinismo della sordità professionale.

È appunto in base a questa considerazione che abbiamo iniziato da oltre un anno una lotta sistematica contro i rumori. Le direttive principali di questo nostro programma sono state le seguenti:

1) Rilevazione della rumorosità nei vari ambienti di lavoro, allo scopo non solo di determinare i livelli di rumore, ma anche di stabilire un livello base contro il quale poter rivolgere i nostri sforzi futuri per la riduzione della rumorosità stessa. Tale misurazione venne eseguita mediante un fonometro della General Radio Co., col quale si determinò, in ogni posto di lavoro, la rumorosità, definita come intensità media delle punte massime e misurata in decibels. Si è per ora rinunciato alla misura della frequenza, essendo tale misura risultata poco agevole da eseguirsi in un gran numero di posti di lavoro, in quanto richiede un tempo piuttosto lungo e l'impiego di personale specializzato e di attrezzature ingombranti.

2) Esame audiometrico sistematico, eseguito in camera silente, di tutti gli operai che lavorano in ambienti nei quali si è rilevato un numero di decibels superiore ad 85.

Ecco i risultati più interessanti dedotti da queste misurazioni:

1) Il massimo di intensità è stato riscontrato nei reparti di presse di tranciatura e di torni automatici, con valori compresi fra 85 e 95 db.

Il minimo di intensità (escludendo i locali ad uso ufficio) è stato riscontrato in un reparto di lavori di falegnameria al banco, con valore pari a 65 db.

La media di intensità rumorosa nelle officine è stata riscontrata alquanto inferiore agli 80 db.

2) In base alla nostra esperienza, raccolta specialmente attraverso gli esami audiometrici, si è visto che:

a) al disotto degli 85 db. non vi è danno all'udito: si può quindi affermare con una certa sicurezza che lo « standard » per il rumore è al disotto degli 85 db. Vorremmo qui insistere sulla necessità che venga fissato su basi unificate ed accettato da tutti gli interessati uno standard per il rumore di fabbrica, così da consentire in ogni stabilimento, in maniera uniforme, l'accertamento di un'eventuale dannosità e l'apprestamento delle misure, a volte onerose, per eliminarla;

b) i livelli di rumore da 85 a 95 db. possono danneggiare in modo permanente l'udito solo nel caso di individui molto sensibili, che vi rimangono esposti per lungo tempo.

Una lacuna che si è resa evidente durante l'ese-

cuzione degli esami audiometrici è costituita dalla mancanza di un audiogramma tracciato al momento dell'assunzione. La possibilità di un confronto avrebbe invece permesso di risolvere diversi problemi:

1) Il grado in cui la curva audiometrica dopo anni di lavoro è veramente determinata da una sordità di tipo professionale;

2) Una giusta e razionale assegnazione degli operai in relazione alla rumorosità dell'ambiente;

3) L'accertamento ed eventualmente la cura di forme iniziali di sordità da rumore, da cui il soggetto stesso ignora di essere afflitto (la sordità da rumore si manifesta infatti per frequenza di suono superiori alle frequenze della conversazione).

Il terzo tempo della nostra indagine, che rappresenta anche lo scopo finale di essa, è il più difficile: la riduzione del rumore.

Innanzitutto ci si deve chiedere: quand'è che ci si deve preoccupare seriamente di ridurre la rumorosità nell'ambiente di lavoro, tenendo presente il notevole costo che una tale iniziativa comporta? A nostro modesto parere questa decisione deve essere presa quando la rumorosità media supera i 90 db.

Quali sono i mezzi migliori per ridurre il rumore? Eccone alcuni:

1) Ridurre, là dove è possibile, il rumore alla sorgente; questa norma va evidentemente tenuta presente soprattutto nella progettazione e nella manutenzione delle macchine (lubrificazione accurata; sostituzione tempestiva di parti consumate; ecc.).

2) Impiegare mezzi di isolamento dalle vibrazioni.

3) Predispore chiusure parziali e complete della fonte del rumore, per mezzo di pareti, cofani, ecc.

4) Ricorrere a rivestimenti acustici delle pareti e dei soffitti. A questo proposito è interessante il risultato ottenuto in occasione della costruzione di un nuovo stabilimento Olivetti, da adibirsi a lavori di falegnameria: il rivestimento del soffitto con lana di vetro, ricoperta verso l'interno da piani di faesite con numerosi fori, ha permesso, unitamente all'aumento nell'altezza del locale, di ridurre la rumorosità in vicinanza della macchina più rumorosa (una pialla a spessore) da 106 e 90 db.

5) Fornire gli operai addetti a lavori rumorosi di *tappi acustici* (sordine), adattati al singolo individuo.

Evidentemente non si può stabilire uno schema generale di lotta contro i rumori nella fabbrica. L'unico elemento sicuro è questo: il punto di partenza deve sempre essere là dove il rumore alla sorgente è maggiore, cioè supera gli 85 ÷ 90 db.

Conclusione.

Ecco alcuni risultati ottenuti attraverso l'indagine cui si è accennato:

1) In ogni posto di lavoro si è stabilito il valore di ciascuno dei fattori ambientali, rispetto al relativo limite di tollerabilità.

2) Si è proceduto all'eliminazione delle condizioni ambientali da cui risultava una qualsiasi possibilità di danno al lavoratore, anche a lunghissima scadenza: questa eliminazione fu attuata inesorabilmente, comunque onerosi fossero i provvedimenti da prendere, fino alla soppressione, se necessario, del lavoro fonte od oggetto della situazione di danno.

3) Si è avuto a disposizione un criterio comparativo per giudicare l'importanza e l'urgenza dei vari provvedimenti di miglioramento delle condizioni ambientali.

4) Attuati i punti 2) e 3), si è compilato per ogni posto di lavoro un « rilievo » delle condizioni di lavoro, ossia un documento dal quale risultano i valori che caratterizzano, in quel posto, i vari fattori ambientali. In questo rilievo viene anche stabilita, con criteri ben precisi ed uniformi per tutto lo stabilimento, la dotazione di ogni posto in quanto a:

— indumenti protettivi (grembiuli, gambali, giacche a vento, impermeabili, ecc.);

— mezzi antinfortunistici (occhiali, guanti, maschere, scafandri, ecc.);

— mezzi profilattici (pomate, dentifrici speciali, latte, detersivi).

5) Presi tutti i provvedimenti di eliminazione della dannosità e di miglioramento delle condizioni di lavoro, rimane ancora inevitabilmente, in taluni posti, un grado di disagio superiore al normale. Al fine di classificare i lavori in base al disagio, si stabilì anzitutto, per ognuno dei fattori ambientali (temperatura, polverosità, esalazione, ecc.), una scala convenzionale di disagio, in punti. Oltre che dei veri e propri fattori ambientali, si tenne conto anche di alcuni altri fattori, insiti nel lavoro svolto: ad esempio, necessità di indossare maschere o scafandri, contatto delle mani con liquidi, forte consumo di indumenti di lavoro, ecc.

In base alle misure eseguite fu pertanto possibile assegnare, ad ogni posto di lavoro, un certo punteggio per ciascuno dei fattori in esame, e quindi un punteggio globale di disagio.

Il modulo allegato offre un esempio dei dati raccolti per alcuni posti di lavoro. Complessivamente, l'indagine ha preso in esame oltre 500 posti di lavoro diversi.

Giulio Boario - Luigi Gandi

Regolamenti igienico-edilizi ed aerazione artificiale dei locali

Si denuncia il disagio per l'inadattabilità di molti regolamenti igienico-edilizi alle esigenze delle architetture con aria condizionata o ricambiata forzatamente. Si fa riferimento alla regolamentazione in tema ospedaliero, alberghiero, industriale, ed anche nell'abitazione privata.

Comincia a sentirsi gravosamente il disagio per l'inadattabilità dei regolamenti edilizi, fondati per lo più su tecniche costruttive tradizionali, alle concrete esigenze degli organismi architettonici d'oggi, specialmente quelli nei quali più incide la tecnica della ventilazione forzata oppure del condizionamento dell'aria.

Occorre provvedere urgentemente ad una riforma di tali regolamenti che consenta l'impostazione dei problemi edilizi su una base di maggiore funzionalità ed economia: in altri termini, occorre anche qui introdurre e potenziare la produttività.

Più frequentemente di quanto appaia ad uno sguardo superficiale, progettare un edificio tipico significa progettare strutture adeguate a disimpegnare le funzioni richieste da quella particolare organizzazione cui si intende dare vita e nella quale le azioni degli uomini e delle macchine possano svolgersi col minore dispendio di energia.

I legislatori ed i tutori della incolumità pubblica debbono tenere conto anche di questa considerazione, in quanto le economie realizzate nei bilanci di alcune attività sociali si ripercuotono sempre in qualche modo nel miglioramento dei bilanci per la salute della popolazione.

Significativi esempi posso citare in settori architettonici dove più gravoso si sente attualmente l'attrito frapposto alla razionalizzazione economica de-

gli edifici tipici per un male inteso tradizionalismo igienico. Serviranno di traccia per un primo urgente inizio alla revisione proposta, la quale però dovrà estendersi a molti più settori ch'io non sappia indicare.

Limitiamoci per ora ad esaminare in primo luogo il problema dell'edilizia ospedaliera, giunto ad una svolta interessante e molto istruttiva; poi accenneremo ad altri problemi, quali quello alberghiero, quello industriale e quello dell'abitazione privata cittadina.

a) Nell'edilizia ospedaliera.

Nell'edilizia ospedaliera americana, forse più che altrove, assistiamo ad un fenomeno di progressivo adeguamento a criteri di produttività. L'architettura tradizionale — sostenuta dalla regolamentazione — esige per ogni camera di cura l'affaccio all'esterno mediante finestre che fossero vie di penetrazione efficace dell'aria e della luce naturale. L'architettura odierna — grazie alla precedentemente sconosciuta tecnica della illuminazione artificiale e del condizionamento dell'aria — si svincola dalla predetta soggezione dell'affaccio all'esterno; le camere di cura aggruppate, quantunque posti di lavoro intenso, possono fare a meno di andarsi ad ubicare in prossimità del perimetro della pianta dei corpi di fabbrica, conseguendosi un talmente evi-

dente vantaggio economico che non è il caso di sottolineare se non per dare pretesto ad osservare che ciò è anche conseguenza di una differente organizzazione sanitaria rispetto al passato. I reparti generali di cura americani mirano alla centralizzazione dei servizi, per diminuire i costi per il personale e per gli equipaggiamenti; alla diminuzione dei tragitti dei pazienti sottoposti frequentemente ad esami plurimi, per abbassare i tempi di degenza; alla vicinanza reciproca delle sale di consultazione, onde facilitare gli scambi di pareri tra più specialisti. Ed inoltre i reparti di cura americani, considerati come strumenti di lavoro da sfruttare integralmente, vengono usati a pieno ritmo con turni rotativi dei sanitari (anche i più illustri), che impegnano quasi le intere ventiquattr'ore. Solo al lume di queste informazioni può comprendersi l'insolita compattezza delle piante dei blocchi dei servizi generali di seguito riprodotte che traggono da una mia recente pubblicazione (1).

Si tratta di due opere di Rino Levi a San Paulo del Brasile (figg. 1 e 2) e dell'ospedale di Saint-Lô progettate dall'americano Paul Nelson per la Francia.

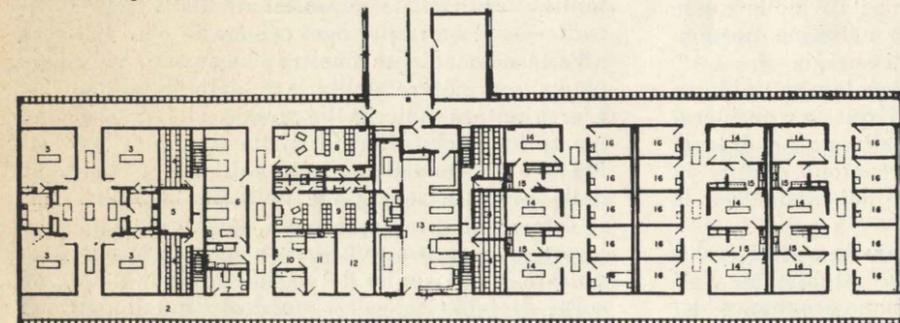
Non è competenza mia stabilire se dal punto di vista sanitario tale esasperata tendenza della tecnica ospedaliera americana sia o no da seguire; ma nel caso che lo sia, come si accorderebbe ciò con le tassative disposizioni italiane in materia, fissate dal Decreto 20 Luglio 1939 (G. U. n. 187, dell'11 Agosto 1939) in base alle quali siamo costretti a progettare tanto impegnativi corridoi assorbenti per metà quasi l'area dei « corpi doppi » che quasi incontrastati dominano negli ospedali nostri?

Eppure si costruiscono già anche da noi « complessi operatori » in cui il condizionamento dell'aria è cosa operante ed esclusiva. L'articolo 13 che li disciplina esigerebbe precisazioni in proposito ed anche accordo con i regolamenti igienico-edilizi locali, nei quali, perlomeno, dovrebbe essere ricordato il problema.

Prendiamo nota che i nostri regolamenti generici ignorano che sta nascendo anche questo tema particolare, ma importantissimo, e non lo prevedono neppure come eccezione.

(1) AUGUSTO CAVALLARI-MURAT, *Selezione mondiale d'architettura ospedaliera* (Saggio critico) - « Atti e Rassegna Tecnica » - Luglio 1954.

Fig. 1 - Pianta dei reparti di cura nell'Ospedale della Maternità di San Paulo in Brasile (Arch. Rino Levi). Il condizionamento dell'aria rende possibile lo svincolo delle sale di cura, delle sale di attesa e dei corridoi dalle facciate. Notare l'assenza delle finestre tradizionali. E invece evidente l'alta utilizzazione dell'area a disposizione.



b) Nell'edilizia alberghiera.

Nel campo dell'edilizia alberghiera l'eccezione tecnica s'è invece da tempo imposta all'attenzione non solo di studiosi ma di ogni progettista serio; e si assiste ad un fatto curiosissimo: da una parte un regolamento specifico in argomento alberghiero prescrive che i locali delle latrine debbano venire illuminati e ventilati con finestra apertesi all'esterno, e dall'altra una continuata infrazione al regolamento, perchè ogni albergo che si rispetti come moderno colloca le latrine all'interno a fare da intecapedine tra le stanze ed i corridoi e, poi, le ventila ed illumina artificialmente.

L'articolo 5 del regolamento approvato con Decreto 24 Maggio 1925, n. 1102, prescrive inoltre la osservanza delle disposizioni dell'art. 218 del Testo Unico delle leggi sanitarie 27 Luglio 1934, n. 1265, e di quelle contenute nei regolamenti locali d'igiene, i quali ultimi notoriamente inibiscono in quasi tutte le città italiane la costruzione di siffatti locali igienici.

Basta fare scorrere i testi dei regolamenti d'igiene e di edilizia delle principali grandi città per notare la singolare lacuna dell'ignoranza che esiste un problema alberghiero con sue esigenze speciali; mi sembra che faccia eccezione la sola Milano, che all'articolo 65 del regolamento di igiene del 1951 ammette per i gabinetti annessi alle camere d'albergo la ventilazione mediante canne singole, attivate con ventilatori meccanici, e da spingersi fin oltre il tetto.

Anche, di conseguenza, i regolamenti per i piccoli aggregati urbani, dove possono sorgere con frequenza alberghi di soggiorno turistico, ignorano perlopiù il problema. Com'è noto i minori Comuni vengono consigliati dalle Prefetture ad acquistare bell'e studiato il regolamento edilizio edito da specializzate tipografie; in provincia di Torino, per esempio, è consigliato il regolamento Vinciguerra « aggiornato alle Disposizioni di Legge emanate fino al 31 Dicembre 1952 »; tale regolamento edilizio all'art. 53 prevede sì « locali per ricoveri collettivi », ma il problema delle latrine tra stanza e corridoio è ignorato. Giriamo intanto la informazione agli Enti Tutori che della lacuna si rendono corresponsabili con la loro raccomandazione, senza entrare in polemica sull'altra questione urbanistica se convenga proprio istradare i comuni situati ad altitudini diverse e con differenti caratteristiche ad avere un regolamento standardizzato e quindi inapplicabile.

c) Nei fabbricati industriali e commerciali.

Nelle costruzioni per aziende industriali e commerciali sta affacciandosi evidentemente lo stesso problema.

Io, personalmente, ho scarse informazioni in proposito, quantunque siano già da tempo risapute le esigenze

di condizionamento dell'aria per particolari ambienti di lavoro.

Se non si è già provveduto, propongo agli Ispettorati del Lavoro lo studio di norme integrative da apportare ai regolamenti edilizi locali ed al R. D. 14 Aprile 1927, n. 530.

d) Nelle abitazioni private.

Meno appariscente è il problema nel campo delle abitazioni private, quantunque anche in tale settore non lo si possa ignorare e differire.

Mentre l'ospedale e l'albergo hanno un personale di gestione specializzato ed interessato al buon funzionamento degli impianti, conseguenza degli evidenti immediati riflessi della concorrenza direi quasi industriale, la casa individuale o multifamiliare, ma con alloggi gestiti dai singoli, induce ad una cauta introduzione di succedanei della insuperata praticità igienica dell'aerazione e della illuminazione tramite finestre. L'abitazione può venire usata bene o male, a seconda dello spirito di iniziativa, dell'educazione e dei mezzi economici dell'abitatore.

Se mi si permette il paragone, l'abitazione privata dovrebbe essere concepita con caratteristiche d'uso. Sicurissimo, com'era del moschetto '91, che anche a volerlo danneggiare con mezzi normali non ci si riusciva. L'aerazione del gabinetto di decenza privato dovrebbe essere ognora funzionante, indipendentemente dai mezzi meccanici a disposizione. E bene fanno le norme a prescrivere che aerato con finestra sia non solo il locale della latrina, ma anche il localino antecedente, cioè l'antilatrina.

A Roma si tollera la ventilazione mediante chiostrina o pozzo d'aerazione per il terzo cesso di cui sia dotato un alloggio avente i primi due cessi in condizioni di finestratura regolamentare.

Comunque sia, essendo invalso l'abuso di munire clandestinamente di w. c. anche la stanza da bagno degli appartamenti di vecchia costruzione e che per tale destinazione potevano non avere finestre esterne, molti ritengono che sarebbe opportuno allestire, proteggendosi con le necessarie realistiche cautele, qualche disposizione in proposito nei regolamenti edilizi affinché tra la vita reale ed il regolamento non esista quella così profonda divergenza, la quale suole fruttificare disordine e disobbedienza sempre più diffusa, a scapito anche di altre sacrosante esigenze tutorie.

Chi conosce ed ammira la bellezza e la razionalità organica di certe piante usate nell'edilizia popolare estera, specialmente nei paesi nord-americani e nord-europei, stupisce che altrettanto non possa farsi in certi altri paesi dotati di regolamentazione sul tipo della nostra. Le facciate delle case servono colà a rallegrare in più ampia misura le camere di effettiva prolungata permanenza delle persone e non sono disturbate dall'ingombrante sviluppo di aperture illuminanti locali nei quali si sta qualche decina di minuti al giorno; la zonizzazione ed i percorsi diventano più articolati e più svelti; l'economia d'area ci guadagna assai con quel condensare al

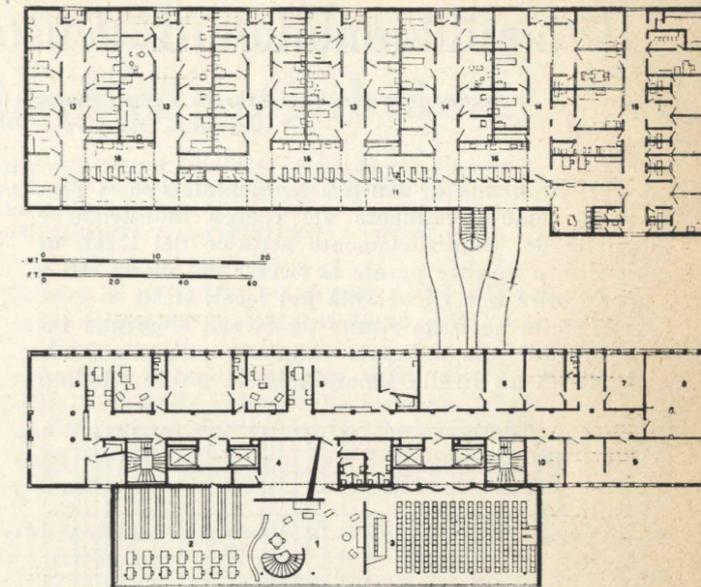


Fig. 2 - Pianta del 5° piano dell'Istituto Centrale per il cancro « Candido de Camargo » in San Paulo del Brasile (Arch. Rino Levi). Il corpo di fabbricazione antistante (in alto) è adibito al servizio ambulatoriale. Anche qui assenza di finestre; massima utilizzazione dello spazio, facilitazione dei servizi; altissima produttività, considerando l'Ospedale alla stregua di un impianto industriale.

centro della pianta i corridoi, le cucine, i bagni e le latrine.

E siamo in molti a condividere l'ammirazione e lo stupore. Però l'esperienza ci insegna a vincere la meraviglia specialmente se si considerano certe regioni in cui la progredita civiltà delle macchine non si è ancora diffusa e ci consiglia a ritenere somamente prudente la progettazione con piante aperte, in cui ogni locale, anche modesto, abbia l'azione benefica della luce; « dove entra il sole non entra il medico », dice un vecchio adagio consolatore.

Conclusioni.

Certo ormai è che la via futura dell'edilizia ha un suo itinerario che possiamo intuire con chiarezza. Tanto che si osservi la casa d'abitazione privata oppure lo stabilimento per l'ospitalità, quanto l'edificio dove l'uomo trascorre il tempo lavorando, sempre più entrerà il fattore economico ad imporre utilizzazioni sempre meno dispendiose del suolo e razionalizzazioni dei tragitti di persone e di cose. Anche nell'architettura — non solo come attività produttrice ma come prodotto — la produttività comanda e sempre più comanderà.

Il più significativo tra gli esempi portati mi sembra sia quello ospedaliero: l'esigenza produttivistica ha rivoluzionato i corpi edilizi tanto da rendere quasi irriconoscibili i nuovi rispetto ai vecchi ospedali.

Questa tendenza non si può ostacolare con anacronistiche regolamentazioni controcorrente o cieche. Regolamenti specifici e regolamenti locali debbono tener conto dell'aerazione forzosa e del condizionamento.

Augusto Cavallari-Murat

Il condizionamento acustico dei locali industriali

Si traccia nelle sue linee generali l'importanza del problema di ricerca dei mezzi atti a conseguire una silenziosità, sia pure relativa, dei locali industriali.

Il problema di acustica ambientale che si presenta come preminente nel campo industriale è quello del condizionamento acustico dei locali di lavoro, o in altre parole la ricerca dei mezzi atti a conseguire una silenziosità nei locali stessi.

Questa necessità risulta da diversi elementi: innanzitutto una industria rumorosa può creare all'esterno un livello sonoro tale da essere ritenuto

disturbante, e quindi è logica e frequente una azione di chi è disturbato, per ottenere quelle condizioni di silenziosità che si ritengono opportune.

In genere i rimedi che vengono imposti dalle autorità di polizia o dal Magistrato sono assai più onerose di quelle precauzioni che prese a tempo opportuno possono evitare qualsiasi azione ad esterni.

Il secondo punto di vista è invece quello del rumore che si produce entro l'ambiente di lavoro, e che può creare un danno non indifferente sia nelle condizioni di salute del lavoratore, sia nel rendimento del lavoratore stesso.

La letteratura su questo argomento è abbondantissima, e anche senza ricorrere a determinazioni di carattere sistematico è ovvio ed intuitivo che l'attenzione e la diligenza nello svolgere un determinato lavoro aumenta con l'aumentare delle condizioni di silenziosità nell'ambiente.

Questi due aspetti del problema pur essendo strettamente collegati possono trovare soluzioni indipendenti: ad esempio una macchina molto rumorosa verso l'esterno, può produrre un livello sonoro accettabile quando si rinforzino opportunamente le pareti esterne dell'ambiente nel quale la macchina è sistemata; però in questo caso, se un rinforzo di isolamento verso l'esterno attutisce i rumori che provocano disturbo nei vicini, il livello di rumore entro l'ambiente rimane invariato.

Così pure se in una determinata officina nella quale lavorano macchine rumorose si desidera ottenere una maggior silenziosità all'interno, si possono disporre le macchine entro ambienti diversi e sufficientemente distanziati fra loro, ma il rumore globale verso l'esterno rimane inalterato.

Nel corso delle discussioni che seguiranno verranno messi in evidenza i punti fondamentali che è necessario considerare per conseguire un determinato silenziamento: innanzitutto bisogna conoscere la rumorosità prodotta da ciascuna macchina e si dovrà addivenire a metodi precisi di misura e di specificazione. Non rari i casi nei quali una macchina può essere ordinata a tempo con alcune caratteristiche di silenziosità, evitando di dover ricorrere in un tempo successivo a provvedimenti che sono sempre molto onerosi.

L'isolamento verso l'esterno e tra le parti rumorose e meno rumorose deve essere progettato prevedendo pareti sufficientemente pesanti, ed eventualmente doppie pareti con intercapedini assorbenti.

Infine bisogna prevedere un'adeguato assorbimento dei locali in quanto si può conseguire una sufficiente diminuzione di livello sonoro.

Oltre che le cautele tecniche è però necessaria una precisa legislazione che determini i limiti di sopportabilità dei rumori, a seconda delle zone residenziali o industriali.

Gino Sacerdote

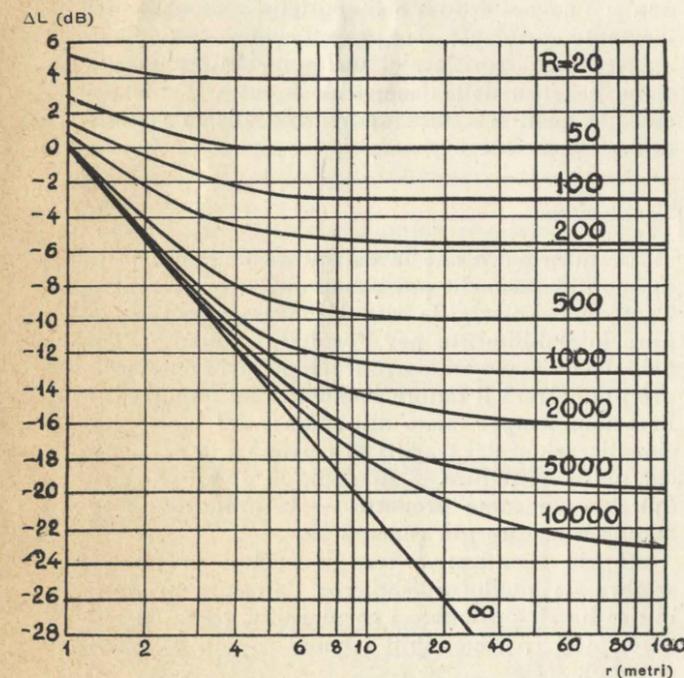
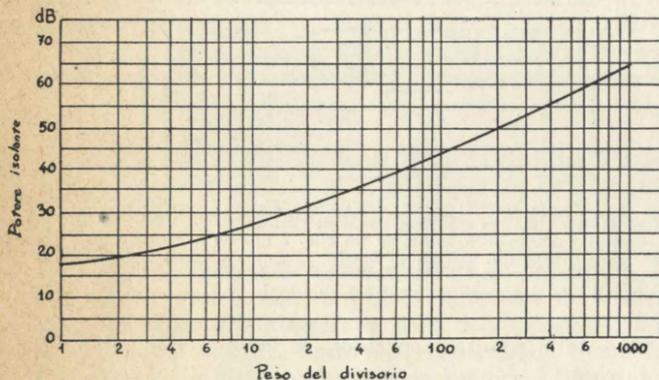


Fig. 2 - Diminuzione del livello sonoro in funzione della distanza dalla sorgente sonora per vari valori dell'assorbimento. Il parametro R è uguale a: $aS/(1-a)$ ove a è il coefficiente medio dell'assorbimento e S la superficie della camera. Si nota che per valori molto piccoli di assorbimento, ossia per camera eminentemente riverberante, R è piccolo e quindi il livello sonoro si mantiene praticamente costante allontanandosi dalla sorgente; se invece il coefficiente di assorbimento si avvicina a 1, ambiente molto assorbente, R assume valori molto elevati e il livello sonoro diminuisce rapidamente allontanandosi dalla sorgente.

Cenni su alcune applicazioni industriali effettuate con materiali fonoisolanti ed antivibranti

Oggetto della presente comunicazione è di illustrare alcune applicazioni industriali effettuate con l'azione di materiali fonoassorbenti, fonoimpedenti ed antivibranti, allo scopo di migliorare le condizioni ambientali delle zone e dei locali di lavoro. Si farà pure cenno ad una particolare costruzione destinata a facilitare i rilievi medico-acustici sugli operai addetti a lavorazioni particolarmente rumorose.

I materiali adoperati in dette applicazioni sono stati: la fibra di vetro e l'agglomerato di sughero; tralasciando la loro descrizione tecnologica qualitativa e strutturale generalmente nota, indicheremo per essi le sole caratteristiche acustiche ed antivibranti attinenti allo scopo per cui sono stati impiegati.

Isolamento acustico di celle di prova motori a reazione.

La cella di prova, delle dimensioni di mt. $13,5 \times 6 \times 4$ è separata dalla cabina di comando e controllo da un muro in cemento di cm. 40 di spessore. Per completare l'isolamento si sono imbottite le doppie porte di chiusura del passaggio fra i due locali con strati alternati di « Materassini Vitrosa » fonoassorbenti e « Cartone superopaco Vitrosa » fonoimpedente per uno spessore globale di cm. 10 per ogni porta.

Più importante e complesso è stato il problema di attenuare il rumore del motore in prova che si propaga dall'interno della cella all'esterno (verso i laboratori e uffici) attraverso il condotto di aspirazione dell'aria comburente (che deve essere immessa nel locale con una portata fino a 40 kg/sec.) ed il condotto di aspirazione dell'aria di raffreddamento dei gas di scarico.

All'interno dei condotti, che hanno un andamento ad S, si è creata una serie di quinte poste a zig-zag, costituite da tralicci a cui sono fissati i « Materassini Vitrosa superassorbenti » con supporto di garza apprettata e rete metallica a maglia 25 mm. sulle due faccie, di spessore mm. 30, distanziate fra di loro di circa cm. 40, in modo da permettere una sufficiente luce di passaggio per l'aria.

Si è creata in tal modo una superficie assorbente di circa 1000 mq. per ogni lato del materassino e si è ottenuta una riduzione del rumore del motore da 135/140 db nella cella a 75 db all'esterno.

Non si è riscontrato il minimo trasporto di materiale fibroso di vetro nell'interno della camera di prova.

I coefficienti di assorbimento acustico del Materassino Vitrosa superassorbente adoperato sono i seguenti:

h :	150	200	250	400	800	1600	3200
	0,40	0,47	0,85	0,95	0,96	0,97	0,98

Per completare il quadro sommario dell'installazione aggiungiamo che il rumore dei gas di scappamento è attenuato mediante un lungo tubo silenziatore ad elementi assorbenti circolari concentrici di costruzione inglese; il getto di gas, così in parte si-

lenziati e raffreddati, è deviato verso l'alto da un muro in cemento armato inclinato a 45°.

Sono in corso esperienze per effettuare anche il rivestimento fonoassorbente delle pareti interne della cella onde ridurre ulteriormente i rumori di alta frequenza che ancora si ripercuotono in maniera fastidiosa per gli operatori della cabina di controllo.

Isolamento antivibrante di pompe di circolazione d'acqua.

Nel complesso dei grandiosi impianti delle nuove Acciaierie di Cornigliano, si è progettato fra gli altri il problema di isolare le fondazioni di un cospicuo numero di grosse pompe, installate in un locale solidale con quello degli uffici, nei quali si temevano le conseguenze di vibrazioni provocate dal funzionamento delle pompe stesse.

Il reparto Pompe comprende n. 15 unità con potenze variabili da 200 HP a 800 HP per complessivi 5340 HP. La superficie complessiva dei basamenti è di circa 100 mq.; i carichi specifici variano da 0,54 kg/cm² a 0,60 kg/cm²; il numero di giri è parte di 1000/min. e parte di 1500/min.

L'isolamento è stato effettuato mediante l'Agglomerato di sughero Antivibrante « Suberit » di normale produzione. Tale agglomerato è stato a suo tempo favorevolmente sperimentato dal Laboratorio esperienze della Riv che, effettuando su diversi campioni il rilievo del ciclo di isteresi fra 0 e 3 kg/cm² ha dedotto le seguenti caratteristiche:

a) flessibilità media (λ), valore medio delle derivate nei due punti del ciclo corrispondenti a un carico specifico di 1 kg/cm² ($\lambda = 1,2$);

b) la frequenza di risonanza dedotta dalla formula $f = 16 \sqrt{\frac{1}{\lambda p}}$ (formula che tiene conto anche della deformità plastica del materiale) — ($f = 14,4$ a 1 kg/cm²);

c) la deformabilità plastica (ϵ), rapporto fra la deformazione residua dopo 1 ciclo del carico e la deformazione massima del ciclo considerato ($\epsilon = 0,28$);

d) il coefficiente di smorzamento $\tau = \frac{2\lambda A}{\delta^2_{max}}$ ove λ = flessibilità media; A = area del ciclo d'isteresi; d = deformazione massima raggiunta nel ciclo — ($\tau = 0,88$).

Per controllare la resistenza massima allo schiacciamento si è poi sottoposto un provino di mm. $100 \times 100 \times 60$ ad un carico di 50 kg/cm²: lo spessore si è ridotto ad 1/3, cioè a mm. 20, la dimen-

sione laterale a 103 mm. senza alcun disgregamento di materiale nei bordi laterali liberi. Dopo la cessazione del carico lo spessore è subito risalito a mm. 38; a mm. 45 dopo 3'; a mm. 48 dopo 6'; a mm. 50 dopo 15'; a mm. 53 dopo 120'; a mm. 55 dopo 24 h.

Questa prova, oltre a garantire la perfetta omogeneità e resistenza del prodotto, ha dimostrato la inutilità di circondarne, per una certa altezza, i bordi con una armatura di contenimento in piattina metallica, rendendo così il grosso suo prezzo, già economico per il materiale, anche economico dal punto di vista dell'installazione.

I risultati sono stati pienamente rispondenti alle aspettative, come pure in svariatissime altre applicazioni di questo materiali in campo edilizio ed industriale: (isolamento di motori e macchine rotative, alternative, macchinario industriale come mescolatrici, macchine di stampa, ecc.).

Prove sono in corso presso la Fiat per l'isolamento antivibrante di grossi magli.

Costruzione di una camera silente per rilievi audiometrici sugli operai.

Nell'ambito delle ricerche che la Fiat effettua sugli operai per controllarne l'attitudine e le relazioni alle diverse condizioni di ambiente di lavoro, va annoverata la sezione ricerche audiometriche sugli operai addetti alle lavorazioni rumorose. Si è costruita a tale scopo una camera silente, sistemata per comodità in una zona nell'interno dello stabilimento ed attigua ad altri servizi medici.

Non si è progettata, perchè non necessaria per lo scopo cui adibita, una camera « assoluta silente », come ad esempio quella realizzata sin dal 1936 da Padre Agostino Gemelli per il suo laboratorio di psicologia sperimentale e da lui descritta di « ricerca scientifica e progresso tecnico » del novembre 1942. Va tenuto presente che la camera silente del Prof. Gemelli è stata costruita in un ambiente isolato e tranquillo, in mezzo a giardini e che la parte muraria è costituita da quattro camere collocate una dietro l'altra e fra loro perfettamente isolate; le pareti delle due prime camere sono in mattoni pieni ferrigni e malta di cemento; le due interne di cemento fuso su armatura di ferro. L'isolamento delle intercapedini e degli appoggi fra camera e camera è fatto con stuoie di Weco e lastre di piombo.

L'attenuazione di livello dei suoni è risultata di 58 db quando sono chiuse tutte le porte.

Alla Fiat si è dovuto per necessità di servizio, come sopra accennato, costruire la camera silente al primo piano dell'infermeria che è prospiciente a Corso IV Novembre ed alle strade di servizio dello stabilimento e si trova al di sopra del laboratorio sperimentale elettrotecnico. I rumori nei dintorni sono pertanto notevoli e di intensità e frequenza svariatissime.

Non dovendo d'altra parte, come già accennato, avere particolarissime esigenze, ci si è limitati ad assicurare un isolamento acustico sufficiente agli scopi di un controllo a carattere industriale, creando un ambiente quieto la cui rumorosità media non

oltrepassi il livello di 30 db quando l'officina è in attività.

Dovendo poi essere la camera sistemata al primo piano, non si sono potute creare delle pareti isolanti di forte peso e perciò ci si è dovuti orientare esclusivamente sull'impiego di materiali fonoisolanti a struttura cellulare.

Seguendo il concetto di creare una camera dentro l'altra isolate fra di loro, si è proceduto come segue: ai muri perimentali dell'ambiente di mattoni forati si è fatto seguire:

A) Feltro *superopaco* « *Vitrosa* » cm. 3, realizzando così una prima camera isolata.

B) L'intercapedine d'aria di separazione fra una camera e l'altra cm. 10.

C) Cabina propriamente detta in robusta struttura di legno stagionato con pareti costituite da: doppio strato di *superopaco* « *Vitrosa* » cm. 3 separate da lastra di *Eternit* mm. 6 ÷ rivestimento interno in Materassino « *Vitrosa* » *superassorbente* AVIO cm. 3, con foglio di alluminio in vista.

Passaggi con porte imbottite come sopra ad oblò a doppi vetri il tutto con chiusure stagne.

Per il pavimento, scartata la sospensione su molle che, pur dando un buon isolamento genera inevitabili scricchiolii ad ogni movimento dell'occupante, si è creata la seguente successione di materiali:

Feltro *superopaco* « *Vitrosa* » cm. 3 ÷ blocchi di pomice con fori orizzontali per areazione cm. 12 ÷ lastra di piombo mm. 3 ÷ agglomerato di sughero « *antivibrante Suberit* » cm. 3,5 ÷ robusta intelaiatura ed impiantito di legno con materassino « *Vitrosa* » *superassorbente* nell'intercapedine ÷ pavimento in piastrelle di sughero « *Suberit* ».

Le dimensioni interne della camera sono risultate di mt. 2,40 x 1,60 x 3,10.

Attigua alla camera silente vi è la saletta per il medico, alla quale si accede dal corridoio di servizio.

Il potere fono-impedente in decibel del « *superopaco Vitrosa* » di spessore 3 cm. adoperato è il seguente:

Hz	150	200	400	800	1600	3200
Db	18	16	17	22	39	52

Le prove di controllo hanno dato i seguenti risultati:

A) Rumore di fondo con stabilimento in attività (ore 16)

nella saletta medica con porta aperta verso il corridoio: 56 db

nella saletta medica con porta chiusa verso il corridoio: 42 db

nella camera silente: 30 db

L'attenuazione è dunque risultata di 26 db.

B) Rumore trasmesso per via aerea (il rumore era generato battendo rapidi colpi di martello su un bidone vuoto)

nella saletta medica 102 db 88 db

nella camera silente 55 db 42 db

dietro la camera silente, nel corridoio prospiciente Corso IV Novembre 102 db
nella camera silente 40 db

L'attenuazione è dunque stata di circa 45 db attraverso la parete ove sono ricavate le porte e gli oblò, ove però normalmente l'ambiente è tranquillo (saletta medica).

L'attenuazione è stata di circa 60 db attraverso le pareti prospicienti altri locali dell'infermeria ed il Corso IV Novembre.

C) Rumore trasmesso per via strutturale (e contemporaneo controllo efficienza porte):

Battendo colpi di martello sul pavimento della saletta medica:

a) nella camera silente a porta aperta 79 db

b) nella camera silente a porta chiusa 64 db

Battendo colpi di martello sulla parete della saletta medica:

a) nella camera silente a porta aperta 78 db

b) nella camera silente a porta chiusa 58 db

Evidentemente questa prova aveva carattere solo indicativo non essendovi, nella normalità, la presenza di tali rumori nell'ambiente della saletta medica in particolare e dell'infermeria in generale.

Bernardino Lanino

Misura delle proprietà smorzanti dei materiali antirombo

Viene descritto il metodo SAE per la misura delle proprietà smorzanti delle vernici antirombo e vengono riportati alcuni risultati di misure.

Introduzione.

Nella lotta contro i rumori, oltre che con l'assorbimento e con l'isolamento, vi è anche la possibilità di agire mediante lo smorzamento delle vibrazioni.

Le lamiere che costituiscono la carrozzeria di tutti i veicoli, le casse e gli armadi contenenti macchine o motori vibranti o rumorosi, le tubazioni dei condotti di ventilazione, generano dei rumori per effetto delle vibrazioni e degli urti che loro pervengono.

Quando non risulta possibile o conveniente eliminare le cause eccitatrici, è necessario agire sulle risonanze di queste lamiere spostando le frequenze oppure introducendo smorzamento. Si ottiene di smorzare le lamiere mediante trattamenti chiamati di antirombo, trattamenti che consistono nel rivestirle di materiali speciali atti a ridurre l'ampiezza della vibrazione. I materiali vengono spalmati od incollati sulla lamiera e smorzano il moto della lamiera per effetto del loro attrito interno.

Per misurare perciò le caratteristiche di questi materiali se ne determina un parametro dissipativo.

Il risultato pratico di un trattamento antirombo dipende, oltre che dalla quantità e dalle caratteristiche del materiale smorzante usato, anche dal modo di vibrare della lamiera, dalla frequenza e dalla temperatura.

Non essendo possibile determinare le proprietà intrinseche dei materiali smorzanti, si usa applicarli su di una lamiera di supporto, per poter dedurre dallo smorzamento di questa lamiera, le caratteristiche del materiale in esame.

Metodo di misura.

Senza entrare nella discussione delle grandezze che possono rappresentare lo smorzamento di un sistema vibrante, ricordiamo soltanto che esse corrispondono a quelle dei circuiti oscillanti smorzati, e

che la loro misura è effettuabile con sistemi precisi.

Mentre che la tecnica della misura è riconducibile a pochi metodi ben definiti, si ha invece una più grande varietà nella scelta della lamiera di supporto, la quale, secondo i diversi sperimentatori, varia nello spessore, nella forma e nei vincoli di appoggio.

Ricordiamo che la passata pratica di officina faceva un confronto grossolano delle caratteristiche smorzanti dei materiali applicandoli ad una lamiera sottile, la quale, colpita con le nocche delle dita, dava un suono più o meno lungo o che, giudicato ad orecchio, permetteva una valutazione dei materiali smorzanti.

Per ottenere una misura confrontabile delle proprietà delle vernici antirombo, la Società Americana degli Ingegneri dell'Automobile ha prescritto un metodo che negli USA era già applicato da molti anni. L'interesse dell'industria automobilistica per questi materiali è dovuto al forte consumo che se ne fa nelle carrozzerie.

La lamiera di supporto usata per questa misura ha forma quadrata, di 508 mm. di lato e dello spessore di 6,3 mm. Questa lamiera spessa viene fatta vibrare in modo che la figura nodale risulti un quadrato che collega i punti intermedi dei lati della piastra. Disponendo della polvere sulla lamiera vibrante, si delinea rapidamente la figura di Chladny relativa a questo particolare modo di vibrare. La frequenza di vibrazioni deve essere di circa 150 Hz.

La misura dello smorzamento viene espressa in decibel al secondo, cioè viene indicato di quanto diminuisce l'ampiezza delle vibrazioni dopo un secondo. Ad esempio se la velocità di smorzamento è di 6 decibel al secondo vuol dire che l'ampiezza si riduce alla metà in un secondo; se è di 20 db/sec. l'ampiezza si riduce ad 1/10 in un secondo e così via.

L'applicazione della vernice antirombo sulla lamiera di misura va fatta in modo da poter confrontare i risultati: cioè deve sempre venire applicato un peso costante a secco, e precisamente se ne applica tanto da ottenere una densità superficiale di 2,44 kg/m².

L'applicazione va fatta secondo il procedimento normale, ma l'essiccazione all'aria ed in forno deve provocare un certo invecchiamento del materiale in modo da effettuare la misura più vicina alle condizioni reali di impiego, dopo un certo tempo di uso.

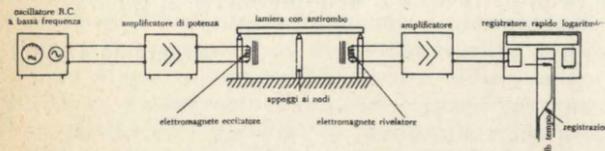


Fig. 1 - Apparecchiatura per la misura dell'efficienza dei materiali smorzanti.

La misura dello smorzamento viene fatta sopportando la lamiera da uno o più punti sulla linea nodale. Convienne che il supporto sia notevolmente elastico per non introdurre smorzamenti supplementari: si deve cioè verificare che sulla lamiera nuda lo smorzamento non risulti superiore a 0,5 db/sec., poichè esso influirebbe allora sulla precisione delle misure; e più ancora nel caso di materiali poco efficienti.

Nella figura 1 è rappresentata schematicamente l'apparecchiatura necessaria per la misura secondo il sistema americano.

Cominciando da sinistra si ha un oscillatore di bassa frequenza, del tipo a resistenza e capacità, seguito da un amplificatore di potenza capace di dare una decina di watt all'elettromagnete eccitatore che induce in vibrazione la lamiera. L'elettromagnete di comando viene affacciato alla lamiera in una zona centrale di vibrazione, e poichè esso non è polarizzato, attrae la lamiera due volte per ogni periodo della corrente alternata che lo alimenta. Perciò va alimentato a frequenza metà di quella di risonanza della lamiera, cioè intorno ai 75 Hz.

La lamiera viene sopportata elasticamente ai quattro vertici nodali, cioè a metà dei lati; può essere anche sospesa verticalmente. Quando la frequenza dell'oscillatore coincide con quella propria della lamiera, questa entra in risonanza. La risonanza è molto acuta in assenza di materiale smorzante ed occorre una lenta variazione di frequenza.

Per rilevare elettricamente la vibrazione viene affacciato alla lamiera un rivelatore elettromagnetico polarizzato con una calamita: le variazioni di trasferimento inducono nell'avvolgimento delle tensioni proporzionali alla velocità della vibrazione e poichè la frequenza rimane costante, le tensioni risultano proporzionali all'ampiezza di vibrazione della lamiera. Il segnale elettrico uscente dal rivelatore elettromagnetico viene, se occorre, amplificato e poi portato ad un registratore rapido logaritmico, del tipo Neumann. È questo un apparecchio molto usato nel campo dell'acustica e permette di regi-

strare su di una striscia di carta paraffinata larga 50 mm. il diagramma dell'ampiezza istantanea di un fenomeno variabile nel tempo. Data la sua alta velocità di spostamento del pennino scrivente, questo registratore è in grado di seguire anche le più rapide variazioni dell'ampiezza del segnale. Perciò nel caso nostro esso traccia sul diagramma la curva che rappresenta l'ampiezza della vibrazione della lamiera, captata dall'elettromagnete rivelatore. Per la misura che ci interessa non ha importanza il valore della ampiezza, ma la sua variazione nel tempo, quale verrà tracciata sulla carta paraffinata quando essa si svolge con moto uniforme sotto la punta scrivente.

La misura viene perciò effettuata così: si regola la frequenza dell'oscillatore in modo da far entrare in risonanza la lamiera, si constata la perfetta risonanza quando la tensione captata dal rivelatore e tracciata dal pennino, raggiunge un massimo che si porta vicino al fondo scala della carta; indi bruscamente si interrompe la corrente nell'elettromagnete eccitatore e si mette in moto l'avanzamento della carta del registratore rapido. A questo punto la lamiera non riceve più energia e la sua vibrazione diminuisce di ampiezza più o meno rapidamente secondo lo smorzamento del materiale applicato. Il rivelatore segue questa ampiezza decrescente nel tempo e viene tracciato il diagramma.

Il diagramma stesso riesce ancora di più facile interpretazione in quanto la scala dell'ampiezza registrata non è lineare ma logaritmica. Poichè l'ampiezza dell'oscillazione smorzata decresce con legge logaritmica, la traccia del diagramma risulta una linea retta, la cui pendenza, note le caratteristiche dell'apparecchio registratore (scala di attenuazione e velocità della carta), permette di dedurre immediatamente la velocità di smorzamento, misurata in decibel di attenuazione al secondo.

L'apparecchiatura necessaria per questa misura non è complicata e si trova in qualsiasi laboratorio acustimetrico. Le fabbriche di vernici non attrezzate possono richiedere la misura ai Politecnici od ai Laboratori specializzati. È però molto utile disporre di una cella termostatica, regolabile fra -20°C. e +60°C.; in cui si possa introdurre la lamiera con la vernice antirombo sulle sue sospensioni elastiche e con gli elettromagneti, poichè le proprietà smorzanti delle vernici antirombo variano notevolmente con la temperatura.

Risultati di misure.

Nei riguardi della efficienza smorzante le vernici antirombo vengono divise in tre classi, riferite alla temperatura di -20°C.: si hanno antirombi a bassa efficienza, con velocità di decadimento di almeno 5 db/sec. quelli ad efficienza media con almeno 10 db/sec. e quelli con alta efficienza, superiori ai 15 db/sec. Per i materiali bituminosi si ammettono valori sensibilmente inferiori alle temperature di -10°C. e di +40°C.

Nel diagramma di Fig. 2 sono rappresentati gli andamenti delle velocità di smorzamento di tre

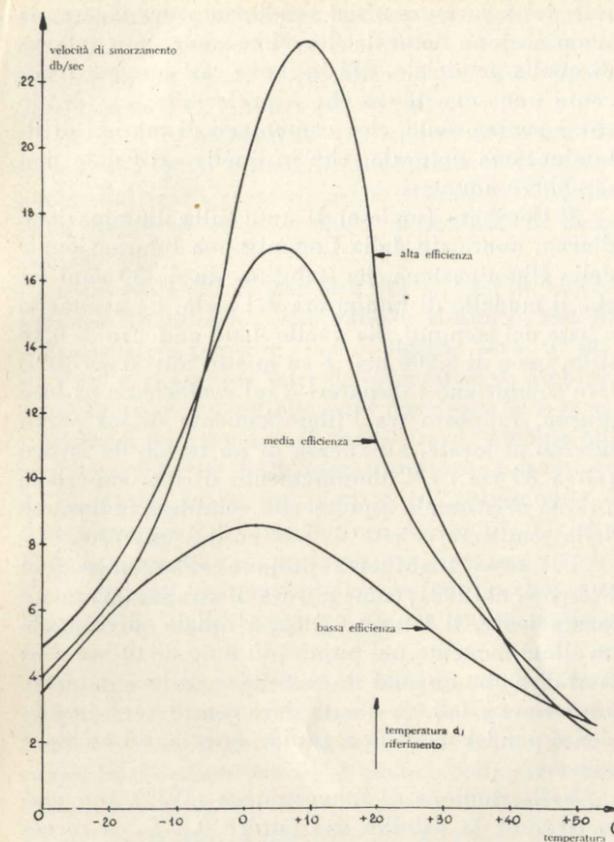


Fig. 2 - Caratteristiche di smorzamento di tre vernici antirombo, in funzione della temperatura.

vernici antirombo rappresentative delle tre classi anzidette. Risulta evidente l'enorme influenza della temperatura, si che a -30°C. ed a +40°C. i tre tipi risultano pressochè equivalenti. È questo uno svantaggio degli antirombo a base di bitume; si possono avere tuttavia dei miglioramenti introducendo gomme, resine o fibre.

Altri materiali quali i feltri vegetali, i conglomerati di sughero, i tappeti, le fibre spruzzate presentano, in generale, efficienza molto bassa. Feltri bitumati hanno efficienza vicina alla media, più costante con la temperatura.

Nel campo di questi materiali smorzanti si possono ottenere buoni risultati in condizioni economicamente accettabili; ma è necessario che i fabbricanti presentino i loro prodotti con il valore della velocità di smorzamento, evitando l'approssimazione e l'empirismo con una precisa classifica delle qualità.

Evidentemente non soltanto le proprietà smorzanti intervengono nel giudizio complessivo di un materiale antirombo; ma occorre considerare anche tutte le altre importantissime proprietà fisiche, chimiche e tecnologiche essenziali nei riguardi dell'applicazione e dell'uso.

Il metodo SAE qui descritto, utilizzando una piastra spessa, risulta conveniente perchè permette misure precise e riproducibili, rendendo possibile la giusta valutazione dei prodotti offerti sul mercato secondo termini di confronto già usati internazionalmente.

Oreste Sappa

Illuminazione a luce naturale ed artificiale

L'A. pone alcune considerazioni fondamentali sulle caratteristiche cui deve soddisfare l'illuminazione, sia naturale che artificiale.

I due temi non sono assolutamente indipendenti, potendosi durante il giorno, quando la luce naturale è meno viva, supplementarla con una illuminazione artificiale. Difatti le condizioni di luce diurna possono essere talmente variabili, sia in rapporto alla stagione, al giorno, all'ora, sia all'ubicazione dell'edificio, che, specialmente nei punti meno chiari del locale, il ricorso, in determinata misura, alla illuminazione artificiale, diventa una necessità.

Se le due illuminazioni, naturale e artificiale, possono essere chiamate a collaborare insieme per il conseguimento di un determinato scopo, sono cose ben distinte, obbedienti a leggi proprie, soggette a regole speciali, governate da principi di natura diversa, e quindi considerabili separatamente. L'intervento di questa, in aggiunta a quella, non è da considerarsi che una eccezione.

Nella illuminazione naturale si ha da fare con un solo tipo di sorgente: la luce del giorno, della quale si assume come campione di riferimento quella minima (cielo moderatamente coperto ed oscuro) di brillantezza 5.000/π cand./m², cioè di illuminamento 5.000 lux. In altre parole, si assume come illuminamento medio di un punto, che riceva liberamente

luce da tutta la volta celeste (apparentemente una emisfera), quello che si verifica al 21 dicembre (E. min.=0, E. max.=10.000 lux, E. m.=5.000 lux). In tale condizione la brillantezza del cielo (supposta uniforme) è 0,16 stilb.

Si ricorda, per incidenza, che lo splendore medio del cielo raggiunge il massimo di 1 stilb (più di 30.000 lux) al 21 giugno, scendendo, con progressione inversa, al minimo ora detto 0,16 in dicembre.

Escluso il caso di raggi diretti del sole, la illuminazione naturale è quasi sempre a luce diffusa, tale essendo la luce che proviene dalle finestre.

La illuminazione artificiale può essere data da qualsiasi tipo di sorgente, a incandescenza, a luminescenza o mista, e avvicinarsi, o non, a quella di luce diffusa, secondo le armature impiegate. Il modo di produzione della luce, e la sua utilizzazione in determinati apparecchi, influiscono sul rendimento luminoso dell'installazione, il quale è pure funzione della distribuzione dei centri luminosi.

La luce di questi centri può essere predeterminata con sicurezza a priori, ciò che non è possibile nella illuminazione naturale, a meno di far riferimento ad un valore minimo, al disopra del quale

devono ammettersi margini di variabilità molto estesi.

Se l'indeterminatezza delle condizioni di luce naturale non consente soluzioni precise, queste però possono ritenersi valide in rapporto ad un dato illuminamento esterno, cioè a un dato splendore del cielo. E ciò appare sufficiente per la pratica.

Le norme per la illuminazione di interni, danno, a titolo di raccomandazione, valori limiti sia per la illuminazione con luce naturale, sia artificiale. Fisicamente la luce è un fenomeno unico, qualunque sia la causa che la crea, e l'identificazione può sembrare perfettamente ragionata. Ma le condizioni in cui si ottiene, o si svolge, l'una e l'altra sono ben diverse, dipendenti da vincoli diversi, e ciò può richiedere considerazioni diverse.

Nella illuminazione con luce artificiale l'unico ostacolo all'adozione di grandi illuminamenti è la

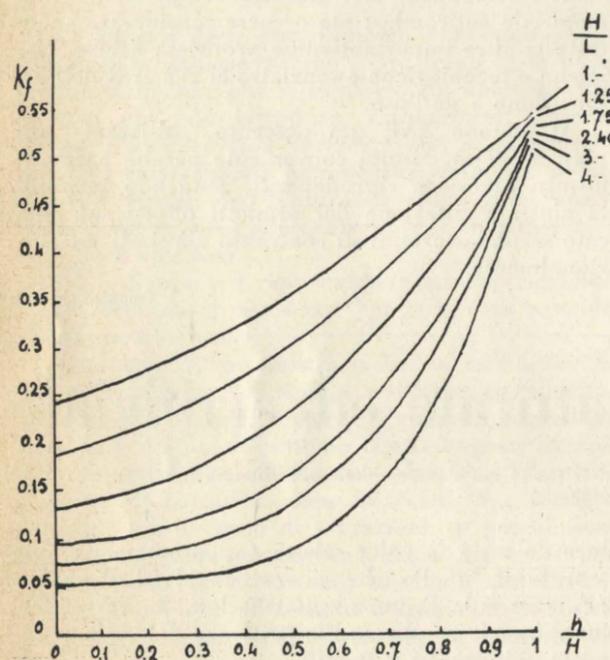


Fig. 1.

bolletta periodica della energia elettrica, ed all'infuori di questo non vi sono freni. Nella illuminazione naturale, fatta eccezione dei suburbii, non è possibile avere tutta la illuminazione che si desidererebbe, per ragioni evidenti competenti agli agglomerati urbani. Nelle zone periferiche della città, in quelle fabbricate a giardini, sarebbe troppo modesto contentarsi di minimi di illuminazione naturale pari a quelli sufficienti con luce artificiale, mentre sarebbe esagerato in zone centrali, a fabbricazione molto densa, fissare degli illuminamenti, nei punti meno illuminati del locale, non inferiori a 20 o 30 lux.

Dovunque è possibile, anche agli effetti del mo-

rale del lavoratore e del rendimento del lavoro, la illuminazione naturale dovrebbe essere più intensa di quella artificiale. Ma in molti casi bisogna tener conto non solo di ciò che è preferibile, ma di ciò che è conseguibile, cioè contentarsi di minimi di illuminazione naturale, che in quella artificiale non sarebbero ammessi.

Il Comitato (inglese) di studi sulla illuminazione diurna, nominato dalla Commissione Internazionale della Illuminazione, ha stabilito, sin da 30 anni fa, che il modello di luminosità del cielo, da assumersi a base dei computi, sia quello detto addietro di 0,16 stilb, ossia di 5.000 lux. E su questo tutti d'accordo. Ove cominciano i dispareri è sul *coefficiente di luce diurna*, rapporto tra l'illuminamento di un punto interno al locale, all'altezza di un tavolo da lavoro (circa 85 cm.) e l'illuminamento di una superficie esterna orizzontale esposta alla completa radiazione della semisfera celeste di luminosità uniforme.

La stessa Inghilterra propose alla riunione di Glasgow, nel 1931, come misura di un illuminamento *insufficiente*, il fattore 0,2 %, al quale corrisponde un illuminamento nel punto più buio di 10 lux. Ciò vuol dire che quando il coefficiente di luce naturale è inferiore a 0,2 %, questa deve considerarsi insufficiente per lavori di non grande finezza, ad esempio scrivere.

Nella riunione di Scheveningen (1939), pur ammettendosi la validità del fattore 0,2 %, si raccomandava, sempre per qualità di lavoro ordinario, un fattore minimo 0,6 %. Con ciò, sempre per illuminamento naturale di 5.000 lux esterni, si arriverebbe ad un minimo di 30 lux (il massimo può risultare anche 10 volte maggiore, ed oltre). A questi principi si ispirano le norme italiane; ma proporre è una cosa, poter disporre è un'altra.

La misura del 0,2 % è volutamente minima, perchè non appaia gravosa, e più che di sufficienza è uno standard di insufficienza, al fine di uscire nel miglior modo dal cozzo degli enormi interessi investiti nel reddito dei terreni urbani, ed agevolare il disimpegno delle grosse questioni che possono sorgere. *Raccomandare*, sì, i minimi di illuminazione quali dovrebbero essere, ma *fissare* dei minimi che non sollevino spinose questioni in caso di contrasto, e che lascino il dovuto respiro alle Autorità competenti in materia.

È bene tuttavia tener presente che il fattore di luce (0,2 od 1 %) è indipendente dalla brillantezza del cielo, e conseguentemente dalle condizioni meteorologiche, dall'altezza apparente del sole e dalla latitudine. Se l'illuminamento esterno è 5.000 lux porta ad un minimo tollerabile di 10 o 50 lux, ma se è 50.000 lux quel minimo sale a 100 o 500 lux.

Considerazioni sulla illuminazione naturale

La linea oltre la quale, guardando da vari punti del piano di lavoro, attraverso la finestra, non si ha più la vista diretta del cielo (per l'ostruzione di

altri immobili) può servire di demarcazione fra illuminazione sufficiente e insufficiente. Cioè la illuminazione di un locale è insufficiente per quei punti oltre i quali il cielo non è più visibile.

La linea di separazione fra i punti del piano di lavoro, dai quali è visibile direttamente il cielo e quella dai quali cessa di essere visibile si chiama linea limite di cielo, o *linea di assenza di cielo* (no sky line).

È notevole che lo standard 0,2 %, che ha valore legale in Inghilterra, è appunto il risultato, non di considerazioni teoriche, ma di lunghe serie di misure del detto fattore fatte da osservatori di giudizio spassionato ed attendibile, che portarono alla identificazione (si intende nei limiti pratici ammissibili in questa materia) della *linea di contorno* per fattore 0,2 % (linea luogo dei punti a cui corrisponde il detto fattore 0,2 %) con la linea di assenza di cielo. E questo non può essere motivo di sorpresa, perchè l'impressione esercitata dalla luce sull'occhio non dipende da valori assoluti, ma da valori di confronto.

Supposto zero il fattore di luce diurna indiretta, cioè zero l'effetto della luce riflessa dai muri all'esterno ed all'interno, questo fattore di luce diurna potrebbe chiamarsi *fattore di cielo*, e colla sua considerazione si trasporterebbe un problema fotometrico in uno puramente geometrico. Il fattore di cielo dipende dall'angolo solido il cui vertice è nel punto considerato del piano di lavoro e la cui base è la porzione della superficie sferica di cielo visibile da quel punto. Il rapporto della proiezione sul piano di lavoro dello spazio angolare visto, alla intera semisfera celeste proiettata sullo stesso piano (di area π , per raggio unità della sfera celeste) è il fattore di cielo.

Con ciò il problema della luce diurna all'interno degli edifici viene ad assumere una nuova base.

Finora si è parlato di illuminamento minimo; ma giova notare che il rapporto fra illuminamento massimo (vicino alle finestre) e illuminamento mi-

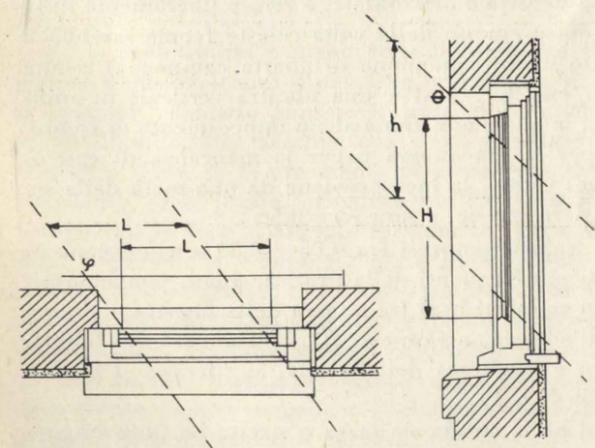


Fig. 2 - Riduzione dell'effettiva area del vetro per una finestra ricevente luce obliquamente

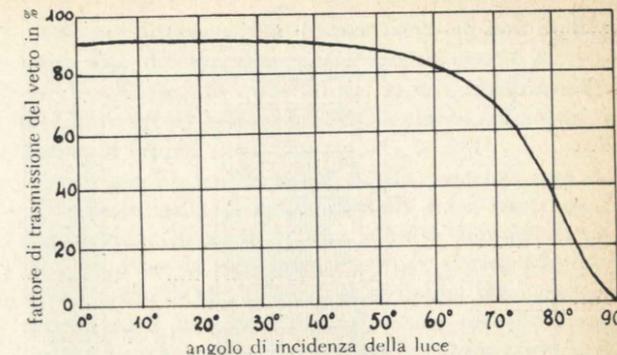


Fig. 3 - Diagramma della variazione del fattore di trasmissione del vetro in funzione dell'angolo di incidenza della luce.

nimo può risultare 10 volte e più, e si comprende l'allusione, fatta in principio, all'integrazione della luce naturale con luce artificiale. Quale aumento può provenire alla luce diretta del cielo dalla luce riflessa dai muri della strada e dalle pareti interne del locale, non è difficile calcolare; e può senz'altro dirsi che l'*illuminamento medio* può risultarne anche aumentato in misura notevole (sino a raddoppiare e più l'illuminamento diretto). Ma l'illuminamento dei punti più oscuri dovuto a luce diretta è di sua natura così piccolo, che anche moltiplicato molte volte l'unità non riuscirebbe a raggiungere il minimo prescritto di 0,2 %.

Nell'illuminazione naturale interessa quasi esclusivamente l'*illuminamento dei punti più bui*, cioè più lontani dalla finestra, perchè per quelli più vicini l'illuminamento sarà sempre più che sufficiente, anche se si trascura la componente indiretta della illuminazione.

Coll'allontanarsi dalla finestra la diminuzione dell'illuminazione è così forte, esclusa la penetrazione nel locale dei raggi diretti del sole, e sempre con riferimento ad un cielo di luminosità moderata ed uniforme, che è mestieri nella illuminazione con luce diurna, non supplementata da luce artificiale, accettare dei fattori di uniformità assai più bassi che nella illuminazione artificiale. L'occhio, abituato alla luce diurna, è però in condizioni assai meno favorevoli che durante la notte, a rendersi conto di queste ineguaglianze.

Per i punti più vicini alla finestra, la componente indiretta della illuminazione è poco avvertibile; per quelli più lontani può diventare anche maggiore della componente diretta, ma è pur vero che questa è così bassa che difficilmente la luce riflessa potrà convertire l'illuminamento da insufficiente a sufficiente. Risultati di esperienze presentati alla Riunione di Karlsruhe nel 1935 dal Comitato svedese dimostrano che variando il fattore medio di riflessione delle pareti da 0,05 o 0,5 il fattore di luce diurna può anche, per i punti più oscuri, quadruplicarsi, senza che la condizione di sufficienza sia raggiunta.

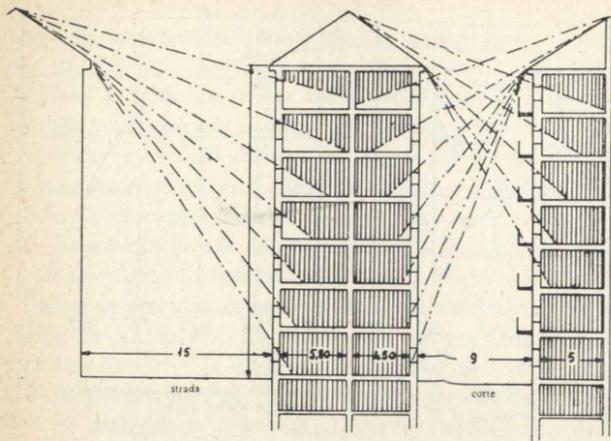


Fig. 4 - Effetto della ostruzione degli immobili vicini sulla penetrazione di luce nei locali.

Ciò è in relazione con l'ammissione già fatta, che la parte di stanza che non riceve illuminazione diretta dal cielo può ritenersi insufficientemente illuminata.

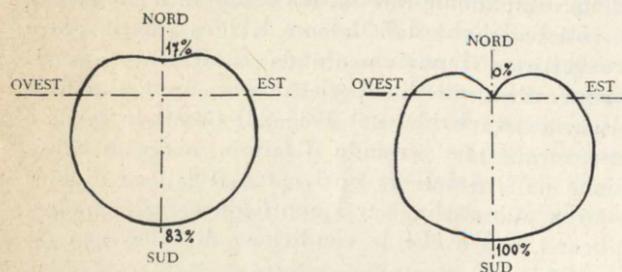
Fissato dunque un minimo legale di illuminamento ammissibile, occorrerà determinare, nelle strade a fabbricazione densa, ove l'entrata della luce negli edifici può essere impedita, per quale percentuale di area di pavimento sia tollerabile un illuminamento minore. Questa percentuale può secondo i casi oscillare dal 20 % al 70 %.

In conseguenza di ciò può determinarsi il numero e ampiezza delle finestre, l'angolo di ostruzione (angolo che la congiunge al piede di un edificio col coronamento dell'edificio opposto fa col'orizzontale), l'angolo di elevazione (angolo che la congiunge al punto più lontano dalla finestra col bordo superiore di questa fa con l'orizzontale), il rapporto dell'area della finestratura a quella del pavimento ecc.

Metodi di predeterminazione nell'illuminazione naturale

Sono stati ricavati degli abbachi grafici per trovare l'illuminamento in un punto di un piano orizzontale, perpendicolare o parallelo alle finestre o ai

Fig. 5 - Strada in direzione Est-Ovest (latitudine 47°). Diagrammi di durata del soleggiamento per gli edifici rivolti a nord, e per quelli a sud (giorno 21 giugno, a sinistra; giorno 21 dicembre, a destra).



lucernari. I raggi di luce che da tutti i punti di una sorgente estesa convergono in un determinato punto del piano di lavoro, costituiscono una piramide o un cono di flusso luminoso, l'illuminamento prodotto dal quale dipende dall'angolo solido all'apice di questa piramide o cono e dalla sua inclinazione sul piano di lavoro, senza riguardo alla distanza, cioè alla dimensione, della superficie da cui emanano i raggi.

Gli abbachi sono due, uno per l'illuminazione su di un piano perpendicolare al piano luminoso, l'altro per la illuminazione su di un piano a parallelo, e traducono in cifre la formola teorica che dà l'illuminamento prodotto da un piano luminoso rettangolare di data brillantezza (ad es. 1000 cand./m²), e sono da usarsi in relazione ai disegni, in elevazione ed in pianta, della stanza che si considera.

Tali metodi, ed altri consimili, non sono però molto affini alla mentalità ed attitudini di progettisti edili ed architetti. Di solito si considerano le finestre come altrettante sorgenti di luce, applicando alle stesse dei calcoli come in illuminazione artificiale.

Dall'illuminamento di un punto liberamente esposto alla volta celeste (e che in media al 21 dicembre può stimarsi, con cielo moderatamente coperto, 5.000 lux) si passa a quello della finestra me-

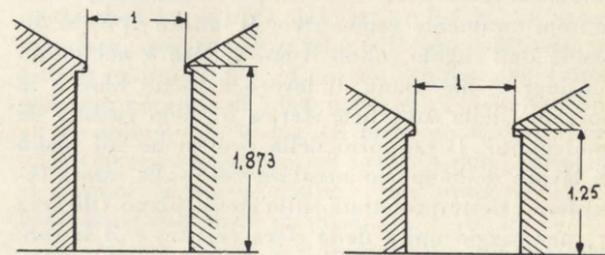


Fig. 6 - Strada in direzione Nord-Sud (latitudine 47°). A sinistra: sezione tipica per 2 ore di soleggiamento al piede degli edifici, il 21 giugno. A destra: sezione tipica per 1 ora di soleggiamento al piede degli edifici, il 21 dicembre.

dante un fattore che dicesi *fattore di finestra*. Se una finestra è orizzontale, e riceve liberamente tutto il flusso emesso dalla volta celeste (come sarebbe il tetto di un capannone in aperta campagna) risulta per essa $K_f = 1$. Per una finestra verticale di edificio, la quale non abbia alcun impedimento di fronte, o per la sua altezza o per la mancanza di costruzioni vicine, la luce proviene da una metà della emisfera celeste, e sarà $K_f = 0,5$.

Valori compresi fra 0,05 e 0,55 si riferiscono ai casi più frequenti della pratica, a cui, per determinati rapporti h/H fra altezza della finestra e altezza dell'edificio, e rapporti H/L fra altezza del fabbricato e larghezza della strada, si riferisce il grafico della Fig. 1.

Che la strada sia larga o stretta ha poca importanza se $h/H = 1$, e coll'abbassarsi di h il K_f diminuisce rapidamente per strade strette.

Dall'illuminamento al baricentro della finestra si ricava il flusso da essa irradiato all'interno del locale, solo una frazione del quale (da 0,3 a 0,8) sarà utile per l'illuminazione del piano di riferimento. Questa frazione presenterà i valori più alti quando il fattore di riflessione medio delle pareti è più elevato (ad esempio 0,6 invece di 0,3), quando il rapporto dell'area del pavimento all'area totale dell'ambiente è maggiore, quando il rapporto dell'area finestrata all'area del pavimento è maggiore, in relazione a tante altre regole che gli architetti conoscono.

Il quoziente del flusso utile all'area del piano orizzontale dà illuminamento medio.

Se la luce esterna colpisce la finestra obliquamente, la superficie utile del vetro viene ridotta in proporzione (Fig. 2).

Può sembrare però discutibile ricercare nei calcoli un'esattezza maggiore di quella inerente all'impiego dei coefficienti noti dai libri. È da notarsi che anche il coefficiente di trasmissione del vetro varia fortemente crescendo l'obliquità della luce incidente (Fig. 3).

La Fig. 4 illustra l'effetto della ostruzione degli immobili vicini sulla penetrazione di luce nei locali.

L'orientamento degli edifici risulta dalla disponibilità delle aree fabbricabili. Per una strada in direzione est-ovest, la Fig. 5 mostra la durata del soleggiamento per edifici rivolti a nord ed a sud, sia al 21 giugno, sia al 21 dicembre.

Se la strada è in direzione nord-sud, le sezioni tipiche per 1 o 2 ore di soleggiamento a pian terreno, al 21 giugno o al 21 dicembre sarebbero quelle schizzate nella Fig. 6.

Considerazioni sulla illuminazione artificiale

La illuminazione naturale, prodotta da un cielo moderatamente coperto e di brillantezza uniforme, è caratterizzata da grande diffusione. Nella illuminazione artificiale può aversi diffusione variabile a seconda del tipo di sorgente e del come è equipaggiata.

Se la preferibilità o meno della fluorescenza rispetto all'incandescenza dipendesse unicamente dalla maggior efficienza luminosa, niun dubbio che quella illuminazione sarebbe oggi assai più diffusa di questa. Però se le ore medie di accensione dell'impianto sono poche, il guadagno del maggior rendimento in luce si attenua fortemente. Permangono comunque a svantaggio della fluorescenza il possibile sfarfallamento della luce sotto corr. altern. per il minor effetto di volante esercitato dalla colonna gassosa, l'instabilità elettrica propria del conduttore da essa costituito (caratteristica volt-amp. discendente, o non ascendente), che richiede l'impiego di una reattanza di zavorra, con la necessità conseguente del rifasamento del circuito per mezzo di condensatori.

Sono risultate errate le previsioni di coloro che, circa una decina d'anni fa, sentenziavano la vita dell'incandescenza quasi finita. Essa è caratterizzata da tali pregi di semplicità, di regolarità, che durerà ancora a lungo.

Un lato di preferenza della fluorescenza può essere cercato nella colorazione della luce, che, com'è noto, può utilizzarsi in una infinita gamma di colori. Sparisce la soluzione, che, ove si richiede luce simile a quella del giorno, la si debba ottenere con un'efficienza di circa 8 lum/W, come succedeva coll'incandescenza. Ma non si deve incappare nel problema, occorso in qualche negozio di salumeria, che volendo dare a certi prodotti un tono più caldo, si sia voluto correggere la tinta della luce del tubo, mediante filtri colorati.

Il tubo fluorescente che, salvo eccezioni, emette pochi lumen per unità di lunghezza e che ha una brillantezza media dell'ordine di 0,5 cd/cm², è una sorgente di luce diffusa. Ma ciò non significa poter fare a meno di qualsiasi schermatura, a meno che il tubo non sia installato assai in alto. Anche una sorgente di splendore 0,5 cd/cm² se è osservata con continuità, può produrre abbagliamento, e questo succede quando essa non si trova fuori del campo normale di visione. Medici hanno notato il comparire di molte affezioni alla vista (arrossamento, stanchezza, ecc.) nei primi tempi dell'impiego della fluorescenza, per l'uso di armature non schermate, sfacciatamente opposte all'occhio.

La luce verde azzurra del vapor di Hg, e quella gialla del Na, avendo uno spettro limitato a poche righe, possono rappresentare un vantaggio per l'esecuzione di lavori, richiedenti una grande finezza. Non si vuole esagerare ritenendo, come alcuni, che appunto per la monocromaticità del colore la lampada al sodio sia preferibile nelle autostrade a quella a tungsteno. Un automobilista lungo una strada deve discernere un ostacolo od impedimento qualsiasi, nel caso peggiore un mattone od una buca a 100 m., ma in questo caso l'angolo visuale risulterebbe assai maggiore del minimo di 1', misurante le forti acuità visive. È solo nella illuminazione di interni (orologeria, ricami, disegni finissimi, ecc.) che le forti acuità visive possono essere richieste. Anche valutando il fatto che l'uomo si è abituato per millenni alla luce del sole, tanto a raggiungere il massimo di sensibilità per quella che nello spettro solare è l'emissione massima, e che pone automaticamente a fuoco sulla retina l'immagine corrispondente a questa sensibilità massima, è innegabile che ad una luce come quella del sodio (rappresentata dalle due righe vicinissime D₁ e D₂ di 5890 e 5896 U.A.) compete un'immagine assai più nitida e chiara che ad una luce a spettro continuo, e che quindi, ove sia necessaria, può corrispondere alla lampada al sodio una acuità anche doppia, cioè una minima dimensione, percettibile anche metà.

Guido Peri

L'ILLUMINAZIONE NELLE SCUOLE

I progressi odierni nel campo dell'illuminazione non sono purtroppo sempre suffragati dagli elementi che determinano la buona luce, e in particolare: brillantezza ed abbagliamento, contrasti di brillantezza, colore, riflessione delle pareti, dei soffitti ecc. L'A. tratta qui il particolare argomento dell'illuminazione nelle scuole, ricordando le avvertenze che devono essere seguite per ottenere una buona illuminazione sia nelle condizioni di luce diurna che di quella artificiale.

In questi ultimi anni con l'avvento della luce a fluorescenza molti progressi si sono fatti nel campo della illuminazione. Però non sempre essi sono stati suffragati da quegli elementi che determinano la buona luce, inquantochè sovente l'illuminotecnico o chi per esso si è particolarmente preoccupato dell'alto livello di illuminazione da ottenere, non tenendo nel dovuto conto quei fattori che hanno invece una precipua importanza perchè la luce oltre ad essere elevata sia anche di qualità.

Tra questi fattori i più importanti sono:

- 1) brillantezza ed abbagliamento dei tubi fluorescenti e degli apparecchi;
- 2) contrasti di brillantezza;
- 3) riflessione delle pareti, dei soffitti, dei pavimenti e dell'arredamento;
- 4) colore.

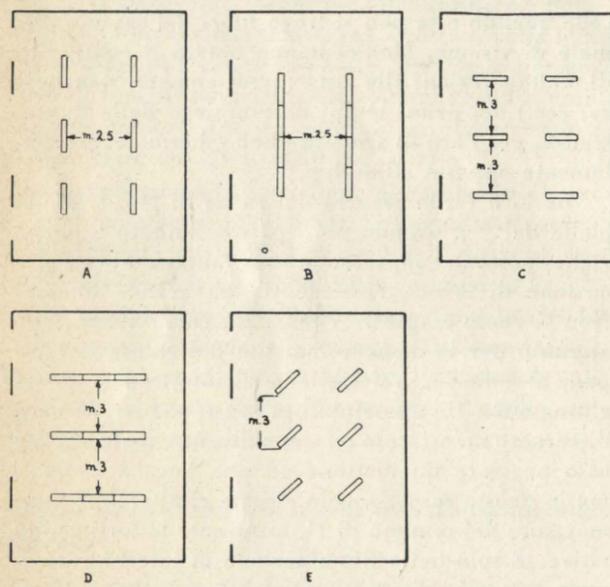


Fig. 1 - Rappresentazione schematica dei corpi illuminati in aule scolastiche. A-B: disposizione parallela al lato maggiore; C-D: disposizione perpendicolare al lato maggiore; E: disposizione inclinata rispetto al lato maggiore. Particolarmente indicata per aule di disegno.

Questi fattori non devono essere trascurati se si vuole rendere confortevole un ambiente ed in particolare nelle scuole, dove la luce giuoca un ruolo di primaria importanza, specie ora con lo sviluppo che da qualche tempo hanno preso le scuole serali. È necessario quindi che il progettista quando deve studiare un impianto luce in un'aula scolastica tenga ben presente di fornire una buona illuminazione sia nelle condizioni di luce diurna che di quella artificiale.

Luce diurna.

Sulla luce diurna ci soffermiamo solo per dare qualche breve raccomandazione inquantochè lo sco-

po dominante di questo nostro articolo verte principalmente sulla luce artificiale.

Nella luce diurna una delle regole fondamentali per un'appropriata illuminazione dei banchi è di avere la massima luce dal lato sinistro. È perciò consigliabile che le finestre siano collocate tutte dalla stessa parte dell'aula.

Questo metodo può essere seguito dove le aule non hanno una larghezza superiore ai mt. 7 e con le finestre alte intorno ai mt. 3,70. Dove le aule sono più larghe è bene che l'illuminazione sia bilaterale, disponendo le finestre su due lati onde prevenire i forti contrasti nell'intensità della luce che possono essere fastidiosi.

Comunque, dove è possibile, sono da preferire le finestre collocate alla sinistra inquantochè esse non generano ombre portate in avanti e prodotte sia dalla mano che dalla testa dello studente.

Per controllare la luce del giorno che entra dalle finestre è opportuno dotare queste di tende. Molto adatte allo scopo si sono dimostrate le tende veneziane che, se usate intelligentemente, possono dare la migliore soluzione del problema.

Non è una buona cosa disporre i banchi di fronte alle finestre, il cielo visto attraverso queste diventa una sorgente abbagliante e conseguentemente disturba la vista.

Luce artificiale.

L'illuminazione artificiale di un'aula scolastica perchè sia buona, deve avere i seguenti requisiti:

- 1) alto livello di illuminamento;
- 2) buona diffusione;
- 3) mancanza di abbagliamento.

Molti studi sono stati fatti in questi ultimi anni, specie in America, per definire l'illuminamento « optimum » nelle aule scolastiche. Si è però rilevato che la tendenza finora seguita è stata verso illuminamenti sempre più alti. Pur non di meno c'è una forte differenza di opinioni tra gli esperti in questa materia.

Un illuminamento alto anche di 250 lux può considerarsi buono se sono osservati tutti gli elementi che contribuiscono a favorire la buona luce. In altre parole, un elevato livello di illuminazione, se non è accompagnato dalla qualità, risulterà più dannoso della stessa poca luce.

In America nelle aule delle scuole vengono usati normalmente da 200 a 250 lux come illuminamento medio. A noi forse questa intensità di illuminazione può sembrare eccessiva, comunque essa non dovrebbe essere inferiore ai 150 lux. Ci sono diversi sistemi di disporre gli apparecchi in un'aula. Ne riportiamo alcuni fra i più comunemente usati, vedi fig. 1, dove è stata considerata un'aula misurante mt. 7 x 10.

Le disposizioni degli apparecchi A) e B), richiedono come premessa che le finestre siano corredate

di tendine per evitare che una parte della luce vada dispersa attraverso i vetri. Le disposizioni C) e D) non richiedono tale accorgimento però è ugualmente consigliabile l'uso di tendine che devono essere sempre chiare per aumentare così il livello della luce nell'ambiente, diminuire il rapporto di brillantezza e migliorare la diffusione della luce stessa. La disposizione E) è particolarmente adatta per le aule di disegno.

Brillantezza ed abbagliamento dei tubi fluorescenti e degli apparecchi.

Sono assolutamente da evitare apparecchi con tubi fluorescenti nudi in vista inquantochè essi con la loro alta brillantezza provocano l'abbagliamento diretto e di conseguenza arrecano molestia alla vista degli studenti. È stato considerato che perchè una sorgente di luce fluorescente non arrechi sconforto alla vista, la sua brillantezza non deve superare 0,15 Stilb, brillantezza questa sensibilmente inferiore a quella di qualsiasi tubo fluorescente attualmente in commercio. Per questa ragione le lampade fluorescenti devono essere quindi convenientemente schermate entro il campo normale visivo di un angolo di 45° rispetto all'orizzonte. L'abbagliamento delle lampade nude, provoca, non solo sconforto alla vista, ma riduce anche l'abilità di vedere.

In commercio ci sono molti tipi di apparecchi schermati, tra questi però sono da preferirsi quelli a luce semidiretta e con grigliato a nido d'ape; essi hanno il pregio di dare luce ben diffusa e di essere di bassa rilevanza.

Un tipo di apparecchio che si è dimostrato molto soddisfacente è quello portato nella figura 2. Questo modello è appunto del tipo a luce semidiretta, per cui avendo esso la proprietà di mandare parte della luce al soffitto, questa venendo riflessa nell'ambiente lo rende confortevole e favorisce la buona diffusione della luce.

Contrasti di brillantezza.

I limiti raccomandati dai rapporti di brillantezza nelle aule sono indicati qui appresso:

- 3 a 1 fra l'oggetto ed il suo contorno (*)
- 10 a 1 fra l'oggetto e le superfici più lontane.
- 20 a 1 fra gli apparecchi illuminati o le finestre e le superfici adiacenti.
- 40 a 1 fra due oggetti qualunque nel campo visivo.

(*) Per le lavagne può essere applicato il rapporto rovesciato da 1 a 3.

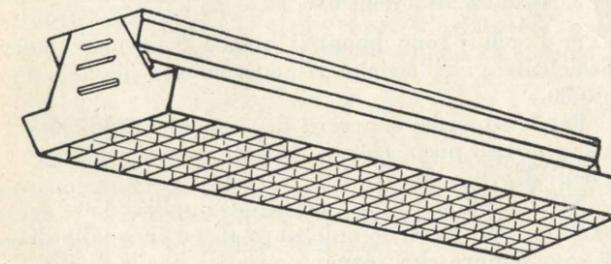


Fig. 2 - Tipo di apparecchio illuminante, particolarmente indicato per l'illuminazione di aule scolastiche.

Per valutare la brillantezza di una superficie diffondente opaca o semiopaca, basta ricordare che essa dipende dalla illuminazione che la colpisce e dalla sua riflessione. Essa è legata dalla seguente formula:

$$B = \frac{E \cdot r}{\pi}$$

Dove: B è la brillantezza; E l'illuminazione; r il fattore di riflessione.

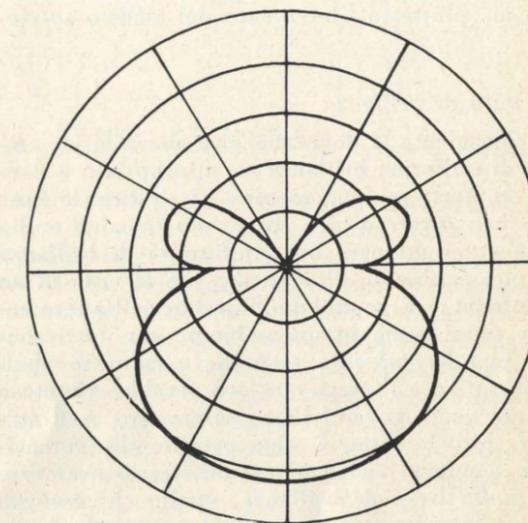


Fig. 3 - Curva fotometrica del tipo di apparecchio illuminante di fig. 2.

Se abbiamo ora due superfici adiacenti e diffondenti ed aventi lo stesso illuminamento di 150 lux, ma di flessioni diverse e supponiamo che una sia di colore crema con fattore di riflessione di 0,65 e l'altra di colore verde oliva con fattore di riflessione di 0,15, avremo: per la prima

$$B_1 = \frac{150 \times 0,65}{\pi} = \frac{97,50}{\pi}$$

e per la seconda:

$$B_2 = \frac{150 \times 0,15}{\pi} = \frac{22,50}{\pi}$$

Il rapporto della brillantezza fra le due superfici sarà:

$$\frac{97,50}{22,50} = 4,33$$

Con i suddetti fattori di brillantezza si può ricavare il fattore di contrasto che viene definito dalla seguente formula:

$$C = \frac{B_1 - B_2}{B_1}$$

Sostituendo a B₁ ed a B₂ i valori sopra trovati si avrà:

$$C = \frac{97,50 - 22,50}{97,50} = 0,78$$

Quantunque molte delle nostre raccomandazioni abbiano al giorno d'oggi una certa prevalenza inquantochè basate sulle indagini dei bisogni fisiologici, esse però non sempre soddisfano pienamente quelle reazioni psicologiche che non sono facilmente valutabili perchè variano da individuo ad individuo.

Comunque con una certa larghezza esse possono ugualmente considerarsi accettabili anche riferite a queste reazioni. Difatti mentre il controllo del confort visivo della sorgente luminosa, dell'intensità di contrasto di brillantezza entro giusti limiti può essere valutabile, non così avviene per l'adattabilità dell'occhio umano che oltrepassa invece tali limiti.

Una vista deficiente, una tardiva adattabilità dell'occhio, non devono richiedere la modifica dell'ambiente ma piuttosto l'intervento del medico specialista.

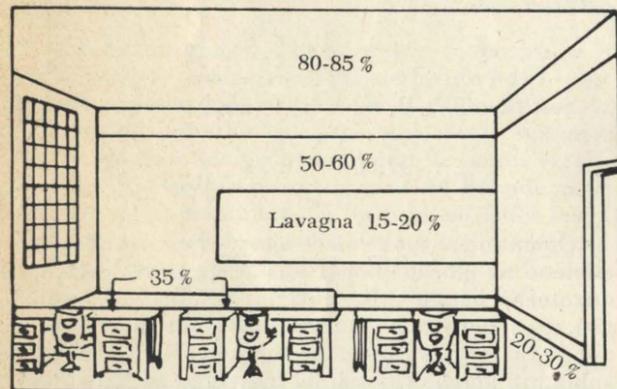
Uniformità di brillantezza.

Tecnicamente si dovrebbe dire che solo un ambiente di uniforme brillantezza sia appropriato a dare sicuro confort visivo, mentre in pratica le cose stanno ben diversamente. In primo luogo è molto difficile poter ottenere una uniformità di brillantezza e poi non dobbiamo dimenticare che la vista in un tale ambiente così monotono finirebbe coll'essere annoiata, quasi come in un ambiente con forti contrasti. In tale ambiente verrebbe a mancare qualsiasi attrattiva e l'insegnante non sarebbe aiutato a stimolare negli studenti l'attività creativa e ad animare la loro fantasia. È stato provato che per evitare lo sconforto visivo non è necessario aver rapporti molto bassi di brillantezza, quello che bisogna evitare è la monotonia. Se ne deduce quindi che la teoria dell'uniformità non è sempre applicabile perciò essa non deve essere considerata come elemento base della buona illuminazione. Comunque secondo le possibilità, essa deve essere considerata conveniente.

Riflessioni delle pareti, dei soffitti, dei pavimenti, dei banchi e brillantezza.

La brillantezza delle pareti, dei soffitti, dei pavimenti, e dell'arredamento è riferita ai loro fattori di riflessione. Si raccomanda che le pareti ed i soffitti siano tinteggiati in colori tenui, opachi, con fattori di riflessione per il soffitto dall'80% all'85%; per le pareti dal 50% al 60% per i pavimenti del 20% al 30%. Le superfici dei banchi devono essere opache o semi-opache in colore leggero ed avere un fattore di riflessione dal 35% al 50%.

Fig. 4 - Esempio di illuminazione di un'aula scolastica con bassi rapporti di brillantezza.



Il linoleum verde diaspro possiede un fattore di riflessione del 35% ed è molto indicato per ricoprire le superfici superiori dei banchi.

Sono assolutamente da scartare le superfici lucidate in quanto esse causano l'abbagliamento riflesso dovuto alla riflessione delle sorgenti luminose. L'abbagliamento riflesso è più dannoso di quello diretto perchè essendo esso molto vicino al campo centrale visivo, l'occhio non riesce ad evitarlo.

Questi fattori di riflessione sono considerati sempre per una riflessione diffusa; la riflessione speculare, come sopra detto, deve essere assolutamente evitata.

I livelli di illuminamento medio raccomandati nelle scuole sono riportati nella tabella seguente:

Aule normali lux 150; Aule da disegno lux 200; Palestre lux 100; Scale lux 70; Corridoi lux 50.

I suddetti valori non devono essere considerati come massimi, perciò nella pratica applicazione essi non devono essere inferiori, se mai superiori.

In America tali valori sono molto più elevati. Secondo le più recenti raccomandazioni dell'Illuminating Engineering Society essi sono i seguenti:

Aule normali lux 300; Aule da disegno lux 500; Palestre lux 200; Scale e corridoi lux 100.

Un esempio di illuminazione di un'aula scolastica con bassi rapporti di brillantezza e con buona illuminazione viene illustrato nella figura 4.

Nel fare un progetto di illuminazione, l'illuminotecnico non deve mai stancarsi di ricercare quanta luce occorre all'occhio per espletare quel determinato lavoro; quanta luce riflessa può essere sopportata senza fatica dall'occhio e quali sono i colori che vengono più prontamente percepiti. Quando poi si parla di illuminare un'aula scolastica, tutti quegli elementi devono essere ancora più attentamente esaminati in quanto essi, se determinati nel modo giusto, contribuiranno a rendere confortevole l'ambiente, a fornire una buona luce ed a sollevare altamente il morale degli studenti.

Un altro particolare che non deve essere trascurato quando si progetta l'illuminazione nelle scuole è che la luce deve essere di qualità gradevole, cosa questa che deve comportare in sé l'attenzione del progettista a dare colori adatti all'ambiente, ad eliminare l'abbagliamento molesto ed a schermare le sorgenti brillanti di luce. Ai colori delle pareti deve essere data una particolare cura, essi devono essere tenui. Sono adatti il crema, il rosa chiaro, il grigio chiaro, il verde chiaro ed il blu chiaro i cui coefficienti di riflessione sono indicati qui appresso:

Crema 0,65; Rosa chiaro 0,65; Giallo 0,65; Camoscio chiaro 0,65; Grigio chiaro 0,60; Verde chiaro 0,60; Blu chiaro 0,55.

Per i soffitti sono buoni il bianco e l'avorio con coefficiente di riflessione rispettivamente di 0,85 e di 0,80.

Per le superfici superiori dei banchi si addicono bene il grigio poco scuro o il verde medio con coefficienti di riflessione da 0,35 a 0,50.

Nella scelta dei tubi fluorescenti quelli a 4500° K sono i più adatti nelle aule normali ed in quelle di disegno sempre che vengano tenuti i livelli di illuminamento rispettivamente di 150 e 200 lux.

Lavagne.

In un'aula scolastica si presenta inoltre il problema dell'illuminazione delle lavagne. Al contrario dei banchi, queste richiedono un alto illuminamento verticale.

Le lavagne sono comunemente nere e l'illuminamento dovrebbe essere tale da non dare riflessioni speculari che arrechino molestia agli studenti. L'illuminazione delle lavagne non deve essere inferiore a quella del piano orizzontale di riferimento dell'aula che viene considerato normalmente a circa 85 cm. dal piano terra.

Con un illuminamento orizzontale di 150 lux occorre dare alla lavagna un illuminamento verticale da 90 a 110 lux.

È molto opportuno, per l'illuminazione della lavagna, ricorrere a sorgenti di luce disposte in alto e molto vicine ad essa in modo da evitare l'immagine della lampada riflessa nella sua parte superiore che è, generalmente, lucida per l'uso (fig. 5).

Cattedra.

L'area occupata dalla cattedra è bene che abbia un illuminamento di circa il 50% di più di quello del resto dell'aula, in tal modo si viene ad aumentare l'attenzione degli studenti verso l'insegnante.

Se si pensa che per una buona parte delle ore di scuola gli studenti sono occupati ad ascoltare la voce del loro insegnante, si può da ciò ben capire l'importanza di dare alla zona della cattedra un maggior risalto col fornire ad essa una illuminazione più intensa.

Colori.

L'associazione dei colori in una scuola ha grande importanza psicologica sugli studenti. Il progettista non deve quindi trascurare ciò se vuole assicurare una buona illuminazione. Gli studenti amano i colori riposanti; quelli cosiddetti freddi (verde chiaro, blu chiaro, turchino chiaro), sono i più adatti.

In pratica il progettista deve preoccuparsi affinché le aule non manchino di gaiezza e la scelta dei colori va fatta con molta cura, in relazione alla destinazione dell'aula.

Nelle aule di lettura e di scrittura è bene orientarsi verso combinazioni di colori tenui; in quelle di lavori manuali e di laboratori, verso colori che diano una pronta identificazione degli oggetti, anche a distanza. Purtroppo in tutto ciò non c'è nessuna formula che ci possa permettere di determinare quanto sopra esposto. Sta proprio nell'abilità dell'Ingegnere illuminotecnico o dell'Architetto chiamato allo studio dell'illuminazione, di stabilire gli elementi necessari che siano capaci di dare all'ambiente quel tono piacevole, confortevole e di stimolo agli studenti.

Manutenzione.

In una scuola, come in qualsiasi altro ambiente, per mantenere sempre buoni i livelli di illuminazione, è essenziale un servizio periodico di pulizia degli apparecchi e delle lampade.

È quindi bene, nella scelta degli apparecchi, orientarsi verso modelli di facile pulizia e di facile

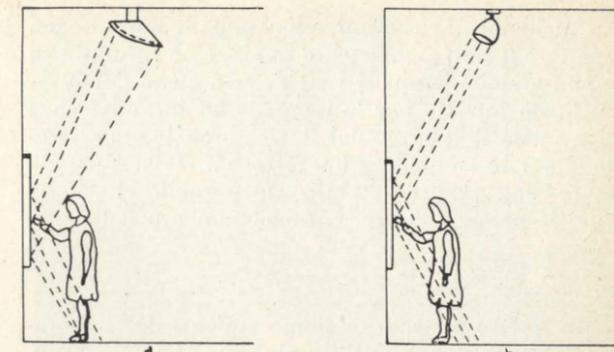
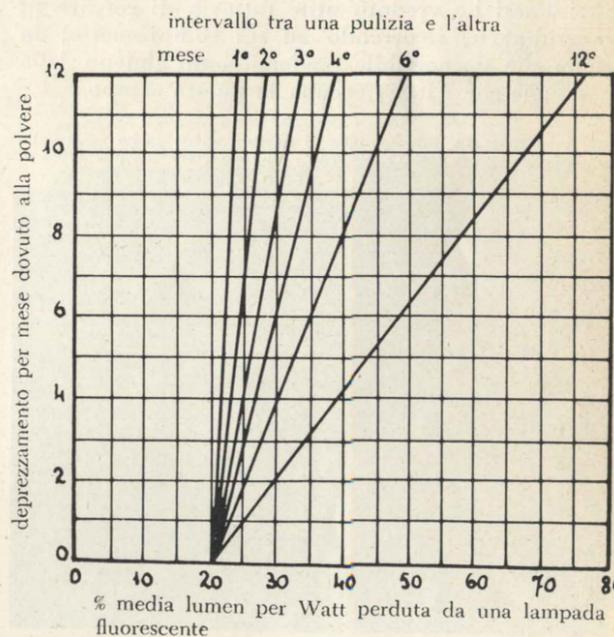


Fig. 5 - Disposizioni delle sorgenti luminose per l'illuminazione delle lavagne. a) con tubo fluorescente; b) con lampade ad incandescenza.

ricambio delle lampade. Gli apparecchi quando sono coperti dalla polvere non danno più quella efficienza luminosa che hanno quando sono puliti e lo stesso dicasi anche per i tubi fluorescenti. È un grave errore trascurare la loro periodica pulizia, cosa che purtroppo avviene di sovente. Il non effettuarla vuol dire perdere della luce, che purtroppo viene egualmente pagata alla Società distributrice, senza utilizzarla. Per rendersi conto dell'importanza che ha la manutenzione riportiamo la rappresentazione grafica del comportamento per mese del deprezzamento della luce, dovuto alla polvere (fig. 6).

In detto grafico si è voluto fare riferimento solo al deprezzamento dell'efficienza luminosa causato dalla polvere. Si rileva che facendo un servizio mensile di pulizia tale deprezzamento è ridotto al minimo, mentre diventa sempre più sensibile man mano che l'intervallo di tempo fra una pulizia e l'altra è più lungo. È necessario quindi non trascurare la pulizia delle lampade e degli apparecchi, che dovrebbe essere fatta almeno ogni tre mesi per evitare che la loro efficienza luminosa vada troppo al di sotto dei valori dell'illuminazione iniziale.

Fig. 6 - Rappresentazione grafica del deprezzamento della luce dovuto alla polvere.



Anche per il ricambio delle lampade non bisogna aspettare il loro esaurimento finale, cioè che il flusso luminoso della lampada sia ridotto a meno del 60 % del flusso iniziale per le lampade ad incandescenza ed a meno dell'85 % del flusso dopo la stabilizzazione per le lampade a fluorescenza. Nella lampada fluorescente il flusso stabilizzato è quello che si ha dopo le prime 100 ore di funzionamento della medesima.

Conclusioni.

In questo articolo ci siamo sforzati di far comprendere il valore che l'illuminazione ha nelle scuole, per cui ci auguriamo che se pure il nostro contributo sia stato modesto, possa esso ugualmente

riuscire a stimolare sempre più l'interesse da parte di coloro che si occupano di questo importante problema.

Ugo Pollice

BIBLIOGRAFIA

I.E.S. - *Lighting Handbook* - 2ª edizione.

Electrical World, 21 aprile 1952.

Ing. GIUSEPPE ROMAGNOLI MOSCA, *Progetto di norme e raccomandazioni per la buona illuminazione di interni*, Edizione C.E.I., Via S. Paolo, 10, Milano.

Ing. UGO POLLICE, *L'abbagliamento come fattore negativo della buona luce*, Rivista « *Industria Italiana Elettrotecnica* », n. 1-2, gennaio-febbraio 1952.

Ing. MERRY COHU, *Rayonnement Photometrie et éclairage*, Edizione 1949.

Le norme per una buona illuminazione degli stabilimenti industriali

L'A. esamina il problema dell'illuminazione dei locali industriali, sia per quanto riguarda il « livello di illuminazione » occorrente sia in relazione al « confort », dovuto alla distribuzione, al colore della luce e dei locali e all'eventuale abbagliamento.

È noto che in diversi Paesi sono state formulate delle norme per i livelli di illuminazione in forma di « raccomandazioni » con lo scopo evidente di arrivare ad un'illuminazione che sia ritenuta accettabile oppure sia da considerare buona.

Mi limito, per i valori ancora recentemente presentati dalle Delegazioni di vari Paesi al Congresso Internazionale del C.E.I. a Stoccolma nel 1951, soltanto al campo che riguarda l'illuminazione dei locali industriali, le cui cifre ho raccolto in una tabella semplificata (N. 1). Non mi risulta che al Congresso siano stati riportati dei dati per l'Italia ma è possibile trovare un utile orientamento nello « Schema di norme e raccomandazioni generali per una buona illuminazione di interni » elaborato dal C.E.I. e, se per la loro complessità, non si possono direttamente raffrontare questi dati con quelli degli altri Paesi ho creduto utile tuttavia di cercare di raggrupparli, ricorrendo ad un compromesso, in modo che sia possibile rendersi conto almeno della posizione che l'Italia occupa in questo campo.

Fig. 1 - Tipografia. File continue di riflettori aperti anche verso l'alto con lampade fluorescenti TL 40 Watt. - Illuminazione generale 250 Lux



Un primo sguardo a questa tabella anche se dà un ottimo e direi indispensabile orientamento per lo studio dell'illuminazione, ci rivela una ancora notevole disparità di cifre da Paese a Paese. Non possiamo sottrarci all'impressione che esse risentano di un certo empirismo essendo l'apprezzamento di qualità in funzione del concetto locale di ogni Paese che, con il progredire della tecnica, man mano si modifica.

Sarebbe utilissimo avere un mezzo per misurare la difficoltà intrinseca di un determinato compito visivo e molti hanno già tentato di trovarlo.

Cito nomi di studiosi come il Luckiesh, Moss ed altri, ma forse maggiormente degni di nota sono gli esperimenti di Weston.

Come esempi di compiti visivi egli prende la lettura di un libro, di disegni, di strumenti di misura, i lavori meccanici fini e finissimi.

Per esprimere poi in cifre queste difficoltà prende come base caratteristiche ben determinate e soprattutto misurabili:

a) la grandezza del dettaglio da osservare secondo l'angolo visuale che è l'angolo sotto il quale si vede l'oggetto ad una distanza predeterminata. Ad es. 0,1 mm. a 30 cm. corrisponde all'incirca ad un angolo di 1';

b) il contrasto di brillantezza del dettaglio col fondo.

E siccome, in fin dei conti, la percettibilità dell'oggetto dipende dalla brillantezza è necessario considerare il coefficiente di riflessione ed è d'uso porre, per il fondo, un valore costante.

Per esprimere poi in cifre le difficoltà di un dato compito visivo, Weston introduce il concetto « prestazione » e ricorre a tavole con anelli di Landolt per determinare la relazione tra la precisione della lettura ed il tempo richiesto per effettuarla.

Con un gran numero di osservatori stabilisce la prestazione media in funzione del livello di illumi-

nazione per vari valori di grandezza del dettaglio e diversi contrasti e constata che la prestazione aumenta con l'aumentare dell'illuminazione fino a raggiungere un massimo dopo di che diminuisce per l'apparizione dell'abbagliamento (circa 20.000 Lux). Il rapporto fra la prestazione fornita e la prestazione massima raggiungibile per un determinato compito visivo è da considerare come una misura per giudicare la « qualità » dell'illuminazione. Il rapporto prende il nome di « prestazione relativa ».

Il Dr. Kruithof collaboratore dei Laboratori Fisiologici della Philips in Olanda in un suo interessante lavoro ha, basandosi sui dati di Weston, elaborato — per un fondo con coefficiente di riflessione di 0,9 — un quadro di valori di illuminazione per quattro valori di prestazioni relative, per compiti determinati da quattro grandezze di angolo visuale e quattro valori di coefficienti di contrasto, come da tabella n. 2.

Se confrontiamo i livelli di Kruithof con quelli indicati nelle norme si rileva anche qui una notevole divergenza. Mentre per i compiti più difficili i livelli raccomandati sono in genere suscettibili di ulteriori aumenti, per quelli più facili sono più che sufficienti e persino abbondanti, tanto da permettere « prestazioni relative » altissime, molto prossime all'unità, mentre che a 0,90-0,95 sono già da considerare buone. In questi casi altri fattori intervengono per consigliare questi livelli.

Nel campo industriale una delle maggiori preoccupazioni è il rendimento del lavoro ed è di conseguenza di vivo interesse conoscere in quale misura una migliore illuminazione può incrementarlo. E qui debbo subito premettere che tutti i calcoli e le norme si riferiscono piuttosto al problema della percezione dell'oggetto e non al rendimento globale del lavoro e del lavoratore, essendo quest'ultimo legato a fattori prettamente di esecuzione.

Ma anche se non c'è uno stretto parallelismo o proporzionalità diretta tra causa ed effetto è certo che se meglio si vede meglio si lavora. Finora ho esaminato il problema « livello di illuminazione » ma non ho toccato l'argomento confort, e se gli industriali cominciano a sentire l'importanza del primo argomento, per il secondo hanno tuttora scarso interesse.

Sarebbe in proposito istruttivo raccogliere i commenti di una persona invitata a sedersi in una sfera di Ulbricht, posta nelle migliori condizioni di illuminazione, e ad intraprendere una qualsiasi lettura su un foglio a fondo bianco, in un ambiente evidentemente privo di contrasti e di colore.

Nei tempi in cui l'illuminazione era ancora modesta e le sorgenti illuminanti meno progredite, si poteva « ammettere » che la qualità dell'illuminazione fosse determinata più che altro dal livello e dall'uniformità in funzione di fattori economici.

Gli illuminotecnici hanno ora a disposizione flussi luminosi così elevati che altri fattori di natura più complessa tenuti prima in minor conto s'impongono al progettista che deve garantire una buona illuminazione.

Il problema dell'illuminazione cessa di essere di dominio esclusivo degli illuminotecnici per diven-



Fig. 2 - Sala lavorazione diamanti. Quattro file continue di tre lampade fluorescenti TL da 40 Watt. - Illuminazione generale 500 Lux. Illuminazione localizzata circa 1000 Lux.



Fig. 3 - Sala di tessitura. File continue di riflettori con lampade fluorescenti TL da 40 Watt. - Illuminazione generale 400 Lux.

Fig. 4 - Officina meccanica. Coppie di riflettori con lampade fluorescenti TL 40 Watt (Illuminazione generale 150 Lux). Riflettori particolari per ogni macchina con 2 lampade fluorescenti TL 20 Watt (Illuminazione localizzata: da 800 a 1000 Lux).



ILLUMINAZIONE INDUSTRIALE
LIVELLI DI ILLUMINAZIONE RACCOMANDATI
(Tabella di raggruppamento preparata dal Segretariato)

	C. I. E. - RIUNIONE STOCCOLMA 1951							ITALIA CEI Sottocom. Ital. Norme per una buona illumin.
	U. S. A.	GRAN BRETAGNA	SVEZIA	FINLANDIA	OLANDA	BELGIO	FRANCIA	
1) <i>Compiti visivi difficilissimi</i> — partic. finissimi — contrasti minimi — lunghi periodi di tempo	1000*- 10000*	2000	1000-2000	1000-2000	1000	1000	500-2000	300-1000 a ∞ *
2) <i>Compiti visivi molto difficili</i> — particolari fini — leggeri contrasti — lunghi periodi di tempo	1000*	1000	300-500	500	500	500	300-500	id.
3) <i>Compiti visivi difficili e delicati</i> — particolari fini — contrasti moderati — lunghi periodi di tempo	500	300-500	300	300	250	250	100-300	150-1000*
4) <i>Compiti visivi usuali</i> — contrasti normali — intermittenti periodi di tempo	300	100	150	150	80	80	50-100	id.
5) <i>Compiti visivi casuali</i>	100	70	40-80	80	60		50	80-300*
6) <i>Compiti visivi grossolani</i>	50	30	20	40	30			40-100*

* Da ottenersi con un'illuminazione generale e supplementare combinate.

tare centro di attenzione anche dei psicologi, dei medici, degli architetti rivelandosi inoltre come importante elemento nell'arte della decorazione.

Un impianto di illuminazione ben fatto deve tener conto non soltanto del livello di illuminazione ma in parte considerevole della natura della medesima; distribuzione, colore, abbagliamento, riconoscendo in tal modo la grande importanza che ha l'aspetto dell'ambiente che deve accogliere. Poiché l'uomo, pur quanto possa sembrare indifferente a ciò che lo circonda, ne subisce comunque l'influenza, anche suo malgrado.

TABELLA N. 2

Contrasto c		0,1	0,2	0,4	0,8
Grandezza d del particolare	Prestazione relativa p				
1'	0,98	X	9900	6300	3800
	0,95		7500	4300	2050
	0,90		5400	2900	1200
	0,80		3100	1500	360
1,5'	0,98	9900	6600	3900	1600
	0,95	8100	4500	2400	750
	0,90	5700	3300	1500	370
	0,80	3300	1650	610	97
3'	0,98	5800	3600	1600	260
	0,95	4100	2250	780	110
	0,90	2500	1300	320	34
	0,80	1300	550	130	12
6'	0,98	2900	1600	480	57
	0,95	1700	700	170	19,5
	0,90	880	260	59	5,4
	0,80	420	120	26	2,6

Quello che vediamo al difuori dello stretto compito visivo p. es. alzando un attimo lo sguardo dal lavoro può darci una sensazione di conforto o di disagio. Punti o zone di troppo richiamo distolgono l'attenzione dell'uomo dal suo lavoro; si chiede invece al movimento delle linee, ai colori, alle luminanze delle pareti, al macchinario ed agli altri oggetti presenti, di portarlo a concentrarsi sul suo compito visivo col minor sforzo possibile.

Questi fenomeni e gli effetti psicologici derivanti dal gioco di luce e di colori sono noti e tuttora oggetto di studi approfonditi. A questo punto si prospettano i risultati delle ricerche dei valori « limite », come del fattore di abbagliamento, del massimo di contrasto ammissibile o quelle relative alle discordanze inaccettabili di colori. Queste conclusioni però portano a raccomandazioni di carattere negativo che possono bensì essere di aiuto per evitare situazioni di disagio ma non creano raccomandazioni in senso positivo per un maggior conforto.

Per le ragioni esposte mi sembra che nei casi di lavori che richiedono un livello superiore di illuminazione conformemente alle esigenze della classe più alta di difficoltà del compito visivo, un aumento generale non è sempre applicabile senza correre il rischio di creare un ambiente sconfortevole. Ritengo perciò rallegrante il fatto che anche nelle norme e raccomandazioni italiane si sia fatto ricorso all'uso di un'illuminazione promiscua, ossia di un'illuminazione generale completata con un'illuminazione localizzata. Gli americani giustamente, la hanno circoscritta ai livelli più alti, mentre le norme italiane la estendono anche ai livelli più

bassi e su questa impostazione mi permetto esprimere qualche riserva.

Per quanto riguarda la gamma di colori da raccomandare negli Stabilimenti siamo si può dire alle prime armi. Per un locale industriale si parla molto di « air conditioning », ora abbiamo sfiorato il « lighting conditioning » ma non sarebbe fuori luogo parlare anche di « colour conditioning ». Sarà forse interessante segnalare che presso la Philips è stato studiato un primo elenco di colori definiti con coordinate CIE ed ulteriormente indicati con la classifica di colori del sistema Munsell. Sono state emanate alcune norme interne in merito che man mano verranno attuate. Siccome il problema dell'illuminazione è talmente complesso e tocca campi di interesse svariato sono convinto che soltanto una collaborazione di esperti in questi diversi campi potrà portarci verso soluzioni più precise ed integrali.

È perciò di buon augurio che al Congresso di Stoccolma rappresentanti di diversi Paesi abbiano segnalato che effettivamente studi in questo senso

sono in atto, e confortante il constatare che dovunque nei locali industriali si nota un miglioramento notevole di illuminazione. A questo miglioramento l'impiego di lampade fluorescenti, per le loro peculiari caratteristiche, ha largamente contribuito e la loro diffusione è in continuo aumento.

Abbiamo dato un rapido sguardo al problema dell'illuminazione soffermandoci, sia pure brevemente, sulle difficoltà che si presentano all'illuminotecnico ed accennando all'indirizzo attuale degli studi in questo campo, studi che man mano si affermano per la loro crescente importanza.

Concludendo è da ritenere che le raccomandazioni per una buona illuminazione sono da integrare ricorrendo a numerosi altri fattori. Sarebbe perciò assurdo pretendere di farne un prontuario per qualsiasi installazione allo studio, è quindi certo che sarà sempre necessario fare appello alla specifica competenza di esperti che per ogni caso potranno presentare la soluzione più adatta e conveniente.

D. C. Schumm

NOTE SULLA DINAMICA DEI COLORI

Il colore abitualmente considerato ed accettato dal mondo industriale come semplice mezzo di finitura strutturale è, nell'ultimo decennio, rapidamente salito al ruolo di efficiente fattore di produzione in quanto ritenuto capace di favorire il miglioramento qualitativo e quantitativo della produzione, di ridurre gli infortuni, di diminuire l'assenteismo, di rinforzare il morale mediante l'uso scientifico delle proprie naturali forze fisiopsicologiche e visive.

Introduzione

Mancano ancora dati statistici sufficienti per una valutazione quantitativa dell'influenza del colore sul fattore di produzione, ma i primi risultati ufficiali acquisiti negli Stati Uniti d'America, tramite un'indagine svolta dal National Industrial Conference Board tra le compagnie industriali che hanno già adottato il condizionamento del colore, convalidano l'asserto iniziale essendosi potuto rilevare che la scelta funzionale dei colori negli ambienti di lavoro ha:

- migliorato l'illuminazione nel 64,7 % dei casi;
- aumentato la produzione nel 27,9 % dei casi;
- migliorato le qualità del lavoro eseguito del 30 % dei casi;
- diminuito il numero degli infortuni del 24 % dei casi;
- dato indicazioni favorevoli sulla riduzione della fatica visiva nel 19 % dei casi;
- ridotto l'assenteismo nel personale occupato nel 14,7 % dei casi.

In Italia, se pure non mancano pregevoli studi teorici, non si hanno ancora realizzazioni pratiche in numero sufficiente per permettere valutazioni statisticamente attendibili tra presupposti teorici e risultanze sperimentali.

Pur non potendosi, per la ragione accennata, valutare appieno il grado di rispondenza delle teorie di condizionamento cromatico enunciate in questi ultimi anni nei paesi a maggiore sviluppo industriale

al senso estetico ed alla sensibilità delle nostre genti, in considerazione delle ricerche sperimentali e delle numerose applicazioni industriali ivi condotte a termine, riteniamo opportuno illustrare quei principi di Dinamica dei colori tanto largamente adottati (in particolare negli Stati Uniti d'America e in Inghilterra) così come si desumono dalle più autorevoli fonti.

La dinamica del colore

Il colore non è dunque più soltanto un elemento decorativo o un semplice mezzo per incrementare, mediante la verniciatura, la illuminazione di determinati oggetti ad un livello optimum, ma piuttosto un elemento attivo del lavoro la cui forza può essere puntualizzata nell'azione psicologica, fisica e fisiologica da esso sviluppata per il miglioramento dei fattori di sicurezza, morale e di rendimento.

Scendendo al particolare potremo dire che un sistema di colorazione risulterà razionale quando, in primo luogo, sarà in grado di ridurre i rischi d'infortunio, migliorare la sicurezza, rendere più visibili le installazioni di pronto soccorso; a tal fine esso dovrà:

- tenere conto delle regole di standardizzazione già universalmente riconosciute;
- utilizzare al massimo il valore attrattivo dei colori;
- utilizzare la memoria (ricordo dei colori) per permettere l'identificazione di certe installazioni;

— fare appello a forme o a colori simbolici che permettano di evitare ogni rischio di non percezione per determinate tinte.

Poichè il miglioramento del fattore morale mira invece ad aumentare l'ardore al lavoro dell'operaio conferendogli in un certo qual senso la gioia del lavoro il nostro codice dei colori dovrà anche:

- stimolare il personale all'ordine ed alla pulizia dell'ambiente (impiego di colori chiari);
- rendere gli ambienti di lavoro più gradevoli per la loro chiarezza (luce) e per una certa varietà cromatica;
- migliorare le condizioni sanitarie con illuminazione più appropriata e naturale;
- tener conto delle preferenze del personale per certe tinte;
- assicurare un'illuminazione addolcita nei locali di riposo e dare loro, con adatta scelta di tinte, una sensazione di rilievo;
- dare naturalezza all'associazione delle tinte.

Tra i presupposti dell'impiego razionale del colore abbiamo infine indicato il miglioramento del rendimento del personale che potrà essere realizzato sia incrementando le condizioni di visibilità negli ambienti, sia cercando di ridurre la fatica fisica attraverso la riduzione della fatica visuale.

In tal senso il nostro condizionamento cromatico dovrà:

- utilizzare vernici che permettono di assicurare una illuminazione conveniente sul posto di lavoro e spazio circostante;
- ridurre al minimo i contrasti di luminosità tra l'oggetto in corso di lavorazione e gli oggetti circostanti o di sfondo, evitando ogni abbagliamento ed ogni riflesso eccessivo di luce;
- assicurare un contrasto di colore conveniente per rinforzare la visibilità dell'oggetto lavorato ed adottare tinte adeguate al tipo di lavoro e al tipo di illuminazione;
- impiegare tinte che permettono di amplificare le impressioni stereoscopiche e di compensare le immagini provenienti dalla persistenza dell'impressione retinica;
- sopprimere la confusione derivante dalla similitudine delle tinte ed evitare sia la monotonia nella pittura che i contrasti estremi di colore in prossimità dell'oggetto in corso di lavoro.

La dinamica dei colori (che può intendersi come impiego razionale del colore tramite lo sfruttamento delle sue caratteristiche simboliche, psicologiche e fisiche) si attiene alla maggior parte dei suesposti principi ed utilizza le predette caratteristiche secondo un criterio distributivo ben definito così sintetizzabile:

a) I valori simbolici del colore, quelli cioè per i quali la consuetudine o la pratica consentono di associare un prodotto o una funzione ad una particolare tinta, devono venire adottati:

— per identificare materiali ed equipaggiamenti (sebbene idea non del tutto nuova le innumerevoli ramificazioni del suo moderno uso possono farle considerare vera e propria innovazione industriale);

— per accelerare la produzione adottando idonei codici di colori (in particolare per i materiali);

— per migliorare lo schema decorativo.

b) Le caratteristiche psicologiche del colore, tramite lo sfruttamento delle proprie capacità creative di vantaggiose sensazioni illusorie, verranno invece adottate:

- per minimizzare l'effetto dei pesi e dei volumi;
- per cambiare le apparenti proporzioni fisiche di un'area o per l'eliminazione ottica di un desiderato elemento strutturale (ad esempio una sovrastante massa o soffitto, tubazioni, travature);
- per cambiare l'apparente temperatura di un ambiente di lavoro.

c) Le caratteristiche fisiche del colore infine (un colore può invero essere classificato come caldo o freddo, brillante o non brillante, forte o tenue) potranno venire utilizzate:

- per indurre ordine nell'ambiente di lavoro sviluppando un senso di buona manutenzione e sicurezza;
- per ridurre la fatica oculare;
- per eliminare specifici pericoli d'infortunio;
- per ridurre il costo dell'illuminazione a parità di rendimento.

Luce e colore

Da quanto finora si è detto appare chiaro lo stretto legame intercorrente tra luce e colore e l'importanza essenziale di considerare i due elementi nel loro insieme.

Si fa rilevare come:

- il rendimento del sistema d'illuminazione di un locale dipenda, in gran parte, dal potere riflettente delle differenti superfici;
- la tinta, il valore e la saturazione del colore di una superficie dipendano, in parte, dalla composizione spettrale della luce che la illumina.

La luce proveniente da sorgenti luminose quali il sole, le lampade o masse incandescenti, sia essa diretta, diffusa o riflessa, risulta costituita da un numero estremamente grande di radiazioni di lunghezza d'onda differente. Allorchè un fascio luminoso cade su un corpo colorato parte delle radiazioni di questa luce viene assorbita mentre la restante viene riflessa o diffusa.

Così un corpo apparirà giallo alla luce del sole se assorbe le radiazioni blu e violetto dello spettro, apparirà rosso se assorbe quelle verdi e blu, sarà bianco se diffonde tutte le radiazioni che lo investono senza assorbirne alcuna; grigio o nero a seconda che le radiazioni risultino parzialmente e nella stessa misura o totalmente assorbite.

Ne risulta che il colore di un oggetto dipende in definitiva, dalla proporzione e composizione delle radiazioni assorbite e dalla natura della luce che lo investe.

Influenza dei colori dal punto di vista fisico

a) *Contrasto di splendore.*

Anche se un contrasto di splendore notevole tra due colori può talora essere necessario conviene in genere mantenersi a quel valore minimo capace di assicurare una buona visibilità senza affaticare l'occhio.

In effetti se il piano di sfondo risulta più chiaro o scuro della superficie di lavoro, la pupilla dell'occhio dovrà contrarsi ogni qualvolta verrà diretta verso la parte splendente: per contro i muscoli oculari dovranno dilatare la pupilla allorchè l'occhio rimira la parte scura.

L'ampiezza dei movimenti della pupilla è funzione diretta del contrasto tra i due colori: se questo contrasto è molto importante ne risulta un rapido affaticamento dei muscoli oculari avente come conseguenza un rallentamento del rendimento dell'operaio e l'insorgere di fastidiosi mal di capo, nervosismo, disturbi digestivi.

Per migliorare le condizioni di visibilità con una data illuminazione noi possiamo agire in tre modi:

- 1) Cambiare la sistemazione della sorgente al fine di non farla permanere nel campo visuale;
- 2) Ridurre la luminosità della sorgente;
- 3) Aumentare la luminosità di fondo o dei dintorni della sorgente.

La soluzione di tali problemi spetta al tecnico dell'illuminazione o all'architetto, è tuttavia certo che l'impiego di appropriati colori chiari risulta essenziale.

Studi americani sull'influenza dei contrasti di splendore sull'acuità visuale hanno permesso di appurare che il rapporto tra la luminosità di due superfici viste contemporaneamente (in particolare un oggetto e lo sfondo contro cui è visto) dovrà essere prossimo a 1 (oggetto e suoi immediati contorni) e sempre inferiore a 3 (oggetto e sfondo).

Il valore 5 è, secondo alcuni, preferibile evitando possibili sensazioni di monotonia.

Per ottenere la visibilità di un oggetto nel caso di una operazione industriale o, in generale, la visibilità nell'ambiente di lavoro è dunque preferibile ottenere un contrasto di tinte (opposizione di colori) piuttosto che contrasto di luminosità; questo è realizzabile mediante l'applicazione, sulle superfici costituenti lo sfondo del punto che ci interessa, di un colore quanto più prossimo possibile al colore complementare del pezzo in lavorazione.

b) *Colori complementari.*

Si chiamano complementari quei colori che percepiti contemporaneamente ridanno la visione del bianco.

Se si dipingono con due colori complementari

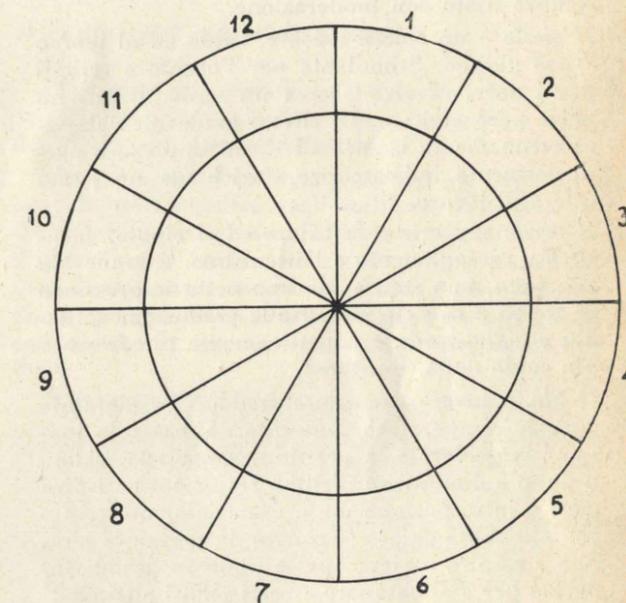
le due metà di un disco e si mette quest'ultimo in rotazione, il disco apparirà bianco come se tutti i colori dello spettro fossero stati dipinti sulla sua superficie e poi esso fosse stato fatto ruotare.

Il fenomeno della percezione dei colori complementari può essere messo in rilievo con la seguente ben nota esperienza:

se si guarda intensamente una macchia arancione e poi si trasferisce lo sguardo su carta bianca apparirà su quest'ultima una macchia colorata in blu pallido che è proprio il colore complementare dell'arancione.

Questo fenomeno della percezione del colore complementare è frequente nelle industrie: spesso gli operai fissano costantemente un oggetto d'una certa tinta, percependo poi il colore ad esso complementare sulle pareti bianche fronteggianti il posto di lavoro.

Il cerchio di Beaudeneau (fig. 1) permette una facile determinazione dei colori complementari.



Influenza del colore dal punto di vista fisiopsicologico

Il colore impressiona direttamente l'individuo e lo influenza nel suo stesso ambiente: il nostro sistema neuro-vegetativo, non sottoposto alla volontà, riceve dal colore un impulso, anche se debole, che la scienza, nello studio dell'organismo umano, conferma origine di ben definiti processi fisiologici e psicologici.

È noto che i colori contenenti una predominanza di rosso o di arancione sono caldi, che quelli derivati dal blu sono freddi: i primi appaiono più vicini, i secondi più lontani della loro reale distanza dall'occhio.

Con l'accorto impiego del colore si possono creare illusioni di temperature più alte o più basse, si possono mutare i giudizi relativi al tempo, alla lun-

ghezza, al peso (ad esempio il rosso varia positivamente tali valutazioni, negativamente il verde e l'azzurro) si può eccitare, deprimere, indurre al riposo.

Ogni colore presenta in genere caratteristiche particolari la cui conoscenza è indispensabile e determinante per la scelta in rapporto all'uso che se ne deve fare:

— *Il rosso* è un colore eccitante: aumenta la tensione muscolare quindi la pressione sanguigna ed il ritmo respiratorio — agisce come stimolante mentale. Essendo la sua azione eccitante molto forte può, a lungo andare, anche deprimere. Va usato con molta moderazione soprattutto come segnale di allarme o per l'identificazione di parti pericolose od elementi mobili. Risveglia una netta impressione di calore.

— *L'arancione* è, come il rosso, un colore eccitante. Accelera le pulsazioni, ma resta senza effetto sulla pressione sanguigna. La sua azione stimolante è puramente emotiva. Al pari del rosso serve ottimamente come segnale di allarme e va sempre usato con moderazione.

— *Il giallo* è un colore ridente, caldo ed al tempo stesso gioioso. Stimolante per l'occhio e quindi per i nervi ravviva e crea un senso di attività senza però eccitare. Di effetto gradevole valorizza ottimamente la luce ed il suo impiego è particolarmente indicato ove si richieda un ritmo celere di lavoro.

— *Il verde* suggerisce la calma ed il riposo, favorisce il raccoglimento e l'attenzione. È gradevole alla vista, non stanca, dà una netta impressione di fresco e di sicurezza. Nelle gradazioni verdeblu e giallo-verde è rispettivamente più fresco e più caldo della tinta base.

— *Il blu* è invece un colore freddo. Desiderabile dove le temperature sono alte. Abbassa la tensione muscolare e la pressione sanguigna, calma il polso e diminuisce il ritmo respiratorio: ispira pace e introspezione ma è essenzialmente triste. Nelle tonalità chiare (azzurro) dà maggiore serenità e respiro e viene spesso usato su grandi superfici per « allontanare » certi soffitti altrimenti deprimenti. I toni scuri hanno la stessa azione deprimente del viola e vanno pertanto evitati.

— *Il viola* è il colore deprimente per eccellenza, toglie energia ed induce alla tristezza. Non deve comparire mai nelle superfici su cui si posa frequentemente lo sguardo di chi lavora.

— *Il bianco* è la somma di tutti i colori. Dà senso di pulizia, ordine, disciplina, silenzio, ma anche freddezza e monotonia. Comporta una certa impressione d'irrealtà e provoca un rallentamento dell'attività suggerendo il timore dell'insudiciamento e del deterioramento. È un errore usarlo da solo su grandi superfici.

— *Il nero* è l'assenza di ogni colore. Deprimente come il viola, riesce utile solo in alcune segnalazioni di allarme, alternato a colori di alta visibilità.

— *Il grigio* risultante dalla mescolanza di bianco e di nero, è un colore neutro, monotono. Può essere utile in ambienti già vivificati da altri co-

lori: in questo caso da preferire le tonalità più chiare. Se usato su grandi superfici viene spesso associato al giallo per compensare la originaria monotonia con toni stimolanti caldi e luminosi.

La dinamica dei colori applicata alle macchine

In merito alla quantità di luce che è necessario avere disponibile sul posto di lavoro ci siamo già soffermati sulla relazione diretta che la vincola al potere riflettente dei muri, dei soffitti, dei pavimenti e del macchinario.

I tecnici raccomandano per i soffitti un indice minimo di riflessione del 70 %, per i muri del 50 %, per i tavolati, pavimenti e base dei muri del 25 % restando così assicurato un ragionevole contrasto tra le differenti superfici anche sotto illuminazione mediocrementemente normale.

Per quanto concerne le macchine, resta stabilito che le parti più importanti o « Focali », vale a dire quelle formanti i contorni diretti del punto di lavoro (oppure le parti mobili per contrasto alle statiche), dovranno essere dipinte con colori riflettenti dal 60 % al 70 % della luce incidente, mentre per le parti meno importanti si preferiranno colori più scuri, aventi un coefficiente di riflessione compreso tra il 25 % e il 35 %.

È chiaro che uno dei principali compiti della Dinamica del colore è quello di separare le parti critiche dal rimanente delle macchine e, ove possibile, visualmente separare le parti critiche stesse dal materiale in lavorazione.

È naturale che l'impiego per le parti critiche di un colore focale grigio risulterà completamente errato se il materiale è alluminio o acciaio, in quanto l'operaio sarà continuamente forzato a vedere dove finisce il materiale e comincia la macchina.

La soluzione ideale sarebbe quella che il colore focale prescelto provvedesse ad un soddisfacente contrasto sia col materiale in lavoro che con il corpo della macchina: quando questo doppio contrasto sarà raggiunto la fatica oculare e la tensione nervosa dell'operaio risulteranno sensibilmente ridotte.

Tinte come il giallo molto pallido e l'avorio, in indovinata combinazione con i colori di contrasto del corpo della macchina e del materiale, si sono dimostrate molto adatte. Esse, senza sforzo, mantengono l'attenzione dell'operaio sulle parti più importanti evitandogli superflue distrazioni e sforzi oculari che a lungo andare potrebbero originare un ben più grave affaticamento visivo.

Il corpo delle macchine, contrariamente alle sue parti critiche, dovrà essere fatto arretrare rendendolo meno visibile.

Si dovranno quindi impiegare colori più riposanti e regressivi: lo stesso grigio-macchina potrebbe essere adatto, ma l'effetto deprimente proprio di questa tinta gli fa preferire il grigio chiaro morbido ed ancor più il verde e tonalità di verde oliva.

Possono sussistere eccezioni occasionali a questa regola, ad esempio nelle industrie alimentari dove è consigliabile l'impiego del bianco o meglio di tonalità molto pallide di rosa o corallo chiaro per una migliore apparenza di igiene e di pulizia.

Le parti più pericolose della macchina dovranno essere segnalate da zone di colori di alta visibilità, per natura allarmanti ed istintivamente associati all'idea di pericolo.

Gli interruttori potranno venire dipinti in rosso, le protezioni o le parti sporgenti da eventuali allineamenti in arancione; con una striscia arancione si potranno identificare i comandi di emergenza delle macchine, i bordi taglienti delle cesoie, le mazze battenti dei magli, l'interno degli sportelli di scatole contenenti ingranaggi o apparecchiature elettriche sotto tensione in modo da fare apparire immediatamente il colore allarme al momento dell'apertura.

L'impiego del colore su pareti, pavimenti e soffitti

Le pareti ed i soffitti, rientrando nel campo visuale dell'operaio, dovranno aver un debole contrasto luminoso con le macchine e non affaticare l'occhio, abituato al colore di queste ultime.

Le tinte da impiegare risulteranno pertanto molto chiare e, sebbene non sia necessario adottare colori di tonalità identiche a quelle impiegate per il corpo delle macchine, sarà opportuno mantenerne il potere riflettente entro gli stessi limiti.

Generalmente il colore verde chiaro è il più adatto a questo scopo, ma la scelta definitiva, sia ben chiaro, dipende essenzialmente da quegli effetti fisiologici o psicologici che si intende ottenere.

Così, se l'operaio è costretto a maneggiare continuamente un materiale a tinte vivaci, quale ad esempio plastica rossa, per il fenomeno della percezione dei colori complementari ogni qualvolta solleva lo sguardo sulla parete di fronte avrà l'impressione di vedere (ed in realtà vede) macchie verdi: il fenomeno resterà eliminato se la parete stessa verrà dipinta in verde; altre volte potrà risultare preferibile un grigio neutro-scuro, che permetta di riposare la vista sottoposta, nel lavoro, a oggetti multicolori (esempio della lavorazione dei fiori artificiali). Non altrimenti negli stabilimenti dove la temperatura è alta si darà la preferenza a colori freschi (azzurro molto chiaro, verde) che agiscono come stabilizzatori mentali ed emotivi; mentre si preferiranno colori caldi per locali mantenuti a temperatura bassa.

Si potrà illusoriamente ampliare o restringere l'ambiente di lavoro con l'impiego di colori fuggenti (quali il turchese pallido, la acqua marina, il verde foglia) o avanzanti (come l'arancione bruciato), così come si potrà parzialmente riprodurre l'impressione di forza e di allegria di una giornata di sole stendendo colori caldi e luminosi quali il giallo o l'arancione in tonalità molto tenui e di massimo potere riflettente.

Anche la colorazione del soffitto deve anzitutto proporsi di fornire una buona illuminazione, tuttavia può presentarsi l'eventualità di soffitti ingombri di cavi, tubi, travature, i quali oltre a produrre impressione di disordine e di abbandono, pesano sull'individuo come ingombro visuale ed hanno un preciso effetto deprimente: in tal caso è evidente l'op-

portunità di far « indietreggiare » l'intera superficie in modo di sottrarla all'attenzione degli operai con una colorazione omogenea « regressiva » quale può ottenersi con l'azzurro, il celeste, il verde pallido.

Esperti di dinamica dei colori consigliano di verniciare anche i pavimenti, ma, per la onerosa e difficile manutenzione, tale determinazione è senz'altro limitata a casi particolari. Molto opportuna si è dimostrata invece la prativa di guidare il traffico tracciando, nell'interno delle officine, corsie, linee divisorie e frecce di direzione delimitanti perfettamente le zone di transito dei carrelli di trasporto e quelle di sicurezza per il movimento degli operai addetti alle macchine.

A completamento della sicurezza anche i carrelli meccanici per il trasporto dei materiali possono venire verniciati con colori allarme di forte visibilità (ancora il giallo associato al nero, l'arancione, il rosso) e così pure carrelli e ganci di gru, spigoli, tralicci, scale, ostacoli fissi ed inamovibili in genere.

Il codice dei colori di sicurezza

Non possiamo concludere queste brevi note senza accennare all'impiego del colore nel campo specifico della prevenzione infortuni.

Sebbene una aumentata sicurezza sia inerente al trattamento cromatico degli ambienti di lavoro, così come si è finora cercato di illustrare, è naturale che il colore possa anche venire usato come diretto fattore di sicurezza, assegnandogli un significato preciso e, per quanto possibile, coincidente con la sensazione che la sua contemplazione obbiettiva produce.

Tale problema è attualmente allo studio di un apposito comitato tecnico dell'I.S.O. — International Organization for Standardization — con il fine di giungere ad un codice unificato internazionale.

Poichè proprio di questi giorni è la prima riunione plenaria del comitato, cui anche l'E.N.P.I. ha direttamente partecipato, ci asteniamo dal riferire sulle numerose soluzioni finora adottate dai paesi aderenti ritenendo senz'altro prossima la pubblicazione di una definitiva codificazione.

Con giusto commento d'ufficio internazionale del lavoro suggerisce che un tale codice debba tener conto dei seguenti principi fondamentali:

a) Il colore per se stesso non elimina alcun pericolo e non può sostituire misure precauzionali di prevenzioni più appropriate.

b) Il codice dovrebbe facilitare l'identificazione dei pericoli e di apparecchiature particolarmente importanti dal punto di vista della sicurezza.

c) La funzione di ciascun colore nel codice dovrebbe essere precisa e facile da comprendere.

d) Il numero di colori nel codice deve essere limitato al minimo ed i colori dovrebbero essere rapidamente e facilmente distinguibili anche in condizioni di illuminazione diverse.

e) I colori di sicurezza dovrebbero essere applicati soltanto su piccole superfici in modo da non interferire con gli schemi di colore adottati per il miglioramento visuale e psicologico dell'ambiente di lavoro e normalmente applicati su grandi superfici.

Nello schema suggerito come base di discussione l'I.S.O. consiglia l'adozione del rosso per la segnalazione delle apparecchiature antincendio e dei segnali di fermata, dell'arancione e del giallo per indicare rispettivamente pericolo ed attenzione, del verde per le attrezzature di sicurezza, del turchino per comunicazioni di servizio, del bianco e del nero, infine, come colori di contrasto da usare per la migliore visibilità di altri segnali.

Conclusioni

Poichè da quanto si è visto l'impiego del colore negli ambienti di lavoro, venendo ad interessare sia il campo prevenzionale che quello decorativo e di condizionamento ambientale, può risultare particolarmente intenso, dobbiamo ammettere l'insorgere di difficoltà che almeno in parte possono ridurre i vantaggi conseguibili.

C'è invero possibilità di conflitto tra le tinte utilizzate a scopo decorativo e quelle riservate alla verniciatura di certe installazioni beneficianti di un determinato codice di colori di sicurezza, ma ciò può anche accadere in casi più frequenti risultanti, per esempio, dall'impiego di colori non standardizzati nelle pitture di condotte, rubinetti, apparecchiature di controllo, ecc.

Le difficoltà provengono dalla possibilità di adottare lo stesso colore per l'oggetto da segnalare e per lo sfondo sul quale questo deve venire visto, e dalla differente visione che si può ricevere della tinta di un colore allorchè essa ci si presenta su sfondi di colore diverso.

Non trascurabile è inoltre il travaglio psicologico del quale potrebbe soffrire l'operaio che venisse trasferito da uno stabilimento o da un reparto cromaticamente condizionato ad altro dipinto secondo criteri diversi o non dipinto affatto.

Una volta abituatisi ad una determinata armonia cromatica una qualsiasi variazione comporta squilibri psicologici che, anche se lievi, producano una temporanea riduzione di rendimento la cui durata dipenderà dalla sensibilità dell'individuo al colore e che renderà necessario, per il soggetto, un certo periodo di riadattamento durante il quale si troverà distratto dal proprio lavoro.

Ultima difficoltà in ordine d'importanza, ma forse più evidente, è l'impressione di mosaico che può risultare dalla applicazione fantasiosa o contemporanea di differenti sistemi di colorazione.

Riteniamo per questo indispensabile che il con-

dizionamento cromatico di un impianto risponda a precise norme unificate: esso deve venire affidato a tecnici competenti, dotati di innato senso del colore e dell'ambiente, non essendo possibile realizzare armonia trascurando il pensiero estetico e basandosi solo su freddi principi tecnici.

Alberto Giammari

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- L. GAZZANIGA, *Codice dei colori*, Macchine, dicembre 1952.
- I. TAGLIAVENTI, *Funzionalità del colore*, Ingegneri Architetti Costruttori, maggio 1953.
- P. MERLI, *Colore e lavoro*.
- G. OVIO, *Scienze dei colori*.
- A. GEMELLI, *La psicotecnica applicata all'industria*.
- G. COLETTA, *Il colore negli ambienti di lavoro degli edifici industriali*, Securitas, agosto 1950.
- Il colore negli ambienti di lavoro*, Soc. Duco - Montecatini.
- Color Dynamics*, by Pittsburg Plate Glass Company.
- Teintes et Signes Conventionnel servant à identifier les tuyauteries transportant des fluides*, ISO, Technical Committee TC/5, giugno 1952 - dicembre 1953.
- Safety colours*, ISO, Technical Committee TC/80, novembre 1953 - settembre 1954.
- Le Choix fonctionnel des Couleurs dans l'industrie*, Association des Industriels de Belgique, Notice 2005/S.H.H. I. 166.
- Les Standards de Repérage par les couleurs*, Association des Industriels de Belgique, Notice 1081/S.H.O.S. 34.
- E. ROGAN, *How to Select Color for your Plant and Equipment*, Modern Machine Shop, february 1954.
- A. G. THOMSON, *Colour Schemes for Machine Shops*, Machinery, maggio 1951, vol. 78.
- R. NAGEL, *La couleur et son rôle dans l'industrie*, Peintures Pigments Vernis, pagg. 266-317, anno 1953.
- G. B. RYDER, *La peinture des usines peut-elle être effectivement normalisée*, Industriel Standardization, settembre 1947.
- M. DÉRIBÉRÉ, *La couleur dans les activités humaines*, Conferenza tenuta alla Maison de la Chimie il 23 ottobre 1951.
- L. TOWLE, *Colour Dynamics in Industry*, Industrial Safety, maggio 1953.
- P. HAMP, *La couleur*, Cahiers des Comités de Prévention, gennaio 1952.
- H. KESCHAM, *Il colore, sua importanza nell'industria e negli affari*, Machine Design, settembre 1948.
- MUNSELL, *Book of Colour*.
- I. E. GARNSEY, *Functional color in Industrial Buildings*, Arch. Record, agosto 1948.
- Risultati di studi sul colore negli edifici industriali*, N. N. Electrician, giugno 1945.
- I. CRAIK, *Physiology of Colour Vision*, Natura, n. 151, anno 1943.

Direttore responsabile: **AUGUSTO CAVALLARI-MURAT**

Autorizzazione Tribunale di Torino, n. 41 del 19 Giugno 1948

STAMPERIA ARTISTICA NAZIONALE - TORINO