ATTI E RASSEGNA TECNICA

DELLA SOCIETÀ DEGLI INGEGNERI E DEGLI ARCHITETTI IN TORINO

RIVISTA FONDATA A TORINO NEL 1867



SOCIETÀ PER AZIONI UNIONE CEMENTI

MARCHINO & C.

=

C A S A L E MONFERRATO

NUOVA SERIE . ANNO XXII . N. 2 . FEBBRAIO 1968

SOMMARIO

RASSEGNA TECNICA

G. Bono - L'ingegnere nel mondo moderno	pag.	33
V. Ferro - Misure di illuminazione artificiale per interni me- diante modello	»	39
F. A. Santagata - C. De Palma - Analisi degli elementi delle piste aeroportuali	»	46
S. Manzoni - G. Russo - Proiezioni assonometriche ortogonali e relative norme UNI	»	59
REGOLAMENTAZIONE TECNICA	»	64

COMITATO DI REDAZIONE

Direttore: Augusto Cavallari-Murat - Membri: Gaudenzio Bono, Cesare Codegone, Federico Filippi, Rinaldo Sartori, Vittorio Zignoli - Segretario: Piero Carmagnola.

COMITATO D'AMMINISTRAZIONE

Direttore: Alberto Russo-Frattasi - Membri: Carlo Bertolotti, Mario Catella, Luigi Richieri

REDAZIONE: Torino - Corso Duca degli Abruzzi, 24 - telefono 51.11.29.
SEGRETERIA: Torino - Corso Siracusa, 37 - telefono 36.90.36/37/38.
AMMINISTRAZIONE: Torino - Via Giolitti, 1 - telefono 53.74.12 (per la pubblicità 58.71.25).

Pubblicazione mensile inviata gratuitamente ai Soci della Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino. — Per i non Soci: abbonamento annuo L. 6.000. - Estero L. 8.000. Prezzo del presente fascicolo L. 600. - Arretrato L. 1.000.

La Rivista si trova in vendita: a Torino presso la Sede Sociale, via Giolitti, 1.

SPEDIZIONE IN ABBONAMENTO POSTALE — GRUPPO III

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

L'INGEGNERE NEL MONDO MODERNO

GAUDENZIO BONO, delineate le caratteristiche del mondo moderno come mondo del progresso, ne indica le principali componenti e le rapide evoluzioni ed esamina la posizione dell'ingegnere quale artefice di prima linea di questo mondo, attraverso la complessità dell'Azienda produttiva. Ne risultano chiarite le funzioni di dirigenza che gli competono e le responsabilità che gliene derivano, in una società nella quale umanesimo e tecnica si configurano come elementi inscindibili del progresso sociale. La conferenza, tenuta al Politecnico di Milano il 15 febbraio 1968 nel ciclo « Il mondo del lavoro e il ruolo dell'ingegnere nella società industriale italiana » è stata promossa dal Magnifico Rettore Bruno Finzi.

Sono grato al Magnifico Rettore dell'invito a parlare in questa sede di alti studi e in un ciclo di conferenze così vive, e Gli sono grato anche perchè mentre mi accingevo a far oggetto del mio intervento « la figura dell'ingegnere di fronte alle esigenze del lavoro », Egli ha avuto l'amabilità di incoraggiarmi ad estendere il discorso e ampliare l'orizzonte delle considerazioni al tema suggestivo della « fisionomia dell'ingegnere nella luce del mondo moderno ».

Ringrazio dunque per la fiducia concessami e rispondendo come meglio mi sarà possibile alla sollecitazione, parlerò a voi, giovani, della figura dell'ingegnere nella luce del nostro mondo già in atto e nelle prospettive del mondo che vorrei dire vostro, o studenti dell'ultima generazione che precede l'avvento dell'anno 2000.

Basta infatti collocarsi in una sufficiente prospettiva temporale, perchè i due temi: mondo del lavoro e mondo moderno tendano a integrarsi e quasi ad equivalere. Non è forse il « mondo moderno » per l'appunto un « mondo del lavoro »? Non è forse al lavoro umano, moltiplicato in misura estrema dalla macchina, che noi dobbiamo attribuire gran parte di quelle conquiste, che riassumiamo con l'espressione di « mondo moderno »?

Quando tuttavia passiamo a considerare le cose nei loro rapporti profondi, ci appare evidente che con il riferimento al lavoro noi accenniamo in prevalenza allo strumento o mezzo; mentre nella cosiddetta modernità del mondo va configurato piuttosto il fine dell'azione umana, intesa a soggiogare le forze della natura in vista di un più alto e più diffuso benessere.

Diciamo allora che in questo « mondo moderno » è in definitiva raffigurabile l'ideologia del « progresso », particolarmente viva nel dinamismo del nostro tempo e suffragata dall'accettazione di tutti i popoli attori di storia.

Al di là delle divisioni razziali, politiche, sociali, economiche e persino religiose, che caratterizzano l'umanità, la diversificano, talvolta la lacerano, il progresso è quel mito che attrae oggi tutti gli uomini: tesi tutti, con mezzi pacifici od anche di lotta cruenta, ad assicurarsi un più ampio posto al convito umano, una più congrua partecipazione nel corpo sociale, un più efficace potere o, a volte, strapotere.

Mentre noi stiamo svolgendo le nostre riflessioni nel sereno ambiente di questo Politecnico, a Nuova Delhi, appunto in questi giorni, si incontrano le delegazioni di molte decine di paesi, rappresentanti di una larga e rapidamente crescente parte della umanità.

Noi li diciamo « paesi in corso di sviluppo », quasi che non fossimo tutti in via di sviluppo. Ma per quei popoli il progresso è un itinerario angoscioso in cui si cercano scorciatoie per giungere più presto a quel « mondo moderno », che bene o male si suole raffigurare nel cosiddetto Occidente.

Ora come si attua quel progresso? La tentazione di impegnarci in una disamina di un fenomeno tanto vario nelle sue componenti d'ordine spirituale e materiale è forte e suggestiva, ma dovremo ridurci a considerarne quegli aspetti, che risultino più attinenti alle caratteristiche e funzioni dell'ingegnere: aspetti che ci sembrano riassumibili nel fatto grandioso dell'industrializzazione.

Dopo millenni di lentissima ascesa, possiamo situare gli inizi del processo d'industrializzazione vera e propria a circa due secoli addietro. Da quell'epoca, seconda metà del '700, lo sviluppo dell'industrializzazione si è via via accelerato, come riflesso obbligato dell'evoluzione della scienza e della tecnica.

Oggi possiamo stimare che un terzo o poco più dell'umanità viva in paesi almeno parzialmente industrializzati. Gli altri due terzi della popolazione mondiale, o poco meno, si ritrovano in paesi per i quali appunto il progresso verso la civiltà moderna s'identifica largamente con l'evoluzione verso una forma di società industriale.

Siamo dunque osservatori ed operatori ad un tempo di una trasformazione universale, strutturale, rapida dell'umanità: trasformazione d'ampiezza mai constatata.

Secondo le previsioni di alcuni studiosi americani, questa trasformazione dall'economia preindustriale, in origine di tipo caratteristicamente agricolo, in una economia sostanzialmente industrializzata, dovrebbe essere pressochè compiuta verso la metà del prossimo secolo.

Previsioni del genere sono sempre da considerarsi con cautela. Ma con certezza possiamo dire che i decenni prossimi, quelli della vostra futura attività, o giovani qui oggi radunati, saranno caratterizzati appunto da un rapido e diffuso processo di formazione di una universale società industriale: universale, diciamo, perchè sostanzialmente uniforme nei suoi presupposti scientifico-tecnici, nei suoi metodi organizzativi, nei suoi mezzi di diversificazione delle capacità professionali e di dimensionamento delle aziende, infine negli stessi risultati di una società più ricca (o meno povera), meno impegnata nel lavoro, più propensa ai consumi anche superflui.

Questo, signori, è il « mondo moderno», di cui abbiamo appena delineato le esaltanti ed anche inquietanti prospettive future. Questo il mondo che almeno in alcune delle sue principali componenti avrà per artefice di prima linea proprio l'ingegnere.

Eccoci dunque ad affrontare il nostro tema, di cui abbiamo chiarito il secondo termine, mondo moderno, e di cui vorremmo ora considerare il primo, cioè l'inge-

Appare subito evidente che questo ingegnere non può essere considerato avulso dall'ambiente produttivo, dove nella maggioranza dei casi egli sarà chiamato a lavorare: l'azienda.

Ciò dicendo, non intendiamo certo diminuire, tanto meno ignorare, l'importante lavoro ingegneristico normalmente compiuto fuori dell'azienda con la libera professione, le consulenze, l'insegnamento e così via. Ma teniamo presente soprattutto il lavoro aziendale di imprescindibile necessità per l'evoluzione di tutto il complesso della società moderna.

Ora l'azienda non è un dato

fisso, uno schema da non variare, nel quale l'ingegnere debba sistemarsi come in un letto di Procuste. L'azienda è cosa viva, pur essa in continua evoluzione tecnica per un verso, umana per un altro verso. In essa l'uomo, in particolare l'ingegnere, entra in simbiosi, adattandosi ed adattando, con reciproche influenze, che agiscono sullo sviluppo stesso dell'azienda e si attuano sotto il duplice segno della razionalità e della socialità.

Questi due criteri non sono per altro frutto di una libera scelta da parte dell'industria; tanto meno sono caselle astratte, in cui si cerchi di forzare la realtà. Diciamo piuttosto che ci sono imposti dalle stesse situazioni in cui l'industria moderna si viene a tro-

L'aumento enorme, rapido, continuo delle capacità produttive, determinato dal progresso scientifico tecnico, congiuntamente al gioco dei fattori demografici ed economici, costringe ad agire attraverso una ristrutturazione delle imprese: questa è la razionalità; e con adeguata organizzazione del fattore umano, in via d'espansione quantitativa e di elevamento qualitativo, in una più fitta rete di rapporti tra lavoratori, tra essi e il mondo circostante, tra essi e le macchine: e questa è l'area della socialità.

Tutto ciò ha un significato ben preciso per l'ingegnere.

Consideriamo la razionalità. Sta il fatto che l'ingegnere industriale, in qualunque modo sia inserito nel complesso della produzione industriale, è quotidianamente sollecitato da tre forze evolutive: della scienza, della tecnologia, dell'industria.

Queste evoluzioni, che non costituiscono in sè novità, più ancora che per ampiezza, si differenziano per ritmo da quelle di ieri, perchè la loro naturale e direi ineliminabile asincronia è oggi assai minore che in un pur non remoto passato. Più procediamo, più appare breve, s'intende sino ad un certo invalicabile limite, lo sfasamento temporale tra:

— il momento scientifico-tecni-

co che segna la fioritura dell'invenzione umana:

- il momento tecnologico che di quella indica le vie di maturazione pratica;

- ed infine il momento industriale che coniuga la tecnologia all'economia e completa la conversione del dato scientifico-tecnico in prodotti commerciabili.

Come ed anche più di ogni altro soggetto di capacità direttive, l'ingegnere è dunque in presenza anzi più attore che osservatore, di flussi incessanti d'influenze, dovute all'aumento progressivo del patrimonio scientifico dell'umanità, cui fa riscontro l'accelerata obsolescenza del patrimonio di soluzioni tecnologiche, anche in funzione appunto di quella forza fondamentale che rimane fuori dell'orizzonte di un Politecnico e che invece condiziona la produzione industriale: il mercato.

Ne viene di conseguenza che l'ingegnere moderno deve costantemente coltivare il suo campo conoscitivo nel senso di acquisire una cultura più scientifica, più estesa e sempre aggiornata. Vediamo brevemente questi punti.

Maggiore « scientificità ». Questa esigenza risulta conseguente alla progressiva matematizzazione dei processi mentali umani.

Fuori dell'ambito delle discipline proprie di un Politecnico succede talvolta che certe utilizzazioni dello strumento matematico ci lascino perplessi. Ma nel campo nostro è chiaro che in conseguenza di quel processo l'ingegneria ci si presenta sempre meno come arte, sempre più come

Il bagaglio di conoscenze generali oggi richiesto all'ingegnere, la necessità in cui egli si troverà tanto nell'azienda quanto nella scuola o nella professione libera di consultare libri e periodici attinenti ai suoi interessi e, direi, doveri culturali, l'opportunità di collaborazione nell'interno della azienda (lavoro di équipe) o in rapporti interaziendali e di gruppi, ecco altrettante circostanze che gli faranno sentire più viva l'esigenza di non ignorare i moderni indirizzi del pensiero matematico.

Certo ci guarderemo bene dall'equiparare l'ingegnere al matematico; certo nemmeno vorremmo generalizzare eccessivamente, quasi ignorassimo che nel vasto campo dell'ingegneria varie sono le necessità (dell'ingegnere civile, per esemplificare, in contrapposto all'ingegnere in elettronica) e che sono pure da distinguersi vari livelli. Ma è altresì certo che alcuni linguaggi matematici, se così posso esprimermi, sono diventati o stanno diventando una « parlata comune », in cui si ritrovano concetti della teoria degli insiemi, della teoria delle probabilità, della statistica matematica, delle matrici, di algebra moderna, di logica matematica e così via.

L'apprendimento di questo linguaggio non va tuttavia concepito come fine a se stesso; giacchè ciò che importa per la condotta del lavoro, cui sarà chiamato l'ingegnere, è soprattutto la capacità di avvalersi di quegli algoritmi e metodi per « porre in equazione » (ossia per trattare scientificamente) i problemi via via incontrati e risolverli con adatto rigore. E non sfuggirà a così informato uditorio che quell'« adatto rigore » non si identifica necessariamente nella determinazione di risultati in approssimazione estremamente affinata, ma piuttosto nella coerenza delle deduzioni, visibile anche nei corretti procedimenti di « ottimazione », quali si vengono diffondendo in tante questioni attinenti al controllo della produzione e alla gestione dell'azienda.

Consideriamo ora la necessità di un continuo aggiornamento culturale. In verità nemmeno questa esigenza è cosa nuova; ma è più urgente oggi che in passato. Già una sessantina di anni addietro — nel 1906 — Pierre Duhem, uno studioso allora notissimo di fisica e delle implicazioni filosofiche della fisica, poneva il quesito: « Pourquoi, dans la formation intellectuelle de chaque homme, n'imiterions-nous pas le progrès par lequel s'est formée la science humaine? ». Della quale scienza è ovvio dire che si costituisce in

ogni momento come risultato provvisorio, mai definitivo, di una evoluzione incessante.

Al livello dell'individuo, quell'evoluzione può ben chiamarsi aggiornamento: non faremo questione di parole. In questo senso è fatto oramai indiscusso che, contrariamente a quanto poteva ancora essere tollerato qualche generazione addietro, non è più ammissibile che la preparazione culturale dell'uomo moderno - e qui poco importa che sia ingegnere o altro — si concepisca come acquisizione definitiva nel corso degli studi universitari.

Oggi è la stessa generazione dei laureati che deve permanentemente aggiornarsi, ossia trasformarsi con una rapidità di movenze e con un bagaglio di nuove nozioni che pongono problemi difficilissimi agli individui ed alle stesse Istituzioni accademiche, donde quelli hanno tratto la loro formazione.

Lungi dall'esaurirsi nella semplice riformulazione di nozioni già acquisite, come è ad esempio visibile nel confronto fra due testi di analisi matematica a distanza di qualche decennio l'uno dall'altro, quest'aggiornamento si concreta sostanzialmente nell'estensione del patrimonio culturale, come risposta ad una esigenza oggi assai più viva che in passato.

In un rapporto del «Consiglio della cooperazione culturale del Consiglio d'Europa », nel 1964, il Professor Otto Mohr della « Technische Universität » di Berlino diceva con felici parole: « Una proporzione considerevole dei problemi che si pongono oggi all'ingegnere è risolta mediante combinazioni ed adattamenti reciproci di elementi tratti dai più vari settori delle scienze pure ed applicate».

Ouesta situazione ha anch'essa tutti i caratteri della irreversibilità: perchè a quel modo che l'accrescimento nel numero degli uomini causa di necessità l'interdipendenza fra di essi, così la proliferazione dei rami del sapere si manifesta anche attraverso intrecci di questi. Ed allora bisogna resterà preminente la posizione

trarne le conclusioni, che mi sembrano importanti, e dire che la « scientificità » dell'ingegnere non sarà adeguata alle necessità dell'industria e quindi, per ciò che abbiamo detto prima, del mondo moderno, se non sarà sostenuta e completata da una certa « polivalenza».

Certo faccio a me stesso l'obiezione che mi pare sentire in voi, attenti ascoltatori: è facile parlare di « polivalenza », ma è difficile realizzarla e può sembrare arduo conciliarla con la « specializ-

Nella realtà delle situazioni industriali ritengo tuttavia che la polivalenza ha da essere la caratteristica di base della cultura dell'ingegnere e che la specializzazione, ove ci sia, abbia da esserne la caratteristica di punta. Quella è indispensabile, questa è utile. E diciamo anzi che la cultura polivalente, più appropriatamente definibile cultura politecnica, deve significare preparazione al dialogo, valido s'intende, dell'ingegnere di un certo indirizzo coi colleghi d'altre qualificazioni.

Al qual fine è certamente necessario che l'ingegnere moderno conosca l'uso, come dicono i saggi del rapporto testè citato, dei quattro linguaggi: delle parole, della matematica, dei disegni, dei modelli sperimentali. Ma basterà? Risponderanno, è evidente, le singole esperienze, nel corso delle quali molti ingegneri sperimenteranno l'esigenza di conoscere in qualche misura gli stessi metodi della gestione aziendale; giacchè anche questa, attraverso la tecnicizzazione, va evolvendosi verso forme scientifiche.

Ciò dicendo non vorrei introdurre tuttavia il concetto di una capacità meccanica di gestione autosufficiente e quindi estranea alla capacità d'intuizione del capo. Direi anzi che proprio in questi raffronti tra una tecnica e un uomo noi abbiamo la sensazione sicura che il mondo moderno non si riduce a quelle sole componenti da noi identificate nella produzione industriale. Oltre quelle ci sono altri livelli sui quali è e dell'uomo con le sue facoltà spirituali e le sue responsabilità mo-

L'ingegnere moderno dovrà dunque arricchire la sua cultura di base non soltanto di nozioni « interdisciplinari », che sono gli strumenti del suo mestiere; ma ancora di quelle tecniche organizzative oggi largamente rafforzate dalle mirabili realizzazioni dell'elettronica e tuttavia sempre imperniate sulla esaltazione delle attitudini individuali a prendere delle decisioni e reggere degli uo-

La socialità. Fin qui abbiamo parlato dell'esigenza di « razionalità ». Nel trattare dell'altro aspetto accennato, della «socialità», sarà anzitutto bene precisare che i due requisiti se pur distinti non sono da concepirsi come estranei l'uno all'altro. In effetti sembra doversi dire che, per vie non sempre palesi ad un esame in superficie, quelle due esigenze sono intimamente inscindibili.

Osservavo poco fa come lo stesso sviluppo scientifico-tecnico richieda tra le varie discipline relazioni sempre più fitte e più strette; a tal punto da essere normale che in imprese ingegneristiche di qualche livello, per esempio i responsabili della conduzione e del controllo di un ciclo produttivo si ritrovino collaboranti uomini di ben diverse provenienze scientifiche: il meccanico accanto all'assistente sociale. l'elettronico accanto al medico e psicologo, il matematico vicino all'economista aziendale, e così

È dunque chiaro ed anche mirabile come la scienza oggi, quella scienza che vien costruita disciplina per disciplina col lavoro enorme di generazioni di uomini, ciascuno dei quali avanzante a fatica nel proprio solco, ci riveli la sua struttura intimamente associativa che, noi inconsapevoli, riflette la nostra natura sociale e rende convergenti quei solchi, dove ciascuno aveva forse la sensazione dell'estraneità.

rio, non ci viene suggerita soltanto da quella moderna tessitura delle discipline scientifiche, alla quale abbiamo ora accennato. In effetti a conclusioni dello stesso genere siamo condotti dall'esame stesso dei nostri rapporti col mondo delle macchine.

Nel 1932, usciva in Francia un lavoro molto interessante di Jacques Lafitte, «Ingénieur et Architecte »: « Réflexions sur la science des machines». In quell'opera che, se fossero state in uso già allora le terminologie oggi correnti, avrebbe potuto essere compresa fra «i futuribili», la « mécanologie » veniva definita « science sociale ».

Per giungere a questa affermazione l'autore esaminava le analogie di comportamento tra una popolazione di uomini e una popolazione di macchine, da lui dette « réflexes » (noi le diremmo « automatizzate »), delle quali giungeva ad asserire che «elles sont comme nous-mêmes sous une autre forme ». Conclusione magari ardita ancora oggi, ma che percepita nel suo nucleo di verità ci richiama alla conclusione che per una popolazione di macchine è possibile, diceva il Lafitte, è necessario, diciamo noi, adottare « de la même façon que pour les êtres vivants, le language de l'organisation», ossia un linguaggio necessariamente « sociale ».

Insistendo su questi aspetti di « socialità indotta » imposta all'ingegnere dalle stesse sue creazioni scientifiche e tecniche, ho inteso non sminuire ma accrescere l'importanza che per lui, ingegnere nel mondo moderno, deve avere la socialità manifesta nei rapporti umani.

È ovvio che in ambienti più larghi che in passato, più mobili, più aperti alle lusinghe (non dico ai fatti) culturali, più affinati o sollecitati nella loro sensibilità, l'ingegnere moderno, come in genere il dirigente d'ogni livello, vede moltiplicate le sue relazioni umane e le vede anche arricchite di contenuto, nella misura in cui Questa « socialità », tuttavia, esse si pongono fra uomini pro-

alta, per un riflesso della luce della scienza che investe anche la massa, per un senso più vivo della propria dignità umana, ed anche per l'uso e forse anche l'abuso, di una maggiore agiatezza.

Questa maturazione umana, se così può dirsi, che è fatto secolare ma che ha assunto dimensioni maggiori e ritmo più vivace dagli albori della industrializzazione. pone all'ingegnere moderno un quesito d'ordine conoscitivo ed un problema d'ordine morale.

Sotto il primo aspetto la società industriale è essenzialmente una società d'organizzazione. Succede insomma per le istituzioni umane ciò che è evidente man mano si passa nella scala degli esseri da strutture semplici a strutture complesse: l'organizzazione delle strutture si fa più innervata, essa pure più complessa.

Nel campo che qui ci interessa ciò può significare che man mano progredirà l'industrializzazione, ossia man mano si realizzerà quell'entità di mondo moderno dalla quale abbiamo preso le mosse, crescerà l'importanza del fattore organizzativo-direttivo, quindi aumenterà il peso sociale specifico degli uomini particolarmente preparati a quei compiti d'ordine su-

Sotto il secondo aspetto notiamo un effetto di massa: crescendo questa, decresce la capacità di potere autoritario dei capi. C'è più gente attorno a loro, che non placa le proprie esigenze nella soddisfazione di « avere di più », ma tende, ma vuole « essere di

Quest'ansia di partecipazione, il dirigente, nella quale categoria assumiamo coscientemente l'ingegnere, deve farla propria, concedendo e richiedendo collaborazione e solidarietà fra tutti coloro che sono partecipi della stessa impresa umana: l'azienda, la scuola, la professione, la società

Abbiamo detto: società. Ossia mondo moderno. Ed eccoci tornati a quel secondo termine del noconcepita in senso lato e prima- gredienti verso livelli di vita più stro tema che, avviandoci a concludere, vorremmo rivedere di scorcio.

Per situare l'ingegnere di fronte al mondo moderno abbiamo dapprima cercato di chiarirne la non ancora ben definita figura assumendola nella nozione meno imprecisa di progresso. Abbiamo quindi considerato come questo mito universale si realizzi in una società industriale, nel cui ambito si attribuisce all'ingegnere una posizione di primo piano. Infine, ci è sembrato che quella particolare posizione richieda, per essere efficace, una maggiore scientificità o razionalità che dir si voglia ed una più consapevole socialità.

Ritengo che questo processo discorsivo sia coerente e che la logica formale del ragionamento trovi conferma sufficiente nei fatti di cui è intessuta la realtà. Nonostante questa fiducia, mi sembra rimanga tuttavia qualche incertezza che, parlando ad ingegneri, un ingegnere deve pur cercare di rimuovere. E mi domando:

- con l'auspicata più consapevole socialità non si giunge forse ad attribuire all'ingegnere un compito, che sembra eccedere la sua statura professionale?
- viceversa con l'esigenza di maggiore razionalità non veniamo forse a diminuire l'ingegnere? Nel fatto, la cultura scientificotecnica di cui lo vorremmo dotato con maggiore ampiezza e varietà, non è per forza di cose destinata a essere inferiore alle reali esigenze di un nuovo umanesimo?
- ed infine come concepiamo questo progresso, che con termine un po' facile, un po' alla moda, abbiamo chiamato mito, mentre in effetti si realizza sotto i nostri occhi ad opera nostra come la negazione stessa di un mito?

Nel cercare tutti assieme una risposta a questi quesiti vorremo tenere ben presente davanti a noi il vostro avvenire di giovani ingegneri, chiamati alla organizzazione e direzione di un mondo nuovo.

conclusivamente

che di fronte all'impegno di costruire, organizzare, dirigere un mondo in profonda trasformazione quantitativa e qualitativa, sarebbe grave errore confinare il perfezionamento dei futuri dirigenti nei ristretti quadri di una formazione professionale.

Noi abbiamo insistito sulla necessità di una maggiore scientificità della preparazione dell'ingegnere ed abbiamo anche affermato che l'ingegneria appare sempre meno un'arte, sempre più una scienza. Ma ora ci chiediamo se questa affermazione non sia suscettibile di qualche precisazione.

Nel già citato rapporto del Consiglio della cooperazione culturale, il Professor Antonio Capetti, cui tutti riconoscono chiarezza di idee e saggezza di giudizi, ponendosi davanti alla stessa questione osservava che un'arte può essere praticata scientificamente: ossia poggiando sulla infrastruttura di una preparazione scientifica, l'uomo concepisce, progetta, realizza, organizza. E questo vale per ogni arte sino a quell'arte difficilissima che consiste nel dirigere gli uomini.

È dunque necessario che l'ingegnere di questo nuovo mondo si senta tale non soltanto in conseguenza di un'approfondita ed anche meticolosa preparazione scientifica, ma ancora, e quasi oserei dire soprattutto, in virtù di una vocazione ad intuire nell'informe la forma e a realizzarla.

Ora affermare l'esigenza di questa vocazione equivale a dire che il «contenuto» del bagaglio scientifico acquisito deve arricchirsi in cultura. Facendo nostre alcune osservazioni del Professor Agazzi dell'Ateneo genovese nel recente Convegno del Centro di Studi Metodologici di Torino (marzo 1967), intendiamo dire che la cultura non sta in una somma di nozioni, ma piuttosto nella «consapevolezza» che noi abbiamo di questo nozioni: consapevolezza che «si traduce in idee, in principi unificanti, in orientamenti di scelta e, specialmente, in criteri di giudizio e in capacità di comprensione ».

Qualcuno potrebbe obiettare che, pur rimanendo apprezzabile, questo sforzo di sublimazione di un patrimonio scientifico in cultura sembra del tutto indifferente ai compiti di un ingegnere nel mondo moderno. Preciseremmo allora che tra scienza e cultura e qui ci riferiamo in particolare alle scienze interessanti l'ingegnere — non sussiste certo una indifferenza naturale. È vero peraltro che si può parlare di una « reciproca impermeabilità », dovuta anche allo sfasamento verificatosi storicamente tra le attività dette umanistiche, di tipo filosofico-giuridico-letterario, e le attività di solito dette scientifiche (dalla matematica alle scienze della natura). Delle prime il progresso non è intrinsecamente legato al tempo; la formazione delle seconde è invece di certo in funzione crescente del tempo, secondo una curva di accumulazione del sapere, che non conosce massimi e tende asintoticamente al naturale limite superiore delle capacità umane.

Questa differenza di comportamento ed anche di natura ha portato nella direzione degli affari umani ad una maggiore affermazione dei rappresentanti della corrente umanistica rispetto ai rappresentanti della corrente scientifica.

Ora il progresso delle scienze, che coinvolge oramai una porzione sempre più larga di umanità, ci fa prevedere che per evoluzione naturale l'uomo di preparazione scientifica, in particolare l'ingegnere, uscendo ben al di là delle colonne di Ercole della sua particolare qualificazione professionale, dovrà accrescere la sua partecipazione alla conduzione della società industriale, da lui stesso in gran parte costruita.

Noi auspichiamo pertanto che l'ingegnere dei tempi moderni, proiettati nel tumultuoso sviluppo dei prossimi decenni, si prepari ai compiti formidabili che l'aspettano. Al quale fine occorre un saldo equilibrio tra fattori puramente intellettuali e fattori più loro spese più della popolazione rinnovato umanesimo.

Da questo piedistallo, dove lo vogliamo collocare, l'ingegnere avrà una visione non deformata e, diremo, demitizzata del progresso.

La storia umana sino ad oggi può ripartirsi in tre intervalli temporali: migliaia di anni di economia prevalentemente predatoria, cento secoli di economia sostanzialmente agricola, infine due secoli di economia di tipo industriale.

Ciò significa che l'evoluzione della società umana, potremmo dire la trasformazione dei successivi « mondi moderni », è stata per millenni di tale lentezza su una curva di tale appiattimento, che sarebbe estremamente difficile identificare in un tipo esponenziale.

Poi le cose cambiano. Autorevoli investigazioni statistiche sullo sviluppo dell'attività scientifica in questi ultimi 200-300 anni. han concluso che questo sviluppo è stato effettivamente di tipo esponenziale, secondo un fattore di proporzionalità che le dimensioni dei vari parametri utilizzati (numero dei ricercatori, quantità di pubblicazioni scientifiche, ecc.) raddoppierebbero circa ogni 15

Ora, pur tenendo sospeso il nostro giudizio su quelle stime statistiche, domandiamoci se sia mai possibile che ritmi di questo genere persistano nei secoli futuri. Un andamento esponenziale tende all'infinito. Ma esistono cose umane di cui si possa presumere una crescita all'infinito? Potrà avvenire dell'attività scientifica ciò che avviene ad esempio del risparmio? Il quale cresce teoricamente secondo un noto processo cumulativo, ma nella realtà dei fatti viene contenuto dall'azione di altri vari fattori, che ne rallentano o troncano la crescita.

D'altra parte, pur tenendo conto di un fattore di produttività crescente, un'attività scientifica che continuasse a percorrere un arco di curva esponenziale, rapidamente raggiungerebbe l'assur-

ampiamente umani, perchè si in- e più del reddito nazionale. E ristauri l'impero benefico di un cordo, passando, l'economista sovietico che, in un calcolo paradossale, prevedeva insufficiente la intera popolazione del suo paese a fornire il personale che, in uno sviluppo rigido dei programmi, avrebbe dovuto essere nel tempo addetto agli uffici della pianifica-

Davanti a queste evidenze ci atterremo a distinguere tra il « progresso-teorico», progresso mito, che traduce le più profonde aspirazioni dell'uomo all'infinito, ed il « progresso-realtà » crescente indefinitamente ma asintoticamente ad un certo livello superiore, linea di confine tra il possibile e l'impossibile a scala umana.

In questa prospettiva la curva storica del progresso non è più di tipo esponenziale ma di tipo logistico, caratterizzata cioè a sinistra da un asintoto alle ascisse in lentissima crescita, come in effetti è avvenuto; e a destra, come presumiamo possa accadere, da un lentissimo accostamento asintotico a una parallela alle ascisse; queste due ali essendo raccordate per un intervallo temporale molto più breve da un arco di curva che rispetto ad un punto di flesso si distingue in due parti: la prima convessa e la seconda concava verso le ascisse.

E, com'è noto, questa è la curva studiata dal belga Verhulst, utilmente applicata da scienziati di alto livello - tra i quali i demografi americani Pearl e Reed ed il matematico italiano Vito Volterra — allo studio dei fenomeni della vita.

Non sappiamo se i secoli futuri confermeranno in materia di progresso queste deduzioni che consideriamo valide come espressione di fatti vitali. Ma pensiamo che l'ingegnere moderno, riflettendo su queste realtà e assumendole a base delle sue induzioni. possa dimensionare se stesso come artefice di possibilità successivamente realizzabili e mantenere nel suo cuore di « uomo » l'ansia di un progresso più alto.

In questo mondo moderno di do di assorbire tra ricercatori e cui abbiamo fin qui parlato, i giovani avranno il compito tremendo di guidare le sorti materiali e morali di questa società in evoluzione; e sono giovani che già vivono fra noi perchè nostri figli e nostri nipoti. A noi spetta il compito, non meno difficile, di avviarli degnamente.

Fra questi giovani, gli ingegneri, nel loro ruolo di suscitatori di lavoro e quindi di benessere per tante famiglie, forgiatori essi stessi di una nuova coscienza industriale, debbono essere in primo piano. A loro l'azione dell'avvenire, pensando che ormai scienza, industria, progresso sono fattori di universale omogeneizzazione con l'economia e indispensabile base sociale. Essi, a differenza dei loro predecessori anche di pochissime generazioni, sono su di una scena che è a dismisura più larga.

Ai giovani ingegneri di cui parliamo un augurio: sappiano essi, iniziando la loro opera nel mondo, ricordare che, nell'ambito dei concetti accennati, possono trovare una fede e una guida per destini più alti: per il nostro Paese, per il mondo, per l'umanità.

Ringrazio di avermi cortesemente ascoltato.

Gaudenzio Bono

NOTE BIBLIOGRAFICHE

- [1] CLARK KERR, FREDERIK H. HARBISON, JOHN T. DUNLOP et CHARLES A. MYERS. L'industrialisme et le travailleur industriel, in « Revue Internationale du Travail », 1960, II, p. 267. Quest'articolo è tratto sostanzialmente dall'opera degli stessi Autori, Industrialism and industrial man, Harvard University Press, 1960.
- [2] P. DUHEM, La théorie physique. Son objet et sa structure, Paris, 1906, p. 442.
- [3] J. Lafitte, Réflexions sur la science des machines, Paris, 1932, pp. 107, 109.
- [4] E. Agazzi, La storia della scienza come punto d'incontro fra riflessione filosofica e ricerca scientifica, in « Atti del Convegno sui problemi metodologici di storia della scienza », Torino, Centro di Studi Metodologici, 29-31 marzo 1967.
- [5] C. M. CIPOLLA, Uomini, tecniche, economie, Milano, Feltrinelli, 1966.
- [6] D. J. DE SOLLA PRICE, Sociologia della creatività scientifica, trad. ital., Milano, Bompiani, 1967.

Misure di illuminazione artificiale per interni mediante modello

VINCENZO FERRO descrive un'apparecchiatura sperimentale per misure di illuminazione artificiale all'interno di ambienti chiusi. Essa consiste di un modello di camera, realizzata mediante un cubo di 1 m di lato, mobile su un piano quadrato di misura di m 2×2 secondo due direzioni tra loro perpendicolari, parallele ai lati del piano. Con una pila fotoelettronica di tipo particolare, sistemata al centro di tale piano e collegata ad un registratore potenziometrico X-Y, è così possibile dedurre sperimentalmente i valori medi dell'illuminamento sulle varie facce o pareti del cubo. Le pareti sono state ricoperte con carta vellutata a fattore di riflessione uniforme, con buona diffusione e di differenti colori in modo da ottenere varie condizioni di prova. I risultati del metodo sperimentale sono stati quindi confrontati con quelli ottenibili con due metodi

1. Introduzione.

L'illuminamento ottenibile su un elemento di superficie all'interno di un ambiente chiuso dipende, come noto, e dal flusso luminoso emesso direttamente dalla sorgente e da quello rinviato in modi molteplici dalle circostanti superfici, in relazione sia alla loro natura ed in particolare al loro coefficiente di riflessione e sia alle caratteristiche spettrali del flusso su di esse incidente.

In siffatte condizioni il calcolo di previsione dell'illuminamento al variare della geometria dell'ambiente, dei parametri illuminotecnici delle superfici e delle sorgenti luminose, pur essendo formulabile in modo più o meno laborioso sotto l'aspetto analitico, presenta difficoltà notevoli sotto l'aspetto pratico per la grande varietà delle scelte e per la complessità dei calcoli, complessità che non è accettabile nelle usuali applicazioni ingegneristiche.

Per le previsioni pratiche degli illuminamenti su superfici in ambienti chiusi si ricorre pertanto, previe opportune ed accettabili ipotesi semplificative, all'uso di metodi di calcolo globali [1]÷ [11], i quali permettono, per certe definite e più comuni condizioni di simmetria, una valutazione diretta degli illuminamenti con lo impiego di opportune relazioni analitiche e di parametri più o meno estesamente tabulati, ovvero per mezzo di prove sperimentali [12] su scala ridotta.

Entrambi i metodi presentano necessariamente delle limitazioni, ma risultano di utile e valido ausilio in moltissimi casi di correnti applicazioni.

In particolare le procedure di calcolo sono limitate a talune geometrie degli ambienti e delle sorgenti luminose, usualmente parallelepipedi i primi, estese linear-

mente [13] ovvero con indicatrici di emissione a superficie di rotazione le seconde, nonché alla condizione di riflessione ortotropica delle pareti.

I procedimenti sperimentali del tipo già accennato richiedono invece una riduzione in scala di tutti i parametri che intervengono e la similitudine delle indicatrici di emissione luminosa; quest'ultimo fatto è spesso l'ostacolo più gra-

Il presente lavoro ha lo scopo di valutare i risultati del metodo sperimentale diretto, attuato con un modello, e quelli ottenibili con due metodi di calcolo. Di essi il primo è stato illustrato da Codegone [8], come estensione di altri metodi [2], [3], ed è precipuamente analitico, mentre il secondo è stato dato da Dourgnon e coll. [9], [10] e si avvale della tabulazione dei parametri che definiscono il problema in un campo abbastanza vasto.

Questi due metodi matematici permettono, partendo dalla conoscenza dei flussi luminosi diretti inviati sia sul piano utile che sulle pareti e sul soffitto, la valutazione del flusso ricevuto da tali superfici, per effetto delle riflessioni multiple, e quindi il loro illuminamento medio.

L'ambiente oggetto della ricerca attuale è un cubo, avente il lato di 1 metro ed illuminato con una sorgente praticamente puntiforme, appesa dall'alto al centro della faccia superiore e ad una altezza di 2/3 m rispetto al piano inferiore. Tale piano è quello utile ed è considerato coincidente con il pavimento: su di esso e successivamente sulle altre pareti vengono quindi effettuate le misure di illuminamento ed elaborati i calcoli secondo i metodi esposti.

2. APPARECCHIATURA SPERIMENTA-LE DI PROVA.

L'apparecchiatura consiste (fig. 1) di un piano di base (o di misura) delle dimensioni di m 2 × 2 circa, recante al centro un foro opportunamente calibrato per l'applicazione di un ricevitore fotometrico. Immediatamente al di sopra del piano è disposto un telaio, mobile mediante carrelli su due assi ortogonali, il quale regge un cubo in lamiera metallica



Fig. 1 - Disposizione degli apparecchi di prova-1) Camera di prova cubica; 2) Telaio con piano di misura e carrelli scorrevoli; 3) Sfera con cella per misura di illuminamento; 4) Watt-metro su alimentazione lampade; 5) Potenziometro; 6) Registratore potenziometrico X-Y; 7) Sfera di Ulbricht; 8) Fotometro universale con testa di Lummer e Brodhun.

di 1 m di lato, esternamente annerito e mancante di una faccia. Quest'ultima è sostituita dal piano di base, che fa così da chiusura. Lo spostamento del cubo sul carrello, rispetto allo strumento fotometrico fisso al centro del piano, permette la misura dell'illuminamento in qualsiasi punto della faccia mancante dello stesso. Sono previsti dispositivi di tenuta al bordo inferiore del cubo per evitare infiltrazioni di luce da e verso l'esterno.

I rilievi fotometrici sono stati eseguiti mediante un ricevitore fotoelettronico al selenio Weston mod. 856 RR-V, con la superficie sensibile ricoperta da un filtro di vetro per la correzione della ri-

sposta spettrale. Al variare della posizione del cubo e quindi della sorgente luminosa, varia l'angolo di incidenza del fascio luminoso rispetto alla superficie fissa del ricevitore e pertanto muta pure il fattore di riflessione del vetro sovrapposto all'elemento sensibile. Di conseguenza risulta modificato l'andamento della curva di sensibilità del ricevitore in funzione dell'angolo di incidenza rispetto all'andamento risultante nell'ipotesi di validità della la legge di Lambert, legge che appunto definisce il valore dell'illuminamento in funzione dell'angolo suddetto (fig. 2).

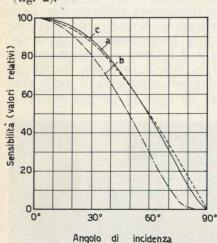


Fig. 2 - Sensibilità del ricevitore in funzione dell'angolo di incidenza [16].

Curva a): prima legge di Lambert; Curva b): pila fotoelettronica Weston, Mod. 856 RR-V; Curva c): pila fotoelettronica Weston, Mod. 856 RR-V nella sfera.

Per tenere conto dell'errore del ricevitore si è ritenuto opportuno adottare un dispositivo sperimentale (fig. 3), cortesemente fornito dall'Istituto Elettrotecnico Nazionale « Galileo Ferraris » [16], al fine di evitare laboriosi calcoli di correzione.

In questo dispositivo la superficie ricevente per le misure di illuminamento è costituita da una apertura circolare di 10 cm di diametro, praticata su una piccola sfera di Ulbricht (diametro 25 cm), verniciata internamente con colore bianco opaco ad elevato fattore di riflessione e poco selettivo. La sfera è disposta inferiormente al piano di misura, in modo che il foro collimi opportunamente con quello praticato al centro di tale piano. Diametralmente opposto al foro nella sfera è situata la pila fotoelettronica schermata con un cono di conveniente apertura, al fine di impedire l'illuminazione diretta dell'elemento fotosensibile. Si è ottenuto in tal modo (curva c, fig. 2) un buon accordo del rilievo sperimentale dell'illuminamento con quello espresso dalla la legge del Lambert.

La pila fotoelettronica è chiusa su resistenze con valori scelti in funzione dell'entità del flusso luminoso incidente; la tensione ai terminali delle resistenze suddette costituisce uno degli ingressi di un registratore potenziometrico X-Y.

L'altro ingresso è alimentato dalla differenza di potenziale ai capi di un potenziometro, la cui resistenza varia proporzionalmente allo spostamento del cubo nella direzione A-A del piano di misura (fig. 4). Nella seconda direzione B-B su detto piano viene effettuata una scansione regolare, suddividendo il lato interessato in 10 parti, distanti 10 cm tra loro. Si individuano in tal modo su 10 linee del piano, 10 sezioni della superficie topografica che dà il valore dell'illuminamento. L'integrazione numerica o grafica delle curve così ottenute permette di calcolare un valore medio sufficientemente preciso dell'illuminamento sulla superficie considerata. Tale valore medio [18] è la grandezza che viene usualmente determinata sia nei metodi sperimentali che in quelli di calcolo.

Come sorgente luminosa si è utilizzata una lampada ad incandescenza in corrente continua alimentata con accumulatore a tensione stabilizzata. La lampada è del tipo ATTI-8546 da 50 W,

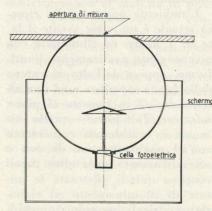


Fig. 3 - Schema della disposizione della sfera

24 V, con filamento a doppia elica con diametro di ingombro di 2 mm e larghezza 6 mm.

Si sono impiegati, come rivestimenti delle faccie interne del cubo e del piano di misura, delle carte vellutate di differenti colori, aventi fattore di riflessione uniforme e superfici sufficientemente opache e diffondenti.

3. MISURE EFFETTUATE.

La pila fotoelettronica con il dispositivo annesso di correzione dell'angolo di incidenza, è stata tarata presso l'I.E.N.G.F., chiudendola successivamente su resi-

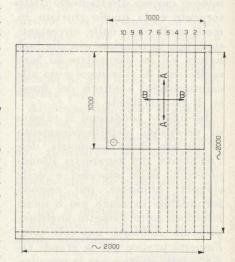


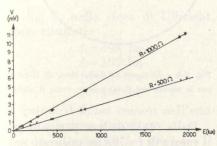
Fig. 4 - Schema della posizione delle registra-

stenze di 500 e 1000 Ω, corrispondenti alle due condizioni di impiego dello strumento. Nelle figura 5 sono diagrammate le linee deducibili dai valori di taratura; esse sono risultate praticamente rettilinee nel campo di utilizza-

La lampada impiegata è stata stabilizzata con funzionamento continuo per 50 ore alla tensione di esercizio di 24 V; la potenza di alimentazione durante le prove è stata costantemente controllata al valore di 50 W.

Il flusso globale emesso dalla lampada è stato misurato mediante sfera di Ulbricht, sia presso l'I.E.N.G.F. che presso questo Istituto, ed il suo valore è risultato di 785 lumen. Si è rilevata pure la indicatrice di emissione riportata nei diagrammi delle figg. 6-a), b) e c).

Sono inoltre stati misurati alla sfera di Ulbricht i flussi emessi dalla sorgente entro gli angoli so- interne del cubo e della superfilidi previsti da Dourgnon [10] (figura 7), nonchè i flussi emessi verso il piano utile (fig. 8-a) e verso il soffitto (fig. 8-b) del cubo, mediante due schermi a sezione quadra di 20 × 20 cm, anneriti all'interno con nerofumo ed all'esterno con bianco opaco, ad elevato coefficiente di riflessione e poco selettivo.



resistenza 500 Q e 1000 Q.

I fattori di riflessione delle varie pareti sono stati determinati con il metodo di misura assoluto [17] impiegato presso l'I.E.N.G.F. Tale metodo utilizza un lumenometro integrale, nel quale un fascio di luce di data temperatura del colore (molto prossima a quella della lampada impiegata nel cubo) viene fatta incidere su campioni delle carte vellutate usate; si determina quindi l'illuminamento, proporzionale al flusso diffuso, con una cellula fotoelettrica corretta secondo le curve di visibilità normale.

Nella tavola 1 sono riportati i colori delle carte vellutate impiegate ed il fattore di riflessione diffusa r misurato per le carte numerate 1, 3, 4 e 6 presso l'I.E.N.G.F. e presso questo Istituto per quelle numerate 2 e 5. L'errore di misura può essere valutato intorno al 4 % ÷5 % rispetto ai valori numerici elencati.

TAVOLA I Colore

1 - nero	0,02
2 - marrone scuro	0,13
3 - azzurro	0,43
4 - grigio chiaro	0,45
5 - giallo	0,52
6 - bianco	0,83

Si sono eseguite prove nelle secon carta vellutata delle faccie

cie superiore del piano di misura:

- I. Cubo e piano di misura rivestiti con carta di colore nero.
- II. Cubo rivestito sulle faccie laterali o pareti con carta di colore azzurro, sul soffitto con carta bianca e piano di misura con carta grigio chiaro.
- Cubo rivestito con carta gialla e piano di misura con carta marrone scuro.
- IV. Cubo e piano di misura rivestiti con carta bianca.

In tutte le quattro condizioni di queste prove la lampada era appesa con sostegno rigido al centro della faccia superiore o soffitto in modo che il filamento fosse distante 66,6 cm dal piano di misura (fig. 9-A).

Per la determinazione dell'illuminamento sulle pareti si è collocata la lampada con il sostegno rigido nel piano orizzontale, essendo il sostegno diretto normalmente e centralmente ad una delle pareti, ad una distanza di 66,6 cm da quella opposta. Naturalmente si sono variati opportunamente i rivestimenti nelle condizioni di prova II e III per mantenere la stessa disposizione di colori precedentemente indicata. In tale modo il piano di misura coincide, a seconda dell'orientamento angolare della lampada, con una delle precedenti pareti, le quali sono in tal modo completamente esplorabili.

Data la forma delle indicatrici di emissione della lampada si sono scelti per quest'ultima, in tutte le misure di illuminamento, due orientamenti e precisamente il primo corrispondente alla direzione del filamento normale ad una coppia di pareti opposte ed il secondo per la direzione del filamento parallela all'altra coppia (figg. 9-B e 9-C).

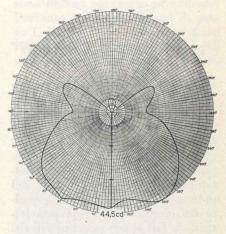
La misura dell'illuminamento sul soffitto è stata attuata con la disposizione indicata nella fig. 9-D, corrispondente al capovolgimento della fig. 9-A. Quest'ultima misura è stata fatta per la sola condizione di prova I.

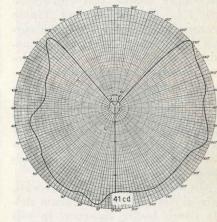
4. RISULTATI DELLE PROVE.

Come già accennato nella deguenti condizioni di rivestimento scrizione della apparecchiatura sperimentale di prova, i risultati

sono in forma di curve che danno l'illuminamento lungo rette del piano di misura, intervallate fra loro di circa 10 cm (v. fig. 4). Con metodi analitici si è determinato, sulla base di circa 20 letture per curva, il valore medio dell'illuminamento nel piano di misura.

Si riportano qui di seguito (figg. 10 a ÷ e) le registrazioni relative ad una delle posizioni del-





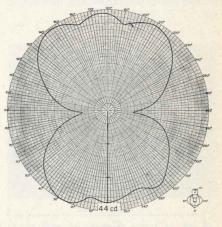


Fig. 6 - Indicatrici di emissione 6a) Piano per l'asse del bulbo parallelo al fila-

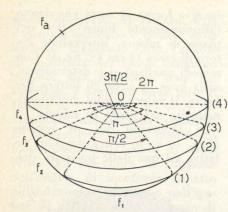
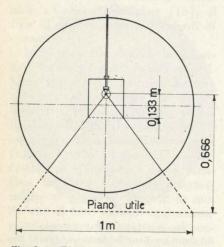


Fig. 7 - Angoli solidi di emissione per il calcolo dell'illuminamento secondo Dourgnon [10].

la fig. 4, ottenute per alcune delle condizioni di prova realizzate. Le divergenze, che si osservano nell'andamento di una generica curva di illuminamento nelle registrazioni di andata e di ritorno, sono dovute al non perfetto adattamento fra le caratteristiche del potenziometro registratore e quelle del circuito della pila fotoelettronica. Gli scarti massimi riferiti al valore medio sono dell'ordine di 1%. Comunque, per tenere conto di ciò, si sono per ogni curva fatte due registrazioni in andata e due in ritorno, prendendone quindi il valore medio.

Nelle figure 11-a), b), c) e d) sono dati alcuni diagrammi isolux nel piano utile per le quattro condizioni di prova elencate al paragrafo precedente, diagrammi deducibili dalle registrazioni anzidette.

Le asimmetrie via via crescenti, che si notano nell'andamento delle curve isolux riportate in tali



figure, passando dalla condizione di prova IV (cubo bianco), alle condizioni III, II e I (cubo nero), sono dovute ai fattori di riflessione delle faccie via via decrescenti ed alle dissimmetrie nella indicatrice di emissione della sorgente.

Le misure nel caso del cubo nero danno praticamente i valori degli illuminamenti diretti sulle superfici interne del cubo ed inoltre permettono di calcolare il flusso totale emesso dalla lampada. Infatti in tal caso risulta:

$$F = \sum_{j=1}^{6} E_j S = \mu f \tag{1}$$

dove µ è molto prossimo all'unità, avendo misurato (ved. tavola I) $r \approx 0.022 \text{ ed } S = 1 \text{ m}^2$.

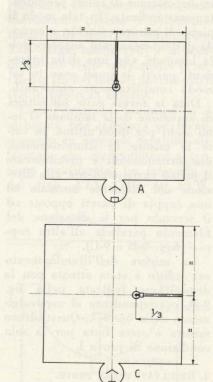
Sperimentalmente in tal caso si è ottenuto:

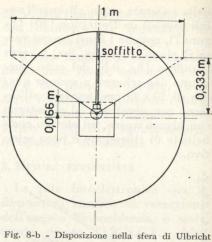
 $E_u = 132 \text{ lux.}$ $E'_{m} = 172 \text{ lux},$ $E''_{m} = 136 \text{ lux},$ $E_s = 79 \text{ lux},$ $F_{u} = 132 \text{ lm}$.

 $F'_{m} = 344 \text{ lm}$ $F''_{m} = 272 \text{ lm},$

 $F_s = 79 \, \text{lm},$ $F_m = 616 \text{ lm},$

 $F = F_u + F'_m + F''_m + F_s = 827$ lm.





per la misura del flusso emesso verso il soffitto.

Dalla (1) si deduce pertanto per il valore di f=785 lm misurato nella sfera di Ulbricht:

$$\mu = 1,053 \text{ ed } r = 0,050.$$

La discrepanza fra il valore di r=0.022 misurato con il metodo assoluto [17] e quello ottenuto con il cubo, r=0.050, è giustificabile con gli errori sperimentali inevitabili per fattori di riflessione così piccoli.

D'altra parte i valori dei flussi emessi secondo la disposizione del-

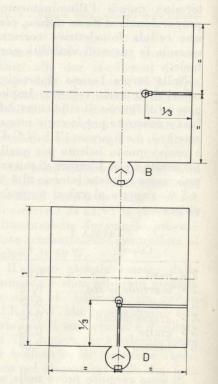


Fig. 9 - Disposizione della sorgente luminosa nel cubo per ottenere l'illuminamento delle facce.

A) sul piano utile; B) sulla faccia laterale perpendicolare al filamento; C) sulla faccia laterale parallela al filamento; D) sul soffitto.

Tavola II

		Piano utile				P							
Prova	E_u	F_u	F^*_u	E'_m	E''_m	F'_m	F''_m	$\begin{vmatrix} F_m = \\ = F'_m + F''_m \end{vmatrix}$	F^*_m	F_s	F	U	μ
778	[lux]	[lm]	[lm]	[lux]	[lux]	[lm]	[lm]	[lm]	[lm]	[lm]	[lm]	(4-1)	
I	132	132	30	172	136	344	272	616	11	79	827	0,168	1,053
II	292	292	190	352	296	704	592	1296	691	-	_	_	THOUSAND.
III	218	218	116	256	224	512	448	950	345	_			_
IV	901	901	799	950	896	1900	1792	3692	3087	-	ISIN-SIA	(e) -	H II -

la fig. 7, nella sfera di Ulbricht, $\Theta_1 = [1 - r_m (1 - 2 k_m)$ sono risultati:

> $f_1 = 103 \text{ lm}$ $f_2 = 105 \text{ lm}$ $f_3 = 101 \text{ lm}$ $f_4 = 100 \text{ lm}$

e quindi il flusso emesso nell'emisfero inferiore è risultato:

 $f_b = f_1 + f_2 + f_3 + f_4 = 409$ lm e quello emesso nell'emisfero superiore:

$$f_a = f - f_b = 376 \text{ lm}.$$

Con le disposizioni sperimentali delle figure 8-a) ed 8-b) si è invece misurato, sempre nella sfera:

$$f_{\rm u} = 102 \, \text{lm}$$

 $f_{\rm s} = 78 \, \text{lm}$

e pertanto:

 $f_m = f - f_u - f_s = f'_m + f''_m = 605 \text{ lm};$ essendo f_m molto prossimo a F_m per il cubo nero, si è ripartito il valore di f_m secondo il rapporto F'_m/F''_m sperimentale del cubo nero ed è risultato $f_m = 338$ lm ed $f''_{m} = 267 \text{ lm}.$

I valori ottenuti per le condizioni di prova I, II, III e IV indicate al paragrafo 3 sono illustrate nella tavola II.

5) METODI DI CALCOLO.

Al modello esaminato sono stati applicati i metodi di calcolo dell'illuminazione artificiale per interni già citati nel paragrafo di introduzione [8], [9], [10].

Circa il primo metodo si riportano qui di seguito le relazioni ed i parametri che interessano, rimandando per il loro sviluppo e la loro giustificazione alla memoria del Prof. Codegone. Si ha pertanto:

$$F_u = K_u f_u + K_m f_m + K_s f_s$$

$$K_u = \Theta_2$$

$$K_m = \Theta_1 \Theta_2 k_m r_m (1 + k_s r_s)$$
(3)

$$K_s = \Theta_1 \Theta_2 r_s$$

$$[k_s + k_m r_m (1 - k_s) - k_s r_m$$

$$(1 - 2 k_m)$$
(5)

$$\begin{bmatrix} k_s + k_m r_m (1 - k_s) - k_s r_m \\ (1 - 2 k_m) \end{bmatrix}$$

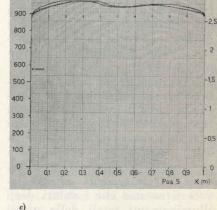
 $-k_m r_m r_s (1-k_s)^{-1}$

$$\Theta_2 = [1 - k_s^2 r_s r_u - \Theta_1 k_m r_m r_u (1 - k_s) (1 + k_s r_s)]^{-1}$$

$$F = f + r_u F_u + r_m F_m + r_s F_s \tag{8}$$

Per F_m ed F_s valgono [8] relazioni analoghe alla (2).

I valori di k_u , k_m e k_s sono deducibili da opportuni diagrammi [18] e nel caso del cubo risulta $\vec{k}_s = \vec{k}_m = k_u = 0.2$. I valori di r sono elencati nella tavola I, mentre i valori sperimentali di f, f_u , f_m ed f_s



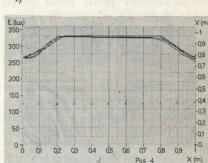
sono dati al paragrafo precedente.

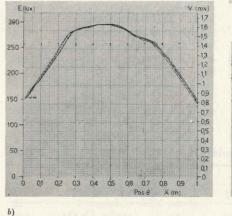
Pertanto per le condizioni di pro-

va I, II, III e IV, i valori dei flussi

ricevuti dalle pareti, del fattore di

utilizzazione e del fattore di mol-





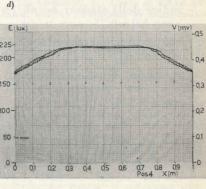


Fig. 10 - Diagrammi degli illuminamenti lungo alcune linee del piano di misura (v. fig. 4). a) Cubo nero, illuminamento sul piano utile, posizione 5; b) Cubo nero, illuminamento sulle facce laterali, filamento parallelo alla faccia, posizione 8; c) Cubo bianco, illuminamento sulle facce laterali, filamento perpendicolare alla faccia, posizione 5; d) Cubo con piano utile grigio, illuminamento sul piano utile, posizione 4; e) Cubo con piano utile marrone scuro, illumina-

tiplicazione sono elencati nella tavola III.

Nel caso del cubo bianco inoltre risulta:

$$(1-r) F \simeq 721 \text{ lm},$$

per il flusso totale assorbito dalle pareti, e:

$$rF \simeq 3523$$
 lm,

per il flusso totale riemesso.

Il metodo di calcolo proposto da Dourgnon e coll. [9], [10] è basato su due serie di tavole, su alcuni parametri caratteristici dell'ambiente e su valori dei flussi emessi dalla sorgente. La correlazione di tutte queste grandezze è stata effettuata mediante sia l'impiego di equazioni alle differenze finite date da Yamauti [2], sia con l'utilizzazione delle formule di interpolazione di Lagrange e con l'aiuto di calcolatori elettronici numerici.

In particolare per il calcolo della prima serie di tavole si suppone che la curva dei valori di flusso in funzione dell'angolo solido, entro coni di rivoluzione ad asse verticale, possa essere approssimata per mezzo di polinomi di 4º ordine. Per la seconda serie di tavole si assume che i valori degli illuminamenti totali delle pareti siano uniformi, al fine di evitare eccessive complicazioni dei calcoli. Questa ipotesi è del resto anche ammessa per il primo metodo di calcolo.

Rimandando ancora per ulteriori dettagli su questo metodo alle memorie già citate, i parametri che interessano per definire l'illuminamento medio sulle varie superfici interne dell'ambiente risultano nel caso in esame:

— indice della stanza: $k=ab/\lceil h \cdot$ (a+b) = 0.75

con a=b=l=1 m ed h=2 l/3=0,666 m

- rapporto di sospensione: i==h'/(h+h')=1/3=0.333con h' = l/3

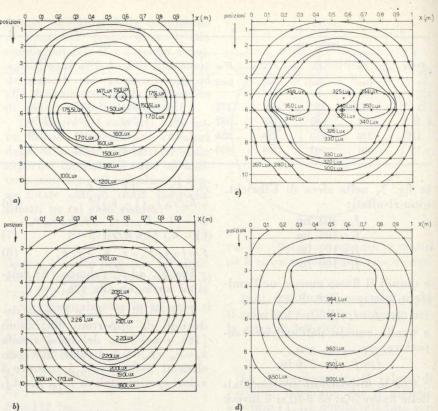


Fig. 11 - Diagrammi isolux degli illuminamenti sul piano utile. a) Cubo nero; b) Cubo con piano utile marrone scuro; c) Cubo con piano utile grigio; d) Cubo

caratteristica dipendente dalla posizione in piano della lampada: a'/h = 0.75.

con
$$a'=l/2=0.5$$
 m.

In funzione di a'/h dalla prima serie di tavole si ricava:

$$A_1 = +0.244; \ B_1 = -0.015; \ C_1 = +0.007; \ D_1 = -0.001; \ A = +0.976; \ B = -0.060; \ C = +0.028; \ D = -0.004$$

ed il flusso utile diretto (o flusso utile emesso) risulta:

$$f_u = Af_1 + Bf_2 + Cf_3 + Df_4 = 96,7$$
 lm.
Si ha inoltre:

$$\varphi = f/l^2 = 785 \text{ lm/m}^2;$$

 $\varphi_b = f_b/l^2 = 409 \text{ lm/m}^2;$

$$\varphi_u = f_u/l^2 {\simeq} 97 \ \mathrm{lm/m^2}.$$
 Il calcolo dell'illuminamento

fra i quattro casi contemplati al § 3 è possibile, con una certa approssimazione ed interpolando linearmente, solo per il caso III, poichè si trova tabulato sulla seconda serie di tavole il valore indice $\varrho_1 \varrho_2 \varrho_3 \varrho_4 = 5551$, che è il più vicino fra quelli corrispondenti ai fattori di riflessione r_s , r_m ed r_u .

Indicando con α , β e γ i fattori che compaiono nella seconda serie di tavole, si ha:

$$E_i = \alpha_i \varphi + \beta_i \varphi_b + \gamma_i \varphi_u$$

e per i seguenti valori dei parametri caratteristici:

 $\varrho_1 \varrho_2 \varrho_3 \varrho_4 = 5551; j = 0,333; k = 0,75$ si ottiene:

$$E_u = 211 \text{ lux}$$
; $E_m = 208 \text{ lux}$; $E_s = 271 \text{ lux}$.

I corrispondenti valori di F ri-

$$\left. \begin{array}{l} F_u = 211 \text{ lm; } F_m = 832 \text{ lm;} \\ F_s = 271 \text{ lm; } F = 1314 \text{ lm;} \\ U = 0,282; \; \mu = 1,69. \end{array} \right\}$$
 (9)

Questo secondo metodo contempla i casi in cui il piano utile è sempre fortemente assorbente rispetto alle pareti ed al soffitto $(r_u=1\div 3)$, mentre le pareti hanno caso per caso un fattore di rinvio inferiore od al limite pari a

quello del soffitto $(r_m=1\div 8; r_s=$ $= 3 \div 8$).

Sono in programma altre prove con pareti del modello aventi fattori di rinvio pari a quelli previsti da Dourgnon, al fine di controllare sperimentalmente la validtà di questo metodo di calcolo.

Per ora, sulla base dei risultati sopraesposti, si osserva un miglior accordo dei risultati del primo metodo di calcolo, rispetto al secondo, con i valori sperimentali; basta confrontare infatti i risultati della prova III delle tavole II e III e quelli indicati più sopra con (9) per la stessa prova.

Dall'esame delle tavole II e III si riscontrano, fra il metodo sperimentale ed il primo metodo di calcolo, scarti da un valore minimo dell'ordine in media del 1 % per il cubo a pareti nere a valori variabili in media fra il 5% ed il 15 % per quello a pareti colorate, mentre gli scarti massimi si verificano per il cubo a pareti bianche, con valori dell'ordine del 25÷ 30 %. In realtà le divergenze nel caso del cubo a pareti bianche fa sono giustificabili dalle incertezze nelle misure sperimentali del fattore di riflessione diffusa, allorquando questo assume valori prossimi all'unità. Infatti per r=1 si f_1 otterrebbe una perfetta riflessione da parte delle pareti ($\mu = \infty$) ed è sufficiente una variazione possi- f_2 bile di r del 5 % circa nella misura sperimentale (cioè r da 0,83 a 0,876) per portare a coincidere i risultati del metodo sperimentale con quelli del metodo analitico nel caso del cubo a pareti bianche qui contemplato.

Nel confronto fra i risultati sperimentali e quelli calcolati va inoltre tenuto presente che la necessità di disporre di una sorgente puntiforme, rispetto alle dimensioni del modello, ha portato alla scelta di una lampada con indicatrice di emissione, che si può assumere solo con notevole approssimazione una superficie di rotazione. In base a questa considerazione, si può ritenere accettabile l'accordo fra i risultati suddetti.

Va osservato che il caso reale è assai più complicato, data la presenza negli ambienti di finestre, porte, mobili e persone. Inoltre le indicatrici di emissione, come già detto nel caso sperimentale, non

sono di solito superfici di rotazio- $\mu=F/f$ ne. Sono stati fatti [13], [14] e sono in corso [15] dei tentativi di raggruppare gli apparecchi illuminanti in un certo numero di classi, ciascuna di queste comprendente lampade che sono fotometricamente simili, ma non identiche, ed assimilabili a superfici di rotazione.

In tal modo sarà possibile compilare tavole comprendenti un sufficiente numero di scelte e facilitare così i calcoli di illuminazione per interni.

Vincenzo Ferro

[lm]

[lm]

L'autore ringrazia il Prof. C. Codegone, Direttore dell'Istituto, per i consigli e le utili discussioni nel corso di questo lavoro.

Egli ringrazia altresì il Prof. R. Deaglio, la Dott. M. Artom ed i Loro Collaboratori dell'I.E.N.G.F. per le tarature eseguite e per gli apparecchi cortesemente prestati in questa ricerca.

NOMENCLATURA = Illuminamento medio sulle E_i, E_i pareti i ovvero j [lux]. = Flusso totale emesso dalla sorgente. = Flusso emesso nell'emisfero superiore = Flusso emesso nell'emisfero inferiore. = Flusso emesso dalla sorgente verso la parete i [lm]. = Flusso emesso nel cono ad asse verticale di ampiezza $\pi/2$ std. = Flusso emesso tra il cono ad asse verticale di ampiezza π std e quello di am-

piezza $\pi/2$ std. [lm] = Flusso emesso tra il cono ad asse verticale di ampiezza $3\pi/2$ std e quello di ampiezza π std. = Flusso emesso tra il cono

ad asse verticate di ampiezza 2π std e quello di ampiezza $3\pi/2$ std. [lm] = Flusso totale ricevuto dalle pareti dell'ambiente. [lm]

= Flusso ricevuto dalla pa- $F_i^* = F_i - f_i = \text{Flusso}$ indiretto ricevuto

dalla parete i. = Fattore di intercettazione delle pareti.

= Lato del cubo (1 m). = Fattore di rinvio o di riflessione diffusa della parete i.

= Flusso totale riemesso [lm]. = Superficie della parete. $(1 m^2).$

= Fattore di utilizzazione del flusso.

= Flusso ridotto emesso. $[lm/m^2]$ $=(1-r)^{-1}=$ Fattore di moltiplicazione del flusso. flusso totale assorbito dalle pareti.

PEDICI

= u, m, s.

= parete. = soffitto. = piano utile o pavimento.

INDICI

= per le facce laterali parallele al filamento.

= per le facce laterali perpendicolari al filamento.

BIBLIOGRAFIA

[1] HARRISON, W.-ANDERSON, A., Trans. Ill. Eng. Soc., New York, vol. 11, 1916; Trans. Ill. Eng. Soc., New York, vol. 15,

[2] YAMAUTI, Z., J. Opt. Sc. Am., vol. 13, 1926.

[3] Dourgnon, J., Rev. Gen. El., vol. 23, 1928.

[4] « The calculation of coefficients of utilization. The British zonal method », I.E.S., Technical Report Nr. 2, Ill. Eng. Soc., London, 1961.

[5] Jones, J. R.-Neidhart, J. J., Ill. Eng., vol. 48, 1953.

[6] Moon, P.-Spencer, D. E., J. Frankl. Inst., vol. 252, 1951.

[7] « Zonal-cavity method of calculating and using coefficients of utilisation », Trans. Ill. Eng. Soc., New York, vol. 59,

[8] CODEGONE, C., Rendiconti XLIII Riunione Annuale A.E.I., 1938.

[9] Dourgnon, J.-Godfert, A., Cahiers du C.S.T.B., Paris, Cahier 591, ottobre

[10] « Proposal for a C.I.E. method for computing mean illumination on working plane and wall of rooms », Comité d'expert 3.1.1.1. de la Commission International de Eclairage, D.S. n. 109, novembre 1966.

[11] HENTSCHEL, H. J.-STOLZENBERG, K., Rapporto interno Osram, Monaco, maggio 1967.

[12] CODEGONE, C., Corso di Fisica Tecnica, vol. IV, Problemi di illuminazione, Ed. V. Giorgio, Torino, 1964.

[13] « Specifications for Testing Lighting Equipment », Trans. Ill. Eng. Soc., New York, vol. 35, 1940.

[14] « Illuminating Design Data », Gen. El. Co., ottobre 1964.

[15] The I.E.S. Code « Recommendations for good interior lighting », Ill. Eng. Soc., London, aprile 1961.

[16] ARTOM, M.-FREZET, A.-GENTILE, C.-Robotti, G., Rendiconti LXVI Riunione Annuale A.E.I., 1965.

[17] DEAGLIO, R.-JALLA, F., « Misura assoluta del fattore di riflessione diffusa », Atti Acc. Sci., Torino, vol. 76, 1940-1941.

[18] PAROLINI, G.-FANTINI, A., Impianti tecnici per l'edilizia, Edizioni Sistema, Roma, 1965.

Tavola III

Prova	F_u	F'_m	F''_m	F_m	F_{z}	F	U	μ
Tiova	[lm]	[lm]	[lm]	[lm]	[lm]	[lm]		
I	105	345	273	618	81	804	0,134	1,024
II	227	594	533	1127	192	1546	0,289	1,969
III	229	547	478	1025	191	1445	0,292	1,842
IV	684	1475	1419	2894	665	4244	0,872	5,406

Analisi degli elementi delle piste aeroportuali

F. A. SANTAGATA e C. DE PALMA partendo da un approfondito esame dei fattori che determinano la progettazione delle piste aeroportuali, dopo aver considerato l'influenza delle caratteristiche operative e meteorologiche, pongono in relazione logica gli elementi esistenti per dedurre uno schema di calcolo generale, valido sia da un punto di vista tecnico che normativo.

1. Generalità.

La corretta progettazione di una pista aeroportuale deve tener conto di tutti gli elementi ordinari o eccezionali legati alle operazioni di atterraggio e di involo di un velivolo. Pertanto nella prassi corrente le caratteristiche degli elementi costituenti le piste vengono dettate da Norme emanate da Enti specializzati e riconosciuti in campo internazionale (1).

Purtroppo talvolta le norme emanate da differenti Istituti risultano slegate e contrastanti o addirittura contradditorie, e la definizione degli elementi collegati alla pista rimane affidata alla sola sensibilità tecnica del progettista.

Il nostro lavoro desidera porre in relazione logica e tecnica gli elementi esistenti per dedurre uno schema di calcolo generale valido sia da un punto di vista normativo che tecnico.

(1) I.C.A.O. - International Civil Aviation Organisation.

F.A.A. - Federal Aviation Agency. C.A.A. - Civil Aeronautics Admini-

I.A.T.A. - International Air Transport Association.

Il sistema più diffuso per individuare e classificare un aeroporto da un punto di vista dell'ingombro fa riferimento alla lunghezza della sua pista principale; ma svariati sono i fattori che ne determinano l'ampiezza sia per quanto riguarda la lunghezza e il numero delle piste che l'ampiezza dei piazzali di sosta e degli edifici terminali.

Questi elementi possono essere differenziati in due gruppi:

I) fattori che dipendono dalle caratteristiche operative e dal tipo e dal numero degli aeromobili (volume di traffico) che si serviranno dell'aeroporto;

II) fattori che dipendono dalle condizioni meteorologiche della zona in cui sorge l'aeroporto.

2. Fattori di progettazione dipendenti dalle caratteristiche operative.

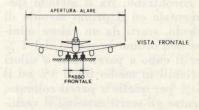
2.1. CARATTERISTICHE DEGLI AE-

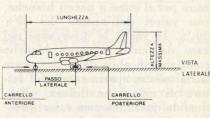
La nutrita gamma di aerei, che nel caso dei servizi di linea permettono di trasportare un numero di passeggeri che va da un minimo

TABELLA 1. - (Tesoriere).

Aeromobili	Costruttore	Apertura alare	Lunghez.	Altezza max	Min Raggio di svolta	Max peso lordo al decollo	Max peso lordo all'atter- raggio
esec not called	r design steril o	(m)	(h)	(m)	(m)	(t)	(t)
707-320	Boeing	43,2	44,6	18.0	33,2	127.0	86,2
707-320B	»	43,5	46,6	18.0	33,9	143,3	93,9
707-120	»	40.0	44.0	16.0	30,8	112.0	79.4
707-120B	»	40,0	44.0	16,0	30,8	116,1	83,9
720	»	40.0	41,5	15,5	30,2	74.8	92,1
720B	»	40,0	41,5	15,5	30,2	100.7	79,4
727	»	33,1	40,9	16,1	21,4	64,4	59,4
DC-8-12	Douglas	42,5	45,5	13.0	27,2	130,5	86.5
DC-8-52	»	43,5	45,9	17,5	27,3	136,1	91,6
DC-8-32	»	43,5	45,9	17,5	23,3	140,6	90,3
DC-7C	»	38,8	33,2	9,3	24,9	63,5	48,5
DC-7	»	35,8	33,5	11,0	22,0	55,3	44,0
DC-6	»	35,8	30,6	8,7	21,9	42,3	34,1
880	Convair	36,6	37,9	16,1	21,0	83,5	60,3
990	»	36,6	41,0	17,4	na vi m	108,4	81,6
Caravelle VI	Sud Aviation	34,3	32,0	11,8	27,5	47,1	44,9
Comet 4B	Vickers	33,0	36,0	14,2	Marin .	71,7	54,4

di 21 (Douglas D C 3) fino a un massimo di 150 passeggeri (Boeing 707/320 B), fa sì che siano molto varie le caratteristiche di peso e di ingombro (Tab. 1) e in genere tutte le caratteristiche operative che hanno diretta influenza nella definizione delle dimensioni delle piste aeroportuali.





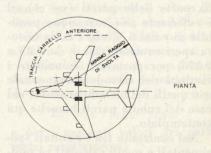


Fig. 1 - Ingombri degli aeromobili.

Nella progettazione di una pista per la definizione delle sue caratteristiche occorre infatti partire dall'analisi del traffico presente e futuro e passare a stabilire l'aereo tipo (2) che deve usufruire dei servizi dell'aeroporto.

(2) Seguendo gli stessi criteri adottati nel progettare le infrastrutture in tutti i campi dei trasporti, per aereo tipo si considera quello in grado di smaltire il traffico considerato e avente caratteristiche che comportano le massime sollecitazioni nelle pavimentazioni, e la massima lunghezza di pista.

Risulteranno determinate:

— la lunghezza della pista per il decollo e l'atterraggio che dipende in maniera preponderante dal peso dell'aeromobile (vedi 2.3.1. e 2.3.2.);

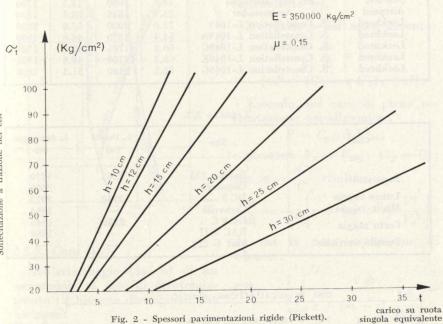
— l'ampiezza delle piattaforme di parcheggio e la grandezza delle aviorimesse che dipendono dagli ingombri e cioè dall'apertura alare, dalla lunghezza della fusoliera e dall'altezza della coda (fig. 1);

- lo spessore della pavimentazione che dipende dal peso delgnate dalle lettere $A \div H$ (Tab. 2).

TABELLA 2.

Classe	Lunghezza base della pista	Larghezza minima
A	2550 e più metri	45 m.
В	$2150 \div 2550$ »	45 »
C	1800 ÷ 2150 »	45 »
D	1500 ÷ 1800 »	45 »
E	$1280 \div 1500$ »	45 »
F	1080 ÷ 1280 »	30 »
G	900 ÷ 1080 »	30 »
H	150 ÷ 900 »	30 »

K = 11 Kg/cm3



l'aeromobile (fig. 2) e dalla sua ripartizione su un più o meno grande numero di ruote raggruppate in carrelli opportunamente distanziati. Nella figura 3 viene fatto un raffronto fra gli attuali subsonici e i supersonici a grande capacità di prossima introduzione. Ne risulta che nonostante l'aumento dei carichi massimi ammesso per i supersonici futuri, la migliore ripartizione dei carichi rende sufficienti gli spessori di pavimentazione calcolati per gli attuali subsonici.

2.2. LUNGHEZZA DELLA PISTA.

Le Norme I.C.A.O. (International Civil Aviation Organization) classificano gli aeroporti in funzione della lunghezza base della

Tutte le altre caratteristiche geometriche della pista variano per ogni classe anche se la singola classe è individuata dal solo valore della lunghezza base, alla quale convenzionalmente fanno riferimento le case costruttrici quando presentano i nuovi modelli di aeromobili.

Le dimensioni qui indicate non sono in alcun modo destinate a limitare la lunghezza reale delle piste. La lunghezza base è quella che viene scelta per impostare il progetto della pista, ed è determinata dalle caratteristiche delle operazioni che l'aeromobile tipo deve compiere; intendendo per

(3) Pista: Area rettangolare delimitata, su un aerodromo terrestre ,scelta o preparata per servire al decollo e all'atterraggio di aeromobili, nel senso della sua lunghezza.

pista (3) in otto classi, contrasse- aeromobile tipo quello per cui si desidera progettare l'aeroporto.

Lunghezza base è in sé quella che competerebbe alla pista di un aeroporto se esso si trovasse sistemato su di un piano orizzontale al livello del mare in condizioni atmosferiche tipo e con aria calma, intendendo per condizioni atmosferiche tipo quelle in cui:

- a) l'aria è un gas perfetto, secco;
- b) la temperatura al livello del mare è di 15°C:
- c) la pressione al livello del mare è di 760 mm di Hg;
- d) il gradiente della temperatura dal livello del mare fino all'altezza in cui la temperatura scende a -56,5° C è di 0,0065° C per metro e si considera nullo da detta altezza in poi.

Nelle tabelle 3/1 e 3/2 sono riportati i valori della lunghezza base della pista per alcuni aerei con motori rispettivamente a pistone e a reazione.

2.3. DETERMINAZIONE DELLA LUN-GHEZZA BASE DELLA PISTA.

Per definire la lunghezza base di una pista la regolamentazione che riguarda gli aeromobili a pistone, considera le condizioni più gravose che si verificano per i due seguenti casi:

- a) Decollo con un guasto improvviso ad un motore;
 - b) atterraggio normale.

Per gli aeromobili a turbina oltre questi due fondamentali viene considerato anche un terzo caso:

c) decollo a tutto gas.

2.3.1. Caso a).

Riferendosi all'illustrazione schematica di fig. 4 si possono considerare le successive fasi relative al decollo:

1) l'aeromobile è fermo all'e-

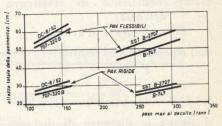


Fig. 3 - Spessore della pavimentazione in fun-zione del peso massimo al decollo (Correnti).

stremo di entrata « A » della pista e il pilota dà gas;

2) l'aeromobile accelera e raggiunge la velocità critica V_1 nel punto « C ».

Se in tale istante si produce un guasto improvviso e completo ad un motore il comportamento del pilota potrà essere uno dei due seguenti:

- frenare fino a quando l'aeromobile si ferma completamente nel punto« X »;
- continuare ad accelerare fino a quando si raggiunge la velocità di decollo senza pericolo « V_2 » nel punto « Y» e decollare in quel punto.

Dall'esame del procedimento di decollo risultano definite tre diverse distanze:

- il tratto A-X è definito distanza di accelerazione-arresto;
- A-Y distanza di distacco;
- A-B distanza di decollo.

La velocità critica V_1 è la velocità alla quale si suppone avvenga una perdita improvvisa e completa di potenza del gruppo motore più critico dal punto di vista del rendimento nel caso considerato

La velocità di distacco senza pericolo V_2 è la velocità minima alla quale si permette al pilota di ascendere dopo il decollo con un motore inattivo.

I valori V_1 e V_2 sono forniti dai costruttori di aeromobili come caratteristiche operative dei medesimi.

Per la determinazione di A-Y (distanza di distacco) essendo:

T = sforzo propulsore;

P = peso totale;

S = superficie alare;

g = accelerazione di gravità;

o = densità dell'aria;

C'_p = coefficiente di portanza nella fase di contatto col terreno;

 $C'_r = \text{coefficiente di resistenza}$ dell'aria;

f = coefficiente d'attrito;

dall'equazione del moto:

$$rac{P}{g}rac{dv}{dt}=T-\ -f(P-C_{p}^{\prime}\,arrho\,S\,V^{2})-C_{r}^{\prime}\,arrho\,SV^{2}$$

si ricava la distanza di distacco in diversa maniera. Per es. il Foà,

TABELLA 3/1.

		De	ecollo	Atter	raggio
Costruttore	Tipo	Peso	Lunghezza di base	Peso	Lunghezza di base
		(t)	(m)	(t)	(m)
1	2	3	4	. 5	6
Convair	CV. 240	18,9	1330	18,0	1275
Convair	CV. 340	23.3	1370	20.4	1296
Convair	CV. 440	22.2	1525	21.5 -	1220
Douglas	DC - 3	33.1	1500	28.8	1410
Douglas	DC - 4	33.1	1500	28.8	1410
Douglas	DC - 6	42.3	1646	34.1	1368
Douglas	DC - 6B	48.5	1930	40.0	1570
Douglas	DC - 7	55.4	1845	43.9	1780
Douglas	DC - 7B	57.0	1860	46.2	1780
Douglas	DC - 7C	63.5	2118	48.5	1646
Douglas	DC - 8 - 12	130.5	2900	86.5	2150
Sud-Est	SE 161 Languedoc	23.3	1400	20.0	1600
Sud-Est	SE 2010 Armagnac	76.0	1860	65.0	1700
Sud-Est	SE 30P Bretagne	18.5	1600	18.5	1700
Airspeed	Ambassador	24.9	1845	23.5	1330
Lockheed	S. Constellation L-1649	71.0	2000	55.8	1830
Lockheed	S. Constellation L-1049A	54.4	1870	44.6	1690
Lockheed	S. Constellation L-1049C	60.3	1765	49.8	1720
Lockheed	S. Constellation L-1049E	60.3	2180	49.8	1725
Lockheed	S. Constellation L-1049G	62.5	2100	51.3	1800

TABELLA 3/2.

Classe	Тіро	L. Decollo (m)	L. Atterraggie (m)
Supersonici	Boeing 733	2285	1770
o apoisonio.	Concorde	-	2300
Lungo raggio	DC 8	2940	2073
Medio raggio	Caravelle		1965
c	DC 9 C	1935	1645
Corto raggio	BAC I-II		1580
Decollo verticale	Fiat G 222	X - X - X - X	<u> </u>

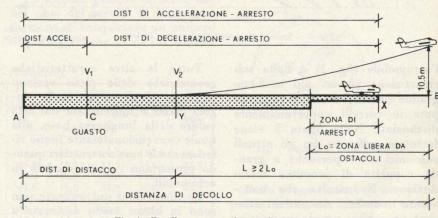


Fig. 4 - Decollo con guasto improvviso a un motore.

supponendo che lo sforzo propulsore vari linearmente con la velocità, ottiene:

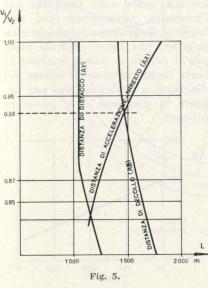
$$AY = \frac{P V_2^2}{2 g \left(1,05 \eta \frac{N75}{V_2} - f P\right)}$$

Nelle piste ordinarie o convenzionali la velocità critica V_1 si sceglie in modo tale che la di-

stanza di accelerazione-arresto (A-X) e la distanza di decollo A-B coincidano.

In pratica manca la zona di arresto (4).

(4) Zona di arresto: Area rettangolare delimitata all'estremità di una pista, nel senso del decollo, scelta o preparata come zona adatta all'arresto di un aeromobile dopo un decollo interrotto. Poiché tutte le distanze variano con la velocità critica scelta, se questa si riduce, risulta conseguentemente ridotta la distanza A-C e la distanza di accelerazione-arresto, mentre i percorsi A-Y e C-Y (quando il pilota abbia deciso di decollare) crescono tanto più quanto minore è A-C. Dalla fig. 5 è possibile notare per un determinato aeromobile la variazione delle distanze anzidette in funzione del rapporto V_1 : V_2 .



2.3.2. Caso b).

Nell'atterraggio (fig. 6) di un aeromobile in fase di arrotondamento (5) bisogna distinguere due distanze:

- 1) distanza di atterraggio utilizzata;
- distanza di atterraggio disponibile.

La distanza di atterraggio utilizzata « B-P », o distanza necessaria perchè l'aeromobile si fermi dopo aver raggiunto la quota di 15 metri all'entrata della pista, deve essere pari al 60% della distanza disponibile per l'atterraggio.

- (5) Il primo tempo della manovra dell'atterraggio (discesa libera) ha lo scopo di ridurre la quota di volo col minor consumo e col minimo disturbo per i passeggeri. Il secondo tempo (discesa di avvicinamento allo scalo) si effettua in tre foci.
- rallentamento: riduzione del 30% della potenza di propulsione e inizio manovra degli ipersostentatori;
- rullaggio: potenza di propulsione al minimo, manovra ipersostentatori al massimo;
- arrotondamento: con avvicinamento al suolo ($i=2\div 2,5\%$ rispettivamente per volo strumentale o a vista). [Tesoriere].

La lunghezza della pista per l'atterraggio è assunta pari almeno alla distanza di atterraggio disponibile.

Il calcolo della corsa di rullaggio C-P dopo l'impatto a terra di un aeromobile in arrivo si determina supponendo (DE GREGORIO) che:

- sia nullo lo sforzo propulsore;
- la velocità di atterraggio (V_a) sia quella minima di sostentazione (V_{\min}) ;
- non vari la posizione degli ipersostentatori;
- sia costante la resistenza al rotolamento (r).

L'equazione del moto diventa:

$$rac{P}{g} rac{dv}{dt} = - \ - \left[r \, P + \left(C'_r - r \, C'_p
ight) \varrho \, S \, v^2
ight].$$

Essendo, nel caso di piena sostentazione aerodinamica:

$$P = C_p \, \varrho \, S \, V_{ ext{min}}^2$$
 e ponendo $V_a = V_{ ext{min}} \, ; \, \, C_p' = C_p \, ;$ con $m = rac{C_p'}{C_p'}$ risulta:

da cui la nota espressione di Glauert:

$$CP = -\frac{1}{g} \int_{v=0}^{v=V_a} \frac{v \, dv}{r + (m-r) \cdot \frac{V^2}{V_a^2}} = \frac{lg \, \frac{m}{m}}{r}$$

e il tempo di rullaggio

$$t = rac{1}{g}\int\limits_{v=0}^{v=V_a}rac{dv}{r+(m-r)rac{V^2}{V_a{}^2}} = \ = rac{1}{g\sqrt[]{rrac{m-r}{V_a{}^2}}}rctg\left(\sqrt[]{rac{m-r}{r\,V_a{}^2}}\cdot V_a
ight)$$

Esempio.

$$V_a = 4 \, m/s; \ C'_p = 1,00; \ C'_r = 0,13; \ m = 0,13; \ r = 0,02$$
 $CP = \frac{1600}{19,62} \, \frac{lg \, 6,50}{0,11} = 1190 \, \text{ m}$
 $t = 87 \, \operatorname{arctg} \, 2,34 = 101 \, \operatorname{sec}$.

Tali valori risultano però corretti:

- dall'azione ritardatrice dei freni che si fa corrispondere ad una resistenza frenante suppletiva (r_f) agente su una aliquota (a) del peso totale gravante sulle ruote frenanti:
- dalla resistenza dovuta alla pendenza α;

cosicchè occorre sostituire a «r» il valore:

$$r + a r_f + tg \alpha$$
.

In pratica esiste ancora l'azione ritardatrice dovuta all'inversione del passo delle eliche che però non può essere considerata per il calcolo della lunghezza della pista di atterraggio in quanto i motori potrebbero essere arrestati. Sarebbe per contro interessante tenere conto della variabilità nel tempo delle diverse azioni.

2.3.3. Caso c).

Il terzo caso (fig. 7) è quello relativo alla partenza a tutto gas e viene considerato solamente per gli aeromobili a turbina.

Risultando definite le seguenti distanze:

- distanza di distacco (A-C):
 quella distanza necessaria per permettere il distacco da terra dell'aeromobile;
- 2) distanza necessaria per permettere all'aeromobile di sollevarsi di 10,5 metri al disopra della pista;
- 3) distanza disponibile per il decollo (pari al 115% della distanza precedente).

La pavimentazione per carichi più gravosi potrà non interessare



Fig. 6 - Atterraggio normale.

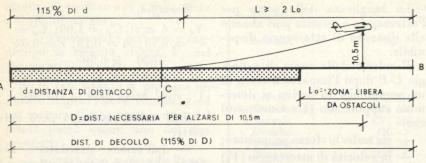


Fig. 7 - Decollo a tutto gas.

tutta la distanza disponibile per il non impedisca il decollo e l'atterdecollo.

Inoltre è contemplata la possibilità di avere una zona libera da ostacoli (minore di metà della distanza «L» segnata nella fig. 7).

- 3. Fattori di progettazione dipendenti dalle condizioni meteorologiche e orografiche.
- 3.1. Influenza della tempera-TURA E DELL'INTENSITÀ DEI VENTI SULLA PROGETTAZIONE DI UN AEROPORTO.

Nel parlare delle condizioni meteorologiche che influenzano l'ampiezza di un aeroporto si fa riferimento soprattutto al vento e alla temperatura.

3.1.1.

La temperatura della località ha influenza sulla lunghezza della pista; infatti le alte temperature richiedono piste più lunghe in quanto per esempio la spinta netta dei motori a turbina si riduce sensibilmente con l'aumentare della temperatura (fig. 8).

Ne consegue che la riduzione della spinta si trasforma in aumento della lunghezza di pista necessaria per il decollo (fig. 9).

3.1.2.

L'intensità e la direzione del vento influiscono non solo sulla lunghezza, ma anche sul numero di piste necessarie e sulla loro ubicazione. Infatti il numero delle piste di un aeroporto e la loro orientazione devono essere determinate in modo che ci sia una pista avente coefficiente di utilizzazione (o portata del vento) almeno pari a 0,95%, e cioè che

raggio degli aeromobili.

È evidente che le manovre per il decollo e l'atterraggio vanno fatte contro vento per ridurre la velocità minima assoluta di sostentamento e mai con forte vento trasversale.

Secondo le norme si conviene che, in circostanze normali, una componente trasversale del vento con velocità superiore a 32 km/h (20 nodi) non consenta l'atterraggio o il decollo di aeromobili che necessitino di una lunghezza base della pista pari o maggiore di 1500 m. (5000 piedi) mentre bastano 24 km/h (13 nodi) per aerei che richiedano una lunghezza base inferiore di 1500 m., ma superiore di 900 m. (3000 piedi).

In fig. 10 è riportato un diagramma anemometrico diviso in 16 settori.

Per definirlo è necessario riferirsi all'analisi dei venti relativi alla zona interessata riportando nei quadranti i valori normali dell'intensità del vento definiti come media dei valori reali registrati per un periodo non inferiore a 5 anni con osservazioni fatte almeno 8 volte al giorno.

Per esempio nella rosa di fig. 10 il valore 0,3 (percentuale di frequenza) relativo al settore N e alle circonferenze di raggi rispettivamente 24 km/ora e 32 km/ora indica che i venti da Nord aventi velocità compresa fra 24 e 32 km/h hanno una percentuale di frequenza pari a 0,003 e cioè interessano soltanto lo 0,3% del tempo totale.

3.2. DETERMINAZIONE DELL'ORIEN-TAZIONE DELLA PISTA.

Per determinare la migliore orienalmeno durante il 95% del tempo tazione della pista (che in linea ci sia una pista per la quale la teorica dovrà trovarsi in posizione componente del vento lungo la tale da permettere l'atterraggio e direzione normale al suo asse, il decollo almeno per un tempo

pari al 95% del totale) volendo utilizzare il diagramma anemometrico di fig. 10 risulta necessario definire la posizione per la quale due rette parallele e distanti da un asse centrale (asse della pista) di 24 km/ora, racchiudono settori o porzioni di settori per cui la somma delle percentuali di frequenza sia massima.

In pratica si può procedere tracciando su un foglio di carta lucida le due rette parallele distanti 24 km/ora, nella scala prescelta per l'intensità, sovrapporre poi tale foglio al diagramma anemometrico in modo che l'asse centrale passi per il centro e quindi ruotare la carta lucida attorno al centro del diagramma anemometrico per definire la posizione o le posizioni ottimali.

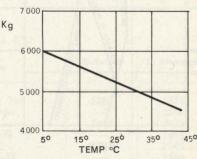
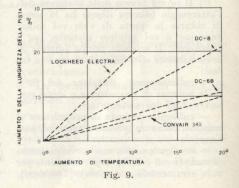


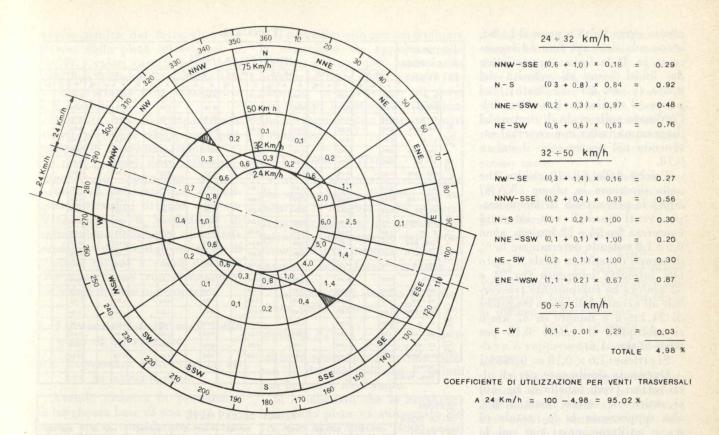
Fig. 8 - Spinta statica di un aeromobile a tur-bina in funzione della temperatura ambiente.

Quando un settore non è tutto compreso fra le rette parallele considerate occorre valutare con buona approssimazione la parte esterna (tratteggiata in figura) in maniera da non computarla nella definizione della somma delle % di frequenza.

Tale metodo di analizzare i dati del vento risulta comodo quando ci si trova in una località (6) dove

(6) A Torino il vento regnante soffia nella direzione Nord-Sud ma il vento dominante e pertanto più intenso soffia nella direzione della Valle di Susa.





esiste un vento regnante (corri- voglia per esempio determinare la spondente alla direzione preferenziale) ed un vento dominante (corrispondente alla maggiore intensità).

DIAGRAMMA ANEMOMETRICO

VENTI DA 24 ÷ 32 ; 32 ÷ 50 ; 50 ÷ 75 km/h

In questi casi ruotando la carta lucida sulla rosa dei venti si trova facilmente la direzione che consente una maggiore utilizzazione della pista.

Quando invece ciò non avviene e inoltre la natura del terreno può non permettere di dislocare la pista in una direzione qualsiasi in quanto non sarebbero soddisfatte le condizioni imposte dalle superfici limiti, è bene riferirsi ai diagrammi d'influenza del vento (vedi punto 3.3.) che permette invece la determinazione diretta e immediata del coefficiente di utilizzazione della pista per tutte le sue possibili orientazioni.

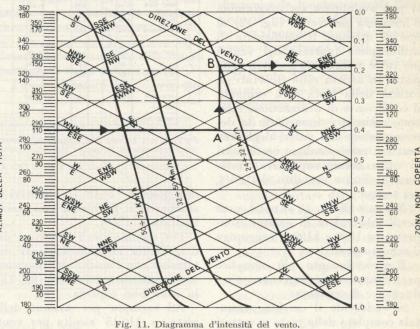
In tal caso si fa uso dei diagrammi d'intensità del vento cosicché non risulta necessaria la preparazione del diagramma anemometrico.

Se si sta indagando (fig. 11) sulla possibilità di avere una pista con azimut di 288°, quando si

portata del settore NNW/SSE per venti con velocità compresa fra 24 e 32 km/h si procede nel modo

Si fissa sul diagramma dell'intensità del vento di fig. 11 l'or-

dinata pari all'azimut della pista (288°), si prosegue orizzontalmente fino ad incontrare la linea diagonale che rappresenta la direzione del vento che si sta analizzando (NNW/SSE); dal punto di intersezione A si prosegue vertical-



mente verso l'alto o verso il basso, a seconda dei casi, fino ad incontrare in B la linea caratteristica dei limiti fissati di velocità del vento (p. es. 24:32 km/h); del punto B si ricava il valore dell'ordinata sulla scala di destra del diagramma (zona non coperta) ottenendo nel nostro caso il valore

Poichè dalla fig. 10 risulta che nella direzione in esame (NNW) SSE) le percentuali di frequenza, per venti normali con intensità compresa fra 24 e 32 km/ora, sono 0,6 e 1,0 volendo determinare la % di tempo durante la quale il vento con intensità compresa fra 24 e 32 km/ora ha componente trasversale all'azimut della pista maggiore di 24 km/h e minore di 32 km/h si moltiplica il valore 0,18 per 0.6 + 1.0 = 1.6.

Si ottiene: $1.6 \times 0.18 = 0.288\%$ Operando similmente per gli altri settori (vedi tabella di fig. 10) si ottiene il valore finale 4,98% che rappresenta la % totale di « non utilizzazione »; per cui la differenza 100% - 4,98% rappresenta il fattore di utilizzazione cioè la percentuale totale di tempo durante la quale tutte le componenti del vento in direzione trasversale all'azimut della pista non superano i 24 km/ora.

3.3. DIAGRAMMI D'INFLUENZA DEL VENTO.

Seguendo un procedimento simile a quello descritto in precedenza, si può sviluppare un diagramma d'influenza del vento (fig. 12) al fine di ottenere il coefficiente di utilizzazione (portata del vento) per tutte le direzioni possibili della pista. In ascissa sono riportati gli azimut della pista e in ordinata il coefficiente di utilizzazione relativo, cosicchè è immediata la determinazione dei valori degli azimut cui corrispondono coefficienti di utilizzazione superiori o inferiori al limite stabilito del 95% del tempo.

Nel caso di fig. 12 si nota come per il solo valore di azimut compreso fra 100° e 110° si raggiunga il minimo prescritto.

Il procedimento più semplice per sviluppare un diagramma d'influenza è il seguente:

Si suddivide il cerchio azimu-

TABELLA 4.

	LA ROSA	0	0-0	0'	2	20-3	0'	4	52-0	00'	67	0-3	0'	90	0-0	o'	112	0-3	0'	135	50-0	Ю,	157	70-3	0'
DEL	VENTI	P	A		P	A	%	P	A	%	P	A	%	P	A	%	P	A	%	P	A	%	P	A	%
5	W-3	0.00			0.00			0.08		15	0.75	T		0.98		1	0.75			80.0			0.00	1	
	NNE-SSW	0.00			0.00			0.00		100	0.08	1		0.75		1	0.98		- 4	0.75			0.08		1
	NE-SW	0.08			0.00			0.00	15		0.00		-	0.08		51	0.75		1	0.98		100	0.78		
X	ENE-WSW	0.75		1	0.08			0.00		10	0.00			0.00			0.08			0.75			0.98		
32	E-W	0.93			0.75			0.08			0.00			0.00			0.00			0.08			0.75		
1.	ESE - WHW	0.75			0.98			0.75	2017		0.08		H	0.00			0.00			0.00	90		0.08		
4	SE - NW	0.08		1	0.75			0.98			0.75			80.0			00.0			0.00			0.00		
2	SSE - NNW	0.00		1	0.08		13	0.75	11	180	0.98			0.75			0.08	lin.		0.00			0.00		
	N-8	0.00			0.05			0.84			1.00			1.00			1.00			0.84			0.05		
	NNE - SSW	0.05		-	0.00	1	1	0.05			0.84			1.00	7		1.00	-		1.00	1	3	0.84		
	NE - SW	0.84			0.05		1	0.00			0.05			0.84			1.00			1.00			1.00		
X	ENE - WSW	1.00		10	0.84			0.05		-	0.00		-	0.05			0.84			1.00	1		1.00		
0	E-W	1.00			1.00			0.84		-	0.05	13	11	000			0.05			0.84		100	1.00		
. 5	ESE - WHW	1.00			1.00	9		1.00			0.84	The last	11	0.05			0.00			0.05		1	0.84		
N	SE-NW	0.84	47	1000	1.00	-		1.00			1.00		15	0.84			0.05			0.00			0.05		
3	SSE-NN	0.05			0.84			1.00		108	1.00	1		1.00			0.84			0.05		1	0.00		
	N-S	0.00			0.49			1.00		T	1.00		T	1.00		T	1.00		T	1.00		T	0.49		T
	NNE-SSW	0.49	1		0.00			0.49			1.00			1.00			1.00			1.00			1.00		
	NE - SW	1.00			0.49			0.00			0.49	10		1.00	10		1.00	-		1.00		16	1.00		
X	ENE - WSW	1.00			1.00	1		0.49	1		0.00			0.49			1.00		17	1.00	100		1.00		
75	E-W	1.00			1.00			1.00			0.49	1		0.00	1		0.49			1.00	1		1.00		
1	ESE-WNW	1.00			1.00			1.00			1.00			0.49			0.00	1		0.49			1.00		
0	SE-NW	1.00			1.00			1.00			1.00			1.00			0.49			000	13		0.49		
5	SSE-NNW	0.49			1.00			1.00			1.00			1.00		1	1.00			0.49			0.00		
1161	TOTALE			1		-					1			1	1				1						
	100%-TOTAL	4							1																

	LA ROSA	119	-1	5'	33	0-4	5'	56	0-1	5'	78	0-4	5'	10	10-15	5'	12	30-4	5'	141	6ª I	5'	168	0-4	5'
DEI	VENTI	P	A	%	P	A	%	P	A	%	P	A	%	P	A	%	2	A	%	P	A	%	P	A	%
	N-S	0.00			0.00			0.39			0.93			0.93	-		0.39			0.00			0.00		
Km/h	ME-SSW	0.00			0.00			0.00			0.39	7.5		0.93		-	0.93			0.39			0.00		
Ê	ME-SW	0.00			0.00	1		0.00			0.00			0.39			0.93			0.93	15-11		0.39		
	ENE-WSW	0.39	14		0.00			0.00			0.00			0.00			0.39			0.93			0.93		
32	E-W	0.93	1		0.59			0.00		10	0.00			0.00			0.00			0.39			0.93		
1.	ESE-WWW	0.93			0.93			0.39	26		0.00	P	13	0.00			0.00			0.00		Me.	0.39		
4	SE-NW	0.39			0.93			0.93			0.39	BI.		0.00	150	10	0.00			0.00	0		0.00	100	19
N	SSE - NNW	0.00			0.39			0.93			0.93			0.39			0.00			0.00			0.00		1
74	N-3	000			0.40			0.99			1.00		1	1.00		1	0.99			0.40			0.00		
4	NNE-SSW	0.00		9	0.00	10	53	040	The	14	0.99		10	1.00			1.00		1	0.99			0.40	AL	
m/h	NE - SW	0.40			0.00			0.00			0.40			0.99			1.00	1		1.00			0.99		
X	ENE - WSW	0.99		16	0.40		1	0.00			0.00			0.40	No.		0.99	1		1.00		3	1.00		
50	E-M	1.00			0.99	of K		0.40			0.00			0.00			0.40	18		0.99			001		
1	ESE - WWW	1.00	0	11	1.00			0.99	IK	16	0.40	10	10	0.00		198	0.00	69		0.40	N.	1 6	0.99	1	1
N	BE - NW	0.99			1.00			1.00			0.99		1	040		8	0.00	>		0.00		9	0.40		1
3	SSE-NNW	0.40			0.99			1.00		-	1.00	10		0.99			0.40			0.00	9.		0.00	14	
Ч	N-S	0.05			0.94			1.00	100		1.00		T	1.00			1.00			0.94			0.05		T
1	NNE-SSW	0.05			0.05	AV.	1	0.94	4		LOO			1.00			1.00			1.00	J. E.		0.94	1	
X B	NE-SW	0.94			0.05	-		0.05			1.94			1.00	1	1	1.00		1	1.00	100		1.00		
	ENE-WSW	1.00			0.94			0.05			0.05		11	0.94		1	1.00			1.00			1.00		
75	E-W	1.00	1		1.00			0.94			0.05	4		0.08	1	1	0.94		10	1.00			1.00		1
1.	ESE - WNW	1.00			1.00			1.00		1	0.94			0 05	13		0.05	1		0.94			1.00		
20	SE-NW	1.00	1		1.00			1.00			1.00			0.94			0.05			0.05			0.94	1-	
п	SSE - MWW	0.94	-		1.00	7		1.00	1		1.00		111	1.00			0.94			0.05	9		0.05	1	
	TOTALS													-		1		6			160			11	1

P=Zona non coperta (dal diagramma d'intensità)

A=Percentuale di frequenza dei settori combinati della rosa dei venti (dal diagramma anemo-

metrico).
%=Percentuale di tempo non coperto (P×A).

di ampiezza 11º 15' (per motivi di simmetria il problema può essere limitato a 1800).

Per ognuno degli 8 settori del diagramma anemometrico si determina con l'ausilio del diagramma di intensità del vento (fig. 11), la zona non coperta.

Ad esempio per azimut della tale completo della pista in settori pista = 11º 15' risulta per venti

tra 24 e 32 km/ora una zona non coperta nulla (0.00) relativamente ai venti di direzione N.S.

E ancora per lo stesso azimut di 11º 15' risulta una zona non coperta del 39% in direzione SE-NW per venti tra 24 e 32 km/h.

Tutti questi valori sono riportati in tabella 4 alla colonna P. Il particolare semplicismo delle

azimut della pista intervallati di 22º 30' i valori caratteristici della zona non coperta si ripetono con la sola variante dello sfasamento di un valore. Pertanto dopo aver riportato le

tabelle risulta dal fatto che, per

colonne di valori relative alle percentuali di frequenza (colonna A) per tutti i settori, deducibili direttamente dal diagramma anemometrico, il prodotto per i corrispondenti valori di zona non coperta fornisce il coefficiente di utilizzazione della pista col grande vantaggio del limitato numero di prodotti diversi a causa della citata ripartizione (con sfasamento) dei valori di zone non coperte.

4. Le caratteristiche reali della pista di atterraggio.

4.1. LUNGHEZZA REALE DELLE PI-STE DI ATTERRAGGIO.

Avendo definito in precedenza la lunghezza base di una pista passiamo ora a considerare i fattori locali che la influenzano e che fanno pervenire a determinare la lunghezza reale della pista. La lunghezza reale è pari alla lunghezza base opportunamente corretta per tenere conto dei diversi fattori locali che possono influire sul rendimento operativo degli aeromobili.

I fattori di correzione sono: a) altitudine (7) dell'aeroporto

sul livello del mare;

b) temperatura;

c) umidità;

d) venti;

e) pendenza della pista.

Il procedimento per determinare la correzione da apportare alla lunghezza base per ottenere la lunghezza reale della pista è diverso se ci si riferisce ad aerei con motori a pistone o a turbina. Qui di seguito sono illustrati tutti la stessa T_1 e la temperatura (T_2) i due casi.

4.1.1. Motori a pistone.

a) Le alte quote sul livello del mare hanno l'effetto di aumentare la lunghezza del percorso di atterraggio e di decollo, in quanto la diminuzione della pressione dell'aria provoca un abbassamento della forza verticale di portanza.

La velocità di decollo V_d è funzione della densità dell'aria se-

tanto lo spazio per il decollo varia con le densità dell'aria e quindi con la quota del campo.

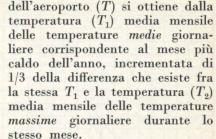
Si è calcolato che la lunghezza base della pista va aumentata del 7% per ogni 300 m. (1000 piedi) di elevazione sopra il livello del

b) La correzione dovuta alla temperatura è pari all'1% per ogni °C di eccedenza della temperatura di riferimento dell'aeroporto rispetto alla temperatura dell'atmosfera tipo (Tr) corrispondente alla quota dell'aeroporto.

Tale correzione è fatta sulla lunghezza già corretta per l'altitudine (punto a).

Nel caso in cui la correzione totale per altitudine e temperatura risultasse superiore al 35% le correzioni da apportarsi sono determinate attraverso uno studio particolare della situazione.

La temperatura di riferimento



Per mese più caldo dell'anno si intende quello avente il massimo valore della temperatura media

In definitiva risulta:

$$T = T_1 + (T_2 - T_1)/3$$
.

Sia T_1 che T_2 debbono essere valori normali. La temperatura dell'atmosfera tipo, di un dato luogo si ottiene dalla relazione:

$$T_r = 15^{\circ} \,\mathrm{C} - 0.0065^{\circ} \cdot h$$

dove h rappresenta la quota della località.

c) Per quanto riguarda la correzione da apportare in funzione dell'umidità relativa, è risultato che conviene aumentare la lunghezza di base in quei casi in cui tanto la temperatura quanto l'umidità sono elevate.

Non è possibile precisare in teoria e in ogni caso l'entità dell'aumento anche perchè sperimentalmente si sono ottenuti valori così piccoli da consigliare di trascurare l'umidità relativa come fattore di correzione.

d) L'effetto della velocità del vento di prua nelle operazioni di decollo ed atterraggio è quello di diminuire la lunghezza reale della pista in quanto nel primo caso si ha un incremento della componente di portanza e nel secondo caso della componente frenante.

Pertanto tale correzione è trascurata e considerata come fattore di sicurezza.

- e) Per quanto riguarda la correzione dovuta alla pendenza si adottano i seguenti criteri nel caso di piste convenzionali:
- 1) Metodo francese. La lunghezza supplementare della pista è calcolata in ragione del 3,5% della lunghezza non corretta se la pendenza media «p» della pista raggiunge l'1%. Se la pendenza media « p » supera l'1%, la lunghezza addizionale viene data, in percentuale, dalla seguente formula:

5p - 1.5.

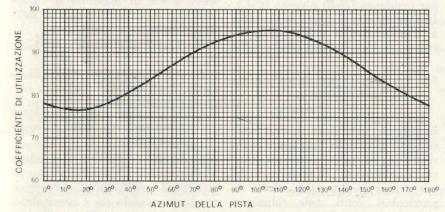


Fig. 12 - Diagramma d'influenza del vento.

⁽⁷⁾ Altitudine di un aerodromo. Altitudine del punto più alto dell'area di atter-

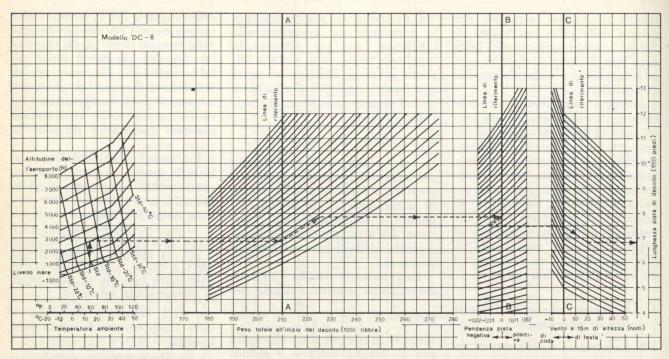


Fig. 13.

- 2) Metodo inglese. Per aeromobili di peso medio, in condizioni medie operative la lunghezza di pista richiesta è aumentata dal 4 al 5% per ogni 0,5% di aumento di pendenza.
- 3) Metodo statunitense. La lunghezza della pista viene aumentata per correggere la pendenza della medesima, in ragione del 20% della lunghezza corretta in dipendenza della altitudine-densità per ogni 1% di pendenza effettiva della pista, pendenza che si determina dividendo la differenza massima di altitudine dell'asse della pista per la lunghezza totale di questa.

4.1.2. Motori a turbina.

Nel caso di motori a turbina, a cura dei costruttori degli aeromobili sono dati i diagrammi che, tenendo conto della quota della località, della temperatura tipo, del vento e della pendenza forniscono direttamente la lunghezza reale della pista per ogni tipo di aeromobile.

Il diagramma di fig. 13, caratteristico del Douglas DC 8, viene impiegato nel modo seguente:

Si desidera conoscere la lunghezza reale della pista dell'aeroporto «X» per il decollo di un aeromobile Douglas DC 8 (peso può giungere al 70%.

lordo di partenza di 225.000 libbre pari a 95.000 kg.).

La temperatura dell'atmosfera tipo nell'aeroporto « X » è di 15°C, la quota sul livello del mare è di 2000 piedi, la pendenza della pista è negativa e pari all'1%, il vento è di testa con velocità di 20 nodi.

Nel diagramma di fig. 13 si considera la verticale in corrispondenza della temperatura di 15º C (59° F) fino ad incontrare la linea caratteristica della quota dell'aeroporto (2000 piedi), si prosegue quindi orizzontalmente fino a incontrare la linea di riferimento A-A. Dal punto d'incontro con la linea di riferimento A-A si prosegue, parallelamente alla linea del fascio più prossima, sino alla verticale caratteristica del peso lordo (225.000 libbre). Parimenti si opera per pendenza (B-B) e vento $(\hat{C}-C)$. La lunghezza di pista necessaria al decollo risulta dall'ordinata estrema (nel nostro caso 6800 piedi).

4.2. LUNGHEZZA REALE DELLE PI-STE SECONDARIE.

La lunghezza reale delle piste sussidiarie non deve essere inferiore all'85% della lunghezza reale scelta per la pista principale, tuttavia nel caso di più piste previste per tenere conto degli effetti di particolari venti, tale riduzione

4.3. LARGHEZZA DELLE PISTE DI ATTERRAGGIO.

Stabilita la classe di appartenenza di un aeroporto le norme I.C.A.O. dànno le raccomandazioni che servono per fissare la larghezza trasversale della pista, la pendenza trasversale e longitudinale e le altre caratteristiche geometriche come ad esempio la distanza fra il bordo della pista e gli altri elementi costituenti l'aeroporto.

Nella tabella 5 sono riportate le dimensioni raccomandate dal-

4.4. PENDENZE DELLE PISTE.

4.4.1. Pendenze longitudinali.

La pendenza media intesa riferita alla retta congiungente i punti centrali delle estremità della pista deve avere al massimo il valore dell'1%. Localmente non si debbono superare i limiti del:

- 1,25% per le piste di classe

— 1,5 % per le piste di classe C, D, E, F, G, H.

4.4.2. Il cambiamento di pendenza longitudinale delle piste di atterraggio.

Cercando di ridurre al minimo indispensabile il cambiamento di pendenza longitudinale, occorre ricordare, quando ciò è inevitabile, che il passaggio dall'una all'altra

livelletta dovrà essere effettuato attraverso una superficie curva. con grado di variazione tale da non eccedere dello 0,3% per ogni 30 metri (1% per piste di rullaggio), quando la pista sia di classe A, B, C, D. Ciò equivale ad imporre un raggio verticale di curvatura minimo di 10.000 metri (3000 metri per piste di rullaggio).

La variazione di pendenza deve mantenersi poi in limiti tali da costituire una linea di visibilità ininterrotta da ogni punto situato a tre metri al di sopra della pista, a qualunque altro punto situato parimenti a tre metri al di sopra della pista, ad una distanza almeno uguale alla metà della lunghezza della pista stessa.

Con riferimento alla figura 14, quando si considerino i punti d'incontro (P.I.) delle tangenti a due successivi tronchi a raccordo circolare $(L_1 - L_2)$ bisogna far sì che la loro distanza in pianta non sia inferiore alla somma dei valori numerici assoluti dei corrispondenti cambi di pendenza moltiplicati per 30.000 metri, quando la pista sia di classe A,B,C,D.

4.4.3. Pendenze trasversali.

Le pendenza trasversale di una pista dovrebbe essere tale da evitare l'accumulazione dell'acqua ma non superare la pendenza dell'1.5%.

5. Il numero delle piste.

Il numero di piste necessarie per smaltire il traffico di un aeroporto dipende dal numero di movimenti orari richiesti nelle condizioni di punta max, tenendo presente che la capacità di una singola pista non supera normalmente i 40:50 movimenti all'ora. Tali valori inoltre sono limitati da condizioni metereologiche avverse o in condizioni di volo strumentale.

6. Piste di circolazione - Raccordi.

Il tracciamento e la disposizione dei raccordi e delle piste di circolazione (8) (o di rullaggio) e la definizione delle loro caratteristiche geometriche è fatto con l'obiettivo di ottenere il movimento ordinato del traffico e la massima

TABELLA 5.

100	PISTA	, interest	PISTA	DI CIRC	COLAZ.	DISTANZ	E MIN. DI	SEPARAZIO	ONE TRA:
Classe	Lunghezza di base minima riportata al livello marino	Largh.	Largh.	Pendenz. longitu- dinale (3)	Pendenz. trasver- sale	e qualsiasi punto del bordo di una	del bordo di una pista di circolaz. e un	Qualsiasi punto del bordo di una pista di circolaz. e il bordo di un'altra	Assi di piste parallele utilizzate simulta- neamente con volo
	(m)	(m)	(m)	max % < 3%	max %	pista di circolaz. (m)	ostacolo fisso (m)	pista di circolaz. (m)	a vista (m)
A	2550 e più	45	23	1,5	1,5	165 (¹) 90 (²)	39	70	210
В	$2150 \div 2550$	45	23	1,5	1,5	150 (¹) 75 (²)	39	67	210
C	$1800 \div 2150$	45	23	1,5	1,5	150 (1) 75 (2)	30	52	210
D	$1500 \div 1800$	45	18	3	1,5	150 (¹) 75 (²)	30	52	150
E	$1280 \div 1500$	45	15	3	1,5	150 (¹) 75 (²)	24	45	150
F	$1080 \div 1280$	30	12,5	3	1,5	145 (¹) 70 (²)	24	33	150
G	900 ÷ 1080	30	12,5		-	145 (¹) 70 (²)	18	26	150

(1) Piste strumentali (che sono quelle destinate al movimento di aeromobili che utilizzano aiuti non visuali) o per avvicinamento di precisione (servite da aiuti di avvicinamento ILS oppure GCA e destinate ad essere usate in condizioni di cattiva visibilità o con base di nubi basse).

2) Altre piste.

La variazione di pendenza dovrebbe essere realizzata mediante una superficie curva il cui raggio non superi l'1% per ogni 30 m. Ciò equivale a imporre un raggio di curvatura verticale minimo di 3000 metri.

velocità possibile degli aeromobili nelle operazioni a terra degli aeroa terra, ciò al fine di ottenere la massima utilizzazione e la massima

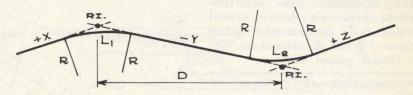
mobili.

Per soddisfare tali obiettivi si sicurezza, efficienza ed economia rende necessario curare il fattore

D = DISTANZA TRA I PUNTI IN CUI CAMBIA LA PENDENZA

D = 30.000 (|x-Y|+|Y-Z|) MIN. PER PISTE A.B.C.D. 15.000 (|x-Y|+|Y-Z|) MIN. PER PISTE E.F. 7.500(|x-Y|+|Y-Z|) MIN PER PISTE U.H

IX-YIE IY-ZI = VALORI ASSOLUTI DI X-Y E Y-Z



PROFILO LONGITUDINALE DELLA PISTA

R = 20.000 m . minimo in piste A.B.C.D R = 15.000m - minimo in piste E.F. R = 10.000m - minimo in piste a-H

ESEMP10 X = + 1.0% = + 0010

Y = -0.5% = -0.005 Z = +0.5% = +0.005

D = 30.000 (0.015+0.010) = 30.000 x 0.025 = 750 m

⁽⁸⁾ Pista di circolazione o di rullaggio. Percorso delimitato, in un aerodromo terrestre, scelto o preparato per la circolazione al suolo degli aeromobili.

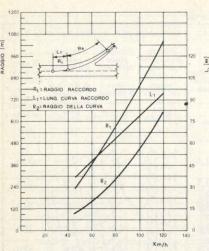


Fig. 15 - Raccordi delle piste di circolazione.

velocità in maniera che il tempo di occupazione della pista risulti il minore possibile. Ciò si ottiene facilitando l'abbandono della pista da parte degli aeromobili nel più breve tempo possibile per cui occorre prevedere con cura i punti in cui l'aeromobile dovrà virare per abbandonare la pista e dirigersi verso le piste di circolazione. Tali punti singolari vanno studiati considerando opportunamente:

- 1) La velocità a cui si presume che gli aeromobili effettuino la virata.
- 2) Le velocità di atterraggio e la possibilità di decelerazione degli aeromobili che utilizzano la pista.

Considerando che il punto di virata corrisponde a quello d'abbandono della pista di atterraggio si può avere una suddivisione degli aeromobili in 3 gruppi fondamentali, dipendenti dalle caratteristiche operative e relativi a diversi valori delle distanze che definiscono i punti di abbandono.

Questi gruppi sono:

Gruppo I	Gruppo II	Gruppo III
CV - 440	Eletra	Boering 707
CV - 340	Viscount 810	DC - 8
F - 27	Lockheed 1649	CV - 880
DC - 3	DC - 6	Caravelle
DC - 4	DC - 7	Comet 4

Esperienze fatte da organizzazioni internazionali (ICAO e FAA) hanno stabilito che le ubicazioni più convenienti per sistemare i raccordi per le virate verso le piste di rullaggio sono i 760 metri, i 1200 metri e i 1830 metri, contati a partire dalla zona di atterraggio della pista e riferiti a ciascuno dei gruppi prima menzionati.

Queste distanze corrispondono a lunghezze base e debbono essere corrette per ciò che riguarda la quota e la temperatura.

La Federal Aviation Agency ha elaborato una formula che permette di apportare le correzioni relative a quota e temperatura.

$$S_c = (S+M) \left(\frac{760}{P}\right) \left(\frac{273+t}{288}\right) - M$$

dove:

 $S_c = \text{distanza corretta per quota}$ e temperatura;

 $S={
m distanza}$ dalla soglia della pista fino al raccordo di uscita in condizioni nor-

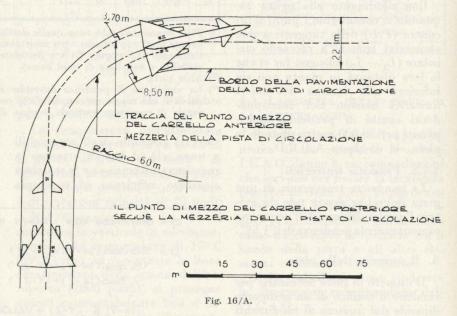
mali (non corretta per quota e temperatura);

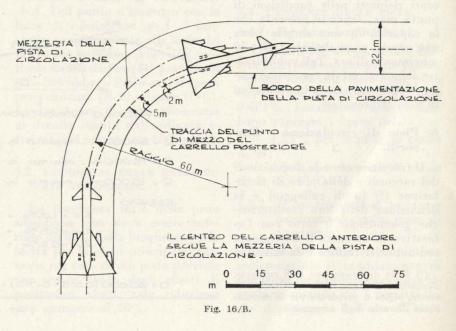
M=150 per aeromobili a turbina e 195 per altri aerei;

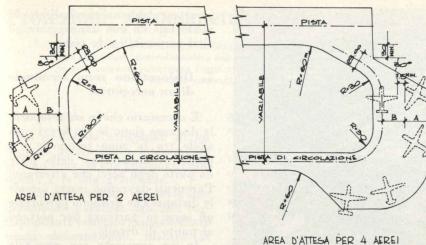
P = pressione normale nella località: per es. al livello del male 760 mm. di Hg, a 300 m. = 735 mm. Hg, a 600 m. = 705 mm. Hg, ecc.

t = temperatura media del mese più caldo (°C).

I raccordi che uniscono la pista di atterraggio con le piste di circolazione possono avere raggi di curvatura variabile in funzione delle caratteristiche operative degli aeromobili ma essenzialmente







and of our and all

LE DIMENSIONI A & B VARIANO SECONDO IL TIPO DI AFREOMOBILE

Fig. 17. Schemi di aree d'attesa.

in funzione della velocità con cui gli aerei dovranno effettuare la virata.

L'I.C.A.O. nell'annesso 14 fissa i seguenti raggi per le diverse velocità degli aeromobili.

Raggi di curvatura		Velocità max	
30	metri	26	km/h
45	»	32	»
105	»	48	»
105	»	48	»
195	»	64	>>
300	»	80	»

Mentre nel fissare tali valori l'I.C.A.O. non ha contempleto raccordi e curvatura variabili, più recentemente l'Aierways Modernisation Board ha compiuto esperienze servendosi di vari tipi di aerei civili e militari su piste asciutte e bagnate, giungendo alle seguenti conclusioni:

1º) Gli aerei militari e di trasporto possono agevolmente e confortevolmente abbordare curve a velocità dell'ordine di 60-65 miglia/h su piste asciutte e bagnate.

2º) Nel caso di aerei per passeggeri la maggior limitazione al raggio di curvatura è data dalla velocità e non dall'angolo del tratto in curva.

3º) Le forze centrifughe che durante gli esperimenti sono risultate applicate ai carrelli sono sostanzialmente inferiori alle massime forze per le quali i carrelli stessi sono stati calcolati.

4º) La larghezza delle piste in corrispondenza dell'imbocco del raccordo deve avere una larghezza superiore (30 m.) a quella della pista di circolazione (23 m.) con variazione uniforme fra i due valori.

 $5^{\rm o}$) La relazione fra il raggio R_2 di curvatura della pista di circolazione e la velocità dell'aeromo-

bile è espressa dalla formula:

$$R_2 = \frac{V^2}{gf},$$

$$= 0.13 \text{ e. } V = \text{m/sec.}$$

ove f = 0.13 e V = m/sec.

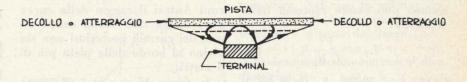
I valori dei raggi così ricavati risultano leggermente più piccoli di quelli proposti dall'I.C.A.O.

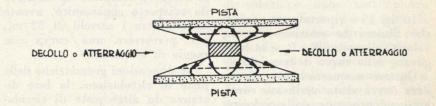
6º) Gli angoli di svolta più soddisfacenti sono risultati quelli compresi tra 30º e 45°.

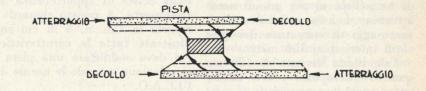
 $7^{\rm o}$) La curva di raggio R_2 deve essere preceduta da una curva di raggio maggiore R_1 per consentire velocità dell'ordine di 110 km/h e ciò perché sia ridotta l'usura delle gomme dei pneumatici dei grossi aerei a turbina.

I seguenti raggi dedotti sperimentalmente risultano soddisfacenti.

Raggi R_1 (m)	
520	
730	
940	







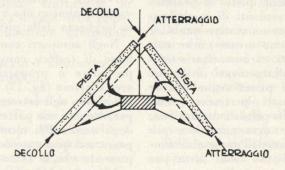


Fig. 18 - Schemi di configurazioni tipiche di aereoporti.



Fig. 19 - Aeroporto di Los Angeles.

sizione può essere espressa dalla relazione:

$$L_1 = rac{V^3}{C R_2}$$

dove V = m/sec e $R_2 = \text{m}$. il coeffic. d'urto C = 0.60 m/sec³.

In fig. 15 è riportato un grafico che illustra la relazione tra le velocità di uscita R₁, R₂ e la lunghezza della curva di transizione.

Occorre a questo punto ricordare che è stato verificato come indipendentemente dalla velocità nelle piste di circolazione nel caso di un aeroporto per grandi aerei a turbina, non è conveniente adottare raggi di curvatura dei raccordi inferiori ai 120 metri.

Tale limite diventa di 180 m. quando l'aeroporto serva anche grossi aerei supersonici.

Con valori inferiori a parità di larghezza delle piste si possono avere inconvenienti di ingombro.

Quando per un motivo qualsiasi non si possono creare curve con raggi adguati, sarà necessario operare degli allargamenti in curva: infatti se il pilota segue con le ruote anteriori la traccia della mezzeria della pista di circolazione, che è la manovra normale e più semplice, parte dell'aeromobile fuoriesce dal bordo della pista per cui sono necessari allargamenti in

La lunghezza della curva di tran- quanto secondo l'opinione di alcuni Autori il raggio della curva deve essere tale che il centro di uno dei carrelli posteriori non sia vicino al bordo della pista più di 6 metri.

> In figura 16 a) e b) è illustrata la manovra compiuta da un aereo da trasporto supersonico, avente distanze tra i carrelli di 32 m., per percorrere una curva con raggio di 60 metri.

> Le dimensioni geometriche delle piste di circolazione, la loro distanza da altre piste di circolazione e da piste di volo dipendono dalla classe di appartenenza dell'aeroporto. A questo riguardo si riporta la tab. n. 5 in cui sono illustrate tutte le caratteristiche cui deve soddisfare una pista di circolazione secondo le norme dell'I.C.A.O.

> Per quanto riguarda i raggi di curvatura si adottano in genere valori di almeno una volta e mezzo la larghezza della pista.

Negli aeroporti con grande volume di traffico conviene inoltre prevedere e proporzionare delle aree d'attesa (fig. 17) per aeromobili vicino agli estremi della pista per ottenere una partenza selettiva degli aeromobili oltre che il sorpasso, nel qual caso occorre tenere presente che il soffio delle eliche e dei motori a turbina degli aerei in attesa debbono essere diretti in modo tale da non danneggiare gli altri aeromobili e le piste.

7. Dislocazione zona terminale di un aeroporto.

È necessario che in un aeroporto le distanze siano le più brevi possibile tra la zona terminale e i punti di abbandono delle piste da parte degli aerei che atterrano. Parimenti dovranno essere piccole le distanze che debbono percorrere gli aerei in partenza per portarsi al punto di decollo.

In un aeroporto con una sola pista la migliore posizione della zona terminale sarà quella centrale (fig. 18 a).

Quando poi il volume di traffico dell'aeroporto giustifica la presenza di una seconda pista, una soluzione idonea è quella (fig. 18b), di affacciare la nuova pista alla precedente dalla parte opposta dell'area terminale.

Impiegando tale schema si ammette però che le condizioni del vento siano tali da permettere la partenza e l'arrivo degli aeromobili nelle due testate estreme della pista il che non è possibile nella maggior parte dei casi perché il vento soffia ora in una, ora nell'altra direzione definita dall'asse delle piste.

Risulta pertanto molto più conveniente disporre le due piste in modo tale che una sia adibita alla partenza e l'altra al decollo degli aeromobili (fig. 18 c e 19) e in tale modo si diminuiscono le distanze che gli aeromobili debbono percorrere fuori della pista.

Quando il traffico aeroportuale giustifica la presenza di più piste e se l'intensità e la direzione in cui soffiano i venti richiedono che esse siano orientate in più di una direzione, è conveniente sistemare la zona terminale in una posizione centrale rispetto alle piste (fig. 18d).

F. A. Santagata - C. De Palma

BIBLIOGRAFIA

- G. TESORIERE, Costruzioni di strade, ferrovie e aeroporti, Ed. Denaro, Palermo.
- C. DE GREGORIO, Meccanica della locomozione, Ed. Denaro, Palermo.

Horonjeff, The planning and design of airports, Ed. Mac Graw-Hill.

I.C.A.O., Annesso 14.

Proiezioni assonometriche ortogonali e relative norme UNI

S. MANZONI e G. RUSSO sviluppano in queste note la teoria generale delle proiezioni assonometriche di tipo ortogonale determinando i valori angolari e parametrici che servono a definirne i tipi e le caratteristiche. Successivamente esaminano i casi ammessi dalle norme UNI per il disegno tecnico e ne ricavano, in base alle formule generali, i valori angolari e parametrici riportati nelle tabelle.

GENERALITÀ.

Le proiezioni ortogonali di un oggetto determinano interamente la sua forma, la sua posizione nello spazio e la sua grandezza.

Esse sono comode perchè le due dimensioni parallele agli assi corrispondenti vengono rappresentate senza deformazione, mentre la terza dimensione, perpendicolare al piano di proiezione, è rappresentata da un punto.

Purtroppo, le proiezioni ortogonali dànno una insufficiente rappresentazione visiva dell'oggetto giacchè sono proiezioni separate, in base alle quali si è costretti a costruire mentalmente la forma spaziale dell'oggetto. Per questo motivo, unitamente alle proiezioni ortogonali, si fa ricorso alla proiezione assonometrica che ha il vantaggio di offrire una visione completa e spaziale dell'oggetto.

Data anche la semplicità delle scale di rappresentazione, le proiezioni assonometriche trovano impiego sempre più frequente nel disegno tecnico.

Per costruire le proiezioni assonometriche, si riferisce l'oggetto ad un sistema di assi coordinati ortogonali (terna trirettangola); quindi si proietta l'oggetto, unitamente a questi assi, sopra un piano scelto a piacere. La proiezione s'immagina eseguita da un punto posto all'infinito, perciò, i raggi proiettanti risultano tra loro paralleli.

Il piano sul quale si proietta dicesi piano delle proiezioni assonometriche o piano assonometrico o quadro, la proiezione ottenuta su questo piano, proiezione assonometrica od assonometria.

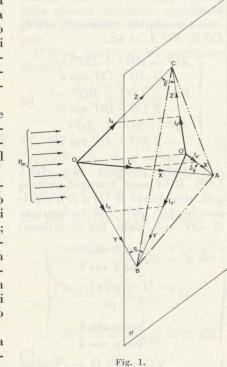
Le proiezioni degli assi coordinati sul piano assonometrico si denominano assi assonometrici o scale assonometriche.

Nella fig. 1 il piano assonometrico, o quadro, è il piano \u03c4 disposto in una direzione qualunque rispetto agli assi ortogonali coordinati OX, OY, OZ, che sono proiettati rispettivamente sul piano π negli assi, O'X', O'Y', O'Z', assi

zione P_{∞} .

La direzione dei raggi proiettanti può essere perpendicolare, o variamente inclinata rispetto al quadro; nel primo caso, le proiezioni assonometriche si dicono ortogonali, nel secondo oblique.

Le proiezioni assonometriche si distinguono, inoltre, in base ai rapporti o fattori di riduzione; dicesi rapporto o fattore di riduzione il rapporto fra la lunghezza della proiezione assonometrica di un segmento e la lunghezza del segmento stesso.



Nella presente trattazione, si esaminerà solo il caso delle proiezioni assonometriche ortogonali.

TIPI DI PROIEZIONI ASSONOMETRI-CHE ORTOGONALI.

Si supponga: che la direzione di proiezione P_{∞} sia perpendicolare al quadro π (fig. 1); che il punto O' sia la proiezione ortogonale del centro O degli assi coordinati OX, OY, OZ; che O'X',

assonometrici, secondo la dire- 0'Y', 0'Z', siano le proiezioni ortogonali degli assi stessi.

I segmenti $l_{x'}$, $l_{y'}$, $l_{z'}$, aventi origine comune in O', sono le proiezioni assonometriche ortogonali rispettivamente dei segmenti l_x , l_y , l_z , aventi origine comune

I rapporti:

$$\frac{l_{x'}}{l_x} = p \quad \frac{l_{y'}}{l_y} = q \quad \frac{l_{z'}}{l_z} = r$$

sono i rapporti o fattori di riduzione e determinano l'entità della variazione di lunghezza nella direzione di ciascun asse.

Nel caso in cui i fattori di riduzione p, q, r, siano tutti e tre diversi tra loro $(p \neq q \neq r)$, la proiezione assonometrica si dice trimetrica. Nel caso in cui due dei rapporti di riduzione siano uguali tra loro e diversi dal terzo (p = $=q\neq r;\; p\neq q=r;\; p=r\neq q),$ la proiezione assonometrica si dice dimetrica.

Nel caso, infine che i rapporti, di riduzione siano tutti e tre uguali tra loro (p = q = r) la proiezione assonometrica si dice isometrica. La direzione di proiezione è molto importante per la costruzione delle assonometrie, e deve essere tale, che una sola proiezione assonometrica sia sufficiente per rappresentare completamente la forma dell'oggetto. Questa direzione non deve essere perpendicolare ad alcuno dei piani coordinati, altrimenti uno degli assi si proietterà sul quadro in un punto e la proiezione assonometrica risulterà una proiezione ortogonale usuale, perdendo la sua caratteristica di rappresentazione

Di conseguenza, anche la posizione del piano assonometrico rispetto agli assi coordinati OX, OY, OZ dovrà essere scelta in modo da intersecare tutti e tre gli assi, allo scopo di evitare che, risultando parallelo ad uno di essi, si ricada nel caso predetto.

Nelle proiezioni assonometriche ortogonali, nota la posizione del piano assonometrico rispetto agli

assi coordinati OX, OY, OZ (noti, del segmento O'O, si ha ovvia- vengono considerati numeri interi cioè, i rapporti di riduzione p, q, rrisultano determinati gli angoli α' , β' , γ' compresi tra gli assi assonometrici; viceversa, noti α' , β' , y', risultano determinati i rapporti

La proiezione assonometrica ortogonale di un punto qualsiasi P (x, y, z) si ottiene nel punto P' (x', y', z'), portando successivamente — a partire da 0' — il segmento x' lungo l'asse O'X', quindi parallelamente all'asse O'Y il segmento y' ed infine, parallelamente a O'Z', il segmento z'.

Se p, q, r sono i fattori di riduzione indicati, significa che:

$$x' = px$$
; $y' = qy$; $z' = rz$

Per proiettare un segmento, basta proiettarne gli estremi nel modo sopra indicato; per proiettare una figura comunque complessa, si procede nello stesso modo con operazioni successive.

DETERMINAZIONE DEGLI ANGOLI COMPRESI TRA GLI ASSI ASSO-NOMETRICI.

Siano A, B, C (fig. 1) le intersezioni col piano assonometrico π rispettivamente degli assi coordinati OX, OY, OZ e δ , η , θ rispettivamente gli angoli che questi assi formano con i corrispondenti assi assonometrici O'X', O'Y', O'Z'.

Poichè O' è la proiezione ortogonale di O, OO' risulta perpendicolare al piano π ed i segmenti O'A, O'B, O'C sono cateti dei triangoli rettangoli 00'A, 00'B, 00'C.

Di conseguenza:

$$O'A/OA = \cos \delta;$$

 $O'B/OB = \cos \eta;$ (1)
 $O'C/OC = \cos \theta$

ma si ha anche:

$$0'A/0A = l_{x'}/l_x = p;$$

 $0'B/0B = l_{y'}/l_y = q;$ (2)
 $0'C/0C = l_{z'}/l_z = r$

pertanto risulta:

$$p = \cos \delta;$$

 $q = \cos \eta;$ (3)
 $r = \cos \theta$

Se x_0 , y_0 , z_0 sono le coordinate, rispetto agli assi OX, OY, OZ, del

$$x_0^2+y_0^2+z_0^2=h^2$$
ma
 $\begin{cases} x_0=h\cos{(\pi/2-\delta)}=h\sin{\delta} \ y_0=h\cos{(\pi/2-\eta)}=h\sin{\eta} \ z_0=h\cos{(\pi/2-\theta)}=h\sin{\theta} \end{cases}$

Sostituendo e semplificando, si ot-

$$sen^2 \delta + sen^2 \eta + sen^2 \theta = 1$$
 (4)

od anche:

$$\cos^2\delta + \cos^2\eta + \cos^2\theta = 2$$
 (5) $kr = r_0 = 1$; cioè $k = 1/r$

duzione p, q, r, si vogliano ricavare i valori degli angoli α' , β' , γ compresi tra gli assi assonometrici $p_0 = p/r$; $q_0 = q/r$; $r_0 = 1$; (9) O'X', O'Y', O'Z', (fig. 2); angoli che servono per tracciare, sul piano del disegno, i tre assi assonometrici.

Si considerino i triangoli AO'C, CO'B, BO'A; si ha:

$$AC^{2} = AO'^{2} + CO'^{2} - 2 AO' \cdot CO' \cos \alpha'$$

$$BC^{2} = CO'^{2} + BO'^{2} - 2 CO' \cdot BO' \cos \beta'$$

$$AB^{2} = BO'^{2} + AO'^{2} - 2 BO' \cdot AO' \cos \gamma'$$
(6)

Tenendo presente che AOC, COB, BOA sono triangoli rettangoli, ricordando le (1) e (3), esprimendo AO', BO', CO' in funzione di 00' = h, dalle (6) si ottiene:

$$\cos \alpha' = -\frac{\sin \delta \sin \theta}{\cos \delta \cos \theta} = -\frac{\sqrt{(1 - p^2)(1 - r^2)}}{pr}$$

$$\cos \beta' = -\frac{\sin \eta \sin \theta}{\cos \eta \cos \theta} = -\frac{\sqrt{(1 - q^2)(1 - r^2)}}{qr}$$

$$\cos \gamma' = -\frac{\sin \theta \sin \delta}{\cos \theta \cos \delta} = -\frac{\sqrt{(1 - p^2)(1 - q^2)}}{pq}$$

Le (7) forniscono i valori cer-(3) cati; il segno negativo sta ad indicare che gli angoli α' , β' , γ' sono ottusi.

I rapporti di riduzione p, q, r sono sempre positivi e < 1. Norpunto O' e se h è la lunghezza malmente, invece dei fattori p, q, r

ad essi proporzionali, che si possono indicare con p_0 , q_0 , r_0 in modo da avere:

$$p_0 = kp;$$

$$q_0 = kq;$$

$$r_0 = kr$$

$$(8)$$

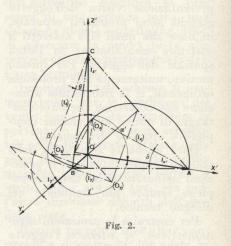
oppure, più semplicemente, si sceglie il fattore k in modo da rendere uno di detti rapporti, solitàmente quello relativo all'asse Z', uguale 1.

Ciò equivale a porre:

$$kr = r_0 = 1$$
; cioè $k = 1/r$

Supposti dati i rapporti di ri- per cui i tre numeri proporzionali suddetti diventano:

$$p_0 = p/r; \quad q_0 = q/r; \quad r_0 = 1; \quad (9)$$



Volendo esprimere α' , β' , γ' in funzione dei nuovi parametri p_0 , q_0, r_0 , proporzionali secondo le (8) ai fattori di riduzione p, q, r, basta sostituire nelle (7) i valori ottenuti dalle (8), tenendo presente che, in base alle (3) e alle (5), risulta:

$$k^2 = \frac{p_0^2 + q_0^2 + r_0^2}{2} \quad (10)$$

Si ha:

$$\coslpha' = - \ rac{\sqrt{({q_0}^2 + {r_0}^2 - {p_0}^2)\;({p_0}^2 + {q_0}^2 - {r_0}^2)}}{2\;{p_0}{r_0}} \ \coseta' = -$$

$$-rac{\sqrt{({p_0}^2+{q_0}^2-{r_0}^2)\;({p_0}^2-{q_0}^2+{r_0}^2)}}{2\;{q_0}{r_0}}$$

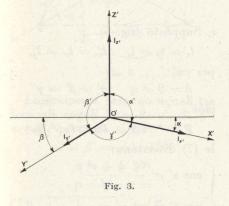
$$rac{\cos \gamma' = -}{\sqrt{({q_0}^2 + {r_0}^2 - {p_0}^2) \; ({p_0}^2 - {q_0}^2 + {r_0}^2)}}}{2\; {p_0} {q_0}}$$

In modo analogo gli angoli δ, η, θ si ricavano, sostituendo nelle (3) i valori delle (8), ricordando la (10).

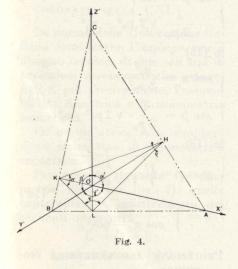
Si ottiene:

$$\cos \delta = p_0 \sqrt{rac{2}{{p_0}^2 + {q_0}^2 + {r_0}^2}} \ \cos \eta = q_0 \sqrt{rac{2}{{p_0}^2 + {q_0}^2 + {r_0}^2}} \ \cos \theta = r_0 \sqrt{rac{2}{{p_0}^2 + {q_0}^2 + {r_0}^2}} \$$

Se $r_0 = 1$, come risulta dalle (9), le (11) e le (12) si semplificano ulteriormente.



Si tenga presente che, generalmente, in tutte le proiezioni assonometriche si assume verticale la direzione dell'asse Z' cui si riferiscono le altezze. In tal modo, per la costruzione della terna degli



assi assonometrici O'X', O'Y', O'Z', risulta più comoda la conoscenza degli angoli α e β (fig. 3), che gli assi O'X' ed O'Y' formano rispettivamente con l'orizzontale per O'.

Il valore degli angoli α e β in funzione dei parametri p_0 , q_0 , r_0 si ricava immediatamente dalle (11):

Da considerazioni di carattere che gli assi O'X', O'Y', O'Z' sono perpendicolari (fig. 4) rispettivamente ai lati BC, AC, AB del triangolo ABC, intersezione della terna OX, OY, OZ col piano π , e che di conseguenza i segmenti AK, BH, CL sono le altezze del triangolo stesso, di cui O' è l'ortocentro.

Risulta altresì che queste altezze - e quindi gli assi O'X', O'Y', O'Z' - sono le bisettrici degli angoli ϱ , σ , τ del triangolo HKL, ottenuto unendo i piedi delle altezze suddette; quindi O' risulta l'incentro di questo triangolo.

D'altra parte si ha evidente-

$$lpha' = \pi/2 + \varrho/2$$
 $eta' = \pi/2 + \sigma/2$
 $\gamma' = \pi/2 + \tau/2$

$$\begin{cases} \operatorname{sen} \varrho/2 = -\cos \alpha' = \operatorname{sen} \alpha \\ \operatorname{sen} \sigma/2 = -\cos \beta' = \operatorname{sen} \beta \end{cases}$$
(14)
$$\operatorname{sen} \tau/2 = -\cos \gamma'$$

che per le (11) e (13) dànno:

geometrico appare inoltre evidente e poichè nei riguardi del triangolo HKL si può scrivere:

$$KL : LH : HK =$$

= sen ϱ : sen σ : sen τ ;

si ha pure per le (16), semplificando:

$$LH: KL: HK = \frac{1}{q_0^2 r_0^2} : \frac{1}{p_0^2 r_0^2} : \frac{1}{p_0^2 q_0^2}$$

Ne deriva immediatamente che:

$$LH: KL: HK =$$
 (17)
= $p_0^2: q_0^2: r_0^2 = p^2: q^2: r^2$

La (17) rappresenta il teorema di Sölmisch, che si enuncia: le proiezioni O'X', O'Y', O'Z' della terna trirettangola OX, OY, OZ sono le bisettrici degli angoli del triangolo, avente i lati proporzionali ai quadrati dei rapporti di riduzione p, q, r.

Quanto sopra permette la costruzione degli assi assonometrici prescindendo dalla costruzione de-

$$\begin{cases} & ext{sen } arrho/2 = rac{1}{2 \, p_0 r_0} \, \sqrt{(-\,p_0^{\,2} + q_0^{\,2} + r_0^{\,2}) \, (p_0^{\,2} + q_0^{\,2} - r_0^{\,2})} \ & ext{sen } \sigma/2 = rac{1}{2 \, q_0 r_0} \, \sqrt{(p_0^{\,2} - q_0^{\,2} + r_0^{\,2}) \, (p_0^{\,2} + q_0^{\,2} - r_0^{\,2})} \ & ext{sen } au/2 = rac{1}{2 \, p_0 q_0} \, \sqrt{(-\,p_0^{\,2} + q_0^{\,2} + r_0^{\,2}) \, (p_0^{\,2} - q_0^{\,2} + r_0^{\,2})} \ & ext{a:} \end{cases}$$

ossia:

$$M = ({p_0}^2 + {q_0}^2 + {r_0}^2) \ (-{p_0}^2 + {q_0}^2 + {r_0}^2) \ ({p_0}^2 - {q_0}^2 + {r_0}^2) \ ({p_0}^2 + {q_0}^2 - {r_0}^2)$$

gli angoli α' , β' , γ' oppure α , β , γ quando siano noti i rapporti di riduzione p, q, r, od i parametri $p_0, q_0, r_0.$

DETERMINAZIONE DEI FATTORI DI RIDUZIONE, NOTI GLI ANGOLI TRA GLI ASSI COORDINATI.

Si possono ottenere i valori dei rapporti di riduzione p, q, r, ovvero dei parametri p_0 , q_0 , r_0 , in funzione dei valori noti di α' , β' , γ' oppure di α , β , ricavandoli direttamente dalle (7), (11) e (13).

Si ottiene:

$$p = \sqrt{\frac{\cos \beta'}{\cos \beta' - \cos \alpha' \cos \gamma'}}$$

$$q = \sqrt{\frac{\cos \alpha'}{\cos \alpha' - \cos \beta' \cos \gamma'}}$$

$$r = \sqrt{\frac{\cos \gamma'}{\cos \gamma' - \cos \alpha' \cos \beta'}}$$

$$p_0 = kp =$$

$$= k \sqrt{\frac{\cos \beta'}{\cos \beta' - \cos \alpha' \cos \gamma'}}$$

$$q_0 = kq =$$

$$= k \sqrt{\frac{\cos \alpha'}{\cos \alpha' - \cos \beta' \cos \gamma'}}$$

$$r_0 = kr =$$

$$= k \sqrt{\frac{\cos \gamma'}{\cos \gamma' - \cos \alpha' \cos \beta'}}$$

$$p_0 = kp =$$

$$= k \sqrt{\frac{\cos \gamma'}{\cos \gamma' - \cos \alpha' \cos \beta'}}$$

$$p_0 = kp =$$

$$= k \sqrt{\frac{\sin \beta}{\sin \beta + \sin \alpha \sin \gamma}}$$

$$q_0 = kq =$$

$$= k \sqrt{\frac{\sin \alpha}{\sin \alpha + \sin \beta \sin \gamma}}$$

$$r_0 = kr =$$

$$= k \sqrt{\frac{\sin \gamma}{\sin \gamma + \sin \alpha \sin \beta}}$$

$$dove \qquad \gamma = \gamma' - \pi/2.$$
(18)

Logicamente i parametri p_0 , q_0 , r₀ risultano determinati a meno del fattore k che, potendo essere scelto a caso, offre infinite soluzioni del sistema.

Si può osservare in base alla (17) che i tre numeri p, q, r, oppure p_0, q_0, r_0 per fornire una soluzione reale e distinta, escludendo i valori zero ed infinito che non interessano sotto l'aspetto grafico del disegno assonometrico, devono soddisfare alcune condizioni.

Infatti si è visto che il triangolo HKL (fig. 4) ha i lati proporzionali rispettivamente ai quadrati di questi rapporti di riduzione e viceversa, i quadrati di questi rapporti devono stare tra loro come i lati di un triangolo, per cui:

$$p^2 < q^2 + r^2; \ q^2 < p^2 + r^2; \ r^2 < p^2 + q^2;$$
 e cioè

$$egin{aligned} p &< \sqrt{q^2 + r^2}; \ q &< \sqrt{p^2 + r^2}; \ r &< \sqrt{p^2 + q^2}. \end{aligned}$$

Queste relazioni valgono anche per i parametri p_0 , q_0 , r_0 .

Ciò significa che sia p, q, r, sia p_0 , q_0 , r_0 si possono considerare come lati di un triangolo necessariamente acutangolo.

Ciò limita evidentemente l'arbitrarietà dei rapporti di riduzione p, q, r e dei parametri $p_0, q_0, r_0,$ qualunque siano i valori degli angoli α' , β' , γ' .

PROIEZIONE ASSONOMETRICA TRI-METRICA.

In questo tipo di assonometria, come già detto, i tre rapporti di riduzione p, q, r ed analogamente i tre parametri p_0 , q_0 , r_0 , sono tutti diversi tra loro. Ciò significa che la stessa unità di misura, presa sugli assi coordinati OX, OY, OZ, $l_x = l_y = l_z$, viene proiettata sul quadro π (fig. 2) in tre segmenti diversi tra loro $l_{x'}$, $l_{y'}$, 1_{z'}, rispettivamente lungo gli assi assonometrici O'X', O'Y', O'Z'.

Gli angoli δ , η , θ come pure α' , β' , γ' sono diversi tra loro.

Valgono quindi, per il calcolo sia degli angoli sia dei rapporti di riduzione, le formule generali (7), (11), (18) e (19) con le limitazioni indicate precedentemente, per quanto concerne la scelta dei rapporti di riduzione.

PROIEZIONE ASSONOMETRICA DI-METRICA.

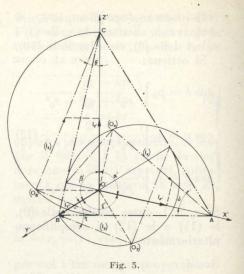
È caratterizzata dal fatto che due dei tre rapporti di riduzione p, q, r ovvero dei tre parametri p_0 , q_0 , r_0 , sono uguali tra loro e diversi dal terzo.

Ciò significa che la stessa unità di misura, l_x , l_y , l_z , presa sugli assi coordinati OX, OY, OZ, viene proiettata sul quadro π in tre segmenti $l_{x'}$, $l_{y'}$, $l_{z'}$ rispettivamente lungo gli assi assonometrici O'X', O'Y', O'Z', di cui due sono tra loro uguali ed il terzo è diverso.

Nella fig. 5 si è preso $l_{x'} = l_{z'} \neq l_{y'}$. Le stesse relazioni, che valgono anche per gli angoli δ , η , θ e α' , β' , γ' , comportano, sempre nella

$$\delta = \theta \neq \eta; \quad \alpha' \neq \gamma' = \beta'$$

Le formule generali valide per il calcolo degli angoli e dei rapporti di riduzione, si semplificano notevolmente.



Supposto (fig. 5).

$$l_x = l_y = l_z$$
 $l_{x\prime} = l_{z\prime}
eq l_{y\prime}$

$$\delta = heta
eq \eta \qquad lpha'
eq eta' = \gamma'$$

$$p=r
eq q$$
 $p_0=r_0
eq q_0$

le (7) diventano:

$$\begin{cases}
\cos \alpha' = -\frac{1 - r^2}{r^2} \\
\cos \beta' = \cos \gamma' = - \\
-\frac{\sqrt{(1 - q^2)(1 - r^2)}}{qr}
\end{cases}$$
(7')

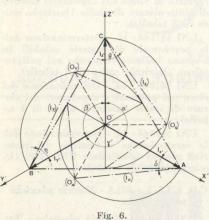
(11')

(18')

PROIEZIONE ASSONOMETRICA ISO-METRICA

È caratterizzata dal fatto che i rapporti di riduzione p, q, r oppure i parametri p_0 , q_0 , r_0 sono tutti e tre uguali tra loro. Ciò si-

gnifica che la stessa unità di mi- stanno tra loro nel rapporto sura, $l_x = l_y = l_z$, presa sugli assi coordinati OX, OY, OZ, viene proiettata sul quadro π rispettivamente lungo gli assi assonometrici O'X', O'Y', O'Z', in tre segmenti uguali tra loro, $l_{x'} = l_{y'} = l_{z'}$ (fig. 6).



Logicamente saranno uguali tra loro gli angoli δ , η , θ ; α' , β' , γ' ; α e β ; pertanto si ha:

$$\alpha' = \beta' = \gamma' = 120^{\circ}$$

$$\alpha = \beta = 30^{\circ}$$

$$p = q = r = 1$$

$$= \sqrt{\frac{1}{1 - \cos 120^{\circ}}} = \sqrt{\frac{2}{3}} = 0,816$$

$$e \text{ per } k = \frac{1}{r}$$
 (9)

si ha:

$$p_0 = q_0 = r_0 = 1.$$

PROIEZIONI ASSONOMETRICHE OR-TOGONALI NELLA UNI.

Le norme della Unificazione italiana considerano l'impiego, per il disegno tecnico, di due soli tipi di proiezioni assonometriche ortogonali e, più precisamente, l'assonometria dimetrica e l'assonometria isometrica.

Le norme stesse non comprendono alcun tipo di assonometria trimetrica.

Per quanto riguarda l'assonometria dimetrica (fig. 7), quella contemplata è caratterizzata dai seguenti elementi:

$$egin{aligned} l_x &= l_y = l_z \,; \ l_{x'} : l_{y'} : l_{z'} = 1 : 1/2 : 1 \end{aligned}$$

cioè uno stesso segmento preso sui tre assi coordinati OX, OY, OZ, viene proiettato, rispettivamente lungo gli assi assonometrici O'X'. O'Y', O'Z', in tre segmenti che

1:1/2:1.

Si ha perciò:

$$l_{x'}=l_{z'}=2\ l_{y'}$$

$$p = r = 2 q$$

e ricordando che (3), (5): $p^2 + q^2 + r^2 = 2$

si ricava:
$$p=r=2\,\,\sqrt{\frac{2}{3}}\cong 0{,}942$$

$$q=\sqrt{\frac{2}{3}}\cong 0{,}471$$
 Le $(7')$ e $(13')$ dànno:

$$\left\{egin{array}{l} \coslpha'=-\sqrt{rac{1}{8}}=-0.125 \ \coseta'\!=\!\cos\!\gamma'\!=\!-\sqrt{rac{7}{4}}\!\cong\!-0.661 \end{array}
ight.$$

 $\alpha' \simeq 97^{\circ} 10'$ $\beta' = \gamma' \simeq 131^{\circ} 25'$

$$\begin{cases} \operatorname{sen} \alpha \cong 0,125 \\ \operatorname{sen} \beta \cong 0,661 \end{cases}$$

da cui

$$\alpha = 7^{\circ} 10'$$

$$\beta = 41^{\circ} 25'$$

Nella tabella UNI 4819 i valori degli angoli α e β sono arrotondati:

$$\alpha = 7^{\circ}; \qquad \beta = 42^{\circ}$$

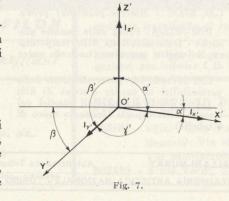
Inoltre, per comodità di rappresentazione, si assumono i para-

 $q_0 = p_0/2 = r_0/2$ con $r_0 = 1$

$$p_0 = r_0 = 1$$
 $q_0 = 1/2$

In tal modo lungo ogni asse assonometrico l'ingrandimento lineare è dato da:

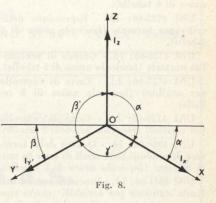
$$k = p_0/p = q_0/q = \ = r_0/r \cong rac{1}{0.942} \cong 1.06$$



e l'ingrandimento volumetrico dell'oggetto è:

$$I \simeq 1,06^3 \simeq 1,19$$

Per quanto riguarda l'assonometria isometrica (fig. 8) i fattori di riduzione p, q, r, i parametri p_0 , q_0 , r_0 , gli angoli α' , β' , γ' ed α, β, sono quelli già precedentemente calcolati, in quanto la soluzione è unica.



In tal modo, lungo ogni asse assonometrico l'ingrandimento lineare risulta dato da:

$$k = p_0/p = q_0/q = 1$$
 $= r_0/r \cong \frac{1}{0.816} \cong 1.22$

mentre l'ingrandimento volumetrico dell'oggetto è:

$$I \simeq 1,22^3 \simeq 1,83$$
.

S. Manzoni - G. Russo

BIBLIOGRAFIA

ROVERSI A., Disegno Edile, Milano, Hoepli

Maifreni E., Zamboni A., Il disegno Meccanico, Torino, Paravia, 1966.

GUIDA M., CONTI F., Disegno Tecnico, Torino, Gheroni, 1960.

Hobart D. E., Engineering Drawing, Boston D. C., Heath Comp, 1941.

FRENCH T. E., A manual of engineering drawing, New York, Mac Graw Hill.

Mondino F., Prospettiva e teoria delle ombre - Applicazioni della Geometria descrittiva, Torino, Giorgio, 1962.

Arnò V., Applicazioni della geometria descrittiva, Torino, Candeletti, 1887.

TORTORICI P., Applicazioni della geometria descrittiva, Parte 1a: Prospettiva lineare, Palermo, 1948-49.

Gorrieri D., Applicazioni di geometria descrittiva, Parte 1ª e 2ª, Bologna, Zanichelli, 1922.

PERUCCA E., Dizionario Tecnico, Torino, UTET, 1951-56.

Tabelle UNI, n. 4819.

REGOLAMENTAZIONE TECNICA

NUOVE PUBBLICAZIONI

C.D. 658.562.012.7 - Metodi statistici per il controllo della qualità.

UNI 4724-66: Metodi statistici per il controllo della qualità - Rappresentazione tabellare, numerica e grafica di dati aventi carattere di variabile - Calcolo della media e dello scarto tipo (fascicolo unico di 6 tabelle).

UNI 4725-66: Id. - Espressione della tolleranza naturale (fascicolo unico di 4 tabelle).

UNI 4726-66: Id. - Grafico di probabilità normale (fascicolo unico di 5 tabelle).

UNI 4727-66: Id. - Carte di controllo per attributi (fascicolo unico di 6 ta-

UNI 4728-66: Id. - Carte di controllo per variabili (fascicolo unico di 8 tabelle).

UNI 4840-66: Id. - Qualità delle forniture di prodotti industriali di serie in unità discrete (fascicolo unico di 2 tabelle).

UNI 4841-66: Id. - Procedimento di collaudo statistico per variabili (scarto tipo noto; protezione unilaterale) (fascicolo unico di 4 tabelle).

UNI 4842-66: Id. - Procedimento di collaudo statistico per attributi (mediante campionamento semplice e doppio) (fascicolo unico di 15 tabelle).

UNI 4843-66: Id. - Impiego dei numeri casualizzati (fascicolo unico di 6 tabelle).

UNI 5309-66: Id. - Presentazione di una media con il corrispondente intervallo di fiducia (fascicolo unico di 5 tabelle).

C.D. 666.171 - Bottiglie di vetro.

UNI 5876-66: Bottiglie di vetro per liquoristica - Bottiglia decimo.

UNI 5877-66: Id. - Bottiglia quarto.

UNI 5878-66: Id. - Bottiglia mezza.

UNI 5879-66: Id. - Bottiglia trequarti.

UNI 5880-66: Id. - Bottiglia litro (fascicolo unico di 2 tabelle).

UNI 5881-66: Id. - Bottiglia doppiolitro (fascicolo unico di 2 tabelle).

UNI 5882-66: Imboccature di bottiglie di vetro - Imboccatura a fascetta.

C.D. 666.76 - Materiali refrattari.

UNI 5868-66: Materiali refrattari - Classificazione tecnologica dei prodotti refrattari formati basici.

C.D. 666 - Industria del vetro e della ceramica.

UNI 5832-66: Vetro piano - Termini e definizioni (fascicolo unico di 4 ta-

C.D. 669.71 - Alluminio e sue leghe.

UNI 3567-66: Alluminio primario ALP 99.0 da lavorazione plastica (fascicolo unico di 3 tabelle).

UNI 3569-66: Lega alluminio-magnesio-silicio primaria da lavorazione plastica (Mg 0,7 % - Si 0,4 %) (fascicolo unico di 3 tabelle).

UNI 5807-66: Selezione leghe di alluminio per impiego nei motoveicoli (fascicolo unico di 3 tabelle).

UNI 4522-66: Rivestimenti per ossidazione anodica dell'alluminio e delle sue leghe - Classificazione, caratteristiche e collaudo (fascicolo unico di 5

C.D. 677: 620.1 - Materiali tessili: prove.

UNI 5119-66: Tessuti: Prove - Determinazione del contenuto di appretto nei tessuti di cotone, lino e canapa (fascicolo unico di 2 tabelle).

UNI 5801-66: Prove sui materiali tes sili - Determinazione del peso mercantile del cotone e dei filati di cotone (Sostituisce UNI 1327) (fascicolo unico di 5

UNI 5802-66: Id. - Campionamento delle fibre di cotone greggio (fascicolo unico di 2 tabelle).

UNI 5803-66: Tessili: Prove di solidità delle tinte - Solidità al vapore alla pressione atmosferica (fascicolo unico di 2 tabelle).

UNI 5804-66: Id. - Solidità allo sfregamento in presenza di solventi organici.

UNI 5805-66: Tessuti: Prove - Resistenza alla combustione con provetta orizzontale (fascicolo unico di 2 tabelle).

C.D. 677.05 - Macchine ed accessori per l'industria tessile.

UNI 5795-66: Macchine ed accessori per rocche incrociate con semiangolo di 5° 57'.

UNI 5796-66: Id. - Coni per rocche incrociate di tintura con semiangolo di 4º 20' e relativo calibro.

UNI 5797-66: Id. - Coni di legno per rocche incrociate con semiangolo di 4° 20'.

UNI 5798-66: Id. - Coni di legno per rocche incrociate con semiangolo di

UNI 5799-66: Id. - Altezze di lavoro delle macchine per filatura di cotone.

UNI 5800-66: Id. - Tubetti per banchi

C.D. 678.01 - Materie plastiche: prove.

UNI 5812-66: Prove sulle materie plastiche - Determinazione della temperatura di fragilità per urto (fascicolo unico di 3 tabelle).

UNI 5813-66: Id. - Determinazione della permeabilità al vapore d'acqua di film e foglie sottili di materiali plastici col metodo della capsula (fascicolo unico di 4 tabelle).

UNI 5814-66: Id. - Determinazione della temperatura massima e della velocità di incremento della temperatura durante l'indurimento delle resine poliestere non

UNI 5815-66: Id. - Determinazione delle ceneri nel policloruro di vinile (fascicolo unico di 2 tabelle).

UNI 5816-66: Id. - Determinazione dell'acetato di vinile nei capolimeri cloruro di vinile-acetato di vinile (fascicolo unico di 3 tabelle).

UNI 5817-66: Id. - Determinazione della percentuale di materie solubili in n-eptano bollente contenute nel polipropilene (fascicolo unico di 2 tabelle).

UNI 5818-66: Id. - Determinazione del cloro nei polimeri e copolimeri del cloruro di vinile (fascicolo unico di 4 ta-

UNI 5819-66: Id. - Determinazione delle caratteristiche a trazione dei materiali plastici (Sostituisce UNI 4280) (fascicolo unico di 6 tabelle).

C.D. 678.5/8: 001.4 - Materie plastiche terminologia.

UNI 5806-66: Materie plastiche - Termini equivalenti: italiano, francese, inglese e tedesco (fascicolo unico di 41 tabelle).

C.D. 691.4 : 666.76 - Prodotti refrattari.

UNI 4006-66: Mattoni refrattari - Formati per volte di forni elettrici siderurgici (fascicolo unico di 9 tabelle).

UNI 5808-66: Mattoni refrattari basici chimicamente legati, per usi generici -Formati parallelepipedi.

UNI 5809-66: Id. - Formati rastremati.

Foglio di aggiornamento.

UNI F.A. 39: Impermeabilizzazione delle coperture - Bitumi da spalmatura - Determinazione del punto di rammollimento dei bitumi con il metodo palla e anello (Modifiche alla UNI 4161).

Le norme qui sopra elencate si possono acquistare presso lo stesso Ente Nazionale Italiano di Unificazione - UNI Milano, Piazza A. Diaz, 2 al prezzo di L. 200 (sconto 50 % per i Soci), per tabella, più I.G.E.

Inoltre le unificazioni UNI si possono trovare a:

GENOVA: presso l'UNAV - Ente di Unificazione nel campo navale - Via Pammatone, 2 int. 26 - Tel. 581.912.

ROMA: presso l'UFFICIO PUBBLI-CAZIONI DEL CONSIGLIO NAZIONA-LE DELLE RICERCHE - Piazzale delle Scienze, 7 - Tel. 4993.

ERRATA CORRIGE

Sul fascicolo 12, mese di dicembre 1967, a pag. 398, la didascalia a destra della fig. 2, deve leggersi:

peso 1175 t asciutto

peso 1751 t asciutto

Direttore responsabile: AUGUSTO CAVALLARI-MURAT

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

STAMPERIA ARTISTICA NAZIONALE - TORINO



S. p. A. CAPITALE L. 1.350.000.000 INTERAMENTE VERSATO

SPEDIZIONI - TRASPORTI - TURISMO

SUCCURSALE DI TORINO - VIA BOGINO. 31 - TELEFONO 57.59 - TELEX. 21.007

Impresa per Costruzioni di Ingegneria Civile

MICCONE S.A.S.

10143 TORINO - Via Camandona 1 - Telefono 75.34.09

prodotti di amianto-cemento marchio depositato ondulate e piane per coperture, rivestimenti, soffittature, pannelli, isolamento elettrico e termoacustico, torri di refrigerazione, lastre applicazioni speciali, ecc. per condotte forzate, acquedotti, gasdotti. fognature, irrigazione, tubi ventilazione, scarichi, drenaggi, pluviali, ecc. canne per impianti di ventilazione. cappe, camini, canne fumarie prodotti diversi normali ed a tiraggio rinforzato, depuratori di fuliggine, pannelli, canali e tubi portacavi, recipienti, vasi per fiori, ecc. per ferrovie principali e secondarie, metropolitane, raccordi e parchi traverse ferroviarie ferroviari, binari industriali, binari speciali, ecc. prodotti di materia plastica lastre FILON ondulate translucide di resine rinforzate con fibre di vetro e nailon per liquidi e gas in pressione, scarichi, fognature, pluviali, irritubi Eternlast FILIALE PER IL PIEMONTE E VALLE D'AOSTA TORINO - uffici: C.so Matteotti, 28 - Telef. 51.08.81 - 52.09.61 depositi: Via Miglietti, 17 - Telef. 48.82.76 in Genova Via Monfalcone, 177 - Telef, 36.24.22

Capitale Sociale. L. 6.000,000,000 Int. versato

- Telef. 29.2.00

NOVARA - Viale Verdi, 28-30