

## ADUNANZA GENERALE DEI SOCI

Verbale dell'Adunanza tenuta  
l'11 marzo 1960 alle ore 21

Presidente: G. Dardanelli.

Segretario: G. Bonicelli.

### Ordine del giorno:

- 1) Verbale della precedente Adunanza;
- 2) Comunicazioni del Presidente sull'attività sociale;
- 3) Ammissione dei nuovi Soci;
- 4) Designazione di Soci Onorari a termini di Statuto;
- 5) Modifica del Regolamento per l'Amministrazione della Rivista;
- 6) Rapporti con l'A.N.I.A.I.;
- 7) Bilancio consuntivo per l'esercizio 1959;
- 8) Bilancio preventivo per l'esercizio 1960;
- 9) Elezione dei tre Revisori dei conti per l'anno 1960;
- 10) Varie.

Il Presidente invita il Segretario a dar lettura del verbale della precedente Adunanza. Nessuno solleva obiezioni ed il verbale risulta approvato.

Il Presidente rivolge un deferente e commosso pensiero ai Consoci defunti nel 1959 e passa poi a riferire sull'attività sociale negli ultimi mesi comprendente, oltre a conferenze e visite tecniche di notevole rilievo, anche l'escursione di quattro giorni alle Ville Venete ed il viaggio aereo in Israele. Espone progetti di manifestazioni per il 1960 fra cui conferenze di interesse professionale e generale, visite ai Cantieri dell'Autostrada del Sole ed alla Cimiteria di Arquata Scrivia, proiezioni di films.

Il Segretario dà lettura dell'elenco di Colleghi che hanno presentato domanda di ammissione alla Società dopo la precedente Adunanza Generale anche a seguito del favorevole esito della Campagna per acquisire nuovi Soci, e la cui iscrizione era stata accolta dal Comitato Dirigente con riserva

di ratifica da parte dell'Adunanza dei Soci. L'Adunanza approva all'unanimità.

Il Presidente ricorda come lo Statuto Sociale preveda la possibilità di eleggere Soci Onorari fra persone anche non ingegneri od architetti, che abbiano particolari benemeritenze in settori connessi con le nostre professioni. Egli riterrebbe opportuno approfittare di questa possibilità, che in passato è stata scarsamente utilizzata, anche per richiamare l'attenzione di Autorità e dell'opinione pubblica sulla Società. L'argomento è stato discusso ed approvato dal Comitato Dirigente, il quale, vagliate varie proposte, si sarebbe trovato d'accordo sui nomi del Prof. Vittorio Valletta, Cav. del Lav. Pinin Farina, Prof. Avv. Giuseppe Grosso e Dr. Marziano Bernardi. Il Presidente apre la discussione in argomento. Dopo ampio dibattito con intervento dei Consoci Morbiducci, Mortarino, Moretto, Renacco, Roggero, Dezzutti, l'Adunanza approva all'unanimità la designazione fatta dal Comitato Dirigente deliberando di conferire alle quattro Personalità in precedenza elencate la qualifica di Socio Onorario della Società.

Il Comitato Dirigente ha esaminato ed approvato alcune modifiche al Regolamento per l'Amministrazione della Rivista « Atti e Rassegna Tecnica » della Società. Le modifiche concernono essenzialmente l'aumento da sei a dieci del numero dei membri del Comitato di Amministrazione, l'inclusione nel Comitato stesso del Direttore della Rivista quale membro di diritto, la precisazione delle attribuzioni del Comitato di Amministrazione in rapporto a quelle del Comitato di Redazione. Il Presidente propone alla Adunanza l'approvazione del nuovo testo. L'Adunanza approva.

Il Presidente illustra la situazione che è venuta a crearsi nei con-

fronti dell'ANIAI. A tale Associazione la Società aderisce da molti anni. A più riprese, era stata esaminata, in passato, l'opportunità di continuare o meno nell'adesione, considerato anche il notevole gravame economico connesso. Nel 1954 la Società richiese all'ANIAI, che i contributi venissero dimezzati, tenuto conto che la Società è interessata solo all'attività culturale dell'ANIAI, e non a quella sindacale. Tuttavia, dopo qualche tempo, la Società cessò di versare detti contributi. L'ANIAI ha ora sollecitato la regolarizzazione della posizione della Società. Il problema è stato preso in esame dal Comitato Dirigente, il quale ha ritenuto opportuno mantenere i rapporti con l'ANIAI, anche perchè la Società è l'unico Organismo torinese che tiene il contatto con questa Associazione, la cui attività ha notevole rilievo in campo nazionale ed internazionale.

Dopo discussione con intervento dei Consoci Cenere, Moretto ed altri, l'Adunanza delibera di sanare la situazione debitoria verso l'ANIAI e continuare nell'adesione, limitatamente all'attività di carattere culturale. Poichè la ANIAI ha chiesto la designazione — per far parte del suo Consiglio Direttivo — di un rappresentante della Società, il Presidente, anche a nome del Comitato Dirigente, propone venga designato il Consocio Arch. Gualtiero Casalegno. L'Adunanza approva.

Il Presidente dà incarico al Tesoriere di riferire sul bilancio consuntivo dell'anno 1959 e su quello preventivo dell'anno 1960. Il Tesoriere illustra le varie poste di bilancio facendo presente che il consuntivo del 1959 presenta entrate per 2.058.299 lire e spese per 2.227.415, e quindi un disavanzo di 169.152 lire, mentre per il 1960 è prevista una diminuzione di tale disavanzo che verrebbe contenuto in lire 60.000. Viene poi data lettura della relazione dei Revisori dei Conti.

Dopo discussione durante la

quale vengono proposti e vagliati possibili provvedimenti per incrementare le entrate sociali senza correre alee di contrazione del numero dei Soci, l'Adunanza approva i bilanci consuntivo 1959 e preventivo 1960.

A termini di Statuto, i Revisori dei conti vengono eletti dall'Adunanza anno per anno. Per il 1959 erano in carica i Consoci P. Molli, C. Mortarino, D. Ruffinoni. Il Presidente fa presente che

per la carica di Revisore è ammessa la rieleggibilità. L'Adunanza, unanimemente, rielegge i Consoci suddetti quali Revisori dei conti per il 1960.

Chiudendosi l'Adunanza, il Consocio Dezzutti rivolge al Presidente ed ai suoi Collaboratori parole di elogio e di ringraziamento per l'attività svolta. L'Adunanza si associa.

Il Presidente dichiara chiusa la riunione.

## Attività Sociale

dal Gennaio al Settembre 1960

**Visita alla Carrozzeria « Pininfarina ».**

Nella mattinata del 22 gennaio un folto gruppo di Consoci ha compiuto una visita al nuovo Stabilimento della Carrozzeria Pininfarina.

I visitatori furono ricevuti e cortesemente accompagnati dal Cav. del Lavoro Pinin Farina, dagli Ingg. Sergio Farina e Renzo Carli, nonché dall'Ing. Cenere, progettista dello Stabilimento, i quali illustrarono agli intervenuti sia le caratteristiche costruttive dell'officina e degli impianti, sia i procedimenti di lavorazione che, con il notevolissimo aumento di produzione, hanno abbandonato il carattere artigianale per passare a quello di serie, conservando la tradizionale accuratezza.

**Conferenza Sen. Battista, Ingegnere Ferrari Toniolo ed Architetto Roggero.**

La sera del 5 febbraio si è svolta nella sede sociale una riunione con la presenza dell'Ing. Mario Pinchera, Presidente dell'Associazione Nazionale Ingegneri ed Architetti Italiani (ANIAD). Il Sen. Ing. Emilio Battista, Presidente della Commissione Affari Politici della CECA, il Prof. Ing. Andrea Ferrari Toniolo, Rappresentante Italiano nella Fédération Européenne d'Associations Nationales

d'Ingenieurs (FEANI), ed il Professor Arch. Mario Federico Roggero, Rappresentante Italiano nel Comité de Liaison des Architectes du Marché Commun, e Vice Presidente della nostra Società, parlano su « L'ordinamento dell'attività professionale dell'ingegnere e dell'architetto nell'ambito del Mercato Comune », sottolineando in particolare i lavori in corso, da parte delle apposite Commissioni internazionali, per giungere ad un coordinamento delle norme riguardanti dette professioni nei vari Paesi europei.

**Ciclo di conferenze sui combustibili liquidi.**

Nei mesi di febbraio, marzo ed aprile hanno avuto luogo, in collaborazione con l'Associazione Termotecnica Italiana, conferenze di tecnici di una grande Azienda petrolifera durante le quali sono stati illustrati vari aspetti di tale industria: in particolare i problemi relativi all'estrazione, al trasporto ed alla raffinazione del petrolio grezzo, le caratteristiche dei carburanti di avanguardia per motori a combustione interna, gli aspetti più interessanti dell'industria dei derivati chimici del petrolio, i problemi relativi alla lubrificazione dei vari tipi di motori a combustione interna. Le conferenze sono state illustrate da pro-

iezioni ed integrate con pellicole documentarie.

**Proiezione del film « La traversata dell'Antartide ».**

La sera del 17 febbraio, per cortese concessione di una grande Azienda petrolifera, è stato proiettato un film a passo ridotto, a colori, illustrante le varie fasi della traversata del Continente Antartico compiuta nel 1957 dagli esploratori britannici Fuchs e Hillary. La pellicola, di notevole interesse sia per il soggetto sia sotto l'aspetto cinematografico, ha fornito una documentazione di vivo interesse sull'eccezionale impresa e sulle regioni attraversate.

**Conferenza Prof. Perotto sui Calcolatori Elettronici.**

La sera del 26 febbraio il Prof. Ing. Piergiorgio Perotto ha tenuto una conferenza sul tema: « Analogie tra i moderni calcolatori elettronici e gli organismi viventi ». Egli ha illustrato alcuni aspetti caratteristici dei più moderni calcolatori elettronici con particolare riguardo al dispositivo di « memoria ». Tale dispositivo tende a realizzare una funzione tipica del cervello degli organismi viventi, il che ha consentito al Prof. Perotto di confrontare il meccanismo fisiologico della memoria umana con il meccanismo dei calcolatori elettronici. L'interessante conversazione è stata seguita da discussione cui hanno preso parte vari Consoci.

**Viaggio in Israele.**

Durante la settimana dal 28 febbraio al 6 marzo si è svolto il viaggio in Israele organizzato dalla Società. Il gruppo di Consoci che vi ha preso parte ha compiuto in aereo il percorso Torino-Roma-Tel Aviv, raggiungendo subito Gerusalemme di dove ha avuto inizio l'escursione attraverso i maggiori centri e le più interessanti regioni della giovane Nazione.

Sono stati visitati i grandi centri di Gerusalemme con la nuo-

va grandiosa Università, Haifa con il grande porto ed il nuovo Technion (Politecnico) sulle pendici del Monte Carmelo, Tel Aviv, la capitale sorta e sviluppata nell'ultimo mezzo secolo, nonché San Giovanni d'Acari, Nazareth ed i Luoghi Santi di Galilea, fra cui il Monte delle Beatitudini, Cana e Cafarnaon sulle rive del Lago di Galilea, l'Istituto Scientifico Weizman a Rehovot presso Tel Aviv, un kibbutz (azienda agricola collettiva) presso il Giordano, nuovi quartieri di abitazione, opere architettoniche ed industriali.

Oltre all'interesse turistico, storico e religioso delle località visitate, l'attenzione dei Consoci è stata attratta dalle opere di bella architettura recentemente compiute nei maggior centri, dall'impulso dato all'attività industriale ed agricola, dalle grandiose opere di irrigazione e di fertilizzazione con le quali, ad esempio, il deserto meridionale del Negev — in massima parte abitato solo da pochi beduini nomadi — viene gradualmente trasformato in fertile e popolato terreno agricolo. La gita attraverso il deserto ha fatto capo alle rive del Mar Morto, a circa 400 metri sotto il livello del mare, in un paesaggio di selvaggia desolazione.

L'Associazione Israeliana degli Ingegneri e degli Architetti, in particolare le Sezioni di Tel Aviv e di Gerusalemme, hanno accolto il gruppo con calorosa simpatia e si sono prodigate perchè potessero venire visitate le realizzazioni tecniche di maggior interesse e perchè i Consoci potessero meglio penetrare lo spirito e le abitudini del Paese. Ai Colleghi israeliani rinnoviamo i più vivi ringraziamenti.

**Proiezione del documentario « La gola di Kurobe ».**

La sera dell'11 marzo, a seguito dell'Adunanza Generale dei Soci, il cui verbale è pubblicato in questo numero della rivista, è stata proiettata la pellicola documentaria giapponese « La Gola di Kurobe », che illustra luoghi ed

opere relativi all'impianto idroelettrico di Kurobe, in costruzione in un'impervia vallata delle Alpi del Nord in Giappone. La costruzione dell'impianto avviene con notevole contributo della tecnica italiana, ed anche per questa ragione il film — che ha pregi artistici notevoli — ha destato vivo interesse fra i Consoci.

**Conferenza Prof. Dalziel su di un viaggio intorno al mondo.**

La sera del 14 marzo il Prof. C. F. Dalziel, Docente di Elettrotecnica nell'Università di California, ha tenuto una conferenza in inglese su « Impressioni di un ingegnere in viaggio intorno al mondo ». Il Professore, che già aveva soggiornato a Torino presso l'Istituto « Galileo Ferraris » nel 1952, stava compiendo un viaggio di studio in Europa. Nel corso della serata egli ha proiettato una serie di diapositive a colori da lui stesso riprese durante un periplo mondiale compiuto con particolare interesse per gli impianti di produzione e trasmissione dell'energia elettrica.

**Visita al nuovo impianto di depurazione dell'Azienda Acquedotto Municipale di Torino.**

La visita ha avuto luogo il 26 marzo con partecipazione di numerosi Consoci. Erano a riceverli l'Ing. Losana, Direttore dell'Azienda, con gli Ingegneri Pachner e Meucci i quali hanno illustrato l'impianto recentemente installato per il trattamento delle acque del Po al fine di integrare, particolarmente nei mesi estivi, le disponibilità idriche per l'approvvigionamento di Torino.

**Conferenza Arch. Reicheck su Architettura ed Urbanistica.**

Docente di Architettura ed Urbanistica nell'Università di California, il Prof. Reicheck ha intrattenuto i Consoci, la sera del 28 aprile, su « Problemi e concetti nell'Architettura e nell'Urbanistica », presentando interessanti

spunti di carattere estetico e sociale. Ha fatto seguito alla conferenza la proiezione di due documentari americani riguardanti la costruzione di nuovi quartieri residenziali.

**Conferenza Ing. Vanoni sull'Autostrada del Sole.**

Il Direttore dei Lavori dell'Autostrada Milano-Napoli, Ing. Diego Vanoni, ha illustrato nel corso di una conferenza tenutasi il 29 aprile le caratteristiche della grandiosa opera, soffermandosi in modo particolare sui più significativi esempi di opere d'arte: tra gli altri il Ponte sul Po presso Piacenza ed il Ponte sull'Aglio nell'Appennino.

**Proiezione di documentari sui Ponti del Po a Piacenza e dell'Aglio in Appennino dell'Autostrada del Sole.**

A seguito della Conferenza dell'Ing. Diego Vanoni, sono stati proiettati due interessanti documentari relativi a due opere particolarmente significative. Il primo illustra la costruzione del Ponte sul Po a Piacenza, costituito da una serie di travate precomprese semplicemente appoggiate, su cui ha riferito il progettista Ing. Silvano Zorzi, che ha cortesemente aderito all'invito della nostra Società di partecipare alla riunione. Tale opera era stata visitata nello scorso anno da un gruppo di Consoci durante la visita organizzata poche settimane prima dell'apertura al traffico del primo tratto di Autostrada.

Il secondo documentario illustra il grandioso ponte ad arco sul torrente Aglio, costruito in una zona particolarmente impervia dell'Appennino, nel tratto Bologna-Firenze: su di esso ha riferito il progettista Prof. Ing. Guido Oberti del Politecnico di Torino.

**Conferenze Arch. Sarger sulle strutture pretese.**

Nei giorni 2 e 3 maggio l'Arch. Sarger, Direttore di uno studio tecnico a Parigi, ha parlato ai

Consoci su « Le strutture pretese » e su « L'Architettura come arte delle strutture spaziali ».

Il Conferenziere, che ha fra l'altro progettato il Padiglione della Francia all'Esposizione di Bruxelles, ha in modo particolare illustrato le volte pretese a vela di cui egli ha effettuato numerose interessanti applicazioni in Francia ed all'estero.

#### Conferenza Prof. Viale su Defendente Ferrari.

Il Prof. Vittorio Viale, Direttore dei Musei Civici di Torino, ha tenuto la sera dell'11 maggio una conversazione sull'attività e le opere di Defendente Ferrari.

Profondo e valentissimo conoscitore dell'arte piemontese, ed in particolare delle opere di Ferrari, egli ha fornito all'attento uditorio un quadro sintetico, ma esauriente e vivace, della produzione di Defendente, corredando la sua esposizione con una serie di diapositive.

#### Conferenza Arch. Mosso sulla Finlandia.

L'Arch. Leonardo Mosso, che ha soggiornato a lungo in Finlandia collaborando con lo studio di Alvar Aalto, ha esposto, nel corso di una conversazione tenuta la sera del 24 maggio, le sue impressioni sul soggiorno finlandese.

Dopo un'introduzione destinata a porre in luce gli aspetti più significativi della vita, del paesaggio e dell'architettura finnici, l'Arch. Mosso ha commentato una interessantissima serie di diapositive scattate da Helsinki alla Lapponia, concludendo con alcune fotografie di opere di Alvar Aalto sia nel campo dell'architettura, sia nel campo degli studi di arredamento e di illuminazione.

#### Conferenza Prof. Wedepohl sull'Architettura tedesca.

La sera del 30 maggio il Prof. Arch. Edgar Wedepohl, Presidente dell'Accademia di Urbanistica di Berlino, Docente di Ar-

chitettura nella Scuola Superiore di Belle Arti di Berlino, ha tenuto una conferenza su « L'Architettura tedesca nel ventesimo secolo ». L'illustre Collega tedesco, che parlava in francese, ha fornito una lucida visione panoramica degli sviluppi dell'attuale situazione e delle tendenze dell'Architettura nel suo Paese, arricchendo la brillante esposizione con considerazioni ed idee personali.

#### Visita alla Galleria d'Arte Moderna.

Per cortese concessione del Direttore Prof. Viale, i Consoci hanno potuto visitare, nel pomeriggio del 31 maggio, la nuova Galleria d'Arte Moderna, da poco inaugurata, ed in particolare la mostra del pittore Nicholas de Staël, allestita nei locali del nuovo palazzo. I visitatori sono stati guidati, con profonda competenza, attraverso le varie sale del nuovo edificio che sostituisce alfine degnamente la vecchia Galleria distrutta durante la guerra.

#### Visita di Architetti Siriani.

Un gruppo di Colleghi dell'Ordine Architetti di Aleppo, guidati dal Presidente dell'Ordine Architetto Mohamed Wess, nel corso di un viaggio in Italia, ha visitato Torino il 30 ed il 31 agosto. La Società ha organizzato per tale gruppo visite al nuovo Politecnico, alla Fiat, ai Cantieri di « Italia '61 », oltrechè agli aspetti monumentali ed ai nuovi quartieri della città. Il gruppo ha avuto interessanti scambi di idee con alcuni Consoci.

#### Viaggio negli Stati Uniti.

Il viaggio, la cui preparazione ha richiesto notevole impegno, si è svolto dal 26 agosto al 6 settembre con la partecipazione di settantacinque Consoci e loro Familiari.

L'accurata programmazione, facilitata anche per la cortese collaborazione del Consolato Americano a Torino, dell'USIS, e di altri Enti, ha consentito un ottimo suc-

cesso della manifestazione che ha riscosso piena soddisfazione e consenso da parte di tutti i partecipanti.

Il gruppo ha lasciato Caselle su di un quadrimotore dell'Alitalia, appositamente noleggiato, la sera del 26 agosto ed è giunto a New York la mattina successiva. I Consoci, guidati dai Colleghi Roggero e Rosani, hanno soggiornato per alcuni giorni a New York ed hanno completato il viaggio con una escursione a Filadelfia, Washington, Pittsburg, Buffalo, Cascate del Niagara. Oltre a visite di carattere generale nelle varie città, i Consoci hanno potuto osservare opere di ingegneria e di architettura, cantieri ed industrie di eccezionale interesse, ed avere aperti e proficui contatti con le Organizzazioni professionali locali. Queste hanno tributato accoglienze calorose al gruppo torinese e si sono prodigate in ogni modo perchè tutto quanto poteva interessare anche solo un ristretto numero di Colleghi potesse essere visitato e studiato in ogni particolare.

In altro numero della rivista verrà più dettagliatamente riferito, a cura dei partecipanti stessi, sulle osservazioni, impressioni e risultati del viaggio.

#### Giornata dell'Inossidabile in Architettura.

A seguito di invito del Centro di Informazioni del Nickel di Milano, i Consoci, hanno avuto modo di partecipare alla « Giornata dell'Inossidabile in Architettura » indetta dal Centro stesso il 15 settembre.

La riunione ha dato modo di esaminare manufatti e particolari in acciaio inossidabile di possibile applicazione nelle costruzioni edilizie, di ascoltare una conferenza del Prof. Arch. G. E. Danforth dell'Illinois Institute of Technology, e di partecipare ad una vivace discussione in argomento. Sono pure state proiettate pellicole illustranti particolari applicazioni architettoniche dell'acciaio inossidabile.

# 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 fissate non impegnano in alcun modo la Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino

## Ricerca di moduli universali sulla coordinazione modulare

GIORGIO PASSADORE esamina gli sviluppi degli studi sulla coordinazione modulare nell'edilizia, condotti per il Progetto EPA 174 redatto dall'Agenzia Europea per la Produttività dell'OECE, e prende come termini di riferimento gli studi sul modulo di Le Corbusier e Konrad Wachsmann. Considerando brevemente gli aspetti dello standard dimensionale applicato ai prodotti edilizi, esamina il concetto di integrazione degli standard e di « scala campione ». Propone una critica di tali concetti, e rileva, anche negli sviluppi più recenti del Progetto EPA 174, una tendenza a ritrovare sistemi modulari basati su moduli significativi, validi per ampi settori della produzione edilizia, e non solo su schemi geometrici di coordinazione.

Il modulo è oggi uno dei problemi chiave dell'architettura moderna. In primo luogo in quanto strumento per una scelta razionale degli standard nella industria edilizia; in secondo luogo in quanto strumento di coordinazione delle dimensioni funzionali; in terzo luogo in quanto strumento di ordine intellettuale che può tradursi espressivamente sul piano linguistico in risultati di rigore formale <sup>(1)</sup> (fig. 1).

Questi tre aspetti del modulo (tecnologico, funzionale, estetico) sono riconducibili all'unità nella concretezza della progettazione e della costruzione, si tratti della progettazione e costruzione dell'intero edificio, oppure della produzione per standard dell'elemento prefabbricato. Tale processo di riduzione all'unità corrisponde ad una soluzione del problema dei rapporti tecnologia-architettura; sul piano della teoria, si avranno tante teorie della modulazione quante sono le possibili soluzioni di tale problema.

Consideriamo il caso di due architetti che hanno studiato a fondo la modulazione: Le Corbusier e Konrad Wachsmann.

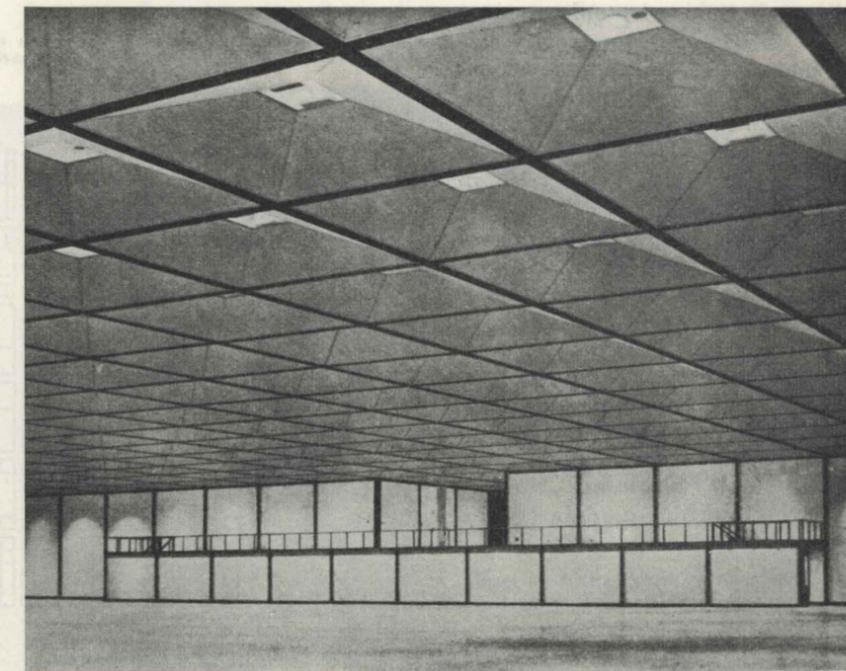
Per Le Corbusier la tecnologia è uno strumento che l'architetto

deve dominare per sfruttarne le possibilità economico-funzionali e piegarlo a esprimere concetti di armonia e di bellezza. Il *Modulor* ubbidisce alla legge dell'armonia, la cui chiave è il magico rapporto  $\phi$  (sezione aurea). Le misure della scala *Modulor* stanno in tale rapporto: e dato che il corpo umano ideale rientra nella legge dell'armonia, le misure di partenza della scala saranno dimensioni del corpo umano; il *Modulor* sarà una « scala umana », ed ogni

suo valore avrà per definizione un significato funzionale per la casa dell'uomo (fig. 2). Ma v'è di più: tale scala possiede la proprietà detta « additiva », vale a dire ogni termine è somma di termini precedenti: proprietà fondamentale nelle applicazioni dal punto di vista della tecnologia (fig. 3). Ecco ricondotti all'unità i termini in gioco <sup>(2)</sup>.

<sup>(2)</sup> LE CORBUSIER, *Le Modulor*, Parigi, 1948.

Fig. 1 - Costruzione industriale realizzata con elementi modulari. Il modulo determina e domina l'ambiente.



<sup>(1)</sup> AUGUSTO CAVALLARI-MURAT, *Quesiti estetici posti dall'unificazione nell'architettura metallica*, conferenza al corso di specializzazione in costruzioni metalliche dell'Università di Pisa, pubblicata in « Costruzioni Metalliche », Milano 1960.

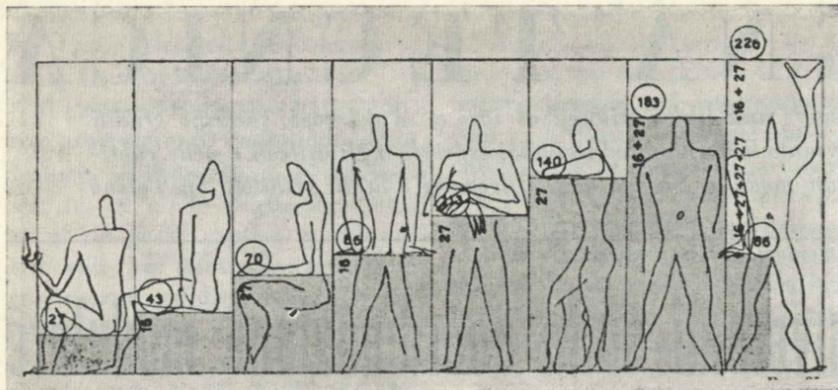


Fig. 2 - Le misure della scala *Modulor* caratterizzano l'occupazione dello spazio da parte di un uomo della statura di sei piedi (da Le Corbusier, *Le Modulor*, pag. 67).

Per Konrad Wachsmann la tecnologia non è uno strumento da dominare, ma una somma di dati che sono insieme strumento e premessa concreta del « fare » umano nel mondo contemporaneo. Norma di valutazione non è un concetto assoluto di bellezza, o di armonia, ma la « perfezione », e cioè una qualità del « fare ».

Il prodotto perfetto, risultato del lavoro di gruppo, espressione moderna della perfezione, nasce dalla sintesi di una somma di ricerche condotte nei vari campi della tecnologia; ma in esso si può vedere « qualcosa di più del puro razionalismo, e si scoprono qualità che vanno oltre l'applicazione pratica » (3).

In architettura il prodotto perfetto è un elemento di impiego universale, che risponde a tutte le possibili esigenze entro un certo campo di applicazione (pannello, elemento strutturale, ecc.). Il modulo è all'inizio una « unità astratta che... determina numericamente il sistema geometrico di un ordine modulare immaginato »; ma al termine del processo per cui, dalla sintesi dei dati tecnologici, si giunge all'elemento universale, il modulo tende a identificarsi con l'elemento stesso. Dice Wachsmann: « Riuscendo però a realizzare in modo equilibrato tutte le esigenze con valori di misura spaziali unitari, il modulo fondamentale risultante sarebbe un corpo di ordine modulare » (4).

(3) KONRAD WACHSMANN, *Una svolta nelle costruzioni*, Milano, Il Saggiatore, 1960, pag. 44.

(4) KONRAD WACHSMANN, *op. cit.*, pag. 54.

E altrove: « Diviene così superfluo l'uso del metro, lo strumento di misura è il prodotto, lo stesso elemento di costruzione » (5) (figura 4).

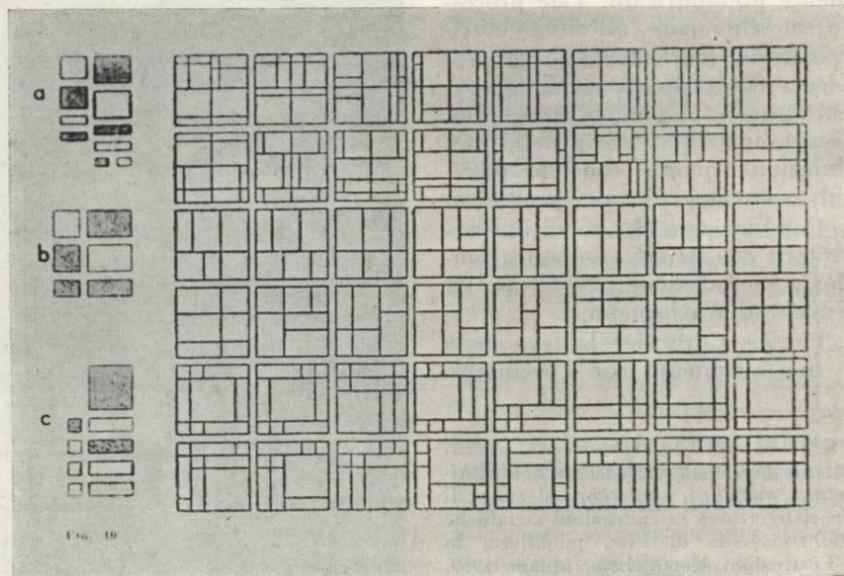
Nell'elemento perfetto verrebbero perciò a coincidere esattamente i tre aspetti del modulo.

\*\*\*

Le Corbusier e Wachsmann partono da premesse diverse, e i risultati hanno valore entro il sistema che ne deriva; ma in entrambi i casi, le grandezze modulari sono valori universali, e cioè significativi, derivando il significato da un processo di elaborazione (dall'armonia delle propor-

(5) KONRAD WACHSMANN, *op. cit.*, pag. 52.

Fig. 3 - La proprietà « additiva » assicura a elementi, le cui misure appartengono alla scala *Modulor*, le più ampie possibilità di combinazione (da Le Corbusier, *Le Modulor*, pag. 96).



zioni alla scala umana; dai dati tecnologici alla perfezione dell'elemento universale).

Questi due esempi di teoria della modulazione sono utilissimi punti di riferimento per considerare, come qui si tenterà di fare, gli sviluppi di quel notevole complesso di studi e ricerche, che va sotto il nome di « Progetto EPA 174 ».

Iniziate nel 1954 sotto il patrocinio dell'OECE, tali ricerche continuano con la collaborazione di 11 paesi europei. Esse si pongono forse piuttosto sul piano della organizzazione produttivistica che su quello di una vera e propria teoria della modulazione, proponendo una coordinazione degli standard entro i limiti dell'attuale situazione dell'industria edilizia (fig. 5) mentre il *Modulor* di Le Corbusier trascende nella sua assolutezza il limite di situazioni particolari, e Wachsmann propone un metodo per lo sviluppo delle energie architettoniche potenziali esistenti nell'industria.

Si vorrebbe qui rendere conto, inquadrandolo nelle più significative ricerche in questo campo, di uno sviluppo degli studi del *Progetto EPA 174*, che tende a riportarlo sul piano di una teoria della modulazione attraverso la ricerca di moduli di significato universale.

### Il principio dello standard applicato all'edilizia.

La coordinazione modulare è lo strumento base per l'applicazione del principio dello standard alla edilizia. Il trasferimento di tale principio dal campo ormai sperimentato dell'industria suscita però problemi particolari.

Particolarmente nel caso dell'edilizia, infatti, devono esistere fra i diversi oggetti delle relazioni, che permettano un loro inserimento in un « tutto » più ampio. Non è più sufficiente stabilire degli standard particolari per questa o quella categoria di oggetti; è necessaria una integrazione degli standard particolari attraverso norme di valore universale, e cioè norme unificative. La coordinazione modulare è una fondamentale unificazione: una unificazione dimensionale.

Si consideri ora la definizione di un particolare standard dimensionale. Questa operazione di progetto industriale può consistere nel fissare le dimensioni dell'oggetto in questione; spesso consiste nel fissare, per lo stesso, una gamma di dimensioni.

Ancora, specialmente nel caso di oggetti destinati all'edilizia, il problema è diverso, a seconda essi si debbano impiegare in una serie di elementi giustapposti, oppure da impiegare isolatamente, si tratti cioè di quegli elementi che sono stati definiti « additivi » e « non additivi » rispettivamente.

Mentre infatti il problema di definire lo standard dimensionale di oggetti non additivi (ad es. apparecchi sanitari) non è concettualmente diverso da quello relativo ad altri prodotti industriali (a parte il diverso peso delle questioni relative all'inserimento nell'ambiente), il problema degli oggetti additivi (ad es. pannelli per facciata) presenta notevoli difficoltà. Infatti, le diverse esigenze tecnologiche, funzionali ed estetiche interessano da un lato l'elemento, dall'altro la sequenza di più elementi giustapposti.

Tali sequenze devono poter coprire determinate luci in dipendenza della progettazione architettonica, mentre all'interno della sequenza il succedersi degli elementi crea un « ritmo » che assume preciso valore espressivo e

funzionale (si pensi ad una sequenza di pannelli per facciata).

Le caratteristiche geometriche dello standard dimensionale di una categoria di elementi, una volta tenuto conto delle esigenze tecnologico-funzionali ed estetiche, sono le seguenti:

*semplificazione* (riduzione del numero di misure)

*correlazione* (complesso di relazioni fra le misure degli elementi tale da assicurare un sufficiente grado di:

- a) flessibilità compositiva
- b) intercambiabilità

dove l'espressione « flessibilità compositiva » si riferisce alle misure di una gamma, o famiglia, di elementi; e « grado di flessibilità » significa il minimo incremento nelle dimensioni di una sequenza ottenibile con elementi di tale famiglia (fig. 6).

Si vede come già lo standard dimensionale di una famiglia di elementi additivi debba tenere conto di un criterio di correlazione fra le dimensioni della famiglia.

### L'integrazione degli standard e la « scala campione ».

Per il passaggio all'integrazione degli standard sono state proposte « scale campione » di dimensioni modulari, virtualmente valide per

la definizione di un numero indefinito di standard particolari.

Per una tale scala campione valgono ancora, com'è chiaro, i criteri della semplificazione e della correlazione. È da notare che, se i valori della scala campione sono fra loro correlati, risultano correlate fra loro le dimensioni di tutte le famiglie appartenenti alla scala stessa. È questo lo scopo ultimo della coordinazione modulare.

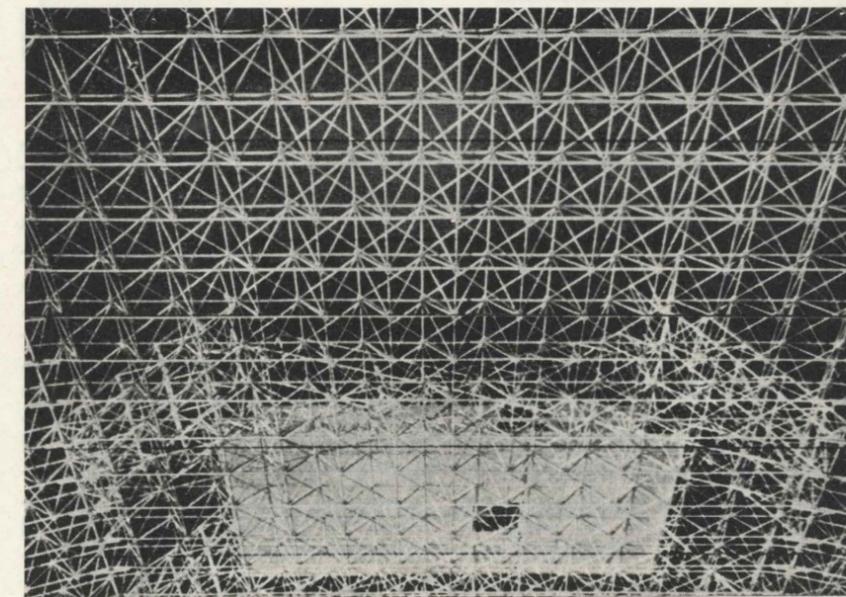
Tuttavia, nel caso di uno standard particolare la scelta di dimensioni rispondenti ai requisiti funzionali che interessano è immediata. Ma come scegliere i valori della scala campione?

Ci si può domandare se esistono dimensioni privilegiate o se la scelta sia solo condizionata dai due predetti criteri, riguardanti relazioni fra le misure e non il loro valore assoluto.

La risposta dipende dal significato che si intende dare alla scala campione.

Così Le Corbusier collega le dimensioni della scala *Modulor* a dimensioni caratteristiche del corpo umano ideale (uomo col braccio alzato m. 2,26; plesso solare m. 1,13 dal suolo ecc.). E per quanto Le Corbusier sia interessato alle relazioni fra i termini della scala, sia in funzione di un rapporto di proporzione (sezione aurea) sia intercambiabilità (serie

Fig. 4 - Struttura tridimensionale per aviorimesse realizzate da Konrad Wachsmann. « L'uso di un nodo, di una sola misura di tubi, di un sistema di costruzione costituito da ripetizioni ritmiche nell'ambito di un ordine modulare tridimensionale, determina la struttura e lo spazio » (da K. Wachsmann, *op. cit.*, pag. 187).



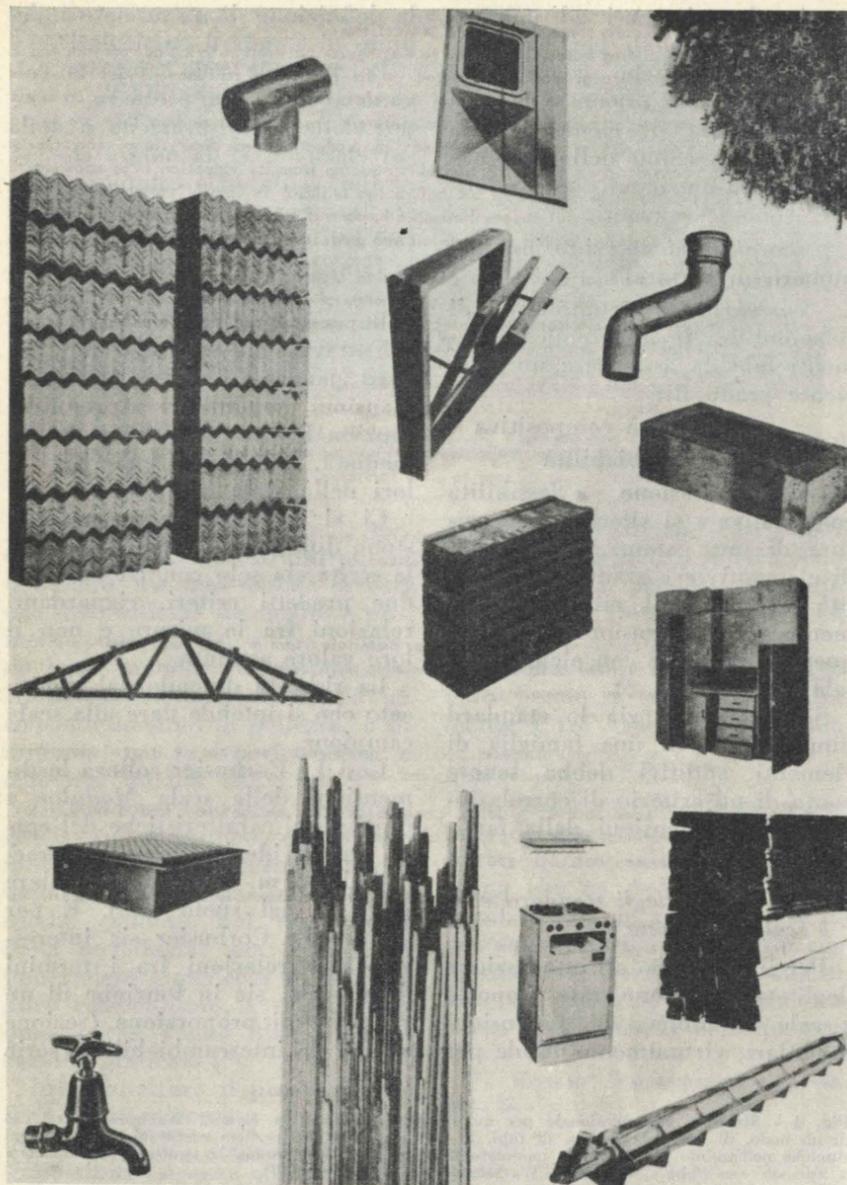


Fig. 5 - Il complesso degli oggetti edilizi. Gli studi sulla coordinazione modulare del Progetto EPA 174 propongono uno schema di coordinazione modulare applicabile a tutti gli oggetti edilizi, al progetto, e alle stesse operazioni di cantiere, con il tracciamento in sito di alimenti modulari (da OECE, *Modular co-ordination in building*, OECE, Parigi, 1956).

Fibonacci), tuttavia egli è ben convinto del valore universale di tali misure che concludono una ricerca sulle dimensioni assolute.

Il modulo assoluto di Le Corbusier sarebbe quindi un modulo antropomorfo.

È interessante per confronto la posizione di Wachsmann. Egli non propone una scala campione ma un metodo di ricerca. Ciascuno dei problemi interessanti il dimensionamento determina la scelta di una data lunghezza come modulo, valido solo in relazione ad un particolare problema. Esistono poi misure che, tenendo

conto di tutti i moduli particolari, realizzano una sintesi per l'applicazione. Si potrebbe dire che i 12 moduli elencati da Wachsmann comprendono moduli tecnologico-funzionali (modulo del materiale, del rendimento, del movimento, dei collegamenti, delle componenti, della tolleranza, degli impianti, dell'arredamento), un modulo di coordinamento (modulo della geometria); e moduli di sintesi: il modulo degli elementi *Elemente-modul*, il modulo della costruzione (*Konstruktionsmodul*) e il modulo della progettazione (*Planungsmodul*).

Si può ricordare ad esempio, che nelle sue ricerche su elementi costruttivi universali (per i quali, contenendo l'elemento infinite possibilità di progetto, i due moduli corrispondenti tendono a coincidere), Wachsmann è giunto alla definizione di un elemento pannello universale di m. 1 circa (40").

Nel caso del Progetto EPA 174, il problema della scala campione è stato posto nei seguenti termini.

Una misura si dice modulare quando risulta multiplo di una data lunghezza, detta modulo base. Una serie di misure modulari è il prodotto del modulo base per una serie di numeri.

Il modulo base è stato fissato, come è noto, in 10 cm. (6); è stata poi prescelta la seguente serie campione di numeri, tendente ad assicurare la massima riduzione di misure combinata con un alto grado di correlazione:

1-2-3-4-5-6-8-9-10-12-15-16-18-20-24-27-30-32-36-40-45-48-54-64-80-81-96.

Dove tutti i valori derivano dai numeri primi 2, 3, 5, attraverso serie geometriche di ragione 2 e 3.

La serie di dimensioni modulari risulta moltiplicando la serie soprascritta per il modulo base, ed è la seguente:

10-20-30-40-50-60-80-90-100-120-150-160-180-200-240-270-300-320-360-400-450-480-540-640-800-810-960 cm.

Una famiglia di elementi modulari vedrà le sue dimensioni scelte fra quelle elencate; ma sui limiti e sui criteri di questa scelta è stata lasciata la massima libertà.

Fin qui la teoria dimensionale riassunta nel rapporto conclusivo della prima fase del Progetto EPA 174 (7).

Lo scopo di tali ricerche era essenzialmente di coordinare la produzione di elementi per l'edilizia, in modo particolare i prefabbricati di notevoli dimensioni. La scelta delle misure campione

(6) La Germania ha proposto, per le opere al rustico, il valore di 12,5 cm. detto « ottometro »; tale valore è in accordo con le dimensioni standard del mattone, e si rifà a studi del Neufert. Per opere al finito, anche la Germania accetta il dm.

(7) O.E.C.E., *Modular co-ordination in building*, Parigi 1956.

risulta in generale da « un compromesso fra: a) requisiti funzionali; b) serie empiriche delle misure più usate; c) serie sistematiche » (8).

Per il punto c) veniva adottata la serie sopradetta, mentre per il punto b) si conducevano inchieste statistiche nei paesi partecipanti.

La serie campione EPA risponde solo indirettamente al punto a), nel senso che alla misura funzionalmente esatta sia sempre possibile sostituire una misura della scala con una approssimazione contenuta entro certi limiti percentuali (fig. 8).

I valori della scala si adagiano sulla spezzata

$$\Delta y = 0.105 y \text{ e } \Delta n$$

esprime il fatto che, nel campo considerato, l'incremento dei valori della scala y è uguale a circa il 10 % del valore y all'estremo superiore del campo.

I valori fra parentesi in figura indicano la percentuale del valore y corrispondente all'incremento. Esso varia dal 7 al 20 % circa; per i valori inferiori della scala esso è poi notevolmente superiore.

Con la serie EPA la rispondenza ai requisiti funzionali è dunque ottenuta per approssimazione entro limiti non sempre soddisfacenti.

Spesso in edilizia interessano le dimensioni complessive di una sequenza di elementi. La capacità di una sequenza di adattarsi a prefissate dimensioni di progetto costituisce la ricordata « flessibilità compositiva » del sistema. Con elementi della serie EPA opportunamente scelti si può ottenere sempre la flessibilità di un modulo, sufficiente per le applicazioni.

#### Critica del concetto di integrazione degli standard.

La posizione del Progetto EPA 174 risulta dunque la seguente: per uno schema di coordinazione dei possibili standards, non interessano tanto i valori assoluti della scala campione, quanto le relazioni fra tali valori. La scala campione assicura tali relazioni

(8) O.E.C.E., *Modular co-ordination in building* cit., pag. 18.

(correlazione); gli standards dimensionali funzionalmente esatti potranno essere sostituiti da valori della scala campione con l'approssimazione media del 10 %.

Tale posizione corrisponde ad un momento della situazione effettiva dell'industria edilizia. Non è forse possibile dire fino a che punto tale situazione sia oggi in via di superamento; ma certo la posizione suddetta è concettualmente una posizione di compromesso, giustificata soltanto dalla urgenza di un coordinamento dell'industria europea del settore. La scelta di uno standard dimensionale è infatti un'operazione molto complessa, che risulta dalla sintesi di ricerche sulle premesse tecnologiche, funzionali, estetiche del prodotto.

Uno schema generale di coordinazione delle dimensioni di tutti i prodotti edilizi porta a rinunciare parzialmente, volta per volta, ai precisi risultati di tale sintesi;

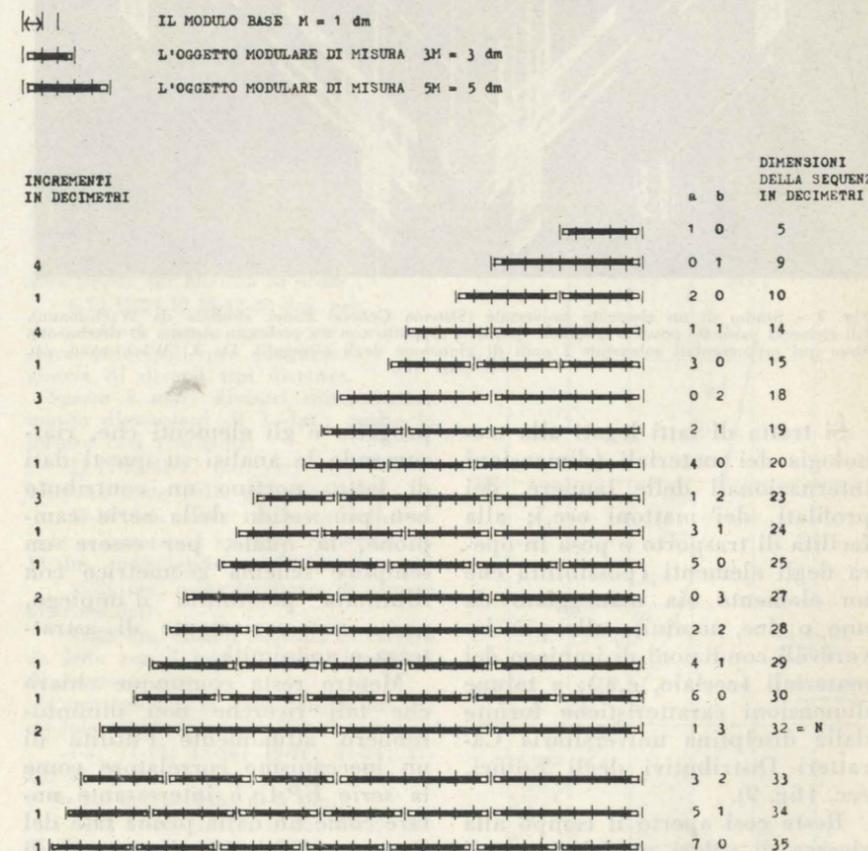
e si tratta spesso di una condizione gravosa.

Prima ancora di ricercare una scala campione è necessaria una critica dello stesso concetto basilare di integrazione degli standard. Non si può parlare di uno schema generale di coordinazione di tutti gli standard edilizi, se non si precisano i limiti e il metodo d'applicazione di tale schema. Ciò non è per ora possibile, per la eterogeneità della casistica relativa — e presenterebbe del resto per il momento un interesse puramente teorico, come il caso della costruzione modulata al cento per cento.

#### Gli standard universali per categorie.

Il concetto dell'integrazione degli standard trova invece possibilità di una positiva applicazione per categorie di prodotti all'interno delle quali esistono premesse comuni.

Fig. 6 - Le ricerche di flessibilità sono fra le più importanti della coordinazione modulare. Esse riguardano la capacità di una sequenza di elementi modulari di coprire la maggior varietà possibile di luci complessive. Per due oggetti multipli, di un modulo base secondo due numeri, a e b, primi fra loro, il minimo incremento è uguale al modulo base (grado di flessibilità compositiva uguale a 1) al di sopra di un numero critico  $N = (a-1)(b-1)$  (teorema delle coppie di numeri). Al di sotto di N vi sono esattamente N/2 combinazioni possibili con gli elementi dati. Si è fatto il caso di due elementi di 5 e 9 dm rispettivamente, avendo assunto il dm come modulo base. Si ha  $N = (9-1)(5-1) = 32$  dm.



.....



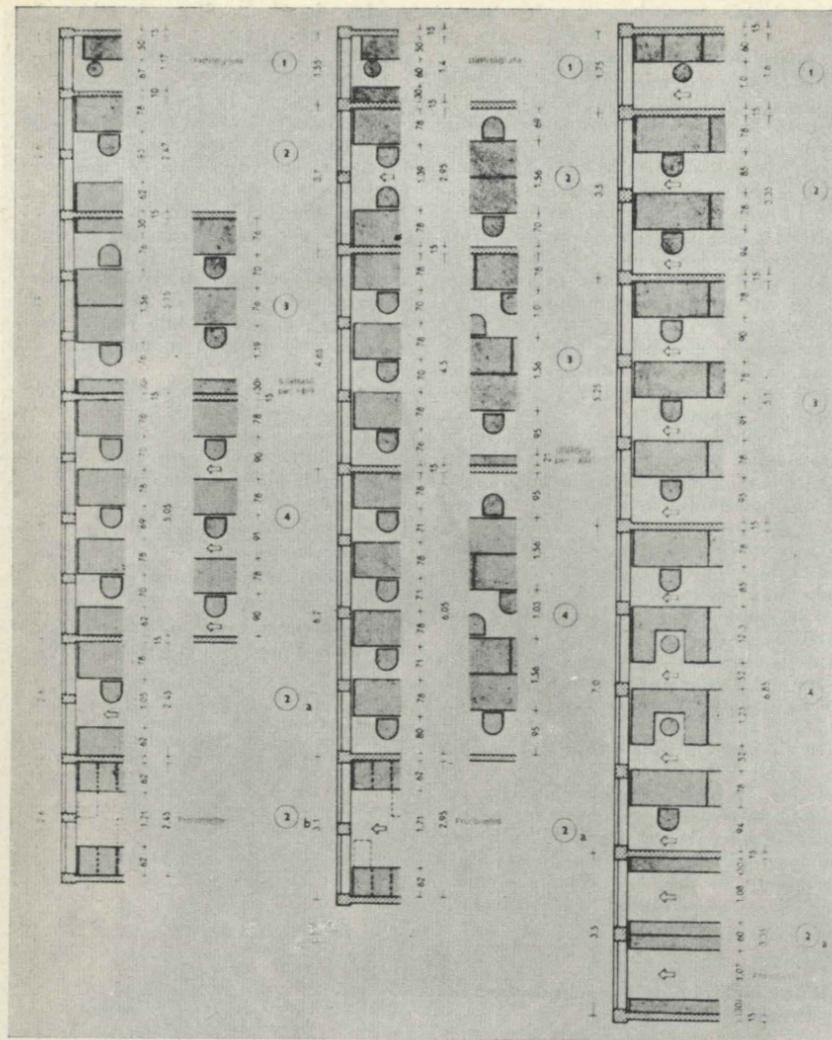


Fig. 9 - Studio sistematico della disposizione delle scrivanie in un fabbricato per uffici, in relazione alla disposizione delle vetrate nella parete esterna. Le ricerche sistematiche sul dimensionamento, che rientrano nella disciplina universitaria « Caratteri distributivi degli edifici », potranno fornire indicazioni su misure funzionalmente adatte ad ogni particolare applicazione (da Neufert, *Enciclopedia pratica per progettare e costruire*, Milano, Hoepli, 1949, pag. 173).

lare le dimensioni di progetto non solo su un « grande modulo », ma addirittura sul dm.

Tale impossibilità si riflette sulle dimensioni degli elementi, a meno di limitarsi a modulare solo quanto possibile, lasciando a elementi sezionabili o colabili sul posto (malte ecc.) il compito di turare le falle, per così dire, della modulazione.

Vengono individuate le dimensioni di progetto più interessanti ai fini di una modulazione degli elementi; per esse viene proposta la seguente normalizzazione:

1) altezza di piano: si propone di modulare l'altezza da suolo a suolo rustico; le altezze proposte sono: 26, 27, 28, 30, 32, 36 dm.

2) luce dei solai: si raccomandano i multipli di 3, 5, 6 dm.

3) lunghezza di pareti da realizzare con pannelli: si raccomanda l'uso di elementi incommensurabili fra loro; e, in via subordinata, di moduli di 3, 5, 6 dm.

Ciò in funzione degli elementi che si

ritiene più interessante modulare (pannelli parete e casseforme metalliche). Viene poi esaminato il modo di collegare le dimensioni dei pannelli alle dimensioni modulate, considerando la casistica dei principali sistemi costruttivi (a muri portanti longitudinali, trasversali; a scheletro) per il caso di pannelli inseriti fra i solai (grid walls), oppure filanti davanti ad esse (curtain walls); o ancora inseriti fra le strutture verticali in facciata, oppure no.

L'Italia, mantenendo la posizione negativa sulla esistenza di moduli universali per qualsiasi applicazione, ha condotto inchieste statistiche per la definizione su base pratica di standard particolari.

Notevole l'inchiesta sulla luce dei solai prefabbricati in Italia; dai valori statistici si è ricavata una serie di dimensioni preferenziali. Si tratta di una serie empirica, in cui non è possibile ritrovare la presenza di un modulo funzionale.

È stato poi condotto uno studio per una regolamentazione nazionale dell'al-

tezza interna di piano per edifici residenziali, confrontando uno studio statico sulle altezze usate in Italia con le seguenti serie di misure proposte rispettivamente da:

Esperti delle N. U. 240 260 270 280 300 320 330 340 360 cm.

Francia 240 260 270 280 300 320 360 cm.

Gran Bretagna 240 270 300 360 cm.

È da notare la razionalità della serie inglese, basata su un modulo di 30 cm., e, al di sopra di tre metri, di 60 cm.

Da queste ricerche emerge l'interesse del modulo di 60 cm. e del modulo metà di 30 cm., che sembrano particolarmente indicati nel campo delle pannellature e rivestimenti di parete. In una riunione di esperti della coordinazione modulare (Ginevra, dicembre 1959) le preferenze della maggioranza dei paesi rappresentati conversero su tali valori.

#### BIBLIOGRAFIA

AUGUSTO CAVALLARI-MURAT, *Questi posti dall'unificazione nell'architettura metallica*, conferenza al Corso di specializzazione in costruzioni metalliche dell'Università di Pisa, pubbl. in « Costruzioni Metalliche », Milano 1960.

GIUSEPPE CIRIBINI, *Architettura e Industria*, Milano, Tamburini, 1960.

LE CORBUSIER, *Le Modulor*, Parigi, Architecture d'aujourd'hui, 1948.

LE CORBUSIER, *Modulor 2*, Parigi, Architecture d'aujourd'hui, 1955.

O.E.C.E., *Modular co-ordination in building*, OECE, Parigi, 1956.

KONRAD WACHSMANN, *Una volta nelle costruzioni*, Milano, Il Saggiatore, 1960.

Per l'Appendice I, oltre ai rapporti nazionali per la prima fase del Progetto EPA 174, si veda:

FROMMHOLD, *Module de plan*, Bamberg, Aug. 1955.

Per l'Appendice 2 si vedano i seguenti rapporti nazionali per la seconda fase del citato Progetto EPA 174:

*Coordination modulaire dans la construction*. Rapport National Italien. OECE, Pr. EPA II, décembre 1958.

OECE/EPA Pr. 174, Phase II. *Bericht der Deutschen Delegation*, Juli 1959, erstatten von Dr. FROMMHOLD (Bamberg).

*Modular Building - 4 Modular Test Buildings at Lijordet, Baerum, Norway*. NATIONAL PRODUCTIVITY INSTITUTE, Oslo, August 1959.

*Coordination Modulaire*, Pr. AEP 174, Deuxième Phase. *Rapport de la Delegation Francaise*, 1959, (Commun. 30 AEP).

*Proposition concrète de coordination dimensionnelle basée sur un petit et un grand module*. Note de l'INSTITUT NATIONAL DU LOGEMENT, Bruxelles, 1959.

(Tutti i rapporti elencati fanno parte di relazioni a diffusione limitata, che sono state consultate presso la biblioteca del C.R.A.P.E.R. di Milano, che qui si ringrazia).

Si veda inoltre: GIUSEPPE CIRIBINI, *Per una regolamentazione nazionale dell'altezza di piano per edifici residenziali*, in *Edilizia Popolare*. - G. BLACHERE, *La détermination des dimensions des grands éléments de la construction*, in « Cahiers du C.S.T.B. », 42, février 1960.

## Problemi di durata nel campo dei flessibili metallici

UGO ROSSETTI illustra diversi aspetti del problema della durata delle funi metalliche attraverso all'analisi di un'ampia ricerca straniera sulla fatica, i cui risultati sono sistematicamente confrontati con quelli conseguiti nelle prove svolte presso il Politecnico di Torino e commentati ponendo in luce l'interesse crescente per la questione da parte di Organismi scientifici e tecnici internazionali.

L'accresciuto interesse per le questioni riguardanti la durata delle funi metalliche è stato recentemente dimostrato dall'attenzione rivolta al problema da parte di vari organismi tecnici e scientifici: l'Organo Permanente per la Sicurezza nelle Miniere della C.E.C.A., l'Organizzazione Internazionale trasporti a Fune (O.I.T.A.F.), la Commissione per la Ricerca Industriale del Consiglio Nazionale delle Ricerche, la Réunion Internationale des Laboratoires d'Essais des Matériaux (R.I.L.E.M.).

Gli argomenti concernenti la fabbricazione e la sperimentazione delle funi metalliche appaiono infatti in rapida evoluzione nel corso di questi ultimi anni. Basti segnalare, nel campo della fabbricazione: la diffusione di nuove formazioni (Seale, Warrington, Diepa) e della tecnica della prefabbricazione, l'impiego di acciai ad alta resistenza, di acciai trafilati dopo zincatura e in alcuni casi di acciai legati, l'uso di anime metalliche, lo studio della lubrificazione più opportuna per i diversi impieghi; nel campo della sperimentazione: lo sviluppo delle prove di fatica su funi flessibili, delle indagini magnetoscopiche, l'aggiornamento con criteri statistici dei Regolamenti di prova e di accettazione.

Un'indagine bibliografica sulla materia si presenterebbe oltremodo interessante, purchè svolta con particolare riguardo alla data di pubblicazione dei lavori, in quanto le memorie meno recenti possono presentare minore interesse, poichè molte proposte e suggerimenti sono stati successivamente applicati sia nella produzione, che nel controllo e nelle prove di Laboratorio.

Tale indagine, anche se limitata al solo argomento delle prove di laboratorio ed in particolare alle prove di durata, si presenta assai complessa per la difficoltà di rac-

cogliere e coordinare un materiale probabilmente non eccessivamente vasto ma senza dubbio assai disperso, data la diversità di criteri seguiti dai vari ricercatori. Segnaliamo ad esempio le diverse ricerche sperimentali sulla fatica svolte in Germania da G. Benoit alla Technische Hochschule di Karlsruhe, da Woernle e da Mueller a Stoccarda, da Herbst a Bochum; i lavori del « Wire Ropes Research Committee » pubblicati in cinque rapporti dal 1920 al 1935 a cura dell'Institution of Mechanical Engineers a Londra; le ricerche svolte da molte industrie del ramo, tra cui l'American Steel and Wire, le rilevazioni degli Enti di controllo e dei Laboratori Ufficiali di Prova ecc.

Recentemente è stato inoltre pubblicato un volume contenente i risultati di vaste indagini sui problemi di durata delle funi svolte in Russia da D. G. Shitkow e I. T. Pospelov, nella traduzione tedesca sotto il titolo « Drahtseile », edita dalla Verlag Technik Berlin (\*), di cui ci pare opportuno fornire più ampia notizia, trattandosi di pubblicazione recente, di grande interesse ed ancora poco nota.

Pertanto, al fine di contribuire alla raccolta ed alla divulgazione di notizie sull'argomento, ci proponiamo in questo articolo di informare sulle dette prove, effettuate in Russia nel corso di una analisi sistematica dei fattori che influenzano il comportamento a fatica delle funi flessibili.

E poichè talune questioni esaminate dagli autori russi sono state oggetto di esperienze analoghe presso il Laboratorio Prove Materiali del Politecnico di Torino,

(\*) Di tale testo è stato pure diffuso un sunto in francese, a cura dell'A.I.B., Association des Industriels de Belgique, Ente che da anni si occupa attivamente di problemi di funi e che ha di recente messo a punto un proprio programma di ricerche sulla fatica.

che da vari anni ha sviluppato un programma di ricerche sull'argomento in collaborazione con Industrie ed Enti del settore, riteniamo opportuno, a commento delle indagini sovietiche, richiamare i più significativi risultati ottenuti nelle nostre prove e comunicare i risultati di altre esperienze più recenti non ancora pubblicati.

#### Considerazioni generali.

Premettiamo anzitutto un breve esame cronologico della vasta bibliografia citata dagli autori di Drahtseile, al fine di situare approssimativamente l'opera nel periodo di tempo che le compete.

Le memorie citate da Shitkow e Pospelov sono in totale settantadue, nella gran maggioranza pubblicate in Russia, salvo alcune fonti tedesche ed una inglese. Le meno recenti sono la (14) e la (59), del 1927, la (7) e la (16) del 1929. La maggior parte è del periodo tra il 1935 e il 1950: di questo ultimo anno sono menzionati cinque lavori e precisamente il (4), il (19), il (25), il (43), il (56).

Sono inoltre riportati i Regolamenti Sovietici del 1946 e del 1948.

Pur essendo pubblicata prima dei più recenti sviluppi della tecnica costruttiva dell'ultimo decennio, l'opera presenta un indubbio interesse per la raccolta di dati e per il sistematico esame dei più importanti parametri connessi con la produzione, l'esercizio e le prove di accettazione e controllo delle funi.

« Drahtseile » è suddivisa in quattro parti:

1) Situazione attuale della fabbricazione e dell'impiego delle funi metalliche.

2) Indagini sperimentali sulla durata delle funi a trefoli rotondi.

3) Considerazioni teoriche sulla costruzione delle funi a trefoli rotondi.

4) Suggestimenti teorici e pratici per l'impiego in esercizio delle funi.

Noi ci soffermeremo soprattutto sulla seconda parte.

Nella prima parte si svolgono considerazioni critiche sulla situazione attuale della fabbricazione, che si appuntano su:

a) limitato uso di formazioni a fili paralleli;

b) scarsa diffusione della preformazione;

c) scarsa conoscenza dei problemi costruttivi dei trefoli e delle funi, di gioco e di serraggio tra i fili;

d) scadente qualità e scarsa omogeneità dei fili;

e) mancanza di continuità nella tensione durante la cordatura;

f) cattiva qualità dell'anima tessile e non buona lubrificazione di questa;

g) mancanza di prove efficaci su fili e su funi.

Sono infine raccolti in tabella i diversi fattori (tecnologici, metallurgici, ecc.) che intervengono nella qualità di una fune e nell'impiego in servizio.

Nell'esame di problemi di esercizio e di durata sono elencati fattori sempre esistenti in servizio:

a) lo sforzo di trazione assiale ammesso, cioè il margine di sicurezza;

b) il rapporto di avvolgimento  $D/d$ , dove  $D$  = diametro puleggia,  $d$  = diametro fune;

c) la regolamentazione e le norme per la sostituzione (conteggio dei fili rotti per passo);

d) il raggio di gola;

e) il materiale costituente la gola;

f) la velocità della fune sulle pulegge;

g) il numero di ore di funzionamento;

h) l'attrito di primo distacco tra fune e pulegge.

Esistono fattori parassiti evitabili: scarsa manutenzione, cattiva scelta dei diametri delle pulegge, ambiente corrosivo, ecc.

Passando ora alla 2ª parte, riferiamo sommariamente sulle indagini sperimentali sulla durata delle funi flessibili a trefoli rotondi.

Sono stati provati 76 tipi di fune, con diametri:  $d$  18,5 mm;  $d$  25 mm;  $d$  31 mm, con rapporti di avvolgimento  $D/d$  variabili da 16 a 81 e diverse tensioni assiali.

L'utilità della prova a fatica delle funi è dimostrata da un'analisi critica delle prove classiche, da cui risulta che se le prove sui fili possono dare informazioni interessanti (specie la torsione), le prove di trazione su fili e sullo spezzone non sono sufficienti a dare un giudizio sulla durata in servizio.

#### Macchine di prova a fatica.

Si passano in rassegna varie macchine, la prima delle quali risale al 1893 e presenta analogie con una macchina impiegata nelle ricerche inglesi dell'Istitution of Mechanical Engineers. Le più recenti, costruite in Russia dopo il 1935, sono costituite da una robusta incastellatura su cui sono disposte le pulegge di prova e la ruota motrice, comandata da un manovellismo che determina il moto alternativo. La tensione sulla fune è ottenuta mediante leve con pesi, che realizzano sforzi fino a 36 ton; nel tipo più grande di macchina, alto oltre 8 metri e con ruote di 3 metri di diametro, destinato alle prove su funi di diametro fino a 60 mm, lo sforzo è realizzato idraulicamente e misurato con un manometro.

Praticamente si tratta di un tipo di macchina simile a quello da anni funzionante presso il Laboratorio Sperimentale dei Materiali da Costruzione del Politecnico di Torino. Secondo una diligente indagine compiuta da ricercatori belgi dell'A.I.B. di Bruxelles, questo tipo è il più diffuso e il suo principio fu messo a punto dal Benoit a Karlsruhe.

Esiste poi, come noto, una seconda categoria di macchine in cui la fune è fissata su di un sistema di pulegge di prova poste in moto rotatorio continuo. Di questa categoria segnaliamo la macchina MECFA dell'A.I.B. di Bruxelles, quella dell'Ecole des Ponts et Chaussées a Parigi, quella della

American Steel and Wire di Cleveland, Ohio. Su questo interessante argomento ci riserviamo di tornare con un successivo studio comparativo delle varie attrezzature sperimentali.

#### Valutazione della durata.

Sulla base delle loro esperienze, gli autori propongono formule del tipo:

$$W = \frac{1.080.000}{8,5 C_1 C_2 S} \frac{D}{d} - 1$$

dove:

$W$  = numero alternanze;

$S$  = tensione in  $\text{kg/mm}^2$ ;

$C_2$  = costante funzione del diametro della fune  $d$  (varia da 0,85 per  $d=8$  mm, ad 1 per  $d=18$  mm, ad 1,37 per  $d=60$  mm).

$C_1$  = costante funzione della formazione, dell'avvolgimento, della resistenza dell'acciaio (varia da 0,5 a 1,12).

Le formule sono ampiamente discusse nella parte 4ª in cui sono riportate le tabelle di  $C_1$  e  $C_2$ .

#### Evoluzione della distruzione della fune sulla macchina di fatica.

Le figg. 1 e 2 indicano vari fenomeni rilevati su fune  $6 \times 19$  nel corso di prova a fatica (fune con  $d=25$  mm,  $R=161$   $\text{kg/mm}^2$ ): variazione del carico di rottura statico, progressione di rottura dei fili, diminuzione del diametro.

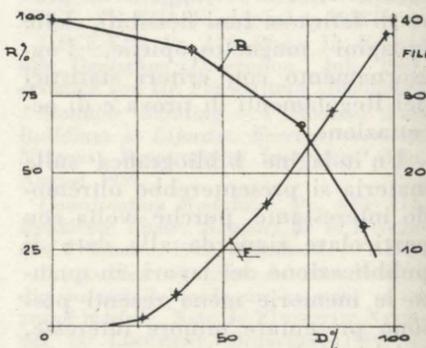


Fig. 1 - La curva R indica la variazione percentuale della resistenza totale, la curva F il numero di fili rotti al crescere dei cicli indicati in percento della durata a rottura  $D\%$ .

Quest'ultimo grafico ha un andamento simile a quello dei grafici deformazioni-durate rilevati nelle nostre esperienze. Si tratta infatti di fenomeni analoghi, in quanto

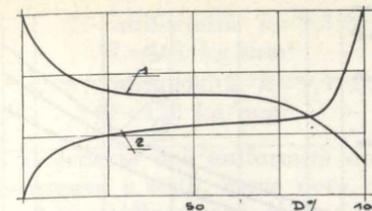


Fig. 2 - Andamento qualitativo della diminuzione del diametro (curva 1: da Drahtseile) e dell'aumento di lunghezza (curva 2: da nostre esperienze) durante la prova di fatica della fune.

entrambi dipendono essenzialmente dallo schiacciamento dell'anima, che si manifesta appunto durante l'affaticamento alternativo sulle pulegge di prova.

Gli autori affrontano quindi l'esame analitico dei diversi fattori che influiscono sulla durata.

#### Influenza della tecnologia dell'acciaio e della operazione di trafilatura.

— Composizione chimica. I fili con cui sono state costruite le funi sono caratterizzati da sei composizioni chimiche:

| Tipo | C    | Mn   | Si   | S     | P     | Cr   | Ni   |
|------|------|------|------|-------|-------|------|------|
| 1    | 0,61 | 0,50 | 0,27 | 0,016 | 0,017 | 0,03 | 0,03 |
| 2    | 0,56 | 0,54 | 0,31 | 0,024 | 0,023 | 0,04 | —    |
| 3    | 0,60 | 0,57 | 0,25 | 0,022 | 0,021 | 0,08 | 0,09 |
| 4    | 0,53 | 0,55 | 0,30 | 0,026 | 0,023 | 0,07 | —    |
| 5    | 0,44 | 0,39 | 0,21 | 0,025 | 0,034 | —    | —    |
| 6    | 0,71 | 0,61 | 0,23 | 0,021 | 0,028 | —    | —    |

Sono inoltre specificate particolareggiatamente (ed in modo difficilmente sunteggiabile) le seguenti operazioni:

- il procedimento al laminatoio;
- il patentamento;
- la trafilatura.

#### Influenza della composizione dell'acciaio.

Sono particolarmente confrontati gli acciai 1 e 2, il primo dei quali contiene in minor misura S e P, mentre ha un maggior tenore in C. Ciò comporta una maggior resistenza (su filo  $\varnothing 1,2$  mm si passa da 182  $\text{kg/mm}^2$  per l'acciaio 1 a 171  $\text{kg/mm}^2$  per l'acciaio 2) maggior numero di piegamenti su mandrino  $\varnothing 5$  mm (32 contro 28), maggior numero di torsioni.

La figura 3 mostra il miglior comportamento a fatica dell'acciaio 1.

Questo risultato può essere dovuto, oltre che alla minor quantità di impurezze dell'acciaio 1, al maggior tenore in C. Le prove da noi eseguite su quattro tipi di funi con diversi tenori d'impurezza (Bollettino n. 1, gennaio 1955. Funi fornite dagli Stabilimenti G. Fornara e C. di Torino), non avevano dato luogo a differenze significative a fatica. Si trattava di funi con fili di resistenza praticamente identica, assai vicina ai 150  $\text{kg/mm}^2$ , mentre qui si confrontano funi con fili la cui resistenza differisce di circa il 7%, differenza che ci pare abbia una significatività preponderante rispetto al diverso tenore in P ed S.

#### Influenza della zona del lingotto.

È stata studiata l'inomogeneità dell'acciaio in funzione della posizione del campione nel lingotto. Evidentemente i fili provenienti dalle estremità sono di qualità

inferiore, sia alle prove statiche, sia a fatica.

#### Influenza del tenore in carbonio.

Sono confrontati gli acciai seguenti:

| Tipo | C%   | R $\text{kg/mm}^2$ | Flessioni n° | Torsioni n° |
|------|------|--------------------|--------------|-------------|
| 5    | 0,44 | 141                | 22           | 42          |
| 6    | 0,71 | 194                | 21           | 40          |

Sono state provate a fatica le funi con formazione  $6 \times 19 + 1$  costruite con tali acciai, con  $d=25$  mm, nelle seguenti condizioni sperimentali: variabile il rapporto  $D/d$ ; sforzo di trazione assiale corrispondente a 20  $\text{kg/mm}^2$  (1ª serie) e pari ad 1/7 del carico di rottura statico (2ª serie).

Gli autori hanno constatato che nelle prove sotto eguale sforzo

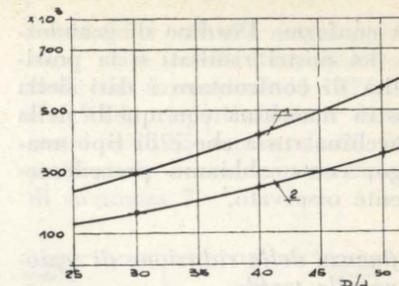


Fig. 3 - Durate a fatica in funzione del rapporto di avvolgimento  $D/d$  in funi di acciai di diversa composizione (1 e 2).

(20  $\text{kg/mm}^2$ ) ha durato di più la fune 6, mentre a parità di coefficiente di sicurezza, (pari a 1/7), ha durato di più la fune 5, come appare dalla fig. 4.

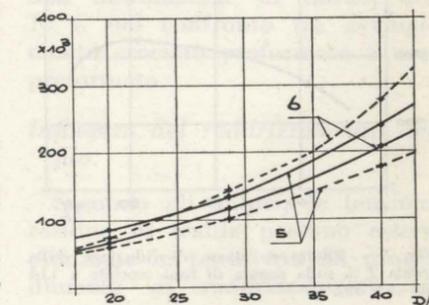
Prove analoghe sono state da noi svolte su funi  $6 \times (1+6+12)$  allestite dalla Soc. FALCK di Milano (Bollettino n. 1, gennaio 1955, pag. 7), con  $d=11$  mm, sia con carico corrispondente a 34  $\text{kg/mm}^2$  che con carico corrispondente a 1/7 del carico di rottura statico effettivo ( $D/d=360/11=32,6$ ).

I risultati conseguiti sono del tutto paragonabili come risulta dal seguente prospetto, relativo a prove con  $D/d=32$ :

| Fune    | R $\text{kg/mm}^2$ | Condizione di prova | durata  |
|---------|--------------------|---------------------|---------|
| Russa 5 | 141                | 20 $\text{kg/mm}^2$ | 121.000 |
|         |                    | 1/7                 | 160.000 |
| Russa 6 | 194                | 20 $\text{kg/mm}^2$ | 178.000 |
|         |                    | 1/7                 | 135.000 |
| Falck 1 | 150                | 34 $\text{kg/mm}^2$ | 61.000  |
|         |                    | 1/7                 | 160.700 |
| Falck 2 | 185                | 34 $\text{kg/mm}^2$ | 76.800  |
|         |                    | 1/7                 | 126.100 |

In particolare il confronto delle quattro prove ad 1/7 consente di constatare una concordanza che è forse casuale, data la differenza di diametro tra le funi. Questo tutta-

Fig. 4 - Durate a fatica in funzione di  $D/d$  delle funi 5 e 6: le curve a tratti sono relative a prove con tensione di 20  $\text{kg/mm}^2$ , le curve continue a prove con tensione 1/7 dello sforzo di rottura.



via conferma l'ordine di grandezza dei nostri risultati e la possibilità di confrontare i dati della nostra macchina con quelli della macchina russa che è di tipo analogo, come abbiamo precedentemente osservato.

#### Influenza della riduzione di sezione alla trafila.

Sono studiati i seguenti schemi di trafila:

riduzione 59 % (2,5; 2,1; 1,8; 1,6 mm);

riduzione 72 % (3,0; 2,7; 2,3; 1,9; 1,6 mm);

riduzione 79 % (3,5; 3,1; 2,7; 2,3; 1,9; 1,6 mm);

riduzione 84 % (4,0; 3,5; 3,1; 2,7; 2,3; 1,9; 1,6 mm).

Sono anzitutto esaminate le variazioni di resistenza, di comportamento a flessione ed a torsione; mentre la resistenza cresce regolarmente, flessione e torsione presentano un massimo per un tasso di riduzione del 79 %.

I fili sono stati provati a fatica con  $D/\delta=250$  ( $\delta$ =diametro filo), a 24 kg/mm<sup>2</sup>; le funi costruite con questi fili, con formazione (6x19),  $d=25$  mm, sono state provate a fatica con  $D/d=40$  e con tensione di 20 kg/mm<sup>2</sup> (vedi figura 5). In entrambi i casi si nota un massimo di durata per tasso di riduzione del 79 %: esiste cioè concomitanza tra prova di fatica e prove di torsione e flessione sui fili.

Sulle modalità di riduzione della sezione è stato effettuato uno studio di confronto sul tasso di riduzione optimum del 79 %, con le seguenti modalità:

a) 3,5; 3,2; 3,0; 2,8; 2,6;

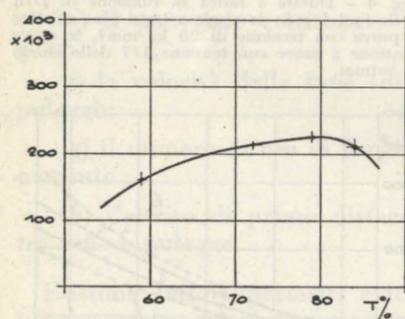


Fig. 5 - Effetto del tasso di riduzione dalla trafila T% sulla durata di funi crociate a 114 fili (6x19).

2,45; 2,3; 2,15; 2,0; 1,9; 1,8; 1,7; 1,6 mm.

b) 3,5; 3,1; 2,7; 2,3; 1,9; 1,6 mm.

c) 3,5; 3,2; 3,0; 2,7; 2,3; 1,9; 1,8; 1,7; 1,6 mm.

La fig. 6 indica che il metodo c) è più vantaggioso nei confronti della fatica, in prove su funi crociate (6x19)+1,  $d=25$  mm, seguito dal metodo a) mentre il b) è meno efficiente.

#### Influenza dello stato superficiale del filo.

Sempre sullo stesso tipo di fune è stato confrontato il comportamento a fatica impiegando fili con superficie polita e fili normali. Il vantaggio in durata varia da 15 % per  $D/d=20$  a 18 % per  $D/d=40$ .

#### Influenza delle proprietà meccaniche dei fili sulla durata delle funi.

Sono esaminate le seguenti proprietà:

#### Influenza della resistenza unitaria.

È studiata la variazione di resistenza per tenori in C crescenti da 0,4 % a 0,8 %, con accurate analisi delle curve sforzi-deformazioni. Sono prese in esame diverse modalità di trafila e le conseguenti variazioni di resistenza a trazione, flessione e torsione.

Sono riportate diverse figure relative a funi di varia formazione (6x19; 6x37; Warrington), costruite con acciai di resistenza differente e provate a fatica con diversi rapporti  $D/d$ . I risultati conseguiti indicano che il miglior comportamento si ha per funi con fili di resistenza unitaria di 180 kg/mm<sup>2</sup>. Si veda la fig. 7 (28 del testo).

Tale constatazione non contraddice quella di fig. 3, in quanto le funi sono state provate sotto tensione costante di 20 kg/mm<sup>2</sup> e non con un identico coefficiente di sicurezza rispetto al carico di rottura.

Il confronto sarebbe forse più interessante se tale parametro fosse mantenuto costante, per esempio pari a 7, in modo da ottenere condizioni sperimentali confrontabili. Nella fig. 7 sono paragonate

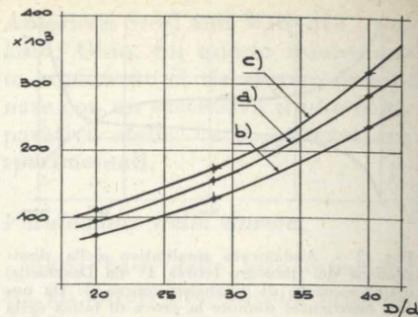


Fig. 6 - Confronto tra le modalità esecutive a) b) e c) del tasso di riduzione optimum del 79%.

invece funi sollecitate con coefficienti di sicurezza variabili da 6 a 10.

È intrapresa successivamente una interessante analisi sulla uniformità della resistenza dei fili. Quale misura della uniformità si assume il parametro  $k$  così definito:

$$k = \frac{2(S' - S'')n'}{S'n} \times 100, \text{ dove:}$$

$S'$  = media aritmetica di tutte le resistenze a trazione;

$S''$  = media aritmetica di tutte le prove con risultato inferiore a  $S'$ ;

$n$  = numero di tutte le prove;

$n'$  = numero delle prove di cui ad  $S''$ . La resistenza è tanto più uniforme quanto più  $k$  è piccolo.

Sono state effettuate prove di fatica su funi 6x19+1 con  $d=18,5$ , caratterizzate da diversi gradi di uniformità, con  $D/d=38$  e tensione 20 kg/mm<sup>2</sup>.

La figura 8 indica le differenze in durata ed in numero di fili rotti tra tre funi:

n. 1: uniformità  $k=1,9$  %,  $R=164$  kg/mm<sup>2</sup>

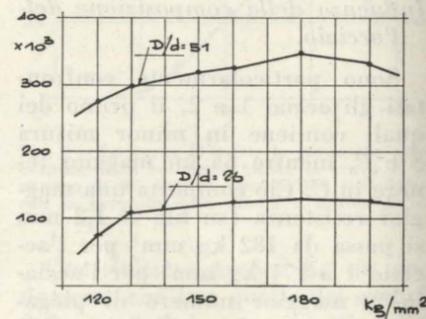


Fig. 7 - Effetto della resistenza unitaria in prove con tensione 20 kg/mm<sup>2</sup> su funi crociate a 222 fili (6x37).

n. 2: uniformità  $k=9,5$  %,  $R=161$  kg/mm<sup>2</sup>

n. 3: uniformità  $k=9,9$  %,  $R=158$  kg/mm<sup>2</sup>.

Il criterio dell'uniformità della resistenza è stato, come noto, introdotto nelle nuove Norme Italiane per il collaudo delle funi per funivia.

A titolo di esempio riportiamo il calcolo del coefficiente  $k$  proposto dai Sovietici per il caso di un lotto di fili prelevato da una fune Seale da noi esaminata nel quadro delle prove secondo le nuove Norme per il collaudo delle funi per funivie, D. M. 18 agosto 1959, n. 1661.

— Diametro nominale del filo:  $\varnothing 1,76$  mm.

— Fili del lotto campione: numero 40.

— Scarti massimi rispetto allo sforzo di rottura medio: +3,0 %; -6,9 %.

— Resistenza media  $S'$ : 194,5 kg/mm<sup>2</sup>.

— Resistenza media  $S''$ : 190,4 kg/mm<sup>2</sup>.

—  $n=40$ .

—  $n'=20$ .

—  $k=2,03$  %.

Ne risulterebbe un buon grado di uniformità, essendo piccolo  $k$ .

#### Influenza delle caratteristiche a flessione e torsione dei fili.

Secondo gli autori la capacità di piegamento dipende dalla resistenza del filo, cresce con la riduzione di trafila fino ad un massimo, per poi diminuire rapidamente; la torsione fornisce buone indicazioni sulla tenacità del filo.

Sono state allestite funi crociate (6x19)+1 con  $d=25$  mm, provate con tensione 20 kg/mm<sup>2</sup> con diversi rapporti  $D/d$ : è stato effettuato un confronto tra tre acciai, di cui il primo con buone qualità a torsione e flessione, il secondo con scarsa resistenza a flessione, il terzo con scarsa resistenza a torsione, come risulta dalla tabella:

| Tipo | R (kg/mm <sup>2</sup> ) | Flessioni n° min/max | Torsioni n° min/max | Durate  |
|------|-------------------------|----------------------|---------------------|---------|
| 1    | 178                     | 20/27                | 37/45               | 220.000 |
| 2    | 157                     | 5/16                 | 24/38               | 145.000 |
| 3    | 162                     | 15/28                | 3/17                | 120.000 |

Le durate da noi riportate si riferiscono a  $D/d=40$ ; negli altri casi il rapporto è analogo.

Sono studiate successivamente altre correlazioni tra tenacità valutata con prove classiche e comportamento a fatica.

#### Uniformità delle proprietà meccaniche del filo nella lunghezza di una matassa.

Le proprietà meccaniche, determinate usualmente con un solo campione per ciascuna estremità della matassa, sono studiate su di una matassa lunga 1230 metri con prove eseguite ogni 30 metri.

Dalla fig. 39 del testo risulta quanto segue:

— la resistenza a trazione ha andamento di tipo sinusoidale: parte da 158 kg/mm<sup>2</sup>; sale a 165, discende a 150, risale a 165 e termina a 158 kg/mm<sup>2</sup>.

— le flessioni presentano naturalmente i massimi in corrispondenza dei minimi di resistenza e passano da 18 a 24.

— le torsioni seguono un comportamento analogo con variazioni da 34 a 41.

#### Influenza delle tensioni residue e delle tensioni elastiche nel filo sul comportamento della fune.

##### Analisi delle tensioni residue.

Tali tensioni, introdotte nel filo all'atto della trafila, sono poste in luce con attacco acido e possono giungere fino a 40 kg/mm<sup>2</sup> di trazione alla superficie, mentre nel cuore esistono tensioni di compressione.

##### Influenza della preformazione dei fili e dei trefoli.

È stata constatata l'opportunità di dare una deformazione permanente ai fili per eliminare le tensioni residue di cordatura (queste possono essere calcolate lasciando liberi i fili cordati dopo aver tagliato la fune, tenendo presenti lunghezza e curvatura dei fili svolti).

È analizzato il problema della preformazione con l'esame di alcuni dispositivi e la proposta di formule di calcolo.

In rapporto alla fatica la pre-

formazione risulta vantaggiosa: sono state confrontate funi normali di formazione 6x37+1 e 6x19+1, rispettivamente di diametri  $d=19,5$  mm e  $d=25$  mm, preformate e non, con coefficiente di sicurezza 7.

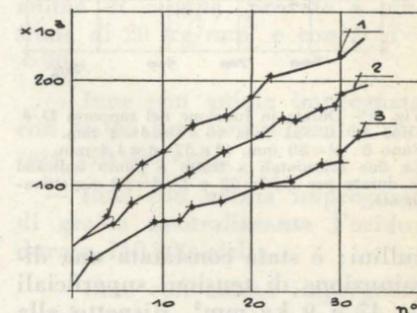


Fig. 8 - Progressione delle rotture dei fili n° in funzione della durata nelle funi con diversa uniformità (1-2-3).

Per  $D/d=35$  la durata dopo preformazione passa da 175.000 a 240.000 per la prima fune, da 160.000 a 230.000 per la seconda.

Una ricerca analoga è stata da noi svolta su funi allestite dalla Soc. Industrie Metallurgiche Piemontesi (Bollettino n. 1 gennaio 1955, pag. 6) prendendo in esame funi di diametro  $d=12$  mm, provate con coefficiente di sicurezza 6 e rapporto  $D/d=25$  (resistenza fili: 140/160 kg/mm<sup>2</sup>).

Il confronto è stato svolto su tre tipi di formazione: 6x19+1 normale, Seale 150+1, Seale 186+1, ciascuno costruito con tre modalità: crociato destro non preformato, crociato destro preformato, parallelo destro preformato. Ogni prova è stata ripetuta tre volte. Gli incrementi di durata dei tipi preformati rispetto ai normali sono risultati del 20 % e del 7 % nella prima formazione, del 46 % nella seconda, del 15 % e del 30 % nella terza, con un unico risultato anomalo nella seconda formazione, in cui si è constatata una diminuzione di durata del 10 % nel confronto tra avvolgimento crociato preformato e non preformato.

#### Influenza del raddrizzamento del filo.

Secondo gli autori, le tensioni residue di trafila possono essere eliminate in parte con un procedimento di raddrizzamento su

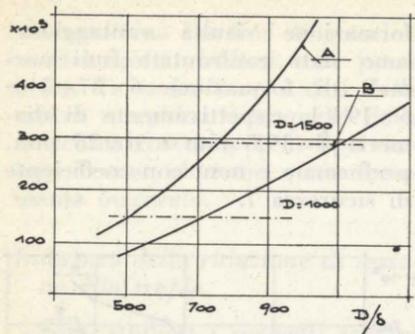


Fig. 9 - Durata in funzione del rapporto  $D/d$   
 Fune A:  $d=31$  mm,  $(6 \times 19)$ ,  $\delta=2$  mm.  
 Fune B:  $d=30$  mm,  $(6 \times 37)$ ,  $\delta=1,4$  mm.  
 Le due orizzontali a tratto e punto indicano le durate per  $D/d=32$  e  $D/d=50$  rispettivamente.

rullini: è stata constatata una diminuzione di tensioni superficiali da 47 a 9 kg/mm<sup>2</sup>. Rispetto alla fatica il vantaggio è risultato di circa 20 %.

Un altro metodo per diminuire le tensioni preesistenti è basato su di un rinvenimento a una temperatura da 250°C a 350°C, che fornisce buoni risultati. È infine segnalata l'opportunità di applicare un precarico alla fune, operazione che ha per scopo di rendere omogenea la distribuzione di tensioni, durante la trefolatura e la cordatura. Il vantaggio sulla durata è dell'ordine di 30 %.

#### Influenza della composizione.

##### Influenza della dimensione, del numero dei fili e del diametro della fune.

La dimensione del filo, e cioè il suo diametro  $\delta$ , potrebbe essere assunta come parametro per la tabulazione dei risultati, introducendo il rapporto  $D/\delta$  in luogo di  $D/d$ ; tale scelta non appare tuttavia opportuna, come è dimostrato dalla fig. 9. Si confrontano funi  $6 \times 19 + 1$  e  $6 \times 37 + 1$ , di diametro  $d=31$  mm e  $d=30$  mm, con fili di diametro  $\delta=2,0$  mm e  $\delta=1,4$  mm rispettivamente.

Si constata che le durate sono praticamente identiche (e cioè funzione di  $D/d$ ), pur essendoci una cospicua differenza di  $D/\delta$ .

La figura 10 analizza invece il cosiddetto « effetto scala », già noto nella fatica classica: si rileva cioè una diminuzione di durata al crescere del diametro della fune. Le prove sono svolte su fune crociata  $6 \times 19 + 1$  con tensione di 20 kg/mm<sup>2</sup>.

#### Influenza del tipo di avvolgimento.

Sono stati confrontati avvolgimenti crociati e paralleli su funi  $6 \times 19 + 1$  e  $6 \times 37 + 1$ , nei due diametri  $d=18,5$  mm e  $d=37$  mm. È stato constatato un incremento di durata dell'ordine del 30 % dell'avvolgimento parallelo rispetto al crociato, sia nelle funi con diametro  $d=18,5$  mm, sia in quelle con diametro 37 mm.

Sono state studiate inoltre due formazioni con  $d=29$  mm: una Seale ed una Warrington. In queste il vantaggio dell'avvolgimento parallelo sul crociato è un po' minore (dell'ordine del 20 %).

Un confronto analogo è stato da noi effettuato sulle funi della Soc. Industrie Metallurgiche Piemontesi cui abbiamo accennato a proposito della preformazione: nelle formazioni Seale a 150 ed a 186

| Fune n° | Passo trefoli | Angoli di avvolgimento |        |        | Durate per $D/d=34$ |
|---------|---------------|------------------------|--------|--------|---------------------|
|         |               | 1                      | 2      | 3      |                     |
| 1       | 7,5 d         | 12°1'                  | 15°20' | 15°45' | 190.000             |
| 2       | 7,5 d         | 12°1'                  | 12°44' | 12°26' | 160.000             |
| 3       | 7,5 d         | 10°27'                 | 11°15' | 11°5'  | 150.000             |
| 4       | 7,5 d         | 14°10'                 | 14°50' | 14°10' | 145.000             |

fili abbiamo constatato aumenti di durata del 100 % e del 50 % nell'avvolgimento parallelo rispetto al crociato; nella formazione normale a 114 fili le durate sono risultate invece quasi identiche.

Un altro confronto tra avvolgimenti crociati e paralleli è stato svolto su funi fornite dalla Soc. G. Redaelli e F.lli di Milano (pag. 8 del citato bollettino) nel quadro di una ricerca sull'influenza del passo di cordatura.

Nelle funi Seale  $A+6(1+9+9)$  di diametro  $d=10$  mm si sono in genere constatate durate superiori nelle funi parallele che in quelle crociate: nel complesso su nove prove l'incremento è risultato di circa 20 %, come indicato da

| Fune n° | Passi del filo nel trefolo |            | R kg/mm <sup>2</sup> | Durate a $D/d=34$ |
|---------|----------------------------|------------|----------------------|-------------------|
|         | h 2                        | h 3        |                      |                   |
| 1       | 8 d. tref.                 | 8 d. tref. | 140/145              | 320.000           |
| 2       | 9 d. tref.                 | 9 d. tref. | 174                  | 260.000           |
| 3       | 7 d. tref.                 | 7 d. tref. | 174                  | 230.000           |

Shitkow e Pospechow. Nel gruppo di funi  $d=12$  mm abbiamo rilevato una certa dispersione: in alcuni gruppi si è riconfermato il

vantaggio dell'avvolgimento parallelo, in altri ha prevalso il crociato, probabilmente perchè l'influenza del passo di cordatura ha prevalso sull'influenza dell'avvolgimento.

#### Influenza del passo di cordatura dei trefoli nella fune e dei fili nel trefolo.

In questo capitolo è analizzata la geometria delle funi nei suoi riflessi sulla durata, esaminando funi con diversi angoli di avvolgimento e con diversi passi.

È altresì preso in esame il tipo di contatto tra i fili (per punti nei cavi crociati, su generatrici nei cavi paralleli).

I risultati più interessanti citati dagli autori russi sono i seguenti:

a) Confronto tra funi  $6 \times 37 + 1$  anima, provate con tensione di 20 kg/mm<sup>2</sup>:

b) confronto tra funi con « contatti lineari » e con « contatti puntuali ».

Le funi Warrington danno il miglior risultato, seguite dalle Seale, rispetto alle funi con contatto puntuale. Le durate per  $D/d=35$  variano da 290.000 a 230.000 per le due formazioni speciali e scendono a 165.000 per la fune normale.

La differenza tra le durate delle funi Warrington e Seale dipende forse dal maggior diametro dei fili esterni di queste ultime.

c) Studio dell'influenza del passo dei fili nel trefolo (passo del trefolo nella fune pari a 7,5 d) in funi Seale  $6 \times 19$ ,  $d=22$  mm.

Come precedentemente accennato, abbiamo effettuato una ricerca analoga su funi allestite dalla Soc. G. Redaelli di Milano, di

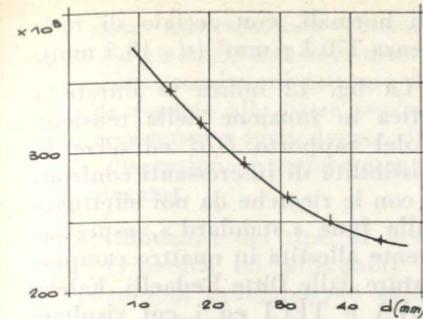


Fig. 10 - Influenza del diametro  $d$  della fune sulla durata con  $D/d=46$  (effetto scala).

formazione Seale, adottando il simbolo  $K_f$  per il rapporto tra il passo del filo nel trefolo ed il diametro del trefolo e  $K_t$  per il rapporto tra il passo del trefolo nella fune ed il diametro della fune. Riportiamo i seguenti risultati su funi  $d=12$  mm Seale  $150+1$  provate con  $D/d=30$  e tensione di 25 kg/mm<sup>2</sup>, pari ad 1/6 della resistenza media che è di 150 kg/mm<sup>2</sup>. (Per maggiori dettagli si veda il citato Bollettino n. 1).

| Fune n° | $K_f$ | $K_t$ | Durata media |
|---------|-------|-------|--------------|
| 14      | 8     | 10    | 626.000      |
| 13      | 8     | 7,5   | 471.000      |
| 7 (°)   | 8     | 6     | 429.000      |
| 12      | 8     | 6     | 391.000      |
| 10      | 10    | 7,5   | 243.000      |
| 9       | 10    | 6     | 209.000      |
| 6 (°)   | 10    | 10    | 191.000      |
| 8 (°)   | 8     | 10    | 172.000      |
| 5 (°)   | 10    | 6     | 165.000      |
| 11      | 10    | 10    | 128.000      |

(°) Avvolgimento parallelo destro — Le altre funi hanno avvolgimento crociato destro.

I risultati rappresentano le medie di tre prove in uguali condizioni. La dispersione cresce con l'aumentare della durata: gli scarti percentuali rispetto alla media vanno da circa 50 % nelle funi 13 e 14 a circa 15 % nella fune 10 ed a circa 6 % nella fune 11.

#### Studio delle anime tessili.

In merito all'influenza del genere di costruzione, del materiale, dell'impregnamento dell'anima sulla durata della fune, è affrontato un importante studio sui vantaggi delle anime tessili, su

cui sono state effettuate varie esperienze.

Vengono anzitutto esaminati i problemi di resistenza statica delle anime in canapa, manilla, sisal, cotone, di diversa costruzione ad uno o tre legnoli.

Successivamente sono riferiti i risultati di prove a fatica sulle anime tessili, con diversi tipi di gola, rapporti  $D/d$  compresi tra 7 e 20 e con tensioni comprese tra 0,4 e 3,2 kg/mm<sup>2</sup>. Da queste prove si constata che le anime di canapa presentano assai minor durata alle flessioni alternate che a quelle ripetute e che le anime ad un solo legnolo danno durate doppie di quelle a tre legnoli. L'anima di cotone è meno sensibile alla costruzione con uno o tre legnoli e presenta durate da due a tre volte superiori di quelle della canapa, specie a tensioni elevate (più di 2 kg/mm<sup>2</sup>).

Anche la manilla presenta durate assai elevate e così pure il sisal, che a tensioni di prova di 1,5 kg/mm<sup>2</sup> risulta praticamente insensibile all'effetto del tipo di formazione.

In conclusione i quattro materiali danno luogo a comportamenti poco differenziati per tensioni dell'ordine di 0,5 kg/mm<sup>2</sup>. Al crescere della tensione la durata delle anime in cotone, manilla e sisal appare molto maggiore di quella della canapa (a 2 kg/mm<sup>2</sup> essa risulta più elevata da 4 a 10 volte).

Sono poi passati in rassegna quattro tipi di lubrificanti per anime tessili.

Da ultimo è studiata l'influenza dei fattori connessi con l'anima tessile sulla durata delle funi di acciaio ( $6 \times 19$ ).

Il procedimento di torcitura dell'anima, definito « normale » consente aumenti di durata di 10÷15 % su quello di torcitura « abbreviata ». Le funi con anima tessile lubrificata durano da 30 a 50 % in più delle funi con anima non lubrificata.

Un aumento di durata da 17 a 20 % è stato infine constatato sulle funi con anima in manilla e sisal rispetto a quelle con anima in canapa.

#### Influenza della corrosione.

Sono state condotte esperienze con attacco acido sui fili protetti

con grasso oppure galvanizzati allo zinco, al cadmio ed al piombo: quest'ultimo non presenta alcun vantaggio, mentre zinco e cadmio forniscono una buona protezione.

Alla prova di fatica in ambiente corrosivo si sono avuti i seguenti risultati (fune  $6 \times 19$ ,  $d=25$  mm, anima di canapa, provata a tensione di 20 kg/mm<sup>2</sup> e con  $D/d=40$ ):

— fune con anima impregnata con resina non neutralizzata: durata 100.000 cicli;

— fune con anima impregnata di grasso neutralizzante l'acido: durata 140.000 cicli;

— fune con anima impregnata con lo stesso grasso e con fili zincati anzichè lucidi: durata 200.000 cicli.

#### Influenza dei fattori dipendenti dall'utilizzazione.

a) Forma della gola — riportiamo in fig. 11 i risultati ottenuti su funi  $6 \times 19 + 1$  parallele (1) e crociate (2), di diametro  $d=25$  mm, provate con  $D/d=40$  e tensione 20 kg/mm<sup>2</sup>. La miglior forma risulterebbe quella con  $r=0,52 d$ .

Un confronto analogo, se pur limitato, è stato effettuato nel nostro Laboratorio sulla fune « standard » tipo D. Premettiamo anzitutto che tutte le nostre prove sono state effettuate su pulegge

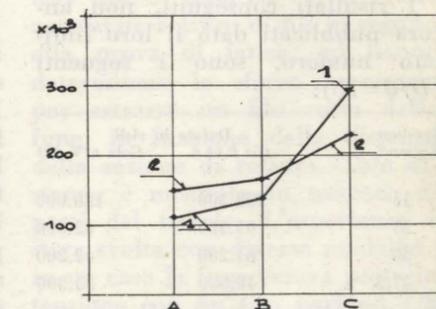


Fig. 11 - Influenza del tipo di gola (A: a V 40°, B:  $r=75$  mm; C:  $r=18$  mm) su funi parallele (1) e crociate (2).

con gola semicircolare di raggio  $r=8$  mm e pertanto nelle seguenti condizioni:

— funi con  $d=10$  mm,  $r=0,80 d$ ;

— funi con  $d=11$  mm,  $r=0,73 d$ ;

— funi con  $d=12$  mm,  $r=0,66 d$ ;

— funi con  $d=14$  mm,  $r=0,57 d$ .

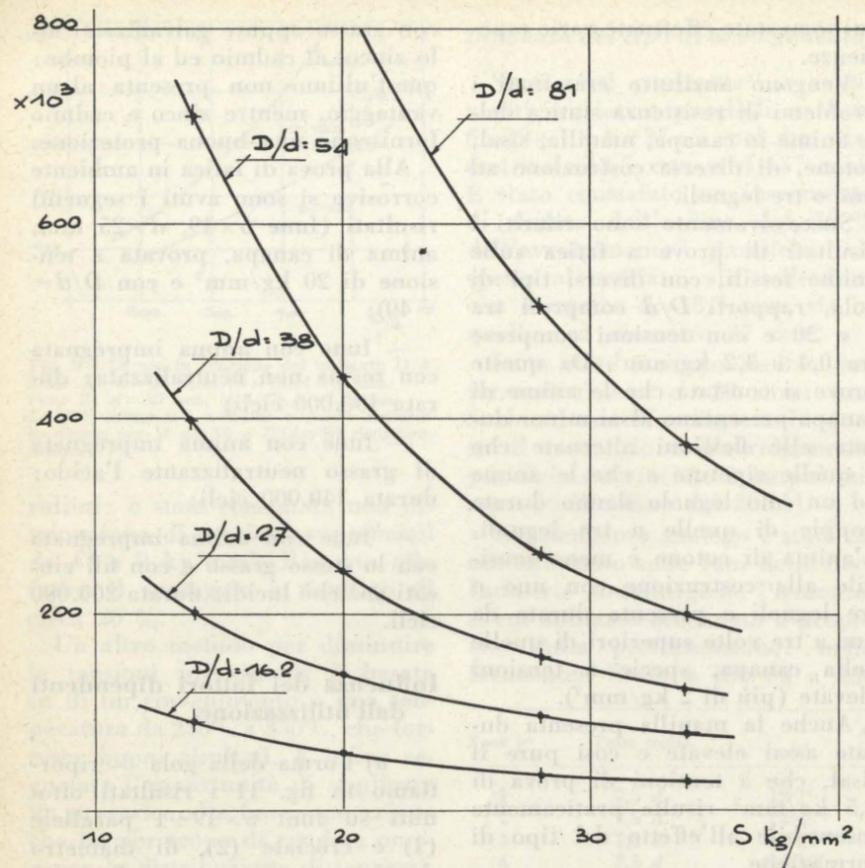


Fig. 12 - Curve di fatica in funzione della tensione S con diversi rapporti di avvolgimento D/d.

Al fine di studiare il comportamento a fatica della fune su gole a V, analoghe a quelle delle pulegge d'ascensore, abbiamo approntato una puleggia di diametro 300 mm, con gola a V, angolo di apertura 40°.

I risultati conseguiti, non ancora pubblicati dato il loro limitato numero, sono i seguenti (D/d=25):

| Tensione Kg/mm <sup>2</sup> | Durata in cicli $r = 0,66 d$ | Gola a V 40° |
|-----------------------------|------------------------------|--------------|
| 15                          | 228.300                      | 120.000      |
| 25                          | 95.400                       | 62.000       |
| 30                          | 61.200                       | 42.200       |
| 37,5                        | 40.000                       | 33.300       |

Tali valori concordano abbastanza bene con quelli indicati dal Shitkow e Pospechow.

b) Gli autori sovietici hanno studiato diversi materiali di rivestimento delle gole mediante prove di fatica su funi 6 x 19, d=25 mm, D/d=40 e con fattori di sicurezza variabili da 3 a 12.

Riportiamo le durate medie ottenute con fattore di sicurezza 5

per i diversi materiali costituenti la gola:

- a) legno 310.000 cicli
- b) alluminio 195.000 cicli
- c) acciaio dolce 150.000 cicli
- d) acciaio duro 140.000 cicli.

In questo campo abbiamo svolto alcune esperienze, pubblicate su « Trasporti Pubblici » n. 6 - 1960, confrontando le durate di funi 6 x 19 su dispositivi a tre pulegge nei quali la puleggia centrale presentava la gola in acciaio duro od in gomma, mentre le pulegge laterali erano sempre in acciaio duro. L'effetto della guarnizione sulla puleggia centrale è stato il seguente (con angolo 0,132 rad):

fattore sicurezza:

- 4; 6; 10

rapporto durate tra gomma e acciaio:

- 3,50; 3,35; 4,81

c) L'influenza del rapporto di avvolgimento D/d e della tensione sono stati particolarmente studiati dai Russi su funi crociate a 114

fili normali, con acciaio di resistenza 170 kg/mm<sup>2</sup> (d=18,5 mm).

La fig. 12 indica le durate a fatica in funzione della tensione e del rapporto D/d ed offre la possibilità di interessanti confronti con le ricerche da noi effettuate sulla fune « standard », espressamente allestita in quattro campionature dalle Ditte Redaelli, Falck, ILVA e TECI ed i cui risultati sono stati comunicati nel Bollettino n. 3.

L'opportunità di operare su di una fune di tipo normale, con caratteristiche medie, è stata rilevata nel corso delle periodiche riunioni di studio tenute al Politecnico di Torino, al fine di approfondire lo studio della prova di fatica mantenendo costanti il maggior numero di parametri e facendo variare soltanto la tensione ed il rapporto di avvolgimento.

Le caratteristiche della fune « standard » sono:

- formazione UNI 1507 ÷ A + 6(1+6+12) S/Z, crociata.
- resistenza: 140/160 kg/mm<sup>2</sup>.
- diametro: d=12 mm.
- rapporto  $K_f=9$ .
- rapporto  $K_t=6$ .

Le prove sono state effettuate con fattori di sicurezza 4, 5, 6 e 10, cioè con tensioni comprese tra 37,5 e 15 kg/mm<sup>2</sup> e rapporti di avvolgimento D/d pari a 30; 25; 21; 13,5: in totale sono state eseguite circa 130 prove di fatica (\*).

Dalla tabella 6, pag. 10 di detto Bollettino stralciamo una serie di risultati medi ricavati da prove di fatica sulle quattro funi, al fine di confrontarli con i valori dedotti dalle esperienze di Shitkow e Pospechow riportati in figura.

| Rapporto D/d | Tensione + Kg/mm <sup>2</sup> | Durata in cicli Drahtseile | Fune standard |
|--------------|-------------------------------|----------------------------|---------------|
| 30           | 37,5                          | 70.000                     | 58.800        |
|              | 30                            | 90.000                     | 92.200        |
|              | 25                            | 120.000                    | 120.200       |
| 25           | 15                            | 240.000                    | 388.000       |
|              | 37,5                          | 50.000                     | 42.000        |
|              | 30                            | 70.000                     | 65.000        |
|              | 25                            | 95.000                     | 88.000        |
|              | 15                            | 190.000                    | 221.700       |

(\* Una interessante elaborazione dei risultati di tali prove è stata pubblicata dall'ing. P. M. Calderale dell'Istituto di Costruzione di Macchine del Politecnico di Torino sulla Rivista DRAHT, 11° - Agosto 1960 (PROST e MEINER - VERLAG. Coburg).

Si nota una sensibile concordanza fra i valori, con lievi divergenze nelle condizioni estreme di tensione (specie alle basse tensioni, e conseguenti forti durate, in cui la dispersione è notoriamente assai elevata).

d) influenza del tipo di flessione (ripetuta od alternata) e dell'angolo di avvolgimento sulla puleggia di prova.

Su funi crociate 6 x 19 con anima tessile, d=25 mm, D/d=40, sono state eseguite esperienze a flessione ripetuta ed alternata con diversi coefficienti di sicurezza (da 6 a 9).

Con coefficiente 6 la durata si riduce da 150.000 cicli a 100.000 passando da flessione ripetuta ad alternata.

L'effetto dell'angolo di avvolgimento sulla puleggia è schematizzato in un grafico da cui si deduce che la durata della stessa fune con D/d=40 e coefficiente di sicurezza 8 cresce come segue:

- angolo 45°: 170.000 cicli;
- angolo 90°: 185.000 cicli;
- angolo 135°: 190.000 cicli;
- angolo 180°: 195.000 cicli.

Esperienze analoghe sono state da noi eseguite su diverse funi.

Anzitutto su funi Diepa della Soc. Sider (Bollettino n. 1), confrontando il comportamento dei campioni su diversi dispositivi sperimentali ad una, due e tre pulegge, con flessioni ripetute ed alternate. Altri dati sono riuniti nel Bollettino n. 2 relativamente a funi della Soc. Falck di Milano.

Limitandoci al confronto tra avvolgimenti di 180° e di 90°, cioè tra prove su una e su due pulegge, riportiamo alcuni risultati da noi conseguiti sulle funi:

- 1) Diepa A 160, R=140 kg/mm<sup>2</sup> (della Diepa)
- 2) Diepa S 239, R=150 kg/mm<sup>2</sup> (della Diepa)
- 3) P. D. (6 x 19), R=150 kg/mm<sup>2</sup> (della soc. Falck)
- 4) P. D. (6 x 19), R=190 kg/mm<sup>2</sup> (della soc. Falck)
- 5) Seale 114, R=150 kg/mm<sup>2</sup> (della soc. Falck)
- 6) Seale 114, R=190 kg/mm<sup>2</sup> (della soc. Falck)

7) Seale 150, R=150 kg/mm<sup>2</sup> (della soc. Falck)

8) Warrington, R=150 kg/mm<sup>2</sup> (della soc. Falck)

| Fune n° | D/d  | Tensione Kg/mm <sup>2</sup> | Durate medie 180° | Durate medie 90° |
|---------|------|-----------------------------|-------------------|------------------|
| 1       | 25   | 21,5                        | 198.190           | 64.000           |
| 2       | 25   | 21,0                        | 83.570            | 52.000           |
| 3       | 27,5 | 31,5                        | 72.500            | 54.000           |
| 4       | 27,5 | 31,5                        | 105.000           | 37.100           |
| 5       | 27,5 | 30,0                        | 172.000           | 182.000          |
| 6       | 27,5 | 30,0                        | 151.000           | 84.000           |
| 7       | 27,5 | 30,5                        | 109.500           | 133.500          |
| 8       | 27,5 | 30,0                        | 98.300            | 110.200          |

Dai valori della tabella (taluni dei quali risultano dalla media di due dati piuttosto lontani tra loro) risulta che in cinque casi si è verificata una durata inferiore da metà ad un terzo nei sistemi a 2 pulegge, cioè con angolo di 90°, rispetto alla prova su puleggia unica, con angolo di 180°.

Nei tre restanti casi le durate sono risultate quasi equivalenti, con lieve prevalenza del sistema a 90°.

È importante precisare che i nostri valori sono piuttosto dispersi anche perchè trattasi di risultati meno recenti, in cui per la durata si assumeva il numero di cicli corrispondenti alla completa rottura della fune. Avendo constatato che la fase finale di « agonia » può durare più o meno a lungo, abbiamo convenuto (vedi Bollettino n. 3) di assumere come « durata corretta » il numero di cicli corrispondente alla prima netta discontinuità del diagramma deformazioni-cicli, cioè alla rottura di un trefolo o ad un primo scompaginamento della fune (figura 13).

e) Effetto di sollecitazioni dinamiche.

Tale fatto è stato analizzato sottoponendo a prova di fatica la fune sollecitata da carico dinamico variabile tra 1 volta ed 1,8 volte il carico statico. La durata è risultata quasi dimezzata rispetto alla prova con carico costante.

f) Effetto del contatto con il suolo sabbioso.

Questo interessante aspetto della fatica che riguarda molte appli-

cazioni tecniche è stato studiato confrontando campioni in condizioni normali con altri a contatto con suolo sabbioso asciutto od impregnato d'acqua.

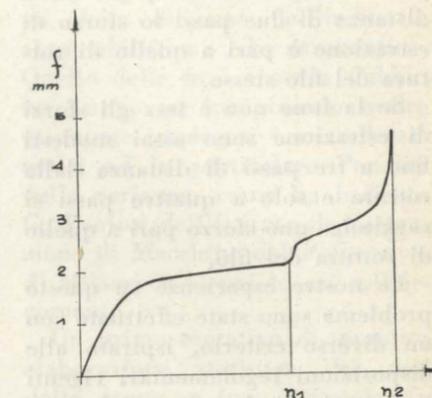


Fig. 13 - Esempio di curva degli allungamenti f in funzione delle durate. Con n<sub>1</sub> è indicata la durata corretta, con n<sub>2</sub> la durata a rottura (da nostre esperienze).

È stato rilevato che la durata varia sensibilmente scendendo da 150.000 cicli (carico 1/6, con D/d=40) in condizioni normali a 115.000 cicli in sabbia asciutta ed a 60.000 cicli in sabbia bagnata.

L'effetto di rotture di fili sullo sforzo sopportato dalla fune.

Con questo argomento si conclude la parte di Drahtseile dedicata alle indagini sperimentali sulla durata delle funi. Gli autori hanno preso in considerazione dodici tipi di fune su cui si erano constatate rotture di fili in seguito alla prova di fatica, ed hanno determinato lo sforzo necessario per estrarre un filo rotto dalla fune, in funzione della distanza della sezione di rottura. Tale distanza è misurata in numero di passi del trefolo. L'esperienza è stata svolta con diverse modalità: in un caso la fune veniva posta in tensione con un tiro pari ad 1/8 del suo carico di rottura ed il filo da estrarre era afferrato da un'altra macchina per mezzo di un cavetto morsettato sul filo; nell'altro caso la fune era lasciata senza tensione, salvo quella assai modesta derivata dallo sforzo di estrazione del filo. In tal modo è stato possibile porre in luce l'effetto della tensione sul serraggio tra i fili, come appare dalla fig. 14 in cui sono confrontate funi

(6 × 19 + 1) di diametro  $d=30$  mm (diametro fili: 2 mm).

Si nota infatti che quando la fune è tesa, il filo rotto richiede uno sforzo di estrazione elevato già a distanza di un passo ed a distanza di due passi lo sforzo di estrazione è pari a quello di rottura del filo stesso.

Se la fune non è tesa gli sforzi di estrazione sono assai modesti fino a tre passi di distanza dalla rottura e solo a quattro passi si raggiunge uno sforzo pari a quello di rottura del filo.

Le nostre esperienze su questo problema sono state effettuate con un diverso criterio, ispirato alle disposizioni regolamentari vigenti in materia di rimozione dal servizio delle funi. Come noto le Norme del Ministero dei Trasporti prevedono di tener conto di una riduzione convenzionale della sezione della fune pari alla somma delle sezioni dei fili rotti su di una lunghezza di 4 volte il passo del filo nel trefolo, o pari ad un quarto dei fili rotti su 40 volte il passo.

Il procedimento sperimentale da noi seguito è stato il seguente: determinata preventivamente la durata a rottura di una fune e la sua resistenza statica, sono state effettuate prove di fatica limitan-

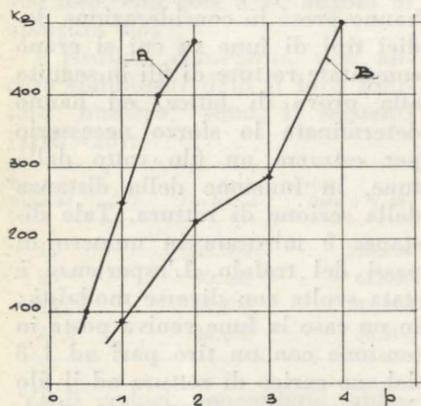


Fig. 14 - Sforzi di estrazione di fili rotti in funzione della distanza  $p$  in passi del trefolo nella fune. A: fune non tesa; B: fune con tensione pari a  $1/8$  del suo carico di rottura.

do la durata a rottura, cioè sospendendo l'esperienza dopo un numero di cicli pari al 50 % o 60 % o 70 %, ecc., della durata massima.

Il campione veniva quindi rimosso dalla macchina per il conteggio dei fili rotti e successivamente sottoposto a prova di trazione statica per determinare la resistenza residua.

I risultati in nostro possesso sono per ora assai limitati ed in questo particolare problema la dispersione è assai forte, come appare dalla Tabella in cui abbiamo rielaborato i risultati di prove presentate al 1° Congresso Funiviaro di Roma (funi normali  $6 \times 19 + 1$ ):

| Durata % | Riduzione sezione % | Riduzione di resistenza % |
|----------|---------------------|---------------------------|
| 80       | 48                  | 57                        |
| 75 (x)   | 29                  | 21                        |
| 75 (x)   | 22                  | 13                        |
| 60       | 39                  | 25                        |
| 60       | 25                  | 15                        |
| 50 (x)   | 17                  | 9                         |
| 40       | 18                  | 9                         |

(x) Prove di fatica con sforzo pari ad  $1/4$  del carico di rottura della fune; le altre sono con sforzo pari ad  $1/5$  di detto carico.

La riduzione di sezione, valutata dal conteggio dei fili rotti su di una lunghezza di quattro passi del filo nel trefolo, appare in concomitanza con la diminuzione di resistenza: si nota tuttavia un certo divario, in favore della sicurezza, tra la riduzione di sezione e la corrispondente riduzione di resistenza.

Altre nostre esperienze, in corso di ultimazione e quindi non ancora pubblicate, indicherebbero però che in alcune formazioni (tipo Seale od altre con anima di acciaio, preformate) si verifica l'effetto opposto: in altri termini si constata che la riduzione di resistenza è maggiore di quella denunciata dal numero di fili esterni rotti.

Dal punto di vista della qualità della fune ci pare che questo fatto debba essere giudicato positivamente, perchè significa che la fune è ben costruita se si comporta correttamente fin quasi a rottura presentando pochi fili spezzati: dal punto di vista della sorveglianza, invece, ciò rende necessaria l'adozione di altri criteri di controllo che diano la dovuta importanza ad

un numero di fili rotti più esiguo di quello normalmente constatabile su formazioni normali.

In questo senso ci pare molto opportuna la diffusione che van-

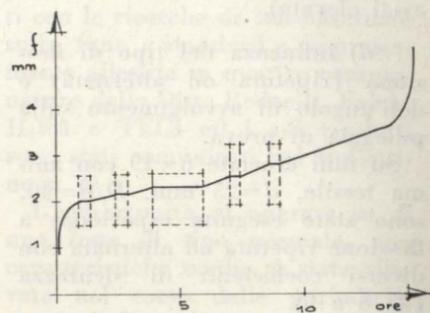


Fig. 15 - Prova di fatica con soste - Grafico degli allungamenti in funzione del tempo. Le zone a trattini corrispondono ai periodi di sosta (da nostre esperienze).

no assumendo le Norme sull'uso degli apparecchi magneto-induttivi per la determinazione della riduzione di sezione e delle rotture di fili interni. Sarebbe anzi auspicabile svolgere un'accurata indagine sui diversi tipi di fune per stabilire la legge di decremento della resistenza in funzione della durata sia mediante conteggio dei fili rotti, sia attraverso alle letture di un apparecchio magneto-induttivo.

Gli autori sovietici hanno affrontato questi problemi nella 4ª parte della loro opera, di cui noi non possiamo occuparci nei limiti di questo articolo. Diremo comunque che essi propongono un nuovo metodo per stabilire le Norme sul mantenimento in servizio delle funi, considerando il numero dei fili rotti ed il carico di rottura residuo e suggeriscono formule per la valutazione della durata del tipo di quella da noi riportata all'inizio.

#### Effetto delle soste nella prova di fatica.

Per concludere segnaleremo un tema di ricerca che non ci pare sia stato affrontato da Shitkow e Posphechov e che noi abbiamo iniziato a studiare. Si tratta dell'effetto sulla durata della fune di interruzioni nel processo di affaticamento, studiato eseguendo prove di fatica con soste secondo un

programma preordinato. Ad esempio il programma n. 1 era il seguente: tre periodi di un'ora di prova intervallati da soste di mezz'ora, seguiti da una sosta di due ore e da una serie di due periodi di un'ora di prova con soste di mezz'ora, dopodichè la prova proseguiva fino a rottura.

Il programma n. 2 era in tutto identico, con l'unica variante che invece di svolgersi all'inizio dell'esperienza era svolto dopo circa 45.000 cicli pari al 60 % della durata a rottura.

Le prove sono state svolte su fune  $d=12$  mm a  $6(1+6+12)+A$ , con resistenza  $140-160$  kg/mm<sup>2</sup>, allestite dagli Stabilimenti G. Fornara, con  $D/d=30$  e tensione pari ad  $1/5$  del carico di rottura teorico.

I risultati ottenuti, che non sono ancora stati pubblicati dato il loro limitato numero, sono i seguenti:

| Prova no | Durata cicli | Media cicli |
|----------|--------------|-------------|
| 1        | 79.300       | 73.450      |
| 2        | 67.600       |             |
| 3        | 44.900       | 58.100      |
| 4        | 71.300       |             |
| 5        | 79.400       | 70.750      |
| 6        | 62.100       |             |

Nota: Prove 1 e 2 eseguite senza soste. Prove 3 e 4 con soste come da programma 1. Prove 5 e 6 con soste come da programma 2.

Nella fig. 15 è rappresentato il diagramma allungamenti-cicli relativo alla prova n. 3, in cui sono visibili le soste, indicate da un tratto orizzontale nella curva degli allungamenti.

Dai valori suesposti parrebbe doversi rilevare che il funzionamento intermittente determina una riduzione nella vita della fune, specie se l'alternarsi di affaticamenti e di soste si verifica nella fase iniziale della prova. Naturalmente il piccolo numero di dati non consente, per ora, di trarre alcuna conclusione, che potrà essere dedotta da indagini più estese da svolgersi in futuro.

#### Conclusioni.

Dall'esposizione precedente appaiono, se pure in forma sommaria, i numerosi aspetti del problema della durata delle funi flessibili.

Una prima conclusione che possiamo trarre dal quadro di ricerche che abbiamo esposto riguarda la complessità della questione e la necessità di impostare, per il futuro, indagini per quanto possibili estese ed approfondite. Questa esigenza è stata sentita dalle Case costruttrici italiane, che hanno recentemente deciso di promuovere un vasto programma di ricerche sperimentali con il contributo della Commissione per la ricerca Industriale del Consiglio Nazionale delle Ricerche.

Dall'esame comparativo dei risultati di Drahtseile con quelli da noi ottenuti emerge inoltre la conclusione che i valori trovati nelle diverse esperienze sono generalmente dello stesso ordine di grandezza, ciò che costituisce una conferma del metodo sperimentale da noi seguito. Se nel caso attuale ciò può apparire naturale, data l'analogia delle macchine adoperate, dobbiamo tuttavia sottolineare la necessità di mettere a punto un tipo di prova unificato, (l'analogo della flessione rotante, ad esempio, nella fatica classica) precisando chiaramente le modalità di prova ed il criterio di misura della durata. È comunque confortante constatare che le nostre ricerche, condotte con la collaborazione di Costruttori di Funi, di utilizzatori e progettisti, di esperti dell'Amministrazione e degli Enti di controllo, hanno consentito di raccogliere su diversi aspetti del problema un complesso di dati che per quanto limitato, è stato tuttavia sufficiente ad istituire un confronto su una parte degli argomenti trattati.

Un'ulteriore considerazione riguarda la dispersione dei risultati: nel corso del nostro esame dei dati di Drahtseile non abbiamo rilevato una precisa indicazione del numero di prove effettuate per ciascuna esperienza, nè una analisi statistica che desse informazioni sull'attendibilità dei ri-

sultati. Questa lacuna può essere spiegata osservando che la tendenza all'impostare con criteri statistici le prove di fatica è relativamente recente, in concomitanza con l'impulso dato in questo campo dalle esigenze dell'industria automobilistica ed aeronautica. Quello delle funi è senza dubbio un campo in cui possono essere utilmente impiegati i metodi statistici ed in particolare l'analisi della varianza, come ha indicato G. Paolini dell'Istituto di Costruzione di Macchine del Politecnico di Milano in alcuni lavori sull'argomento.

Un primo tentativo di semplice elaborazione statistica dei dati delle prove su fune « Standard » (Bollettino n. 3) è stato da noi pubblicato sul n. 7/1959 di « Trasporti Industriali »: in esso sono riportate le medie e gli scarti assoluti rilevati nelle diverse prove e viene messo in luce che le condizioni di prova non sembrano avere una notevole influenza sulla dispersione dei risultati.

La questione dell'attendibilità dei risultati e della significatività delle differenze rilevate è di primaria importanza, per cui le ricerche future dovranno essere programmate con corretti criteri statistici.

Come considerazione conclusiva segnaliamo infine l'esigenza di pervenire ad una correlazione tra i dati delle prove di Laboratorio ed i risultati del comportamento in servizio: tale analisi è certamente assai complessa, data la pluralità di impieghi delle funi flessibili e le diverse condizioni di esercizio nell'ambito di uno stesso impiego.

Essa è comunque necessaria perchè la prova di fatica deve essere utilizzata non solo come strumento di indagine dei problemi tecnologici e metallurgici connessi con la costruzione delle funi, ma anche come metodo di controllo della produzione e come criterio d'informazione sul presumibile comportamento del flessibile, ogni qualvolta l'importanza dell'impianto lo richieda.

Ugo Rossetti

Politecn. di Torino Ist. di Scienza delle Costr. - 11-1960

# Ravvivatura e rettifica delle mole abrasive

ALBERTO MANASSERO nel presente studio trattando dell'impiego dei diamanti industriali illustra alcuni accorgimenti che potranno essere di ausilio ai tecnici d'officina per la buona riuscita delle lavorazioni e per la riduzione dei costi di produzione.

## Cenni sulle mole in genere.

L'elevato grado di precisione e di finitura richiesto nelle lavorazioni meccaniche, ha reso insostituibile l'uso delle mole abrasive.

La mola lavora con un'azione di taglio vera e propria ed è da considerarsi come un normale utensile multiplo: si può quindi paragonare ad una fresa che asporti trucioli minuti spesso microscopici (fig. 1).

Le caratteristiche che permettono di distinguere una mola sono: il tipo di abrasivo, la grana, il grado di durezza, la struttura e l'agglomerante.

## Tipo di abrasivo.

Gli abrasivi si distinguono in naturali ed artificiali.

I più importanti tra i naturali sono: lo smeriglio contenente il 50 ÷ 55 % di sesquiossido di alluminio ed il corindone che ne contiene il 70 ÷ 80 %.

Tra gli abrasivi artificiali si possono distinguere: l'alundum (sesquiossido di alluminio cristallizzato) ed il carborundum (carburo di silicio).

L'industria moderna per la fab-

bricazione delle mole si è ormai orientata verso gli abrasivi artificiali in quanto gli stessi, rispetto ai naturali, sono più omogenei ed hanno maggior durezza.

## La grana.

Viene generalmente indicata con delle cifre le quali, normalmente, rispecchiano il numero delle maglie per pollice lineare (millimetri 25,4) di un setaccio che lascia passare quella determinata grana di abrasivo.

La separazione delle grane avviene per gradi, quindi le cifre basse indicano le grane grosse e le cifre alte quelle fini come dal seguente specchio:

| Grossa | Media | Fine | Finissima |
|--------|-------|------|-----------|
| 12     | 30    | 90   | 220       |
| 14     | 36    | 100  | 240       |
| 16     | 40    | 120  | 280       |
| 20     | 46    | 150  | 320       |
| 24     | 50    | 180  |           |
|        | 60    |      |           |
|        | 70    |      |           |
|        | 80    |      |           |

## Grado di durezza.

Viene normalmente indicato con una lettera la quale rispecchia la

resistenza della mola alla disgregazione. Il grado di durezza viene determinato dal rapporto tra la quantità di abrasivo e la quantità di agglomerante.

Esso oscilla sempre entro limiti di tolleranza in quanto difficilmente si possono trovare due mole che presentino in tutti i punti della loro massa una stessa durezza. Le durezze vengono controllate dai costruttori di mole mediante l'uso di blocchi campione corrispondenti ai vari gradi.

Questa operazione deve essere eseguita sulla mola dopo tornitura in quanto la stessa appena uscita dal forno presenta in superficie una crosta vetrificata di durezza maggiore a quella reale.

Il grado di durezza aumenta direttamente con l'ordine alfabetico come risulta nel seguente specchio:

| Molto dolce | Dolce      | Medio      |
|-------------|------------|------------|
| E.F.G.      | H.I.J.K.   | L.M.N.O.   |
| Duro        | Molto duro | Extra duro |
| P.Q.R.S.    | T.U.V.W.   | X.Y.Z.     |

## La struttura.

La struttura viene normalmente indicata con un numero il quale rispecchia il grado di porosità della mola e rappresenta il rapporto tra la quantità di abrasivo, la quantità di agglomerante e lo spazio poroso.

Le strutture si distinguono in: aperta, media, chiusa (fig. 2).

## L'agglomerante.

L'agglomerante è la sostanza che lega i granuli di abrasivo tra di loro mantenendoli a distanza stabilita: conferisce alla mola le caratteristiche di durezza (resistenza alla disgregazione) e di po-

rosità. Di agglomeranti ve ne sono di vari tipi, i principali sono:

a) Ceramico (argilla, caolino, feldspato); il 90 % delle mole usate nelle industrie si possono ritenere di questo impasto.

b) Silicato (vetro solubile) usato specialmente per mole tenere.

c) Elastico (a base di resine sintetiche, bakelite e simili) usato generalmente per costruire mole molto sottili e che debbono lavorare a velocità quasi doppia delle altre; es. mole a troncatura.

tra i granuli di abrasivo sono saturi dei trucioli asportati che impediscono alla mola di continuare a tagliare.

Detta operazione viene eseguita con bastoncini al carburo di silicio per le mole di diametro piccolo (caso specifico delle mole per affilatura utensili) mentre per quelle di diametro superiore si usano rotelle tipo « Peristat » come indicato in fig. 3.

## b) Operazione di rettifica.

Viene effettuata quando la mola deve essere resa piana o cilindrica

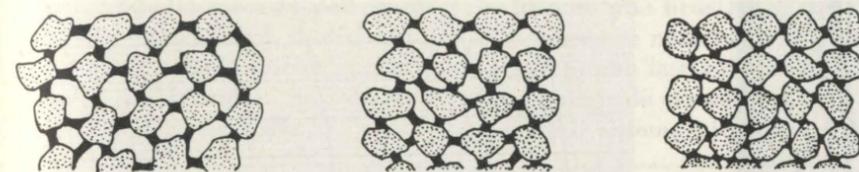


Fig. 2 - Mole uguali per grana e grado di durezza, ma di strutture diverse.

Premesso quanto sopra la lettura di una mola viene così effettuata:

Esempio:

| A             | 46       | L             | 5         | V            |
|---------------|----------|---------------|-----------|--------------|
| Tipo abrasivo | N° grana | Grado durezza | Struttura | Agglomerante |

Riportiamo la tabella delle velocità periferiche in mt./l" consigliate dalla ditta Norton:

| Rettifica esterna | Rettifica interna | Troncature con mole in bachelite |
|-------------------|-------------------|----------------------------------|
| 28 ÷ 33           | 10 ÷ 30           | 48 ÷ 80                          |

## Concetto di ravvivatura e di rettifica delle mole.

Molti ancora oggi confondono l'operazione di ravvivatura con quella di rettifica della mola ed è bene perciò far notare quale sia la differenza tra queste due operazioni.

## a) Operazione di ravvivatura.

Deve essere eseguita quando la mola ha perso la sua abrasività e cioè quando gli interstizi esistenti

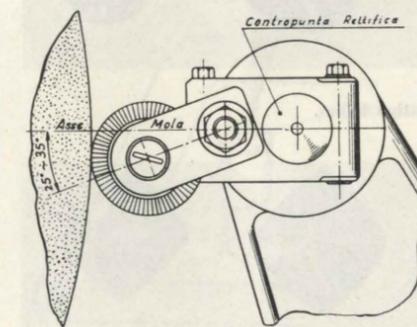


Fig. 3 - Sistema razionale per l'uso delle rotelle tipo « Peristat ».

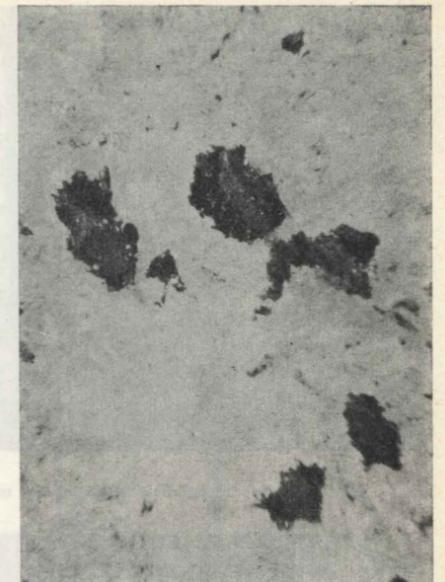


Fig. 4 - Inclusione di materiale in una mola (ingrand. 15 volte).

Riepilogando: la prima operazione ha il compito di rimuovere nella mola il granulo di abrasivo al fine di eliminare i trucioli incorporati (fig. 4) mentre la seconda che è complemento alla prima ha il compito di intaccare, senza rimuovere, il granulo di abrasivo per generare nuovi spigoli di taglio.

Possiamo quindi dedurre che per le mole atte a compiere operazione di sgrossatura è sufficiente l'uso del « Peristat » mentre per quelle di finitura è necessario usare prima il « Peristat » e poi il diamante (figg. 5-6).

## Il diamante.

Il diamante è carbonio puro e cristallizza nel sistema monometrico, la sua sfaldatura è perfetta secondo l'ottaedro.

Occupa l'ultimo posto della scala di Mohs con durezza 10 ed il suo peso specifico è di 3,52.

L'unità di misura è il carato (Kr. = 205 milligrammi).

I giacimenti più importanti sono in Brasile, Sud Africa e Congo.

I diamanti usati nell'industria si possono suddividere in tre categorie:

1) Carbon - Diamanti neri apparentemente « amorfi ».

Fig. 1 - Trucioli asportati con mola di finitura (ingr. 150 volte).



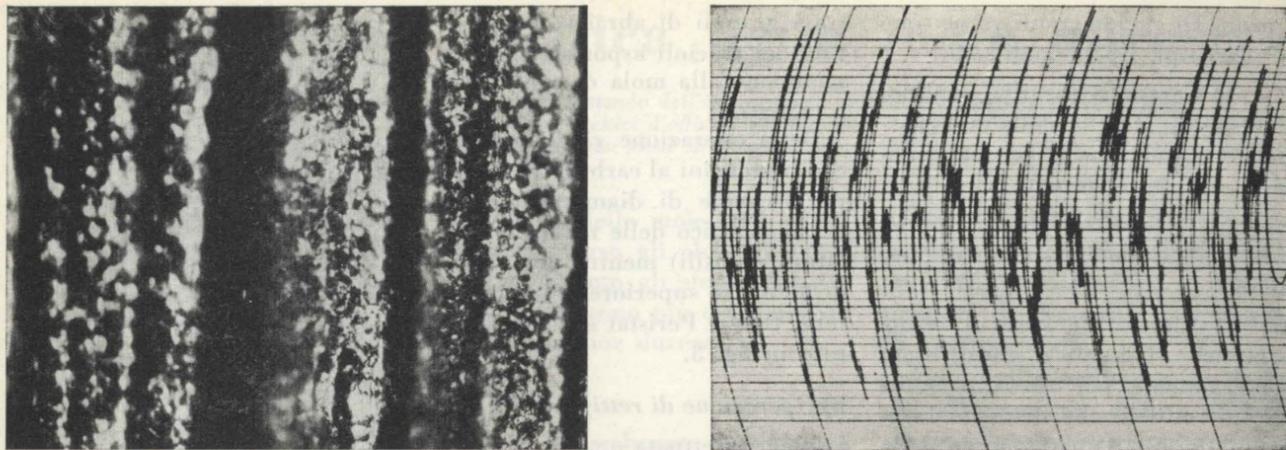


Fig. 5 - Micrografia di superficie ottenuta con mola ravnivata con Peristat e relativo diagramma di scabrosità (hm.  $2 \div 2,5 \mu$ ).

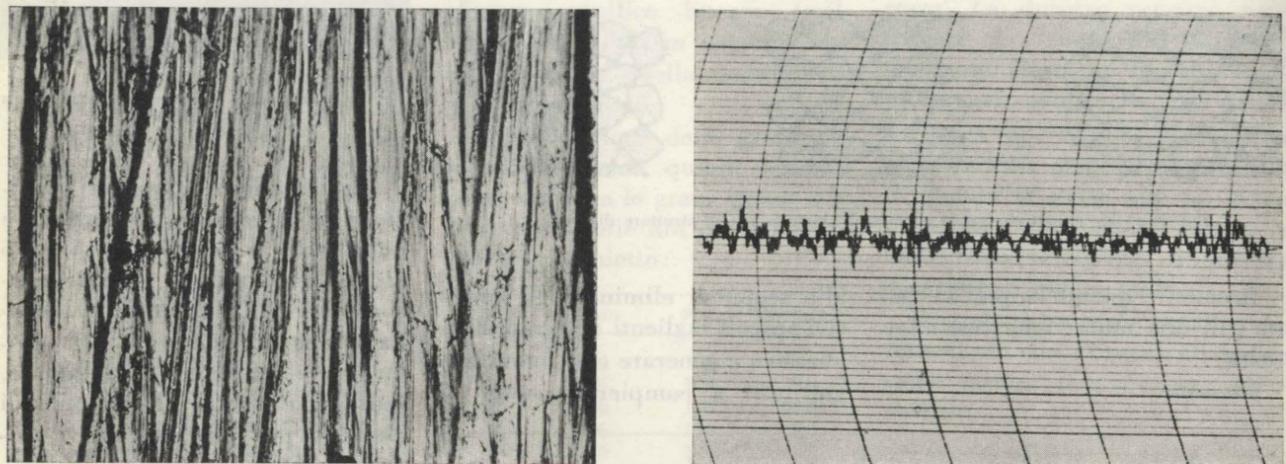


Fig. 6 - Micrografia di superficie ottenuta con mola rettificata con diamante multiplo e relativo diagramma di scabrosità (hm.  $0,20 \div 0,22 \mu$ ).

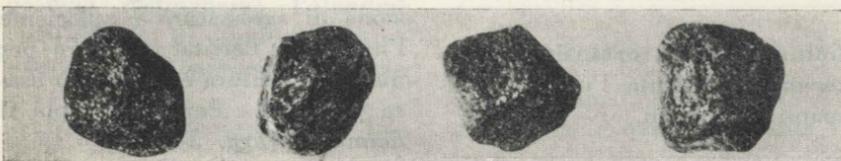


Fig. 7 - Diamanti tipo Carbon.

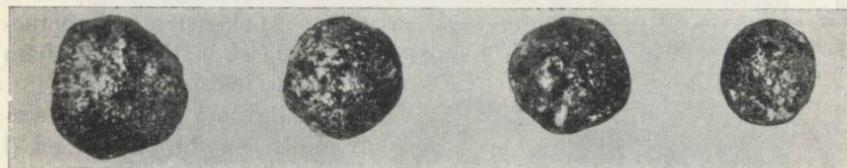


Fig. 8 - Diamanti tipo Ballas.

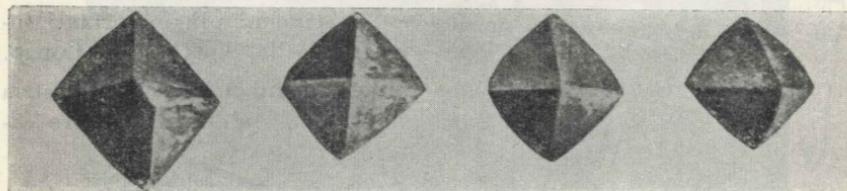


Fig. 9 - Diamanti tipo Borts.

In questa categoria si trovano pietre di durezza superiore od inferiore a tutti gli altri tipi.

La scelta è molto difficile per cui è sconsigliabile l'uso nella rettifica delle mole (fig. 7).

### 2) Ballas.

Sono di durezza elevata, forma tonda e non presentano scheggiature o piani di sfaldamento.

Non sono indicati per la rettifica delle mole in quanto non presentano spigoli acuti (fig. 8).

### 3) Borts.

Sono di forma ottaedrica più o meno regolare.

Questi diamanti per la presenza di spigoli acuti, sono i più usati nella rettifica delle mole (fig. 9).

Nella scelta delle pietre occorre escludere i Congo perchè troppo

teneri: inoltre bisogna controllare che non esistano crettature interne, piccole screpolature, soffiature od altri difetti che possono causare la rottura del diamante stesso.

I diamanti usati per rettificare mole abrasive, indipendentemente dalla caratura e dalla provenienza delle pietre, si distinguono in:

- diamanti rettificatori singoli,
- diamanti rettificatori multipli.

### Diamanti rettificatori singoli.

La caratura di questi diamanti deve essere scelta in base al diametro ed allo spessore della mola. A scopo orientativo riportiamo la seguente tabella delle carature scelte in funzione dei diametri delle mole operatrici:

| Ø mole mm.  | 150  | 300 | 500 | 650 | 800 | 1000 |
|-------------|------|-----|-----|-----|-----|------|
| Peso in Kr. | 0,40 | 1   | 1,5 | 2   | 2,5 | 3    |

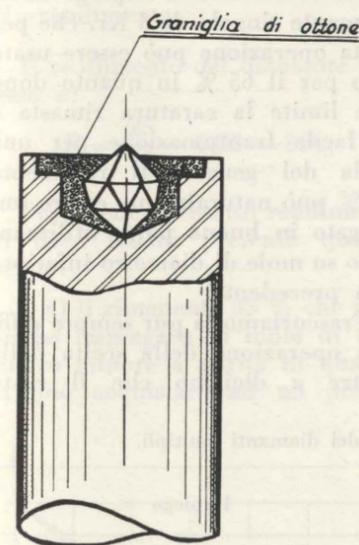


Fig. 10 - Sistemazione del diamante nella sede del castone.

È consigliabile di non cercare mai un risparmio nella spesa iniziale, usando carature insufficienti, per evitare un eccessivo consumo. Generalmente questi diamanti vengono ancora incastonati con il vecchio sistema e cioè quello della saldatura con graniglia di ottone, oppure argentana per diamanti

piccoli (max 0,5 Kr.) utilizzando il cannello ossiacetilenico.

Questa operazione è pericolosa per due motivi:

1) Il diamante prima della saldatura deve essere sistemato nella sede del castone già riempita con graniglia di ottone o di argentana. Questa operazione non è razionale in quanto la pietra perde facilmente il suo orientamento sotto l'azione del cannello pure essendo trattenuta con una bacchetta della stessa lega della graniglia (fig. 10).

2) Il diamante a contatto della fiamma può bruciare senza che l'operatore se ne accorga in quanto questo non lascia tracce ma sviluppa anidride carbonica (fig. 11). Oggi il sistema più sopra citato

è stato sostituito dalla incastonatura mediante la sinterizzazione.

Con questo sistema si evita la saldatura col cannello ossiacetilenico e l'orientamento della pietra viene effettuato in una matrice di polveri metalliche, sinterizzate mediante il caricamento in un forno ad atmosfera riducente (idrogeno puro) ed a temperatura adatta.

Possiamo attribuire ai diamanti incastonati mediante sinterizzazione un rendimento superiore al 15 % rispetto a quelli incastonati con saldatura.

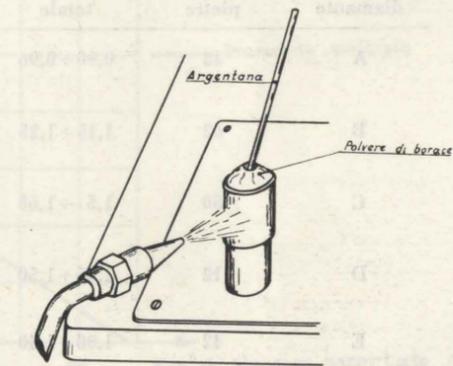


Fig. 11 - Fusione della graniglia mediante cannello ossiacetilenico.

Riportiamo alcuni consigli pratici.

### 1) Il sopporto.

Deve essere rigido al fine di evitare vibrazioni al castone ravnivatore che sono causa di cattive ravnivature e che pregiudicano l'integrità del diamante.

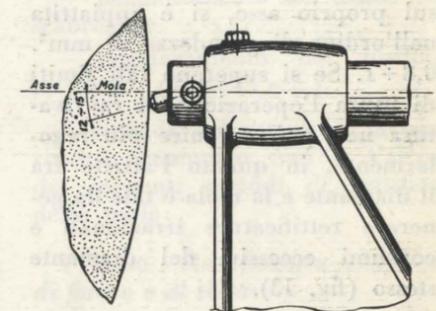


Fig. 12 - Sistema razionale per l'uso dei diamanti singoli.

### 2) Il castone.

Deve essere orientato con un angolo di  $12^\circ \div 15^\circ$  in modo che la punta del diamante risulti al disotto della mezzaria della mola, come indicato in fig. 12.

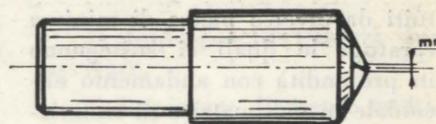


Fig. 13 - Massimo appiattimento acconsentito.

### 3) La profondità di taglio.

Non deve mai superare l'ordine di grandezza di mm. 0,04 (profondità per il max rendimento mm.  $0,02 \div 0,03$ ).

### 4) La refrigerazione.

Deve essere praticata costantemente e con abbondanza, il getto deve investire il punto di contatto mola-diamante in modo da impedire surriscaldi del diamante.

Un getto insufficiente può provocare fessurazioni e scheggiature per rapidi sbalzi di temperatura.

### 5) Il grado di utilizzazione.

Deve essere costantemente controllato dal tecnico d'officina al fine di riportare il diamante alla rivoltatura quando la punta di questo, dopo successive rotazioni

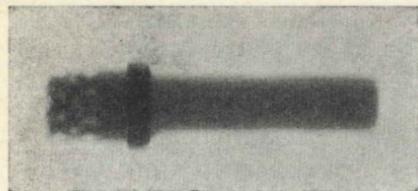


Fig. 14 - Riprod. radiografica di un diamante multiplo.

sul proprio asse, si è appiattita nell'ordine di grandezza di  $\text{mm}^2$ .  $0,8 \div 1$ . Se si superano tali limiti di usura l'operazione di rinvivatura non può avvenire più regolarmente, in quanto l'attrito fra il diamante e la mola è tale da generare rettificature irrazionali e consumi eccessivi del diamante stesso (fig. 13).

#### 6) La pietra.

Non deve essere scoperta in quanto, se si passa il castone sulla mola si asporta il materiale che trattiene la pietra e si causa la frantumazione o la perdita della stessa.

#### Diamanti rettificatori multipli.

Sono così chiamati perchè costituiti da diverse pietre di minima caratura le quali si susseguono in profondità con andamento elicoidale in una matrice di sinterizzato (fig. 14).

Possono sostituire i diamanti singoli, nelle operazioni dove non è richiesta la sagomatura della mola e con un rendimento superiore.

A differenza di quanto avviene

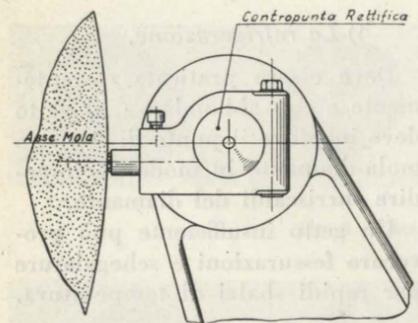


Fig. 15 - Sistema razionale per l'uso dei diamanti multipli.

nel singolo, il carico di lavoro nel diamante multiplo viene frazionato sulle diverse puntine in quanto

queste lavorano contemporaneamente sulla mola e agiscono come passate di sgrossatura, semifinitura e finitura.

Questi diamanti senza trascurare il grado di finitura ottenibile, offrono rispetto ai singoli i seguenti vantaggi.

1) Maggior facilità di approvvigionamento e maggior possibilità di trovare pietre sane nelle piccole carature.

2) Si elimina la rivoltatura.

3) Le puntine che costituiscono il diamante multiplo quando sono al massimo del loro appiattimento difficilmente presentano una sezione superiore ad  $1 \text{ mm}^2$ , e quindi si mantengono sempre attive ed in ottime condizioni di lavoro.

4) Utilizzazione integrale di tutte le pietre.

5) Si diminuisce il danno della frantumazione in caso di urto contro la mola.

6) Ripartizione del calore sopra diverse puntine e quindi minor danno alle pietre.

Anche per l'uso di questi diamanti è bene raccomandare al tecnico:

a) la rigidità del supporto porta castone per evitare vibrazioni;

b) la profondità di taglio (max rendimento da  $\text{mm}$ .  $0,02 \div 0,03$ );

c) la refrigerazione abbondante

nel punto di contatto mola-diamante;

d) il diamante multiplo deve avere il suo asse parallelo alla mezzaria della mola e sempre al disotto di essa, come indicato in fig. 15.

A scopo orientativo riportiamo a piè di pagina la tabella per la scelta razionale dei diamanti multipli.

#### Confronto tra diamanti singoli e multipli.

Un confronto vero e proprio non è possibile stabilirlo con esattezza in quanto dovrebbe essere fatto a parità di caratura e prezzo, ma a scopo orientativo riportiamo come esempio uno dei tanti casi che si è presentato durante il ciclo delle nostre prove.

Rettificatura di una mola le cui dimensioni sono  $\varnothing 915 \times 44 \text{ mm}$ . e le caratteristiche A 54 N 5 VBE, atta a compiere operazioni di finitura su alberi a gomito.

Dalla tabella delle carature si rileva la necessità d'impiego di un diamante singolo da 3 Kr. che per detta operazione può essere usato solo per il 65 % in quanto dopo tale limite la caratura rimasta è di facile frantumazione per una mola del genere. Il rimanente 35 % può naturalmente essere impiegato in buona parte utilizzando su mole di diametro inferiore alla precedente.

Trascuriamo la pur sempre difficile operazione della scelta delle pietre e diciamo che il costo

Tabella per la scelta razionale dei diamanti multipli.

| Tipo diamante | Numero pietre | Caratura totale  | Impiego   |
|---------------|---------------|------------------|---|
| A             | 48            | $0,90 \div 0,96$ | Per mole di grana media: $\varnothing 200 \div 350 \text{ mm}$ .  |
| B             | 62            | $1,15 \div 1,25$ | Per mole di grana media: $\varnothing 350 \div 650 \text{ mm}$ .  |
| C             | 50            | $1,5 \div 1,65$  | Per mole di finitura con grana media: $\varnothing 650 \div 1000 \text{ mm}$ .                                |
| D             | 12            | $1,45 \div 1,50$ | Per mole di semifinitura con grana media: $\varnothing 650 \div 1000 \text{ mm}$ .                            |
| E             | 42            | $1,30 \div 1,40$ | Per rettifiche senza centri tipo centerless. Per mole di grana media: $\varnothing 350 \div 650 \text{ mm}$ . |

odierno di un diamante da 3 Kr. di ottima qualità è paragonabile al costo totale di 4 diamanti multipli tipo C.

Mantenendo costante tale parametro « caratura », è stato tracciato il seguente diagramma di rendimento che rispecchia le entità di asportazione ottenute nel caso dei quattro diamanti multipli ed in quello del diamante singolo da 3 Kr. (fig. 16).

Il rendimento del diagramma in fig. 16 (operazioni di finitura), assumendo come base la retta del diamante multiplo ed assegnando a questa un rendimento 100, è il seguente:

retta diamante singolo:

$$\frac{x}{y} = \frac{25}{1}$$

retta diamante multiplo:

$$\frac{x^1}{y^1} = \frac{29}{1}$$

dove:

$x = \text{dm}^3$  di abrasivo asportato

$y = \text{peso diamante in Kr.}$

$R = \text{rendimento.}$

Il rendimento del diamante singolo è:

$$R = \frac{25}{29} = 0,86 = 86\%$$

Per ottenere l'esatto rendimento si deve tenere presente quanto segue:

a) il rimanente 35 % che possiamo impiegare su mole di diametro minore a parità di qualità si può acquistare ad un prezzo

inferiore in quanto è più facile trovare sui mercati le piccole carature (aumento di costo pari al 9 %);

b) la parte più tenera (parte interna o cuore del diamante) aumenta con l'aumentare della caratura (aumento di costo pari al 6 %);

c) il costo delle incastonature (aumento di costo pari al 7 %);

d) il danno che possono causare le frantumazioni in genere risulta da dati statistici pari al 10 % del valore dei diamanti in un'industria meccanica.

Sommando tutte queste percentuali troviamo che il rendimento dei diamanti multipli è superiore del 46 % rispetto ai singoli.

Questo è uno dei tanti problemi da noi risolti nel lungo ciclo di queste prove e possiamo consigliare apertamente, dove è possibile, l'uso del diamante multiplo, per la sua praticità d'impiego e per i suoi rendimenti sia tecnici che economici.

#### Condizioni di rettifica mola.

La  $V_t$  in  $\text{mt/sec}$  della mola durante la rettifica con diamante può essere mantenuta uguale a quella di lavoro.

Riducendo i giri della mola del 30 ÷ 50 % la rettifica di questa è facilitata e la durata del diamante aumenta notevolmente.

L'avanzamento al l' del diamante è in funzione dei giri della mola, ed è da tener presente quanto segue:

1) La scabrosità del pezzo ottenuto di rettifica è approssimativamente proporzionale all'avanzamento longitudinale del diamante per giro mola.

2) Aumentando la velocità di rettifica si riscontra:

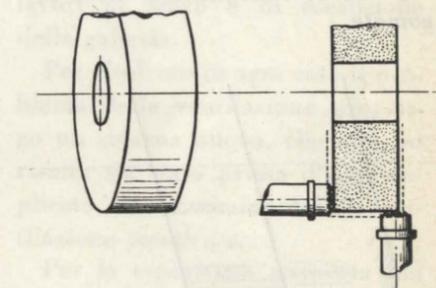
— maggior capacità di taglio della mola,

— peggioramento del grado di scabrosità,

— peggioramento del profilo rettificato (conicità ecc.).

A seconda del genere di lavoro risulta economico uno o l'altro dei seguenti metodi di rettifica della mola:

#### 1° CASO - Rettificatura semplice di fianco e di testa:



1) Impiegare il Peristat per rinvivare.

2) Impiegare diamante multiplo per rettificare.

| Tipo diamante | Caratteristiche mola  |
|---------------|---|
| B             | Per mole di grana media con $\varnothing 350 \div 650 \text{ mm}$ .                 |
| C             | Per mole di grana media con $\varnothing 650 \div 1000 \text{ mm}$ .                |
| D             | Per mole di grana media (semifinitura) con $\varnothing 650 \div 1000 \text{ mm}$ . |

#### 2° CASO - Rettificatura di fianco, di testa raccordata.

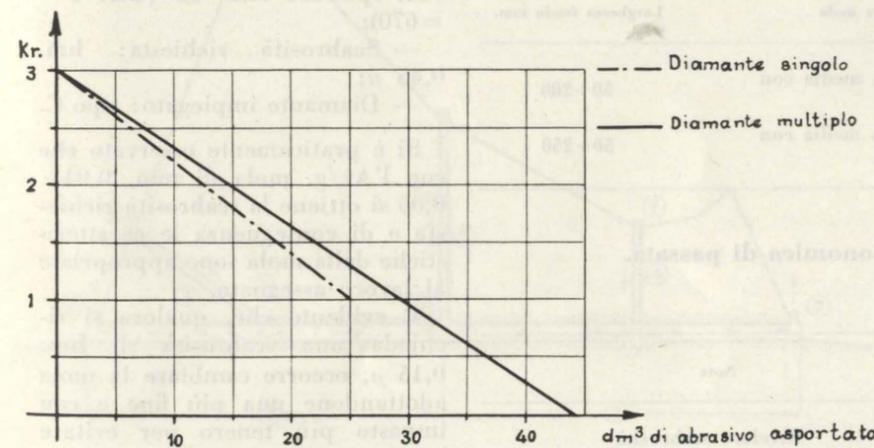
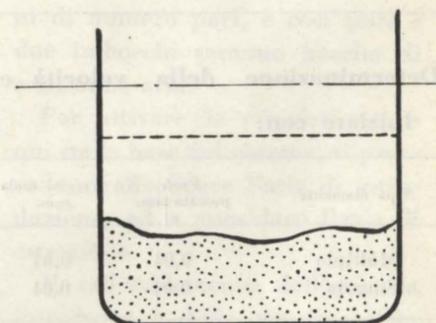


Fig. 16 - Diagramma comparativo di rendimento per operazioni di finitura.

- 1) Ravvivatura: con Peristat.
- 2) Rettificazione: con diamante multiplo.
- 3) Raccordatura: con diamante singolo.

Mantenendo costante la profondità di passata ridurre l'Av/giro mola gradatamente a mm. 0,03 - 0,02 - 0,01 e rilevare la scabrosità. Quando l'Av/giro è tale da causare la perdita di mordente alla mola si

compresa nei valori rilevati; in caso affermativo aumentare l'alimentazione di passata a mm. 0,05 - 0,06 - 0,07 - 0,08.

Quando il consumo di diamante è tale da causare conicità alla mola e di conseguenza al pezzo rettificato oppure la scabrosità ottenuta non è più tollerata, sospendere la prova.

Ripetere le suddette prove variando  $\pm$  la profondità di passata.

Esaminare i valori rilevati e scegliere quello che più si addice alla lavorazione da effettuarsi.

Riportiamo dei casi effettivamente riscontrati in prove pratiche per operazioni di finitura:

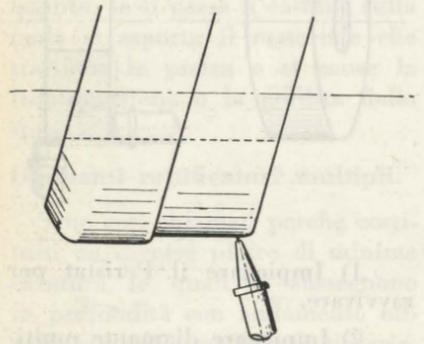
- Macchina operatrice: Rettifica per esterni;
- Sistema rettificatura: a tuffo;
- Materiale: C.43 indurito col procedimento ad induzione, profondità zona indurita mm. 5-HRc 61 ÷ 63;
- Dimensioni pezzo da rettificare:  $\varnothing$  82 mm.;
- Caratteristiche mola: A 54 N 5 VBE;

ricontrano sul pezzo rettificato delle aree più scure che attaccate con soluzione di acido nitrico al 10 % mettono in evidenza le classiche bruciature di mola. Sospendere la prova.

Osservare se la scabrosità richiesta al particolare da rettificare è

| Tipo diamante multiplo | Caratteristiche mola  | Tipo diamante per raccordare   |
|------------------------|---|--|
| B                      | Per mole di grana media con $\varnothing$ 350 ÷ 650 mm.                 | Diamante singolo da Kr. 0,13 ÷ 0,18 Montato su apparecchio raccordatore  |
| C                      | Per mole di grana media con $\varnothing$ 650 ÷ 1000 mm.                | Diamante singolo da Kr. 0,13 ÷ 0,18 Montato su apparecchio raccordatore. |
| D                      | Per mole di grana media (semifinitura) con $\varnothing$ 650 ÷ 1000 mm. | Diamante singolo da Kr. 1 ÷ — A mano                                     |

### 3° CASO: Rettificazione mole sagomate.



- 1) Ravvivatura: con Peristat.
- 2) Rettificazione: con diamante singolo.
- 3) Sagomatura: con utensile speciale al diamante.

| Av/l' diamante mm. | Av/g mola mm. | Media rilievi effettuati n° | Media scabrosità ottenuta hm/ $\mu$ | Profondità di passata mm. | Esame rinven. aree con soluzione di NHO <sub>2</sub> | Capacità di taglio mola |
|--------------------|---------------|-----------------------------|-------------------------------------|---------------------------|--|-------------------------|
| 20                 | 0,030         | 50                          | 0,25                                | 0,03                      | leggero  | scarsa                  |
| 30                 | 0,045         | 50                          | 0,35                                | 0,03                      | esente   | media                   |
| 40                 | 0,060         | 50                          | 0,45                                | 0,03                      | esente   | media                   |
| 50                 | 0,075         | 50                          | 0,55                                | 0,03                      | esente   | buona                   |
| 60                 | 0,090         | 50                          | 0,65                                | 0,03                      | esente   | buona                   |
| 70                 | 0,105         | 50                          | 0,75                                | 0,03                      | esente   | buona                   |
| 80                 | 0,120         | 50                          | 0,85                                | 0,03                      | esente   | buona                   |
| 100                | 0,150         | 50                          | 1,1                                 | 0,03                      | esente   | ottima                  |
| 200                | 0,300         | 50                          | 2,3                                 | 0,03                      | esente   | ottima                  |
| 300                | 0,450         | 50                          | 3,8                                 | 0,03                      | esente   | ottima                  |
| 400                | 0,600         | 50                          | 5,5                                 | 0,03                      | esente   | ottima                  |
| 500                | 0,700         | 50                          | 7,5                                 | 0,03                      | esente   | ottima                  |

| Peso in Kr. del diamante speciale | Caratteristiche mola                                     | Larghezza fascia mm. |
|-----------------------------------|--|----------------------|
| 1,5                               | Per mole di grana media con $\varnothing$ 300 ÷ 650 mm.  | 50 ÷ 200             |
| 2,5                               | Per mole di grana media con $\varnothing$ 650 ÷ 1000 mm. | 50 ÷ 250             |

— Dimensioni mola:  $\varnothing$  mm. 915, spessore mm. 53 (Giri 1' = 670);

— Scabrosità richiesta: hm. 0,45  $\mu$ ;

— Diamante impiegato: tipo C.

Si è praticamente osservato che con l'Av/g. mola di mm. 0,04 ÷ 0,06 si ottiene la scabrosità richiesta e di conseguenza le caratteristiche della mola sono appropriate al lavoro assegnato.

È evidente che, qualora si richieda una scabrosità di hm. 0,15  $\mu$ , occorre cambiare la mola adottandone una più fine e con impasto più tenero per evitare bruciature.

Alberto Manassero

### Determinazione della velocità economica di passata.

Iniziare con:

| Tipo diamante | Prof. passata mm. | Av/giro mola mm. | Note                |
|---------------|-------------------|------------------|---------------------|
| Multiplo      | 0,04              | 0,04             | Rivelare scabrosità |
| Singolo       | 0,04              | 0,04             | Rivelare scabrosità |

# P R O B L E M I

## La ventilazione termica con aria di giro in gallerie e trafori

GIUSEPPE BOIDO propone un nuovo metodo di « ventilazione termica » mediante « aria di giro » da usarsi nei trafori e nelle gallerie per garantire con certezza il funzionamento permanente e sufficiente per ogni evenienza. Spiegati i principi fisici e le attrezzature di modesto costo che lo contraddistinguono, rivolge appello di interessamento ai ricercatori scientifici ed ai progettisti per una sperimentazione di prova.

Nella costruzione di Gallerie e Trafori ad uso di passaggi stradali, autostradali, pedonali, ferroviari, specie se di considerevole lunghezza due sono i problemi da risolvere di fondamentale importanza: La illuminazione e la ventilazione.

Il problema della illuminazione è evidentemente di più facile risoluzione, tuttavia ha le sue esigenze di praticità, di efficienza ed economiche.

Il problema della ventilazione ha non solo le stesse esigenze, ma soprattutto « deve dare garanzia della certezza di funzionabilità permanente e sufficiente per ogni evenienza ».

Con lo sviluppo della motorizzazione il problema della ventilazione delle gallerie si presenta di una necessità assoluta specie nelle progettazioni di gallerie autostradali

di lunghezza anche di decine di chilometri.

Trafori di lunghezza sino a 2 ÷ 3 Km normalmente non necessitano di impianti di ventilazione: la differenza di quota dei due ingressi, quando esiste, ma soprattutto la posizione dei due imbocchi su versanti quasi sempre diametralmente opposti — vedi galleria del Colle di Tenda — (1280 ÷ 1321 s.l.m.) lunghezza di m. 3.000 c.a. — sono più che sufficienti per attivare quella « Aria di Giro » necessaria per la ventilazione e che avviene in modo analogo al sistema da me segnalato e già riferito (1).

Normalmente la ventilazione delle gallerie venne e viene progettata con l'uso di ventilatori, sia pure con l'uso di camini, ma sem-

(1) Vedi « Atti e Rassegna Tecnica », Soc. Ing. Arch., Torino, anno 1955, numero 1, pag. 3.

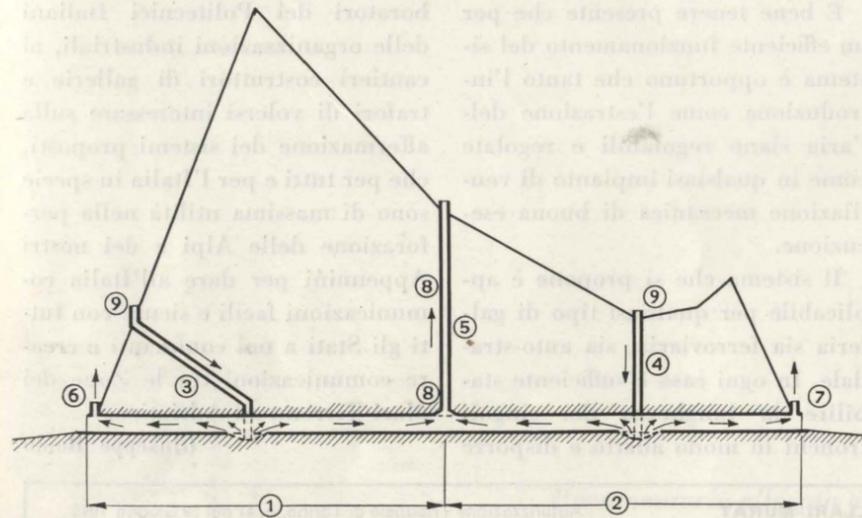


Fig. 1 - Progetto Impianto: ventilazione termica ed aria di giro: 1. Tronco primo - imbocco Sud; 2. Tronco secondo - imbocco Nord; 3-4. Camini introduzione aria; 5. Camino estrazione aria; 6-7. Bocche di richiamo; 8. Impianti riscaldam. aria; 9. Impianti di raffreddamento aria.

pre con l'ausilio di mezzi meccanici, in prevalenza azionati con uso di corrente elettrica, con canalizzazioni per l'aria di immissione e per l'aria di estrazione, mezzi ed opere di costo molto elevato, che sono elementi base per la funzionalità della ventilazione.

Il problema della ventilazione con certezza assoluta e permanente di funzionamento è sempre più assillante nelle progettazioni di trafori di gallerie di lunghezza di 16, 24 Km. ed anche più.

Le necessità di ventilazione sono perentorie sia per le necessità di esercizio della galleria durante l'uso, sia durante il periodo dei lavori di scavo e di esecuzione della galleria.

Per risolvere in ogni caso il problema della ventilazione propongo un sistema nuovo, che non mi risulta sia stato prima d'oggi applicato, che denomino della « ventilazione termica ».

Per la esperienza acquisita nel ramo, dai risultati ottenuti in molti casi analoghi posso affermare che la « ventilazione termica » è di efficienza sicura, continua, non richiede uso di mezzi meccanici, ventilatori, e può essere regolato facilmente e graduata a distanza.

Il sistema della « ventilazione termica » è di tutta semplicità: suddivisa la galleria in un numero pari di Zone (4, 6, 8...) si predispongono l'esecuzione di un numero dispari di camini (3, 5, 7...) uno in meno del numero della Zone. I camini esterni e quelli di numero dispari sono destinati a camini di introduzione d'aria, ed i camini di numero pari, e così pure i due imbocchi saranno bocche di estrazione aria.

Per attivare la circolazione, e qui sta la base del sistema, si provvede a raffreddare l'aria di introduzione, ed a riscaldare l'aria di estrazione.

Il raffreddamento dell'aria da introdurre è della massima sem-

plicità. Se l'aria non è già a bassa temperatura, data la località generalmente di montagna, ed in ogni caso specie per i periodi estivi, si dispone di un impianto di

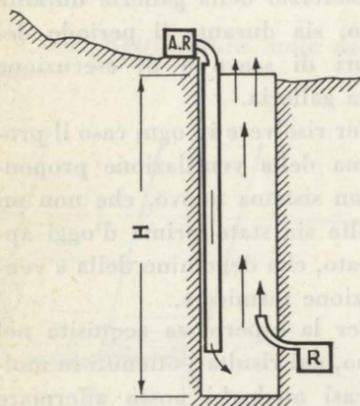
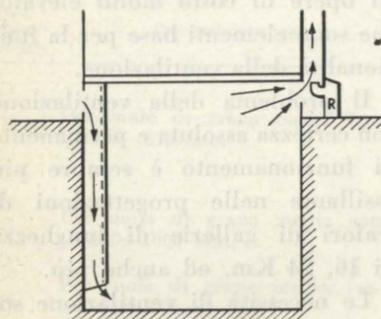


Fig. 2 - Schema di « ventilazione termica », per pozzi in escavazione, per camini in costruzione, per locali da ventilare. A.F. Apparecchiatura raffreddante; R. Riscaldatore dell'aria.

raffreddamento a spruzzo dell'aria, di sicura efficienza e di poco costo con polverizzazione di acqua, elemento che nella località non fa difetto e che si ha sempre a bassa temperatura; di guisa che si può « versare » nei camini aria fredda che scende per il proprio peso nella galleria che si trova in depressione per le aspirazioni dei camini di estrazione (fig. 1).

Per il riscaldamento dell'aria la soluzione è di pari semplicità. Uno o più bruciatori di nafta, o di gas, o con altro mezzo possibile, si può per ogni camino di estrazione dare la sufficiente temperatura

all'aria per creare quella velocità ascensionale sufficiente e limitata per asportare il quantitativo d'aria stabilito e graduabile a secondo delle occorrenze.

Se in ogni zona della galleria si pratica la circolazione dell'aria con il sistema dell'« aria di giro », vengono eliminati i canali di distribuzione e di ripresa d'aria, e tutta la sezione della galleria è a disposizione, e si viene così ad avere una ventilazione pari alla ventilazione naturale per le gallerie di limitata lunghezza, come quella del Colle di Tenda già citata.

I vantaggi pratici ed economici che si possono ottenere con i due sistemi proposti ed accoppiati sono di tutta evidenza, come pure le garanzie di funzionabilità permanente.

In conclusione ogni tratto di galleria avrà circolazione in direzione opposta alla circolazione dei due tratti adiacenti. Le bocche di immissione aria che saranno sempre disposte a livello del pavimento in basso nella galleria — apporteranno aria fresca, nei due tratti laterali, e le bocche di aspirazione che saranno sempre disposte a soffitto in altro — estrarranno aria dai due tratti contigui a destra ed a sinistra.

È bene tenere presente che per un efficiente funzionamento del sistema è opportuno che tanto l'introduzione come l'estrazione dell'aria siano regolabili e regolate come in qualsiasi impianto di ventilazione meccanica di buona esecuzione.

Il sistema che si propone è applicabile per qualsiasi tipo di galleria sia ferroviaria, sia autostradale. In ogni caso è sufficiente stabilire la lunghezza dei singoli tronchi in modo adatto e disporre

di una maggiore o minore quantità d'aria in movimento.

Con l'applicazione del sistema dell'« aria di giro » la determinazione del quantitativo dell'aria in circolazione può essere determinato più praticamente fissando un ricambio d'aria di due, tre, quattro, cinque volte all'ora nella galleria ossia avere un totale ricambio ogni 30, 20, 15, 12 minuti primi.

Il sistema di « ventilazione termica con aria di giro » può avere numerose applicazioni in molte circostanze e specialmente in un caso molto simile ai trafori, vale dire nello scavo dei pozzi con l'ausilio di una canalizzazione nel pozzo stesso nel quale « versando » in alto aria fredda si fa « risalire », con od anche senza ulteriore riscaldamento, l'aria da estrarre, procurando una ventilazione senza l'uso di ventilatori (fig. 2).

Per la applicazione dei sistemi enunciati sono d'occorrenza dati tecnici, coefficienti, che sono noti per le applicazioni di normale uso attuale, ma che certamente dovranno essere completati con accertamenti ed esperienze di applicazioni e specie di laboratorio per le occorrenze di nuova applicazione secondo il sistema proposto.

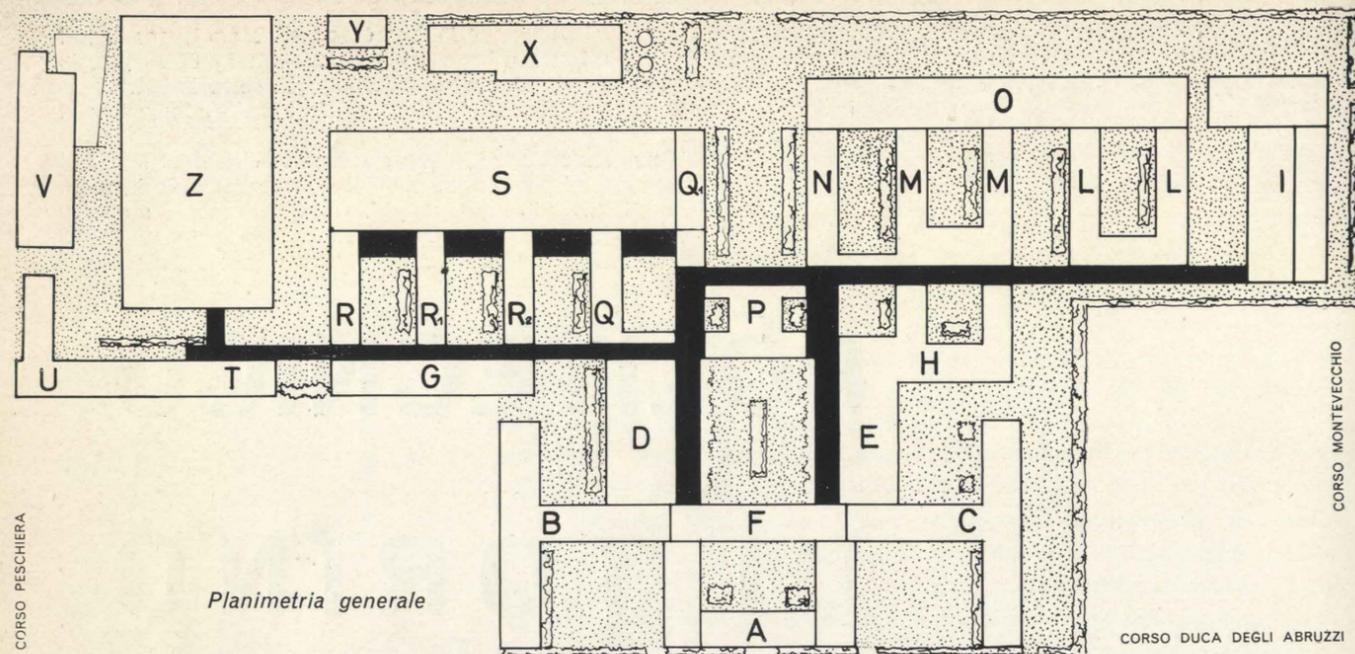
Rivolgo quindi un invito ai laboratori dei Politecnici Italiani delle organizzazioni industriali, ai cantieri costruttori di gallerie e trafori di volersi interessare sulla affermazione dei sistemi proposti, che per tutti e per l'Italia in specie sono di massima utilità nella perforazione delle Alpi e dei nostri Appennini per dare all'Italia comunicazioni facili e sicure con tutti gli Stati a noi confinanti e creare comunicazioni tra le Zone dei Mari Tirreno ed Adriatico.

Giuseppe Boido

# POLITECNICO DI TORINO NUOVA SEDE



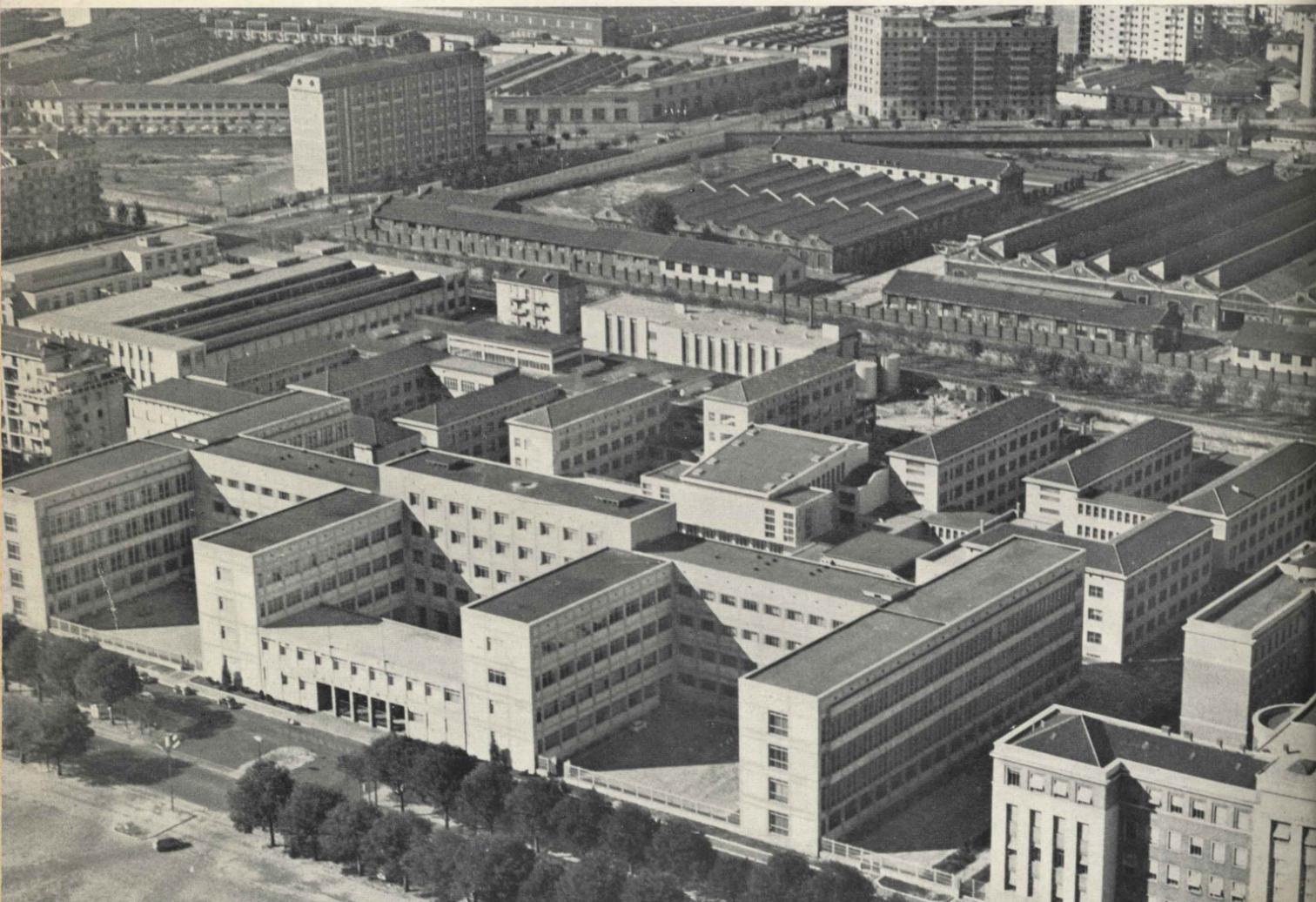
Documentario allegato al fascicolo di ottobre (n. 10) di « Atti e Rassegna Tecnica » della Società degli Ingegneri ed Architetti di Torino.



Planimetria generale

A Direzione e Rettorato - B Aule disegno triennio - C Aule disegno biennio - D Aule lezione triennio - E Aule lezioni biennio - F Biblioteca - G Istituto di Topografia e Geodesia - H Istituto di Fisica Sperimentale - I Istituto di Elettrotecnica - L Istituto di Chimica Industr. ed Electrochimica - M Istituto di Arte Mineraria e Chimica Generale - N Istituto di Geologia e Mineralogia - O Laboratori di Chimica e Mineralogia - P Aula Magna - Q Istituto di Costr. in Legno, Ferro e c.a. - R, Istituto di Fisica Tecnica - R<sub>1</sub> Istituto di Idraulica - R<sub>2</sub> Istituto di Scienza delle Costruzioni - S Laboratori di Fisica Tecnica, Idraulica e Scienza delle Costruzioni - T Istituto della Dinamica - U Museo della Dinamica - V Istituto di Aeronautica - X Centrale Termoelettrica - Y Casa per abitazioni custodi - Z Istituti di Tecnologia e Meccanica Applicata.

Vista aerea dal Corso Duca degli Abruzzi.



I fabbricati costituenti il Politecnico di Torino, che sorgevano sul terreno demaniale delimitato fra le vie Accademia Albertina, Giolitti, San Francesco da Paola e Cavour, vennero completamente distrutti a causa delle incursioni aeree dell'8 e 9 dicembre 1942 e per la loro ricostruzione è stata scelta l'area dell'ex Stadium Nazionale compresa fra i corsi Duca degli Abruzzi, Peschiera, Castelfidardo e Montevecchio.

Il progetto di ricostruzione redatto il 30-3-1950, alla cui compilazione ha provveduto un apposito Comitato esecutivo che si è valso dell'opera collegiale di un gruppo di professori di quell'Istituto presieduto dal Prof. Arch. Giovanni Muzio, Ordinario della facoltà di Architettura, si è ispirato al precedente progetto che fin dal 1940 era stato approntato per la costruzione del nuovo Politecnico sull'area della Cascina Ceresa in Regione Molinette, a quel tempo destinata a tale scopo. Detto progetto, che era già stato istruito ed approvato dal Consiglio Superiore dei LL.PP., venne modificato ed adattato alla configurazione della nuova area prescelta, adeguandolo alle esigenze della popolazione scolastica attuale e tenendo conto degli incrementi futuri.

Il complesso degli edifici costituenti la nuova sede del Politecnico in questione, è stato progettato e costruito in tre successivi ordini o gruppi, aventi il fronte principale verso corso Duca degli Abruzzi, in fregio al quale sono sorti i fabbricati costituenti il gruppo rappresentativo dell'intero Politecnico.

In questo primo gruppo trovano posto: il Rettorato ed il Palazzo della Direzione, gli Uffici amministrativi, le grandi aule di disegno e di lezione sia per il biennio propedeutico che per il triennio di applicazione della facoltà di Ingegneria, la biblioteca, gli Istituti di diritto e materie giuridiche e le sale per i Professori.

A detto gruppo principale, formato da fabbricati a 4 o più piani fuori terra, debbesi aggiungere l'edificio centrale dell'Aula Magna a due piani, sorgente nel cortile d'onore al centro dell'area della nuova sede.

Al precedente gruppo di fabbricati fa seguito un secondo ordine di edifici a tre o più piani destinati ai diversi Istituti, opportunamente intervallati da appositi cortili e distinti per complessi di categorie affini. L'insieme di tali Istituti, fatta eccezione per quelli destinati alla Dinamica per i quali l'ubicazione è stata studiata con criteri particolari in vista dell'installazione delle gallerie per prove aerodinamiche, venne collocato perpendicolarmente alla grande galleria di circolazione longitudinale e comprende le seguenti destinazioni:

- \* Istituto di Tecnologia, Meccanica applicata, Motorizzazione, Macchine e Officina meccanica;
- \* Istituto di Fisica tecnica;
- \* Istituto di Idraulica;
- \* Istituto di Scienze delle costruzioni;
- \* Istituto di Costruzioni in legno-ferro-cemento;
- \* Istituto dei Trasporti e Costruzioni stradali;
- \* Istituto di Fisica sperimentale;
- \* Istituto di Giacimenti minerali;
- \* Istituto di Arte mineraria e Mineralogia;
- \* Istituto di Chimica generale e applicata;
- \* Istituto di Electrochimica;
- \* Istituto di Chimica industriale;
- \* Istituto di Elettrotecnica;
- \* Istituto di Topografia, Geodesia e museo delle costruzioni civili.

La galleria di collegamento è percorribile nel sottopiano anche con automezzi, per cui viene ad essere possibile la circolazione al coperto in tutto il complesso degli edifici.

Segue poi un terzo gruppo di fabbricati a carattere prettamente industriale, destinato a laboratori sperimentali, che si salda alle testate dei rispettivi Istituti ed in cui trovano posto i macchinari e le attrezzature pesanti. Completa la serie dei fabbricati la Centrale termica ed elettrica e la casa per abitazione custodi.

Tutti i fabbricati sono suscettibili di sopraelevazione in vista di eventuali ampliamenti e tanto le strutture murarie, quanto gli impianti tecnologici, sono stati calcolati tenendo presenti le suddette future esigenze. L'unificazione dei tipi di fabbricazione ha determinato notevoli vantaggi economici, soprattutto per quanto concerne le future esigenze organizzative e di manutenzione, mentre ha facilitato la soluzione dei problemi architettonici, nonchè quelli di funzionamento e di circolazione. I dati tecnici fondamentali che caratterizzano l'intero complesso sono i seguenti:

|  |     |         |
|--|-----|---------|
| <b>a) Superfici:</b>   |     |         |
| 1. Superficie totale dell'area   | mq. | 68.980  |
| 2. Superficie coperta  | »   | 33.625  |
| <b>b) Volumi:</b>  |     |         |
| 1. Cubatura complessiva fuori e entro terra  | mc. | 462.070 |
| <b>c) Vani:</b>  |     |         |
| 1. Numero vani destinati ad aule a gradinata   | n.  | 11      |
| 2. Numero vani destinati ad aule comuni  | »   | 51      |
| 3. Numero vani destinati ad aule da disegno  | »   | 12      |
| 4. Numero vani destinati a laborat. speriment.   | »   | 219     |
| 5. Numero vani destinati a sale Rettorato e Direzione  | »   | 27      |
| 6. Numero vani destinati a sale Professori ed Assistenti   | »   | 253     |
| 7. Numero vani destinati a biblioteca  | »   | 14      |
| 8. Numero vani destinati ai servizi accessori, magazzini, disim-<br>pigni, ripostigli, gabinetti, ecc. | »   | 560     |
| Numero totale dei vani   | n.  | 1.147   |
| <b>d) Dati di costruzione:</b>   |     |         |
| 1. Scavi eseguiti  | mc. | 151.300 |
| 2. Volumi di muratura in mattoni (piena ed a cassa vuota)  | »   | 26.000  |
| 3. Volumi di calcestruzzo per opere in cemento armato  | »   | 13.800  |
| 4. Superficie complessiva dei solai in telerizi e cemento armato                                       | mq. | 90.010  |
| 5. Superficie facciate rivestite in pietra e litoceramica  | »   | 60.920  |

Per l'esecuzione delle opere suddette vennero impiegate, per quanto concerne la mano d'opera, circa 360.000 giornate lavorative, mentre per i materiali sono occorsi complessivamente oltre ql. 130.000 di cemento, ql. 25.000 di ferro tondo per opere in cemento armato e solai, ql. 28.000 di ferro lavorato, ql. 600 di lega anticorodal per serramenti e 10 milioni di mattoni.

I dati caratteristici particolari di costruzione si possono invece così riassumere:

In tutti i fabbricati le strutture portanti sono state ottenute mediante ossature formate da pilastri disposti ad interassi modulati e solai in cemento armato con travi incorporate nello spessore delle solette e chiusure perimetrali in muratura di mattoni a cassa vuota. Negli edifici di rappresentanza il rivestimento delle facciate è stato eseguito con lastre di pietra, i serramenti esterni vennero costruiti in lega di alluminio anodizzato e la copertura dei tetti piani con un doppio ordine di solai debitamente impermeabilizzati.

Per gli Istituti ed annessi laboratori, le facciate sono state rivestite in piastrelle di litoceramica, gli infissi esterni eseguiti con profilati di ferro-finestra ed aventi particolari dispositivi bilanciati, i tetti a falde inclinate costruiti con capriate in cemento armato del tipo prefabbricato con solette di sottotegola e manto di copertura in tegole piane.

Negli edifici a carattere industriale con copertura a « shed », le facciate sono caratterizzate da lesene in litoceramica con specchiature in tessere di grès in tinta chiara, i serramenti e lucernari in ferro e vetro, mentre nell'interno particolari esigenze tecniche hanno imposto strutture speciali soprattutto per quanto concerne le gallerie aerodinamiche, la cella silenziata per la prova dei motori, l'officina meccanica, ecc.

Le opere di finiture interne sono state eseguite con impiego di materiali adatti al carattere decoroso imposto dal complesso della nuova sede in parola.

Le aree libere destinate a cortile sono state tutte pavimentate con blocchetti di sienite sigillati con emulsione bituminosa e la loro sistemazione si sta completando con la creazione di ampie zone verdi comprendenti aiuole e alberate.

Gli impianti di produzione e distribuzione del calore per tutto il complesso della nuova sede, sono stati centralizzati in una unica Centrale termica ove sono installati tre generatori di vapore capaci di produrre complessivamente 15 milioni di calorie orarie. Il consumo medio previsto è di ql. 14 all'ora di olio combustibile, per il cui immagazzinamento si sta provvedendo alla costruzione di tre serbatoi della capacità complessiva di 1300 mc. La potenza assorbita dal funzionamento dei gruppi pompe e di tutte le restanti apparecchiature è di 600 HP.

Per ragioni di convenienza tecnica ed economica si è ritenuto opportuno adottare nei singoli edifici diversi tipi di riscaldamento a seconda delle loro caratteristiche e precisamente: a pannelli radianti con integrazione ad aria calda nei fabbricati di rappresentanza e nelle aule da disegno; ad aria condizionata nelle grandi aule a gradinata per ognuna delle quali è stata prevista un'apposita centralina automatica di condizionamento; a termosifone con radiatori in ghisa in tutti gli Istituti e a mezzo di aerotermini nei saloni dei laboratori e negli edifici a carattere industriale.

La Centrale elettrica è stata sistemata nello stesso fabbricato della Centrale termica e comprende una sottostazione principale di trasformazione che alimenta 7 cabine secondarie dalle quali si dipartono le linee di distribuzione energia per forza motrice, illuminazione e luci di sicurezza per tutti gli edifici del Politecnico.

I collegamenti telefonici fanno capo ad una apposita centrale automatica che attualmente comprende 10 linee su via urbana con ricerca automatica e 350 numeri interni, con possibilità di futuri ampliamenti. Completano gli impianti tecnologici i servizi igienico-sanitari proporzionati alle esigenze dell'intero complesso della nuova sede, quelli di distribuzione acqua potabile ed acqua per uso industriale estratta dal sottosuolo a mezzo di due pozzi trivellati, nonché gli impianti di fognatura bianca e nera allacciati ai collettori della rete urbana.

Per i trasporti verticali si sta provvedendo all'installazione di 5 ascensori per persone e 16 elevatori a servizio misto per cose e persone, mentre i trasporti orizzontali saranno disimpegnati da 19 carriponte della portata variabile da 3 a 20 Tonn. e da 3 paranchi correnti su monorotaie.

Per quanto concerne l'arredamento interno, si è provveduto alla fornitura e posa in opera di 3174 posti-banco per 11 aule di lezione a gradinata, di 590 posti-banco per 7 aule comuni e di 1180 tavoli da disegno distribuiti in 12 aule.

Inoltre si è completato l'arredamento in questione con la provvista delle cattedre, lavagne, armadietti spogliatoi, ecc. occorrenti per soddisfare alle esigenze funzionali della nuova sede, mentre per i gabinetti scientifici sono in corso di installazione 102 banconi per esperienze da laboratorio e 46 cappe di aspirazione con le relative apparecchiature accessorie.

Al finanziamento dell'opera, i cui lavori sono stati iniziati nel 1951, ha provveduto il Ministero dei Lavori Pubblici con la spesa complessiva di L. 3.468.539.000, disposta con successivi stanziamenti così distinti:

|  |                                |
|--|--------------------------------|
| — Legge del 26-10-1940 n. 1543 (danni bellici) | L. 938.439.000                 |
| — Legge speciale del 28-3-1952 n. 217          | » 1.930.100.000                |
| — Legge speciale del 19-10-1956 n. 1215        | » 600.000.000                  |
|  | <u>Totale L. 3.468.539.000</u> |

Hanno contribuito al completamento dell'opera l'Amministrazione Comunale di Torino con L. 500.000.000 e l'Amministrazione Provinciale con L. 200.000.000.

I lavori vennero diretti dall'Ufficio del Genio Civile di Torino.

Con munifica donazione, il cui importo si aggira sui 700 milioni circa, la Soc. Fiat e gli Eredi Agnelli hanno infine provveduto direttamente alla costruzione ed all'arredamento dei palazzi del Rettorato, della Direzione, della Biblioteca e dell'Aula Magna, quest'ultima dedicata alla memoria del compianto Sen. Ing. Giovanni Agnelli.

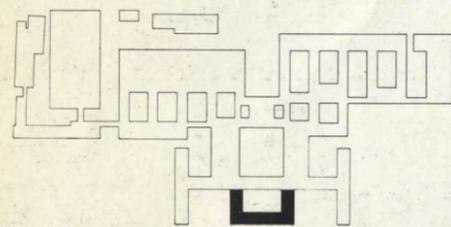


Vista aerea dal Corso Peschiera.

# **Rettorato**

## **Direzione**

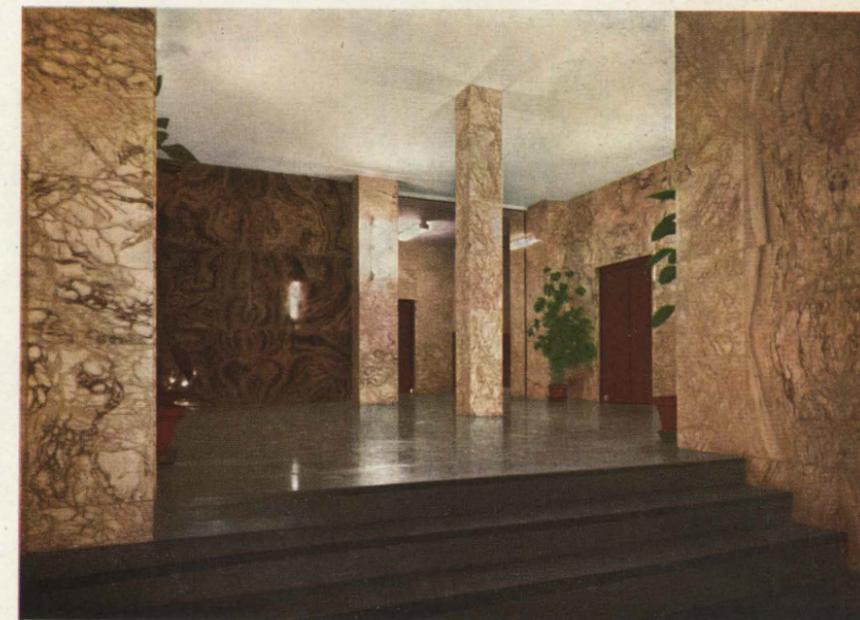
Il fabbricato Rettorato, posto in fregio al Corso Duca degli Abruzzi, comprende tre corpi di fabbrica, uno a due piani e gli altri a quattro piani fuori terra. Nel primo corpo di fabbrica si trovano, al piano terreno, l'ingresso principale di tutto il complesso, gli uffici di economato, segreteria, cassa, custode e centralino telefonico, ed al 1° piano gli uffici del Rettore del Politecnico, del Direttore Amministrativo con relative Segreterie. Nelle due ali laterali trovano posto, gli archivi, i saloni di rappresentanza, formati dalla Sala Consiglio di Amministrazione, Sala Consiglio di Facoltà e relative sale di attesa. Il fabbricato a due piani è rivestito con lastre di Granito Sardo lucidato, le ali laterali in Pietra del S. Gottardo a lavorazioni diverse; i saloni interni di rappresentanza e l'atrio d'onore sono pavimentati e rivestiti con marmi pregiati, fra cui primeggiano il verde Alpi Cesana, il Cipollino dorato e l'Onice Piemonte, che con le loro calde tonalità donano all'ambiente un senso di decorosa eleganza e accogliente signorilità. Tutti i serramenti esterni sono in lega d'alluminio anodizzato e dotati di tende alla veneziana. In tutti i locali è stato inoltre previsto l'impianto di condizionamento dell'aria con canalizzazioni poste a soffitto dei corridoi ed immissione dell'aria nei vari locali per mezzo di bocchette a parete. Detti fabbricati coprono una superficie totale di mq. 8.160, ripartita sui vari piani, con un volume complessivo di 36.000 mc.



*Rettorato - Fronte principale.*



*Rettorato - Il salone della Segreteria.*



*Rettorato - Ingresso d'onore.*



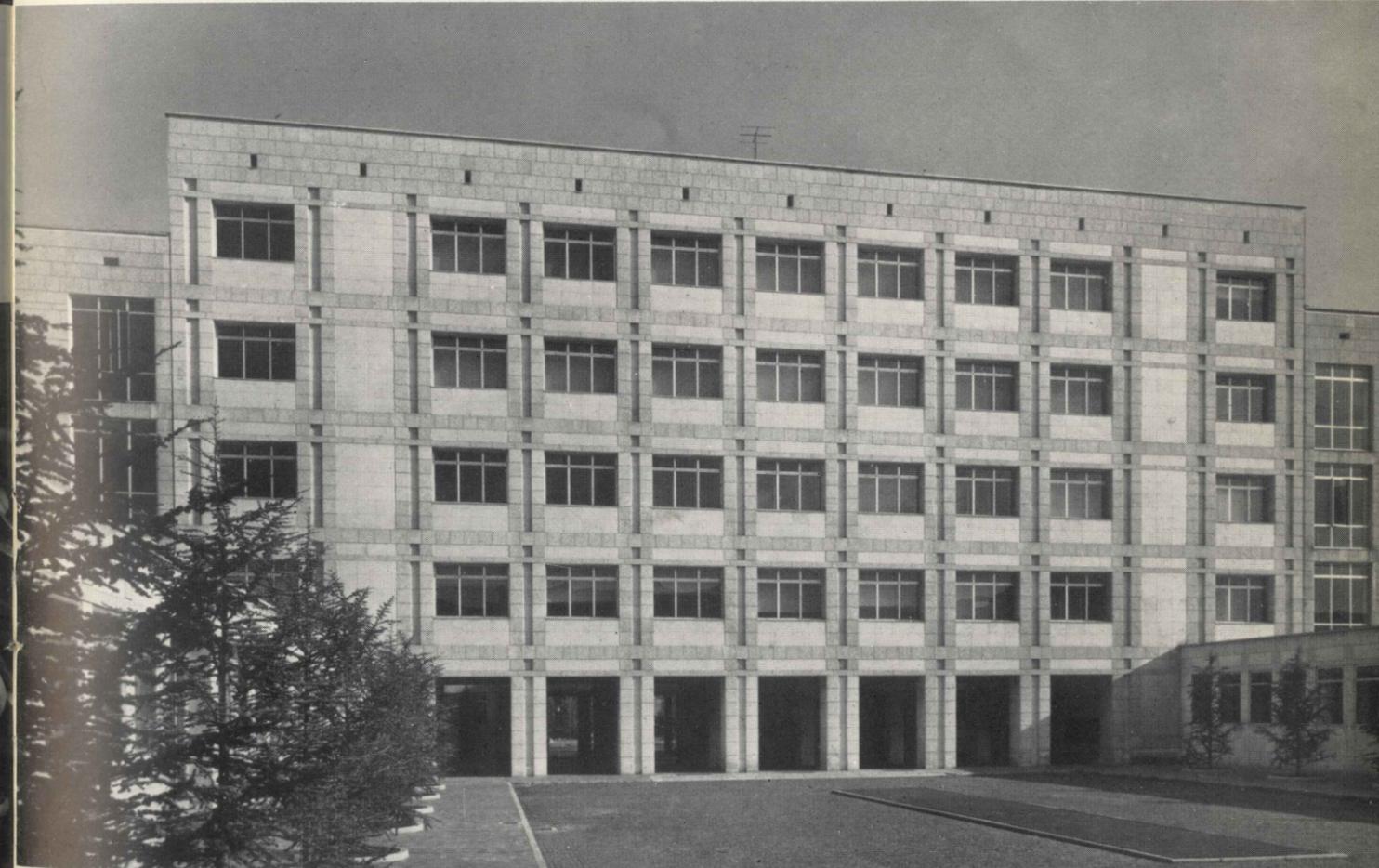
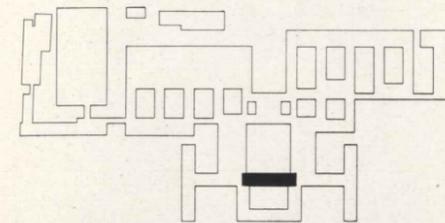
*Rettorato - Corridoio e attesa uffici Rettorato.*

*Rettorato - Sale Consiglio d'Amministrazione e Consiglio di Facoltà.*



## **Biblioteca**

Oltrepassato l'atrio principale d'ingresso ed il primo cortile, si trova il fabbricato Biblioteca che nella sua imponente mole di 16.530 mc, accoglie, al primo piano, gli studi particolari dei Professori, al secondo il salone di lettura riservato agli studenti e ai due successivi i depositi libri, collegati al secondo piano con montalibri interni, per poter sveltire il traffico di richiesta e consegna dei libri sia agli studenti che ai Professori. Al piano terreno si trova il portico di collegamento fra il primo cortile ed il cortile d'onore, su cui si affacciano gli altri fabbricati delle aule d'insegnamento e dell'Aula Magna. Il fabbricato Biblioteca è rivestito esternamente con lastre di pietra del S. Gottardo che con la loro diversa lavorazione ne sottolineano la struttura e gli conferiscono leggerezza pur senza levare importanza al volume complessivo. Tutti i vani interni sono finiti con materiali pregiati, dotati di moderni impianti di riscaldamento e ventilazione, nonché di dispositivo automatico per l'estinzione incendi, sistemato nei due piani destinati a deposito libri.

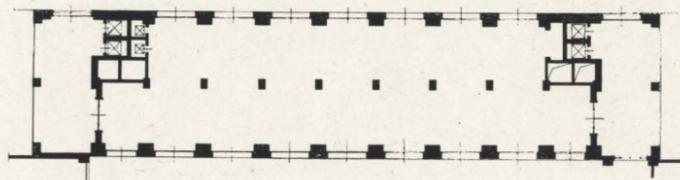


*Biblioteca - Fronte verso il cortile d'onore.*

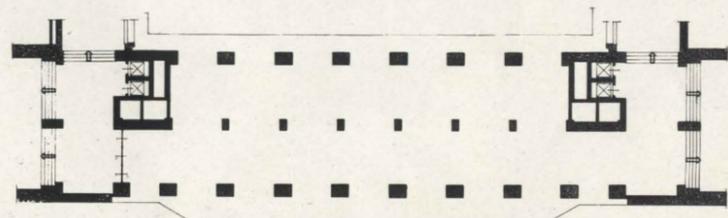


*Biblioteca - Vista interna deposito libri.*

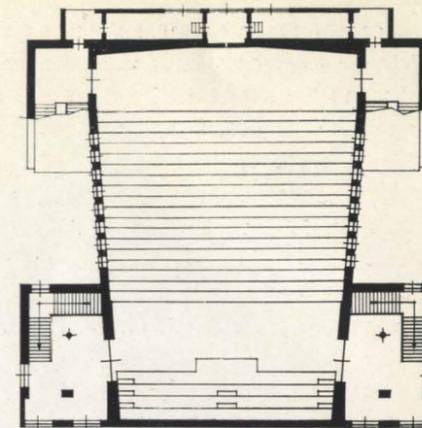
*Biblioteca - Pianta piani superiori.*



*Biblioteca - Pianta piano terreno.*

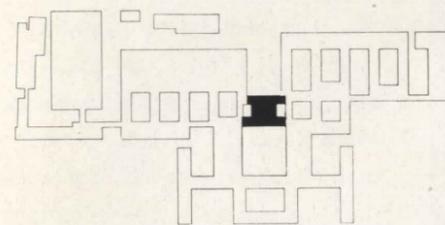
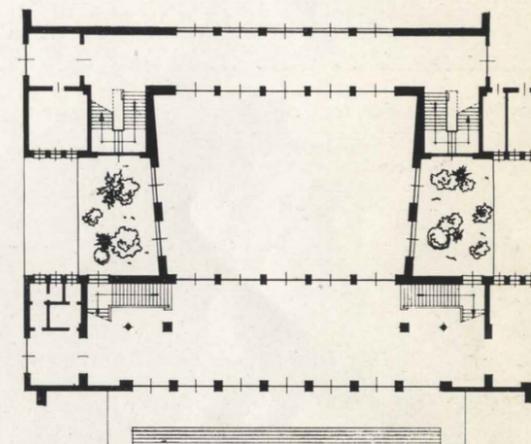


## ***Aula Magna***



*Pianta piano primo.*

*Pianta piano terreno.*



*Aula Magna - Fronte principale verso il cortile d'onore.*





*Aula Magna - Atrio d'ingresso.*

*Aula Magna - Particolare scalone principale.*



Superato il portico del fabbricato Biblioteca, si apre alla vista il cortile d'onore, fiancheggiato dalle due fughe dei corridoi dei padiglioni Provincia di Torino e Città di Torino, che guidano, con le loro prospettive, l'occhio al padiglione dell'Aula Magna.

Questo fabbricato, completamente rivestito in granito sardo lucidato ed in pietra del S. Gottardo, rispecchia all'esterno l'esatta destinazione dei locali interni.

Attraverso le ampie porte vetrate al piano terreno, si accede all'atrio d'onore e quindi alla Sala Lauree, divisa dal primo da una serie di vetrate a tutta altezza in cristallo temperato, che, per la preziosità dei materiali impiegati, marmi pregiati, cristalli, opaline, rivestimenti musivi, forma una degna cornice alle cerimonie che in essa devono avere luogo. La vista di due giardini laterali rallegra l'ambiente mettendolo in piacevole comunicazione con l'esterno.

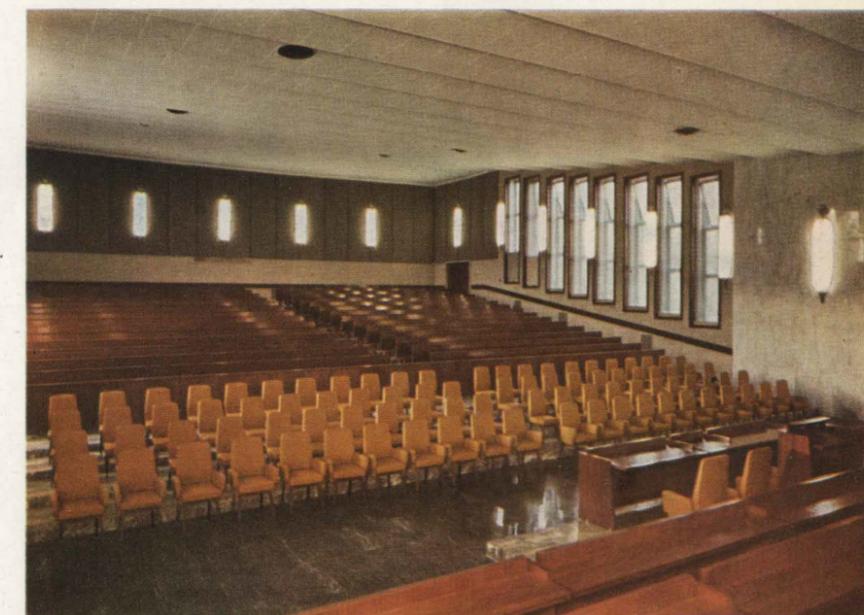
Per mezzo dei due scaloni principali in marmo viola Piemonte si accede prima ai vestiboli e poi all'Aula Magna vera e propria, situata al primo piano e capace di contenere oltre mille persone.

In questa aula è stato particolarmente studiato il problema acustico per ottenere le migliori condizioni di audizione, e quindi si sono previsti rivestimenti riflettenti e assorbenti nei punti adatti, sposando queste necessità a quelle non meno importanti, di un'estetica e di una decorazione interna degna della destinazione del locale. Particolarmente curata nei particolari, nella oculata scelta dei materiali e nella loro reciproca giustapposizione, l'Aula Magna risponde alla sua destinazione di rappresentanza del Nuovo Politecnico di Torino.

*Aula Magna - Sala Lauree al piano terreno*



*Aula Magna - Vista dal palco del Senato Accademico.*

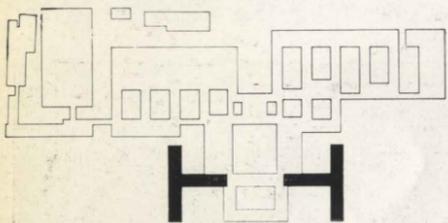


*Aula Magna - Vista dalla gradinata per il pubblico.*



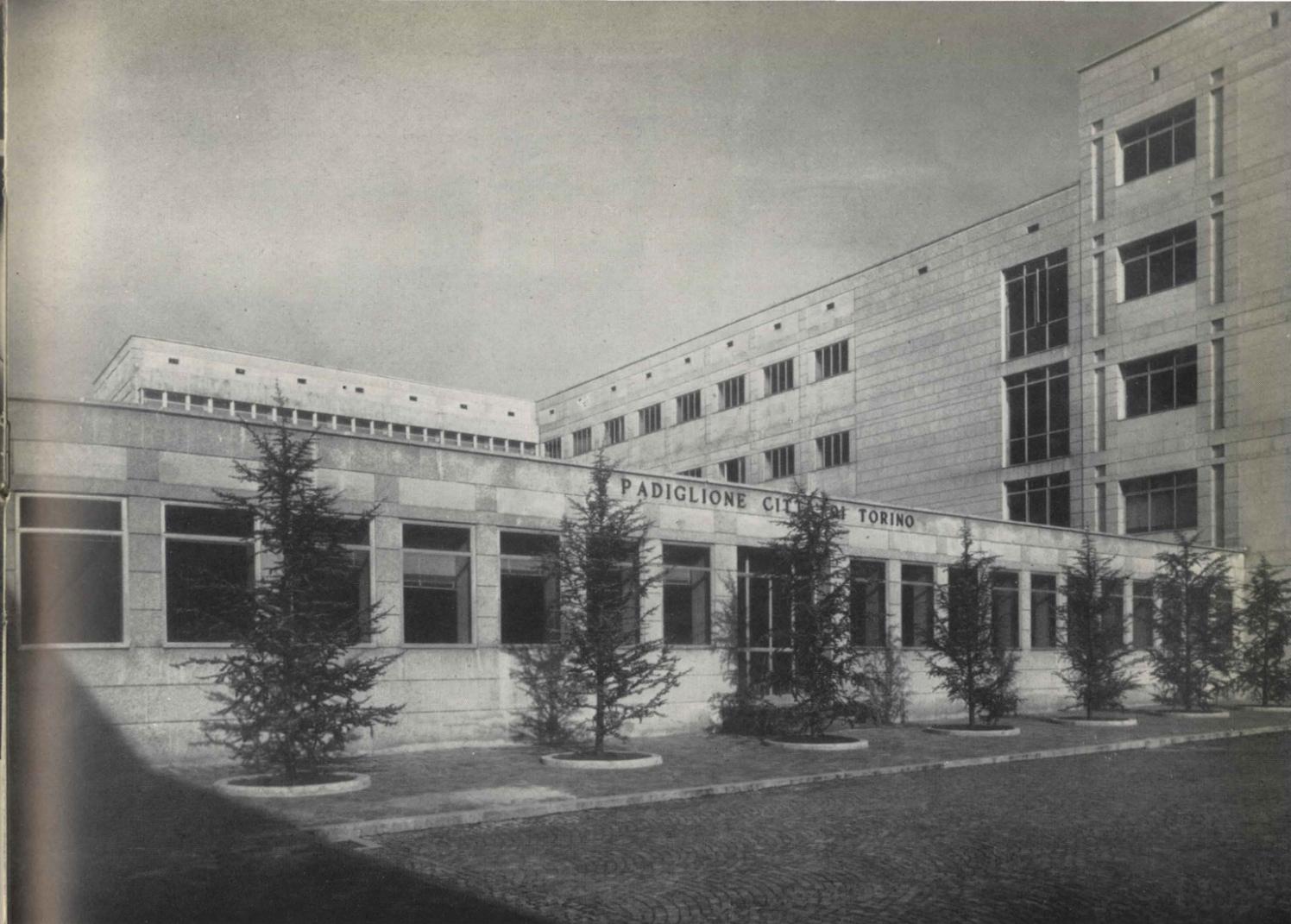
## **Aule per disegno**

Le aule da Disegno, importantissimo settore per un Istituto di Ingegneria, occupano una parte preminente nelle ali perpendicolari al corso Duca degli Abruzzi, e con la loro complessiva superficie di 12.900 mq. assicurano agli studenti la possibilità di esercitazioni in questa importante branca della loro attività. Dotate di ampie vetrate a tutt'altezza e per tutta la lunghezza delle aule stesse e schermate opportunamente da tende alla veneziana per la regolazione della luce diurna, formano un complesso veramente imponente e razionale a tutto vantaggio del rendimento e della efficienza del lavoro che vi si svolge.



*Aule disegno - Interno di un'aula.*

*Aule disegno - Vista esterna fabbricato Aule biennio.*



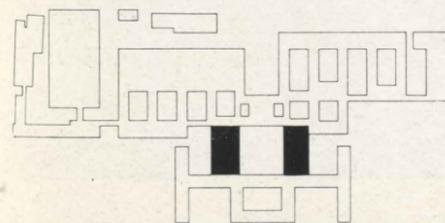
*Aule insegnamento - Fronte principale Aule triennio.*

*Aule insegnamento - Interno di un'Aula.*

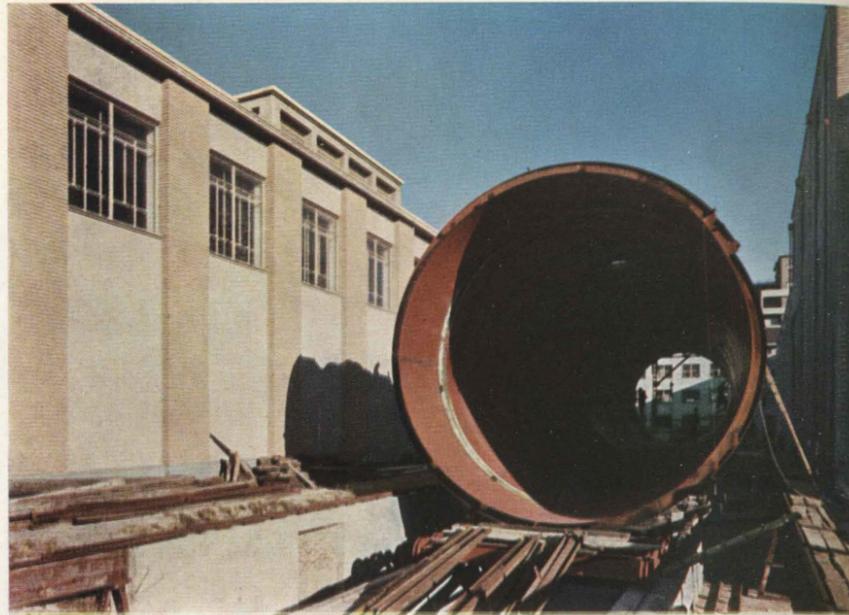
## **Aule per insegnamento**

Le aule per insegnamento, tre per i corsi del triennio di applicazione, due per il biennio propedeutico, occupano le due ali prospicienti il cortile d'onore, con una capacità totale complessiva di circa 2.500 allievi. Sono disposte razionalmente a gradinate, con illuminazione diurna laterale, e possibilità di totale oscuramento, realizzato con tende di particolare costruzione comandate elettricamente, per eventuali proiezioni cinematografiche.

Le soffittature afoniche inoltre rendono possibile una buona acustica dei locali suddetti, condizione necessaria per un razionale impiego delle aule stesse.

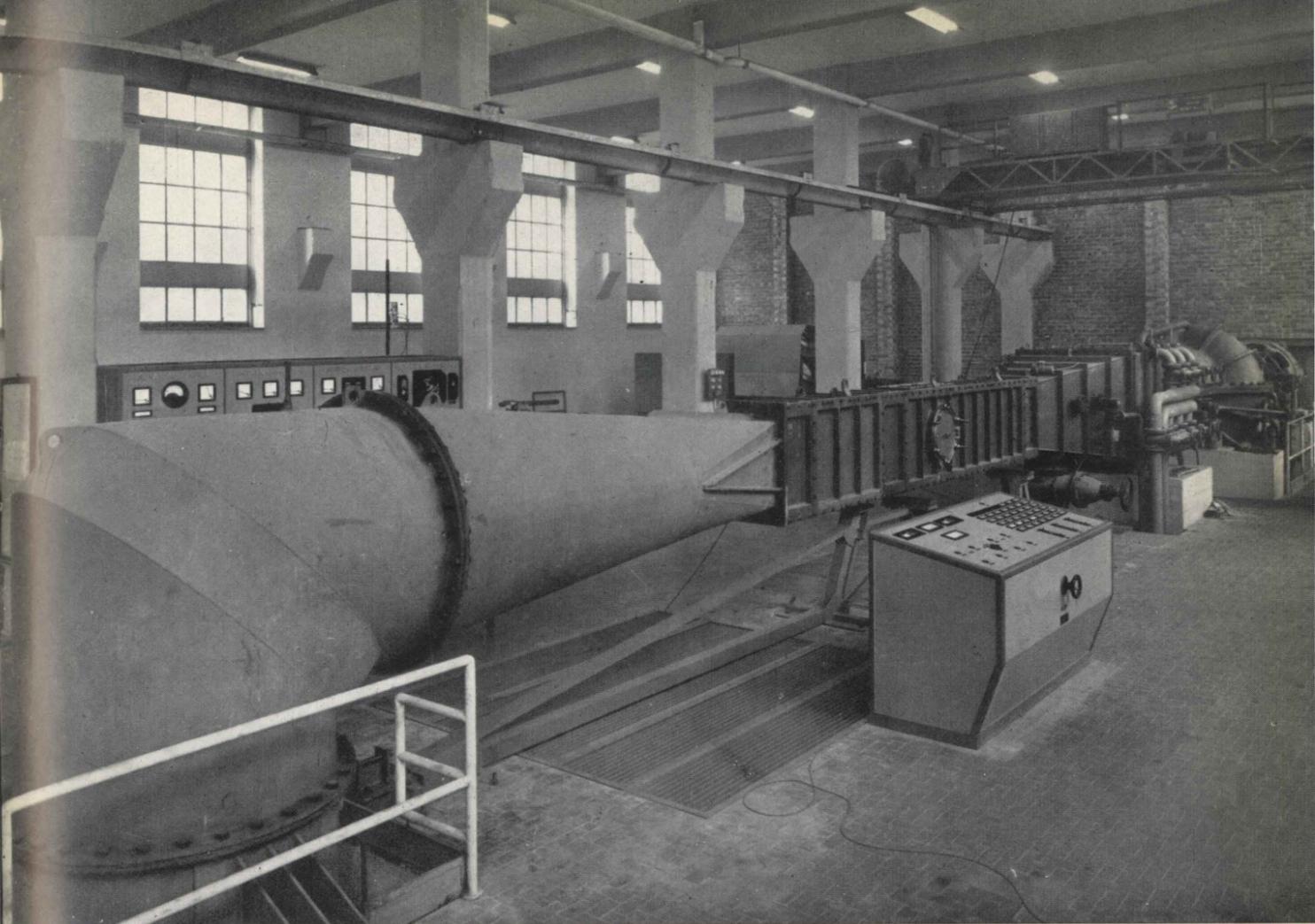
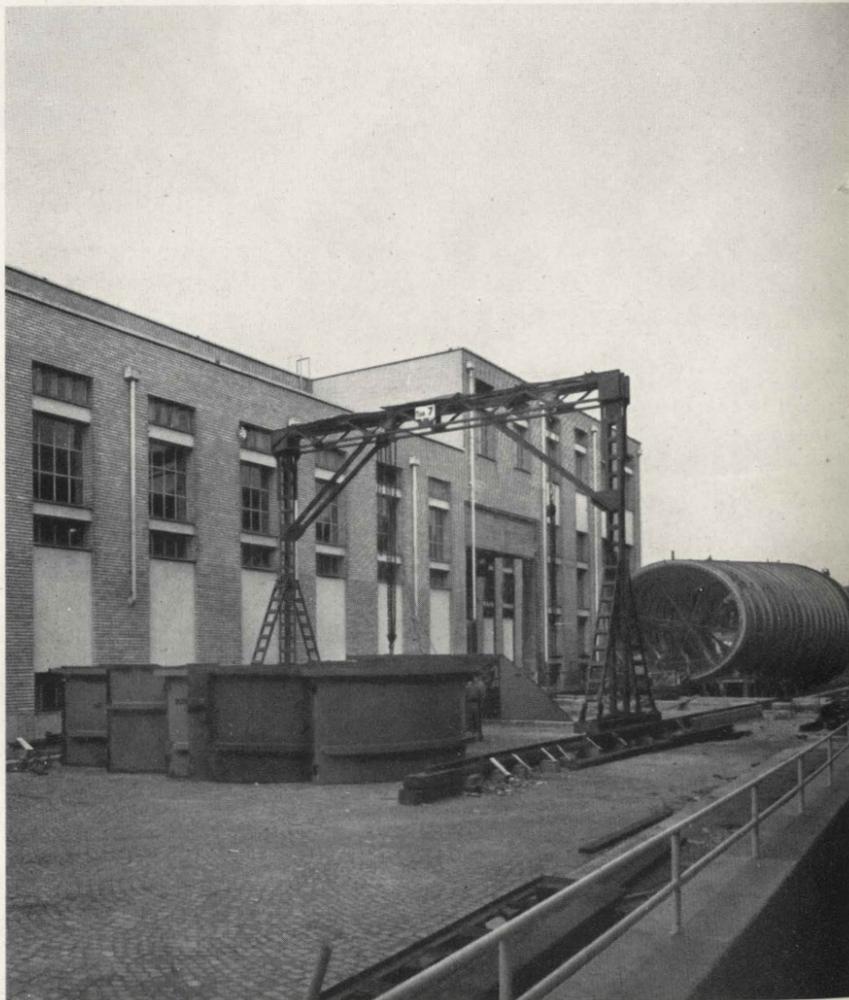


# Istituto di Aeronautica



Istituto di Aeronautica - Montaggio Galleria del Vento Subsonica.

Istituto di Aeronautica - Montaggio Galleria del Vento Subsonica.



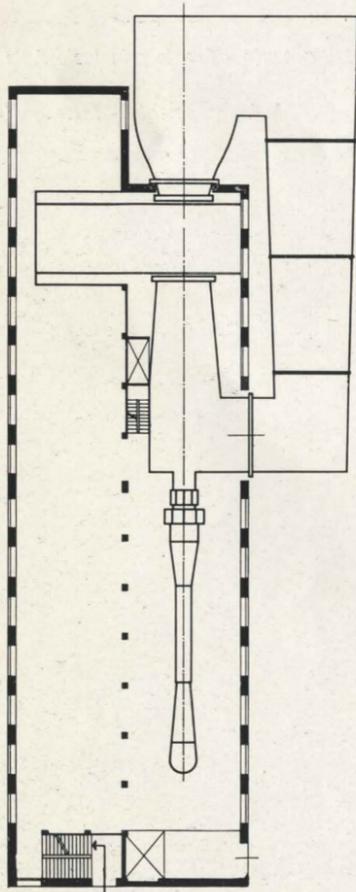
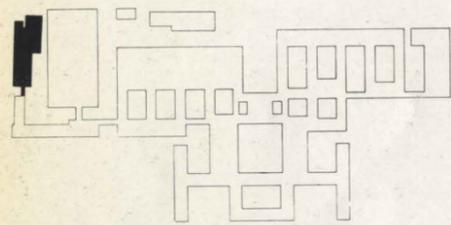
Istituto di Aeronautica - Galleria del Vento Supersonica.

In fregio al Corso Peschiera sorge il fabbricato per l'Istituto di Aeronautica, con le annesse due gallerie del vento, sistemate una all'interno e l'altra all'esterno del fabbricato stesso. La prima è la Galleria Supersonica, a funzionamento continuo, per prove di aeronautica pura, ricerche sullo strato limite, sulla distribuzione delle pressioni su modelli supersonici, missili, ecc. Infatti nella sua camera di prova si può sperimentare su modelli alla velocità di 2.65 Mach (cioè 2.65 volte la velocità del suono).

Collegata alla precedente con un motore elettrico a velocità variabile e con potenza massima di 1200 kW, si ha, all'esterno, la Galleria Subsonica, con una camera di prova di 3 m di diametro, funzionante fino ad una velocità di 100 m/sec. in pressione massima di 3 atmosfere, per prove su modelli di aerei, veicoli terrestri, navi, teleferiche, per prove di laboratorio su modelli. Questa imponente attrezzatura completata dalle più moderne innovazioni specifiche, pone l'Istituto di Aeronautica del Politecnico di Torino all'avanguardia nel campo tecnico internazionale.



Istituto di Aeronautica - Fronte su corso Peschiera.



Istituto di Aeronautica - Pianta piano terreno.

**Istituto di Tecnologia**  
**Meccanica Applicata**  
**Motorizzazione**  
**Macchine e Officina Meccanica**

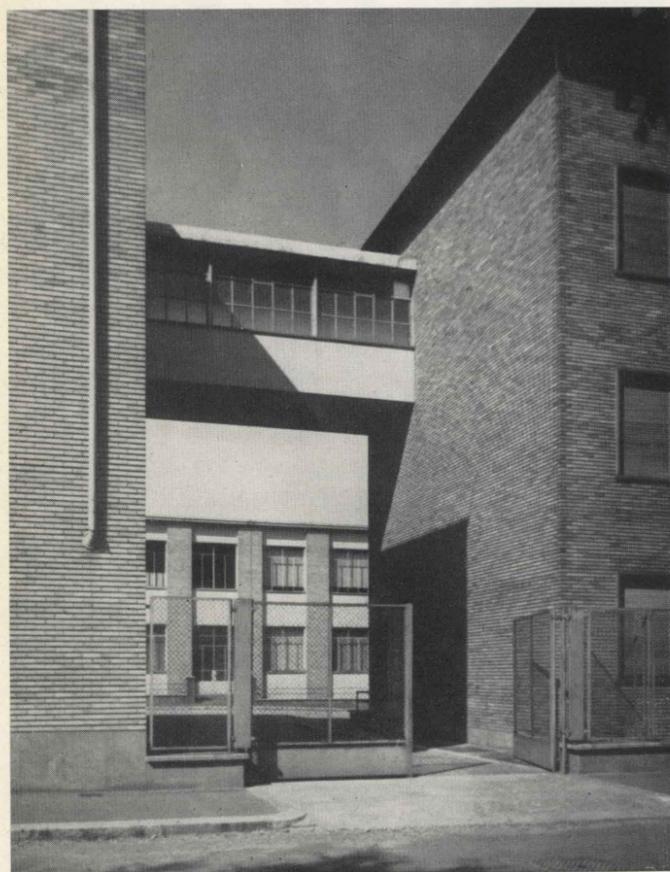
Il complesso di questi istituti che copre un'area di ben 5.300 mq, accoglie tutte le attività del ramo meccanico dando le più ampie possibilità di studi, ricerche, prove di laboratorio e analitiche.

Una notevole particolarità di questo fabbricato è data dalla cella silenziata per prove su motori (potenza e consumo) separata dal resto del fabbricato da pareti opportunamente schermate ai rumori, con doppi serramenti e dotata di tutti i più progrediti accorgimenti tecnici atti al suo impiego.

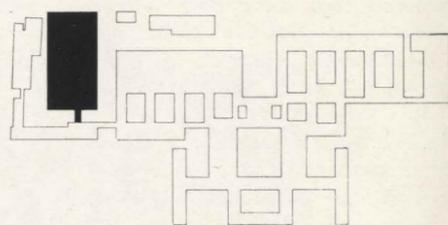
Appartiene inoltre all'Istituto di meccanica applicata una piccola galleria del Vento, con un diametro di 60 cm, adatta a studi sui fenomeni di turbolenza.

L'Istituto di costruzione macchine è dotata di ampi locali corredati di un notevole numero di macchine utensili, e funziona come una vera e propria officina all'interno del Politecnico, in cui vengono fabbricati tutti quei pezzi meccanici necessari al funzionamento dei laboratori sperimentali di tutto il complesso.

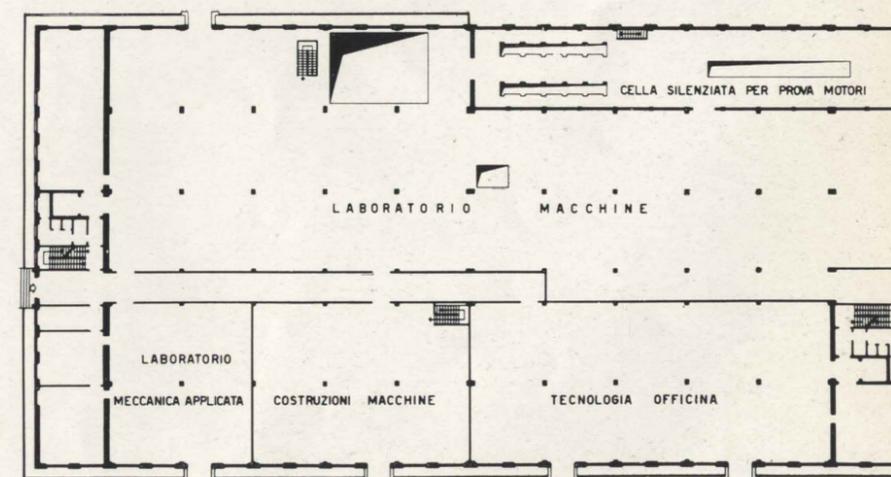
L'intero fabbricato è coperto con struttura a « shed » di singolare eleganza di linea, che assicura la migliore illuminazione diurna dei locali, mentre per il riscaldamento è previsto un impianto ad aerotermi come in tutti gli altri fabbricati a carattere industriale facenti parte del Politecnico.



*Istituto di Tecnologia - L'istituto visto dall'ingresso sul corso.*



*Istituto di Tecnologia - Interno officina.*



*Istituto di Tecnologia - Pianta piano terreno.*

## **Centrale termica**

## **Centrale elettrica**

Nella centrale termica sono installate 3 caldaie a vapore che producono il totale fabbisogno di calore per il riscaldamento di tutto il complesso del Politecnico. Ogni caldaia ha una produzione di 5.000.000 di calorie/ora. Il calore prodotto sotto forma di vapore, riscalda in appositi scambiatori, ubicati nella Centrale stessa, l'acqua circolante nelle reti esterne termodistributrici.

Le reti esterne sono due, una che convoglia l'acqua a 95° e che alimenta direttamente tutti i singoli impianti a radiatori, l'altra che convoglia l'acqua surriscaldata a 125° e alimenta gli impianti ad aerotermi dei grandi laboratori e gli impianti di termoventilazione delle grandi aule.

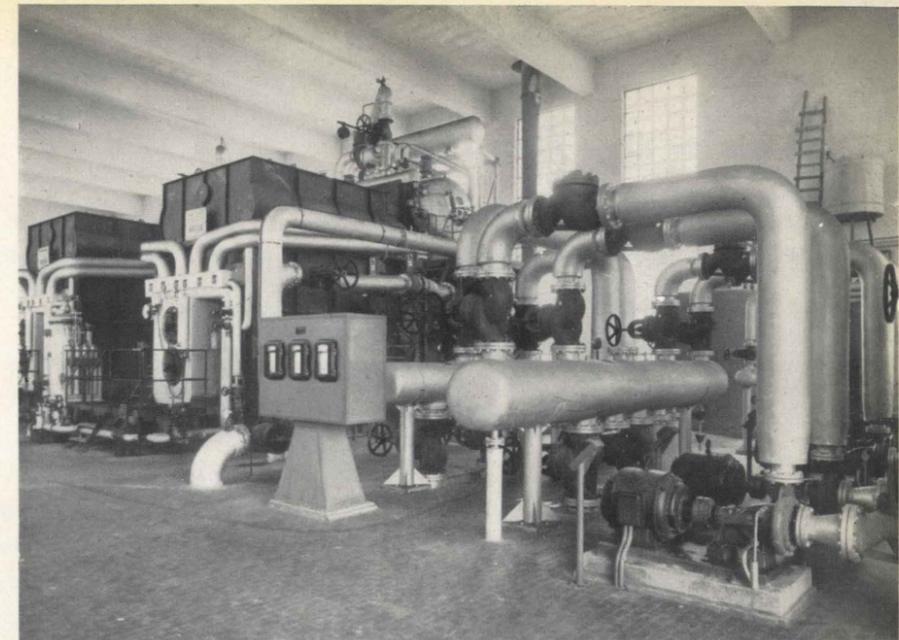
Esiste inoltre una sottocentrale, ubicata nel sottopiano del fabbricato biblioteca, che miscela l'acqua a 95° in modo da ottenere una temperatura di 45° circa, adatta all'alimentazione dell'impianto di riscaldamento a pannelli radianti che serve tutti i fabbricati del rettorato.

Le caldaie bruciano nafta ma è prevista la possibilità di bruciare gas metano e ciascuna caldaia è corredata di impianti di controllo automatico sia della combustione che di tutti i servizi installati.

Nello stesso fabbricato è stata costruita la centrale elettrica comprendente la cabina di trasformazione principale alimentata dall'A.E.M. con un cavo a 27.000 V e con un altro cavo di riserva a 6.300 V. Nella cabina sono installati 2 trasformatori da 2.000 KVA - 27.000/6.300 V.

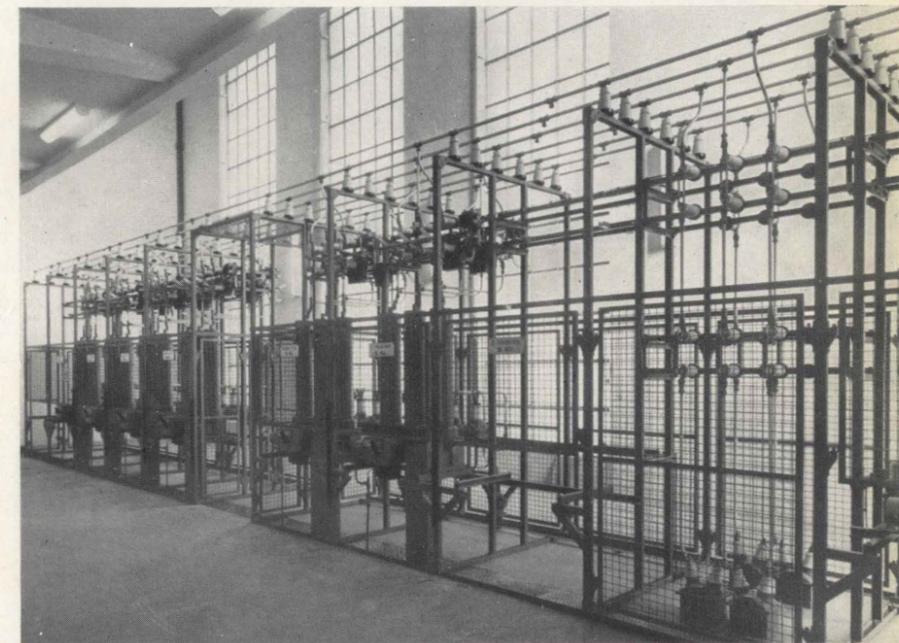
Le utenze del Politecnico sono alimentate da 7 cabine secondarie equipaggiate con trasformatori da 315 KVA-6.300/380 V. Un cavo a 27.000 V. alimenta direttamente il gruppo trasformatore-alternatore per il funzionamento del motore della galleria del Vento.

*Centrale Termica - Vista esterna.*

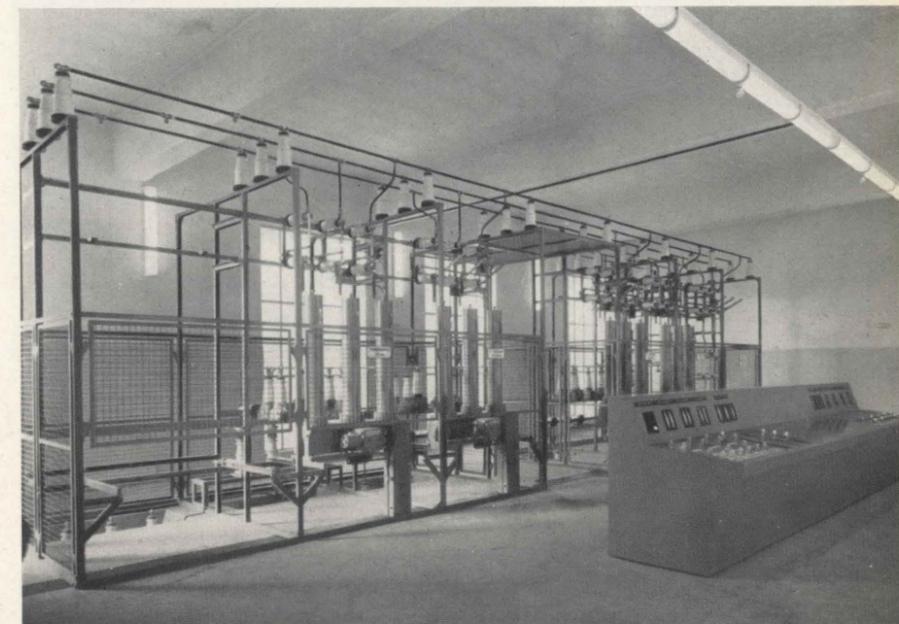
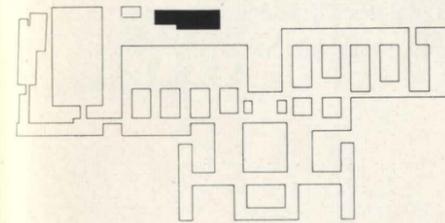


*Centrale Termica - Le caldaie.*

*Centrale Elettrica - Centrale a 6.300 V.*



*Centrale Elettrica - Centrale a 27.000 V.*



**Istituto della Dinamica**

**Istituto di Topografia e Geodesia**

**Istituto di Fisica Tecnica, Idraulica, Scienza delle costruzioni**

**Istituto Costruzioni legno, ferro, cemento**

**Istituto Trasporti e Strade**

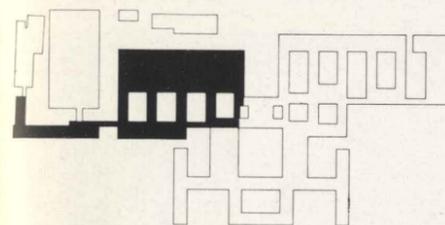
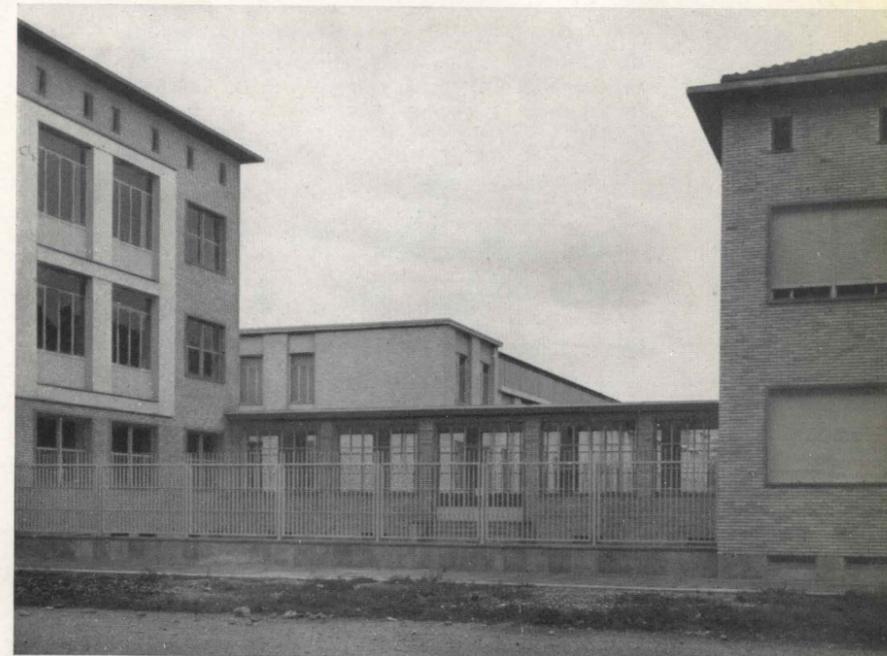
**Laboratori**

Gli Istituti in oggetto sono caratterizzati, nella loro distribuzione planimetrica, dal fatto di essere collegati, in testata, ai rispettivi laboratori in modo da ridurre al massimo sia i percorsi verticali che quelli orizzontali. Tutti i suddetti fabbricati sono dotati di ampi e luminosi locali per uffici, piccole aule di insegnamento, studi per professori e assistenti e ampi magazzini per i materiali. Il mutuo collegamento, possibile anche nel piano seminterrato per mezzo della galleria sotterranea, permette il trasporto di carichi ingombranti e di notevole peso, facilmente scaricabili nei cortili interni e poi trasportabili a qualsiasi piano a mezzo di adeguati montacarichi ed ascensori. I laboratori, sistemati nel grande fabbricato ad un piano fuori terra, sono modernamente attrezzati con carri-ponte di notevole portata, comandati elettricamente e atti a facilitare il trasporto interno di grandi carichi. La sobria architettura esterna dei suddetti fabbricati, modulata a grandi lesene verticali in litoceramica, interrotte da specchiature in tessere di grès, traduce la lineare disposizione interna dei locali, adeguandosi ad un decoroso aspetto del complesso che ha destinazione prevalentemente industriale.



*Vista esterna Laboratori.*

*Fronte su via Peano.*



*Prospettiva esterna laboratori.*

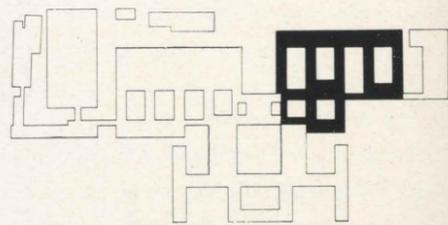
**Istituto di Fisica sperimentale**

**Istituto di Giacimenti, Arte Mineraria e Mineralogia**

**Istituto di Chimica generale e applicata**

**Istituto di Elettrochimica**

**Istituto di Chimica Industriale**



*Prospettiva esterna laboratori e Istituti.*



Analogamente a quelli precedentemente illustrati, gli Istituti in questione sono distribuiti « a pettine », perpendicolarmente al Corso Castelfidardo, con le testate collegate ai rispettivi laboratori. Si tratta di cinque fabbricati a 4 piani fuori terra, contenenti gli Istituti di Fisica sperimentale, Chimica generale ed Elettrochimica, Arte Mineraria, Chimica industriale, Geologia e Mineralogia. Tutti i suddetti Istituti sono ampiamente dotati di vani destinabili ad uffici, studi, archivi e la struttura modulare permette un'ampia flessibilità nella destinazione dei locali. Fra i primi tre Istituti sono sistemate due grandi aule a gradinata, capaci di circa trecento posti caduna, da utilizzarsi esclusivamente dai suddetti istituti. Anche in questo caso il grande fabbricato contenente i laboratori è particolarmente dotato di attrezzature meccaniche automatiche per il trasporto di grandi carichi, e di tutti quei moderni impianti tecnologici indispensabili in laboratori di una certa importanza come quelli in questione.

L'Istituto di Fisica Sperimentale è corredato di una grande aula a gradinata, capace di circa 300 posti e di due aule comuni, nonché di particolari laboratori appositamente attrezzati per gli importanti studi che vi si svolgono. In totale i fabbricati in oggetto occupano un'area coperta di 16.355 mq. distribuita sui vari piani ed un volume complessivo di 73.420 mc.

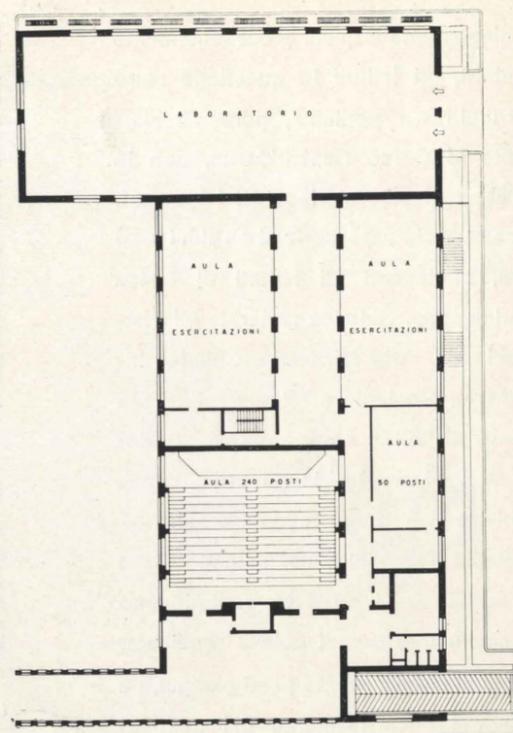


*Uno dei cortili interni.*

*Istituto di fisica sperimentale - Interno Aula a gradinata.*

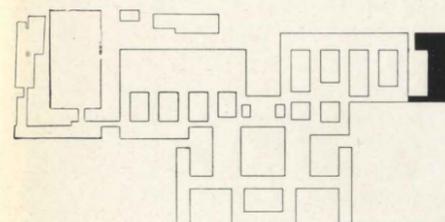
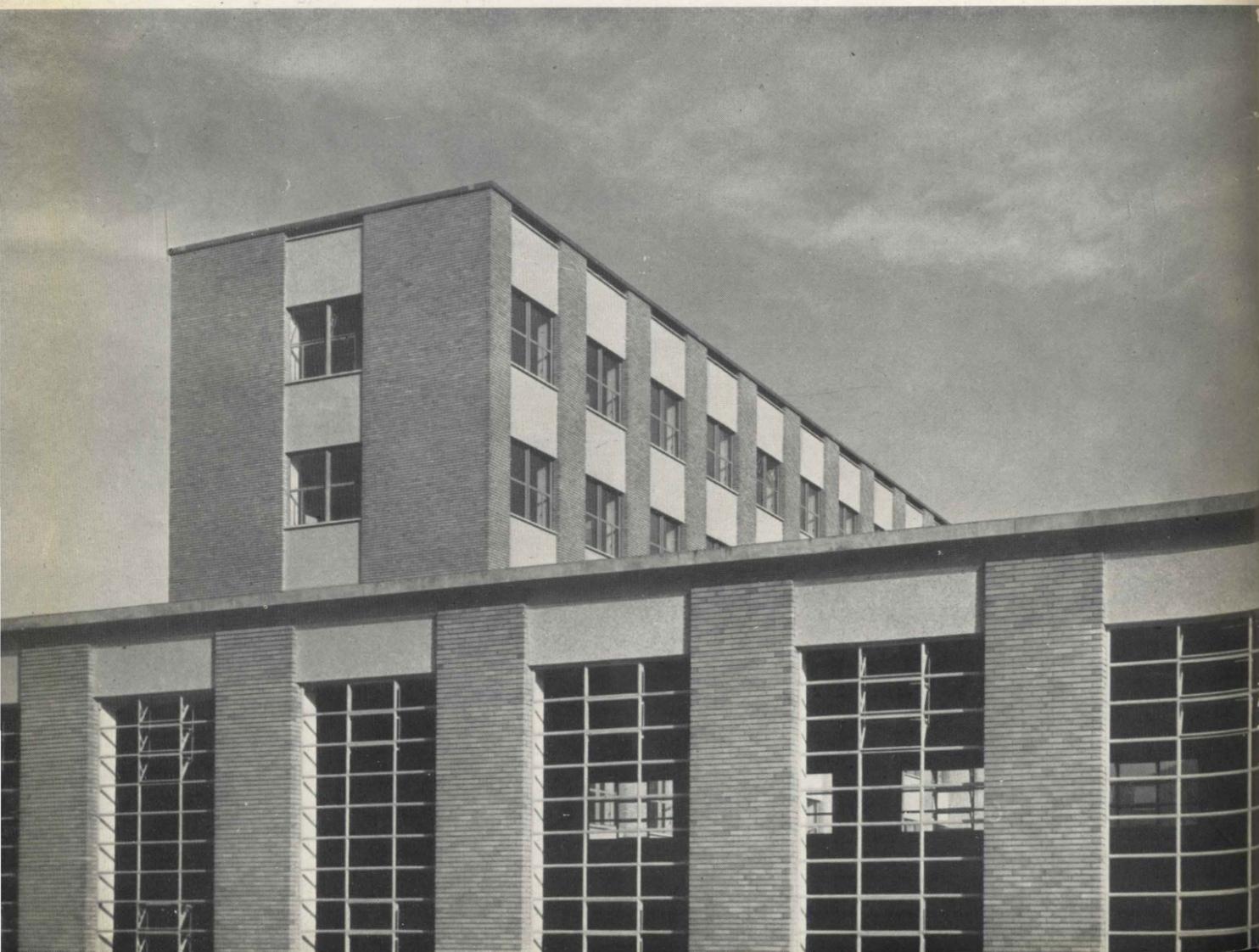


# **Istituto di Elettrotecnica**



*Istituto di Elettrotecnica - Pianta piano terreno.*

*Istituto di Elettrotecnica - Scorcio da corso Castelfidardo.*

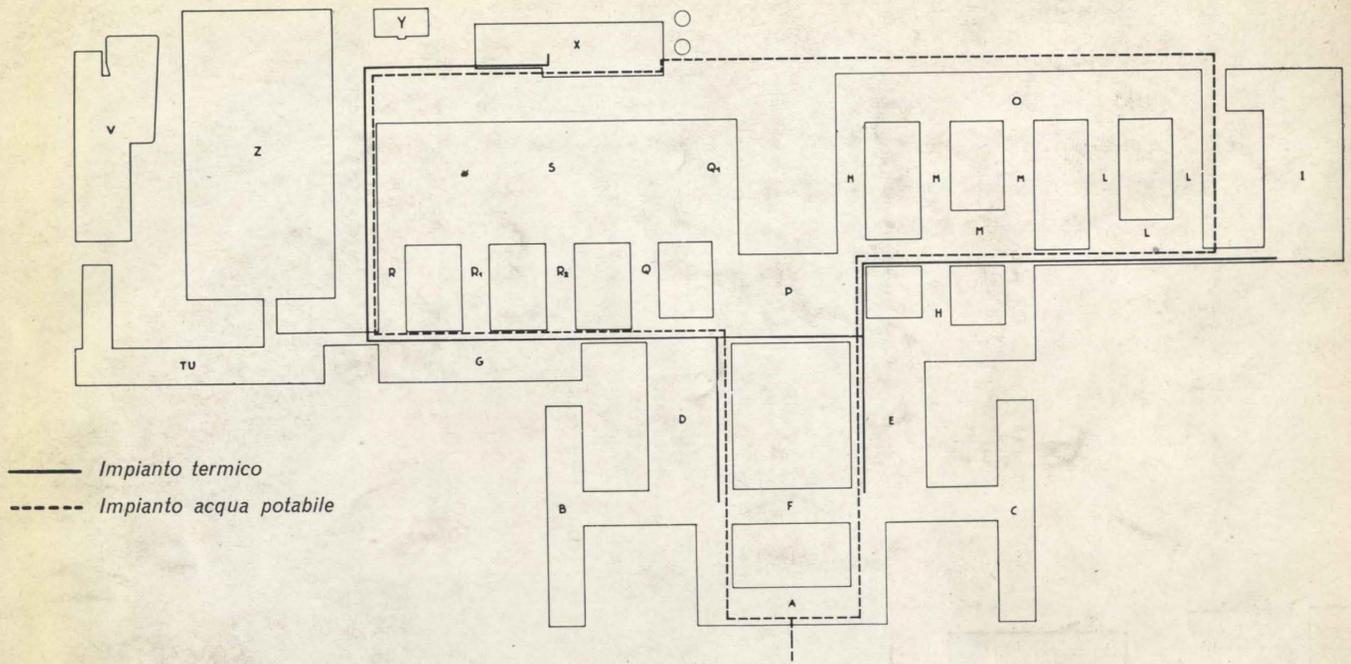


*Istituto di Elettrotecnica - Prospettiva del fronte EST.*

Situato all'estremità Nord del complesso, all'angolo fra i Corsi Montecchiesco e Castelfidardo, l'Istituto di Elettrotecnica accoglie nei suoi 109 vani utili, tutte le più moderne attrezzature di laboratorio, per studi sia sperimentali che analitici, che gli permettono di soddisfare a tutte le esigenze, sia presenti che future, cui è destinato.

Dotato di due grandi aule a gradinata, entrambe attrezzate anche per proiezioni cinematografiche, di quattro aule comuni da 50 posti, di 24 laboratori sperimentali, di undici locali per professori, studi assistenti, biblioteca, ecc., e di 68 vani accessori, rappresenta un notevole complesso edilizio, che alle caratteristiche di schietta funzionalità unisce una estetica architettonica consona alla sua serietà ed alla sua destinazione.

**Schema distribuzione impianti termico e acqua potabile**



**Schema distribuzione impianti elettrici**

