

# RASSEGNA TECNICA

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

## Tendenze attuali per la costruzione e l'esercizio delle lunghe gallerie autostradali

VITTORIO ZIGNOLI individua i problemi fondamentali della scelta delle caratteristiche delle gallerie autostradali per quanto riguarda l'impianto e l'esercizio ed indica le soluzioni adottate nel caso delle gallerie del Gran S. Bernardo e del Monte Bianco e nei progetti di quello attualmente in corso di trattative per l'attuazione.

Mentre ferveva la guerra dei trafori che un così succoso libro ha ispirato al Conseiller Général dell'Alta Savoia Dessailoud e alla quale dobbiamo però la fortuna di aver aperto al Piemonte due vie verso l'Europa, due problemi, in fondo tra loro connessi, assillavano i tecnici delle comunicazioni autostradali e cioè:

I) conveniva forare in alto ove lo spessore della montagna è modesto, il che però sollevava il problema della sicura apertura al traffico durante i mesi invernali, — oppure in basso, mediante una galleria di base ove il traforo si allunga ma è facile assicurare il transito anche nel periodo delle nevi e del gelo, il che però sollevava un altro problema, quello della possibilità di ventilare efficacemente ed economicamente delle gallerie lunghe oltre 10 km, soprattutto dove le condizioni della montagna inibivano l'apertura di pozzi verticali d'aereazione;

II) viste le difficoltà e i dubbi giustificati sulla possibilità di ventilare efficacemente ed economicamente la galleria di base, conveniva forse adottare per esse il sistema ferroviario a navetta che già funzionava, sia pure con maggiore o minore soddisfazione degli utenti, a seconda della perfezione del servizio, in 3 gallerie ferroviarie alpine.

Per quanto riguardava il primo problema le condizioni dei luoghi tagliarono il nodo gordiano.

In corrispondenza del Gran San Bernardo, ove già esisteva un valico in vetta servito da carrozabile, era possibile aprire una gal-

leria ad alta quota ove la sua lunghezza scendeva di poco sotto i 6 km e dove la copertura modesta permetteva l'apertura di almeno due camini.

Fu perciò giudiziosamente scelto il traforo di funzionamento meno incerto.

Restava però il problema di raggiungere sicuramente e comodamente quote di valico dell'ordine di 1900 metri. Questo problema venne risolto brillantemente dal Prof. Dardanelli col suo progetto che prevedeva l'accesso agli imbocchi mediante strade coperte.

Se con questo sistema si rendeva più semplice e meno incerto l'esercizio della galleria, sussistevano però seri dubbi sulla possibilità e sul costo di mantenere in funzione durante le tormente alpine delle lunghe strade coperte, tenendo anche conto delle valanghe abbastanza frequenti nella zona.

Il problema era tutt'altro che semplice, si trattava di bonificare, dal punto di vista delle valanghe, un'intera costa montana, e di assicurare il funzionamento regolare degli accessi, in qualsiasi condizione di perturbazioni atmosferiche.

Oggi che il problema è risolto e l'esercizio di oltre un anno ne ha confermato l'ottimo esito, sembra una cosetta facile, facile, ma io penso che esso abbia disturbato per qualche anno i sonni del progettista.

D'altro lato, in corrispondenza del Monte Bianco, per la ripidità dei versanti coronati da un esteso e profondo ghiacciaio, era impos-

sibile salire, per gli imbocchi, oltre i 1380 metri e, per la copertura di oltre 2 km, impossibile anche l'apertura di pozzi intermedi di aereazione. Venne perciò scelta, per forza, la soluzione più incerta, quella di una galleria di base lunga circa 12 km.

TABELLA I

Influenza della velocità dell'aria nella condotta sulla portata delle bocche di efflusso.

Velocità in m. al sec.	Differenza di pressione in mm. di H <sub>2</sub> O			
	200 mm di apertura della serranda di regolazione	150	100	50
26	44	51	62	—
2	—	52	64,5	94

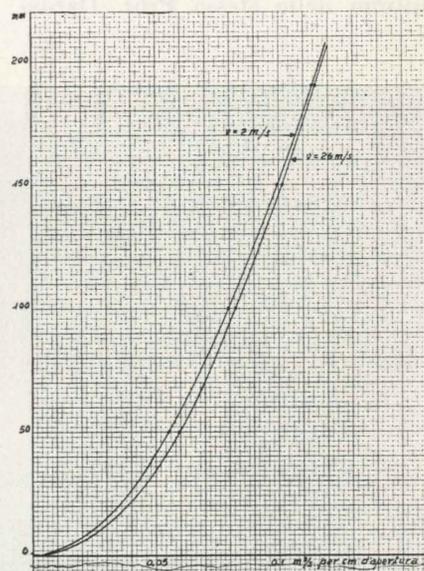


Fig. 1 - Comportamento delle bocche di ventilazione.

Per quanto riguarda il secondo problema anch'esso venne risolto dalle circostanze, per il Gran San Bernardo la modesta lunghezza della galleria e la possibilità di aprire facilmente due camini rendeva sicura la progettazione di un complesso ventilante efficace ed economico, per il Monte Bianco la decisione delle Autorità che dovevano fornire preventivamente il nulla osta per il rilascio della concessione, non lasciò altra via che quella di affrontare la ventilazione di una galleria di circa 12 km partendo esclusivamente dagli imbocchi.

Anche questo problema molto preoccupò il progettista tanto più che molti Tecnici erano fortemente dubbiosi sulla riuscita e fin all'ultimo momento non mancarono persone che gentilmente lo confortavano facendogli osservare che, in ogni caso, avrebbe sempre potuto far circolare gli autoveicoli in galleria tirandoli con una fune.

In un certo periodo lo scetticismo del pubblico divenne così forte che su uno dei maggiori quotidiani della penisola apparve un articolo, del resto succoso e interessante, intitolato: « Passeremo nel traforo del Monte Bianco con la maschera antigas? ».

È ben vero che il concetto della convenienza delle gallerie di base anche per le strade veloci, si faceva strada e ancor prima del completamento del traforo, due progetti in Italia, quello del Frejus e quello del Ciriegia, questo ultimo dello stesso Prof. Darda-

neli, prevedevano l'apertura di gallerie di circa 12 km a quota di 1300 metri circa, ma in entrambi i casi era possibile aprire fino a 5 pozzi intermedi di aereazione per cui le incertezze della ventilazione dagli imbocchi venivano a cadere.

Adesso che i primi giorni di esercizio hanno dimostrato che la ventilazione al Monte Bianco funziona soddisfacentemente, anche in periodo di rodaggio, sembra anche questa soluzione una cosetta semplice semplice, ma certamente non lo fu. Essa richiese di non accettare come assiomi quanto avevano scritto sull'argomento Tecnici e Studiosi i quali concordemente affermavano essere impossibile ventilare efficacemente e regolarmente mediante condotti a bocchette lunghi più di 500 o al massimo 700 metri. Accettando questo assioma, per i 5800 metri di galleria serviti da ogni imbocco, avremmo dovuto provvedere a ben 11 condotti per l'aria pura e altrettanti per l'aria viziata, e la superficie trasversale richiesta dalla ventilazione sarebbe stata almeno quadrupla dell'attuale, con spese di energia paurose.

Esperienze condotte sotto la guida dei Tecnici dei Ponts et Chaussées Francesi, seguite in particolare modo dall'Ing. Ramel ed eseguite alla Sorbona dal Prof. Fortier, ci convinsero della possibilità di ottenere una emissione regolare anche variando l'afflusso, da bocchette situate ogni 10 metri lungo un condotto di 1400 metri.

Le esperienze fatte ultimamente sulle bocche reali al tunnel della Sorbona hanno dato risultati così brillanti che io penso sia oggi possibile ottenere un servizio accettabile anche da condotte di emissione ed aspirazione lunghe 2 km.

Infatti il diagramma della fig. 1 con la tabellina annessa mostra come passando dalla velocità di 2 a quella di 26 m/sec, e dalla pressione di 200 a quella di 50 mm di H<sub>2</sub>O la differenza di emissione per cm di apertura è praticamente nulla.

#### Trafori di vetta e trafori di base.

Ora che le preoccupazioni dipendenti della minore o maggiore facilità di ventilazione sono almeno in gran parte fuggite, per la scelta fra i due tipi ha importanza massima il fattore economico.

È troppo presto per poter fare degli studi e trarre delle conclusioni dai risultati del traffico che in questi ultimi giorni è stato rilevato nelle gallerie del Gran San Bernardo e del Monte Bianco.

È indubbio che dal punto di vista del collegamento Nord-Sud il traforo del Gran San Bernardo è in posizione privilegiata. Esso dovrebbe avere un compito prevalentemente commerciale in contrasto con quello del Monte Bianco che, specie in un primo tempo, si pensava dovesse avere soprattutto carattere turistico anche a largo raggio.

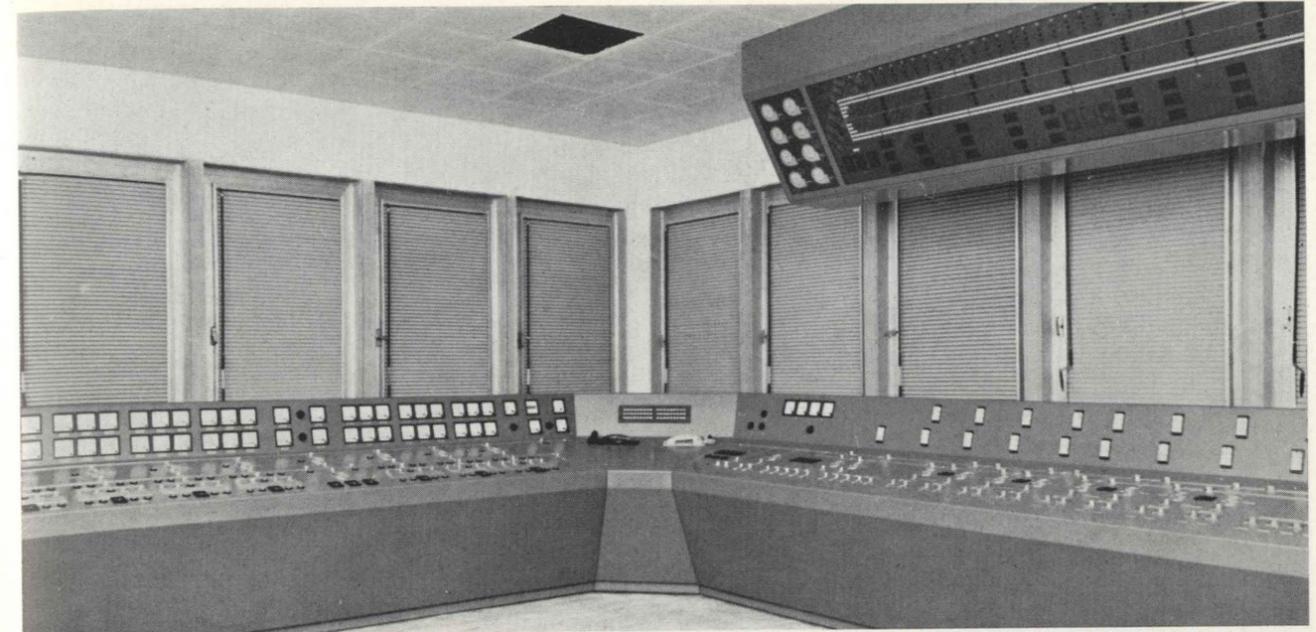


Fig. 3 - Banco di comando lato italiano (Monte Bianco).

A modificare però questa logica impostazione stanno alcune circostanze che possono alterare sensibilmente i risultati.

Anzitutto la quota. Possiamo considerare fra i due trafori una differenza di quota da 1900 a 1380 metri.

Ciò implica per il Gran San Bernardo una notevole maggior lunghezza virtuale del percorso, sia per quanto riguarda il costo sia per quanto attiene al tempo impiegato. Inoltre l'esperienza dimostra che i valichi, siano essi aperti o in galleria, sono soprattutto frequentati da autocarri pesanti e per essi raggiungere, soprattutto in inverno, quote prossime ai 2000 metri è molto faticoso.

Va ancora aggiunto il fatto che le limitazioni di sagoma e di portata poste dalla Svizzera per la strada del Gran San Bernardo rendono impraticabile quel traforo ad una certa e interessante categoria di autoveicoli.

Per questa ragione, malgrado la meno felice disposizione del traforo del Monte Bianco verso la rete stradale del Nord Europa, ritengo che anche il traffico commerciale sarà, a stabilizzazione avvenuta, notevolmente maggiore attraverso di esso.

Tanto più che lo sbocco è in Francia cioè in un paese che am-

mette le massime sagome e le massime portate degli autoveicoli il che ha assicurato ad essa e al Benelux quasi il monopolio dei trasporti da e verso il Nord e i suoi porti.

Fortunatamente l'Ing. Rinaldi ha intelligentemente fissato per le nuove costruzioni dell'Anas caratteristiche che le rendono atte al traffico degli assi da 13 tonn. ai quali bisognerà ben arrivare anche in Italia, quando i nostri delegati al Mec finiranno di lasciarsi suggestionare dall'interessata, e comunque poco intelligente, politica dei trasporti della Germania Federale.

Sull'argomento dei trafori alpini e in particolare sul problema della scelta della quota di passaggio, uno studio profondo ed esauriente ha compiuto la Commissione di Esperti nominata dal Governo Svizzero per lo studio della viabilità stradale e ferroviaria del San Gottardo.

Vale la spesa di richiamare alcuni dei risultati ai quali la Commissione è giunta perchè rispondono in pieno ai due problemi fondamentali della viabilità alpina accennati, all'inizio di questa nota, risultati non certo sospetti provenendo da una Nazione che non costruisce automobili ed ha sempre dato preminenza assoluta al trasporto ferroviario intelligente-

mente praticato, al quale si deve attribuire buona parte del vivace sviluppo economico di quella Federazione.

Il tema proposto agli esperti era il seguente:

posto che la galleria ferroviaria del San Gottardo (i cui dati generali e funzionali sono dati qui di seguito) è prossima alla saturazione, quale sistema si ritiene più idoneo per ottenere una radicale sistemazione del traffico ferroviario e autostradale attraverso il San Gottardo.

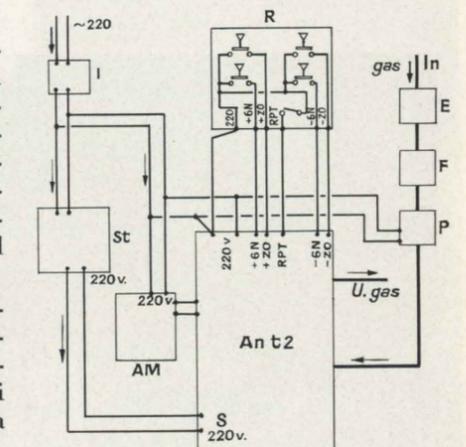


Fig. 4 - Analizzatore di CO con trasmissione dei dati a distanza.

I, interruttore; St, stabilizzatore; AM, apparecchio di misura; Ant 2, analizzatore telecomandato; R, regolazione; S, corrente stabilizzata; In, ingresso gas; U, uscita gas; I, essiccatoio; F, filtro; P, pompa; R, regolatore.

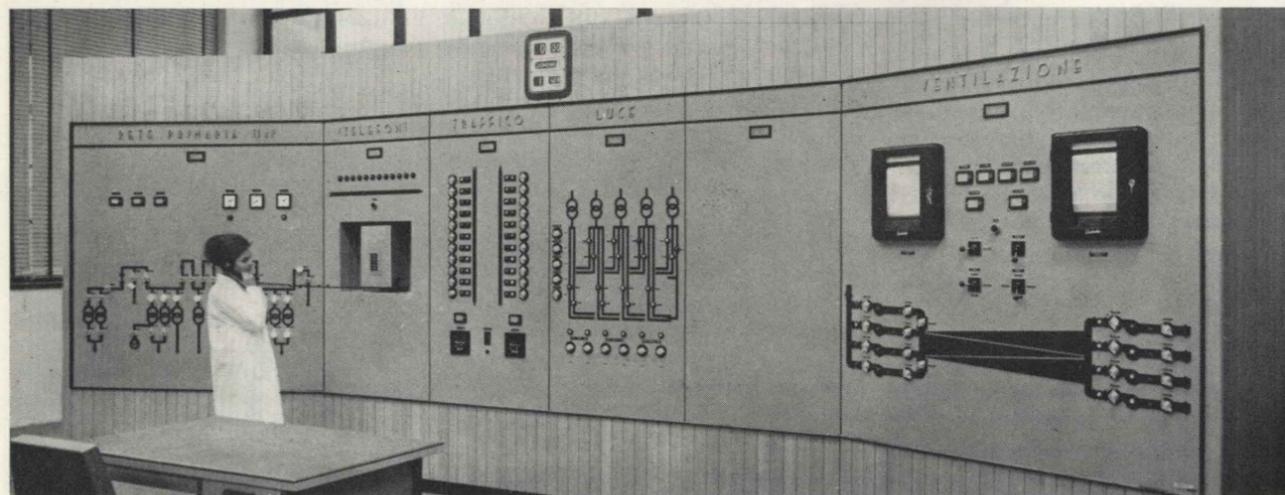


Fig. 2 - Sala comando (Gran San Bernardo).

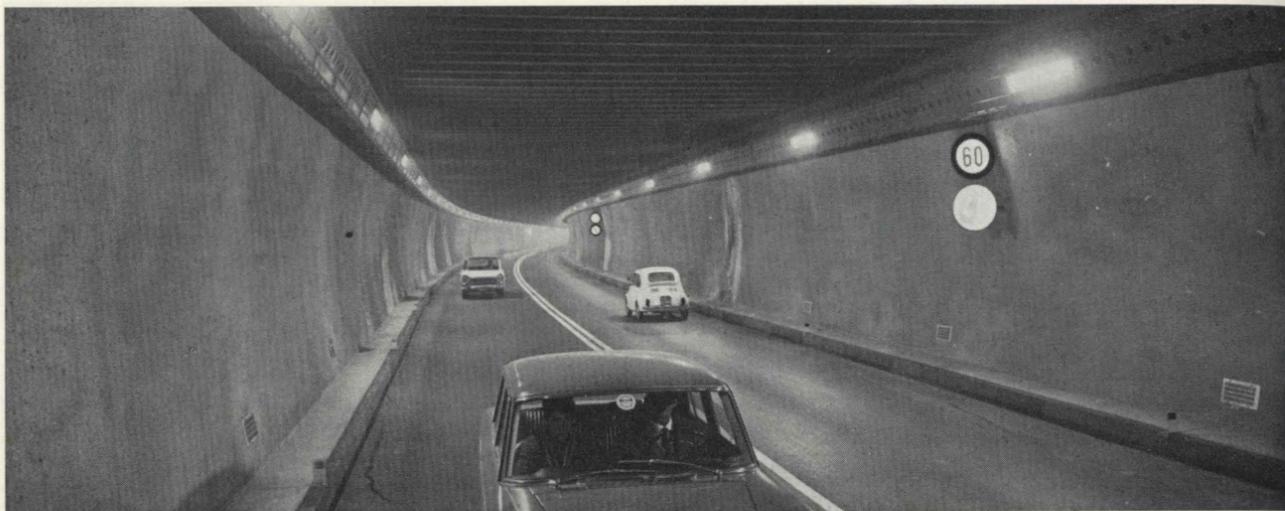


Fig. 5 - Illuminazione laterale lungo le pareti (Gran San Bernardo).

**Dati generali e funzionali dell'attuale galleria ferroviaria del San Gottardo.**

- costruzione anni 1872-1878
- lunghezza metri 14.920
- larghezza metri 8 per contenere due binari a scartamento normale
- dall'imbocco Nord (Göschenen) il binario è in ascesa del 5,82 ‰, fino a metà percorso ove raggiunge la quota di valico di m 1155 sul mare, di poi scende con varie livellette comprese fra il 0,5 e il 2 ‰
- costo complessivo 58,50 milioni di Fr Sv dell'epoca (circa 68,5 mil. di Lit dell'epoca)
- costo a m lin. di galleria 3910 Fr Sv (circa 4500 Lit) dell'epoca

- costo del cantiere 5 mil di Fr Sv pari a circa 335 Fr Sv a ml di galleria
- **Traffici attraverso la galleria nel 1961**
- media giornaliera di treni viaggiatori n. 52 portanti nell'anno 7.553.100 tonn lorde; n. 151 treni merci portanti nell'anno 22.510.300 tonn lorde. In totale la media dei treni giornalieri è di 209 con un trasporto totale annuo di 30.343.200 tonn lorde
- trasporto auto a mezzo navetta: composizioni adibite a questo trasporto n. 3 treni di 2 unità caduno della capacità di 56 auto oppure 2 treni con 3 unità della capacità di 85 auto ciascuno

- il blocco automatico consente ai treni di succedersi col ritmo di 2 a 3 primi
- il percorso della navetta si compie in 15 primi alla velocità di 80 km/h
- l'esercizio normale trasporta 170 auto all'ora in ciascuna delle due direzioni, nei giorni di punta si arriva a 340 auto all'ora
- i perfezionamenti in corso nelle stazioni permetteranno di trasportare un massimo di 570 auto in servizio normale e 635 nei casi di punta, in totale, nelle due direzioni.

Le previsioni di traffico attraverso la galleria tenuto conto dei treni merci e viaggiatori, portano alla conclusione che già nel 1970

la galleria sarà completamente saturata e che nel 1980, nei giorni di punta, le auto dovranno sopportare tempi di attesa di 5 ore con colonne di circa 20 km, mentre nei giorni di medio traffico i tempi di attesa saranno di circa 4,5 ore e le colonne raggiungeranno i 14,5 km di lunghezza. Concludendo nel 1980 non sarà più possibile un traffico ordinato e razionale lungo la galleria del San Gottardo se non si provvede tempestivamente.

Per l'eventuale nuova galleria adibita al passaggio delle auto il traffico previsto è per il 1980 il seguente:

- media giornaliera del traffico leggero e medio nell'anno auto 7.800 al giorno
- traffico pesante autoveicoli 700 al giorno
- totale giornaliero 8500
- media estiva  $1,6 \times 8500 = 13.600$  al giorno
- media invern.  $0,4 \times 8500 = 3.400$  autoveicoli al giorno.

Lo studio doveva portare a delle proposte per risolvere il traffico degli autoveicoli separatamente da quello merci-viaggiatori ferroviario per il quale si pensava ad una galleria di base.

Merita qui una digressione l'antiveggenza dei reggitori svizzeri i quali pur avendo a disposizione una galleria ferroviaria della pendenza massima dal 5,82 ‰ alla favorevolissima quota massima di 1155 metri, si preoccupano di progettare in sostituzione una galleria di base di 45 km mentre le FS per la fondamentale linea di Francia attraverso il Frejus sono ferme al tracciato di Cavour con pendenze dell'ordine del 30 ‰ e tortuosità oggi inammissibili perfino nelle ferrovie coloniali.

Per corrispondere alla missione affidatale la Commissione ha preso in esame ben 8 varianti fra le quali è compresa una galleria speciale a sezione allargata funzionante inizialmente a navetta ed in un secondo tempo per traffico autostradale, una galleria di base a due piani, uno destinato al traffico ferroviario e l'altro al traffico autostradale, due gallerie di base



Fig. 7 - Jumbo per avanzamento in piena sezione. E visibile la nebbia d'aria e d'acqua in pressione proveniente dalle 18 perforatrici in azione.

affiancate, una ferroviaria e l'altra stradale; essi sono stati però subito scartati, il primo per la complicazione e il costo, il secondo per dubbi sul comportamento in escavazione e in esercizio, il terzo per il costo eccessivo.

Maggiore attenzione è stata posta, per quanto riguarda il traffico automobilistico, alle 5 soluzioni della Tabella 3, per quello ferroviario alla 6ª soluzione della Tabella II.

La Tabella II consente un primo confronto fra le 3 prime soluzioni, la prima a quota relativamente alta (1680 m max) la seconda a quota media (1455 m max) la terza a quota bassa (1029 m max). La quarta, di base con imbocco alla quota massima di 520 m è stata scartata per il costo elevatissimo, i dubbi sul funzionamento della ventilazione in una galleria di 45 km e i vantaggi non proporzionati al costo.

La lunghezza delle tre prime soluzioni va da 7,19 km a 10,48 e a 16,36.

Malgrado il maggior costo e la maggior lunghezza è stata scelta la galleria più lunga (16,36 km) perchè risolve meglio il problema anche economico.

Il costo totale delle 3 gallerie, compresi i costi dei collegamenti salgono a 248 - 313,7 - 388 milioni di Fr Sv con un costo di esercizio annuo, compreso servizio al capitale e interessi durante la costruzione di milioni 14,90 - 18,40 - 25,30.

La terza galleria sembrerebbe a prima vista e per la lunghezza e

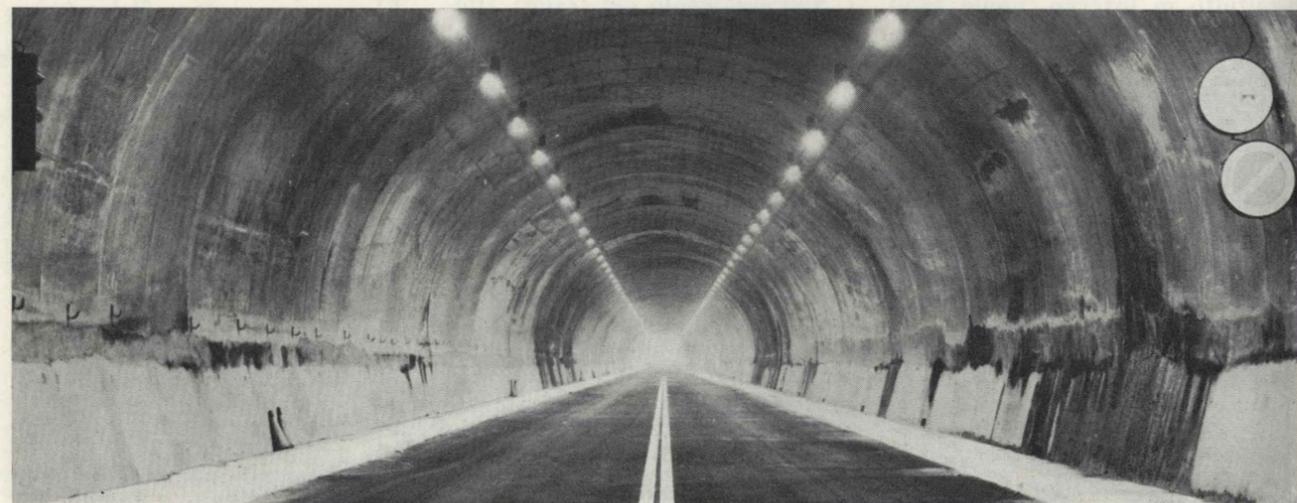


Fig. 6 - Illuminazione sulla volta lungo la traiettoria dei veicoli (Monte Bianco).



Fig. 8 - Cunicolo di avanzamento in calotta in corrispondenza di un rilascio a progr. 500 (Monte Bianco).

per il costo meno consigliabile, e a tale conclusione si giunge anche se ci si arresta allo studio delle lunghezze virtuali delle tre gallerie coi relativi raccordi alla viabilità generale, infatti, come mostra la Tabella III le lunghezze virtuali per le autovetture risultano di km 30,70 - 27,17 - 34,03 e per gli autocarri 28,35 - 22,25 - 25,37, sembrerebbe perciò preferibile la soluzione seconda che ha anche lunghezza non eccessiva. Ma le cose cambiano completamente, co-

me mostra la stessa Tabella, quando si considerano gli interi itinerari possibili: allora la 3ª soluzione risulta di gran lunga la più conveniente sia per quanto riguarda le lunghezze virtuali sia per i tempi impegnati, sia per la velocità ammissibile.

Non solo, ma anche per quanto attiene ai costi annui di esercizio appare che essa consente una notevole economia tanto allo Stato che agli utenti.

La galleria autostradale di base

lunga ben 45 km avrebbe un costo preventivato tutto compreso in 1400 milioni di franchi svizzeri (circa 200 miliardi di Lire) contro i 388 milioni (circa 55 miliardi di Lire) della soluzione 3ª prescelta.

Il costo a km della sola galleria oscillerebbe fra 2,9 miliardi al km per la più corta e 2,35 per quella prescelta.

Anche da questo accuratissimo studio risulta evidente la convenienza, anche economica di scendere per gli imbocchi delle gal-

lerie autostradali a quote basse. In questo caso, trattandosi di un traffico previsto di 1600 vetture all'ora, anche l'imbocco a 1455 metri risulta troppo alto e si accetta una lunghezza eccezionale di oltre 16 km pur di avere l'imbocco più alto a 1151 metri.

Ciò conferma quanto io scrissi a suo tempo sulla convenienza di tenere gli imbocchi delle gallerie autostradali a quote non superiori a 1350 metri circa.

Galleria autostradale a traffico libero o navetta.

La soluzione a navetta, di per sé poco apprezzata dagli utenti anche nei casi di un servizio ottimo quale è quello praticato nell'attuale galleria ferroviaria del San Gottardo, pochissimo per le altre gallerie ove esso servizio si presta a forti critiche, ha avuto, oltre che fra i ferrovieri, anche fra i tecnici stradali qualche fortuna quando si riteneva impossibile una efficace ventilazione per lunghe gallerie molto trafficate, specie se non si presentava la possibilità di aprire dei pozzi d'aerazione. La soluzione a navetta, che avevano inizialmente adottato anche i progettisti del tunnel sotto la Manica, sembrava più semplice, meno costosa, e più sicura.

Il servizio regolare eseguito nel primo mese di rodaggio nella galleria del Monte Bianco pur senza l'aiuto di pozzi di aerazione ha già modificato notevolmente certe preoccupazioni, che del resto già l'annuncio della modifica del progetto della galleria sottomarina per aggiungere alla galleria ferroviaria anche una galleria autostradale, con le difficoltà evidenti per il traffico elevato e la lunghezza del percorso, aveva raffreddato molte illusioni.

In buon punto giunge lo studio degli Esperti Svizzeri i quali messe a confronto le due soluzioni 3ª di 16,36 km autostradale e 5ª di 15,13 a navetta, hanno senz'altro dato la preferenza alla prima malgrado il maggior costo di impianto

e di esercizio, non soltanto per la maggiore lunghezza virtuale che per il 2º itinerario passa da 26 a 43 km per gli autocarri ma anche per ragioni di comodità e di ben inteso progresso tecnico.

Scrivono infatti gli Esperti a pag. 321 del loro rapporto:

« Il gruppo di studio non può raccomandare la costruzione di una nuova galleria ferroviaria da Göschenen ad Airolo, non può raccomandare l'introduzione del principio di una strada mobile (navetta) sul San Gottardo. Se si considerano gli enormi sforzi che l'estero e la Svizzera compiono per migliorare gli accessi da Amburgo e da Napoli al San Gottardo, la conseguenza è una sola: collegare le due grandi opere in maniera quanto più fluida ed omogenea. Ciò è attuabile soltanto mediante una galleria stradale ».

« Non vi è alcun dubbio che nell'epoca in cui il traffico stradale costituisce un elemento importante del consorzio umano, una galleria stradale deve corrispondere ai bisogni del presente e del futuro. Un'altra galleria, all'altitudine di Göschenen-Airolo, concepita come strada mobile (navetta) semplicemente non si addice all'evoluzione ».

« Anche all'estero pertanto si

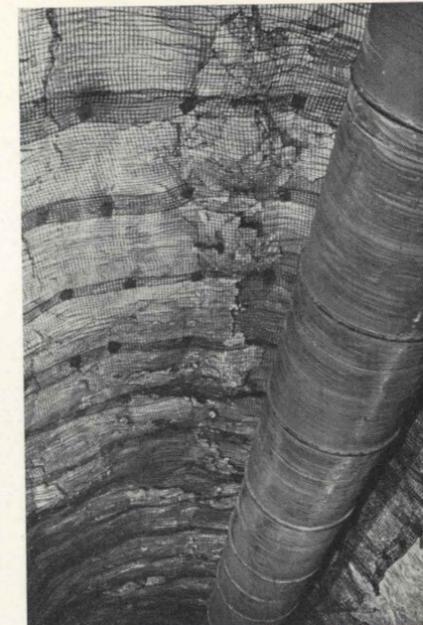


Fig. 9 - Protezione con reti e bulloni in calotta (Monte Bianco). Condotto per la ventilazione.

aspetta dalla Svizzera un'opera di pioniere sul San Gottardo in un prossimo avvenire. Se qui fosse ora proposta una soluzione che, in sostanza, già esiste, i paesi vicini ne prenderebbero nota, ma non tornerebbe a gloria della Svizzera. Il nostro paese deve, anche in questo problema, sforzarsi di conservare il suo prestigio tra i paesi tecnicamente molto progrediti ».

E così conclude il rapporto:



Fig. 10 - Le centine reticolari a progressiva 367 (Monte Bianco).

TABELLA 2 - Dati di massima sui costi d'impianti e d'esercizio di gallerie al San Gottardo.

N. impianti	Gallerie stradali al San Gottardo prese in esame: larghezza m. 7,5 + 2; altezza m. 4,50; traffico 1600 vett./h																
	Gallerie stradali	Posizione	Lunghezza Km	Quote imbocchi		Pendenza	Ventilazione		Centrali ventil. No Pozzi	Costi costruzione milioni Fr.				Costi esercizio galleria milioni Fr.			
				Nord	Sud		m³/sec. aria pura viziata	Potenza install. KW		Opere murarie	Parti elettro mecc.	Rampe raccordi	Totale compresi interessi	Servizio capit.	Eserc. manut.	Rampe accessi	Totale con int.
1	Mätteli-Motto-Bart	alta	7,19	1680	1538	1,98%	1398	4417	4	131,0	14	102,2	248	7,03	1,22	5,08	14,90
2	Hospental-Airolo	media	10,48	1455	1312	1,36%	1677	5080	7	156,3	17,8	86,5	313,7	11,0	1,43	4,3	18,4
3	Göschenen-Airolo	bassa	16,36	1029	1151	ascesa 0,38% d. 2°/100	2029	9987	6	238,5	21,8	45,2	388	16,4	2,05	2,3	25,3
4	Amsteg-Giornico	di base	45	520	380	2,5°/100	5100	33000	6	1000	60	1060	1400		4		65
Galleria ferroviaria esclusivamente per servizio navetta traffico massimo teorico 1850 veicoli/h effettiva 1600 circa																	
5	Göschenen-Airolo	basso	15,13	1105,89	1141,75	8°/100				112	63	62	264	10,2	3,23	3,3	17
Galleria ferroviaria di base Erstfeld-Biasca																	
6	Erstfeld-Biasca	di base	45,32	509	364	2,5°/100	570	1600	2	536	84	163	1000				

TABELLA 3 - Studio delle lunghezze virtuali e dei costi d'esercizio degli itinerari possibili.

N. varianti	Gallerie autostradali	Lunghezze effettive in Km.				Lunghezze: itinerario N° 1 Ersfeld-Biasca - N° 2 Schönbrücke-Piolta										
		Galleria	Galleria + colleg.	Virtuali per		N° itinerar.	effettive	Virtuali per		Tempi in primi		Velocità Km/h		Spesa annua in Fr. Sv. a carico		Totale milioni Fr. Sv.
				Vetture	Autocar.			Autov.	Autocar.	Vetture	Autocar.	Vetture	Autocar.	Stato	Utenti	
1	Mätteli-Motto-Bart	7,19	19,42	30,70	28,35	1	82,31	102,95	107,46	62	99	80	49	53	73,6	126,6
						2	34,32	50,04	50,83	30	47	68	37	24,94	34,6	59,54
2	Hospental-Airolo	10,48	18,19	27,17	22,25	1	76,29	93,45	94,31	56	87	81	52	53,3	67,5	120,80
						2	28,30	40,54	37,68	24	35	69	41	52,03	27,8	53,83
3	Göschenen-Airolo	16,36	22,91	34,03	25,37	1	71,53	87,62	82,67	53	77	81	56	32	63,5	115,5
						2	25,58	34,71	26,05	21	24	68	50	24	23	47
4	Amsteg-Giornico	45	57,50	86,77	66,60	1	57,50	87,0	61,0	52	57	66	61	92	59	151
						2										
5	Galleria ferroviaria navetta Göschenen-Airolo	15,13	21,64	50,12	58,64	1	70,51	95,31	99,72	57	92	74	46	45,05	53,95	98
						2	22,32	42,40	43,08	25	40	52	33	15,90	14,10	30

« Per sopperire al traffico stradale d'inverno, quale presumibilmente sarà per essere in avvenire, occorre completare gli impianti esistenti al San Gottardo con una galleria. Essa deve essere costruita come galleria stradale, provvista di ventilazione artificiale, per il traffico autonomo dei veicoli a motore ».

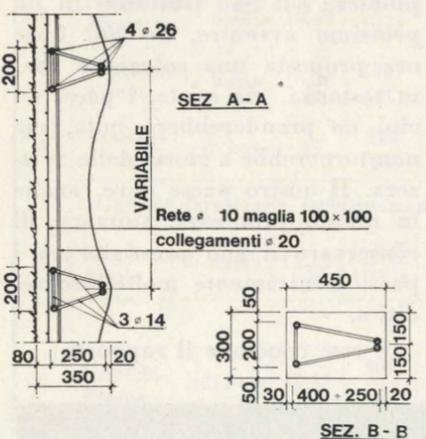
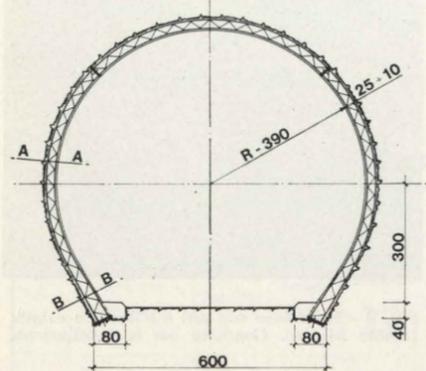


Fig. 11 - Centine in tondino per armare rivestimenti in calcestruzzo spruzzato. Galleria dell'Adda (Quadrio Curzio).

#### Gli impianti di segnalazione e controllo del traffico.

Man mano la galleria si allunga queste apparecchiature assumono maggiore importanza e sempre più complesso diventa il quadro del dirigente del traffico posto alle due estremità del traforo (figg. 2 e 3).

Per controllare il tenore di CO lungo la galleria sono montati degli apparecchi che segnalano in continuazione al posto di comando il tasso relativo (fig. 4).

Accanto ad essi sono montati degli opacimetri che misurano la

visibilità e forniscono indicazioni al banco dei controlli. In genere l'ossido di carbonio proviene dalle vetture, i fumi e le aldeidi provengono dal Diesel, se quindi il traffico è prevalentemente di autovetture interverranno prima gli indicatori del CO, se dominano gli autocarri e autobus interverranno prima gli opacimetri.

Per consigliare l'automobilista a mantenere la velocità prescritta apposti segnalatori interverranno per invitarlo ad andare più in fretta se rallenta, più adagio se corre troppo, questo per ottenere che tra due autoveicoli successivi si mantenga un certo distacco che favorisce la buona ventilazione ed evita incidenti.

Apparecchi basati sul sistema radar comunicano al posto di comando i dati relativi alla velocità degli autoveicoli e alla distanza relativa.

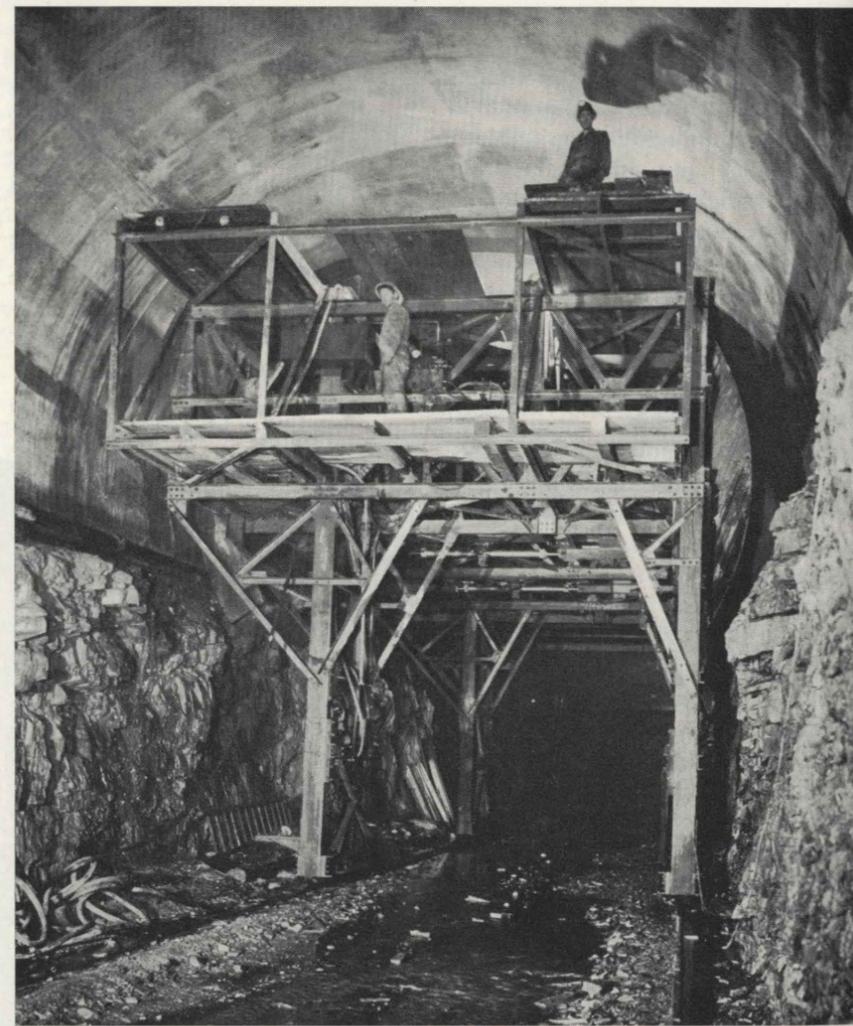


Fig. 12 - Carro porta casseforme con un elemento di 6 m. di centine telescopiche di calotta (Monte Bianco).

#### L'illuminazione.

L'illuminazione è generalmente buona, attorno ai 30 Lux di giorno, essa contribuisce ad una sensazione di sicurezza e conforto, la illuminazione notturna è attorno ai 15 lux. Agli imbocchi l'illuminazione è notevolmente rinforzata per evitare un brusco passaggio da quella diurna a quella interna, essa è regolata in base all'illuminazione esterna mediante valvole fotoelettriche (figg. 5-6).

#### L'escavazione.

Il sistema di escavazione a piena sezione sta espandendosi sempre più (fig. 7).

Salvo punti ove gravi rilasci obbligano ad avanzare in cunicolo (fig. 8), oggi, anche dove la roccia è meno buona e anche cattiva, si tende ad utilizzare sempre l'avan-

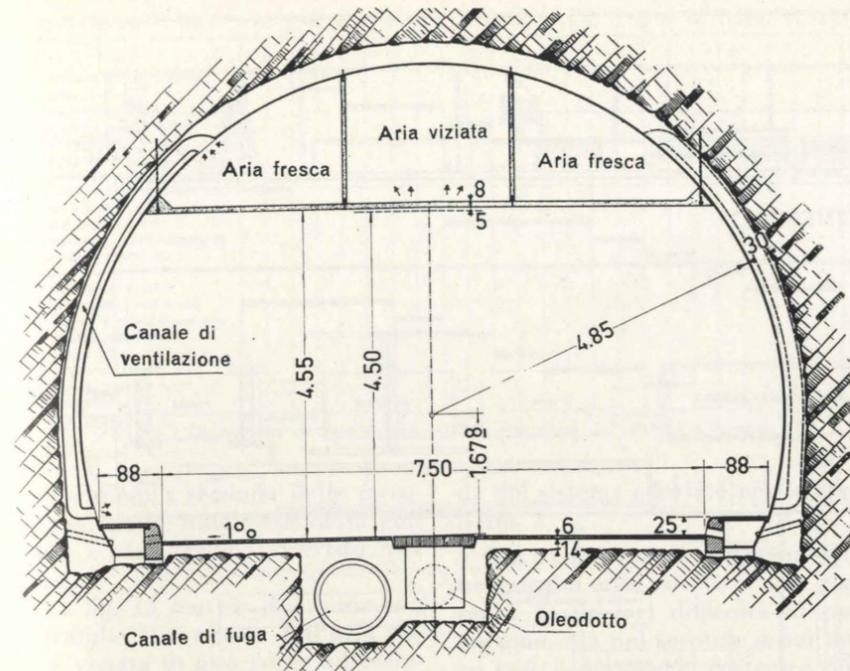


Fig. 13 - Sezione della galleria del Gran San Bernardo.

zamento a piena sezione perché più rapido ed economico. Dove si temono distacchi superficiali si avanza bullonando e disponendo reti di contenimento (fig. 9) dove il pericolo di rilasci è più grave si sostiene la volta con centine metalliche, ove anche le pareti sembrano instabili si guarniscono le centine con tavoloni e si utilizzano i marciavanti.

L'Impresa Girola ha recentemente fatto degli esperimenti nell'allargamento della galleria di Montjovet passando dall'avanzamento in piena sezione a quello in calotta e con cunicolo di avanzamento ed è tornata, anche in roccia cattiva al primo sistema che, pur utilizzando centine di sostegno in traliccio d'acciaio molto ravvicinate si è dimostrato meno

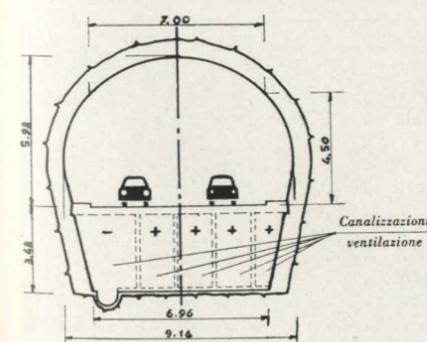


Fig. 14 - Sezione tipo della galleria del Monte Bianco.

costoso e più rapido degli altri due.

Soltanto quando la sezione è ampia e l'altezza notevole, se la roccia è soggetta a forti distacchi può essere conveniente avanzare in calotta il che permette di raggiungere le tre volate giornaliere mentre in piena sezione se ne possono realizzare soltanto due dato il molto tempo perduto per il disaggio.

La Tabella IV fornisce i tempi di un ciclo di avanzamento nel granito fratturato e spesso milonizzato del Monte Bianco. I molti distacchi quasi esplosivi, imposero grande prudenza nell'operazione di disaggio seguita dalla bullonatura delle reti.

In conseguenza su 720 primi necessari ad una volata (12 ore), ben 180 (3 ore) furono spesi per il disaggio e lo smarinetto, cioè il 25 % circa del tempo di ciclo.

Ma in alcuni casi si perse perfino una giornata per rendere sicura la volta.

Ciò consentì di operare in media soltanto due volate al giorno con avanzamenti che al massimo raggiunsero gli 8-10 metri giornalieri.

Data la necessità di giungere tempestivamente all'incontro coi francesi a metà galleria, l'Impresa decise di avanzare a piena sezione in calotta, cioè per mezza

sezione di galleria, con ciò si ridussero a metà i volumi del marino e il tempo di disaggio perché la volta, quasi a tutto sesto, sostenne meglio le spinte, il disaggio divenne più rapido e facile, data la minore altezza della volta, e si poterono raggiungere e superare le tre volate giornaliere arrivando spesso, pur in terreno difficile, ad avanzamenti di 15 metri con punte di 17,80.

Però, per ragioni organizzative venne lasciato il lavoro dello strozzo per ultimo, lo si eseguì dopo che l'avanzamento aveva raggiunta la metà galleria, per cui tenuto conto di quanto impiegato successivamente per l'allargamento non si conseguì, in complesso, alcun vantaggio né di tempo né di costo.

Vantaggi notevoli si possono raggiungere soltanto ove sia possibile organizzare il cantiere degli allarghi un 200 metri prima della fronte di avanzamento.

Sempre per ragioni organizzative il rivestimento definitivo venne per buona parte eseguito a scavo ultimato il che fece perdere altro tempo.

Quando le circostanze lo permettono è ottima pratica avanzare col cantiere dei rivestimenti assieme a quello dello scavo, naturalmente a debita distanza.

Ciò è particolarmente utile quando si scava in terreno che lentamente si rilascia. Generalmente, per un certo tempo dopo lo scavo, salvo le eccezioni del terreno completamente incoerente, la volta resiste. Si sono riscontrati casi nei quali il rilascio avvenne dopo 4-5 giorni dallo scavo, altri nei quali si verificò dopo mesi.

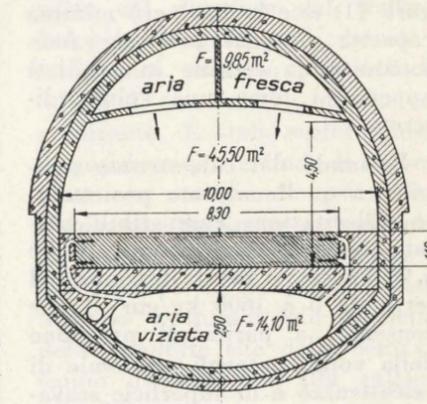
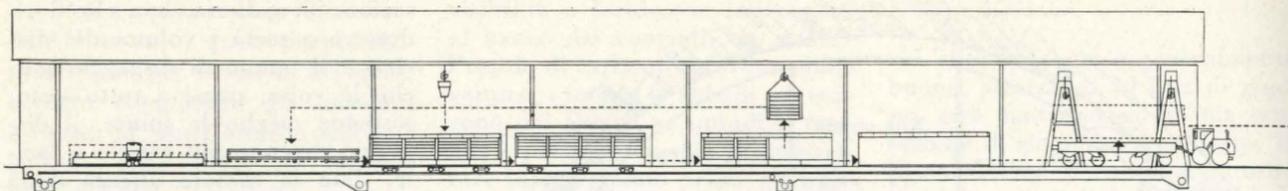
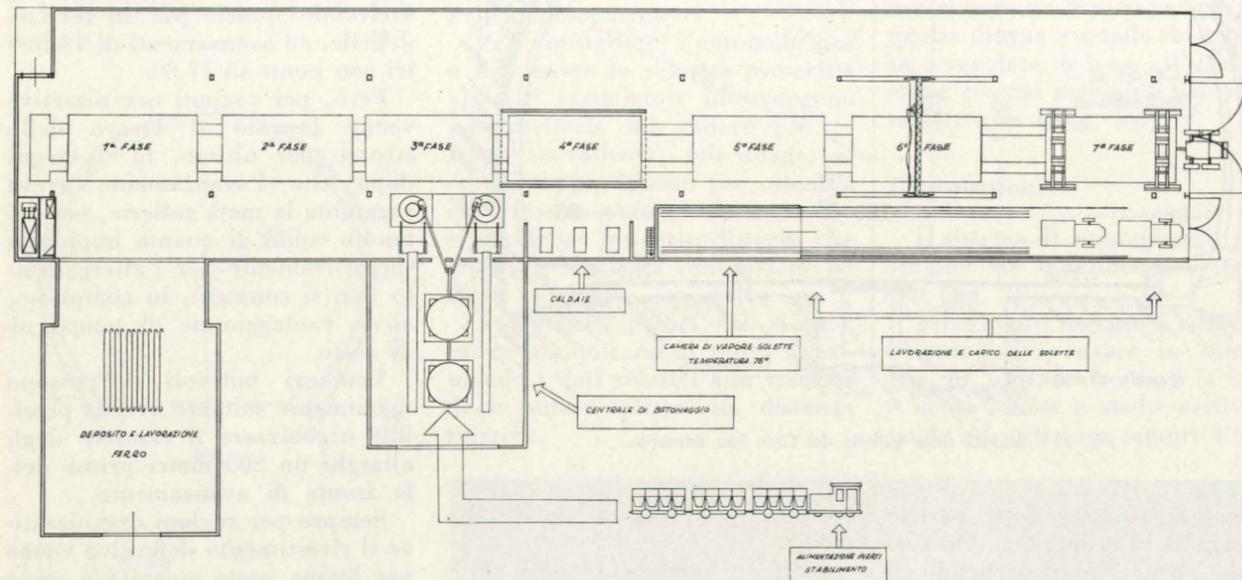


Fig. 15 - Sezione tipo della galleria del Weggenburgtunnel.



SEZIONE SCHEMATICA DELLO STABILIMENTO



PIANTA SCHEMATICA DELLO STABILIMENTO

Fig. 16-17 - Stabilimento per la produzione dei blocchi d'impalcato prefabbricati. - Schema della produzione programmata dalla Soc. It. per Condotte d'Acqua. — 1ª fase: Posa armature soletta fondo. - 2ª fase: Getto soletta fondo e stagionatura a vapore. - 3ª fase: Disarmo e armatura pareti laterali. Getto pareti a soletta superiore. - 4ª fase: Stagionatura a vapore. - 5ª fase: Disarmo. - 6ª fase: Pulizia finiture. - 7ª fase: Carico su autotreno da 100 t. dello scatoletto centrale. - Per le ali laterali ciclo analogo. Esse vengono applicate in galleria.

Nel primo caso si tratta quasi sempre di roccia rigonfiante o di coerenza molto limitata vinta dal percolamento di acqua, è allora molto utile provvedere immediatamente alla posa di centine in acciaio e al getto di calcestruzzo proiettato.

Se le spinte iniziali sono minime giovano le centine in tondino che meglio si prestano ad armare spessori ridotti di calcestruzzo (figura 11) esse hanno però minima capacità portante per cui vanno sostituite da centine in profilati appena si tema una spinta discreta.

Passando dal calcestruzzo semplice a quello armato proiettato, le sollecitazioni ammissibili passano, per la compressione, da 30 a 90 kg/cm<sup>2</sup> e per la trazione nel ferro da 0 a 1600 kg/cm<sup>2</sup> il che consente, a parità di pressione della volta, notevoli economie di calcestruzzo e di superficie scavata. Ma soprattutto, agendo in tal modo, non si altera sensibilmente

l'equilibrio preesistente del masso semicoerente mentre invece, dopo l'eventuale rilascio, le condizioni di stabilità cambiano completamente e risulta molto più difficile e costoso contenere le spinte.

Il sistema è stato usato con ottimi risultati dall'Impresa Curzio Quadrio nella Galleria dell'Adda per l'impianto idroelettrico di Monastero delle FS.

**Le casseforme.**

Le casseforme usate per il getto dei rivestimenti normali sono del tipo telescopico portate da apposito carro scorrevole su rotaie o su cingoli (fig. 12).

**Condotte dell'aria di ventilazione.**

La sistemazione delle condotte può avvenire nei casi più comuni

TABELLA IV  
Tempi di ciclo dell'avanzamento a piena sezione in granito nella galleria del Monte Bianco.

OPERAZIONE	Tempi minuti primi	%
Sparo (inizio del ciclo)		
Sfumo . . . . .	30	4,16 %
Sistemazione tubazioni e smarino in mucchio . . . . .	30	4,16 %
Smarinaggio . . . . .	210	29,11 %
Ritiro escavatori, avanzamento jumbo . . . . .	30	4,16 %
Disgaggio fronte e calotta, posa bulloni e reti . . . . .	150	20,92 %
Ritiro del jumbo per 40 metri . . . . .	15	2,10 %
Smarinaggio del disgaggio (smarinetto) . . . . .	30	4,16 %
Avanzamento jumbo sulla fronte . . . . .	15	2,10 %
Perforazione e avanzamento condotta ventilante . . . . .	120	16,65 %
Caricamento elettrico di 140 colpi circa . . . . .	60	8,32 %
Ritiro jumbo e tubazioni per 100 metri . . . . .	30	4,16 %
Sparo (fine ciclo)		
<b>Totale 12 ore pari a</b>	<b>720 primi</b>	<b>100 %</b>

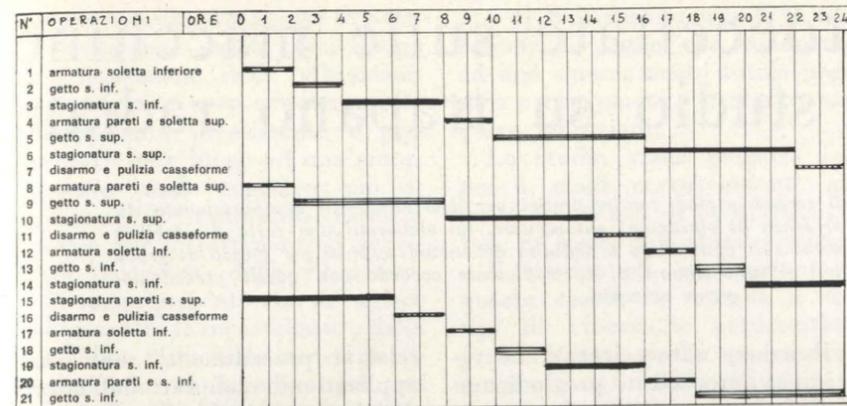


Fig. 18 - Diagramma di avanzamento della produzione dei blocchi a cassone.

in tre modi a seconda delle circostanze, della lunghezza della galleria e del traffico previsto per essa.

La fig. 13 mostra il sistema con entrambe le condotte dell'aria pura e viziata in alto come ad esempio è stato fatto per il Gran San Bernardo, la fig. 14 la sistemazione usata nel Monte Bianco con entrambe le condotte, divise in più sezioni, in basso.

Finalmente la fig. 15 mostra il sistema adottato, ad esempio, nella galleria svizzera del San Bernardino, con condotte in alto e in basso.

**La carreggiata.**

Diversa diventa la soluzione necessaria per la carreggiata a secon-

da del sistema adottato per le condotte.

Nel primo caso la pavimentazione poggia sulla roccia e non presenta particolari difficoltà di esecuzione. Ma nel secondo e nel terzo caso è necessario costruire una impalcata adatta ai carichi massimi possibili con sottostante sistemazione delle pareti delle condotte.

Nel caso del Monte Bianco, dopo lunghi studi, si convenne nella convenienza di utilizzare la precompressione per evitare fessurazioni delle condotte e fughe di aria o mescolamento di aria viziata con quella pura, e per tener conto delle notevoli differenze di temperatura esistenti fra l'aria



Fig. 19 - Monte Bianco. Centrale sotterranea di ventilazione lato Italia.

fredda immessa in condotta e l'aria calda dell'interno della galleria, agenti sulle superfici inferiore e superiore della stessa soletta. Inoltre si è voluto in tal modo evitare le soluzioni di continuità che si notano nei piastroni di calcestruzzo di 6-10 metri di lunghezza nei giunti di dilatazione, che tanta noia danno al trascorrere delle auto.

Data la difficoltà di eseguire un lavoro così impegnativo in galleria durante i lavori di finitura, fu deciso di eseguire l'impalcata e relativi condotti in elementi prefabbricati. L'Impresa realizzò molto brillantemente questo lavoro in un apposito stabilimento costruito presso l'imbocco italiano della galleria (fig. 16) seguendo il programma di produzione della fig. 17 e il diagramma di avanzamento della fig. 18.

**La centrale di ventilazione.**

Costruzione accessoria, ma molto importante è quella della centrale di ventilazione che assume volumi molto grandi e richiede particolari cure di progettazione e di esecuzione.

Molto spesso, specie quando vi sono dei pozzi, le centrali si debbono costruire all'interno, però quasi sempre due di esse si trovano in corrispondenza dei due imbocchi.

Nel caso del Monte Bianco, posto che non si potevano costruire dei pozzi, sembrò preferibile situare le centrali ai due imbocchi per facilitare la sorveglianza da parte del direttore del traffico. Nel piazzale italiano la centrale è sotterranea, posta proprio sotto la cabina di comando e con essa comunicante. È stata scelta questa disposizione per evitare di ingombrare con una grande costruzione il piazzale destinato al traffico e ai relativi servizi di frontiera e per ottenere un andamento meno tortuoso e quindi più efficiente delle condotte che dalla centrale vanno direttamente alla galleria (fig. 19).

Vittorio Zignoli

# Vibrazioni autoeccitate sulle macchine utensili e loro studio su trapano radiale

GIOVANNI PEROTTI, alla luce di recenti metodi teorico-pratici per determinare il comportamento dinamico delle macchine utensili in presenza di vibrazioni autoeccitate, ha elaborato una carta di stabilità per un trapano radiale. Successivamente ha controllato la validità dei metodi esposti per mezzo di prove pratiche di foratura, in cui i risultati si sono dimostrati in sufficiente accordo con quelli precedentemente calcolati.

## NOTAZIONI

$N$	= frequenza relativa alla rotazione del mandrino (giri/sec)
$Q$	= $\frac{\lambda}{\rho\omega_0}$ = fattore di amplificazione
$r$	= $sN$ = velocità di avanzamento
$s$	= avanzamento per giro (spessore del truciolo)
$z$	= numero totale di denti dell'utensile
$z_c$	= numero di denti in presa
$\lambda$	= rigidità del sistema elastico
$\mu$	= coefficiente di sovrapposizione delle successive passate (per la foratura è $\mu = 1$ )
$\rho$	= coefficiente di smorzamento del sistema elastico
$\omega$	= frequenza angolare della vibrazione autoeccitata
$\omega_0$	= frequenza angolare naturale del sistema
$\Omega$	= frequenza angolare relativa alla rotazione del mandrino

## Generalità.

La presente trattazione, illustra un procedimento teorico-pratico, messo a punto da S. A. Tobias (1), atto ad individuare i regimi di giri dinamicamente instabili delle macchine utensili, e si propone di dimostrarne la validità, esponendo i risultati di esperienze di lavorazione condotte su trapano radiale presso il Politecnico di Torino.

Dalle suddette esperienze è emerso un soddisfacente accordo fra i dati ritrovati teoricamente e quelli sperimentali, per cui è possibile affermare che le ipotesi teoriche poste alla base di questo studio, e concernenti le caratteristiche di elasticità e soprattutto la schematizzazione della macchina come un sistema ad un grado di libertà possono fornire utili indicazioni già in sede di progetto di macchine analoghe a quelle qui trattate.

Le lavorazioni ad asportazione di truciolo sono spesso accompagnate da violente vibrazioni fra pezzo ed utensile; tale fenomeno è noto con il nome inglese di «chatter» (ted. «Rattern»), traducibile in italiano con il termine

«vibrazione autoeccitata». Le vibrazioni autoeccitate pregiudicano la finitura superficiale del pezzo, la precisione della lavorazione e la durata degli utensili; per tali ragioni esse sono indesiderabili.

Inoltre possono provocare una riduzione della produzione quando si debba ricorrere, per eliminarle, ad una riduzione della potenza utilizzata per il taglio (ad esempio diminuendo la profondità di passata).

La caratteristica saliente del fenomeno è data dal fatto che l'energia necessaria al suo manifestarsi ed al suo protrarsi nel tempo proviene dalla stessa energia motrice.

Gli studi e le ricerche condotti sino a questo momento tendono a descrivere in termini analitici il fenomeno allo scopo di individuare i modi e quindi i mezzi atti ad eliminarlo. Convenzionalmente si suddividono le vibrazioni autoeccitate in due classi; la prima è quella concernente oscillazioni aventi moto relativo rettilineo fra pezzo ed utensile, proprio di sistemi semplici ad un grado di libertà, mentre la seconda concerne oscillazioni a moto ellittico, proprio dei sistemi a due gradi di libertà.

Appartengono ancora alla prima classe le vibrazioni che interessano taluni procedimenti di taglio realizzati da sistemi aventi più gradi di libertà, ma il cui comportamento dinamico può essere studiato analizzando ogni singolo grado di libertà. Tali sono ad esempio la foratura, la fresatura frontale, la rettifica, alcuni casi di tornitura.

Alla seconda classe appartengono casi di tornitura, l'allargamento dei fori, la piallatura.

Il primo tipo di vibrazioni è stato oggetto di una ampia trattazione da parte di Tobias; i

relativi procedimenti sono stati applicati ed elaborati dall'autore di questo articolo.

## 2. Cause fisiche delle vibrazioni autoeccitate.

Si ammetta di sovrapporre ad una forza costante  $P_0$  agente fra pezzo ed utensile, una forza  $dP$  di disturbo originata per esempio dalla presenza di una inclusione di maggior durezza presente nel materiale.

Se il sistema si trova nel campo dell'elasticità ed è valido il principio di sovrapposizione degli effetti,  $dP$  potrà indurre delle oscillazioni nel sistema; se le relative ampiezze crescono con il tempo, il sistema, cioè la macchina, trovasi in regime instabile; se viceversa tali ampiezze decadono, il sistema è stabile.

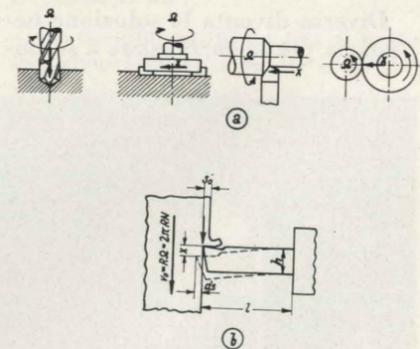


Fig. 1 - Direzioni delle oscillazioni nelle vibrazioni autoeccitate.

La forza  $dP$  non dipende solo dalla direzione lungo la quale si verifica il disturbo, ma anche dalla velocità con cui esso si manifesta. Perciò  $dP$ , dipendendo anche da una velocità può considerarsi una risultante di forze di tipo elastico e di forze di tipo resistivo (forze di smorzamento). Se lo smorzamento indotto con  $dP$  è positivo, esso si somma a quello esistente, dovuto agli attriti interni dei materiali ed a quello

dovuto ai collegamenti fra le parti di macchina, dando così luogo all'attenuazione delle vibrazioni. Se è negativo esso si sottrae allo smorzamento preesistente e può pertanto dare luogo ad uno smorzamento totale negativo; ciò significa che il sistema stesso fornisce energia per intrattenere ed accrescere l'ampiezza delle vibrazioni.

Si tenga presente che  $dP$  agisce anche contro la incastellatura della macchina, inducendo in essa oscillazioni che si ripercuotono sui valori di  $dP$ . Tale incastellatura oscilla in modi propri diversi, praticamente in numero finito.

Se le frequenze proprie dei modi di oscillazione dell'incastellatura non sono molto prossime le une alle altre, si può, per ciascuno di essi, rappresentare l'incastellatura mediante diversi sistemi oscillatori ad un grado di libertà, formati da una massa equivalente  $m$ , una molla equivalente di costante elastica  $\lambda$  ed uno smorzatore equivalente con coefficiente di smorzamento  $\rho$ .

I valori di  $m$ ,  $\lambda$ ,  $\rho$  si possono ottenere sperimentalmente elaborando la curva di risonanza del sistema.

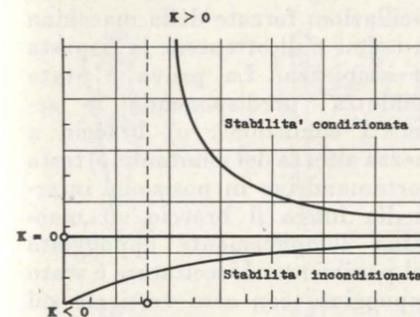


Fig. 2 - La linea  $Q_m(N)$  divide la carta di stabilità in due zone; quella al di sotto della linea è una regione di stabilità assoluta.

Il procedimento da seguire nella ricerca del comportamento dinamico della macchina in studio può allora sintetizzarsi nel modo seguente:

1) Si ammette che il procedimento regolare di taglio venga disturbato da una oscillazione di ampiezza  $x(t)$  fra pezzo ed utensile.

2) Si ricerca conseguentemente il valore  $dP_x$  originato da  $x(t)$ .

3) Noto  $dP_x$  se ne ricava il termine di smorzamento e lo si somma algebricamente al termine di smorzamento dell'incastellatura.

4) Si deducono quindi le condizioni di taglio che conducono ad uno smorzamento totale negativo e che possono pertanto produrre vibrazioni.

Lo studio viene eseguito solo per i modi corrispondenti alle basse frequenze di oscillazioni, le sole di reale importanza pratica.

Il campo di applicazione di questa teoria si estende a due tipi di vibrazione autoeccitata; precisamente quello per cui le ampiezze  $x(t)$  dell'oscillazione si manifestano perpendicolarmente alla direzione della velocità di taglio (fig. 1-a), e quelle in cui l'ampiezza di oscillazione presenta una componente nella direzione della velocità di taglio (fig. 1-b).

La presente trattazione si riferisce al primo tipo di vibrazioni. Tobias ha dimostrato che l'incremento  $dP_x$  può essere in tale caso calcolato con la seguente espressione (applicabile al caso in cui sia nulla o trascurabile la variazione della velocità angolare):

$$(1) \quad dP_x = \frac{z_c}{z} k_1 ds + \frac{z_c}{z} (k_s - k_1) \frac{2\pi}{\Omega} dr,$$

in cui  $ds$  è funzione di  $x(t)$  e  $dr$  di  $x(t)$ .

In questa espressione il valore del coefficiente di variazione di spessore  $k_1$  è dato dal rapporto fra la variazione  $dP_x$  della componente  $P_x$  della forza di taglio  $P$  nella direzione ortogonale alla velocità di taglio lungo cui avviene l'oscillazione  $x(t)$  e la variazione elementare  $ds$  dello spessore del truciolo, quando l'avanzamento per giro  $r$  e la velocità angolare  $\Omega$  rimangono costanti. Fisicamente ciò corrisponde alla variazione di  $P_x$  quando, accrescendo per esempio il valore della sezione di truciolo, manchi la maggiore resistenza dovuta all'accrescimento dell'avanzamento.

Il coefficiente  $K = k_s - k_1$  corrisponde fisicamente a due fenomeni caratteristici: il primo è costituito dall'incremento della resistenza offerta dal pezzo alla penetrazione dell'utensile e proporzionale alla variazione della velocità di avanzamento; il secondo dalla variazione dinamica degli angoli caratteristici dell'utensile in dipendenza alla stessa variazione  $dr$ . Poiché i due fenomeni

comportano entrambi delle variazioni  $dP$  della forza proporzionali a  $dr$ , ma di segno opposto, e poiché è solitamente  $K > 0$  per bassi numeri di giri, ne consegue che il primo fenomeno predomina sul secondo e giustifica l'introduzione dell'effetto di penetrazione.

## 3. L'equazione del moto.

L'elemento di forza  $dP_x$  può indurre vibrazioni nell'incastellatura della macchina; di tale incastellatura occorre determinare per via sperimentale i modi di oscillazione, e per ciascuno di essi i valori delle costanti  $m$ ,  $\rho$ ,  $\lambda$ . Dalla determinazione sperimentale della curva di risonanza si ricavano la frequenza naturale  $\omega_0$  e il fattore di amplificazione  $Q$  che sono legati alle costanti del sistema ad un grado di libertà dalla relazione:

$$\omega_0^2 = \frac{\lambda}{m}, \quad Q = \frac{\lambda}{\rho\omega_0}.$$

Se sul sistema agisce la forza  $dP_x$ , si potrà scrivere la relazione:

$$(2) \quad m\ddot{x} + \rho\dot{x} + \lambda x = -dP_x.$$

Si introduca allora nella (2) l'espressione di  $dP_x$  data dalla (1):

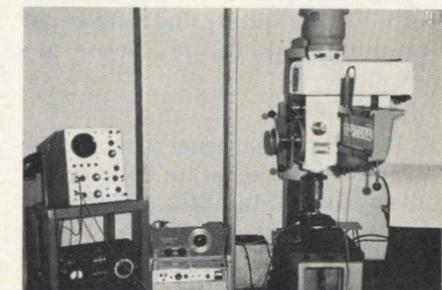


Fig. 3 - Attrezzatura di eccitazione e rilevamento di vibrazioni.

per l'ipotesi precedentemente posta, che  $dP_x$  dipenda solo dalla posizione e dalla velocità del sistema, cioè da  $x$  e da  $\dot{x}$ , l'equazione non omogenea (2) si trasforma in una equazione differenziale del 2° ordine, omogenea, a coefficienti costanti, del tipo:

$$(3) \quad m\ddot{x} + \rho\dot{x} + \xi x = 0$$

La sua risoluzione presenta aspetti non semplici, per cui si è preferito studiare il sistema in condizioni di smorzamento nullo; in altre parole, una volta resa esplicita nella (3) la funzione

$dP_x(x, \dot{x})$ , si osserva a quali condizioni avvenga l'annullamento del coefficiente moltiplicante la derivata prima, cioè

$$\dot{\vartheta} = 0.$$

Questa condizione, per la quale il sistema è studiato alla soglia della stabilità (o dell'instabilità), si traduce, secondo Tobias, nella relazione seguente:

$$(4) \frac{1}{Q_e} + z_c \mu \frac{k_1}{\lambda} \frac{\omega_0}{\omega} \sin \frac{2\pi\omega}{z\Omega} + z_c \frac{K}{\lambda} \frac{2\pi\omega_0}{\Omega} = 0$$

In tale espressione  $Q_e$  sta ad indicare come, durante la lavorazione, lo smorzamento del sistema considerato si accresca per effetto di attriti non dipendenti dal numero di giri  $N$  o da  $\Omega = 2\pi N$ .

Alla (4) si associa l'equazione

$$(5) \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2 = 1 + z_c \frac{k_1}{\lambda} \left(1 - \mu \cos \frac{2\pi\omega}{z\Omega}\right),$$

che precisa la pulsazione della vibrazione alla soglia di stabilità.

#### 4. Il grafico di stabilità.

La risoluzione delle (4) e (5) dà luogo a soluzioni esprimibili sottoforma di grafici, denominati «grafici di stabilità». Le ordinate sono rappresentate dal fattore di amplificazione  $Q_e$ , le ascisse da  $\frac{N}{f_0} z$ .

Il grafico contiene regioni stabili e instabili separate dalla curva alla soglia di stabilità; si dimostra che per ciascun valore  $\frac{N}{f_0}$  esiste un valore minimo  $Q_m$  tale che se  $Q_e < Q_m$  il sistema è sicuramente stabile. Il diagramma  $Q_m \left(\frac{zN}{f_0}\right)$  è ricavabile dalla relazione:

$$(6) Q_m = \sqrt{z \left[ 1 + z_c \frac{k_1}{\lambda} - \sqrt{1 + z_c z_c \frac{k_1}{\lambda} + z_c^2 \frac{k_1^2}{\lambda^2} (1 - \mu^2)} \right] - 2\pi z_c \frac{K}{\lambda} \frac{f_0}{zN}}$$

La linea rappresentata dalla (6) individua due regioni del grafico di stabilità, cioè la regione della stabilità incondizionata ( $Q_e < Q_m$ ) e quella della stabilità condizionata ( $Q_e > Q_m$ ). Tutti i punti della prima regione corrispondono a lavorazioni esenti da vibrazioni autoeccitate, mentre i punti della seconda regione possono

presentare caratteri di stabilità o instabilità a seconda del numero di giri.

La linea  $Q_m$  è tangente alle regioni di instabilità, che possono essere una sola o più.

Nel caso in cui si abbia  $K = 0$ , dalla (6) si ricava

$$Q_m = \text{cost.}$$

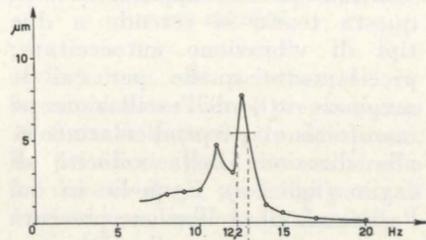


Fig. 4 - Curva di risonanza ottenuta sperimentalmente su trapano radiale.

Questa condizione e le seguenti sono visibili nel grafico in fig. 2.

Se  $K > 0$  le regioni di instabilità di ordine più elevato sono spinte verso l'alto, in modo tale che il pericolo di instabilità ai bassi numeri di giri è ridotto.

In tali casi le vibrazioni autoeccitate possono manifestarsi solo per valori molto grandi di  $Q_e$  (smorzamento molto piccolo) e per basse rigidità equivalenti  $\lambda$  (grandi valori di  $z_c \frac{k_1}{\lambda}$ ). Il numero di regioni instabili è inoltre finito.

In definitiva il sistema al di sopra di un certo numero di giri e al di sotto di un altro è sempre stabile. La linea  $Q_m$  entra in contatto con tutte le regioni instabili. Si noti che i punti di egual frequenza giacciono lungo iperboli che presentano forma analoga alla linea  $Q_m$ .

Sia nel caso precedente che in questo la frequenza della vibrazione autoeccitata è superiore alla

frequenza propria del sistema, e decresce al decrescere del numero dei giri, per risalire ad un nuovo massimo nella successiva regione instabile.

Infine, se  $K < 0$ , le regioni di instabilità si spingono verso il basso. Per evitare l'instabilità della macchina occorre quindi avere piccoli  $Q_e$  (se  $Q_e < Q_m$ )

tutti i regimi sono stabili), e un  $Q_m$  elevato, cui corrisponde un basso valore  $z_c \frac{k_1}{\lambda}$ ; ancora ciò significa che  $\lambda$  è grande, e che il prodotto  $z_c k_1$  è piccolo. Utensili affilati, materiali teneri ed una appropriata geometria dell'utensile favoriscono i bassi valori di  $k_1$ . In generale il tagliante deve possedere una forma tale che ne impedisca la penetrazione dinamica nel pezzo.

È bene che anche il valore di  $f_0$  sia piuttosto elevato, in modo che i processi lavorativi si svolgano a bassi valori di  $\frac{zN}{f_0}$ , quindi in regioni prossime alla stabilità.

#### 5. Elaborazione del grafico di stabilità per un trapano radiale.

L'autore ha elaborato presso l'Istituto di Tecnologia Meccanica del Politecnico di Torino un grafico di stabilità per un trapano radiale della potenza di 1,6 CV. Allo scopo si è predisposta una attrezzatura composta da un generatore di frequenze, da un amplificatore e da un eccitatore elettromagnetico, onde ottenere oscillazioni forzate della macchina in esame e di ottenerne la risposta in ampiezza. La prova è stata condotta predisponendo le seguenti condizioni: a) braccio a mezza altezza del montante, b) testa portamandrino in posizione intermedia lungo il braccio, c) macchina semplicemente appoggiata sul pavimento. L'eccitatore è stato appoggiato con asse verticale sul tasso porta-pezzo e l'organo vibrante è stato rigidamente collegato al mandrino (fig. 3). L'attrezzatura usata per il rilevamento è composta da:

- a) sonda elettrodinamica,
- b) filtro,
- c) oscilloscopio.

La prova è stata avviata sottoponendo la macchina ad una sollecitazione sinusoidale del tipo  $P = P_0 \sin \omega t$ , in cui  $P_0$  è pari a 1,4 kg, mentre la frequenza  $\frac{\omega}{z\pi}$  varia fra 5 e 30 Hz. Contemporaneamente e per ciascuna frequenza si sono effettuati rilevamenti di velocità delle oscillazioni in quattro punti sul braccio ed in due punti sul tasso, allo

scopo di misurare la velocità relativa di oscillazione fra mandrino e tasso porta-pezzo. A seconda che le oscillazioni del braccio e del tasso avvengano in fase o meno la differenza o la somma delle velocità di oscillazione del braccio e del tasso fornisce la velocità di oscillazione relativa  $V_r$ . Da questo valore, nota la frequenza angolare  $\omega$  della oscillazione, si risale alla sua ampiezza  $A_r$  mediante la relazione:

$$A_r = \frac{V_r}{\omega}$$

I risultati sono stati disposti in un grafico costituente la curva di risonanza della macchina (fig. 4) nel campo delle frequenze provate, e nella direzione dell'asse del mandrino.

È noto che le frequenze di risonanza più pericolose sono quelle più basse; nel caso in esame esse corrispondono ai valori di 11 e 12,5 Hz.

I risultati ottenuti permettono di concludere che la frequenza di 11 Hz corrisponde ad una oscillazione per la quale i punti della macchina si muovono sensibilmente in un piano orizzontale (fig. 5-a), mentre alla frequenza

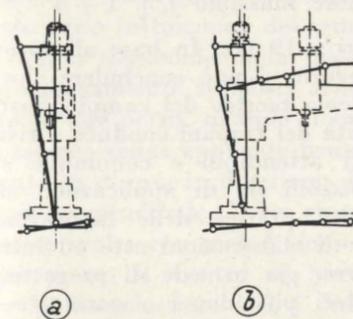


Fig. 5 - Modi di oscillazione del trapano radiale in esame assoggettato ad oscillazioni forzate. a) tentennamento laterale a 11 Hz; b) tentennamento verticale a 12,5 Hz.

di 12,5 Hz corrisponde una oscillazione per cui i punti della macchina si spostano nel piano verticale (fig. 5-b).

Le due frequenze essendo assai prossime, la macchina oscilla simultaneamente nei due modi assumendo configurazioni intermedie, con predominanza dell'uno o dell'altro a seconda della frequenza impostata dal sistema di eccitazione.

Si è particolarmente indagato il campo di frequenza intorno a 12,5 Hz, in corrispondenza al quale valore avvengono gli spo-

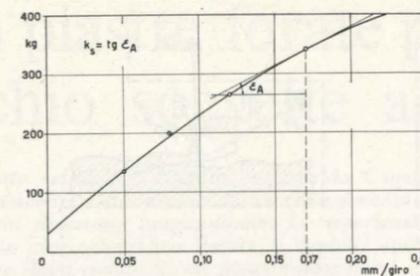


Fig. 6 - Grafico forze/avanzamenti e coefficiente  $k_s$ .

stamenti verticali, e quindi l'oscillazione relativa fra mandrino e tasso porta-pezzo. Dalla curva di risonanza ottenuta si sono calcolati i valori del fattore di amplificazione  $Q$  e della rigidità  $\lambda$  della macchina, secondo le relazioni

$$Q = \frac{f_0}{\Delta f}, \quad \lambda = \frac{P_0 Q}{A_{max}}$$

ottenendo:

$$Q = 17,85$$

$$\lambda = 3710 \text{ kg/mm.}$$

Ai fini del tracciamento del grafico di stabilità occorre ancora conoscere i valori dei coefficienti  $k_1$  e  $k_s$ . Per determinarli si è seguito un procedimento statico sufficientemente attendibile. Per determinare il coefficiente  $k_s$  il metodo impiegato è consistito nel misurare la forza di avanzamento esercitata contro una punta elicoidale del diametro di 15,1 mm in corrispondenza di diversi avanzamenti forando un acciaio UNI C 40, e nel tracciare una curva esprime la relazione forza/avanzamento. La tangente a tale curva, per l'avanzamento previsto di 0,17 mm/giro, fornisce il valore di  $k_s$  corrispondente (fig. 6). Successivamente, forando il materiale con la stessa punta elicoidale, in corrispondenza di prefiori aventi diametro uguale allo spigolo di raccordo della punta elicoidale (nel caso pratico 2,4 mm), e misurando nuovamente la forza di avanzamento, si è ottenuto il valore di  $k_1$  come tangente di una nuova curva, in corrispondenza di avanzamento nullo, cioè all'origine (fig. 7).

I valori ottenuti sono:

$$k_{s;0,17} = 1396 \text{ kg/mm;}$$

$$k_1 = 1263 \text{ kg/mm.}$$

Da questi valori si ricava  $K = k_s - k_1 = 153 \text{ kg/mm.}$

Sono così noti tutti i parametri necessari a caratterizzare il valore

di  $Q_e$ , calcolabile attraverso le (4) e (5), ipotizzando di volta in volta singoli valori dei rapporti  $\frac{\omega}{\Omega}$  fra la frequenza angolare della vibrazione autoeccitata e la frequenza angolare della rotazione del mandrino. Tale elaborazione ha dato luogo al grafico in fig. 8, nel quale la zona tratteggiata rappresenta condizioni di instabilità della macchina dal punto di vista dinamico.

Una volta noto, dalla curva di risonanza, il fattore di amplificazione  $Q$  della macchina, (nel caso in esame pari a 17,85), le ascisse dei punti di intersezione della retta  $Q = \text{cost.}$  con la curva

$Q_e \left(\frac{N}{f_0}\right)$  indicano il campo di numeri di giri in cui la macchina può presentare instabilità dinamica per l'avanzamento considerato, e con i quali pertanto non converrebbe operare. Nella realtà il fattore di amplificazione reale è minore di quello dedotto dalla curva di risonanza, in quanto lo smorzamento presente durante la lavorazione è ben superiore a quello trovato eccitando con oscillazioni forzate la macchina ferma;

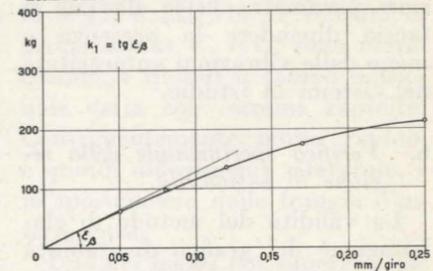


Fig. 7 - Grafico forze/avanzamenti e coefficiente  $k_1$ .

ciò significa che il campo di instabilità può nella realtà essere più ristretto di quanto non appaia sul grafico.

La sperimentazione, di cui si sono presentati gli aspetti salienti, è stata condotta, come si è visto, nell'ipotesi che il sistema oscillante, rappresentato nella fattispecie da un trapano radiale, possa considerarsi sistema ad un grado di libertà.

Recentemente è stato sviluppato dal Gurney (II) un metodo grafico per la ricerca della stabilità nel caso in cui il sistema possieda due gradi di libertà, cioè sia rappresentabile come sistema accoppiato.

Ancora più approfonditi sono gli studi di Gurney e Tobias (III) e di Sweeney e Tobias (IV), mediante i quali, per via più propriamente grafica o per via algebrica, e con l'uso di grafici ad asse reale ed immaginario, si caratterizzano le risposte in ampiezza, frequenza, e fase di un sistema, lungo una direzione qualsiasi rispetto a quella di applicazione di una forza armonica  $P(t)$ , fig. 9.

Con l'impiego di tali grafici è possibile dedurre le condizioni alla soglia di stabilità non solo nel caso in cui siano presenti i fattori generativi di vibrazioni autoeccitate propri dei sistemi ad un grado di libertà, esaminati nel presente articolo, ma anche nel caso in cui ad essi si aggiunga la circostanza per cui il sistema possiede due o più gradi di libertà, e sia pertanto suscettibile di entrare in uno stato di instabilità dinamica anche per questo motivo.

L'interesse offerto dai metodi sopra detti non è quindi limitato all'algoritmo matematico e grafico necessario, bensì dal fatto che il loro impiego è tale da permettere l'introduzione nei calcoli di qualsiasi parametro fisico da cui si faccia dipendere la presenza o meno delle vibrazioni autoeccitate nei sistemi in istudio.

#### 6. Verifica sperimentale della regione di instabilità.

La validità del metodo di elaborazione del grafico di stabilità precedentemente esposto, è stata controllata mediante una verifica di lavorazione, condotta per esaminare quali fossero, durante l'esecuzione di fori, i campi di numeri di giri nei limiti dei quali la macchina è scossa da vibrazioni di tipo autoeccitato. La speri-

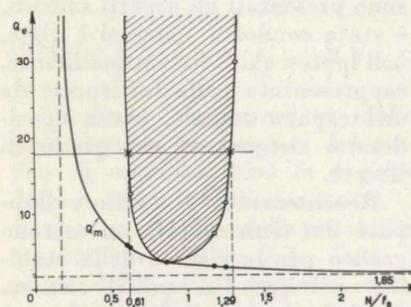


Fig. 8 - Grafico di stabilità del trapano radiale in esame, per un diametro di 15,1 mm della punta, avanzamento di 0,17 mm/giro, lavorazione su acciaio UNI C40.

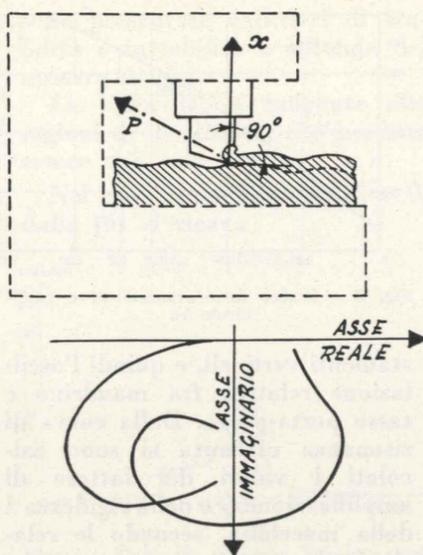


Fig. 9 - Risposta in ampiezza, frequenza e fase di un sistema lungo la direzione  $x$ , mentre l'eccitazione avviene lungo la direzione di  $P$ .

mentazione è stata condotta dall'autore, ponendo in lavorazione, sul trapano radiale in studio, lo stesso materiale già adottato per l'elaborazione del grafico di stabilità, impiegando la medesima punta elicoidale di 15,1 mm di diametro, ed impostando l'avanzamento di 0,17 mm/giro per il quale appunto è stato tracciato il grafico in fig. 8. Si sono misurate le oscillazioni della bandiera del trapano per diversi numeri di giri, dapprima a vuoto, poi con utensile impegnato nell'esecuzione di fori. I risultati ottenuti sono raccolti nella tabellina seguente

Numero di giri al 1° della punta elicoidale	Rapporto fra le empiezze di oscillazione in lavoro ed a vuoto
280	1,4 ... 1,5
390	1,5 ... 2
560	1,5 ... 2
780	1,3 ... 1,7
1.120	3 ... 5

Le ampiezze a vuoto sono da attribuirsi ad oscillazioni, causate da masse squilibrate, di frequenze disparate, e tali da dare luogo ad un rumore di fondo di ampiezza pressochè costante; è pertanto utile raffrontare ad essa l'ampiezza dell'oscillazione presente durante la lavorazione. Dal confronto si vede come, accrescendo la velocità di rotazione sino a 1120 giri/min si ottenga un chiaro aumento dell'ampiezza di oscillazione, in particolare durante la lavorazione con il numero di giri più elevato,

in corrispondenza del quale la macchina è visibilmente sollecitata. Tale numero di giri è più alto del 6% circa rispetto al numero di giri costituente il limite superiore della regione di instabilità calcolato in precedenza.

#### 7. Conclusione.

Il risultato della prova di lavorazione permette di dedurre che il campo di numeri di giri con caratteristiche di instabilità è leggermente spostato, rispetto a quello calcolato per via teorica, verso i numeri di giri più elevati della macchina, ciò che fa supporre valori del coefficiente di penetrazione  $K$  maggiori di quelli trovati sperimentalmente, e probabilmente da attribuirsi allo smorzamento effettivo presente durante la lavorazione.

La frequenza delle oscillazioni autoeccitate per  $N = 1120$  giri/min, si è situata intorno a  $14 \div 16$  Hz, anch'essa quindi in accettabile accordo con la teoria che prevede, nella zona d'instabilità, un accrescimento della frequenza dal valore naturale  $f_0$ , nel caso in esame pari a 12,5 Hz, sino al

valore massimo  $f_0 \sqrt{1 + 4 \frac{k_1}{\lambda}}$ , pari a 19 Hz. In base alle prove eseguite si può concludere che il calcolo teorico dei campi d'instabilità dei trapani conduce a risultati attendibili e comunque suscettibili sia di applicazioni alla realtà pratica delle lavorazioni, sia di elaborazioni atte ad introdurre, già in sede di progetto, i criteri più idonei a garantire la maggior stabilità dinamica delle strutture delle macchine utensili.

Giovanni Perotti

#### BIBLIOGRAFIA

- (I) TOBIAS S. A., *machine-tool Vibration*, Blackie, 1965, London.
- (II) GURNEY J. P., *Analysis of two degrees of freedom instability in machine-tools*, J. Mech. Eng. Scie, 4 (1962), No. 1, p. 53.
- (III) GURNEY J. P. and TOBIAS S. A., *A graphical method for the determination of the dynamic stability of machine-tools*, Inst. J. Mach. Tool Des. Res., 1 (1961), p. 315.
- (IV) SWEENEY G. and TOBIAS S. A., *An algebraic method for the determination of the dynamic stability of machine tools*, Proceedings International Research in Production Engineering, Pittsburgh, 1963, p. 475, ASME, New York.

## Sollecitazioni in piastre forate per collegamenti ad occhio soggette ad urto

GIUSEPPE MANZELLA, in questo articolo che dedica a Antonio Capetti, riferisce sulla determinazione sperimentale delle tensioni che nascono nella piastra di un collegamento ad occhio, allorchè su di essa si applichi bruscamente un carico in direzione longitudinale. Le esperienze sono state eseguite fotoelasticamente, impiegando un apparecchio cinematografico Fastax, e modelli eseguiti in materiale a basso modulo d'elasticità. L'urto è stato prodotto dalla caduta di un peso. Fotogrammi e diagrammi mostrano come varia, in funzione del tempo, il campo tensionale.

#### Premesse.

I collegamenti ad occhio, frequentemente impiegati nelle costruzioni in genere, ma più specialmente in quelle meccaniche, sono stati oggetto di numerosi studi, sia teorici che sperimentali, nei quali generalmente il carico agente è supposto statico. Molto spesso però il carico viene applicato bruscamente, sotto forma di urto, e la distribuzione delle tensioni nelle varie parti del collegamento, non solo varia da istante ad istante, ma è differente, anche qualitativamente, da quella che si ha con carico statico.

Scopo della ricerca su cui ora si riferisce è stato quello di studiare come varia in funzione del tempo il campo tensionale nella piastra del collegamento, supposta articolata su due perni, quando il carico esterno venga applicato bruscamente su di essa in direzione dell'asse longitudinale. Detta ricerca è stata svolta con metodi fotoelastici presso il Centro di Studio per la Fotoelasticità del C.N.R., nell'Istituto di Costruzioni di Macchine dell'Università di Palermo.

È noto [1] che un urto dà luogo a due onde di tensione: dilatazionale l'una, e distorsionale l'altra, che nel piano si propagano rispettivamente con velocità:

$$C_1 = \sqrt{\frac{E}{\rho(1-\mu^2)}} \quad (1)$$

$$C_2 = \sqrt{\frac{E}{2\rho(1+\mu)}} \quad (2)$$

dove  $E$  è il modulo d'elasticità,  $\rho$  la densità di massa, e  $\mu$  il coefficiente di Poisson del materiale.

L'onda dilatazionale precede

sempre quella distorsionale. Dalle (1) e (2) si ha infatti:

$$\frac{C_1}{C_2} = \sqrt{2 \frac{1+\mu}{1-\mu^2}} \quad (3)$$

Tali onde producono compressione se sono dirette nello stesso senso di propagazione dell'urto, e trazione nel caso contrario, per esempio quando un'onda dilata-

zionale viene riflessa da un contorno libero. Ognuna di queste onde, dilatazionale o distorsionale, quando raggiunge un contorno è riflessa secondo onde dilatazionali e distorsionali, che si sovrappongono a quelle primitive. Ciò, aggiunto al fatto che il corpo in seguito all'urto comincia a vibrare, produce un campo tensionale molto complesso.

La fotoelasticità consente — mediante il rilievo delle frangie d'interferenza, o isocromatiche — di calcolare la tensione tangenziale massima nei vari punti di un modello del pezzo, eseguito in adatto materiale trasparente.

È facile però verificare, mediante le (1) e (2), che le velocità di propagazione  $C_1$  e  $C_2$  sono elevatissime, e quindi il campo tensionale varia con estrema rapidità. Conseguentemente molto rapido, e quindi difficilmente rilevabile, è lo spostamento delle frangie d'interferenza.

Uno dei mezzi per superare tale difficoltà consiste nell'eseguire i modelli in materiali a basso modulo d'elasticità [2], [3], [4]. Si abbassano in tal modo i valori di  $C_1$  e  $C_2$ , ed è così possibile riprendere il fenomeno con apparecchi cinematografici non difficilmente reperibili in commercio, e rilevare le frangie d'interferenza. Mediante questo è poi facile calcolare per un punto generico del modello la tensione tangenziale massima  $\tau_{max}$  con la ben nota relazione della fotoelasticità:

$$\tau_{max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} = \frac{nf}{d} \quad (4)$$

in cui  $d$  è lo spessore del modello,  $n$  l'ordine di frangia nel punto che si considera, ed  $f$  la costante di

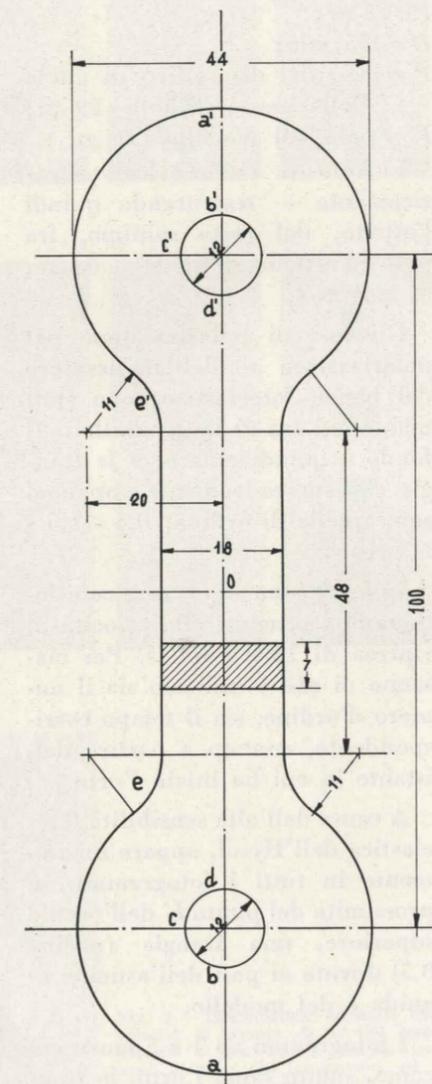


Fig. 1 - Modello in Hysol.

frangia del materiale, la quale, come  $E$ , per i fenomeni dinamici è funzione della velocità d'allungamento  $d\varepsilon/dt$  nel punto considerato. Per i punti del contorno sui quali non agiscono forze esterne una delle tensioni principali è nulla, e quindi la precedente relazione (4) consente di determinare l'altra.

#### Modalità sperimentali.

Per l'esecuzione del modello è stata impiegata una gomma uretanica, a modulo d'elasticità molto basso, e precisamente l'Hysol 8705 avente: modulo d'elasticità statico  $E=31,2 \text{ Kg/cm}^2$ ;  $\mu=0,463$ ;  $\rho=11 \times 10^{-7} \text{ Kg s}^2/\text{cm}^4$ . Questo materiale ha l'importante caratteristica di avere la costante di frangia  $f$  praticamente invariabile ( $=0,0127 \text{ Kg/cm. ordine}$ ) per i valori della velocità d'allungamento  $d\varepsilon/dt$  normalmente incontrati in fotoelasticità. La costanza di  $f$  consente di passare immediatamente, a mezzo della (4), dall'ordine di frangia  $n$  alla tensione  $\tau_{max}$ , o alla  $\sigma$  per punti non caricati del contorno. Poiché a noi interessano i valori relativi delle tensioni, in quel che segue i risultati saranno espressi direttamente a mezzo di  $n$ .

L'apparecchiatura adoperata, già descritta in una precedente memoria dell'A. [4], è costituita nelle sue parti essenziali, oltre che da un normale banco fotoelastico, da un apparecchio cinematografico Fastax, collegato ad un apparecchio di controllo Goose, che regola il succedersi delle operazioni, e da un generatore d'impulsi elettrici, che marca il tempo sulla pellicola.

Forma e dimensioni del modello esaminato risultano dalla fig. 1. La fig. 2 mostra l'apparecchio di carico con il modello montato. Questo è fulcrato su due perni, di cui quello inferiore sostiene, a mezzo di due bielle, un'asticina, la quale serve di guida al peso  $P$ , che cade da un'altezza regolabile  $H$ , allorché

il gancio  $g$ , che lo trattiene, viene attratto dall'elettromagnete  $e$ . L'asticina porta inferiormente una sporgenza  $s$ , regolabile in altezza, che arresta il peso nella sua caduta. In tal modo l'urto viene trasmesso al punto  $b$  del modello (fig. 1). L'illuminazione di questo è effettuata a mezzo di una comune lampada a lampo, la cui accensione è comandata mediante una cellula fotoelettrica  $c$ , dallo stesso peso  $P$  durante la sua caduta. La inserzione di un filtro wratten 58 77, consente di ottenere luce monocromatica  $546,1 \text{ nm}$  ( $5461\text{Å}$ ).

#### Risultati sperimentali.

I risultati su cui ora si riferisce sono stati ottenuti nelle seguenti condizioni:

$P=25 \text{ gr}$ ;  
 $H=195 \text{ mm}$ ;  
 $P'$ =peso del dispositivo di guida della massa urtante= $29 \text{ gr}$ ;  
 $P''$ =peso del modello= $26 \text{ gr}$ .

La velocità d'urto calcolata teoricamente — trascurando quindi l'attrito, del resto minimo, fra peso ed asticina di guida — è stata di  $1,84 \text{ m/s}$ .

Gli assi di polarizzazione del polarizzatore e dell'analizzatore del banco fotoelastico sono stati mantenuti fra di loro paralleli. Il fondo è quindi chiaro, e le frangie che successivamente appaiono sono quelle di ordine:  $0,5 - 1,5 - 2,5$  ecc.

In fig. 3 sono riportati alcuni fotogrammi ottenuti alla velocità di ripresa di  $12.400 \text{ fot./s}$ . Per ciascuno di essi è indicato sia il numero d'ordine, sia il tempo corrispondente, contato a partire dall'istante in cui ha inizio l'urto.

A causa dell'alta sensibilità fotoelastica dell'Hysol, appare inizialmente in tutti i fotogrammi, in prossimità del punto  $b'$  dell'occhio superiore, una frangia (ordine  $0,5$ ) dovuta ai pesi dell'asticina di guida e del modello.

I fotogrammi da 1 a 5 mostrano come, subito dopo l'urto, le frangie, a cominciare da quella d'or-

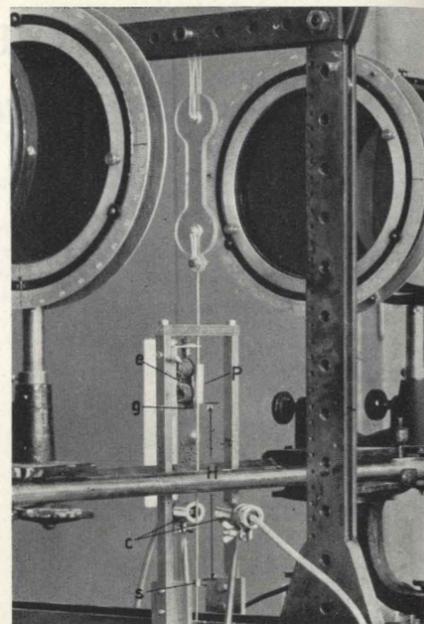


Fig. 2 - Apparecchio di carico.

dine  $0,5$ , prima a manifestarsi, vanno propagandosi dal punto  $b$ , in cui s'inizia il contatto, verso i punti  $a$  e  $c$ . Esse hanno inizialmente andamento all'incirca circolare. Ciò si spiega pensando che l'onda dilatazionale precede quella distorsionale, e le frangie corrispondenti, prima che si producano fenomeni di riflessione, sarebbero esattamente circolari se il carico — anziché ad un profilo curvo, qual è quello del foro — fosse applicato in un punto di un piano seminfinito.

Dopo il periodo iniziale il campo tensionale, a causa dei già accennati fenomeni di riflessione e di vibrazioni, si modifica rapidamente. I fotogrammi da 12 a 16 mostrano chiaramente come procede l'onda d'urto lungo il gambo della piastra, prima che venga raggiunto l'occhio superiore. In questa fase la velocità di propagazione della frangia d'ordine  $0,5$  risulta di  $85,5 \text{ m/s}$ .

Successivamente comincia ad essere interessato l'occhio superiore, e contemporaneamente va diminuendo la sollecitazione dell'occhio inferiore, fino a che l'intensità del campo tensionale diviene

all'incirca uguale per i due occhi (fot. 26).

Dopo di che è l'occhio superiore che risulta notevolmente più caricato di quello inferiore (fot. 44). Il fenomeno poi continua ad invertirsi, smorzandosi sempre più, fino a che al tempo di  $13.100 \mu\text{s}$  dall'inizio dell'urto il modello appare completamente scarico, ed è scomparsa anche la frangia ini-

ziale in prossimità del punto  $b'$ . Ulteriori sollecitazioni d'intensità sempre meno rilevante si hanno a causa del persistere di movimenti vibratorii di tutto il sistema.

Per seguire meglio il fenomeno è mostrato in fig. 4 come varia in funzione del tempo l'ordine di frangia  $n$ , e quindi la tensione  $\tau_{max}$ , per i punti più significativi del modello indicati in fig. 1.

L'istante in cui s'inizia il contatto, già assunto come origine dei tempi, è stato determinato estrapolando (porzione tratteggiata in fig. 4) fino al valore  $n=0$  la curva relativa al punto  $b$ , in cui ha inizio il contatto (v. fot. 1, fig. 3). È da notare che inizialmente la pressione cresce molto rapidamente, è cioè elevata la velocità d'applicazione del carico. Il diagramma presenta un massimo al tempo di  $560 \mu\text{s}$  circa, poi decresce rapidamente, e dopo una serie di fluttuazioni, corrispondenti a quelle già menzionate occupando i fotogrammi di fig. 3, si annulla. Quest'ultima parte del fenomeno non appare in figura, poiché per motivi di spazio le ascisse si sono dovute limitare al tempo di  $8.000 \mu\text{s}$ .

Analoghe fluttuazioni si hanno per gli altri punti. Non è stato tracciato il diagramma relativo al punto  $b'$  dell'occhio superiore, corrispondente a quello  $b$  dell'occhio inferiore, poiché la presenza della frangia iniziale, della quale s'è fatto cenno avanti, avrebbe falsato alquanto i risultati.

Appare chiaro dalla medesima fig. 4 l'ordine d'entrata in tensione dei vari punti del modello. Al punto  $b$  seguono i punti:  $c - a - d - e - o - e' - c' - d' - a'$ .

È da rilevare che il punto  $c$  del contorno del foro comincia ad essere sollecitato prima del punto  $a$  opposto a quello d'urto  $b$ . Ovviamente potrebbe avvenire il contrario per minori dimensioni del tratto  $a-b$ .

Per i due occhi le più alte sollecitazioni per i vari punti esaminati si hanno in  $c$  e  $c'$ , ma in  $c'$  si hanno valori maggiori che in  $c$ . Ciò deve essere messo in relazione con fenomeni d'inerzia, dovuti al movimento vibratorio, e principalmente allo stato vibratorio debbono attribuirsi le oscillazioni di  $n$ , per i vari punti del mo-

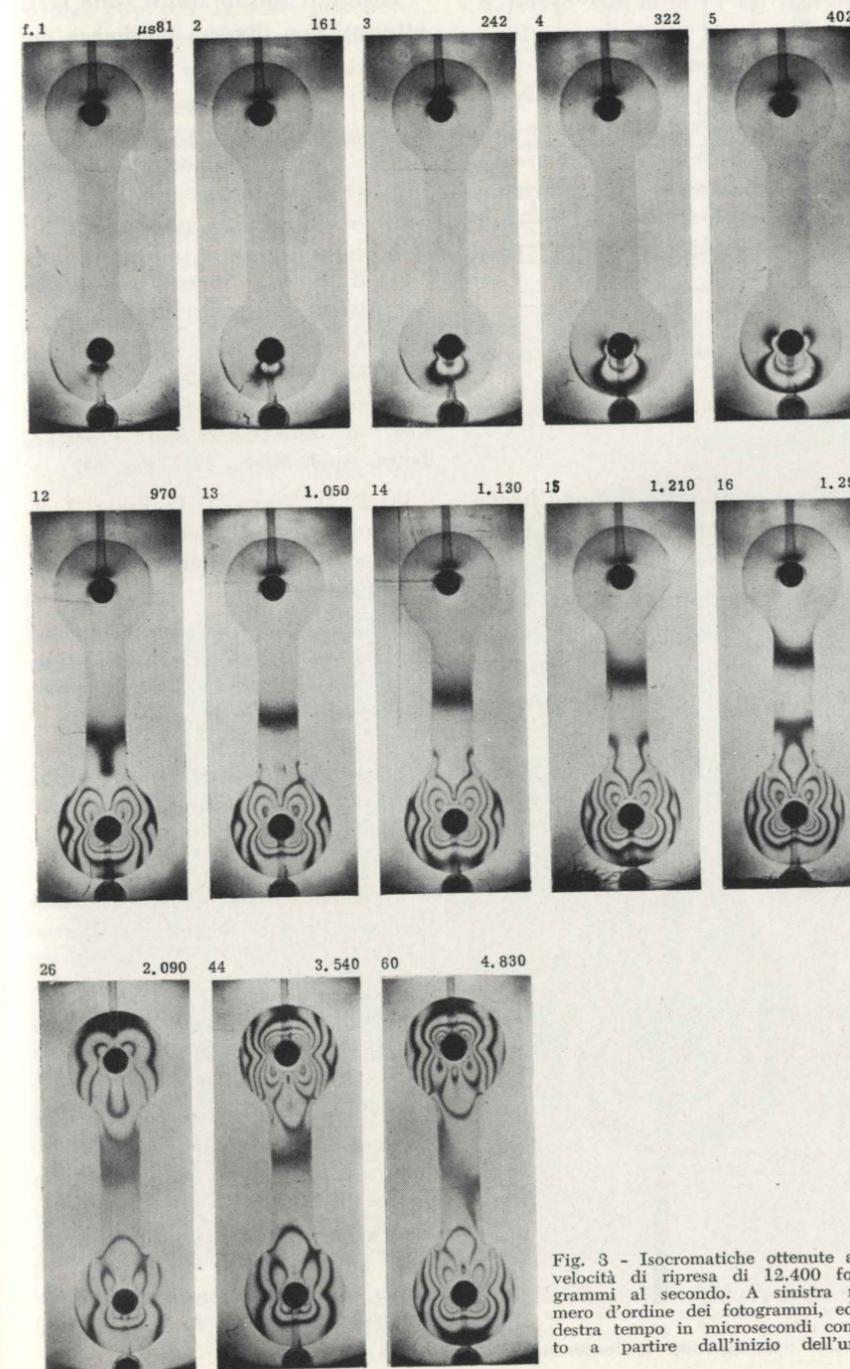


Fig. 3 - Isocromatiche ottenute alla velocità di ripresa di  $12.400$  fotogrammi al secondo. A sinistra numero d'ordine dei fotogrammi, ed a destra tempo in microsecondi contato a partire dall'inizio dell'urto.

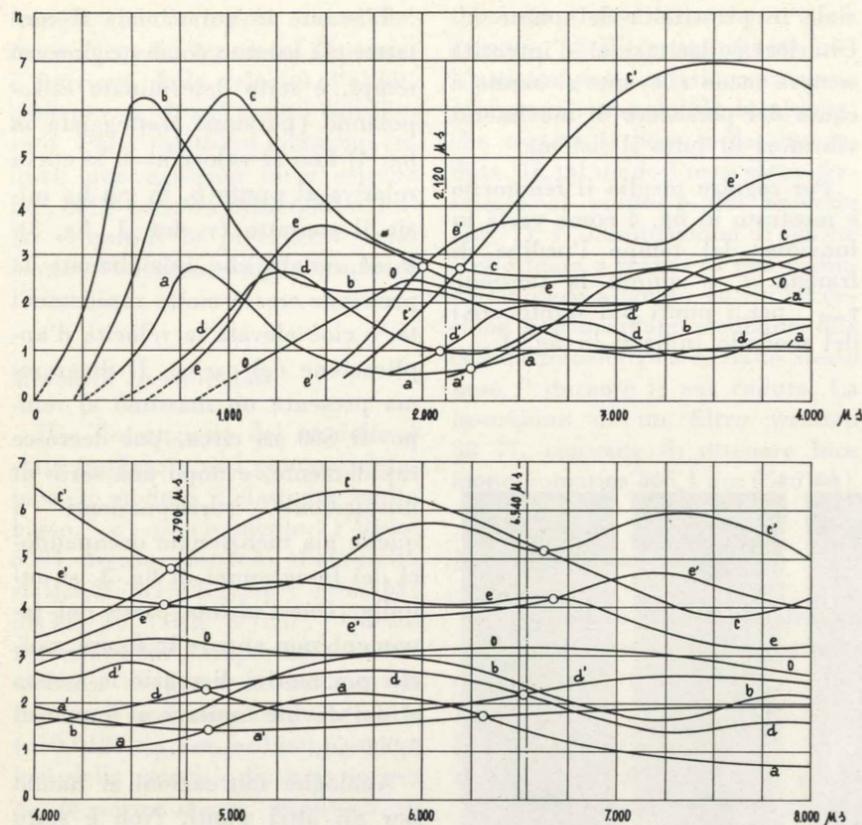


Fig. 4 - Ordine di frangia in funzione del tempo per alcuni punti del modello.

dello, e l'alternato caricarsi dei due occhi.

Nella fig. 4 sono indicate le intersezioni dei diagrammi relativi a punti corrispondenti dei due occhi. Si rileva che tali intersezioni, a cui ovviamente corrispondono uguali tensioni, si aggirano intorno ai seguenti valori dei tempi: 2.120, 4.790, e 6.560  $\mu$ s. Tali tempi individuano quindi condizioni di uguali sollecitazioni nei due occhi. Al riguardo si considerino anche i fotogrammi 26 e 60 della figura 3, corrispondenti a tempi molto vicini ai primi due dati sopra. Si noti ancora che per gli anzidetti tempi, specialmente per il primo, le tensioni nel loro complesso appaiono più limitate.

Malgrado che il massimo valore del carico applicato, corrispondente al vertice della curva *b* in fig. 4, si raggiunga dopo soli 560  $\mu$ s dall'inizio dell'urto, questo non si può considerare istantaneo, e

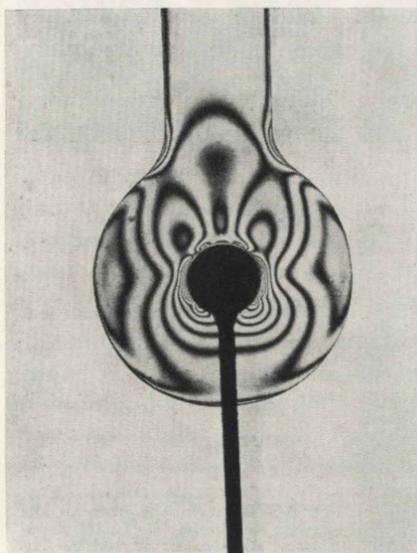


Fig. 5 - Isocromatiche con carico statico.

dopo un tempo più o meno breve, dipendente dal punto generico che si considera, il campo tensionale va modificandosi, ed il suo andamento va rassomigliando sempre più a quello che si ha per carico statico. Ciò è messo in evidenza

dal paragone dei fotogrammi della fig. 3, ed in particolare di quello 60, con la fig. 5, in cui è riprodotto il campo tensionale dovuto ad un carico statico.

Con urti di più breve durata sono da aspettarsi risultati diversi, anche qualitativamente, come lasciano presumere precedenti studi riguardanti l'influenza della velocità e della durata d'applicazione del carico sul campo tensionale [6], [7], [8], [9].

Risultati molto simili sono stati ottenuti con diversa larghezza del gambo della piastra.

Giuseppe Manzella

Ordinario di Costruzione di Macchine  
Università di Palermo

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] H. KOLSKI, *Stress Waves in Solids*, Oxford, Clarendon Press, 1953.
- [2] A. J. DURELLI, W. F. RILEY, *Experiments for the Determination of Transient Stress and Strains Distribution in Two-Dimensional Problems*, Journ. Appl. Mech., 1957, pag. 69.
- [3] P. D. FLYNN, J. C. FEDER, J. T. GILBERT, A. A. ROLL, *Some New Techniques for Dynamic Photoelasticity*, Exper. Mech., May 1962.
- [4] G. MANZELLA, *Esperienze preliminari per lo studio fotoelastico dei fenomeni d'urto*, Ingegneria Meccanica, Agosto 1960.
- [5] J. W. DALLY, W. F. RILEY, A. J. DURELLI, *A photoelastic approach to transient stress problems employing low-modulus materials*, Journ. Appl. Mech., 1959, No. 4.
- [6] W. M. MURRAY, *Effects of Shock Loadings*, Product Engineering, December 1954.
- [7] J. W. DALLY, A. J. DURELLI and W. F. RILEY, *Photoelastic Study of Stress Waves Propagation in Large Plates*, S.E.S.A., vol. XVII, No. 2.
- [8] G. MANZELLA, *Esperienze su aste a sezione rettangolare sottoposte ad urto trasversale in mezzeria*, Tecnica Italiana, Ottobre 1962.
- [9] M. L. MEYER, NAGAMATI, TAYLOR, *Notes on Photoelastic Observations of Impact Phenomena*, Conference on Optical Methods of Stress Analysis, Nottingham, April 1963.

## INFORMAZIONI

### Il palazzo residenziale di una favorita di Carlo Emanuele I a Riva di Chieri

AUGUSTO PEDRINI, accompagna nitide fotografie inedite del palazzo municipale che fu eseguito prima del 1620 per la Marchesa Margherita di Roussillon, favorita di Carlo Emanuele I, rimasto vedovo di Caterina d'Austria. L'A. propende a ritenerlo opera di architetto di grande valore, forse di Carlo di Castellamonte, architetto ufficiale del Duca dopo la morte del Vittozzi.

Esistono in Piemonte parecchi edifici che per la loro posizione, fuori delle strade di comunicazione, non sono notati dagli studiosi.

Durante le mie gite alla ricerca di elementi artistici da tenere in considerazione, ebbi l'idea di salire sulla piazza del municipio di Riva di Chieri perchè avevo letto che questo borgo è stato feudo del-

la Marchesa di Roussillon e di Chatelard abitando in un maestoso palazzo.

Mi era compagno il sindaco di Chieri, cav. Caselle, col quale potei esaminare un progetto per modificare il palazzo, molto bene disegnato e acquerellato datato col l'anno 1738, fatto a Torino, senza firma, con uno stile veramente

progredito ed elegante, eseguito per il Conte Giuseppe Grosso di Bruzolo. Vi è da pensare che la spesa sarebbe stata eccessiva con un risultato più adatto ai fasti della Corte in Torino. Così rimase come alla sua origine, coi suoi moduli passati di moda.

Dopo un attento esame dell'edificio, mi sono prefisso di farlo conoscere con relative fotografie, sperando che altri più adatti di me, ne seguano l'esempio. Senza pretesa di soddisfare appieno questo mio piacevole compito, ho però tentato di lumeggiare l'inizio dell'architettura barocca e mettere in evidenza le mirabili attitudini artistiche di egregi intellettuali, facilmente documentabili consultando i nostri preziosi archivi.

L'amore alla «scientia amabi-



Riva di Chieri. Palazzo già della Marchesa Margherita di Roussillon. Fronte verso il paese, a mattoni in vista con velature di calce. È stato costruito nel luogo di un piccolo castello feudale che colle molte terre, facevano parte del territorio di Chieri. Già esisteva nel 1620, anno in cui vi nacque il terzo figlio della Marchesa, creato perciò Marchese di Riva. Nel 1691 il borgo di Riva venne dato alle fiamme dalle truppe francesi al comando del generale Jeuquires guastando anche il palazzo; sono evidenti i restauri.



Riva di Chieri. Palazzo già della Marchesa Margherita di Roussillon. Lato verso il parco. Si può asserire fosse questa l'entrata abituale al palazzo dove vetture e cavalieri potevano sostare indisturbati in una accogliente flora arboricola, che in quell'epoca era in grande onore, elevandosi a dignità di scienza (Mattiolo). La parte centrale dell'edificio, col corpo leggermente avanzato, rappresenta un saggio di elegante disegno ornamentale che solo la fotografia può realizzare col chiaro scuro. Ogni tratto è dotato con eccellente buon gusto e maestria, che si addice solo ad un grande architetto. Già nel 1584, Carlo di Castellamonte aveva consegnato i disegni per il castello di Rivoli, ciò autorizzerebbe all'ipotesi che il Duca si sia servito di lui anche per Riva durante la vecchiaia del Vitozzi. Risulta che dal 1602, precisamente negli anni che il Duca Carlo Emanuele I accudiva alla costruzione di Mirafiori, Carlo di Castellamonte si era dato ufficialmente ai lavori ducali. I timpani di queste finestre sono quasi identici a quelli delle maniche di piazza San Carlo (allora Reale) in Torino, ultimata circa trent'anni dopo.

lis » si rivelò nei possidenti, nei casati di più elevata coltura e condizioni sociali, fin dalla metà del secolo XVI. Tale motto comprendeva oltre all'architettura gentile, il giardinaggio come scienza. In quel turno di tempo, il Duca di Savoia Carlo Emanuele I, profuse tesori costruendo palazzi e templi la cui magnificenza attesta l'epoca del progresso anche se travagliata da continue guerre e invasioni.

\*\*\*

Lo storico Clerici, citato dal Cibrario, scrisse che « alla Duchessa Caterina (figlia di Filippo II, Re di Spagna), veniva in uggia il soggiorno di Mirafiori perchè il Duca si abbandonava a coniugare con alcune nobili dame il primo verbo del mondo ».

Altro storico, più cavalleresco, asserisce che il Duca, perduta la sua amata consorte (25 ottobre 1597), si sentiva sospinto verso diverse dame, tra queste la giovane bellissima Margherita di Roussillon alla quale dedicava in seguito un delicato sonetto. Si può credere fosse un idillio tenero e prolungato per avere avuto da lei ben quattro figli che furono:

Margarita († 1645) andata sposa al Marchese di Lanzo, Francesco Filippo d'Este.

Maurizio Amedeo. La Marchesa comprò con denari dati in elemosina il terreno per il convento della chiesa di Santa Maria degli Angeli (18 febbraio 1624) quale segno di gratitudine per es-

sere stato liberato dalla morte il figlio Maurizio con l'intercessione del Venerabile fra Lorenzo da Revello. Il 10 settembre 1644, D. Maurizio di Savoia fu tumulato nella cappella di San Pietro d'Alcantara della stessa chiesa di St. Maria degli Angeli.

Gabriele, Marchese di Riva, nato nel 1620 e morto nel 1695, sepolto alla Sacra di San Michele delle Chiuse. Distinto nell'arte militare. Diede molti fastidi alla Corte, assiduo cortigiano al seguito della Duchessa Maria Cristina.

Antonio, abate di San Benigno detto D. Antonio di Savoia. Nel 1664 successe al cardinale Maurizio di Savoia, fratello consanguineo, nell'appannaggio della

Commenda di Sant'Antonio di Pino Torinese sino al 26 giugno 1666, nel quale con assenso del Duca Carlo Emanuele II, venne donata ai signori della Missione di Torino. Commendatario di San Michele delle Chiuse per 46 anni; fu l'ultimo abate dell'Abazia di Altacomba, ove morì nel 1675 ed ivi sepolto.

\*\*\*

Occorreva perciò una residenza che fosse regale, adeguata all'importanza del casato, un po' discosta dalla mondanità e dalla Corte.

Margherita di Roussillon scelse Riva di Chieri, regione salubre e riccamente agricola, acquistando il feudo nel 1619 (1).

L'architetto Carlo di Castellamonte, con diploma 18 ottobre 1612, venne nominato primo architetto di Corte (con relativo stipendio annuo di scudi 400 da fiorino 16). Fu, com'è noto, allievo dell'ingegnere Ascanio Vitozzi, che ebbe tale titolo dal Duca per i lavori di Vicoforte dal 1598. Mancato il Vitozzi nel 1615, Carlo di Castellamonte divenne l'unico iniziale regista di quell'architettura che a buon diritto può dirsi piemontese. Gli successe in tale ruolo il figlio Amedeo nel 1633.

Sopra questa considerazione mi faccio lecito di attribuire a questo illustre architetto il progetto per il palazzo della favorita del Duca e dei suoi figli, che ha tutte le caratteristiche delle sue opere. Sul lato di destra, volto verso piazza, la Marchesa vi fece costruire una cappella rifatta nel 1721 su disegni dell'architetto Planteri poi ampliata nel 1761 dall'architetto Bernardo Vittone.

Carlo Emanuele I moriva nel 1630 e la Marchesa abitava certamente nel suo imponente palazzo di Riva fin dal 1620 dove ebbe il

(1) Riportato dal Manno. Sono diverse le versioni che riguardano il possesso del feudo, vi è chi asserisce che il Conte Goveano si prestasse per lo strumento come vassallo, mentre è documentato dal Casalis che il luogo di Riva passò alla Camera Ducale nel 1619 (come Pecetto) per volontà del Duca per donarlo a Margherita di Roussillon Dama di Chatelard con titolo marchionale.



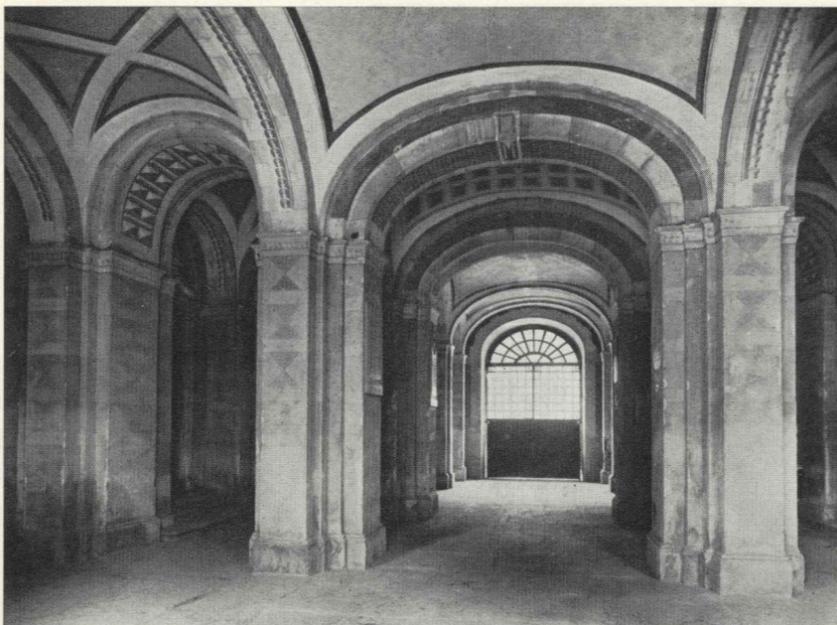
Riva di Chieri. Palazzo già della Marchesa Margherita di Roussillon. Veduta prospettica delle costruzioni e l'entrata al parco. Tra le maniche vi sono dei cortili assai ampi (uno per lato) per dare aria e luce agli appartamenti. Queste facciate di notevole vivacità, attestano la personalità dell'architetto, non ignaro del gusto romano e toscano. In basso a sinistra, sopra il muretto, esisteva certamente un'inferrata di protezione.

figlio Gabriele. Nel 1631 inaugurava una sontuosa cappella dedicata alla Madonna delle Grazie con statua lignea intagliata da Pietro Botto, sita nella navatella di sinistra del Duomo di Chieri.

La Marchesa, dama di egregia bontà, donava un preziosissimo manto destinato al simulacro della Vergine, le Principesse di Savoia lavorarono dei paramenti a punto d'ago e la Principessa Giuseppina di Lorena, moglie del Principe Vittorio di Savoia Carignano, una veste e un giubbotto broccato d'oro.

L'origine di questa cappella si richiama ad una delle più luttuose pagine della storia e cioè la grande pestilenza del 1630 e parte dell'anno dopo, per cui morirono un terzo della popolazione. Questa cappella venne poi resa monumentale dall'architetto Vittone negli anni 1757-59.

Margherita di Roussillon di Chatelard e di Riva testò il 18 luglio 1637 a Chieri, il testamento risulta però scritto qualche anno prima del suo decesso. Esiste in copia presso l'Archivio di Stato sez. I di Torino, composto di mol-



Riva di Chieri. Palazzo già della Marchesa Margherita di Roussillon. L'atrio molto spazioso che occupa tutta la profondità dell'edificio. A sinistra vi è l'ingresso allo scalone anch'esso di inusitata ampiezza, con pitture deplorabili, forse dell'800, da sconsigliarne la pubblicazione. Si conoscono i nomi di questi decoratori peraltro che non ebbero notorietà.

te pagine dove sono assegnate parecchie donazioni. A quanto pare, il feudo rimase come appannaggio al figlio Gabriele di Savoia, Marchese e signore di Riva, indi ritornò all'amministrazione Ducale che lo vendette al Conte Marc'Antonio Grosso di Riva e Bruzolo che nel 1755 un Mazzetti comparente formò i bandi campestri del podere di Riva e territorio. Questa famiglia era imparentata coi Valperga, Provana, Solaro, Avogadro e Mazzetti. Il Grosso di Riva e Bruzolo fu benemerito fondatore del convento di Eremitini di Lombardia, donandolo ad essi ufficialmente quando si estinse la famiglia dei Grosso.

Nel 1783, 3 giugno, il Re Vittorio Amedeo III comprese il luogo di Riva e del castello di Banna (Moncalieri), nell'appannaggio del figlio Duca d'Aosta (Vittorio Emanuele I) Principe di Chieri (Casalis). L'amministrazione del Duca, con a capo l'avvocato Duc segreto esecutore di ordini vendendo e acquistando a suo nome, certamente avrà pensato a realizzare, senonchè giunse l'occupazione napoleonica dove tutte le proprietà vennero vendute o riscattate a beneficio del nuovo gover-

no. Dopo di chè il palazzo e le poche terre residue nel 1848, risultarono proprietà dei Radicati di Brozolo, rimanendo in atto i bandi campestri ai legittimi proprietari.

In seguito, furono tolte ai nobili certe prerogative e prebende cosicchè gli introiti divennero insufficienti per mantenere il loro decoro, tanto da costringere parecchi ad alienare le proprietà. In seguito il palazzo, che fu della Marchesa di Roussillon, passò al municipio di Riva.

\*\*\*

Data l'importanza del Casato, sempre rimasto piemontese, riportati alcuni dati e la geneologia, tratti dal testo originale del Manno, presso la Biblioteca Reale a Torino, con qualche aggiunta dagli storici Cibrario e Casalis.

Gian Gabriele signore di Gailiard (1609) sposa Francesca de Lambert, ebbero i seguenti figli:

*Girolomo*, luogotenente degli arcieri, guardie della persona (del

(<sup>2</sup>) Roussillon, in Savoia, in origine era feudo di Amedeo V dal 1285 al 1323 che vi fece costruire un castello abitato da Pietro e Filippo di Savoia.

Duca). Maresciallo di Campo, generale ecc. In quel tempo si formò l'erezione in comitato delle signorie di St. Genix e Galliard con Roussillon (<sup>2</sup>). Infeudato di Bernezzo (1619) col Marchesato (?). Giostrò nel Torneo di Torino (1619) per il matrimonio del Duca Vittorio Amedeo I con Cristina di Francia. Sposò il 12 di aprile 1612, Margharita legittima di Savoia con dote di 25 mila scudi.

*Margharita*. Come già detto acquista dal Conte Emanuele Filiberto Goveano il feudo di Riva di Chieri, investita il 22 agosto 1619 (patenti 35-102). Reinvestita il 22 agosto 1634 col Marchesato e poi col figlio Don Gabriele. Testò a Chieri il 18 luglio 1637.

*Carlo Amedeo*. Tenente generale, combattè in più campagne. Sposò Elena de Michaille. Ebbero 7 figli.

*Gaspare*. Maresciallo di Campo, colonnello dei Dragoni di Madama Reale. Morto in guerra sotto il forte di Santa Brigida (Pinerolo) nel 1693. Sposò Enrichetta, vedova del Conte Gaspare di Scarnafaggi che testò il 17 dicembre 1695. Enrichetta Maria di Roussillon nel 1719 pose la prima pietra per il convento dei Carmelitani in Torino (arch. Planteri). Un'iscrizione ne ricorda la donazione. Il suo nome s'incontra in più d'una egregia beneficenza nelle memorie delle chiese di Torino (Cibrario).

Augusto Pedrini

#### BIBLIOGRAFIA

ANTONIO MANNO, *Il patriziato subalpino*, manoscritto, Biblioteca Reale, 1905.

GOFFREDO CASALIS, *Dizionario geografico storico*, 1837.

LUIGI CIBRARIO, *Storia di Chieri*, 1831.

LUIGI CIBRARIO, *Storie minori*, 1855.

CAMILLO BOGGIO, *Gli architetti Carlo e Amedeo di Castellamonte*, 1896.

ORESTE MATTIROLI, *Carlo Emanuele e sue benemerenze*, Rassegna del municipio di Torino, settembre 1930.

BARTOLOMEO VALIMBERTI, *Spunti storici religiosi sopra la città di Chieri*, 1929.

RICCARDO GHIVARELLO, *Il Castello di Montosolo*, 1954.

## P R O B L E M I

### L'isolamento termo-acustico dei fabbricati

VASCO ROSSI intende delineare pratiche soluzioni all'attuale sempre più aggravato problema della inabilità degli ambienti cittadini disciplinando attraverso norme, prove, capitolati e collaudi l'isolamento termoacustico dei fabbricati.

L'isolamento termo-acustico dei fabbricati si impone ormai come un problema di notevole e crescente importanza per il suo duplice aspetto igienico ed economico.

*I rumori molesti aumentano.*

In passato esistevano limitate sorgenti di rumore e le grosse e pesanti strutture murarie da cui erano formati i fabbricati costituivano di per se stesse un buon isolante dai rumori e dagli sbalzi termici.

Oggi, invece, mentre aumentano costantemente le sorgenti di rumori molesti (apparecchi acustici, elettrodomestici, veicoli e gli impianti della casa stessa), vediamo per contro la tecnica costruttiva orientarsi decisamente, specialmente con la pre-fabbricazione in acciaio, verso strutture leggere, sottili, vibranti e, quindi, da sole, insufficientemente coibenti.

*Strutture sempre meno isolanti.*

Dal mattone pieno al forato, dal muro pieno al muro a cassa vuota, dal solaio a volta al solaio piano di cemento armato, dal cemento armato al cemento armato precompresso, dal cemento armato precompresso all'acciaio, è tutto un crescendo verso un progresso tecnico per altri aspetti ammirevole, ma che ci ha portati ad avere case troppo rumorose, dove è fastidioso o addirittura nocivo vivere e dove si lavora male.

*Costo e vantaggi dell'isolamento.*

In compenso, un notevole progresso è stato realizzato anche nello studio dei problemi e dei prodotti inerenti all'isolamento termo-acustico. Si tratta ora di incrementarne la conoscenza e l'applicazione. Dobbiamo renderci conto tutti — progettisti, costruttori e proprietari — che il maggior costo dell'isolamento e della correzione acustica ambientale, valutabile dal 3 al 5 % del costo complessivo del fabbricato, è largamente ripagato dai benefici che trae la nostra salute da un ambiente tranquillo, oltre che da un minor costo di gestione del ri-

committente del fabbricato si rimettono alle promesse e alle affermazioni del costruttore e si accorgeranno d'essere stati delusi nelle loro aspettative solo quando abiteranno in quei locali; ma allora sarà troppo tardi ed i rimedi saranno molto incerti ed onerosi.

*Occorrono le norme UNI.*

Questo stato di cose incoraggia la scorrettezza o la negligenza di certi imprenditori e scoraggia la buona volontà di molti altri.

Riallacciandomi a quanto già esposti nella mia relazione — Uomo « isolato » è mezzo salvato — presentata al X Congresso Nazionale indetto dall'AGERE nel 1963, sostengo ancora che per risolvere radicalmente il problema occorre sollecitare ed armonizzare lo sviluppo ed il compimento di quanto fermenta per la stesura aggiornata di tre documenti importanti che si integrano a vicenda: Norme UNI, Regolamenti edilizi comunali e Capitolati generali e speciali.

*Occorre quindi:*

1) approvazione e diffusione delle pertinenti Norme Ufficiali Unificate Italiane (UNI) già elaborate da una Commissione altamente qualificata, presieduta dal prof. Gino Sacerdote dell'Istituto Elettrotecnico Nazionale « Galileo Ferraris » di Torino.

Con queste Norme si stabiliscano i criteri ed i mezzi per la misura del potere fonoisolante delle strutture dei fabbricati e del livello sonoro interno nelle ventiquattro ore;

2) far sì che i Comuni, in base alle Norme UNI, provvedano, per le nuove costruzioni, a determinare sistematicamente il potere fonoisolante ed il livello sonoro suddetti affinché, in base a questi dati, possano e debbano dichiarare esplicitamente nel nulla-osta alla abitabilità se la costruzione è o non è isolata in rapporto anche alla rumorosità della zona, classificandola quindi in una delle categorie da stabilire e rendendo pubblici i risultati delle prove eseguite;

3) aggiornare i Capitolati generali e speciali di appalto con opportune prescrizioni sui materiali e sui sistemi di isolamento termo-acustico e, soprattutto, con riferimento alle Norme UNI, precisando il grado di isolamento richiesto da accertarsi a fine lavori nelle dovute forme mediante collaudo, indipendentemente dai mezzi adottati la cui scelta, entro opportuni limiti, va lasciata al giudizio ed alla responsabilità dei costruttori.

*Classificare i fabbricati secondo l'isolamento.*

Ritengo che non si possa e non si debba imporre indiscriminatamente per tutti gli edifici una determinata capacità

Pertanto, avviene che l'acquirente o il

di attenuazione dei rumori. Questo obbligo deve essere limitato ai fabbricati a destinazione particolare (ospedali, scuole, ecc.) o situati in luoghi talmente rumorosi da temere indiscutibilmente per la salute di chi vi risiede a lungo.

È invece possibile ed opportuna, per non dire necessaria, una classificazione da parte dei competenti organi sanitari dei Comuni di tutte le nuove costruzioni, in base al livello sonoro interno ed al grado di attenuazione dei rumori che le strutture offrono, sia rispetto all'ambiente esterno che ai locali contigui.

I due lati — livello sonoro interno e grado di attenuazione acustica — sono indispensabili per una ragionevole valutazione, da parte degli interessati della silenziosità presente e futura all'interno della costruzione.

*Aggiornare i capitoli.*

Se sfogliamo i vari Capitolati italiani ci accorgiamo che il problema dell'isolamento termo-acustico è pressochè ignorato. Solo il Capitolato generale FIAT detta utili prescrizioni sui materiali isolanti di uso più comune ed alcuni cenni sui sistemi elastici da interporre tra i basamenti delle macchine e le strutture portanti.

Sullo scopo fondamentale che si vuol conseguire, cioè sul grado di isolamento termo-acustico dei vari ambienti e sul modo di collaudarlo a lavori eseguiti, nessun capitolato fornisce indicazioni atte a definire i termini del problema onde prevenire i frequenti malintesi, le riserve e le conseguenti controversie tra committenti ed imprese.

Così come per le costruzioni di cemento armato ci si preoccupa, per esempio, di prescrivere i carichi di esercizio per le varie strutture e di collaudarle a fine lavori e si lascia all'impresa, in molti casi, una certa libertà nella impostazione statica e nella scelta del tipo di acciaio e di cemento, in modo del tutto analogo vanno impostati anche i termini del problema termo-acustico in esame.

Con la imminente pubblicazione delle suddette Norme UNI avremo uno strumento preciso e prezioso a cui far riferimento per aggiornare i Capitolati. In essi, in primo luogo, si dovrà stabilire il grado di isolamento voluto ed il modo di accertarne l'efficacia, con opportuno collaudo, a lavori eseguiti; poi, lasciando una ragionevole libertà di scelta al costruttore, prescrivere a quali requisiti devono rispondere i materiali eventualmente impiegati per raggiungere lo scopo: materassini di fibre e granulati compatti o sciolti, vernici antirombo e doppi vetri incollati; giunti elastici ed ammortizzatori e, in definitiva, tutti i prodotti e gli accorgimenti che l'esperienza e la scienza suggeriscono per recuperare un grande bene quasi perduto: il silenzio.

Vaseo Rossi

## R E C E N S I O N I

BANYKIN e MKRTUMJAN, *Nuove tecniche di prefabbricazione*, Etas Kompass, Milano, 1965.

La prefabbricazione di un edificio è stata definita come « la costruzione, al di fuori dell'edificio stesso, di un gran numero di elementi simili ed il relativo montaggio in opera in modo che venga restituita alla struttura la sua monoliticità, cercando, nell'insieme di tali operazioni, di ottenere la massima rapidità di esecuzione ed il miglior controllo del lavoro ».

Nate negli Stati Uniti negli anni precedenti l'ultimo conflitto mondiale, le tecniche di prefabbricazione si sono affermate fra il 1950 e 1960 in Francia, in Gran Bretagna, nei Paesi Scandinavi e, in modo particolare, in Russia.

In questi ultimi anni tali tecniche, sviluppate e affinate, hanno avviato in Italia il processo di industrializzazione dell'edilizia (processo inevitabile anche in questo settore e destinato ad affermazioni sempre più vaste). Si cerca ora, anche per l'incoraggiamento del Consiglio Superiore del Ministero dei Lavori Pubblici e del Consiglio Nazionale delle Ricerche, di riguadagnare il tempo perduto, soprattutto per quanto riguarda la ricerca e lo studio di nuovi procedimenti e nuove soluzioni costruttive, e di evitare

l'oneroso ricorso ai brevetti depositati in Italia dai Paesi del mondo occidentale.

Il Servizio Tecnico del Ministero dei LL. PP. ha edito ora (1965 per il Poligrafico dello Stato) delle Istruzioni per il rilascio della dichiarazione di idoneità tecnica di sistemi costruttivi e strutture portanti prevista negli art. 1 e 2 della legge 5 novembre 1964, n. 1224, con particolare riguardo delle strutture prefabbricate.

Buon orientamento in proposito è anche il libro in questione.

Il volume ora pubblicato dalla Etas Kompass è opera di due specialisti russi: la prima parte contiene uno studio esteso ed aggiornato (l'opera originale russa è del 1964) delle esperienze e dei risultati conseguiti in Russia, un paese, come si è detto, all'avanguardia in questo settore; la seconda parte descrive dettagliatamente il metodo di fabbricazione di pannelli in stampi semplici e multipli.

L'opera, di circa 500 pagine, ampiamente illustrata è quindi di notevolissima importanza per gli ingegneri e gli architetti ed anche per tutti coloro che si interessano all'edilizia (dal punto di vista economico o normativo, o perchè impegnati in settori ad essa collegati).

E. C.

## REGOLAMENTAZIONE TECNICA

NUOVE UNIFICAZIONI (pubblicate dal 1° gennaio al 30 giugno 1965)

C.D. 62-4:620.17 - *Prove meccaniche dei materiali metallici - Tubi di acciaio.*

UNI 5465-65: Prove meccaniche dei materiali metallici - Prova di trazione dei tubi di acciaio (fascicolo unico di 4 tabelle).

UNI 5466-65: Idem - Prova di allargamento dei tubi di acciaio (fascicolo unico di 2 tabelle).

UNI 5467-65: Idem - Prova di bordatura dei tubi di acciaio (fascicolo unico di 2 tabelle).

UNI 5468-65: Idem - Prova di schiacciamento dei tubi di acciaio (fascicolo unico di 2 tabelle).

UNI 5469-65: Idem - Prova di curvatura dei tubi di acciaio (fascicolo unico di 2 tabelle).

UNI 5470-65: Idem - Prova di allargamento su anello dei tubi di acciaio.

C.D. 62-762:625.1 - *Rotabili ferroviari - Guarnizioni di gomma.*

UNI 5570-65: Guarnizioni di gomma per organi del riscaldamento a vapore di rotabili ferroviari - Qualità, prescrizioni e prove (fascicolo unico di 5 tabelle).

UNI 5571-65: Guarnizioni di gomma per le teste dei semiaccoppiamenti del riscaldamento a vapore di rotabili ferroviari (fascicolo unico di 4 tabelle).

C.D. 620.17:669-41 - *Prove meccaniche dei materiali metallici - Lamiere e nastri di acciaio.*

UNI 5547-65: Prove meccaniche dei materiali metallici - Prova di trazione delle lamiere sottili e dei nastri di acciaio con spessore minore di 3 mm (fascicolo unico di 4 tabelle).

UNI 5548-65: Prove meccaniche dei materiali metallici - Prova di piegamento semplice delle lamiere sottili e dei nastri di acciaio con spessore minore di 3 mm (fascicolo unico di 3 tabelle).

UNI 5549-65: Idem - Prova di piegamento alternato delle lamiere sottili e dei nastri di acciaio con spessore minore di 3 mm (fascicolo unico di 3 tabelle).

UNI 5550-65: Idem - Prova di durezza Rockwell per lamiere sottili e nastri di acciaio (fascicolo unico di 3 tabelle).

C.D. 621.7:669.65 - *Leghe saldanti.*

UNI 5539-65: Leghe saldanti a base stagno-piombo per saldature dolci (fascicolo unico di 4 tabelle).

C.D. 621.798 - *Imballaggi.*

UNI 5607-65: Imballaggi di spedizione palettizzabili a base rettangolare - Dimensioni esterne ed interne e modalità di sistemazione degli imballaggi sulle palette unificate (fascicolo unico di 3 tabelle).

C.D. 621.82 - *Attrezzi portafrese.*

UNI 5577-65: Attrezzi portafrese - Alberi portafrese con cono di attacco 7/24 - Sostituisce UNI 3090 (fascicolo unico di 4 tabelle).

UNI 5578-65: Idem - Distanziatori - Sostituisce UNI 3091.

UNI 5579-65: Idem - Bussole per alberi portafrese - Sostituisce UNI 3092.

UNI 5580-65: Idem - Dadi per alberi portafrese - Sostituisce UNI 3093 (fascicolo unico di 2 tabelle).

C.D. 621.876 - *Ascensori con argano a frizione.*

UNI 5600-65: Gruppi di due ascensori elettrici con argano a frizione, in servizio privato - Portate, cabine, vani di corsa e locali del macchinario (fascicolo unico di 4 tabelle).

C.D. 621.882 - *Filettature e Bulloneria - Tolleranze.*

UNI 5540-65: Bulloneria di acciaio - Tolleranze di lavorazione - Sostituisce parzialmente UNI 3740 (2ª Ed.) (fascicolo unico di 6 tabelle).

UNI 5542-65: Filettature metriche ISO a profilo triangolare - Dimensioni limite per filettature con diametro da 1,6 fino a 39 mm (fascicolo unico di 50 tabelle).

UNI 5543-65: Filettature metriche ISO a profilo triangolare - Dimensioni limite per filettature con diametro da 40 fino a 100 mm (fascicolo unico di 54 tabelle).

UNI 5544-65: Idem - Dimensioni limite per filettature di qualità precisa con tolleranza 4H5H/4h, per bulloneria - Selezione UNI 5542-65 (fascicolo unico di 3 tabelle).

UNI 5545-65: Idem - Dimensioni limite per filettature di qualità media con tolleranza 6H/6g, per bulloneria - Selezione UNI 5542-65 (fascicolo unico di 3 tabelle).

UNI 5546-65: Idem - Dimensioni limite per filettature di qualità grossolana con tolleranza 7H/8g, per bulloneria - Selezione UNI 5542-65 (fascicolo unico di 3 tabelle).

C.D. 621.882.3 - *Dadi.*

UNI 5586-65: Dadi esagonali e quadri - Filettatura metrica ISO - Prospetto dei tipi unificati - Sostituisce UNI 202 e UNI 893.

UNI 5587-65: Dadi esagonali alti (per impieghi speciali) - Filettatura metrica ISO a passo grosso e a passo fine - Categoria A - Sostituisce UNI 205 e UNI 206 (fascicolo unico di 2 tabelle).

UNI 5588-65: Dadi esagonali normali - Filettatura metrica ISO a passo grosso e a passo fine - Categoria A - Sostituisce UNI 207 (2ª Ed.) (fascicolo unico di 2 tabelle).

UNI 5589-65: Dadi esagonali bassi - Filettatura metrica ISO a passo grosso e a passo fine - Categoria A - Sostituisce UNI 209 e UNI 210 (2ª Ed.) (fascicolo unico di 2 tabelle).

UNI 5590-65: Dadi esagonali sottili - Filettatura metrica ISO a passo grosso - Categoria A - Sostituisce parzialmente UNI 211 (fascicolo unico di 2 tabelle).

UNI 5591-65: Dadi esagonali alti (per impieghi speciali) - Filettatura metrica ISO a passo grosso - Categoria C - Sostituisce UNI 895 (fascicolo unico di 2 tabelle).

UNI 5592-65: Dadi esagonali normali - Filettatura metrica ISO a passo grosso - Categoria C - Sostituisce UNI 894 (fascicolo unico di 2 tabelle).

UNI 5593-65: Dadi esagonali normali ad intagli - Filettatura metrica ISO a passo grosso e a passo fine - Categoria A - Sostituisce UNI 215 e UNI 216 (fascicolo unico di 2 tabelle).

UNI 5594-65: Dadi esagonali bassi ad intagli - Filettatura metrica ISO a passo grosso e a passo fine - Categoria A - Sostituisce UNI 217 e UNI 1727 (fascicolo unico di 2 tabelle).

UNI 5595-65: Dadi esagonali normali ad intagli - Filettatura metrica ISO a pas-

so grosso - Categoria C - Sostituisce UNI 897 (fascicolo unico di 2 tabelle).

UNI 5596-65: Dadi quadri sottili - Filettatura metrica ISO a passo grosso - Categoria A - Sostituisce parzialmente UNI 213 (fascicolo unico di 2 tabelle).

UNI 5597-65: Dadi quadri normali - Filettatura metrica ISO a passo grosso - Categoria C - Sostituisce UNI 896 (fascicolo unico di 2 tabelle).

C.D. 621.9 - *Macchine utensili e utensili.*

UNI 3088-65: Attacchi per utensili ed attrezzi - Coni a conicità 7/24.

UNI 5551-65: Pressa eccentrica inclinabile - Nomenclatura (fascicolo unico di 4 tabelle).

UNI 5552-65: Stozzatrice verticale - Nomenclatura (fascicolo unico di 4 tabelle).

UNI 5553-65: Piallatrice meccanica a due montanti - Nomenclatura (fascicolo unico di 6 tabelle).

UNI 5554-65: Trapano verticale sensitivo - Nomenclatura (fascicolo unico di 4 tabelle).

UNI 5555-65: Trapano radiale - Nomenclatura (fascicolo unico di 4 tabelle).

UNI 5556-65: Rettificatrice idraulica a tuffo per esterni - Nomenclatura (fascicolo unico di 6 tabelle).

UNI 5557-65: Rettificatrice universale con apparecchio per interni - Nomenclatura (fascicolo unico di 6 tabelle).

UNI 5558-65: Rettificatrice senza centri - Nomenclatura (fascicolo unico di 4 tabelle).

UNI 5559-65: Rettificatrice per piani con mola ad asse verticale e tavola rotante - Nomenclatura (fascicolo unico di 6 tabelle).

UNI 5560-65: Rettificatrice per piani con mola ad asse orizzontale e con spostamento trasversale della testa - Nomenclatura (fascicolo unico di 6 tabelle).

UNI 5599-65: Rulli zigrinatori.

C.D. 621.918 - *Lime.*

UNI 5567-65: Lime a mazzo - Caratteristiche generali e densità di taglio.

UNI 5568-65: Idem - Piatte a punta.

UNI 5569-65: Idem - Mezzo tonde.

C.D. 625.143:678.4 - *Rotaie - Piastre di gomma.*

UNI 5572-65: Piastre di gomma sotto-rotaia, scanalate, per armamento di binari ferroviari e tranviari (fascicolo unico di 6 tabelle).

C.D. 629.13 - *Aeromobili*.

UNI 5561-65: Aeromobili - Identificazione mediante colori dei circuiti dei comandi meccanici (fascicolo unico di 3 tabelle).

UNI 5562-65: Idem - Filo da strappo.

UNI 5563-65: Idem - Fili da bloccaggio.

UNI 5564-65: Idem - Dimensioni di ingombro e di montaggio per strumenti indicatori a quadrante circolare (montaggio dalla parte posteriore del cruscotto) - Sostituisce UNI 1541 (fascicolo unico di 2 tabelle).

UNI 5565-65: Idem - Cifre per quadranti di strumenti e per targhette indicatrici.

UNI 5566-65: Idem - Quadranti e indici degli strumenti (fascicolo unico di 2 tabelle).

C.D. 661.8 - *Prodotti chimici - Composti metallici*.

UNI 5581-65P: Ossido di alluminio prevalentemente utilizzato per la produzione di alluminio - Preparazione e conservazione dei campioni di laboratorio.

UNI 5582-65P: Idem - Determinazione della perdita di massa a 300 °C (umidità convenzionale).

UNI 5583-65P: Idem - Preparazione della soluzione di attacco (fascicolo unico di 2 tabelle).

UNI 5584-65P: Idem - Determinazione del ferro - Metodo fotometrico all'ortofenantrolina (fascicolo unico di 3 tabelle).

UNI 5585-65P: Idem - Determinazione della perdita di massa a 1000 e 1200 °C (fascicolo unico di 2 tabelle).

C.D. 669.14-42 - *Profilati, barre, fili di acciaio*.

UNI 5598-65: Vergella di acciaio di uso generale non legato, destinata alla trafilatura ed alla laminazione a freddo - Sostituisce UNI 3033 e UNI 3034 (fascicolo unico di 5 tabelle).

C.D. 669.2/8:543 - *Analisi chimica dei materiali metallici non ferrosi*.

UNI 5601-65: Metodi di analisi chimica dei materiali metallici - Campionamento metalli bianchi antifrizione, leghe da stampa a base piombo e leghe sal-

danti a base stagno-piombo (fascicolo unico di 2 tabelle).

UNI 5602-65: Metodi di analisi chimica dei materiali metallici - Determinazione dello stagno nei metalli bianchi antifrizione, nelle leghe da stampa a base piombo e nelle leghe saldanti a base stagno-piombo - Metodo volumetrico (fascicolo unico di 2 tabelle).

UNI 5603-65: Idem - Determinazione dell'antimonio nei metalli bianchi antifrizione, nelle leghe da stampa a base piombo e nelle leghe saldanti a base stagno-piombo - Metodo volumetrico (fascicolo unico di 2 tabelle).

C.D. 677:620.1 - *Tessili: prove*.

UNI 5538-65: Tessili: Prove - Prova e classificazione di idrofilità (fascicolo unico di 5 tabelle).

C.D. 678.743.22 - *Foglie di policloruro di vinile plastificato*.

UNI 5575-65: Foglie di policloruro di vinile plastificato, tipo 400 - Caratteristiche (fascicolo unico di 3 tabelle).

UNI 5576-65: Foglie di policloruro di vinile plastificato - Definizioni e metodi di prova (fascicolo unico di 10 tabelle).

C.D. 691.833:678.7 - *Piastrelle di vinile-amianto*.

UNI 5573-65: Piastrelle di vinile-amianto per pavimenti - Caratteristiche (fascicolo unico di 2 tabelle).

UNI 5574-65: Idem - Metodi di prova (fascicolo unico di 6 tabelle).

## NOTIZIARIO

### Convegno sul metodo

Per celebrare la prossima ricorrenza del 1° Centenario della nostra Società fondata in Torino il 18 luglio 1866 si svolgeranno nel corso dell'anno diverse manifestazioni culturali promosse al fine di illustrare il contributo di pensiero e di opere degli ingegneri e degli architetti allo sviluppo ed al progresso delle genti della nostra terra.

La prima delle manifestazioni indette per celebrare il Centenario consisterà in un Convegno sul Metodo, organizzato in collaborazione con il Centro Studi Metodologici nel quadro delle onoranze a Galileo Galilei, che si svolgerà in settembre nella sede di Torino Esposizioni, in con-

comitanza con il Salone Internazionale della Tecnica, secondo il seguente programma:

*Sabato 25 settembre*

Palazzo Madama (Piazza Castello)

ore 16,30

Registrazione dei Congressisti.

ore 17

Inaugurazione del Convegno con introduzione di apertura del Prof. Gustavo Colonnetti, Presidente Emerito del Consiglio Nazionale delle Ricerche, e prolusione del Prof. Gleb Wataghin.

Recitazione del Dialogo dei Massimi Sistemi di Galileo Galilei.

ore 19

Ricevimento offerto dal Sindaco di Torino.

*Domenica 26 settembre*

Sala dei Convegni - Torino Esposizioni (Corso Massimo d'Azeglio 15)

ore 9,30-12,30

Discussioni sul Metodo.

Moderatore l'Ing. Prospero Nuvoli  
Presidente del Centro Studi Metodologici.

1. *Il Metodo applicato alle Scienze*.  
Relatori Proff. Nicola Abbagnano e Romolo Deaglio.

2. *Il Metodo applicato all'Ingegneria*.  
Relatori Proff. Federico Filippi e Giuseppe Gabrielli.

Interventi dei partecipanti.

ore 13

Colazione alla Villa Tesoriera (Corso Francia 192).

ore 16

Discussioni sul Metodo.

3. *Il Metodo applicato all'Architettura*.  
Relatori Proff. Giuseppe Ciribini e Enrico Pellegrini.

4. *Il Metodo applicato all'Industria*.  
Relatori Ingg. Enzo Pradelli e Giuseppe Prever.

ore 16

Per le Signore: Riunione all'Ippodromo di Vinovo.

ore 20

Cena alla Rotonda offerta da Torino Esposizioni.

ore 21,30

Visita al Salone Internazionale della Tecnica.

*Lunedì 27 settembre*

Visita agli impianti idroelettrici del Moncenisio.

ore 8,15

Partenza in autopullman da Piazza San Carlo.

ore 13

Colazione in cantiere offerta dall'Enel.

ore 18

Arrivo a Torino.

Per l'iscrizione rivolgersi alla Segreteria del Convegno - Via Giolitti, 1 - Torino.

Direttore responsabile: **AUGUSTO CAVALLARI-MURAT**

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

STAMPERIA ARTISTICA NAZIONALE - TORINO