

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

## LA LEZIONE DEL BAUHAUS

In occasione di una mostra

MARIO ROGGERO, nella presentazione critica della Mostra del Bauhaus, tenutasi — dopo Roma, Milano e Bologna — in Torino, sotto gli auspici del Governo Federale Tedesco, esamina il valore e le caratteristiche della metodologia di Gropius nel Bauhaus e dalle immagini delle opere dei collaboratori e degli allievi risale alla sostanziale continua « novità » dell'insegnamento del Maestro.

Ogni discorso che si riferisce a Gropius ed alla sua opera è sempre, necessariamente, un discorso complesso, sia perchè investe le componenti più vive e più scottanti della problematica relativa all'architettura contemporanea e sia perchè — superandone i limiti convenzionali — ne ripropone metodi e soluzioni in una visione totale, che è idealmente più limpida, in quanto coerente ed organica nella sua logica rigorosa, ma estremamente ardua da realizzare, lontana com'è da consensi o da abbandoni puramente sentimentali. Sì che Gropius — quando parla, quando opera, quando insegna (e risulta quanto mai difficile distinguere in lui questi tre momenti quali attività autonome e separate) — sta sempre, lucida-

mente e poeticamente, sul filo di un rasoio, impegnato com'è — in apparente antitesi — nella costante appassionata testimonianza della rigida razionalità che informa il suo credo di uomo e di artista.

« Mio scopo non è — egli scri-

veva nel 1937, iniziando la sua carriera di docente universitario ad Harvard — introdurre uno "stile moderno" da servire, per dir così, confezionato, ma introdurre piuttosto un'impostazione che consenta di affrontare ogni

problema in funzione dei suoi fattori specifici. Desidero che un giovane architetto sia capace di trovare in qualsiasi circostanza la sua strada; desidero che, traendole dalle condizioni tecniche e sociali nelle quali si trova ad operare, egli crei in piena indipendenza, forme autentiche, genuine, anzichè imponesse formule scolastiche a dati ambientali che possono esigere soluzioni del tutto diverse.

« Non è tanto un dogma bell'e pronto che voglio insegnare, ma un

Fig. 1 - J. Schmidt: Copertina d'un annuncio pubblicitario, Dessau 1928.



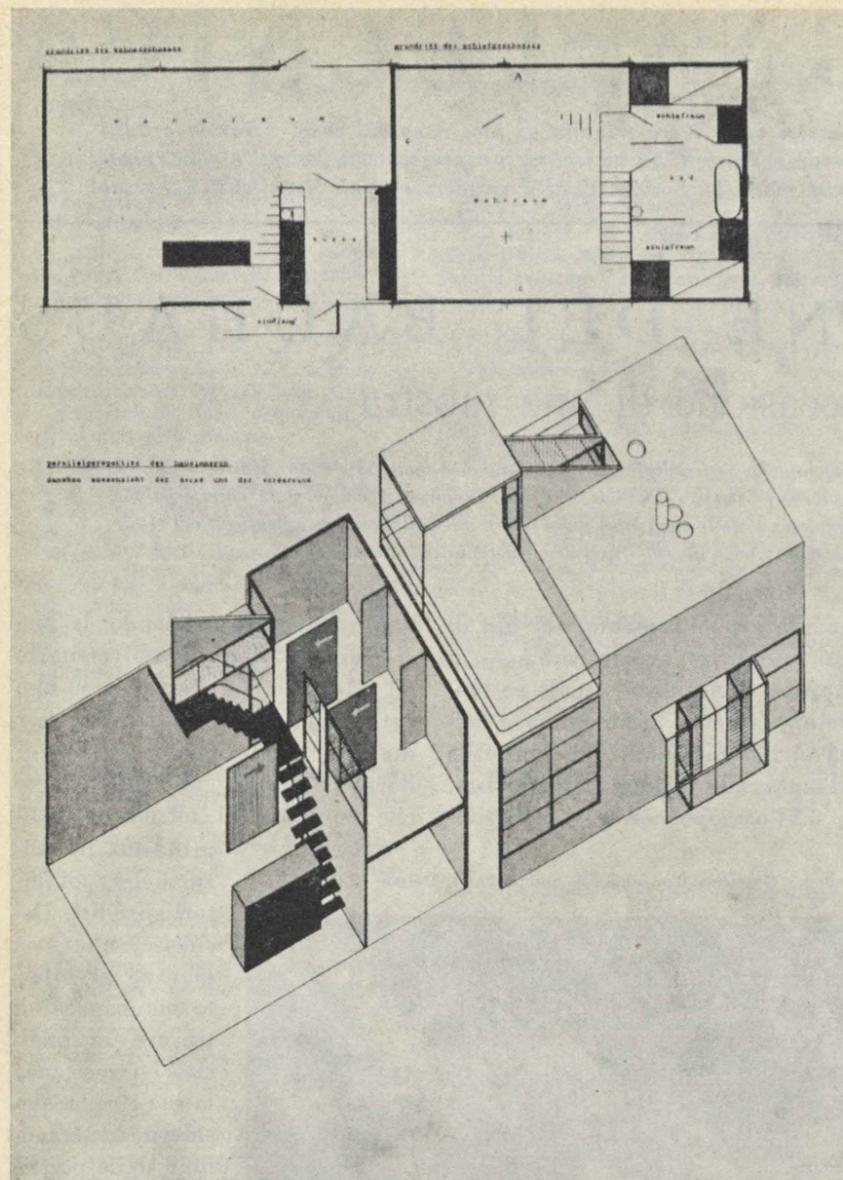


Fig. 2 - Marcel Breuer: Pianta e assonometria di una casa prefabbricata con ossatura metallica, 1925.

atteggiamento spregiudicato, originale ed elastico verso i problemi della nostra generazione. Inorridirei se il mio insegnamento dovesse risolversi nella moltiplicazione di una concezione fissa di "architettura alla Gropius". Quel che desidero è far sì che i giovani intendano quanto siano inesauribili i mezzi del creare se si fa uso degli innumerevoli prodotti dell'epoca moderna e incoraggiare questi giovani a trovare le proprie soluzioni personali.

« Spesso ho provato un certo disagio, quando mi sono stati chie-

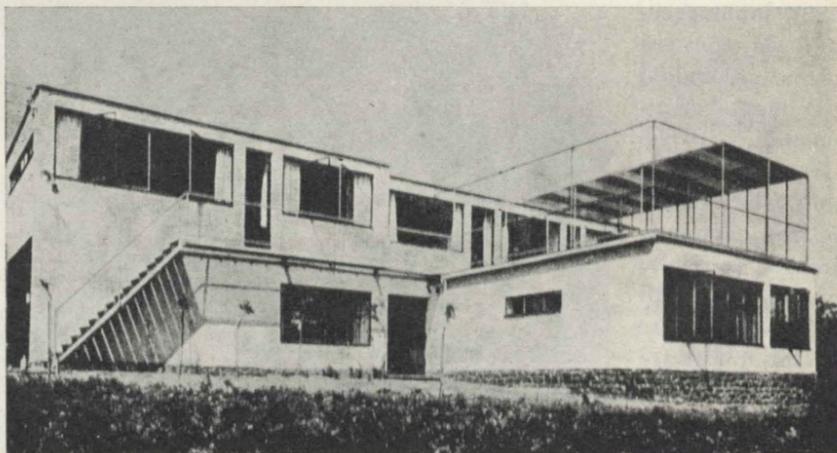


Fig. 3 - H. Wittwer e H. Volger: Casa del dr. Nolden, Mayen 1928.

sti i mezzi empirici e le astuzie del mio mestiere, mentre il mio interesse maggiore stava nel trarre in primo piano le mie esperienze di fondo e lasciare i sistemi in secondo piano.

« Imparando i mezzi, le astuzie, c'è, naturalmente, chi può ottenere risultati sicuri in un tempo relativamente breve; ma sono risultati superficiali e non soddisfacenti, perchè l'allievo continua a restare sprovvisto di fronte a situazioni nuove e inattese.

« Se non è stato educato a penetrare intimamente lo sviluppo organico, nessuna sapiente sovrapposizione di motivi moderni, per quanto elaborati, lo renderà capace di lavoro creativo.

« Le mie idee sono state spesso interpretate come l'apice della razionalizzazione e della meccanizzazione. Ciò dà un quadro assolutamente errato di tutti i miei sforzi. Ho sempre insistito sul fatto che l'altro aspetto, la soddisfazione dell'anima umana, è importante quanto il benessere materiale, e che il raggiungimento di una nuova visione spaziale è più significativo dell'economia strutturale e della perfezione funzionale...

« ... Più di quanto si sia mai dato, è oggi nelle mani di noi architetti aiutare i nostri contemporanei a condurre una vita naturale e sensata, anzichè pagare un greve contributo agli dei falsi del pre-

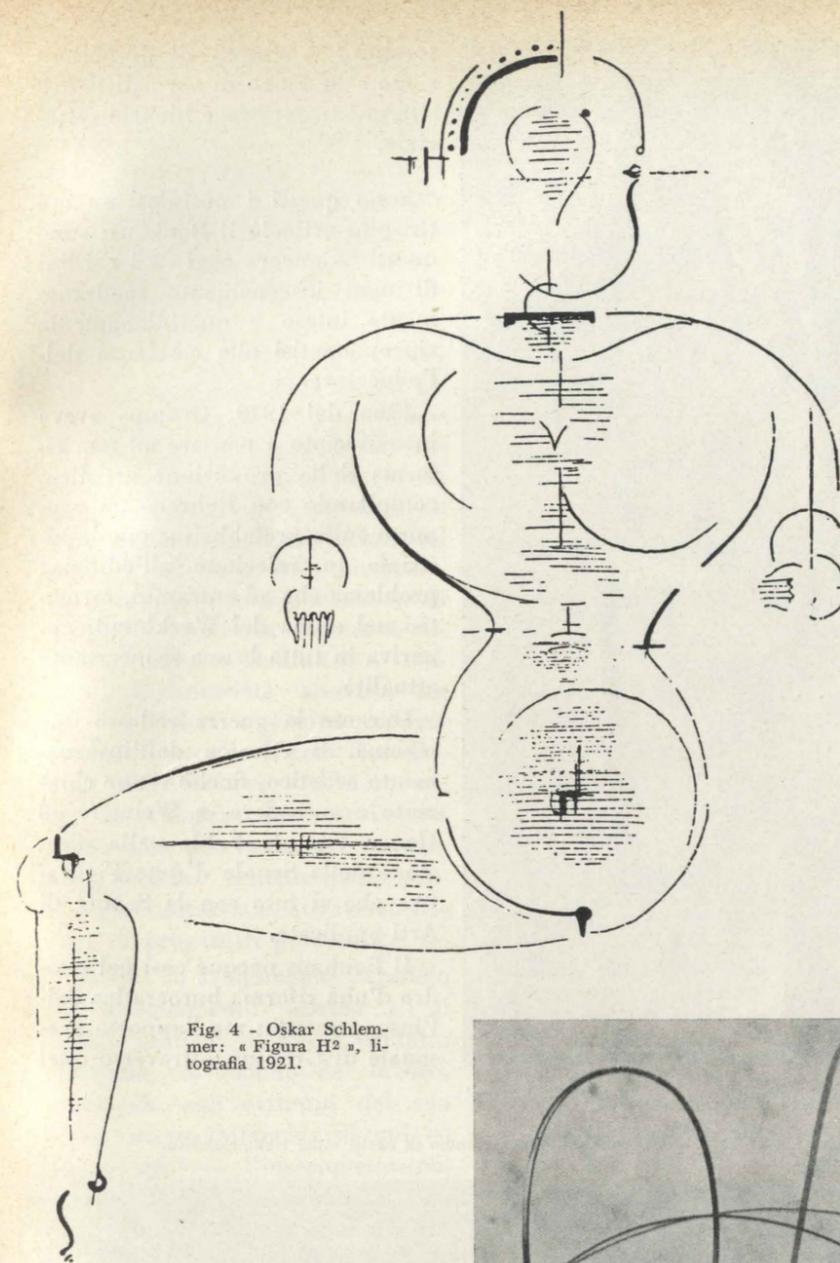


Fig. 4 - Oskar Schlemmer: « Figura H<sup>2</sup> », litografia 1921.

giudizio. Possiamo soddisfare questa esigenza solo se non temiamo di impostare il nostro lavoro dall'angolo visuale più vasto possibile. La buona architettura dovrebbe essere proiezione della vita stessa, e ciò implica una conoscenza intima dei problemi biologici, sociali, tecnici e artistici. E tuttavia questo non basta ancora. Per fare un'unità di tutti i diversi rami dell'attività umana, è indispensabile la forza di carattere, ed è qui che i mezzi educativi in parte vengono meno. Pure la nostra meta più alta dovrebbe essere quella di produrre uomini

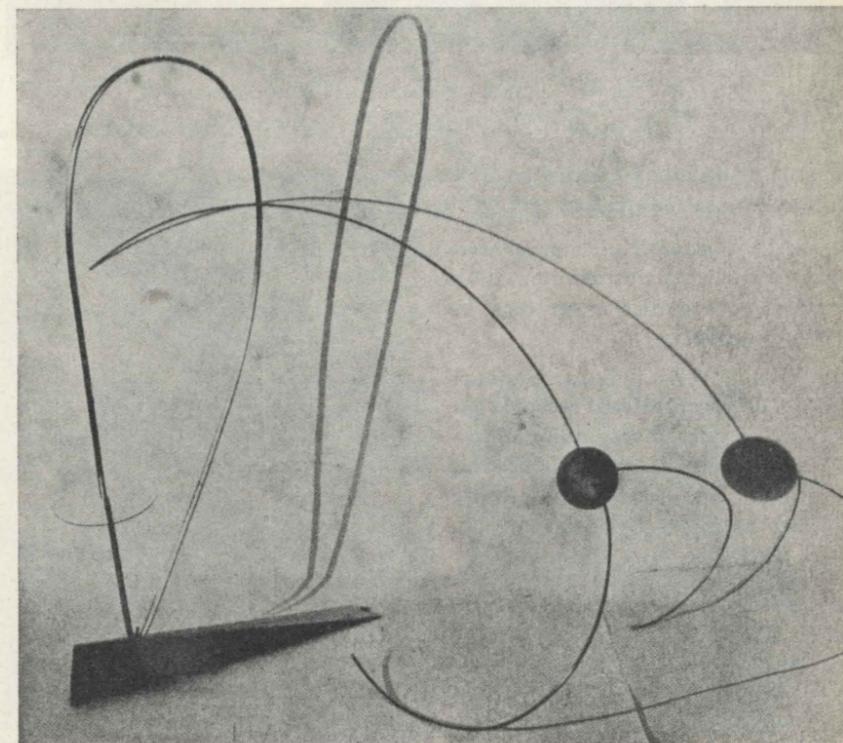


Fig. 5 - Dal corso di Moholy-Nagy: Costruzione in legno e filo metallico.

capaci di concepire una totalità, anzichè lasciarsi troppo presto assorbire nei canali angustissimi della specializzazione. Il nostro secolo ha prodotto il tipo dell'esperto in milioni di esemplari: facciamo posto ora agli uomini di ampia visione ».

Ho voluto riportare per intero questa pagina di Gropius perchè in essa sono racchiusi, come in un ordinato paradigma, i principi propulsori del Bauhaus. E il vederli ribaditi, a dieci anni di distanza e dopo tante lotte, è prova — da un lato — della coerenza di Gropius — dall'altro — della loro integrale validità intrinseca.

— L'affermazione di un metodo « spregiudicato, originale, elastico verso i problemi della nostra generazione » per una autonomia cosciente; sul piano tecnico, sul piano artistico, sul piano sociale, sul piano spirituale.

— La consapevolezza della inesauribilità dei mezzi creativi e del come perciò sia lo spirito, la co-



Fig. 6 - Dal corso di Albers: Studio di effetti ottici tridimensionali.

totalità» «uomini di ampia visione» in luogo di specialisti fossilizzati in un breve binario settoriale.

Sono questi i postulati su cui Gropius articolò il Bauhaus; sono questi — ancora oggi — i cardini di ogni insegnamento modernamente inteso e quotidianamente riproponentisi alla coscienza dell'educatore.

Fino dal 1910, Gropius aveva incominciato a pensare ad una riforma della produzione artistica, compilando con Behrens un rapporto sulla prefabbricazione industriale in relazione all'edilizia: problema che ad entrambi, formati nel clima del Werkbund, appariva in tutta la sua sconcertante attualità.

Durante la guerra redasse uno schema di riforma dell'insegnamento artistico, finché venne chiamato a succedere, a Weimar, ad Henry Van de Velde nella direzione della Scuola d'Arte Figurativa che si fuse con la Scuola di Arti applicate.

Il Bauhaus nacque così nel quadro d'una riforma burocratica dell'insegnamento; ma l'apporto personale di Gropius, attraverso quel

scienza individuale, l'arbitro definitivo di ogni soluzione.

— La necessità di una profonda, intima penetrazione dello «sviluppo organico» per un «lavoro creativo».

— La necessità di un impegno totale degli architetti verso la società, per una liberazione dai pregiudizi e per l'attuazione di una esistenza «naturale e sensata» degli uomini.

— Il riconoscimento dell'architettura come «proiezione» integrale delle varie forme esistenziali, attraverso la presa di coscienza dei diversi fenomeni e attraverso l'educazione del carattere.

— L'aspirazione finale a creare «uomini capaci di concepire una

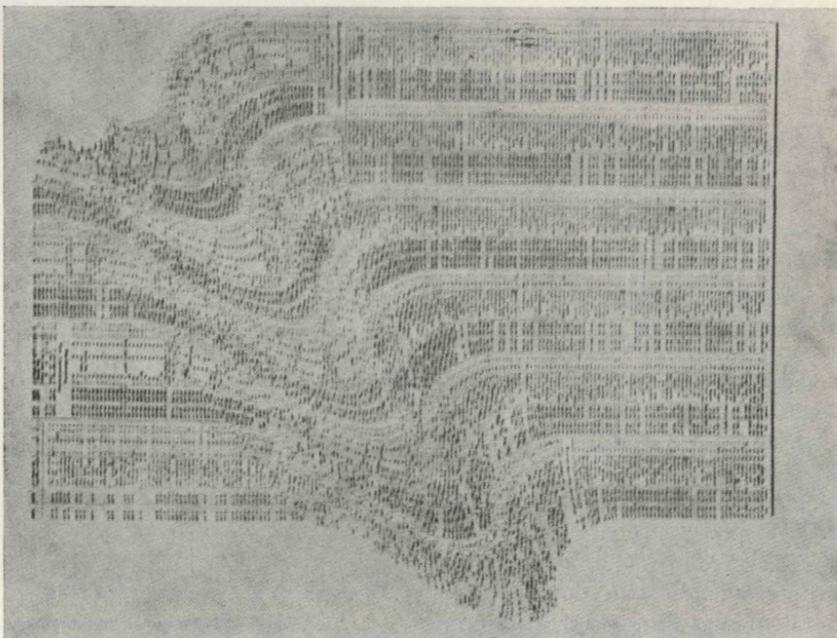


Fig. 7 - Dal corso di Albers: Studio di effetti ottici tridimensionali.

rigore metodologico che vedemmo costituirne il segno caratterizzante, determinò, fin dalle origini, il sorgere e il manifestarsi di un episodio destinato ben presto a superare i confini dello stato per rivelarsi al mondo della cultura, come fenomeno non meramente didattico ma di profondo valore sociale.

Alla base del suo ordinamento era il principio pedagogico del lavoro di gruppo: dove la collaborazione di tutti, maestri e studenti, portava — da un lato — la piccola comunità, costituitasi in un completo organismo sociale, ad inserirsi nel ciclo della produzione industriale, fornendole serie di modelli studiati da docenti e allievi, mentre — dall'altro — tendeva all'unitarietà assoluta tra metodo didattico e sistema produttivo. Accoglieva così l'artigiano, fuori del suo ideale romantico alla Morris, quale strumento pedagogico per instaurare un preciso indirizzo formale nella produzione industriale, attraverso l'opera di progettisti preparati.

Di qui lo svolgimento parallelo dell'insegnamento teorico e di quello pratico; di qui il contatto continuo col mondo del lavoro, essenziale agli sviluppi del suo stesso magro bilancio; di qui — soprattutto — l'inserimento cosciente dell'attività artistica, privata d'ogni velleità genialistica,



Fig. 9 - Oskar Schlemmer: Manifesto per il «Balletto Triadico».



Fig. 8 - X. Schavinsky: Manifesto.

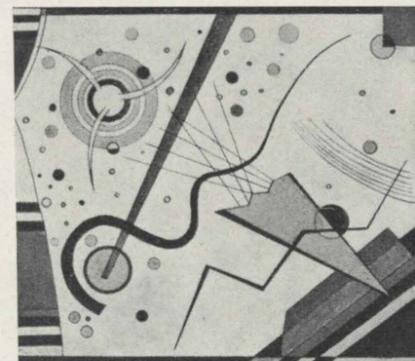


Fig. 10 - W. Kandinsky: «Variazioni», Acquerello e inchiostro, 1924.

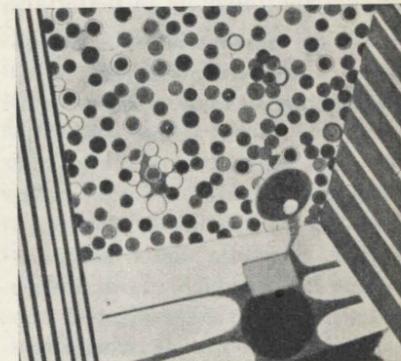


Fig. 11 - G. Muche: «Variazioni», Penna e acquerello, 1924.

nello sforzo collettivo di una società seriamente rivolta alla costruzione dei propri essenziali strumenti di vita.

« La cultura che si voleva dare all'artista — scriverà Argan — non era un patrimonio di esperienze, ma una libera capacità di esperienze, un modo lucido di essere nel mondo, una chiara coscienza di civiltà ».

Il programma era articolato su tre periodi fondamentali:

a) un corso preliminare, della durata di sei mesi (tenuto prima da Itten, poi da Moholy-Nagy e

colore, dei tessuti, con esercitazioni sugli strumenti di lavoro, sulla contabilità e sulla contrattazione economica.

Al termine l'allievo poteva — con un esame governativo — ottenere il diploma di artigiano; con un esame interno, più rigoroso, quello di artigiano del Bauhaus.

c) un corso di perfezionamento, di durata variabile, fondato sulla progettazione architettonica e sull'attività di laboratorio; alla fine del quale, lo studente otteneva — con procedura analoga a quella del corso precedente — i



Fig. 13 - W. Kandinsky: Xilografia colorata, 1922.

diplomi di maestro d'arte e di maestro d'arte del Bauhaus.

È dunque alla luce di un siffatto programma che le opere degli allievi del Bauhaus, sistematicamente raccolte, diventano la documentazione esemplificativa di questo sforzo corale; la testimonianza concreta dei risultati a cui tale metodo ha condotto. Le esperienze illustrate restano tuttavia — volutamente — nell'ambito delle esercitazioni scolastiche, nei temi, nei saggi svolti dai singoli durante la loro stagione studentesca. Ma l'eco di questi nomi, di quanto essi hanno saputo apportare quale contributo originale alla cultura del mondo contem-



Fig. 12 - O. Schlemmer: Il « Clown musicale », danzato da A. Weinger.

da Albers) per portare l'allievo a contatto coi problemi formali più semplici e per accostarlo con metodo sperimentale ai materiali.

b) un corso triennale, suddiviso in insegnamento tecnico e insegnamento formale. Questo comprendeva l'osservazione e lo studio della natura sotto il profilo formale e l'analisi dei materiali; lo studio dei sistemi di rappresentazione e quello della composizione. L'altro richiedeva invece allo studente la frequenza ad uno dei laboratori per la trattazione della pietra, del legno, del metallo, della terra, del vetro, del

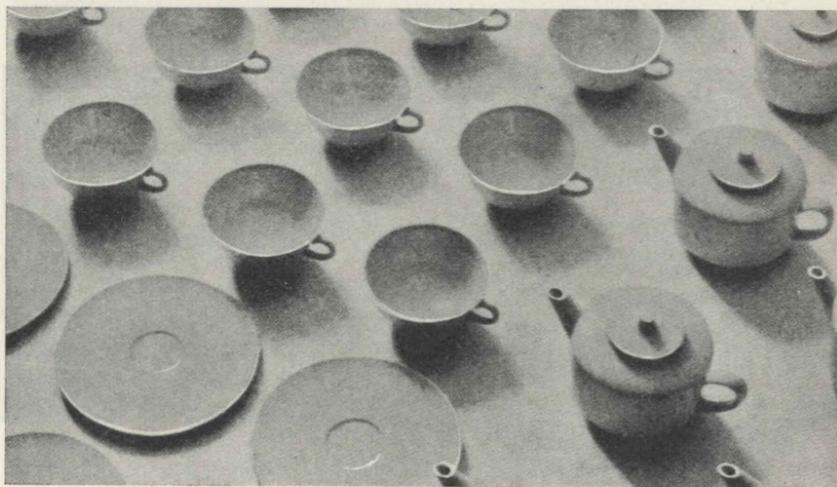


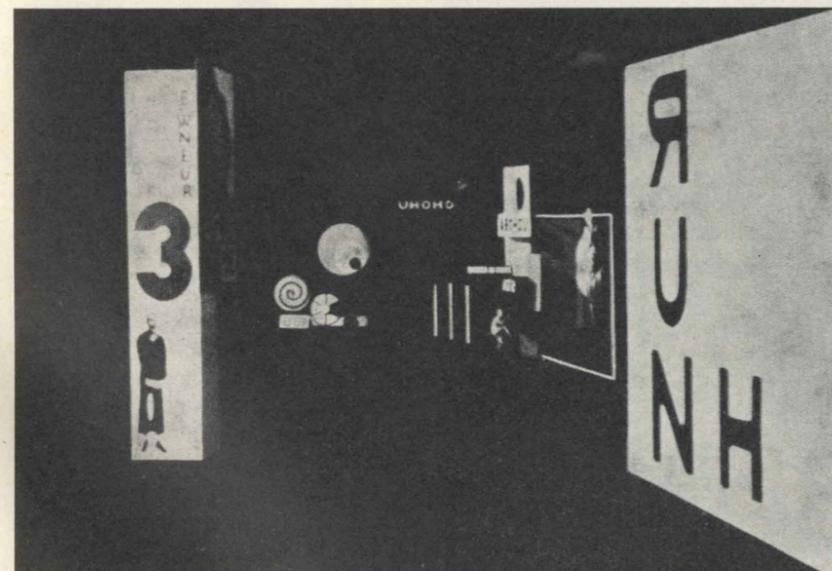
Fig. 14 - M. Friedländer: Servizio da tè in porcellana.



Fig. 15 - J. Schmidt: Volantino pubblicitario, 1924.

poraneo ritorna evocato da queste immagini: e i nomi di Meyer, di Feininger, di Marks, di Guntha Sharon Stölzl, di Muche, di Schlemmer, di Klee, di Kandinsky, di Schmidt, di Breuer, di Mies van der Rohe, oltre a quelli già menzionati, si associano in una compatta schiera di individualità in cui i caratteri comuni non si evidenziano stilisticamente ma prendono la forza di entità morali, valide ancora oggi e ancora oggi autonomamente feconde; nonostante il parere di quanti critici si sono arrestati all'esa-

Fig. 17 - H. Loew e F. Ehrlich: Studi per pubblicità luminosa, 1928.



me superficiale di talune di queste espressioni, su di un piano puramente formale e di gusto, senza comprenderne i valori profondamente innovatori, nella ri-

proposizione integrale di tutta la problematica relativa.

« Rifiutando ogni polemica pre-costituita, la didattica del Bauhaus costruisce una teoria dell'ar-

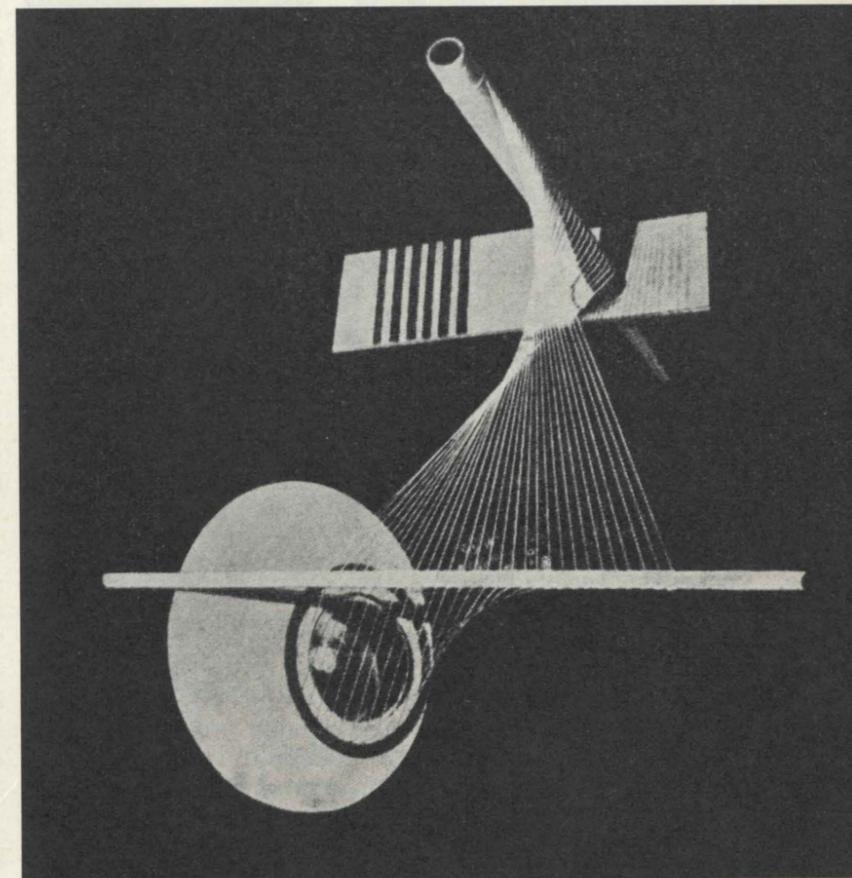


Fig. 16 - J. Schmidt: Scultura paraboloidale, 1926-28.

te — scrive ancora Argan — il cui carattere è di non essere separabile dal processo creativo: ed il Bauhaus di Gropius, soprattutto nel suo disegno iniziale, si può considerare la conseguenza diretta e il logico sviluppo della teoria dell'arte di Fiedler; la quale infatti non più ponendosi come teoria del bello, ma come teoria della visione e della particolare visione che si consegue professando l'arte, aveva il suo sbocco naturale in una pedagogia o didattica artistica ».

L'intento era dunque di pervenire alla identificazione di metodo didattico e di sistema produttivo: l'artigianato e l'industria potevano costituire le due polarità

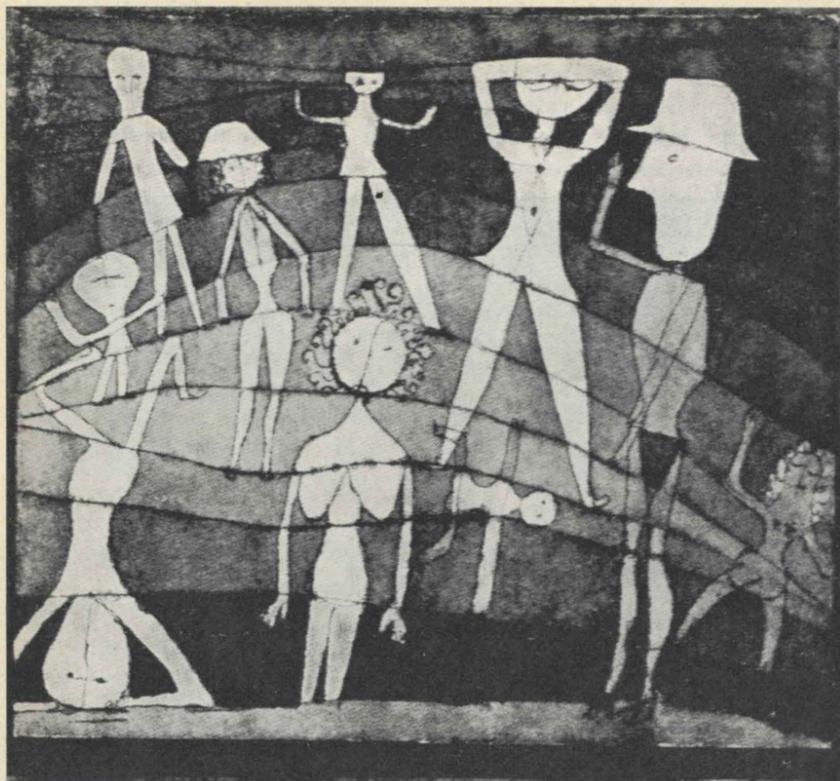
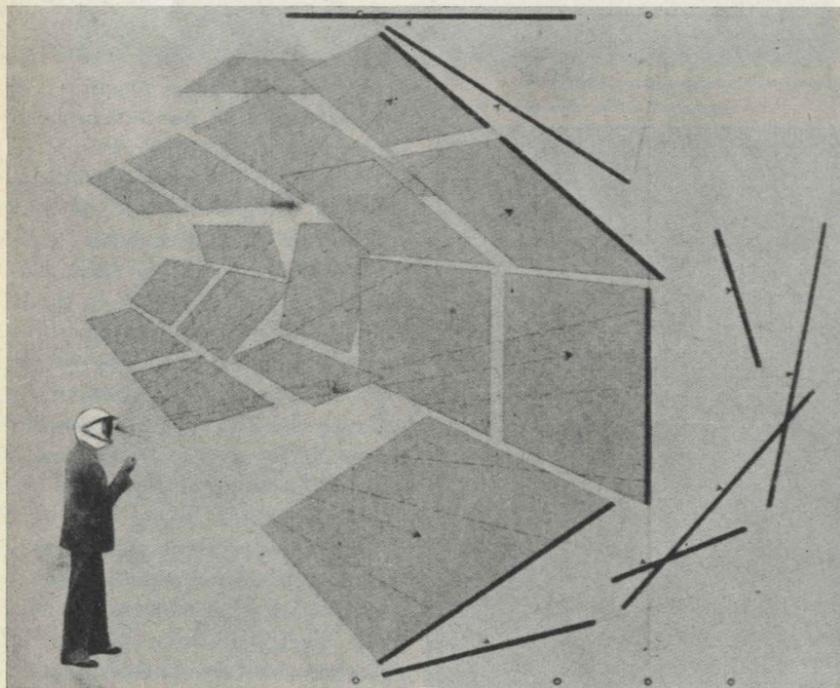


Fig. 18 - Paul Klee: « Sport all'aperto », acquerello, 1923.

antitetiche verso cui vedere andare dispersa l'unitarietà interna così faticosamente raggiunta. Ma Gropius non vuole arrivare ad

operare una scelta. Artigianato e industria rappresentano due maniere differenti di svolgere la medesima attività, manuale e spiri-

Fig. 19 - H. Bayer: Schema per esposizione di fotografie. Pagina del catalogo dell'Esposizione del Werkbund, Parigi 1930.



tuale insieme; l'una più immediata e meno vasta, l'altra meno immediata e più vasta. Per questa via, nell'intendimento di Gropius, era l'integrazione sociale e l'individuazione delle direttrici lungo cui potesse liberamente svolgersi la trasformazione del nostro mondo.

Ma questa (e forse sta in ciò la maggior forza dell'opera di Gropius) non dipende tanto da miglioramenti nelle condizioni esterne di vita, quanto da un diverso atteggiamento del singolo verso la propria opera: non tanto dagli strumenti, quanto dalla posizione delle energie umane davanti al lavoro.

Ecco dunque l'intervento positivo e concreto dell'educazione, intesa a fornire gradualmente il controllo e la padronanza del ciclo

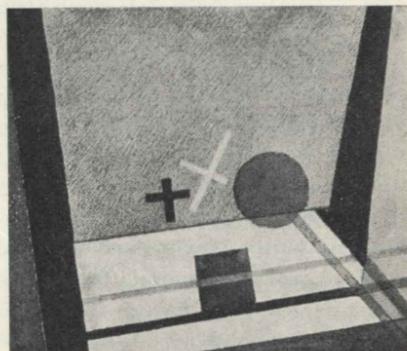


Fig. 20 - L. Moholy-Nagy: « Variazioni », Penna e acquerello, 1924.

produttivo totale per risolvere la frattura creatasi tra il mondo della cultura e quello della produzione.

Gradualità operativa, rigore metodologico e coscienza totale sono i cardini della profonda rivoluzione di Gropius: rivoluzione senza manifesti clamorosi, senza gesti sublimi; intimamente sofferta e osteggiata da ogni parte. Per gli uni sconvolgitrice, per gli altri ancora troppo aperta alle esperienze tradizionali.

Rivoluzione condotta per l'uomo — ma non contro alcuno degli uomini — quella del Bauhaus fu la protesta che « coincise, forse, con

l'ultima speranza di progettare una scena fisica consona ad una società democratica ». Una protesta assai più scandalosa, per la Germania del suo tempo, di quella rappresentata dall'Espressionismo: questo evocando torbide ma compiaciute immagini del suo crollo mentre « la razionalità del Bauhaus la metteva freddamente di fronte all'incontestabile realtà storica della sconfitta, il cui riscatto esige la rinuncia a quel morbido, ambiguo bilanciarsi di violenza e di sublime ».

Ma proprio la metodologia di Gropius, aperta sempre alle esperienze valide, da qualunque parte esse provengano, ancora alla concretezza dei fatti, alla incommensurabile ricchezza del nostro patrimonio umano e spirituale ogni istanza di novità.

« Tra l'individualismo incontrollato da una parte e un collettivismo irreggimentato dall'altra — egli dice — si deve costruire una forma superiore di democrazia, un sistema di compromessi volontari che allarghi il campo dell'individuo e gli insegni a dire anche e non invece ».

« Anche e non invece », mediazione suprema che sgombera il campo d'ogni equivoco e d'ogni preconcetto; che asserve alla verità ed a questa soltanto la co-



Fig. 22 - O. Schlemmer: « Le scale del Bauhaus », 1929.

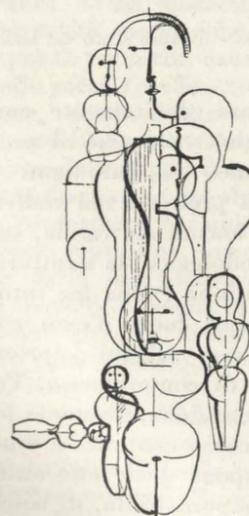


Fig. 21 - O. Schlemmer: « Figura K1 », litografia 1921.

scienza del proprio operare; atto possibile solamente — sul piano pedagogico come su quello operativo — a chi rifiuti le tattiche elusive del compromesso per innestarsi sinceramente e generosamente, senza riserve, nel lavoro di tutti, per il bene di tutti.

« Anche e non invece » posizione spirituale difficilissima da assumere, ancor più ardua da mantenere: che fa di Gropius il nostro maestro di vita prima che di mestiere, lucidamente e poeticamente sul filo di un rasoio, come disse all'inizio, non per gusto di

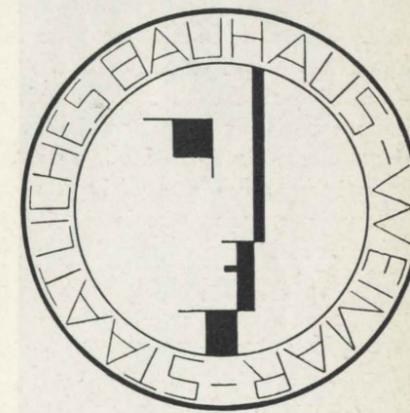


Fig. 23 - O. Schlemmer: Il sigillo del Bauhaus, 1922.

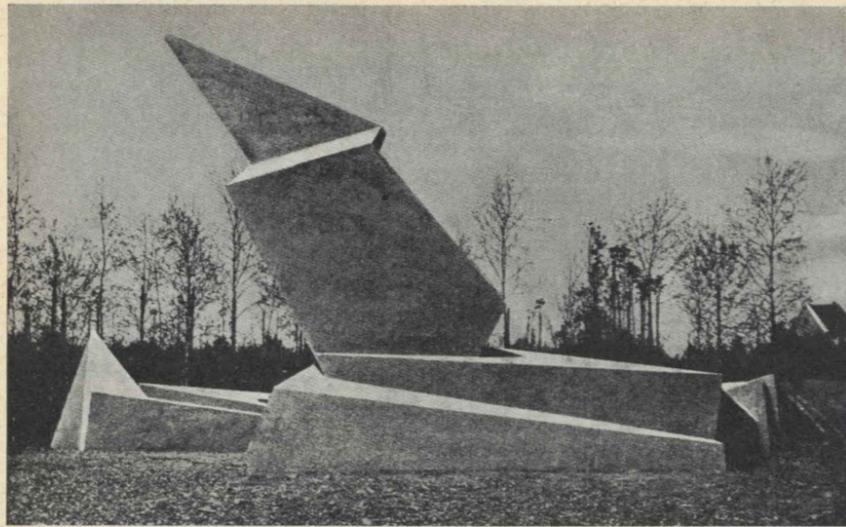
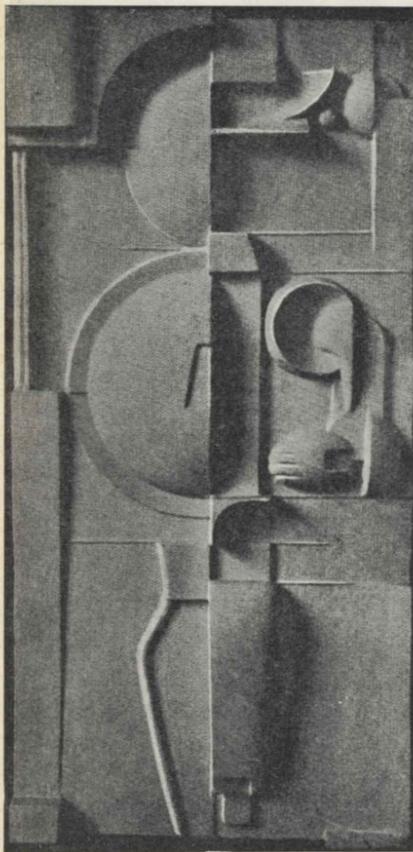


Fig. 24 - Walter Gropius: Monumento a Weimar, 1921.

acrobazia funambolica, ma per coscienza di rigore morale.

Nell'integrazione fra uomo e società, nel superamento dei vincoli attraverso fondamentali mutamenti di struttura; senza rivoluzione apparente, in virtù di una

Fig. 25 - O. Schlemmer: « Rilievo strutturale », 1923.



razionalità rigorosa, divenuta metodo e condizione determinante di vita, pur nella coscienza di una crisi dei fondamentali valori della storia, sta la posizione eroica di Gropius nel suo faticoso combattere senza eccessive illusioni.

« Di qui — mi si consenta di citare un'ultima volta Argan — il continuo trapasso dal puro razionalismo al puro pragmatismo, la sostanziale identità di processo artistico e di processo critico, di attività creativa e attività didattica ».

Da cui potrà anche derivare — in ultima analisi — come pericolo incombente, quel « vuoto culturale » a cui fa cenno Zevi, quando « ci si ancori ad una pedagogia sperimentale che rompe con la storia e punta sui fenomeni per respingere il pragmatismo, dopo avere espulso il principio della storicizzazione ».

Ma di fronte alla sempre più assurda crisi della società contemporanea che nega e frantuma senza posa ideali e speranze di ideali, Gropius, nella coerenza lucida e rigorosa del proprio pensiero e del proprio operare si presenta ancora a noi — con l'esempio di ieri del Bauhaus, come con quello attuale del TAC — nella sua modestia consapevole di supremo difensore della coscienza architettonica e dell'unità della cultura.

Ed è secondo questo spirito che debbono venire intese anche le immagini della sua scuola, non come valori autonomi ma quali testimonianze di una vocazione maturata coralmente nel breve periodo di un decennio. Non esperienze conclusive, ma segni di una ricerca continua e faticosa; accomunati fra loro dalla realtà superiore di un metodo e da una volontà di liberazione assunte — attraverso l'insegnamento di Gropius — al valore di ideali.

Manca forse a ciascuna di esse, singolarmente intesa, la validità assoluta del prototipo, la violenza simbolica dell'esempio; ma è proprio attraverso l'illustrazione documentata ed evidente dei suoi compiuti sviluppi che — d'altro canto — il fenomeno può essere inquadrato anche criticamente in forma assai precisa e ricondotto ad una chiarificazione puntuale e sistematica di tutte le sue ancora attuali possibilità didattiche ed espressive.

E questo non già attraverso l'impossibile ripetersi di una



Fig. 26 - Il primo sigillo del Bauhaus.

esperienza storicamente conclusa o, peggio, attraverso il recupero accademico di paradigmi teorici; ma piuttosto nel riaffermare quanto ancora sia valida, sul piano metodologico, la strutturazione della visione (tema fra tutti caro a Gropius) fuori d'ogni convenzionalismo, d'ogni aprioristico schema di compromesso. Per cui la progettazione, diventata processo critico in continua evoluzione, si ripropone quale atto sistematico di responsabilità, di coscienza, di libertà.

Mario Roggero

## La perforazione termica delle rocce

GIOVANNI BALDINI, dopo un breve richiamo dell'antico metodo di abbattimento delle rocce « col fuoco », fa il punto sui recenti sistemi di perforazione delle rocce per azione termica, soffermandosi in particolare a discutere criticamente caratteristiche, limiti d'applicazione e possibilità della perforazione con getto di fiamma.

### 1. Premessa.

La perforazione di fori da mina e per ricerca è normalmente compiuta con macchine che determinano la rottura localizzata della roccia per sollecitazioni di carattere meccanico (compressione, taglio, trazione), applicate a volte dinamicamente, a volte invece agenti attraverso l'intervento complesso di fenomeni di fatica. Gli utensili di perforazione e le modalità operative dimostrano — essenzialmente nel campo della perforazione a rotazione — una certa analogia con quelli comuni della tecnologia meccanica.

D'altra parte anche per il taglio e l'abbattimento delle rocce con mezzi meccanici o con esplosivi sono essenzialmente le proprietà di resistenza meccanica delle rocce a determinare limiti e possibilità di applicazione dei vari metodi, condizionandone i risultati.

Tuttavia sin dall'antichità — ancor prima che i citati sistemi di abbattimento meccanico delle rocce prendessero il sopravvento su ogni altro — era stato applicato, specie in formazioni dure di natura silicea, il metodo di abbattimento delle rocce « con il fuoco », che fa intervenire agli effetti della rottura e del distacco, oltre alle proprietà meccaniche, anche le proprietà termiche caratteristiche delle rocce (coefficiente di dilatazione, conducibilità termica, calore specifico); in tale quadro anzi sono da comprendersi anche la decrepitazione e le altre proprietà conseguenti a cambiamenti dello stato cristallino, nonché modifiche della composizione della roccia (perdita di acqua di cristallizzazione, perdita di inclusi liquidi e gassosi, dissociazioni chimiche, ecc.).

Però, mentre l'abbattimento con il fuoco è attualmente da considerare applicabile solo in un limitatissimo numero di casi, nell'ambito di lavori molto particolari a cielo aperto, recentemente è stata proposta invece la perfo-

razione delle rocce con il fuoco: in questo caso — a differenza del precedente — la roccia è in un punto portata a fusione e il suo comportamento, funzione anche della relativa conducibilità, della dilatazione e del calore specifico è determinato pure dal calore di fusione e dalla relativa temperatura.

Ora, siccome la perforazione termica è subito apparsa degna di attenzione per le prime realizzazioni a cui ha dato origine, mentre d'altra parte nessuna ricerca al riguardo appare sinora segnalata in Italia, si è ritenuto non privo di interesse un esame concreto del comportamento alla perforazione termica di alcuni tipi di rocce italiane. Tale indagine, che rientra in un quadro più ampio di ricerche che l'Istituto di Arte Mineraria del Politecnico di Torino sta conducendo da tempo per lo studio dei parametri della perforazione delle rocce nonché in genere per lo studio di proprietà tecniche delle rocce, si sta sviluppando attualmente, almeno in scala di laboratorio e grazie anche alla collaborazione del Laboratorio per ricerche sperimentali su endoreattori della Scuola di Ingegneria Aeronautica del Politecnico di Torino, nell'intento di addivenire almeno alla definizione di un indice di perforabilità alla fiamma dei principali termini litologici.

Nella riserva di riferire quanto prima i risultati sperimentali delle prove di cui sopra, si è ritenuto opportuno inquadrare per intanto, preliminarmente, in una revisione critica, i più retenti sviluppi delle applicazioni della perforazione con il fuoco. A tal fine si è ritenuto inoltre utile anteporre un richiamo sull'abbattimento delle rocce con il fuoco, per far risaltare la differenza concettuale di fondamento dei due tipi di lavoro e la maggior limitatezza di applicazione dell'abbattimento rispetto alla perforazione con il fuoco, che si presenta come un sistema assai

generale di penetrazione in roccia, suscettibile oggi di applicazione anche per il distacco di grandi blocchi squadriati.

### 2. Abbattimento delle rocce col fuoco.

Per l'abbattimento delle rocce con il fuoco, il fronte è investito da una fiamma prodotta da un bruciatore montato su treppiedi, alimentato da combustibile gassoso o liquido (generalmente kerosene, gassificato in un preriscaldatore per scambio termico colla fiamma stessa e iniettato a 2÷4 atmosfere). Coi bruciatori a kerosene preriscaldato od a gas metano la fiamma assume una temperatura massima di 1500°C; coi bruciatori a gas povero una temperatura di 500-700°C; in ogni caso il comburente è l'aria.

L'azione di fratturazione e disgregamento del fronte è dovuta alla concentrazione di calore in zone localizzate. I costituenti della roccia sono quindi portati a diversa temperatura a seconda del loro calore specifico e si deformano in modo differenziato in funzione del proprio coefficiente di dilatazione; di conseguenza risultano soggetti a sollecitazioni notevoli, dipendenti dalla forma del fronte e dalle condizioni di vincolo, secondo la deformabilità della massa di roccia direttamente attaccata rispetto a quella circostante.

Il metodo è particolarmente adatto per le rocce dure ed abrasive, che richiedono un considerevole lavoro di perforazione a percussione ed un forte consumo di esplosivo, e, specificatamente, per quelle ad alto contenuto di silice: con un consumo di 9 kg/ora di kerosene si riporta che un bruciatore disgrega mediamente 1 tonnellata all'ora di quarzo compatto. (Vedasi al riguardo GERBELLA [1]).

Di fatto la silice subisce con la temperatura considerevoli variazioni di volume a motivo di mutamenti di struttura cristallina, se-

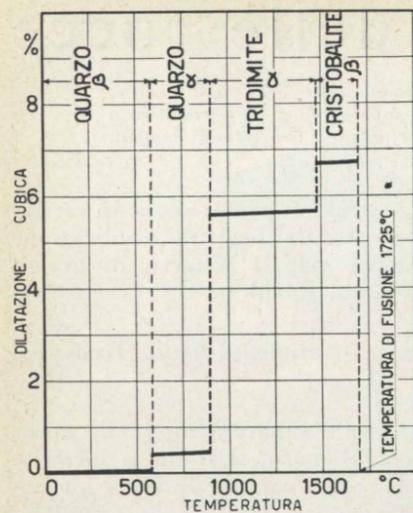


Fig. 1 - Campo di esistenza delle forme stabili della silice e relativa dilatazione cubica.

condo l'andamento del diagramma di fig. 1.

Da questo risulta che le tensioni interne massime si verificano a 870°C (temperatura di transizione dalla forma di quarzo  $\alpha$  a quella di tridimite  $\alpha$ ). L'effetto di disgregamento dipende però anche dal tempo di riscaldamento in quanto, se questo è troppo breve, si possono riscontrare modificazioni dello stato cristallino limitate a pochi elementi e, nel complesso, meno efficaci.

La quantità di calore strettamente necessaria per l'abbattimento termico è limitata: infatti — tenendo presente che non è il caso, per tale tecnica, di raggiungere la temperatura di fusione delle rocce e che comunque i calori di fusione superano generalmente 60 kcal/kg — il calore necessario per portare a 1500°C una roccia silicea o silicatica acida è dell'ordine di 400 kcal/kg<sup>(1)</sup>.

Per le rocce dure ed abrasive, l'abbattimento termico può realizzare costi minori che con i metodi convenzionali, richiedendo l'impiego di un'attrezzatura di minore impegno.

Così, ad esempio, a Yellowstone con tale metodo si trovò conveniente intagliare una strada nelle ossidiane; così ancora può essere utile operare almeno i primi la-

<sup>(1)</sup> I calori specifici variano per le rocce silicee o silicatiche acide tra 0,15 e 0,35 kcal/kg.°C, da 0° a 1500°C, funzioni crescenti della temperatura; mediamente si possono assumere pari a 0,25 kcal/kg.°C [2].

vori di ricerca su affioramenti di rocce dure in zone difficilmente accessibili.

### 3. Perforazione termica delle rocce.

Per la perforazione termica delle rocce può ancora essere utilizzato il principio di determinare costrizioni nella roccia investita da dardi ad alta temperatura e conseguentemente soggetta a dilatazioni differenziali nei vari punti; su tale azione tuttavia prevalgono i motivi di rottura locale connessi con profonde modificazioni chimico-strutturali della roccia (liberazione di acqua inclusa o combinata, dissociazioni, reazioni tra i minerali costituenti) e con l'azione dinamica ed il conseguente effetto d'urto di dardi di fiamma ad altissima velocità agenti sul fondo dei fori.

Sono necessarie per la perforazione termica temperature più elevate che nel caso dell'abbattimento con il fuoco; esse sono ottenute con l'aggiunta diretta di comburenti (ossigeno, acidi e composti vari ossidanti) e possono superare la temperatura di fusione delle rocce investite. I detriti sono asportati in continuazione dal getto di fiamma ad alta velocità, o ad intermittenza, con getti di acqua che sono iniettati alternativamente alla fiamma: tecnologicamente le condizioni operative sono ancora sostanzialmente differenti a seconda che si ricorra alla combustione di sostanze solide a temperatura di combustione inferiore a quella di fusione (in particolare, e praticamente, di ferro) oppure a getti di fiamma prodotti da bruciatori a combustione interna, così da portare ad agire sul fronte una massa gassosa ad alta velocità.

Senza voler insistere sui numerosi tentativi di studio, alcuni risalenti sino all'inizio del secolo, e limitando la considerazione alle realizzazioni pratiche, tutte poste in atto negli ultimi 10-12 anni, si distinguono quindi attualmente i seguenti sistemi di perforazione termica:

- a barra autocombustibile;
- a getto di fiamma (dardo da endocombustione) ad azione prevalentemente intermittente, associata ed alternata ad iniezione d'acqua;

— a getto di fiamma ad azione essenzialmente continua.

Nell'evoluzione della perforazione « con il fuoco » i primi due sistemi elencati corrispondono ai metodi realizzati inizialmente, i quali si sono dimostrati idonei per l'ottenimento di fori brevi e di diametro limitato (generalmente minori di 50 mm). L'ultimo sistema, di adozione assai recente, è invece adatto essenzialmente per aprire fori di maggiori diametri (generalmente superiori ai 100 mm, sino a 500 ed oltre).

### 4. Perforazione delle rocce con barra autocombustibile.

Questo sistema di perforazione si basa sull'impiego di una barra (o lancia), formata da un involucro tubolare e da un nucleo centrale di ferro, complessivamente costituenti il combustibile e fra i quali è alimentato ossigeno secondo lo schema di fig. 2. Talvolta l'intercapedine tra i due elementi è parzialmente stivata di fondente (cloruro di sodio, fluorite, perossido di sodio), efficace specie se in notevole quantità percentuale.

Con un qualsiasi mezzo si porta l'estremità della barra fino al calor bianco. Successivamente si alimenta ossigeno, così innescando la combustione del metallo; e questa avviene vivacemente, senza fusione e senza fiamma esterna. La

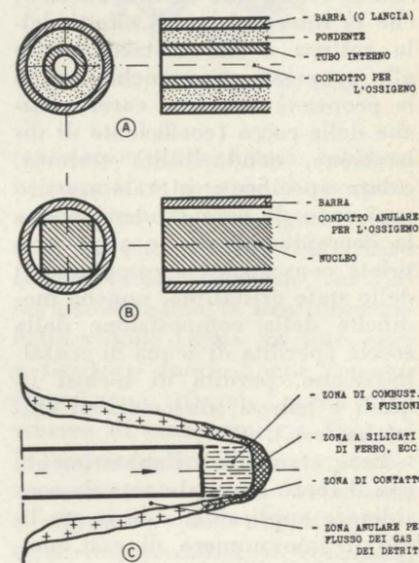


Fig. 2 - Schemi di barre autocombustibili: A) con fondente; B) senza fondente; C) fronte di combustione e perforazione.

barra, premuta contro il fondo del foro, fonde la roccia attraverso la formazione di silicati di ferro, di silicati misti — a seconda della formazione perforata — di ferro, calcio, ecc., tutti fusibili abbastanza facilmente; i detriti prodotti sono asportati dall'ossigeno in eccesso e dai prodotti della combustione. (Ved. al riguardo HUEBNER [3]).

Il calore sviluppato dalla combustione del ferro (mediamente 1600 kcal per kg di ferro e 0,270 Nm<sup>3</sup> di ossigeno, per la formazione di 1,4 kg di Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>), in parte si tramuta in lavoro di disgregazione della roccia e in parte è scambiato fra barra e roccia circostante.

Le variabili operative sono:

- 1) la pressione con la quale la barra è premuta sul fondo del foro, variabile da 30 a 60 kg (per diametro di foro di 33 mm);
- 2) il consumo di ossigeno che, se in eccesso, logora la barra e, se in difetto, diminuisce la velocità di avanzamento per le minori temperature raggiunte: usualmente si fa da 1,2 a 1,7 volte quello stechiometricamente necessario;
- 3) le dimensioni della lancia, che definiscono il rapporto in peso del ferro per unità di volume di roccia disintegrata: soddisfacenti condizioni operative sono state constatate con sezioni anulari di diametro esterno ed interno di 33 e 25 mm e con diametri del nucleo centrale di 15 mm.

Si sono ottenuti avanzamenti di 15 cm/min in quarzite con consumi di 5 Nm<sup>3</sup> di ossigeno e di 10,4 kg di ferro per metro di foro di diametro di 40 mm. È da notare per contro l'elevato costo specifico della combustione ed il difficoltoso impiego di tale metodo in sotterraneo, specie per la necessità del riscaldamento preliminare.

### 5. Perforazione a getto di fiamma (Jet piercing).

La perforazione termica a getto di fiamma impiega normalmente un endocombustore nel quale combustibile e comburente sono opportunamente condotti per vie separate. Essa costituisce il metodo di disintegrazione della roccia che utilizza congiuntamente i fenomeni di fusione (per il riscal-

damento localizzato, sino ad oltre 2000 °C, prodotto dal dardo di fiamma), di eventuale decrepitazione e rottura per dilatazioni termiche differenziali, nonché l'effetto getto dei gas incandescenti, effluenti ad elevatissima velocità dall'ugello di combustione (sino ad oltre 2000 m/sec).

I frammenti prodotti da tali azioni congiunte sul fronte di perforazione sono continuamente smossi e trasportati dal flusso dei gas in combustione, cosicché il fondo del foro esposto all'attacco termico è sempre mantenuto sgombro.

È da rilevare che nessun utensile è posto a diretto contatto con la roccia; tuttavia materiali speciali, resistenti alle forti temperature ed alle forti erosioni sono ovviamente richiesti per le camere di combustione e gli ugelli, i quali generalmente sono raffreddati con attiva circolazione d'acqua.

Appare rimarchevole per questo metodo di perforazione la possibilità di aprire fori di diametro anche assai maggiore del diametro d'ingombro del bruciatore, creando allargamenti localizzati ed anche camere o cavità, sia attraverso il temporaneo arresto dell'apparecchiatura di perforazione ad una data profondità, sia pure con l'uso eventuale di getti di fiamma inclinati sull'asse del foro.

I parametri su cui in generale si può agire per variare le caratteristiche operative di un impianto di perforazione a getto di fiamma sono:

- 1) il tipo di combustibile e di comburente e le conseguenti modalità di combustione;
- 2) la velocità di avanzamento del dardo, che regola la quantità di calore trasferita alla roccia (funzione quindi della distanza tra l'estremità del bruciatore ed il fronte del foro, normalmente tenuta — ai fini della maggior efficacia di funzionamento — compresa tra 50 e 100 mm); come conseguenza della maggior o minore localizzazione del riscaldamento, derivano diversi diametri di foro, a parità di bruciatore: tali diametri variano da un valore minimo di pochi millimetri maggiore del diametro del bruciatore (per la massima velocità di avan-

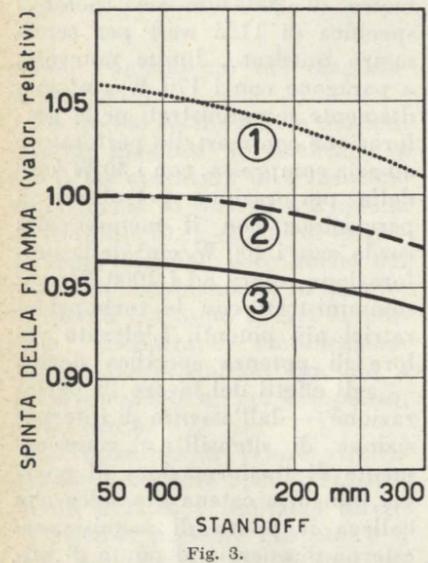
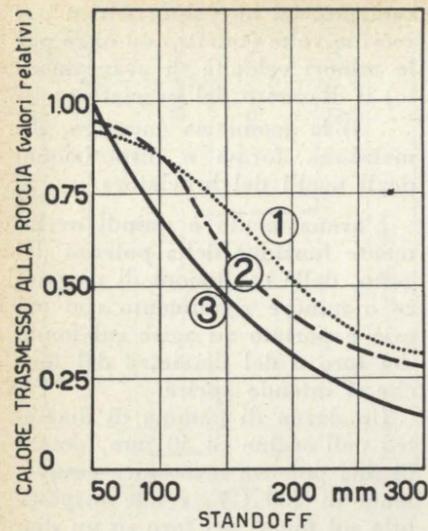
zamento) ad un valore pari a parecchie volte (quattro ed oltre per le minori velocità di avanzamento) il diametro del bruciatore;

3) la geometria (numero, dimensioni, forma e disposizione) degli ugelli del bruciatore.

L'avanzamento è quindi ovviamente funzione della potenza del getto, delle condizioni di maggiore o minore rendimento con cui esso è portato ad agire sul fondo del foro e del diametro del foro che si intende aprire.

Un dardo di fiamma di diametro dell'ordine di 50 mm, dotato di una potenza meccanica equivalente di 500 CV, rende disponibile sul fondo del foro su un diametro di 200 mm una potenza specifica di 1135 watt per centimetro quadrato, limite notevole, a paragone con i 170 W/cm<sup>2</sup> mediamente somministrati nella perforazione con martello perforatore ad aria compressa, con i 50 W/cm<sup>2</sup> della perforazione petrolifera a percussione con il metodo alla corda, con i 100 W/cm<sup>2</sup> della perforazione rotary ed i 1000 W/cm<sup>2</sup> somministrati con le turboperforatrici più potenti. L'elevato valore di potenza specifica deriva — agli effetti del lavoro di perforazione — dall'assenza di interposizione di utensili, e genericamente di trasformazioni di energia, lungo la catena dinamica che collega il punto di acquisizione esterna di energia al punto di utilizzazione della medesima, sotto la specie meccanica, agli effetti della rottura della roccia.

In fig. 3 sono riportati, sulla scorta dei dati di JOB [4], delle indicazioni diagrammatiche del calore trasferito dalla fiamma alla roccia e della spinta del getto di fiamma in funzione della distanza fra il fronte del bruciatore ed il fronte di roccia in perforazione (standoff), per diverse composizioni in peso di una miscela ossigeno-kerosene (rispettivamente secondo i rapporti 2,06, 2,57 e 3,33 per le curve 1, 2 e 3 di fig. 3), e cioè per diverse pressioni nella camera di combustione. Le esperienze citate da Job sono state condotte con getto effluente liberamente nell'atmosfera e perciò lo scambio termico vi è risultato rapidamente decrescente per distanze fra il fronte del bruciatore



ed il fronte del foro superiori a 100 mm, mentre la spinta, nell'intervallo considerato, ha subito variazioni limitate in quanto la diminuzione di velocità del getto è almeno parzialmente compensata dall'aumento della massa del fluido per l'aria che vi si aggiunge. È da osservare che l'aumento della spinta della fiamma con la ricchezza della miscela è dovuto, almeno in parte, al fatto che il rapporto combustibile-comburente è stato variato tenendo costante la portata in ossigeno.

I consumi per un endocombustore da 6 1/2" di diametro esterno sono riferiti in 283 m<sup>3</sup> di ossigeno e 182 dm<sup>3</sup> di kerosene con l'impiego di circa 3600 dm<sup>3</sup> di acqua all'ora (alimentati rispettivamente, ad esempio, a 12,6, 7 e 3,5 atmosfere). Il consumo di ossi-

geno grava per la metà il costo di perforazione: il costo della mano d'opera necessaria è dello stesso ordine che per la perforazione di tipo convenzionale. Altre voci passive sono la postazione e l'installazione dell'impianto, i tempi per la manovra del bruciatore, i diritti di costruzione e il rinnovo delle diverse parti dell'attrezzatura (V. al riguardo: ANTONIDES [5]).

#### 6. Realizzazioni costruttive e risultati applicativi nella perforazione a getto di fiamma per piccoli diametri.

La perforazione a getto di fiamma è stata inizialmente adottata per l'esecuzione di fori di diametro ridotto, dell'ordine di 25 ÷ 60 mm. Con tale applicazione essa ha dato luogo a sistematici tentativi di realizzazioni industriali, spesso utilizzando getti di fiamma intermittenti, a datare dal 1942; dal 1950 poi ha avuto un rapido sviluppo tecnologico.

Fra le realizzazioni di impianti di perforazione merita segnalare un gruppo portatile del peso di 8 kg, che sin dal 1950, fu reso disponibile dalla Società «Linde air products». Tale gruppo era in grado di realizzare fori del diametro di 30 mm, profondi da 1,50 a 2 metri, con velocità di avanzamento, a seconda della natura della roccia, da 7 a 14 m/ora (ossia dell'ordine di grandezza di quelli ottenibili coi migliori martelli perforatori da 20 kg), con un consumo di 62-85 Nm<sup>3</sup> di ossigeno, di 45 dm<sup>3</sup> di olio combustibile e di 5000 dm<sup>3</sup> di acqua per ora. Per l'alimentazione del gruppo, combustibile, acqua ed ossigeno erano separatamente trasportati con un secondo mezzo semovente.

Corrispondentemente R. HUEBNER [3] nel 1952 ha dato conto di sue sperimentazioni con apparecchiature di perforazione termica a getto di fiamma pulsante per fori da 40 a 60 mm di diametro, ottenendo nella quarzite uno sfondo di 42 cm/min, con consumi orari dell'ordine di 1,8-2,8 Nm<sup>3</sup> di ossigeno e di 0,38 ÷ 0,58 Nm<sup>3</sup> di gas combustibile. Il maggior rendimento del getto di fiamma sembra fosse dovuto alla sua azione intermittente, ottenuta interrompendo a brevi intervalli la combustione, così da avere al

fronte un efficace effetto di raffreddamento e di conseguente fessurazione della roccia. L'attrezzatura impiegata corrisponde allo schema di fig. 4.

#### 7. Realizzazioni costruttive e risultati applicativi nella perforazione a getto di fiamma per grandi diametri.

Dopo il 1955 — per merito essenzialmente di ricerche e progettazioni sia americane che russe — utilizzando esperienze missilistiche si sono gradualmente estese le possibilità applicative degli apparecchi a getto continuo, adatte essenzialmente alla creazione di fori di grande diametro: essi hanno spesso utilizzato, come attrezzatura di base, le apparecchiature di impianti di perforazione convenzionali per piccole e medie profondità, sia del tipo a rotazione che del tipo a percussione, alla corda.

Fra i combustori, merita segnalarne uno, costruito sempre dalla Linde Co., Division of Union Carbide Corp. (U. S. Patent 2794620), nel 1957, adatto per fori di diametro maggiore di 6 1/2" e che sembra abbia dato ottimi risultati.

Tale bruciatore, al quale si alimenta ossigeno purissimo e combustibile liquido, preferito a quelli gassosi per motivi di maggiore sicurezza, corrisponde allo schema di fig. 5; esso è di disegno simile a quelli di impiego nella tecnica

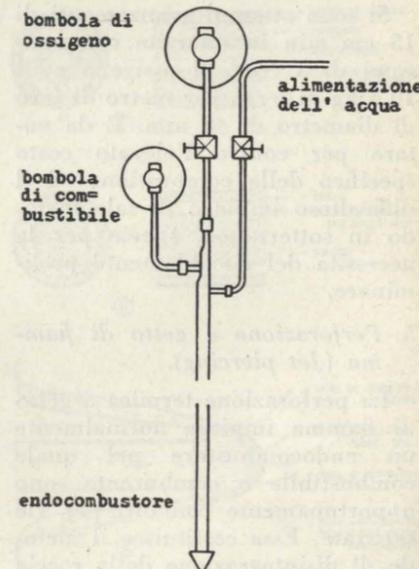


Fig. 4 - Schema dell'apparecchiatura di Huebner per la perforazione con endocombustori di fori di piccolo diametro.

missilistica; ma, a confronto, deve consentire, piuttosto che un favorevole rapporto spinta-peso, condizioni economiche di operazione e ridotti gravami di manutenzione

nei condotti e nei vani di raffreddamento, assicura la conservazione del bruciatore ed, effluendone, riduce a dimensioni minori, solidificandoli e quasi temperandoli, i

rico, che alla bocca del foro devono essere aspirati e convogliati a distanza opportuna, anche in tal modo aumentandone la capacità di trasporto.

La regolarizzazione del diametro del foro può essere ottenuta, a seconda dell'impianto convenzionale cui il bruciatore è applicato, o con rotazione continua del bruciatore a più getti di fiamma (da 10 a 50 giri al primo) oppure con moto alterno verticale del bruciatore solitamente a un solo getto di fiamma (con corse di 10 cm circa e frequenza di 50 battute al primo): il primo sistema richiede opportune costole laterali (visibili in fig. 5) per la centratura della testa di perforazione e l'alesatura del foro ed è adatto per perforare rocce e formazioni fratturate; il secondo, più adatto per rocce compatte, richiede un'attrezzatura di impegno minore.

Gli impianti di perforazione a getto di fiamma del tipo a rotazione differiscono da quelli convenzionali rotary solo per il sistema di alimentazione dei tre fluidi (V. al riguardo HOWELL [6]); quelli per la perforazione con il bruciatore in movimento alternativo (impianti a sospensione) sono invece affatto analoghi ai normali impianti mobili di perforazione a percussione.

In ogni caso tutti gli impianti si costruiscono muniti degli organi di controllo e di regolazione automatica (della pressione, dell'alimentazione dei tre fluidi usati, della velocità di avanzamento della pressione nello stesso circuito idraulico di telecomando) nonché dei dispositivi di aspirazione dei gas combusti, del vapore e dei detriti di roccia da essi trascinati. I serbatoi di ossigeno (a pressione fino a 160 kg/cm<sup>2</sup>) e di combustibile (usualmente kerosene) sono normalmente trasportati da un gruppo mobile separato.

In fig. 6 è riprodotta la fotografia di un impianto di perforazione termica, a getto del tipo a sospensione, che ha lavorato in una cava di arenaria dell'Arkansas.

Le massime profondità raggiunte sono di 60 metri col sistema a sospensione e di 15 metri col sistema a rotazione (per il quale si

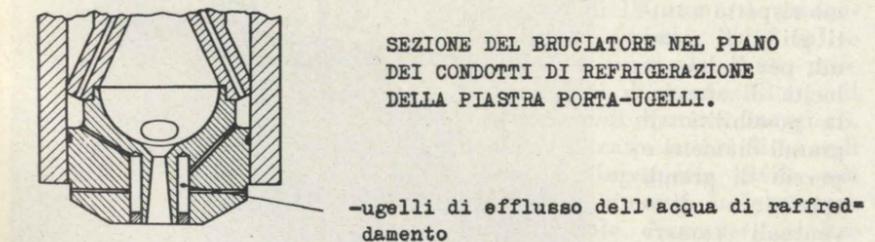
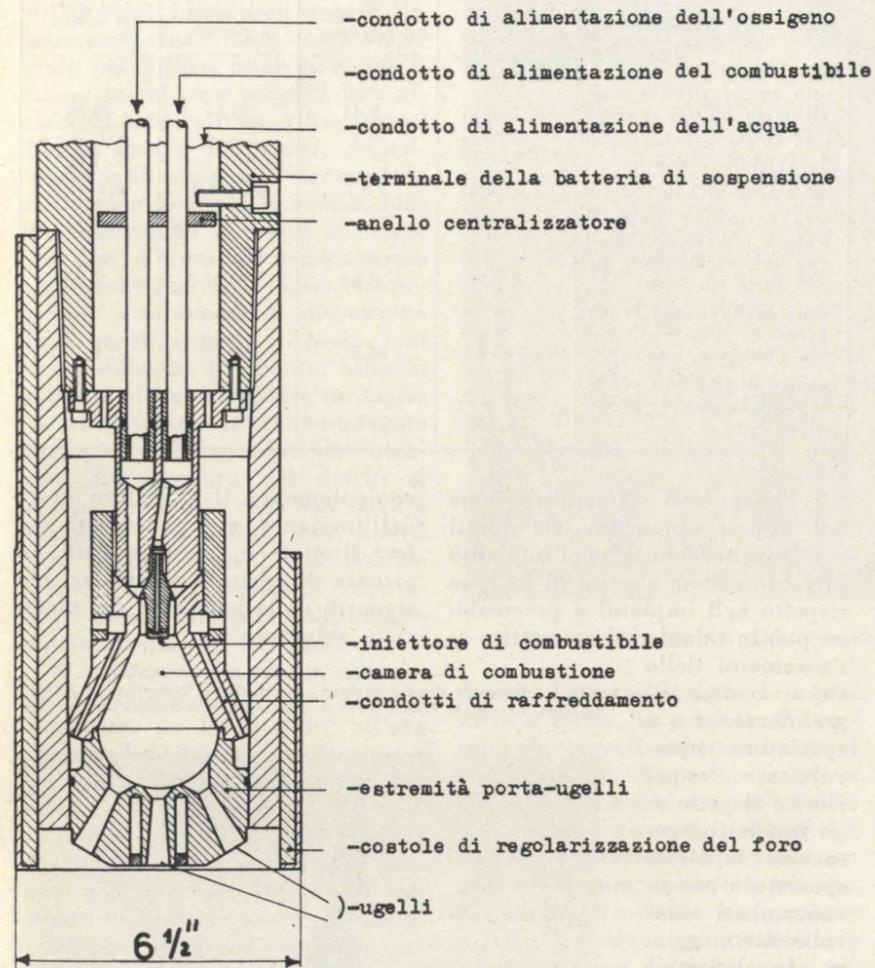


Fig. 5 - Sezione di endocombustore per la perforazione termica di fori di grande diametro (oltre 6 1/2"), con sistema a rotazione (brev. USA 2794620 della Linde Co.).

per un periodo sufficientemente lungo.

Attraverso l'involucro della camera di combustione è immessa acqua che, circolando alla velocità dell'ordine di 5 ÷ 10 m/sec

frammenti caldi o fusi della roccia, produce vapore nella zona di attacco (così aumentando il flusso di trasporto dei detriti nello spazio anulare aste-foro) e diminuisce la temperatura dei gas di sca-

incontrano maggiori limitazioni per difficoltà inerenti alla regolazione del foro ed alla alimentazione dei fluidi). È da pensare che tali limiti siano conseguenti essenzialmente a difficoltà nell'asportazione dei detriti all'aumentare della profondità.

Quanto alle velocità di perforazione, basta citare che, con il bruciatore di fig. 5, tenuto in rotazione, si ottennero in taconite avanzamenti di  $3 \div 12$  metri all'ora per fori profondi mediamente 13 metri, del diametro di  $8 \frac{1}{2}''$  e con gli ultimi 1,7 metri allargati a  $10''$ . Con impianti a sospensione utilizzando il medesimo tipo di combustore si ottennero 6 m/ora di avanzamento nella sienite nefelinica dell'Arkansas, per fori profondi 30 metri, mediamente di  $10''$  di diametro (media riferita ad un periodo di lavoro di 4 anni): analogamente, per il granito, si ottenne invece un valore medio di avanzamento di 7 m/ora.

Rallentando poi opportunamente la velocità di avanzamento del bruciatore, sempre con gli stessi tipi di combustori, sia a rotazione che a sospensione, si realizzarono fori di diametro fino a  $24''$ .

#### 8. Analisi dell'impiego della perforazione a getto di fiamma.

La perforazione termica di grandi diametri — già realizzata in diaspro ferrifero, in taconite, in sienite, in granito, in quarzite, in ematite, in scisti argillosi, in arenarie notoriamente abrasive (quale la Postdam sandstone) — ha sostanzialmente buone possibilità di applicazione soprattutto in rocce dure e ad alto contenuto di silice, le quali sono particolarmente atte a disintegrarsi per sollecitazioni termiche differenziali mentre per le loro caratteristiche di resistenza e di abrasività comportano una difficoltosa perforazione con gli usuali metodi convenzionali (V. al riguardo WALTER [7]).

Per il confronto delle possibilità applicative di differenti impianti di perforazione convenzionali, a rapporto con la perforazione termica, possono essere considerati in particolare i dati forniti da T. A. Buie, responsabile della progettazione della St. Lawrence Seaway, e riportati da Walter nella sopra citata nota [7].

I risultati, elaborati, sono riportati nella seguente tabella:

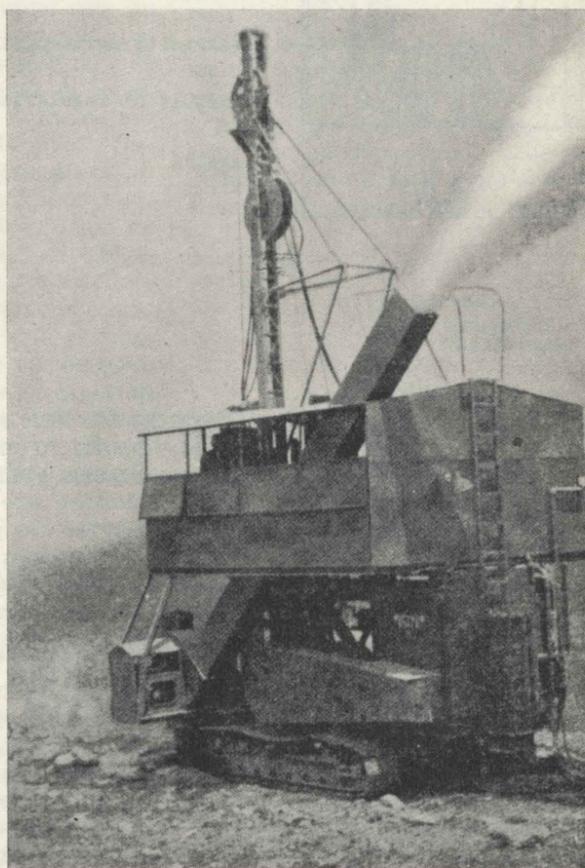
Analisi delle prestazioni di diversi metodi di perforazione della stessa roccia nella esecuzione della St. Lawrence Seaway	Perforaz. con Wagon Drill e martello pesante a percussione	Perforaz. convenzionale		Perforaz. con getto di fiamma
		con sonda a rotazione	con sonda a percuss.	
Costo orario di una macchina in dollari canadesi	19,58	9,44	45,57	76,09
Costo totale per lung. di foro: doll. canad./m	3	17	19	7,8
Spaziamento dei fori m x m	$1,8 \times 1,8$	$7 \times 7$	$4,3 \times 4,3$	$6,7 \times 6,7$
Costo netto per unità di volume di roccia: doll. can./m <sup>3</sup> , mediamente per 300 metri di foro	1,07	0,64	0,98	0,465
Tempo richiesto per la perforaz. di 1000 m <sup>3</sup> di roccia abbattuta, ore	54,5	66,5	20	6
Numero di impianti per ottenere la stessa produzione	18	20	7	$3 \div 4$

Sebbene una generalizzazione non appaia opportuna, da questi dati risulterebbe che l'impianto di perforazione a getto di fiamma rispetto agli impianti a percussione può in taluni casi consentire avanzamenti dello

stesso ordine di grandezza con spaziature notevolmente superiori e rispetto agli impianti a rotazione le stesse spaziature con avanzamenti notevolmente maggiori. In definitiva esso può comportare un costo per m<sup>3</sup> di roccia abbattuta competitivamente minimo rispetto a tutti gli altri sistemi, per l'alta velocità di sfondo, la possibilità di grandi diametri e perciò di grandi spaziature e di eventuali camere per la più razionale distribuzione della carica esplosiva, osservate solo le limitazioni di operare su grandi volumi di roccia, per ripartire con-

venientemente il maggiore costo dell'impianto, con profondità dei fori limitate e, naturalmente, in assenza di esigenze particolari nei riguardi della pezzatura del materiale abbattuto.

Fig. 6 - Impianto di perforazione a percussione, trasformato a getto di fiamma, impiegato in una cava di arenaria dell'Arkansas (da Howell).



Un'applicazione importante della perforazione termica a grande diametro è attualmente in qualche caso vigente per la coltivazione di cave di rocce ornamentali dure ed abrasive, dalle quali sia richiesto di ottenere blocchi di grandi dimensioni senza danno del materiale per lesioni interne. Si effettuano in tal caso serie di fori affiancati verticali su allineamenti lunghi fino a 100 metri, delimitando e direttamente distaccando dalla sede naturale la roccia, lungo tagli dello spessore di circa 100 mm; l'eventuale accostamento delle superfici del taglio, conseguente a fenomeni di distensione della roccia rimasta in posto, non causa difficoltà in quanto, come si è detto, si può compiere un taglio di larghezza convenientemente maggiore dell'ingombro dell'utensile. Lo sgombrò dei detriti si compie in questo caso con facilità maggiore del solito; essi infatti non devono essere fatti risalire a bocca foro, ma possono allontanarsi orizzontalmente nell'intaglio costituito dai fori adiacenti.

Si realizzano in media, operando con tale metodo e con un solo impianto, da 1,5 a 3 m<sup>2</sup> all'ora di superficie tagliata in granito; a paragone, con un impianto a filo elicoidale si ottengono  $0,3 \div 0,8$  m<sup>2</sup>/ora. Nel 1956, molte delle maggiori cave americane di granito già avevano disponibili impianti di perforazione termica e la superficie di granito tagliata nei lavori di coltivazione risultò il 25 % del totale (V. JOB [4]).

In fig. 7 è riportato, ancora da Job, l'aspetto dei gradini di una di tali cave.

#### 9. Conclusioni.

L'impiego della perforazione a getto di fiamma in sottoterraneo incontra il notevole problema di immettere gas di combustione ad alta temperatura in ambienti a difficoltoso ricambio localizzato di aria, il che difficilmente potrà essere accettato, nemmeno in vie d'aria direttamente afferenti all'efflusso della miniera; non è inoltre da trascurare l'inconveniente d'una forte rumorosità degli impianti in esercizio. Genericamente quindi l'impiego di microendocombustori per l'esecuzione di fori in sottoterraneo, nel qua-

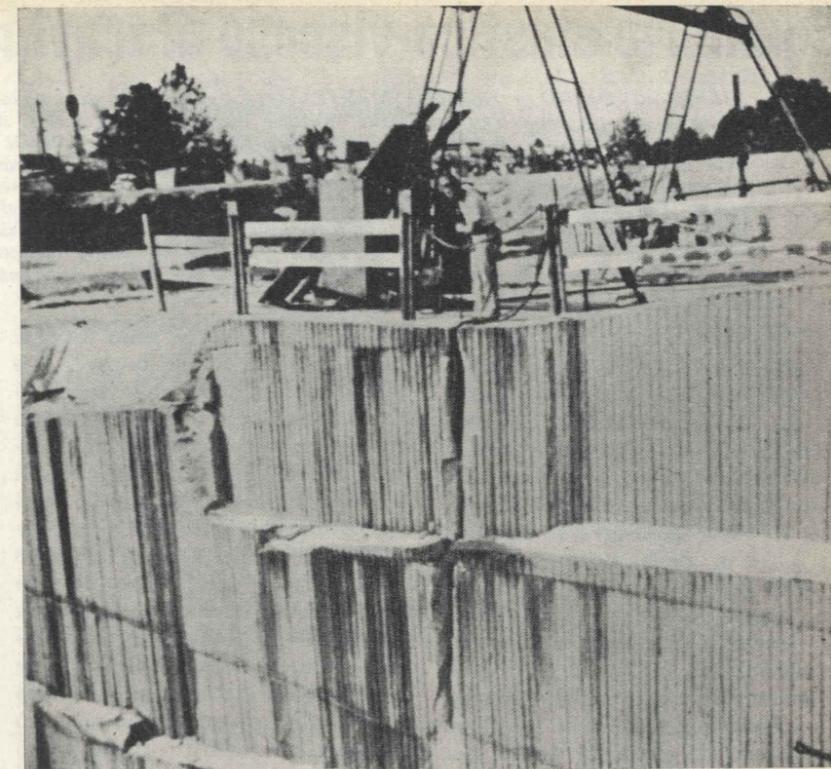


Fig. 7 - Gradini di cava tagliati con serie di fori perforati alla fiamma (da Job).

dro dei lavori di ingegneria mineraria e civile, si presenta in termini sfavorevoli rispetto ai sistemi convenzionali di perforazione; e ciò senza contare ancora che in sottoterraneo i diametri richiesti dai fori di perforazione superano raramente i 40 mm, mentre le tendenze applicative della perforazione a getto di fiamma sono indirizzate piuttosto verso diametri maggiori.

Può invece dirsi che la perforazione a getto di fiamma è in grado di essere vantaggiosamente applicata in lavori a cielo aperto, specie per fori di grandi diametri (maggiori di 150 mm), di profondità ridotta (minore di 30 m), e quando sia particolarmente utile la possibilità di ottenere lungo il foro camere di diametro maggiore, quale è il caso anche di grandi lavori di ingegneria civile nei quali non interessi la pezzatura del materiale. Non deve inoltre trascurarsi la possibilità di creazione — per mezzo di getti di fiamma orientati opportunamente — anche di camere e di intagli obliqui o normali rispetto all'asse di fori già tracciati.

Un caso particolare di notevole interesse applicativo è infine rappresentato dalla perforazione a

fiamma di fori affiancati di medio diametro, per il taglio di blocchi nelle cave di rocce ornamentali di grande durezza ed abrasività.

Tutte tali prospettive motivano quindi l'attenzione da qualche tempo rivolta a questo tipo di perforazione e giustificano anche ricerche sistematiche, di laboratorio ed industriali, sui parametri che in esso intervengono.

Giovanni Baldini

Torino, Istituto di Arte Mineraria del Politecnico, febbraio 1961.

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] GERBELLA, L., *Arte Mineraria*, volume I, 1<sup>a</sup> ed., Hoepli, Milano (1937), 264; vol. I, 4<sup>a</sup> ed. (1956), 245.
- [2] PERRY, J. H., *Chemical Eng. Handbook*, McGraw-Hill, N.Y., (1950), 219.
- [3] HUEBNER, R., *Recherches sur la perforation thermique des roches*, « Ann. Mines Belgique », (maggio, 1952), 350.
- [4] JOB, F. R., *Application of the rocket jet to mining and quarrying*, « Jet Propulsion » (aprile 1958), 392.
- [5] ANTONIDES, L. E., *Jet piercing - the Miner's rocket*, « Engineering and Mining Journal » (luglio 1958), 103.
- [6] HOWELL, T. M., *Jet piercing with converted churn drills*, « Mining Engineering » (giugno 1957), 654.
- [7] WALTER, L., *Jet piercing for hard formations*, « Mine and Quarry Engineering » (ottobre 1960), 440.

# Equilibrio elastico-viscoso di travi miste iperstatiche

PIERO ANTONINO e RENATO MARTELLOTTA espongono un metodo per il calcolo degli effetti della viscosità (fluage) del calcestruzzo nelle strutture iperstatiche eterogenee, sugli stati di tensione indotti da sollecitazioni esterne a carattere permanente e da stati di coazione naturali ed artificiali. Il metodo di calcolo illustrato, prende l'avvio da quello proposto da Franco Levi per le travi miste isostatiche. Le equazioni differenziali sono quindi adattate per consentire la presa in conto di reazioni iperstatiche variabili nel tempo. Data la notevole complessità della risoluzione analitica rigorosa del problema, vengono proposte alcune semplificazioni in vista delle applicazioni pratiche. Tali semplificazioni consistono da un lato nella utilizzazione di una analogia con il comportamento di un solido omogeneo, dall'altra nella risoluzione mediante differenze finite del sistema differenziale.

## Premessa

Lo studio esposto dagli ingegneri Antonino e Martellotta (l'articolo sarà completato con una seconda memoria prevalentemente applicativa) costituisce l'utilizzazione e lo sviluppo di ricerche in atto da molti anni presso l'Istituto di Scienza delle Costruzioni di Torino per la messa a punto di una teoria sistematica del fluage (o viscosità) del conglomerato cementizio.

Benchè il fenomeno del « fluage » sia ormai ben noto nelle sue linee essenziali, la presa in conto dei suoi effetti nelle pratiche applicazioni è ancora spesso fondata su criteri di larga approssimazione, ispirati per lo più ad una interpretazione pseudo-intuitiva del fenomeno fisico. In particolare è ancora molto diffusa la convinzione che l'intervento del fluage possa sempre ricondursi ad una diminuzione del modulo elastico del calcestruzzo; donde la cosiddetta teoria del « modulo di deformazione » o « effective modulus » che deve buona parte della sua diffusione alla sua estrema semplicità: si tratta infatti di giostrare con il valore del modulo (e quindi anche del rapporto  $m$  fra modulo dell'acciaio e modulo del calcestruzzo) e tutto si riconduce ad un calcolo elastico classico.

Ora è evidente che in una struttura nella quale una fibra generica sia soggetta ad un regime statico sostanzialmente mutevole nel tempo, non ha più significato usare un « modulo di deformazione » che venga definito in base ad esperienze condotte su provini soggetti a carichi costanti.

Donde l'idea di riprendere lo studio dei problemi statici reali, nei quali l'evoluzione del regime locale di sforzo può assumere un andamento qualsiasi, sulla base di una teoria coerente del « fluage ».

I calcoli svolti dagli ingg. An-

tonino e Martellotta sono fondati sull'ipotesi del fluage lineare, con valori identici del fluage specifico a compressione e a trazione. Sono queste approssimazioni ormai classiche sull'attendibilità delle quali la maggior parte degli Autori sono d'accordo. Più discutibile invece l'ipotesi, implicita nell'adozione della teoria del fluage lineare semplificata, in base alla quale, nell'equazione reologica del conglomerato, si trascura il termine di elasticità ritardata. È noto infatti che questo termine può esplicare un ruolo di primo piano nei problemi caratterizzati da forti variazioni locali delle sollecitazioni in funzione del tempo. Da questo punto di vista, lo studio qui presentato costituisce dunque soltanto un primo passo sulla via del rigore d'impostazione. Primo passo però pienamente giustificato, non solo dal sostanziale progresso che esso rappresenta rispetto ai metodi semplicistici attualmente in uso, ma anche dalla pesantezza degli sviluppi analitici necessari per la presa in conto del termine di elasticità ritardata.

Senza voler anticipare i risultati dell'indagine appresso riportata, ci sia consentito di far rilevare che il confronto finale fra le tensioni nel calcestruzzo calcolato con la teoria del fluage differiscono fortemente da quelli ottenuti per via approssimata (si hanno variazioni del 100% e talvolta dei cambiamenti di segno delle tensioni ai lembi della soletta). Se a ciò si aggiunge che in un problema complesso come quello qui esaminato l'applicazione del metodo della « variazione del modulo » conduce talvolta ad eseguire operazioni tanto convenzionali da apparire persino assurde, si ha una giustificazione delle nostre precedenti affermazioni.

Si potrà invece giustamente obiettare che il metodo « rigoroso »

richiede calcoli lunghi e faticosi che possono spesso apparire sproporzionati all'importanza dell'opera da costruire. A tale rilievo si può rispondere che studi come quello che viene qui presentato hanno come primo scopo di mettere in luce limiti e difetti dei metodi approssimati troppo grossolani. Ulteriori studi dovranno quindi proporsi di mettere a punto opportune semplificazioni che consentano d'introdurre i nuovi metodi della pratica dell'ufficio di progettazione. In tal senso noi crediamo che lo studio degli ingegneri Antonino e Martellotta contenga qualche utile suggerimento là dove indica artifici di vario genere, fondati per lo più su ragionamenti per analogia o sull'impiego di calcoli per differenze finite.

F. LEVI

## 1 Procedimento di calcolo

### 1.1) Metodo di base.

Il calcolo degli effetti della viscosità del calcestruzzo è stato condotto in applicazione dei procedimenti indicati dal prof. Levi nell'articolo « Travi inflesse eterogenee in regime viscoso » (Giornale del Genio Civile - ottobre 1948), di cui si richiamano di seguito i punti fondamentali.

È stato tuttavia necessario completare il metodo di calcolo per tener conto dell'iperstaticità del sistema esaminato. Tale iperstaticità implica una continua variazione nel tempo dei momenti flettenti provocati dalle deformazioni lente del calcestruzzo, variazioni che le formule contenute nel lavoro sopracitato non consentivano di mettere in conto.

Lo studio del prof. Levi esamina gli effetti del fluage nei solidi eterogenei isostatici. Le ipotesi su cui si fonda si possono così enunciare:

— assimilazione della struttura

ad un solido prismatico di de Saint Venant; — aderenza perfetta tra le fibre; — sezione interamente reagente (ipotesi giustificata dalla considerazione che, essendo la struttura iperstatica internamente, è logico procedere come nel calcolo delle incognite iperstatiche); — validità della legge di Hooke; — validità dell'ipotesi della conservazione delle sezioni piane.

Le notazioni adottate sono:

— modulo elastico delle fibre visco-elastiche:  $E$ ; — modulo elastico delle fibre elastiche:  $E'$ ; — rapporto dei moduli:  $m = \frac{E'}{E}$ ;

— area della porzione visco-elastica della sezione trasversale:  $\bar{A}$ ; — area della porzione elastica della sezione trasversale:  $A'$ ; — area della sezione ideale ridotta al modulo  $E$ :  $A = \bar{A} + mA'$ ; — ordinata di un punto della sezione trasversale rispetto ad un asse  $x$ , passante per il baricentro  $G$  della sezione ideale:  $y$ .

— momento di inerzia della sezione ideale rispetto a  $x$ :

$$I = \int_{\bar{A}} y^2 dA + m \int_{A'} y^2 dA$$

— momento statico dell'area  $\bar{A}$  rispetto a  $x$ :

$$\bar{S} = \int_{\bar{A}} y dA$$

— momento d'inerzia dell'area  $\bar{A}$  rispetto a  $x$ :

$$\bar{I} = \int_{\bar{A}} y^2 dA ; \quad \varrho = \frac{mA'}{A} = \frac{A - \bar{A}}{A} ; \quad \chi = \frac{I - \bar{I}}{I}$$

— per definizione si avrà:

$$\int_{\bar{A}} y dA + \int_{A'} y dA = 0$$

Il metodo di calcolo è stato sviluppato dal prof. Levi ammettendo che la sezione  $\bar{A}$  dia luogo ad un ritiro, caratterizzato, in funzione del tempo, dalla legge:

$$\bar{\varepsilon}_R = \alpha (1 - e^{-\theta t}) \quad [1]$$

e ad un fluage specifico, la cui entità in funzione del tempo, sia data da una legge che, per semplicità, si suppone simile alla precedente, cioè caratterizzata dallo stesso valore dell'esponente:

$$\bar{\varepsilon}_o = \gamma (1 - e^{-\theta t}) \quad [2]$$

Si suppone inoltre che la sezione trasversale considerata sia soggetta, dall'istante in cui intervengono ritiro e fluage, a un momento flettente  $M$ , costante nel tempo (\*).

(\*) In modo analogo si potrebbe tener conto di uno sforzo normale.

L'ipotesi di Navier si può esprimere nel modo seguente:

$$\varepsilon + \bar{\varepsilon} = \lambda + \mu y \quad [3]$$

ove  $\varepsilon$  è la deformazione elastica,  $\bar{\varepsilon}$  è la deformazione impressa,  $\lambda$  e  $\mu$  sono costanti,  $y$  è l'ordinata.

Si impongono le condizioni di equilibrio tra tensioni interne e sollecitazioni esterne:

$$\int_{\bar{A}} \sigma dA = 0 \quad \int_{\bar{A}} \sigma y dA = M \quad [4]$$

e da queste espressioni si ricavano  $\lambda$  e  $\mu$ .

Infatti in ogni punto della sezione si ha:

$$\sigma = E_i \varepsilon = E_i (\lambda + \mu y - \bar{\varepsilon}) \quad [5]$$

ove  $E_i$  è il valore del modulo elastico nel punto considerato.

Sostituendo nelle equazioni di equilibrio l'espressione di  $\sigma$ , distinguendo l'effetto dei carichi da quello ( $\bar{\lambda}$ ;  $\bar{\mu}$ ) delle deformazioni impresse e risolvendo rispetto a  $\bar{\lambda}$  e  $\bar{\mu}$ , con le condizioni iniziali:  $\bar{\lambda} = \bar{\mu} = 0$  per  $t = 0$ , si ottengono per  $\bar{\lambda}$  e  $\bar{\mu}$  le seguenti espressioni:

$$\begin{aligned} \bar{\lambda} &= l [1 - e^{-\alpha_1 (1 - e^{-\theta t})}] + \\ &+ m [1 - e^{-\alpha_2 (1 - e^{-\theta t})}] \\ \bar{\mu} &= -\frac{\alpha_1 + a}{b} l [1 - e^{-\alpha_1 (1 - e^{-\theta t})}] - \\ &- \frac{\alpha_2 + a}{b} m [1 - e^{-\alpha_2 (1 - e^{-\theta t})}] \end{aligned} \quad [6]$$

e per  $t = +\infty$  si ha:

$$\begin{aligned} \bar{\lambda}_\infty &= l (1 - e^{-\alpha_1}) + m (1 - e^{-\alpha_2}) \\ \bar{\mu}_\infty &= -\frac{\alpha_1 + a}{b} l (1 - e^{-\alpha_1}) - \\ &- \frac{\alpha_2 + a}{b} m (1 - e^{-\alpha_2}) \end{aligned} \quad [7]$$

ove  $\alpha_1$  ed  $\alpha_2$  sono le radici dell'equazione caratteristica del sistema omogeneo associato ed  $l$  e  $m$  sono date da:

$$l = -\frac{sb + r(\alpha_2 + a)}{\alpha_1(\alpha_1 - \alpha_2)} ; \quad m = -\frac{sb + r(\alpha_1 + a)}{\alpha_2(\alpha_2 - \alpha_1)}$$

$$r = \alpha \frac{\bar{A}}{A} + \gamma \frac{M\bar{S}}{AI} ;$$

$$s = \alpha \frac{\bar{I}}{I} + \gamma \frac{M\bar{I}}{I^2} ;$$

$$a = -E\gamma\varrho ; \quad c = -E\gamma\chi ; \\ b = \frac{E\gamma\bar{S}}{A} ; \quad d = \frac{E\gamma\bar{I}}{I}$$

### 1.2) Estensione del procedimento al caso di sollecitazioni iperstatiche.

Come si è accennato, il procedimento qui esposto per il calcolo di  $\bar{\lambda}$  e  $\bar{\mu}$ , e quindi delle  $\sigma$  in ogni

punto della sezione generica, non è applicabile direttamente nel caso di una struttura iperstatica. Infatti il procedimento d'integrazione che ci fornisce la [6] presuppone la costanza di  $r$  ed  $s$ . Nel caso in oggetto, invece, tale ipotesi non è verificata, in quanto sia  $r$  che  $s$  contengono un momento flettente  $\bar{M}$  che è variabile nel tempo, in dipendenza delle variazioni dei parametri della deformazione impressa  $\bar{\lambda}$  e  $\bar{\mu}$ . In altre parole,  $\bar{M}$  rappresenta una terza funzione incognita del tempo.

Tenendo conto di ciò e procedendo in modo analogo a quello indicato prima, si perviene alle espressioni seguenti:

$$\begin{aligned} \bar{\lambda} &= a\theta \int_0^t \bar{\lambda} e^{-\theta t} dt + \\ &+ b\theta \int_0^t \bar{\mu} e^{-\theta t} dt + \\ &+ r_1 \theta \int_0^t \bar{M} e^{-\theta t} dt + \\ &+ r_2 (1 - e^{-\theta t}) \\ \bar{\mu} &= c\theta \int_0^t \bar{\mu} e^{-\theta t} dt + \\ &+ d\theta \int_0^t \bar{\lambda} e^{-\theta t} dt + \\ &+ s_1 \theta \int_0^t \bar{M} e^{-\theta t} dt + \\ &+ s_2 (1 - e^{-\theta t}) \end{aligned} \quad [8]$$

che, con una derivazione rispetto a  $t$  e ponendo:

$$x = e^{-\theta t}$$

danno luogo al sistema:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\bar{\lambda}}{dx} + a\bar{\lambda} + b\bar{\mu} + r_1\bar{M} &= -r_2 \\ \frac{d\bar{\mu}}{dx} + c\bar{\mu} + d\bar{\lambda} + s_1\bar{M} &= -s_2 \end{aligned} \right\} \quad [9]$$

In tali espressioni si è posto:

$$r_1 = \gamma \frac{\bar{S}}{AI} ; \quad r_2 = \alpha \frac{\bar{A}}{A} ;$$

$$s_1 = \gamma \frac{\bar{I}}{I^2} ; \quad s_2 = \alpha \frac{\bar{I}}{I}$$

Il sistema di due equazioni in tre incognite è indeterminato. Il momento flettente  $\bar{M}$  può però essere espresso in funzione delle rotazioni  $\bar{\mu}$ . È infatti possibile stabilire un legame fra il valore del momento iperstatico  $\bar{M}_m$  in un punto dell'asse e la distribuzione delle  $\bar{\mu}$  lungo l'asse.

Per stabilire la relazione tra  $\bar{M}_m$  e  $\bar{\mu}$ , si può applicare il teorema di reciprocità di Volterra. Se infatti si introduce una distorsione positiva unitaria in un punto generico della travatura e si indica

con  $M_\varphi$  il momento che ne nasce nel punto generico, si ha:

$$\bar{M}_m = \int_0^l M_\varphi \bar{\mu} dz \quad [10]$$

ove  $z$  è l'ascissa della generica sezione della trave, misurata lungo il suo asse, ed  $l$  indica la lunghezza della intera trave (fig. 1).

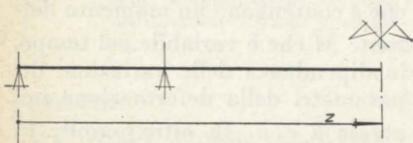


Fig. 1

Sostituendo quindi la [10] nel sistema [9] si ottiene, per la sezione considerata:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\delta \bar{\lambda}}{\delta x} + a \bar{\lambda} + b \bar{\mu} + r_1 \int_0^l M_\varphi \bar{\mu} dz &= -r_2 \\ \frac{\delta \bar{\mu}}{\delta x} + c \bar{\mu} + d \bar{\lambda} + s_1 \int_0^l M_\varphi \bar{\mu} dz &= -s_2 \end{aligned} \right\} [11]$$

Il sistema è ora a derivate parziali, in quanto  $\bar{\mu}$  (e  $\bar{\lambda}$ ) non è più funzione del solo tempo. Nell'equazione intervengono infatti l'insieme dei valori di  $\bar{\lambda}$  e  $\bar{\mu}$  lungo l'asse della travata, che variano in funzione di  $z$ , sia per la variazione delle caratteristiche geometriche della sezione, sia per il variare delle condizioni di sollecitazione.

### 1.3) Semplificazione del procedimento.

La risoluzione del sistema [11] conduce ovviamente a notevoli complicazioni analitiche, soprattutto in presenza di una travata la cui sezione subisca numerosi cambiamenti lungo l'asse. Si è pertanto istituito uno studio semplificato fondato sui seguenti concetti. In primo luogo si è studiato in modo rigoroso il caso di una trave a sezione costante, nel quale è possibile svolgere lo studio analitico senza complicazioni eccessive.

Successivamente, il caso del solido di sezione variabile è stato studiato con un metodo semplificato del quale, in un lavoro di prossima pubblicazione, gli A.A. si riservano di valutare l'attendibilità, applicando tale procedimento al solido di sezione costante e confrontando il risultato con quello dato dal metodo rigoroso.

### 1.3.1) Travata a quattro appoggi a sezione costante.

Come base di partenza si assume il sistema [9] scritto per il caso più generale, nel quale si suppone che le caratteristiche della sezione della trave siano funzioni qualsiasi della coordinata longitudinale  $z$ .

L'ipotesi della sezione costante permette di esprimere in termini finiti e con espressioni analitiche semplici il legame funzionale tra il momento iperstatico  $\bar{M}$  e il parametro della rotazione impressa  $\bar{\mu}$ .

Si applica a tale scopo il teorema di reciprocità di Volterra alla struttura, introducendo una rotazione relativa unitaria nella sezione di simmetria.

Si calcola quindi  $\bar{M}_m$  dalla [10], e, poichè l'andamento del momento iperstatico lungo l'asse è ovviamente quello di fig. 2, la

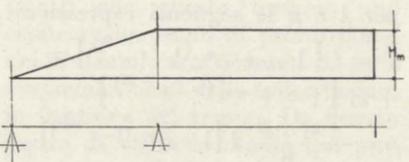


Fig. 2

conoscenza di  $\bar{M}_m$  implica quella dell'intero diagramma. Per il calcolo di  $\bar{M}_m$  si tenga presente che la funzione  $\bar{\mu}(z)$  ha le caratteristiche seguenti, che si rilevano dall'esame dei parametri che compaiono nel sistema [9]:

a) nella campata centrale, per la costanza della sezione e del momento iperstatico  $\bar{M}(z)$ , si ha:  $\bar{\mu}(z) = \text{cost.}$

b) nelle campate laterali, poichè il momento  $\bar{M}(z)$  varia linearmente, anche  $\bar{\mu}(z)$  è una funzione lineare di  $z$ .

Con le seguenti notazioni (fig. 3):  $l_1$  = lunghezza della campata laterale;  $l_2$  = lunghezza della semi-

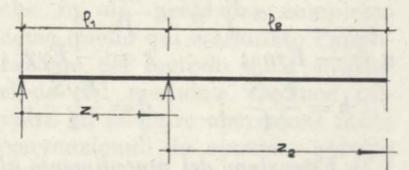


Fig. 3

campata centrale;  $z_1$  = coordinata corrente nella campata laterale;  $z_2$  = coordinata corrente nella

campata centrale;  $\bar{\mu}'$  = valore di  $\bar{\mu}$  in un punto generico della campata laterale;  $\bar{\mu}_A$  = valore di  $\bar{\mu}$  prodotto dal ritiro nella stessa struttura resa isostatica (pari al valore di  $\bar{\mu}'$  sull'appoggio A, essendo identicamente nullo  $\bar{M}$  in tale sezione), si ha quindi:

$$\bar{\mu}' = \bar{\mu}_A + \frac{\bar{\mu} - \bar{\mu}_A}{l_1} z_1 = \frac{1}{l_1} \bar{\mu} z_1 + \bar{\mu}_A \left(1 + \frac{z_1}{l_1}\right) \quad [12]$$

Dalla [12] si ha:

$$\bar{M} = 2 \left[ \int_0^{l_1} M_\varphi \bar{\mu}' \frac{z_1}{l_1} dz_1 + \int_0^{l_2} M_\varphi \bar{\mu} dz_2 \right] = 2M_\varphi \left( \frac{l_1}{3} + l_2 \right) + \frac{1}{3} M_\varphi \bar{\mu}_A l_1.$$

Il momento  $M_\varphi$  si ricava in applicazione del corollario del teorema di Mohr ed ha l'espressione:

$$M_\varphi = -\frac{1}{2} EI \frac{1}{\frac{l_1}{3} + l_2} \quad [13]$$

Ne deriva per  $\bar{M}_m$ :

$$\bar{M}_m = -EI \bar{\mu} - \frac{EI l_1}{2(l_1 + 3l_2)} \bar{\mu}_A \quad [14]$$

Sostituendo la [14] nel sistema [9], questo assume la forma:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\bar{\lambda}}{dx} + a \bar{\lambda} + (b - EI r_1) \bar{\mu} &= -r_2 - \frac{1}{2} \frac{EI l_1}{l_1 + 3l_2} \bar{\mu}_A r_1 \\ \frac{d\bar{\mu}}{dx} + d \bar{\lambda} + (c - EI s_1) \bar{\mu} &= -s_2 - \frac{1}{2} \frac{EI l_1}{l_1 + 3l_2} \bar{\mu}_A s_1 \end{aligned} \right\} [15]$$

Ponendo ora:

$$\begin{aligned} b' &= b - EI r_1; \quad c' = c - EI s_1; \\ r'_2 &= r_2 - \frac{1}{2} \frac{EI l_1}{l_1 + 3l_2} \bar{\mu}_A r_1; \\ s'_2 &= s_2 - \frac{1}{2} \frac{EI l_1}{l_1 + 3l_2} \bar{\mu}_A s_1 \end{aligned}$$

il sistema [15] diventa:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\bar{\lambda}}{dx} + a \bar{\lambda} + b' \bar{\mu} &= -r'_2 \\ \frac{d\bar{\mu}}{dx} + d \bar{\lambda} + c' \bar{\mu} &= -s'_2 \end{aligned} \right\} [16]$$

sistema identico a quello da cui risultano le [6], salvo le differenti espressioni e valori dei coefficienti.

Dalla risoluzione del sistema

[16] si ottengono pertanto ancora le [6] e le [7], nelle quali tuttavia si debbono introdurre i nuovi coefficienti.

### 1.3.2) Travata a sezione variabile.

Come già detto in precedenza, per aggirare le difficoltà analitiche introdurremo un'ipotesi semplificativa, suggerita dal comportamento del solido omogeneo.

Per illustrare il procedimento è necessario premettere alcune considerazioni.

Prendiamo in esame l'effetto del ritiro nel solido supposto isostatico. Esso si esplica attraverso deformazioni caratterizzate dai coefficienti  $\bar{\lambda}_A$  e  $\bar{\mu}_A$  che tengono conto dell'eterogeneità del solido. Se al ritiro si somma l'effetto di un momento costante, ne derivano ulteriori deformazioni  $\bar{\lambda}_M$  e  $\bar{\mu}_M$  nel calcolo delle quali si terrebbe conto altresì dell'eterogeneità.

Nel nostro caso tuttavia, il momento è variabile. Esso nasce in quanto  $\bar{\mu}_A$  produce, nella struttura isostatica, un innalzamento degli estremi. Tale innalzamento, come  $\bar{\lambda}_A$  e  $\bar{\mu}_A$  ha legge di variazione esponenziale. Nella struttura iperstatica, l'innalzamento è impedito da una reazione d'appoggio, che produce un momento  $\bar{M}_R$  nella struttura il quale varia, esso pure, con legge del medesimo tipo (o almeno lo si ammette trascurando l'effetto secondario dell'eterogeneità). Con quest'ultima ipotesi, la reazione agisce su un solido visco-elastico, nel quale  $\bar{\lambda}_{\bar{M}_R}$  e  $\bar{\mu}_{\bar{M}_R}$  sono funzioni esponenziali di  $\bar{M}_R$  (momento prodotto dalla reazione).

Per valutare  $\bar{\lambda}_{\bar{M}_R}$  e  $\bar{\mu}_{\bar{M}_R}$ , prodotti da  $\bar{M}_R$ , assumiamo un'analogia, ove un'azione che varia con legge esponenziale agisce su un solido che reagisce con legge analoga. L'esempio ci è fornito dal comportamento di un solido viscoso omogeneo.

Nel solido omogeneo si ha infatti:

a) In presenza di una sollecitazione costante.

Si consideri una trave appoggiata, soggetta alle estremità a due coppie uguali. La rotazione impressa data dalla viscosità in una sezione generica è:

$$\bar{\mu}_1 = \frac{1}{I} \int_A \dot{\epsilon} y dA \quad [17]$$

$$\text{ove } \epsilon = \sigma \int_0^t \gamma \theta e^{-\theta t} dt \quad [18]$$

$$\text{e } \sigma = \frac{M_0 y}{I} = \text{costante rispetto a } t \quad [19]$$

Sostituendo la [18] e [19] nella [17] e integrando si ricava:

$$\bar{\mu}_1 = \frac{M_0}{I} \gamma (1 - e^{-\theta t})$$

e per  $t = +\infty$

$$\bar{\mu}_1 = \frac{M_0}{I} \gamma$$

b) In presenza di una sollecitazione funzione esponenziale del tempo.

Si assume ora per le coppie applicate alla trave la legge:

$$M = M_0 (1 - e^{-\theta t})$$

In tal caso si ha:

$$\dot{\epsilon} = \frac{M_0}{I} \gamma \gamma \int_0^t (1 - e^{-\theta t}) \theta e^{-\theta t} dt \quad [20]$$

e sostituendo la [20] nella [17]

$$\bar{\mu}_2 = \frac{M_0}{I} \gamma \int_0^t (1 - e^{-\theta t}) \theta e^{-\theta t} dt$$

L'integrazione fornisce:

$$\bar{\mu}_2 = \frac{M_0}{2I} \gamma (1 - e^{-\theta t})^2 \quad [21]$$

e per  $t = +\infty$ :

$$\bar{\mu}_2 = \frac{1}{2} \frac{M_0}{I} \gamma = 1/2 \bar{\mu}_1$$

Da quanto sopra risulta che la rotazione impressa  $\bar{\mu}$  è dimezzata, quando la sollecitazione che lo origina, raggiunge il valore totale con legge esponenziale.

Per analogia, noi supporremo che il momento iperstatico  $\bar{M}_R$  (o la reazione equivalente) produca nella struttura eterogenea iperstatica delle rotazioni impresse di valore metà di quelle che si avrebbero qualora il momento stesso agisse con valore costante pari al suo valore finale.

In effetti il momento  $\bar{M}$  che interviene nel nostro problema, è incognito. Tuttavia, se si rimane nell'ambito della teoria del fluage lineare, si può calcolare l'effetto di un momento unitario e quindi moltiplicarlo per il valore incognito di  $\bar{M}$ , ottenendo così l'equazione risolutiva in  $\bar{M}$  (\*).

(\*) Come già accennato, gli autori si riservano di fornire un controllo della semplificazioni introdotte, mediante risultati numerici, oggetto di un lavoro in corso di pubblicazione.

## 2 Applicazione ad un cavalcavia a struttura mista.

Nel presente capitolo, si applicano le considerazioni svolte in quello precedente, ad un cavalcavia autostradale a struttura mista, ossia con un impalcato formato da due o più travi, del tipo illustrato nelle figg. 4 e 5.

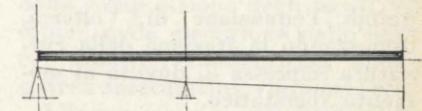


Fig. 4

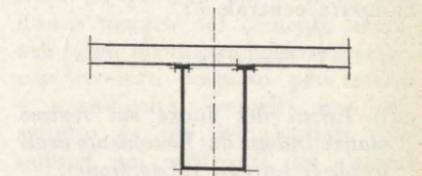


Fig. 5

Di seguito si sviluppa l'esame degli effetti del fluage sullo stato di coazione indotto nella travata eterogenea iperstatica da: ritiro, carichi permanenti, trattando il momento iperstatico con il procedimento sopra formulato.

### 2.1) Influenza del fluage sul regime statico indotto dal ritiro.

Utilizzando l'ipotesi discussa nel paragrafo precedente, calcoleremo  $\bar{\lambda}$  e  $\bar{\mu}$  per mezzo delle [7], nelle quali distingueremo i termini  $\bar{\lambda}_{\bar{M}_R}$  e  $\bar{\mu}_{\bar{M}_R}$ , proporzionali al momento incognito  $\bar{M}_R$ , supposto costante, ed i termini isostatici dati dal ritiro  $\bar{\lambda}_R$  e  $\bar{\mu}_R$ .

Successivamente, introdotta in mezzera una distorsione di valore unitario, che induce nel punto generico un momento  $M_\varphi$ , scriveremo l'equazione di Volterra, che fornisce il valore del momento nella campata centrale nella forma:

$$\bar{M}_R = \int_0^l M_\varphi \bar{\mu} dz$$

dove, in conformità con l'approssimazione adottata, porremo:

$$\bar{\mu} = \bar{\mu}_R + \frac{1}{2} \bar{\mu}_{\bar{M}_R}$$

dove un'equazione in  $\bar{M}_R$ .

Nota  $\bar{M}_R$ , calcoleremo i valori dei parametri della deformazione viscosa che tengono conto degli effetti isostatico ed iperstatico del ritiro e del fluage.

## 2.2) Effetti del fluage sul regime statico indotto dai carichi fissi.

Sulla struttura agisce un diagramma di momento elastico  $M_E$  costante nel tempo, a cui si somma un momento iperstatico che cresce da zero al valore finale  $M_\infty$ . Ci troviamo quindi in una condizione analoga a quella data dal ritiro. Anche in questo caso utilizzeremo quindi l'equazione di Volterra, dimezzando la frazione della curvatura impressa  $\bar{\mu}$ , dovuta al momento iperstatico.

Scriviamo pertanto che il momento iperstatico in mezzera della campata centrale è:

$$\bar{M}_c = \int_0^l M_\varphi \left( \bar{\mu}_{M_E} + \frac{1}{2} \bar{\mu}_{M_\infty} \right) dz$$

## 2.3) Effetti del fluage sul regime statico indotto dal forzamento degli appoggi estremi (distorsione).

L'innalzamento degli appoggi estremi, dà luogo ad un momento flettente positivo (che genera compressione nella soletta), di valore costante nella campata centrale e variabile linearmente in quelle laterali. Tale momento non si mantiene costante nel tempo, ma decresce per effetto del fluage del calcestruzzo.

Anche nell'attuale calcolo, possiamo ragionare come nei due precedenti casi. Tuttavia l'approssimazione adottata nei precedenti paragrafi 2.1 e 2.2 non è più utilizzabile qui per i seguenti motivi:

a) mentre nei casi precedenti, l'ipotesi sul valore del coefficiente da applicarsi alla parte iperstatica della  $\bar{\mu}$  operava su un termine correttivo, qui la rotazione impressa  $\bar{\mu}$  comporta un unico termine, nella valutazione del quale un errore potrebbe avere maggiori conseguenze percentuali.

b) nel caso attuale, il momento esterno parte dal valore massimo e va decrescendo; occorre quindi rivedere il concetto del metodo approssimato.

Per tali motivi, si è preferito far ricorso ad un calcolo per differenze finite, dividendo la storia della struttura in cinque parti, corrispondenti ciascuna alla comparsa della quinta parte del fluage finale.

In ogni intervallo si è ammesso che agisse costantemente un momento di valore pari a quello che esso assume all'inizio dell'inter-

vallo considerato ed un momento addizionale di segno opposto che varia da 0 a  $\Delta \bar{M}_i$ . Alla fine dell' $n$ -esimo intervallo il momento assumerà pertanto il valore:

$$M_{el} + \sum_{i=1}^m \Delta \bar{M}_i$$

Per il calcolo dei  $\Delta \bar{M}_i$  si procede come nei precedenti paragrafi, distinguendo nelle  $\bar{\lambda}$  e  $\bar{\mu}$  due frazioni, una corrispondente ad un momento costante, pari a quello iniziale, una corrispondente al  $\Delta \bar{M}_i$ .

Ad esempio nel primo intervallo si scrivono:

$$\bar{\lambda} = \bar{\lambda}_{M_{el}} + \bar{\lambda}_{\Delta \bar{M}_1}$$

$$\bar{\mu} = \bar{\mu}_{M_{el}} + \bar{\mu}_{\Delta \bar{M}_1}$$

dove si distingue la frazione data da  $M_{el}$ , supposto costante, e quella data da  $\Delta \bar{M}_1$ , che varia da 0 a  $\Delta \bar{M}_1$ .

Naturalmente tali  $\bar{\lambda}$ ,  $\bar{\mu}$  saranno calcolati per una frazione del fluage pari a 1/5 del totale.

Per valutare  $\Delta \bar{M}_1$  si scriverà quindi la solita equazione di Volterra, applicando il coefficiente 1/2 a  $\bar{\mu}_{\Delta \bar{M}_1}$ .

Per calcolare i parametri  $\bar{\lambda}$  e  $\bar{\mu}$  alla fine del secondo intervallo (e dei successivi), occorre però modificare le loro espressioni. Precisamente, occorre, ogni volta, spostare l'origine dei tempi all'inizio di ciascun intervallo e imporre che, all'inizio dell'intervallo  $i+1$ -esimo, sia  $\bar{\lambda} = \bar{\lambda}_i$ ; e  $\bar{\mu} = \bar{\mu}_i$ .

Mediante l'imposizione di tali condizioni iniziali si ha:

$$\bar{\lambda}_{i+1} = l \left[ 1 - e^{-\alpha_1(1-e^{-\theta t})} \right] + m \left[ 1 - e^{-\alpha_2(1-e^{-\theta t})} \right] + \bar{\lambda}_i \frac{1}{\alpha_1 - \alpha_2} \left[ (\alpha_1 + a) e^{-\alpha_2(1-e^{-\theta t})} - (\alpha_2 + a) e^{-\alpha_1(1-e^{-\theta t})} \right] + \bar{\mu}_i \frac{b}{\alpha_1 - \alpha_2} \left[ e^{-\alpha_2(1-e^{-\theta t})} - e^{-\alpha_1(1-e^{-\theta t})} \right] \quad [22]$$

$$\bar{\mu}_{i+1} = -\frac{\alpha_1 + a}{b} l \left[ 1 - e^{-\alpha_1(1-e^{-\theta t})} \right] - \frac{\alpha_2 + a}{b} m \left[ 1 - e^{-\alpha_2(1-e^{-\theta t})} \right] - \bar{\lambda}_i \frac{(\alpha_1 + a)(\alpha_2 + a)}{b(\alpha_1 - \alpha_2)} \left[ e^{-\alpha_2(1-e^{-\theta t})} - e^{-\alpha_1(1-e^{-\theta t})} \right] - \bar{\mu}_i \frac{1}{\alpha_1 - \alpha_2} \left[ (\alpha_2 + a) e^{-\alpha_1(1-e^{-\theta t})} - (\alpha_1 + a) e^{-\alpha_2(1-e^{-\theta t})} \right]$$

Poichè, come si è detto, in ciascuno dei cinque intervalli si considera un fluage pari a 1/5 del totale, i primi due termini del secondo membro delle [22] sono sempre uguali, in ogni fase del calcolo a  $\bar{\lambda}_{1/5}$  e  $\bar{\mu}_{1/5}$ , valori calcolati nel primo intervallo; il terzo e il quarto termine risultano essere semplicemente proporzionali a  $\bar{\lambda}_i$  e  $\bar{\mu}_i$ , in quanto i coefficienti di questi conservano, in ogni fase del calcolo, lo stesso valore.

Pertanto le [22] possono essere scritte nella forma:

$$\bar{\lambda}_{i+1} = (\bar{M}_{el} + \sum \Delta \bar{M}_i) \bar{\lambda}_{1/5} + K_1 \bar{\lambda}_i + K_2 \bar{\mu}_i \quad [23]$$

$$\bar{\mu}_{i+1} = (M_{el} + \sum \Delta \bar{M}_i) \bar{\mu}_{1/5} + K_3 \bar{\lambda}_i + K_4 \bar{\mu}_i$$

ove:

$$K_1 = \frac{1}{\alpha_1 - \alpha_2} \left[ (\alpha_1 + a) e^{-\frac{\alpha_2}{5}} - (\alpha_2 + a) e^{-\frac{\alpha_1}{5}} \right]$$

$$K_2 = \frac{b}{\alpha_1 - \alpha_2} \left[ e^{-\frac{\alpha_2}{5}} - e^{-\frac{\alpha_1}{5}} \right]$$

$$K_3 = -\frac{(\alpha_1 + a)(\alpha_2 + a)}{b(\alpha_1 - \alpha_2)} \left[ e^{-\frac{\alpha_2}{5}} - e^{-\frac{\alpha_1}{5}} \right]$$

$$K_4 = -\frac{1}{\alpha_1 - \alpha_2} \left[ (\alpha_2 + a) e^{-\frac{\alpha_2}{5}} - (\alpha_1 + a) e^{-\frac{\alpha_1}{5}} \right]$$

Si ha in tal modo la possibilità di semplificare il procedimento, calcolando a parte i coefficienti  $K$ .

I procedimenti di calcolo testé illustrati sono stati applicati ad una struttura reale, confrontando i risultati con quelli ottenuti con i procedimenti approssimati usualmente impiegati. Tale confronto farà oggetto di un apposito articolo.

Piero Antonino e Renato Martellotta

### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

1. LEVI-PIZZETTI: *Fluage, Plasticité, Précontrainte* - Ed. Dunod, Parigi 1951.
2. D. MC HENRY: *A new aspect of creep in concrete and its application to design*. - A.C.I., Journal.
3. A. MATTOCK: *Precast - Prestressed Concrete Bridges Creep and Shrinkage Studies*. - Journal of the Portland Cement Association, n. 2 maggio 1961, Skokie, Ill. U.S.A.
4. F. LEVI: *Travi inflesse eterogenee in regime viscoso*. - Giornale del Genio Civile, ottobre 1948.

# Edilizia di oggi: nuovi materiali e nuovi procedimenti

GIULIO BRUNETTA, imposta una sua problematica sull'edilizia attuale e futura, esaminando dapprima orientamenti evolutivi nella pratica tecnologica che appresta materiali nuovi (leganti, materiali ferrosi e non ferrosi, materie plastiche e derivati dal legno, ecc.) ed infine trattando delle tecniche operative che, utilizzando concetti di industrializzazione e normalizzazione, si orientano o dovranno orientarsi di più alla riduzione sensibile dei costi ed a una produzione di massa (elementi prefabbricati e complessi operativamente organizzati su metodi industriali). Esamina con maggiore fiducia nel mercato italiano la prefabbricazione in cemento che quella in metallo.

Può essere interessante, e anche utile, in momenti di così rapido sviluppo della tecnica in genere, sostare un attimo per fare come un riepilogo del progresso che anche nel campo della tecnica edile, settore non certo secondario della attività umana, è stato compiuto in Italia nell'ultimo scorcio di tempo.

Dall'esame di questo quadro sarà poi forse più facile se non fare delle previsioni precise, certo notare quei settori che appaiono più forieri di ulteriore progresso e quelli invece che hanno più risentito dell'affermarsi di nuovi materiali, di nuove tecniche o del mutato livello economico.

Giova riconoscere subito che, in Italia ma anche altrove, la tecnica edile non ha certo avuto quell'impulso rapidissimo e perfino impressionante che si è riscontrato in altri campi dell'attività industriale, impulso che appare capace di mutare addirittura il carattere di questa nostra stessa civiltà.

Nell'esame che faremo, noi distingueremo però il progresso compiuto, ed in corso, secondo due grandi direttive, quasi diremmo di marcia: la prima è secondo la invenzione o il reperimento di nuovi materiali atti a risolvere nel migliore dei modi vecchi o nuovi problemi: la seconda è seguendo l'avvento di nuovi procedimenti costruttivi, sia che questi usino materiali tradizionali o di nuova produzione.

Dobbiamo però subito riconoscere che se questa distinzione ha meriti espositivi e trova moltissime giustificazioni di concetto e di fatto, nella realtà spesso accade che le due direttive di sviluppo per così dire si sovrappongono, in quanto talvolta sono i nuovi materiali che postulano nuovi procedimenti applicativi: quando, al contrario, non sono le nuove possibilità di esecuzione, dovute per

esempio al progresso meccanico, che quasi creano i materiali che meglio possono utilizzare i nuovi mezzi.

Vero è che il progresso della tecnica edile nel suo complesso è il risultato degli sforzi e degli studi che in entrambe le direzioni vengono compiuti, anche se non sempre è facile riconoscere quale delle due abbia avuto la maggiore importanza.

Quanto al progresso nel campo dei materiali, è necessario fare una ulteriore distinzione, tra quello che è dovuto all'avvento vero e proprio di nuovi prodotti artificiali, e quello che è conseguenza del perfezionamento delle caratteristiche di materiali noti.

Chi non deve, per esempio, riconoscere i nuovi orizzonti costruttivi, in un campo fondamentale quale è quello delle strutture in calcestruzzo armato, che ha aperto il processo di perfezionamento che ha investito sia i materiali leganti che i materiali ferrosi? Da una parte, nel breve giro di poco più di dieci anni si è passati, per il cemento « normale », dai 450 agli attuali 600 kg/cmq, con un sempre più largo impiego dei cementi ancora più qualificati: dall'altra, si è passati dal ferro omogeneo che quasi unico dominava il mercato, agli attuali acciai semiduri e duri, e agli acciai speciali ed armonici.

Di qui carichi di lavoro, « tranquilli », fino a 100/120 kg/cmq. per il calcestruzzo e 2400 per il ferro, valori che non molti anni fa neanche si sognavano, e quindi: strutture sempre più leggere ed « ardite », e, addirittura tutta una nuova architettura delle costruzioni in calcestruzzo armato, specie per grandi strutture.

Naturalmente questa disponibilità di materiali di così elette qualità, e quindi di notevole « impegno », ha portato anche ad un progresso sensibile nello studio

della composizione degli inerti, e, infine, nella esecuzione delle opere: dosatrici automatiche, impastatrici meccaniche, vibratori, ecc.

L'invenzione, e quindi l'utilità dell'impiego, degli acciai armonici, ha portato poi a tutta una nuova tecnica del cemento armato: alle strutture precomprese, con risultati cospicui per novità e grandiosità formali, non disgiunte da positivi risultati economici nei confronti dei sistemi tradizionali, e anche nei confronti delle concorrenti strutture metalliche.

Nel campo del calcestruzzo armato, se si eccettuano le strutture precomprese, che vanno considerate come una vera novità applicativa, il progresso della tecnica edile ha quindi soprattutto beneficiato del perfezionamento avvenuto nella produzione qualitativa degli stessi materiali.

Tuttavia a voler guardare avanti, pur senza voler in alcun modo assumere atteggiamenti profetici, non sembrano possibili ulteriori sensibili progressi, se non in un impiego sempre più vasto degli attuali cementi ad altissima resistenza (tipo 730) e degli acciai speciali (tipo Thor, Rumi e simili), e, nel campo applicativo, delle strutture precomprese e delle forme leggere autoportanti. Tale sviluppo sarà però, fino ad un certo punto, limitato dalla esigenza di dover disporre di calcolatori, di mezzi d'opera e di maestranze sempre più qualificati.

Un discorso a parte meriterebbe proprio qui la questione della prefabbricazione, se non pensassimo più appropriato il discorrerne quando tratteremo del progresso edile nel settore operativo.

Una importantissima e fondamentale categoria di materiali ha invece praticamente, in questi ultimi tempi, segnato il passo: quella in genere dei laterizi. Ma è perchè, negli anni dopo l'ultima

guerra, sotto l'esigenza di produrre al minimo costo, e grazie ad un numeroso e valoroso stuolo di ingegneri e di tecnici, l'impiego del laterizio, (materiale essenzialmente povero), aveva già raggiunto in Italia punte di perfezione produttiva e operativa non riscontrate in nessuna altra parte del mondo e rimaste tuttora insuperate.

Cessato lo stimolo del minimo costo e subentrato un più prudente senso di responsabilità, si può anzi dire che sul piano strutturale certe soluzioni tanto geniali quanto ardite, opportunamente frenate da disposizioni degli organi di controllo dello Stato, ... o da maggiori esigenze, hanno perduto una certa parte del loro campo di azione. Intatto invece è rimasto il progresso nel campo della produzione, con il generalizzarsi di impianti sempre più perfetti sia per il trattamento delle argille, sia per la formazione dei vari manufatti, sia per la loro appropriata cottura.

Se vediamo perciò un progresso tuttora possibile negli anni futuri lo possiamo individuare solo in questo campo, della produzione: nel campo operativo è facile prevedere invece un sempre maggior impiego, relativo, dei « formati » leggeri e lavorati nei confronti di quelli pesanti e semplici, e una sempre maggiore affermazione del valore decorativo del materiale laterizio a scapito dei suoi compiti strutturali.

Infatti, pur avendo noi una grande stima e simpatia per questo tradizionale e fondamentale materiale, ci appare chiaro che, guardando verso un futuro, anche oltre gli anni sessanta, indubbiamente orientato verso la esasperazione dei valori tecnicistici e meccanici, dobbiamo prevedere un lento esaurirsi dei compiti strutturali finora assolti dai materiali laterizi: murature, solai, coperture, finché almeno le esigenze della cottura porranno limiti invalicabili alle loro caratteristiche dimensionali, e sempre che i costi della mano d'opera, non più « comune », raggiungano quegli alti livelli che sono auspicabili e prevedibili.

Dopo quello che si è detto dei materiali ferrosi per cemento ar-

mato, del settore cioè dove si è registrato un effettivo notevole progresso, non molto è da aggiungere per gli altri principali materiali ferrosi che interessano la tecnica edile: profilati normali e speciali, e tubazioni. Se un notevolissimo incremento, relativo, vi è stato, specialmente negli ultimi anni, dell'impiego di strutture metalliche, questo è dovuto in special modo alla drastica riduzione dei costi del materiale in provvista, all'avvento di strutture reticolari particolarmente leggere, e ad una maggiore considerazione da parte di una clientela non più assillata dal problema del minimo costo, di altre caratteristiche proprie alle strutture metalliche: rapidità di installazione, leggerezza, possibilità di ricupero, ecc.

Una interessante osservazione è da aggiungere sugli sviluppi che ha avuto l'uso delle lamiere zincate da quando il problema della stabilità dello strato protettivo è stato perfezionato con il nuovo procedimento di zincatura a caldo su nastri continui. Ciò ha portato anche ad un largo impiego di questo ottimo materiale quale materia prima per la costruzione di serramenti metallici con profili cosidetti tubolari.

Non potremmo concludere questo esame sommario sui moderni materiali ferrosi per l'edilizia, senza accennare alla diffusione, che, anche in Italia, stanno per avere le cosiddette « courtain walls », a base di lamiere smaltate a fuoco, o rivestite di « plastica », o addirittura porcellanate, ma riteniamo che anche questo importante argomento troverà la sua più logica trattazione nel campo delle novità strutturali.

Le previsioni per il futuro di un sempre più largo impiego di materiali ferrosi nell'edilizia: sia nelle strutture che nelle finiture e, anche, sia pure in campo affine, negli arredamenti e nelle attrezzature, è di ovvia formulazione, tanto più poi in quanto, con l'inevitabile aumento dei costi dei manufatti nei quali avranno ancora parte notevole le prestazioni manuali, tenderà sempre di più a ridursi il divario ancora esistente tra i costi di manufatti ferrosi e quelli, equivalenti, di altri materiali tradizionali.

Certo è che questo divario, a sfavore delle strutture metalliche, oggi ancora permane, come ancora permane per esse il grave inconveniente della loro vulnerabilità dalla ruggine: inconvenienti che costringe a onerose opere di periodica manutenzione e che è stato ridotto ma non certo eliminato con l'adozione, dove possibile, di un materiale-base già zincato, o con trattamenti successivi a bagno e con verniciature a forno previo decappaggio e fosfatazione.

È quindi da prevedere semmai, allentato sempre di più il freno economico, un sempre più largo ed esclusivo impiego di queste speciali finiture protettive anche nell'uso corrente, ancora dominato dalla... « mano di minio e due di vernice ad olio ».

Per le stesse ragioni a sfondo economico che hanno provocato il sorgere e l'affermarsi delle particolari finiture a protezione delle strutture ferrose, largo è stato lo sviluppo che ha assunto l'impiego anche in Italia dei metalli non ferrosi: soprattutto delle leghe a base di alluminio, per serramenti e manufatti in genere. Anche qui lo sviluppo è stato favorito da una riduzione dei costi dovuta sia alla aumentata produzione, sia ad un salutare regime concorrenziale, ma è stato anche favorito da alcuni perfezionamenti tecnici, quali il miglioramento qualitativo delle leghe, la razionalizzazione dei profili, la moderna saldatura a scintillio, la sempre più perfetta, ed economica, anodizzazione. Per questi materiali, evidentemente, mentre non appaiono all'orizzonte altri possibili perfezionamenti tecnici, lo sviluppo appare invece assicurato finché continuerà, come è auspicabile, il progresso economico italiano.

Un altro materiale invece, il cui impiego relativo è in netto regresso è il nobile e antico legno: sostituito nelle impalcature, nei solai, nelle coperture, resiste ancora validamente nei serramenti e nei pavimenti, (e negli arredamenti), dopo aver ceduto parte delle sue prerogative ai moderni materiali artificiali tratti dal legno: i conglomerati a base di trafilature, e gli impasti a base di

cellulosa. Vero è che proprio la sua mancanza si fa sentire sul piano quasi diremmo umano ed affettivo, provocando, per reazione, un suo sempre maggior impiego sul piano puramente decorativo: rivestimenti, soffittature, pavimenti, ecc.

Le previsioni, sempre relative, per il legno, nonostante il recente arricchimento delle essenze disponibili sul mercato con un largo afflusso di legni esotici, non possono essere rosee: manterrà probabilmente le sue posizioni nelle opere per le quali appare più adatto: serramenti, pavimenti (e arredamenti), ma vedrà, anche qui, sempre più insidiato il suo già incontrastato dominio da una sempre più vasta gamma di nuovi materiali concorrenti. Ci si consenta tuttavia di pensare che questa relativa riduzione dell'impiego del legno nell'edilizia, è stata benefica, perché la disponibilità di questo materiale era ed è limitata (tanto che essa è già egualmente assorbita), e quindi il suo approvvigionamento potrà continuare ad avvenire senza dover eccedere nel taglio dei boschi, che tanta parte hanno nella vita degli uomini.

Prospettive di progresso sono invece da vedere nel cammino dei nuovi materiali derivati, per gli aspetti sempre più determinanti che nella moderna edilizia, orientata senza dubbio verso strutture sempre più leggere, assumono i problemi dell'isolamento termico ed acustico.

Che dire ora delle pietre e dei marmi?

Insostituibili e nobili prodotti di natura, è assurdo pensare a loro « perfezionamenti » tanto immutabili sono le loro caratteristiche, positive o negative che siano.

Ma su un aspetto, non naturale, di queste ultime, l'aspetto economico, non ha mancato di interessarsi la tecnica, pervenendo anche qui se non a dei surrogati (defunti, giustamente, oramai, tutti i « finti » marmi o pietre), a delle interpretazioni, chiamiamole così, di ordine, e di costo, certo inferiori, ma che tuttavia di quei « ricchi » materiali conservano la natura: pensiamo ai mosaici di piccoli e sottili listelli di marmo e alle lastre o formelle di marmo di 7/8 mm. di spessore, talvolta

incollate, (ecco un campo, quello dei « collanti », dove sono stati realizzati progressi formidabili), su conglomerati leggeri.

Anche se da tempo ridotti a impieghi di sola finitura o di mera decorazione, cioè alle opere di pavimentazione e di rivestimento, non vi è dubbio che anche nel futuro prossimo e lontano i marmi e le pietre d'Italia conserveranno immutato il loro prestigio, dovuto certo ad una gloriosa tradizione, ma anche alle peculiari loro caratteristiche, non ultima quella, tra tanti materiali artificiali, di essere uno dei pochi prodotti naturali tuttora vivi e vitali: che non è poco.

Con i calcestruzzi, i metalli ferrosi e non, i laterizi, i legnami, le pietre e i marmi, riteniamo di avere esaurito l'esame del campo dei principali e tradizionali materiali per l'edilizia: vecchi ma... sempre giovani, se tuttora partecipano in larga o larghissima misura, come abbiamo visto, alla intensissima attività costruttiva che ha caratterizzato lo scorso decennio e che continuerà per gli anni sessanta.

Ci aspetta ora il « mare magnum » dei vari materiali di finitura: per pavimentazioni, rivestimenti, isolamenti, coperture, ecc. dove, anche ad accennarne soltanto, è solo l'imbarazzo della scelta.

Ma anche qui, mentre da una parte assistiamo al continuo affacciarsi sul mercato di materiali nuovi di zecca, dall'altra dobbiamo constatare il rapido tramonto di materiali che pochi anni fa si presentavano pieni di lusinghiere promesse e... con tanti regolari certificati di prova. Vero è che solo un effettivo collaudo d'uso, e un collaudo non di pochi mesi o di un anno, ma di molti anni, anche una decina, può rappresentare l'unica effettiva garanzia perché un nuovo materiale possa trovare stabile cittadinanza di un campo quanto mai difficile.

Altri materiali continuano invece a vivacchiare ai margini, eterni cavalli di ritorno, mai affermati e mai abbandonati del tutto.

Tuttavia in un mercato specializzato piuttosto costante, alcuni nuovi materiali hanno da tempo

iniziato, a quanto pare sotto buoni auspici, il loro curriculum di prova, e sono tutti quei prodotti che derivano più o meno da quelle cosiddette resine sintetiche che da alcuni anni stanno rivoluzionando molte posizioni produttive, specialmente in altri campi.

Nel campo che ci riguarda pensiamo ai nuovi pavimenti in piastrelle o in fogli continui che tendono a sostituire i tradizionali pavimenti di linoleum o di gomma, pensiamo al recente diffondersi di abbastanza economici pavimenti di « mouquette », ai pavimenti a getto continuo di resine poliviniliche, ai rivestimenti murari con smalti duri e lavabili, alle persiane avvolgibili di « plastica » che tendono a sostituire quelle tradizionali di legno, ai corrimano, ai rivestimenti e zoccoli pure cosidetti di plastica, e infine a tutti quei prodotti che intendono, in tanti casi, sostituire i vetri retinati, ondulati od opachi.

E trascuriamo tuttavia certe produzioni di punta, ancora in sede sperimentale.

Più o meno tutti questi nuovi materiali cui abbiamo sopra accennato vanno però ancora accettati con qualche riserva, perché manca loro una molto lunga e quindi assolutamente probante esperienza d'uso; non solo, ma, per alcuni di essi, troppo recenti sono le modifiche e le migliorie apportate per poter considerarli materiali oramai stabilmente definiti, e dei quali sono perfettamente noti pregi e difetti, come sono noti oramai quelli dei materiali tradizionali che essi tendono a sostituire.

Un altro aspetto dei nuovi materiali dovrà pure essere rivisto, ed è il fatto del loro costo, che generalmente è superiore o eguale a quello del corrispondente buon materiale tradizionale che vogliono sostituire: noi pensiamo difatti che in una epoca a carattere industriale come l'odierna, allora un nuovo materiale costituisce un vero progresso quando unisce una maggiore o almeno eguale prestazione tecnica ad un costo sensibilmente minore, o, per costo eguale, prestazioni notevolmente superiori. Un po' troppo generalizzando si potrebbe dire: che a far meglio spendendo di più

sidette « curtain walls », solo che invece di avere come elemento base il metallo hanno il calcestruzzo vibrato, trattato o rivestito come meglio aggrada.

Non vi è dubbio che questa tecnica delle pareti pensili è una delle conseguenze più logiche della evoluzione strutturale intervenuta nella tecnica costruttiva.

Ora, mentre relativamente pochi sono in Italia gli edifici di una certa mole e importanza costruiti con pareti esterne composte di elementi prefabbricati di calcestruzzo, cui abbiamo sopra accennato, sono già invece abbastanza numerosi, (e spesso anzi di particolare impegno), i casi di palazzi e grattacieli costruiti con « curtain walls » metalliche, siano esse in alluminio o in acciaio smaltato.

In tutti questi casi, però, ad eccezione di quell'esempio di edilizia popolare cui abbiamo accennato, si è trattato di una scelta strutturale dovuta particolarmente a motivi di prestigio commerciale o di ambizione architettonica: non mai, certo, a ragioni... economiche. Dove mancano questi motivi, pur rispettabili, ogni giustificazione ci pare venga, oggi, in Italia, a mancare, anche se, ripetiamo, riconosciamo senza difficoltà che simili soluzioni rappresentano effettivamente una valida espressione della più moderna tecnica edilizia.

Se nel campo delle strutture, come abbiamo visto, la prefabbricazione si può considerare ridotta a casi, in un certo senso, di eccezione e sempre limitata, nei casi più appariscenti, all'epidermide esterna, non mai estesa a tutto il corpo degli edifici, il panorama nel campo delle opere complementari è ancora meno brillante, come abbiamo già osservato e come tutti più o meno sanno.

Potremmo qui elencare, tanto sono pochi, i tentativi, che altro più o meno finora non sono, fatti da diverse grosse firme industriali per « lanciare » sul mercato, elementi standard prefabbricati: ci basta ricordare le scale-tipo della Marmi-Montecatini; le finestre unificate della SAFFA; i blocchi di servizi igienici della Togni; le porte interne di diverse ditte, ecc.; difatti, ancora oggi, se ad

una delle non poche ditte che propongono sul mercato elementi normalizzati, noi domandiamo, s'intende sempre per una rispettabile quantità di « pezzi », quale differenza di prezzo sia disposta a praticare per tipi o misure di nostra ordinazione, noi ci sentiremmo richiedere differenze minime.

È sempre stata, ed è ancora, la storia del circolo vizioso; non si possono praticare prezzi minimi senza una produzione di massa; però non si può realizzare una produzione di massa se i prezzi non sono, relativamente, minimi...

Se a questa ragione dei prezzi aggiungiamo l'istinto individualistico proprio al carattere latino, dobbiamo pensare che solo una drastica differenza nei prezzi, dell'ordine del 20-30 %, potrà persuadere l'italiano medio a... normalizzarsi: come è — per ricavare un esempio in un campo prettamente industriale — tra un'automobile di serie e una fuori serie.

Eppure, con l'evolversi e l'ampliarsi del mercato, non si può dire che questa necessaria... normalizzazione dell'italiano, anche nel campo edile, sarà apportatrice di un piatto conformismo, poiché, se pur restiamo nel campo dal quale abbiamo tratto l'efficace esempio sopracitato, non è chi non veda come la scelta del cittadino comune possa oggi muoversi in un campo comprendente decine di tipi diversi, con modelli diversi, con finiture diverse.

Con questo non vogliamo dire che il destino della casa degli uomini, sia quello di finire come un oggetto che si sceglie, si acquista, si usa e... si butta via, come un'automobile, anche se certamente questo modo, salvo i limiti d'uso, sarà una delle espressioni che finirà per assumere una parte dell'industria edile: ma diciamo che necessariamente, ad un certo momento, l'attuale incontrastata libertà di scelta debba essere necessariamente ridotta entro limiti più ristretti.

In un orizzonte così ancora... chiuso e fermo non è difficile tuttavia intravedere alcuni efficaci indizi di più prossime e ampie aperture, e questi indizi li vediamo spe-

cialmente nel campo delle medie e grandi strutture, in prevalenza industriali, con l'avvento di tutta una nuova tecnica costruttiva che deriva da elementi prefabbricati modulari, siano essi in calcestruzzo o in acciaio. Ma specialmente, in questo stesso campo, ci incoraggia l'affermarsi di alcuni orientamenti del tutto nuovi che interessano i concetti stessi della scienza delle costruzioni: è in primo luogo il moderno concetto « spaziale » delle strutture reticolari; in secondo luogo sono le pur moderne strutture a tensione, o a sospensione, che usando talvolta nuovissimi materiali di copertura, riescono a risultati dimensionali fino a qualche tempo fa inconcepibili, poichè si parla nell'ordine di centinaia di metri di campata.

Certo è che, dovendo noi ora concludere questi rapidi cenni su di un campo delle attività umane che tocca da vicino praticamente tutti gli uomini, oggetti o soggetti che siano, pur riconoscendo che, in Italia, poco ancora si è fatto e si fa, dobbiamo riconoscere che anche qui tutto un processo di revisione è in atto, e che se il suo svolgimento ci appare lento ed incerto, è perchè non di una moda superficiale si tratta, ma di un travaglio profondo, di un rifacimento che parte dalle origini e dalle cause essenziali del concetto stesso del costruire: cioè del vivere.

I nuovi materiali e i nuovi mezzi produttivi stanno in effetti già creando tutta una nuova tecnica edile, anzi una nuova architettura, che sarà di essi materiali e mezzi l'espressione diretta e genuina, e non più mediata attraverso interpretazioni che necessariamente risentono di modi di pensare e di vivere ancora legati ad un passato destinato a scomparire.

È solo da augurare che l'uomo possa mantenere intatto quel senso di misura, di equilibrio, e anche di poesia, grazie al quale, agendo con quei vecchi materiali e quei mezzi che consideriamo oggi superati, ha saputo finora realizzare delle opere che sono state e sono esempio — a livello di tutti — di non peritura bellezza.

Giulio Brunetta

## P R O B L E M I

### La viabilità a Torino oggi e domani

VITTORE CATELLA, Assessore alla Viabilità del Comune di Torino, esamina i principali problemi creati nella città dallo straordinario sviluppo della motorizzazione e i provvedimenti, in atto e allo studio, per adeguare la circolazione urbana alle crescenti e pressanti necessità del traffico.

Torino è entrata nella fase critica dell'espansione e della diffusione dell'automobile.

Con l'incremento dei redditi individuali, con un'attività industriale in continuo aumento, con l'affermarsi del veicolo a motore come insostituibile mezzo di lavoro, strumento di benessere, capace di moltiplicare l'attività di tutti, la circolazione in città va assumendo aspetti e forme pericolose, peggiorate dal continuo afflusso di immigrati che giungono per lo più dalle campagne o da paesi e cittadine dove la motorizzazione è poco sviluppata e perciò non esistono veri e sentiti problemi di circolazione.

È un problema ed un fenomeno comune a tutta Italia, dato che si è raggiunto oggi l'incremento nella motorizzazione previsto dagli studiosi di statistiche per il 1964, con un anticipo rispetto alle previsioni dei competenti più qualificati di 3-4 anni circa.

Comunque non si può fare a meno di riflettere come terribilmente siamo in ritardo per adeguare la circolazione urbana alle crescenti e pressanti necessità, conseguenti lo straordinario sviluppo dei mezzi motorizzati verificatosi in questi ultimi anni.

Per citare un solo dato, inerente alle autovetture, vi menzionerò le seguenti cifre:

al 31-12-58	Provincia	105.338
	Torino	68.956
al 31-12-59	Provincia	123.433
	Torino	80.801
al 31-12-60	Provincia	150.346
	Torino	98.418

Per la sola città di Torino vi è quindi stato in 24 mesi un incremento di 30.000 vetture circolanti: 1/3 del totale.

La nostra città, ricca di bei corsi, di viali, di grandi strade diritte ed urbanisticamente ben impostate, ha vissuto fino ad oggi di rendita grazie alla preveggenza lungimirante dei nostri nonni e dei nonni dei nostri nonni.

Ritengo che non si possa fare a meno ogni volta che si parla di circolazione, a Torino, di ricordare e lodare la preveggenza lungimiranza di Carlo di Castellamonte che creò la via Po attuale in una città di 20.000 abitanti, agli inizi del '600.

Oggi Torino ha raggiunto e superato 1 milione di abitanti e nella sua condizione attuale appare saturata nel centro e medio-centro urbano per quanto riguarda il potenziale di traffico e la capacità di sosta degli automezzi.

Continuando così, presto risulterà asfittica in qualche sua zona o settore.

Il problema della circolazione e del traffico urbano va visto secondo me in

tre tempi e modi successivi ben distinti:

1) Provvedimenti di polizia e di regolazione del traffico.

2) Impostazione tecnica ed economica di opere di possibile immediata attuazione (quando dico immediata intendo realizzabile nel giro di 2-5 anni).

3) Studio ed impostazione di progetti drastici ed innovatori che anticipino i tempi futuri al punto di apportare variazioni decisive e sostanziali alla mappa ed all'orientamento tradizionale della città.

Data la vastità del problema mi limiterò ad accennare brevemente ai tre punti sopradetti.

Per quanto riguarda i provvedimenti immediati di regolazione del traffico e di polizia, si è iniziata un'azione energica attraverso l'introduzione della zona disco e di un certo numero di sensi unici nella zona centrale della città.

Questi provvedimenti verranno ulteriormente integrati da altri provvedimenti, un considerevole aumento degli incroci semaforizzati, abolizione delle rotonde giratorie, l'introduzione di un certo numero di divieto di svolta a sinistra in ore e luoghi particolarmente congestionati.

Si sta insistendo col Sovrintendente alle Belle Arti per ottenere la riapertura al traffico del passaggio in fondo alla Piazzetta Reale verso Piazza San Giovanni, sia pure limitandola al traffico leggero e con velocità controllata.

È prossima la creazione della nuova stazione per Auto-Pullman nella zona della Cittadella (Piazza Arbarello) che consentirà di eliminare i terminali delle varie linee automobilistiche in certi punti nevralgici, dove la sosta degli automezzi di linea crea delle strozzature ed intralci al traffico normale e sottrae vaste aree al parcheggio delle vetture private.

Miglioramento della segnaletica verticale ed orizzontale, e dell'illuminazione, con particolare riguardo ai cartelli indicatori ed ai passaggi pedonali, con l'eliminazione, in corrispondenza degli incroci, in armonia con quanto disposto nel codice stradale, di edicole, chioschi, tabelloni di pubblicità ed indicatori, siepi, aiuole, insomma di tutti gli impedimenti che più frequentemente di quanto si possa pensare, sono le cause prime di molti incidenti dovuti a scarsa o limitata visibilità.

Estensione delle catenelle nei punti cruciali per gli attraversamenti pedonali in modo da abituare i pedoni a transitare sui passaggi pedonali e non ingombrare la strada ovunque e gli automobilisti a rispettare scrupolosamente gli attraversamenti zebrati.

Naturalmente tali provvedimenti sa-

ranno più rapidamente attuati se meglio applicati e fatti rispettare aumentando il numero dei Vigili Urbani, attualmente insufficiente a regolare il traffico cittadino, motorizzandoli adeguatamente e dotandoli di moderni mezzi di controllo.

Prima delle feste natalizie sono entrate in servizio le ultime reclute, circa 80 nuovi Vigili Urbani portando la forza del Corpo a 850 unità circa.

Entro il 1962 verrà varato ed approvato il nuovo organico aumentando la forza suddetta a 1200 unità.

Tutto ciò consentirà un'azione più energica e tempestiva nelle repressioni delle infrazioni dinamiche, quali gli eccessi di velocità, sorpassi arrischiati, mancato rispetto degli stop e delle precedenza, ecc.

Tutti questi provvedimenti, ed altri minori, sono in corso di studio presso la Divisione Polizia e l'Ispettorato del Traffico che è stato creato a Torino, prima città d'Italia, da vari mesi, anticipando la circolare del Ministro Zaccagnini e che conto riesca a sveltire e coordinare meglio tutti i problemi di cui sopra, accelerandone lo studio e quello che più conta l'attuazione pratica.

Questo per quanto riguarda il Punto 1. Per quanto riguarda il Punto 3 il discorso sarebbe lunghissimo.

Basta pensare che Torino è tagliata in due parti, da est ad ovest, dalla ferrovia di Milano che, attraverso le stazioni Dora e Porta Susa, crea un trincerone che separa la vecchia città dai nuovi popolari quartieri della zona ovest.

Basta pensare che la ferrovia di Alessandria-Genova separa la barriera di Nizza dalla Crocetta e dalla zona di Mirafiori creando un baluardo superato solo qua e là da varii cavalcavia ed una sottovia.

Il fatto è che quando la ferrovia è nata, Torino era un terzo — un quarto di oggi e forse meno — e l'attuale percorso del piano di ferro ne aggirava l'abitato e Porta Nuova era quasi periferica.

A questa situazione creata dall'esigenza del piano di ferro attuale si aggiunge la difficoltà della penetrazione in città da Nord, che avviene lungo una sola direttrice attraverso Corso Giulio Cesare fino a Corso Novara e alla Stazione Dora per poi strozzarsi e morire al ponte Mosca ed a Piazza della Repubblica.

Ed allora si vede come sia indispensabile che gli uomini responsabili della città si battano fino da oggi, intreccino trattative con le Ferrovie per abbattere la schiena d'asino del piano di ferro proveniente da Milano fra la Stazione Dora e il Largo Orbassano, in modo che fra 10-15-20 anni la ferrovia possa correre in galleria, e l'estrodo della copertura della stessa costituisca la veloce pista di scorrimento Nord-Sud.

Anzi questa galleria dovrà essere prevista a tre livelli: basso per il treno, medio per il collegamento diretto, il terzo per il collegamento di superficie ma sempre a percorso veloce.

Naturalmente la Stazione di Porta Susa dovrà essere sotterranea.

Contemporaneamente occorrerà trattare per l'arretramento della stazione di Porta Nuova dalla posizione attuale più o meno alla zona del Lingotto verso Moncalieri.

Questo provvedimento potrà liberare un'area di 800.000 mq. circa, adatta alla

costruzione di un complesso architettonico moderno, o meglio ancora alla creazione di una zona verde nel cuore della città, e sbloccherà i collegamenti fra la zona Est ed Ovest armonizzando in un tutto unico le attuali zone di Via Nizza da un lato e di Via Sacchi-Corso Unione Sovietica dall'altro.

Altro problema importante la copertura di un tratto della Dora, fra Corso Svizzera ed il Cimitero, creando un'altra veloce arteria di scorrimento, un vero ring che alleggerirà estremamente il traffico di Corso Regina Margherita collegandosi grosso modo a Corso Svizzera e Corso Tassoni da una parte ed al Corso San Maurizio dall'altra.

Progetto che ben studiato potrebbe autofinanziarsi in tutto od in parte per le maggiori possibilità di costruzioni che si avrebbero lungo questa nuova arteria.

Questo naturalmente di pari passo con la realizzazione e l'applicazione di tutto quanto previsto dal Piano Regolatore di Torino, come ad esempio, sempre per la penetrazione da Nord, il prolungamento dell'Autostrada Milano-Torino fino alla Stura e proseguimento attraverso un nuovo ponte fino ad inserirsi in Corso Grosseto.

Come si vede il punto 1 è di immediata attuazione ed il punto 3 rappresenta l'auspicabile realizzazione di un piano di cui però non si può oggi prevedere quando potrà essere portato a termine.

Noi possiamo solo limitarci ad impostarlo.

Esaminiamo quindi il programma di sviluppo relativo al punto 2, cioè relativo alle opere da studiare, impostare e realizzare rapidamente nei prossimi anni, per risolvere i più urgenti problemi della nostra Città.

#### 1) Le grandi arterie extraurbane.

Dall'agglomerato urbano di Torino si irradiano attualmente le seguenti arterie:

- Autostrada Torino-Milano.
- Autostrada Torino-Ivrea.
- Strada Statale n. 10 « Padana Inferiore ».
- Strada Statale n. 1 « Padana Superiore ».
- Strada Statale n. 20 « del Colle di Tenda e Valle Roja ».
- Strada Statale n. 23 « del Colle del Sestriere ».
- Strada Statale n. 25 « del Moncenisio ».
- Strada Statale n. 29 « del Colle di Cadibona ».

Nei primi mesi del corrente anno sono stati rilevati i volumi di traffico in entrata ed in uscita dal territorio di Torino, attraverso le suindicate arterie stradali ed attraverso le più importanti strade provinciali e comunali.

Il numero medio dei veicoli entrato nell'agglomerato urbano in ventiquattro ore è risultato di 123.997; quello dei veicoli in uscita 124.492; complessivamente sono stati rilevati 248.489 veicoli.

I flussi più importanti sono convogliati dalla strada Statale n. 25 (34.567 veicoli) e dalle autostrade Torino-Milano e Torino-Ivrea che, come è noto, convergono nella città in unica sede (28.810 veicoli).

I problemi cruciali della circolazione e della viabilità sono attualmente:

1) La penetrazione in città ed in particolare l'accesso da Nord.

2) Un sistema di tangenziali e circonvallazioni per il traffico pesante e veloce che non ha interesse per il centro cittadino.

3) Il collegamento fra gli accessi da Nord (Corso Giulio Cesare) ed il centro cittadino (Piazza Castello - Piazza Solferino - Porta Nuova).

4) Parcheggio centrale.

Esaminiamoli per ordine.

**Punto 1 - Le previste penetrazioni** si identificano, per la maggior parte, con le grandi arterie urbane già realizzate, alcune delle quali però hanno bisogno di ammodernamenti notevoli per renderle adatte a smaltire più cospicui volumi di traffico con maggiore sicurezza.

In linea generale sulle direttrici delle strade esterne di grande comunicazione precedentemente indicate si trovano nel tessuto stradale urbano arterie di notevole importanza atte a smaltire i volumi di traffico che dalla zona urbana si dirigono verso l'esterno o che dall'esterno si dirigono verso l'agglomerato.

Si possono ritenere per ora valide ma suscettibili di ulteriori notevoli miglioramenti le arterie di penetrazione che convogliano i flussi di traffico, provenienti dalle varie direzioni, in tutta la zona del territorio urbano che si stende a Sud della direttrice Corso Francia-Via Cernaia-Via Po-Corso Polonia.

Nella zona a Nord della suddetta direttrice Est-Ovest la situazione non è altrettanto valida e si manifestano sensibili difficoltà nello smaltimento del traffico specialmente per quanto riguarda i notevoli flussi diretti o provenienti dalla Statale n. 11, dalle autostrade Torino-Milano e Torino-Valle d'Aosta e dalla Provinciale del Canavese, esclusivamente incanalati sul Corso Giulio Cesare, arteria di grande comunicazione con direzione Nord-Sud, sistemata a quattro corsie, ma in alcune ore satura di traffico, data la chiusura dal ponte di Corso Vercelli.

È indispensabile ricostruire rapidamente il Ponte di Corso Vercelli e provvedere ad allargare il corso stesso dai 14 metri attuali ai 40 previsti.

È necessario che anche il Corso Giulio Cesare, nel tratto sino alla Piazza Derna, ed il relativo ponte sulla Stura vengano al più presto allargati a 55,50, previsto prolungamento dell'Autostrada Torino-Milano fino a Corso Grosseto.

Oltre Piazza Derna, essendo impossibile agire sull'allargamento del corso, che si inserisce nella zona densamente abitata, occorrerà smistare il traffico a pettine per Corso Palermo, Corso Novara, Via Bologna da una parte e Corso Vigevano, Via Cigna, Corso Oddone dall'altra.

**Punto 2 - Non essendo possibile realizzare in un tempo abbastanza breve le tangenziali nord ed est** previste dal Piano Regolatore, sono stati allestiti i progetti di massima per la realizzazione parziale della tangenziale est e per la costruzione di una nuova tangenziale interna nella zona ovest della città.

La tangenziale est permetterà il rapido collegamento nella zona situata sulla sponda destra del Po e della Statale n. 10 « Padana Inferiore » con l'incrocio delle

autostrade Torino-Milano e Torino-Val d'Aosta e la Padana Superiore.

Per realizzare al più presto tali collegamenti si dovrà completare il Lungo Stura Lanzo e costruire un raccordo tra detto Lungo Stura e l'esistente ponte-diga sul Po in regione Bertolla.

Dopo tale ponte un successivo tratto di tangenziale permetterà il raccordo con la Statale n. 10, il collegamento con il Corso Casale e successivamente con Corso Moncalieri, completando la tangenziale est nel territorio urbano fino a Moncalieri.

Il progetto esecutivo della suddetta grande arteria, come si è detto, è stato allestito nei primi mesi del corrente anno.

Realizzato tale importante collegamento, il traffico proveniente dal nord e diretto nella zona est e nella zona sud della città, potrà scorrere su tale arteria che potrà contenere due carreggiate unidirezionali ciascuna a due corsie.

Detta tangenziale permetterà lo smaltimento di notevoli volumi di traffico a buona velocità, poichè gli incroci saranno ridotti al minimo e controllati.

Il complesso dei lavori suindicati potrà risolvere i problemi delle correnti di traffico diretto nel settore est della città, ma non quelli riguardanti il settore ovest.

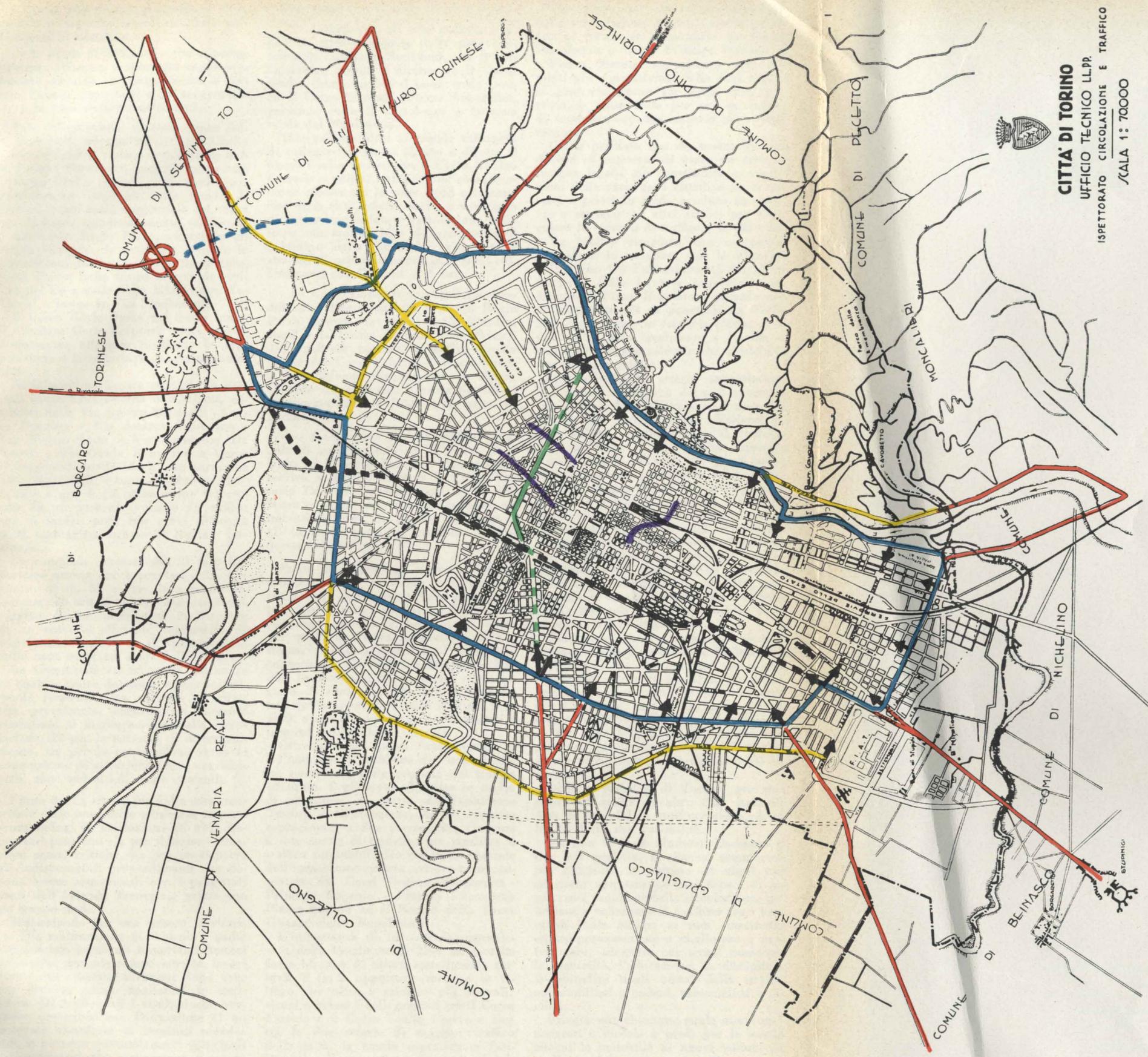
Pertanto è stato effettuato contemporaneamente lo studio per il completamento di un'altra grande arteria che, partendo dall'inizio dell'autostrada Torino-Milano lungo gli attuali Corso Vercelli - Grosseto - Potenza - Lecce - Trapani - Siracusa - Cosenza - Agnelli - Traiano - Maroncelli collegherà la zona nord della città con la zona ovest e con la zona sud inserendosi sulla radiale Torino-Moncalieri e riacciandosi alla radiale est, dove praticamente si diramano le Statali 20 e 29 e più oltre avrà inizio l'autostrada Torino-Piacenza.

Questa tangenziale interna della larghezza da m. 40 a m. 55,50, comporterà la ricostruzione del ponte sulla Stura in corrispondenza del Corso Vercelli e la costruzione di un nuovo ponte sulla Dora Riparia in regione Pellerina.

Essa attraverserà zone densamente abitate e zone industriali di grande importanza e potrà essere sistemata con quattro carreggiate delle quali due centrali per il traffico rapido con un limitato numero di incroci controllati e due laterali per il servizio delle case.

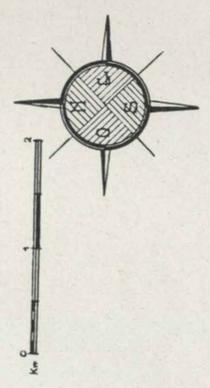
La realizzazione delle tangenziali suddette permetterà lo scorrimento di notevoli volumi di traffico ma non potrà soddisfare tutte le esigenze che verranno imposte da correnti circolatorie sempre in aumento sia in relazione al costante incremento della motorizzazione, sia in relazione al continuo aumento della popolazione urbana.

Sarà pertanto necessario, specialmente nella zona nord e nella zona ovest del territorio, potenziare alcune importanti arterie che serviranno indubbiamente ad alleggerire altre arterie urbane già sature nelle ore di punta ed a migliorare l'organizzazione del traffico urbano secondo i più moderni indirizzi in materia di circolazione che tendono a separare le correnti di traffico in percorsi autonomi evitando, per quanto possibile, le intersezioni a livello.



  
**CITTA' DI TORINO**  
 UFFICIO TECNICO LL.PP.  
 ISPETTORATO CIRCOLAZIONE E TRAFFICO  
 /SCALA 1: 70000

- Grandi arterie convergenti su Torino
- Tangenziali urbane
- Arterie di penetrazione
- Arterie da allargare e sistemare
- Strada sopraelevata
- Gallerie stradali
- Asse di penetrazione nord sud



I lavori più urgenti dovrebbero interessare le seguenti arterie, indicate nell'allegata planimetria:

— la strada di Settimo — che opportunamente allargata e sistemata rappresenterebbe un utile collegamento tra la Statale Padana Superiore e la tangenziale est e la zona nord-est della città.

Tale collegamento, di competenza della Provincia, alleggerirà il Corso Giulio Cesare poichè il traffico proveniente dalla Padana Superiore, anzichè interessare il Corso Giulio Cesare, potrà essere preventivamente dirottato sulla strada di Settimo e poi sulla tangenziale est, sulla Via Bologna opportunamente migliorata e sul Corso Regio Parco, attraverso un nuovo raccordo, da realizzare secondo le prescrizioni del Nuovo Piano Regolatore, dalla Piazza Sofia lungo la sponda sinistra del Po a valle della Manifattura Tabacchi e lungo la Via Pindemonte.

Il Corso Regio Parco nel tratto lungo il Cimitero Generale potrà essere convenientemente allargato mediante la soppressione e la copertura del canale omonimo.

Nella piantina appare evidente la prevista tangenziale esterna Nord-Ovest, costituita dalla Via Sandro Botticelli - Corso Grosseto - Via Andrea Sansovino - Via Pietro Cossa - Via Francesco De Sanctis - Via Guido Reni fino a Corso Orbassano dietro la FIAT, che attraversa zone industriali e zone densamente fabbricate e che è già attualmente interessata da un notevole volume di traffico che si svolge però con gravi difficoltà nella carreggiata attuale di limitata larghezza.

La completa sistemazione di tale importante arteria che è prevista dalla larghezza di m. 36 e che deve essere attrezzata con criteri tecnici moderni e carreggiate divise, permetterà di disporre di un secondo efficiente semianello di scorrimento veloce e di penetrazione nelle zone nord ed ovest della città.

Le tangenziali est ed ovest, anche se in qualche tratto dovranno essere inizialmente realizzate con varianti di carattere provvisorio, daranno un notevole contributo al miglioramento della circolazione sia per le correnti di attraversamento, sia per la penetrazione verso le zone urbane di attrazione (zone commerciali, zone industriali, zone centrali).

**Punto 3** - La situazione della zona centrale e delle immediate adiacenze impone senza indugi la risoluzione di altri importanti problemi sia per sbloccare situazioni ormai critiche, sia per predisporre gli indispensabili provvedimenti che devono essere armonizzati con i progettati studi dell'Azienda Tranviaria prima che sia troppo tardi.

Tralasciando per ora quanto si riferisce alla realizzazione di svincoli a quote differenziate in alcuni importanti incroci della zona centrale e semicentrale, lavori questi che saranno affrontati dopo aver per qualche tempo analizzato le statistiche del traffico ed i risultati che verranno conseguiti con l'attuazione di un notevole complesso di impianti semaforici, si possono puntualizzare i principali provvedimenti che comportano notevole impegno tecnico ed economico e che è però indispensabile impostare senza indugio.

Essi sono:

— Costruzione di una galleria stradale di attraversamento della zona centrale, in direzione Nord-Sud, per il collegamento rapido e diretto tra il Corso Giulio Cesare presso il ponte sulla Dora ed il Corso Siccardi (Piazza Arbarello), passando sotto il Cottolengo e la zona verde del Manicomio.

Tale galleria oltre al grande vantaggio di collegare in modo idoneo e diretto il Corso Giulio Cesare con il Corso Galileo Ferraris e quindi stabilire una comunicazione efficace tra la zona Nord e la zona Sud della città, offrirà anche il vantaggio di raccordare la futura autostazione delle linee automobilistiche di gran turismo (giardino della Cittadella) con arterie stradali di primaria importanza per i collegamenti con il Nord e il Sud.

— Costruzione di una galleria stradale di collegamento tra il Corso Regio Parco (presso la Dora) zona Giardini Reali e la Piazza Castello (lato Ovest). Tale galleria porterà il traffico proveniente dai Corsi Palermo e Regio Parco e Via Bologna direttamente in Piazza Castello senza incroci e senza pericolosi attraversamenti di linee tranviarie, di porticati, ecc.

— Costruzione di una galleria stradale di collegamento tra il *Corso Stati Uniti ed il Corso Marconi*. Tale galleria servirà a decongestionare il Corso Vittorio Emanuele specialmente tra le Vie Nizza e Sacchi, dove tra qualche anno gli imbottigliamenti, le perdite di tempo e gli incidenti potranno assumere un'importanza assai grave.

**Punto 4** - Parcheggi centrali. Questo problema sarà agevolato notevolmente realizzando in corrispondenza di tutte le principali piazze e slarghi del Centro, dei parcheggi sotterranei, per i quali, come per quelli di Piazza Arbarello e di Via Roma, potranno essere fatti accordi e convenzioni con Società e Privati lasciandoli in uso degli stessi per un certo numero di anni di modo che il Comune non debba spendere denaro in studi, progetti, opere che potranno essere portati a termine dall'iniziativa privata.

Oltre a questi punti fondamentali vi è l'importante problema di Piazza Statuto, nodo veramente cruciale del traffico cittadino. È già stato effettuato lo studio di massima, da parte dell'Ispettorato Traffico e Circolazione, di un viadotto sopraelevato a due carreggiate, ciascuna a due corsie di transito, per smaltire il traffico automobilistico nel tratto centrale dell'importante arteria est-ovest rappresentata dai Corsi Regina Margherita - Principe Eugenio - Francia sbloccando Piazza Statuto ed il Rondò della Forca (Piazza della Repubblica).

L'importanza di tale strada sopraelevata della lunghezza di 2340 m. non ha forse bisogno di essere sottolineata; tuttavia è forse opportuno mettere in rilievo che oltre a rendere più agevoli; sicuri e veloci i collegamenti tra il Corso Francia e il Corso Giulio Cesare e cioè tra le due arterie di maggior traffico della città, la strada sopraelevata faciliterà i collegamenti tra la zona est della città con il nuovo Centro Direzionale previsto dal Nuovo Piano Regolatore nella zona del Mattatoio e delle carceri.

Tale sopravvia potrà essere affiancata dalla realizzazione di una sottovia parallela al trincerone ferroviario tra Corso Inghilterra e Corso Principe Oddone.

Piazza Statuto rappresenta uno dei punti più congestionati della città e data la presenza, come già detto della ferrovia, è impossibile per ora prevedere di superarla con una sottovia per motivi tecnici.

Credo pertanto che sia nostro preciso dovere ed interesse di usare un criterio tecnico legato alle possibilità e condizioni delle varie zone cittadine senza fissarsi a priori in modo assoluto su sottovie e sopravvie od altri artifici per svincolare le correnti di traffico a livelli vari.

Va inoltre ricordato che comunque procedano le trattative con le Ferrovie dello Stato per l'abbassamento del piano di ferro della ferrovia proveniente da Milano, il Piano Regolatore prevede che la grande arteria di penetrazione Nord-Sud corra sopra la ferrovia stessa, e se non la si potrà realizzare a livello si costruirà una sopraelevata che ricalchi il tracciato ferroviario.

Questa seconda arteria sopraelevata, che partirà all'incirca dopo il raccordo con lo Scalo Mercè Vanchiglia e giungerà fino a C.so Mediterraneo, all'altezza di P.za d'Armi, costituirà con il viadotto di P.za Statuto, C.so Principe Eugenio, C.so Regina Margherita, che potrà essere successivamente prolungato ad Est fino al ponte Regina Margherita per collegarsi con la prevista tangenziale Est ed ad Ovest oltre P.za Bernini o Rivoli a seconda delle future necessità, un sistema di due veloci arterie urbane a carattere autostradale che permettendo il rapido attraversamento Nord-Sud ed Est-Ovest della città, collegheranno le varie tangenziali e vie di afflusso alla periferia della città con il centro storico, commerciale, vitale della stessa.

Tutti questi studi e proposte sono stati sottoposti alla Commissione Permanente di Viabilità che si è espressa con parere favorevole in merito e speriamo possano essere approvati quanto prima dal Consiglio Comunale, in tutto od in parte, per entrare nella fase realizzatrice delle opere che sono le più urgenti, le più importanti, quelle che devono venire realizzate senza indugio perchè si è già in ritardo.

Oggi la viabilità di Torino, pur migliore di quella di altre città italiane, data la sua felice configurazione, è al limite delle sue possibilità.

Ma non vi è da illudersi. La segnaletica più perfetta, il sistema semaforico più efficiente, il numero di vigili più adeguato non saranno mai capaci di risolvere i problemi della circolazione, annullare e conciliare il conflitto fra i vari utenti della strada, se non riusciremo contemporaneamente a migliorare e perfezionare, adeguare coi tempi moderni, la mentalità, l'educazione, la disciplina, le abitudini degli utenti della strada, automobilisti e pedoni, motociclisti e ciclisti.

Bisogna che chiunque guida mezzi motorizzati e circola a piedi per le strade adegui la mentalità ai nuovi volumi di traffico, migliorando così indirettamente la circolazione ed aumentando decisamente la sicurezza sulle nostre strade.

Troppo sovente l'indisciplina stradale