

**SOCIETÀ
DEGLI INGEGNERI E DEGLI ARCHITETTI
IN TORINO**

ATTI E RASSEGNA TECNICA

Anno III

XXXII-11-12

**NOVEMBRE
DICEMBRE 1978**

N U O V A S E R I E

POLITECNICO DI TORINO
SISTEMA BIBLIOTECARIO

**PER
15
3059**

BIBLIOTECA DI INGEGNERIA

ATTI DELLA SOCIETÀ

**ALIANZA SULLE COSTRUZIONI METALLICHE - CALCOLO A COLLASSO PLASTICO DELLE
MENTI: G. BALLIO, Definizione di stati limite nelle normative sulle strutture metalliche - G. SAC-
asso plastico nello studio delle strutture metalliche - V. NASCÈ, Prospettive e limiti di applicazione del**

Conferenza sul tema: *La bioingegneria del cuore artificiale applicato con successo all'uomo* — Note
i articoli.

RASSEGNA TECNICA

**EMANUEL - La localizzazione del terziario superiore a Torino — F. VAUDETTI - La programmazione
decenni — G. CASTELLANI e A. TUBERGA - Applicazione della legge 373/76 per un edificio residenziale.**

15/3059

ZÜST AMBROSETTI S.p.A.

TRASPORTI INTERNAZIONALI

Affidateci con sicurezza e fiducia le vostre spedizioni per:

- Servizi ferroviari groupages nazionali e internazionali
- Servizi camionistici groupages nazionali e internazionali
- Traffico oltre mare
- Servizi rail-route
- Servizi doganali
- Traffici aerei (Agenti IATA MERCI)
- Trasporti di merce di dimensioni e pesi eccezionali
- Traffici automobilistici con propri magazzini doganali e propri vagoni e camions a doppio piano
- Servizi speciali d'opere d'arte
- Assicurazione di trasporto
- Servizi speciali liquori e magazzinaggi

SEDE LEGALE

TORINO: Corso Rosselli, 181
Tel. 011/33.361 - Telex 23242

MILANO: Via Toffetti, 104
Tel. 02/52541 - Telex 31.242

ARLUNO: Via Bellini, 2/4
Tel. 02/901.72.03 - Telex 36124

BARI:
Str. Vicinale del Tesoro, 11/1-3
Tel. 080/441.421/2 - 441.609
Telex 81247

SALA BOLOGNESE
(loc. Tavernelle):
Via Stelloni, 12/A
Tel. 051/954.252/4 - 954.201/4
Telex 51118

BOLZANO: Via Renon, 21
Tel. 0471/23681/2
Telex 40142

COMO-Carmelata:
Via Confalonieri
Tel. 031/506.092 - 506277
Telex 38077

SESTO FIORENTINO:
Via Gramsci, 546
Tel. 055/449.48.31 - Telex 57403

GENOVA-Sampierdarena:
Via A. Cantore, 8/H
Tel. 010/417.041/51 - Telex 27348

LIVORNO: Via III Novembre, 8
Scala B/int. 12
Tel. 0586/35.107/8

MODENA: Via del Canaletto, 588
Tel. 059/312.044 - Telex 51208

NAPOLI: Via A. Vespucci, 78
Tel. 081/260.756 - 260652
Telex 71557

ROMA: Via Trastevere, 108
Tel. 06/580.05.80

SAVONA: Via Chiodo, 2
Tel. 019/28.877 - 22.875
Telex 27595

VANZAGO: Via Valle Ticino, 30
Tel. 02/934.44.26/7/8 - Telex 39515

NEW YORK N. Y. 10048 (USA):
One World Trade Center,
Suite 5347
Tel. 432.06.90 - Telex 125404

HONG KONG:
2001 Advance Building, 20/F
34-38 Des Voex Road, C.
Tel. 5-220186 - Telex 83219

SINGAPORE 2:
Suite 1107-1108, 11th Floor,
Tunas Building 114, Anson Road
Tel. 220.63.88 - Telex 23715

BELO HORIZONTE
(BRASILE) MG.:
Av. Amazonas 2496
Tel. 335.13.94 - Telex 311503

SAO PAULO (BRASILE):
Rua do Seminario, 199
7º Andar
Tel. 349.944 - Telex 1122624

CASA ALLEATA

S.E.T.
(Société d'entreprise et de transport)

Ufficio di collegamento e
rappresentanza:
c/o Onofri & Rumbo
Via della Magliana, 210
00146 ROMA
Tel. 06/527.09.43 - Telex 63238

Siège sociale:
rue de Chablis, 1
Bobigny (Parigi)

CASA CONSOCIATA

S.I.T.F.A.
(Società Italiana Trasporti Ferro-
viari Autoveicoli)
Via M. Voli, 31
10135 TORINO
Tel. 011/613.204/5 - Telex 21251

doppia sicurezza

porta

FRESIA
consiglia



serrature a doppio cilindro di sicurezza



MOTTURA e C

BREVETTI



SERRATURE DI ALTISSIMA SICUREZZA



BREVETTI

serrature di altissima sicurezza

quintuplice

serratura da applicare con doppia pompa
a gorges a 5 punti di chiusura

articolo 900

supercatenaccio estensibile a 2 punti di
chiusura da cm.75 a cm.90 con doppia pompa a gorges
e ferrogliere registrabili da murare

articolo 1000

supercatenaccio estensibile a 6 punti di
chiusura da cm.75 a cm.90 con doppia pompa a gorges
e ferrogliere registrabili da murare

in vendita :

FRESIA

FERRAMENTA - UTENSILERIA

10152 TORINO - VIA AOSTA, 3

TELEFONO (011) 85.08.28

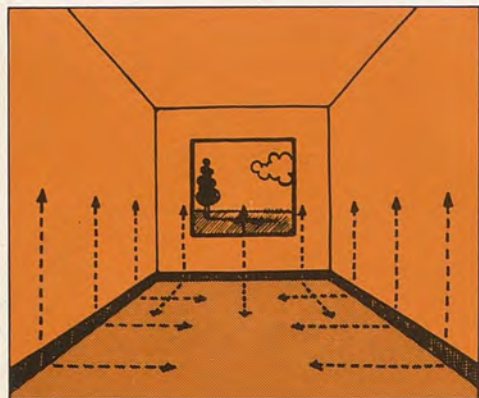
COALA

Elpan



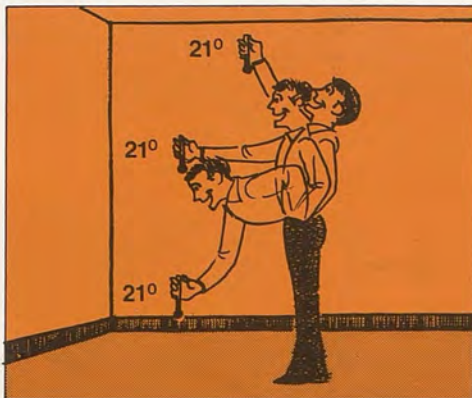
IL CALDO CHE AVVOLGE

L'ELPAN FA DELLA TUA CASA UN GUSCIO DI CALORE E TI PERMETTE ALLO STESSO TEMPO DI RIDURRE FINO AL 40% I COSTI DI RISCALDAMENTO



Sostituendo il battiscopa della stanza con moduli riscaldanti, Elpan ha per la prima volta risolto il problema della distribuzione uniforme del calore ovunque nella stanza.

Il calore viene fornito sotto forma di un leggero tappeto radiante calore a livello del pavimento e sotto forma di una leggerissima corrente d'aria che sale lungo le pareti con una velocità di meno di 10 cm/sec.



La forte produzione di calore da uno o più punti della stanza provoca un'erronea distribuzione di calore, grande velocità dell'aria ed un'aria secca e spiacevole. Per avere una temperatura di 21° all'altezza delle caviglie devi avere una temperatura media di 24° C e ciò rende l'aria ancora più secca e costa soldi.

Per la prima volta con il sistema Elpan è stato possibile ottenere esattamente la stessa piacevole temperatura sia ai piedi che alla testa indipendentemente dal fatto che uno si trovi vicino alla fonte di calore o lontano da essa.

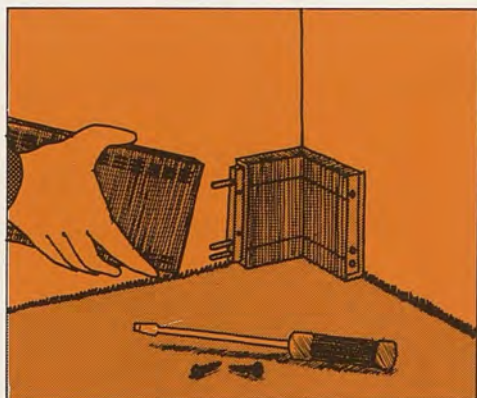


Il controllo speciale Elpan che viene installato in ogni stanza programma automaticamente la temperatura desiderata nell'ora desiderata, nella stanza desiderata. L'orologio del termocontrollo viene regolato una volta per tutte, però se tu avessi improvvisamente bisogno di cambiare il programma lo puoi fare inserendo la regolazione manuale. La regolazione automatica temporale della temperatura ti fa risparmiare da sola il 15% del tuo consumo di calore.



Quando ci sono molte persone in una stanza, la temperatura sale, perché esse stesse producono calore; così pure l'illuminazione, il mangiare, il bere, producono "calore gratuito".

Anche collegando un termostato ad un sistema tradizionale di riscaldamento, difficilmente puoi beneficiare di tutto questo "calore gratuito", perché tali tipi di riscaldamento funzionano molto lentamente e gradatamente. Con Elpan puoi, al contrario usufruirne completamente. Elpan circonda di calore tutta la stanza e reagisce istantaneamente. Le calorie del "calore gratuito" non vanno perciò disperse e non ci sono spiacevoli sbalzi di temperatura.



Il calore viene erogato dagli eleganti elementi-modulo che sostituiscono il battiscopa della stanza (risparmi dunque il tradizionale battiscopa). I moduli sono realizzati in metallo verniciato con vernice speciale e muniti di una spina femmina ed una maschio. Si possono ottenere in colori diversi secondo le esigenze di arredamento. Installare il Sistema Modulare Elpan è semplicissimo, può farlo qualsiasi elettricista e ciò che gli serve è soltanto un cacciavite.



Eliminando gli ingombri dei tradizionali erogatori (fonti) di calore, il battiscopa Elpan ti dà la facoltà di arredare i vari ambienti della tua casa con libertà assoluta. I moduli Elpan ove visibili costituiscono una fusione armonica con l'ambiente che circondano. Facilissimi da pulire i moduli Elpan costituiscono la soluzione ideale per ambienti di ogni tipo.

COALA
Elpan

ESCLUSIVISTA provera & C.s.p.a. 10152 torino - c. napoli 32 - tel. (011) 85.93.93 (5 linee)

IMPIANTI TELEFONICI DI PROPRIETÀ

Molte aziende, come industrie, banche, compagnie di assicurazione, enti pubblici, hanno l'impianto telefonico di proprietà, perché i calcoli economici sono evidenti:

- **ammortamento in pochi anni** *il valore di una centrale telefonica dopo 5 anni è del 60%.*
- **facilità di adeguamento** *sostituzione, applicazione di accessori, spostamenti, modifiche.*
- **celerità d'intervento** *nessun impegno pluriennale a scadenza fissa, nessun deposito cauzionale.*
- **consegne rapide.**

Altre informazioni potranno darvele i nostri tecnici. INTERPELLATECI!

INTERFONICI - RICERCA PERSONE - DIFFUSIONE SONORA
VENDITA APPARECCHI ED ACCESSORI TELEFONICI



RADIO TELEFONICA SUBALPINA

F. VIGNA - S. GASPARATO & C. - s.a.s.

TORINO - C.so DUCA DEGLI ABRUZZI 6 - TEL. 530300 - 530600

Prefabbricare un' esigenza di oggi



**Al servizio
del progettista
e del committente**



PREFABBRICATI PRECOMPRESSI VIBRATI IN C.A.

ING. PRUNOTTO

12060 GALLO GRINZANE ALBA (CN) TEL. (0173) 62032-62033

et

edilizia torino

SCALE A CHIOCCIOLA IN LAMIERA
E LEGNO - SCALE RETRATTILI



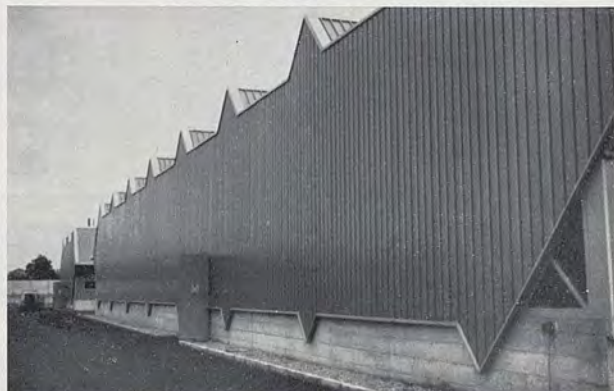
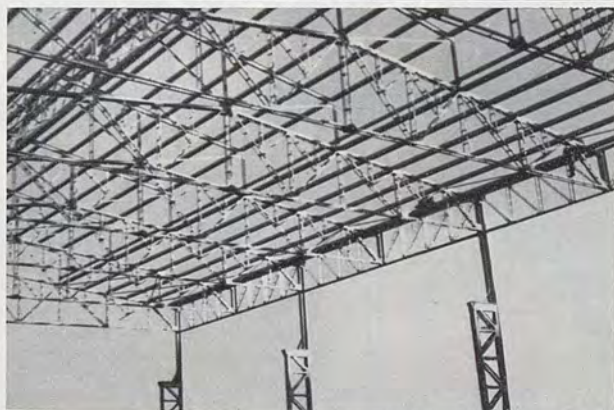
Via Sestriere, 9/a - tel. 330.540 - 339.698

EDIFICI

CIVILI - INDUSTRIALI - AGRICOLI

ORTECO

CARPENTERIA METALLICA



Torino - c. M. D'Azeglio 78 - tel. 688792

ATTI E RASSEGNA TECNICA

DELLA SOCIETÀ DEGLI INGEGNERI E DEGLI ARCHITETTI IN TORINO

RIVISTA FONDATA A TORINO NEL 1867

NUOVA SERIE . ANNO XXXII . N. 11-12 NOVEMBRE-DICEMBRE 1978

SOMMARIO

ATTI DELLA SOCIETÀ

LA PROSSIMA NORMATIVA ITALIANA SULLE COSTRUZIONI METALLICHE - CALCOLO A COLLASSO PLASTICO DELLE STRUTTURE E DEI COLLEGAMENTI

G. BALLIO - *Definizione di stati limite nelle normative sulle strutture metalliche* . pag. 281

G. SACCHI - *Contributo del calcolo a collasso plastico nello studio delle strutture metalliche* » 285

V. NASCÈ - *Prospettive e limiti di applicazione del calcolo a collasso plastico* » 293

Visita al Centro Ricerche Fiat » 299

Conferenza sul tema: *La bioingegneria del cuore artificiale applicato con successo all'uomo* » 299

Note agli Autori per la redazione degli articoli » 300

RASSEGNA TECNICA

G. DEMATTEIS, G. DI MEGLIO e C. EMANUEL - *La localizzazione del terziario superiore a Torino* » 301

F. VAUDETTEI - *La programmazione tecnica dell'ospedale negli ultimi decenni* » 315

G. CASTELLANI e A. TUBERGA - *Applicazione della legge 373/76 per un edificio residenziale* » 319

Direttore: Giuseppe Fulcheri.

Vice Direttore: Roberto Gabetti.

Comitato di redazione: Dante Buelli, Vincenzo Ferro, Marco Filippi, Cristiana Lombardi Sertorio, Mario Oreglia, Francesco Sibilla, Giovanni Torretta, Gian Pio Zuccotti.

Segretaria di redazione: Elena Tamagno.

Redazione, segreteria, amministrazione: Società degli Ingegneri e Architetti in Torino, via Giolitti, 1 - Torino.

Periodico inviato gratuitamente ai Soci della Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino.

NELLO SCRIVERE AGLI INSERZIONISTI CITARE QUESTA RIVISTA III

180.000

sportelli bancari
riconoscono
la Carta Assegni
del Credito Italiano
e cambiano i tuoi assegni
in denaro contante



1.300.000

negozi, alberghi ed
esercizi di ogni genere
accettano
per i tuoi pagamenti
la carta di credito
Eurocard

**Con Eurocard e Carta Assegni
sei ovunque tra amici...
il Credito Italiano
ti presenta e garantisce per te**



Credito Italiano

BANCA D'INTERESSE NAZIONALE

LA PROSSIMA NORMATIVA ITALIANA SULLE COSTRUZIONI METALLICHE — CALCOLO A COLLASSO PLASTICO DELLE STRUTTURE E DEI COLLEGAMENTI

Indetta dal Collegio dei Tecnici dell'Acciaio e dalla Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino e organizzata dal Socio Vittorio Nascé, si è svolta il 12 aprile 1978, presso la sede della nostra Società, una Tavola rotonda sul tema di cui al titolo, come già riportato nel N. 3-4, 1978 della nostra Rivista.

L'occasione della manifestazione era costituita da una disposizione di carattere fondamentale che innoverà, prevedibilmente dall'inizio del prossimo anno, i criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni metalliche. Essa riguarda l'introduzione

del metodo semiprobabilistico agli stati limite ed il riferimento, fra questi ultimi, anche allo stato limite di collasso plastico.

Il prof. Franco Levi del Politecnico di Torino, coordinatore della Tavola Rotonda, ha introdotto l'argomento inquadrando su un piano generale i criteri ed i vantaggi del metodo semiprobabilistico sia in rapporto al metodo tradizionale delle tensioni ammissibili sia in rapporto al limit design.

Sono qui riportati i testi delle relazioni presentate in quella occasione da Giulio Ballio (), Giannantonio Sacchi (**) e Vittorio Nascé (***)*

Definizione di stati limite nelle normative sulle strutture metalliche.

Generalità.

Verificare una struttura o un elemento strutturale significa valutare se, per effetto di eventi che possono influire sullo stato tensionale o deformativo della struttura stessa, si possa raggiungere una situazione per essa pericolosa. Riportandosi a un esempio banale si consideri un'asta tesa sollecitata staticamente da un carico P . Verificare che essa sia sicura significa controllare che la tensione σ indotta da P non venga a superare un certo valore limite σ_L oltre il quale possono prodursi disturbi o danni ritenuti inammissibili.

La verifica è quindi basata sulle seguenti operazioni:

- definire il carico P e calcolare lo stato di sforzo conseguente $\sigma = \sigma(P)$;
- definire il valore limite σ_L che corrisponde a una prefissata situazione di pericolo;
- confrontare σ con σ_L .

Si immagini ora di definire come unica situazione di pericolo il raggiungimento del limite elastico del materiale: il valore limite σ_L coincide allora con il limite elastico del materiale. Se però si assume come condizione di verifica $\sigma(P) \leq \sigma_L$ non è possibile garantire che nell'elemento o nella struttura non

si superi mai tale limite elastico. Ciò a causa di vari fattori dovuti alla possibilità che:

- il carico agente sia superiore a quello previsto P ;
- il materiale abbia un valore della tensione limite inferiore a quello ipotizzato;
- errori di costruzione o montaggio abbiano indotto stati tensionali di coazione nella struttura.

Da queste osservazioni discende la definizione di una tensione ammissibile $\sigma_{am} = \sigma_L/\nu$ pari alla tensione limite σ_L divisa per un coefficiente di sicurezza $\nu \geq 1$. La verifica diviene allora del tipo $\sigma(P) \leq \sigma_{am}$ e prende il nome di verifica col metodo delle tensioni ammissibili.

Questo metodo sebbene largamente utilizzato nella verifica strutturale non è immune da critiche che possono inficiare la sua validità, soprattutto quando si vuole applicarlo per verificare la sicurezza nei confronti di stati limiti differenti da quello limite elastico.

Nella sua versione originale infatti il metodo delle tensioni ammissibili è applicabile solo per controllare che il materiale resista in campo elastico agli effetti indotti nella struttura da carichi definiti di « esercizio ». È una estrapolazione quella di utilizzare il metodo come misura della affidabilità delle strutture nei confronti del loro collasso. Per chiarire tale affermazione si consideri la figura la che illustra la modalità di verifica col metodo delle tensioni ammissibili per una struttura costituita da una trave semplicemente appoggiata su una colonna.

(*) Prof. Ing. Giulio Ballio, Istituto di Scienza delle Costruzioni, Università di Pavia.

Si ammetta la possibilità di definire un valore d'esercizio del carico e si considerino le verifiche a flessione della sezione più impegnata, a stabilità della colonna.

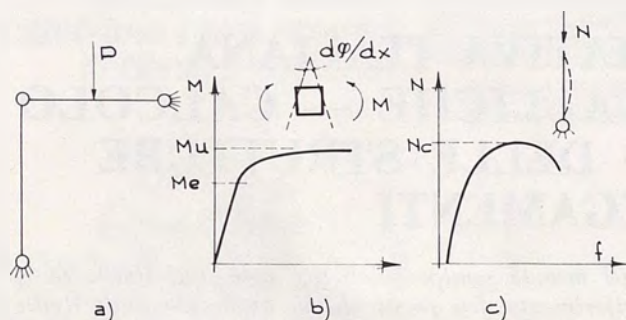


Fig. 1

Per la trave deve essere $M(P) \leq M_{am} = M_e/\nu$ essendo $M_e = \sigma_s W$ il momento che corrisponde al raggiungimento del limite elastico nella fibra più distante dall'asse neutro. Per la colonna deve risultare $N \leq N_{am} \leq N_c/\nu$ essendo N_c il valore del carico sopportabile dalla colonna prima di sbandare per instabilità. Se però si analizzano i comportamenti dei due elementi strutturali fino a collasso, ci si accorge che mentre per la trave inflessa (fig. 1b) si potrà raggiungere il collasso solo per il valore $M_u = \psi M_e$ del momento flettente, per l'asta compressa il carico N_c (fig. 1c) corrisponde al collasso dell'asta.

Il collasso della trave inflessa può quindi avvenire per un valore del carico ψ volte maggiore di quello necessario per far sbandare la colonna: l'affidabilità dei due elementi strutturali è quindi diversa.

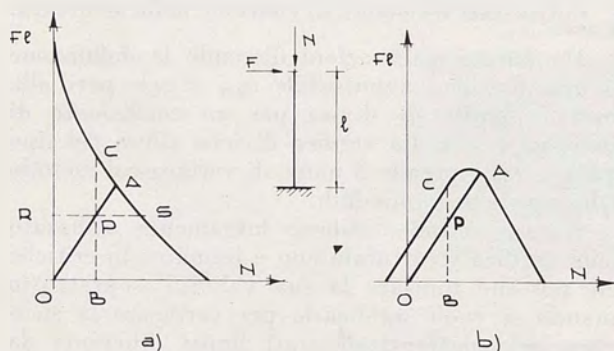


Fig. 2

Anche se l'esempio può essere sembrato banale in quanto si considerano due stati limiti differenti per i due elementi strutturali, la metodologia applicata è però quella che guida abitualmente il progettista che utilizza il metodo delle tensioni ammissibili seguendo le vigenti normative.

Un'altra critica va però mossa al metodo delle tensioni ammissibili: è impossibile operare in modo

corretto quando si debbano combinare fra loro due o più carichi indipendenti.

Si consideri una colonna di un edificio: essa può essere inflessa dal vento e compressa dai carichi permanenti e accidentali. Momento flettente e azione assiale dipendono allora da cause indipendenti. Si definisca una situazione di esercizio caratterizzata da un valore N e M degli effetti assiali e flettenti. Questi individuano un punto P di figura 2a che deve cadere entro il dominio di resistenza della sezione.

Il metodo delle tensioni ammissibili porta a verificare che sia $OA/OP \geq \nu$; considera quindi la possibilità di un contemporaneo incremento di azione assiale e di momento flettente. Se ciò non si verifica il margine di sicurezza è maggiore: infatti se cresce la sola azione assiale è $CB/PB > \nu$ e se cresce la sola azione flettente è $RS/PR > \nu$.

Si consideri ora la base di questa colonna. Trattandosi di una sezione che non resiste a trazione, il suo dominio di sicurezza è schematizzato in fig. 2b: il metodo delle tensioni ammissibili porta a verificare che sia $OA/OP \geq \nu$ e non coglie il fatto che per un aumento della sola azione flettente può risultare $BC/BP < \nu$.

Negli esempi sopra riportati è stato assunto un valore di « esercizio » del carico agente che in molti casi non può essere definito con attendibilità. Può infatti ad esempio esser ritenuta ancora accettabile, almeno da un punto di vista qualitativo, la definizione di carico di esercizio per una gru che trasporta la siviera di una acciaieria e che quindi ad ogni colata è sollecitata dagli effetti di un volume pressoché costante dello stesso materiale. Non può invece essere definito un valore di esercizio di un evento naturale quale precipitazioni nevose, venti o terremoti.

Ne discende che nei confronti di questi carichi il metodo delle tensioni ammissibili non può costituire un metodo accettabile per valutare l'affidabilità di una struttura.

Stati limite.

La valutazione dell'affidabilità di una struttura è possibile solo se, accanto alla definizione dei carichi e del materiale, si specificano le caratteristiche dello stato limite nei confronti del quale ci si vuole cautelare. Dalla definizione dello stato limite discende poi il metodo di calcolo utile per calcolare gli effetti S dei carichi applicati F e della resistenza R funzione della proprietà del materiale σ .

Stati limite possono essere definiti come stati che, se raggiunti, corrispondono alla messa fuori servizio della struttura o di una sua parte nei confronti di un qualche preciso pericolo. Essi possono essere divisi in due categorie:

— *stati limite ultimi* che corrispondono al raggiungimento della massima capacità portante della struttura o di una sua parte;

- *stati limite di servizio* che sono correlati a criteri che giudicano sulla idoneità alla utilizzazione in condizioni normali e alla durabilità della struttura.

Fra gli *stati limite ultimi* di una struttura possono essere annoverati:

- la perdita di equilibrio parziale o globale da parte della struttura considerata come un corpo rigido (fig. 3a);
- la trasformazione della struttura o di una sua parte in un meccanismo in conseguenza della formazione di cerniere plastiche (fig. 3b);

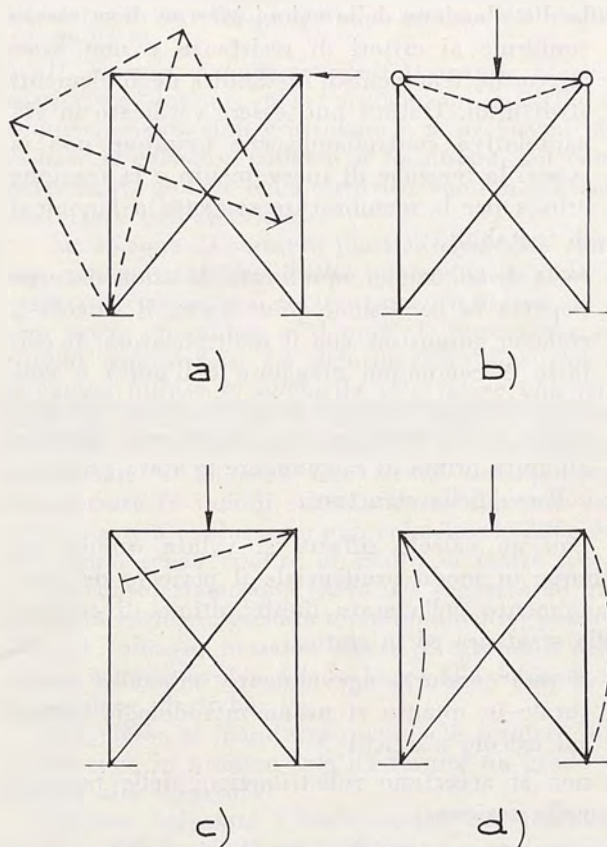


Fig. 3

- la rottura di una parte della struttura per eccesso di deformazione prima che si sia raggiunto un meccanismo (mancanza di duttilità) (fig. 3c);
- la perdita di stabilità da parte di un elemento strutturale (fig. 3d) o della struttura nel suo insieme.

Fra gli *stati limite ultimi* può esser ricordato anche quello relativo a rottura per fatica. Esso però va riguardato in modo diverso dai precedenti perché il valore dei carichi che gli vanno associati sono quelli dovuti alla normale utilizzazione della struttura. D'altra parte i fenomeni di fatica sono

rilevanti solo per certe tipologie strutturali; per esse è necessario definire gli spettri di carico e il comportamento a fatica del materiale e delle giunzioni.

Per gli *stati limite di esercizio* possono essere considerati quelli inerenti:

- la deformabilità della struttura o di sue parti che può rivelarsi dannosa alla sua utilizzazione. Inoltre una eccessiva deformabilità può comportare un aggravio di carico dovuto ai ricarichi di materiale di imbottitura per rendere piane le superfici;
- danni localizzati quali plasticizzazione localizzata, imbozzamenti, scorrimenti delle giunzioni bullonate, cricche nelle giunzioni saldate; essi possono comportare pericoli nei riguardi della corrosione e limitare l'utilizzazione della struttura;
- vibrazioni dovute al vento o a macchinari: esse possono rendere inagibili o inutilizzabili la struttura e possono causare un aumento dello stato di sollecitazione dovuto a fenomeni di risonanza.

Metodi di calcolo per individuare gli stati limite.

I *metodi di calcolo* utili per controllare il raggiungimento o meno di un prefissato stato limite dipendono dalle caratteristiche dello stesso stato limite e più in particolare se questo può essere considerato di servizio o ultimo.

Una struttura deve poter raggiungere molte volte nella sua vita gli *stati limite di servizio* senza perdere in alcun modo le sue caratteristiche di funzionalità. In altri termini al cessare della causa che ha provocato il raggiungimento dello stato limite, la struttura deve mostrare delle deformazioni residue del tutto trascurabili e che comunque non si accumulano nei successivi raggiungimenti degli stessi o di altri *stati limite di servizio*.

I *metodi di calcolo* utili per giudicare se gli effetti dei carichi non comportano il superamento di uno stato limite di servizio sono pertanto quelli basati sull'analisi elastica delle strutture.

Gli *stati limite ultimi* di una struttura sono invece comunque correlati al collasso della struttura. A rigore pertanto i metodi utili per saggiare la possibilità di un loro raggiungimento sono quelli basati sul calcolo a collasso delle strutture. Secondo tale metodologia si devono:

- definire la combinazione di progetto dei carichi;
- valutare la resistenza ultima delle sezioni critiche della struttura ammettendo un comportamento elastoplastico del materiale e la pos-

sibilità della redistribuzione degli sforzi nella sezione;

- calcolare quel numero per cui si deve moltiplicare il valore della combinazione di progetto dei carichi per ottenere il collasso della struttura;
- verificare che tale numero (moltiplicatore) sia maggiore dell'unità e pertanto accertare che la combinazione di progetto dei carichi non corrisponde al raggiungimento dello stato limite ultimo.

Non si può nascondere la difficoltà operativa e in molti casi la impossibilità di operare secondo una siffatta metodologia. Il calcolo a collasso infatti presuppone delle analisi numeriche conducibili solo su elaboratore elettronico (a meno che in casi particolarmente semplici) e i metodi di calcolo su cui si basa hanno validità solo sotto condizioni che spesso vengono disattese nelle strutture in acciaio. In esse infatti i fenomeni di instabilità spesso si manifestano prima che si possa raggiungere la formazione di un numero di cerniere plastiche sufficiente a ridurre la struttura in un meccanismo.

I metodi basati sul calcolo a collasso delle strutture sono quindi uno strumento prezioso per verificare alcune tipologie strutturali: non possono però essere additati come generali per analizzare le strutture metalliche.

Per rendere operativo il calcolo agli stati limite ultimi è allora necessario seguire una via più semplice basata ancora sui metodi di analisi elastica. Questa via è quella seguita nelle attuali normative che, pur ammettendo il calcolo a collasso, non lo prescrivono come indispensabile.

Si possono cioè definire degli stati limite ultimi « convenzionali », definiti dal raggiungimento, nelle varie sezioni, della struttura della tensione di snervamento.

Secondo un tale metodo si deve procedere come segue:

- si definisce una combinazione di progetto dei carichi;
- si calcola la distribuzione di azioni interne conseguente la combinazione di progetto che si considera. Tale distribuzione di azioni interne potrà essere valutata con un'analisi elastica, eventualmente redistribuendo in modo equilibrato le azioni interne lungo la struttura;
- si verifica che questo sia compatibile con la resistenza del materiale o delle giunzioni e con la situazione critica per le membrature soggette a fenomeni di instabilità.

Un procedimento siffatto può sembrare a prima vista un metodo privo di fondamenti teorici ed ibrido fra analisi elastica e un calcolo a collasso della struttura.

In realtà esso è estremamente ragionevole per strutture quali quelle in acciaio, cioè realizzate con un materiale elastoplastico, ma soggette a fenomeni di instabilità che in molti casi non consentono la formazione di cerniere plastiche. Da un punto di vista logico esso può essere giustificato nel modo seguente:

- si considera la struttura e di questa si fa un modello di calcolo ragionevole, appoggiandosi a criteri ispirati al calcolo a rottura;
- su tale modello si deve ricercare una distribuzione di azioni interne equilibrate. Si può raggiungere lo scopo mediante un'analisi elastica del modello;
- la distribuzione delle azioni interne deve essere conforme ai criteri di resistenza e non deve provocare fenomeni di instabilità degli elementi strutturali. Questo può essere verificato in via cautelativa controllando che ovunque non si superi la tensione di snervamento o la tensione critica per le membrature soggette a fenomeni di instabilità;
- se la distribuzione equilibrata di azioni interne rispetta la condizione precedente, il calcolo a collasso garantisce che il moltiplicatore di collasso è comunque maggiore dell'unità e cioè che la combinazione di progetto dei carichi può essere moltiplicata per un fattore non inferiore all'unità prima di raggiungere lo stato limite di collasso della struttura.

Con un calcolo siffatto si valuta quindi comunque in modo prudenziale il pericolo del raggiungimento dello stato limite ultimo di collasso della struttura ed in sintesi:

- si può condurre agevolmente un'analisi strutturale in quanto si usano metodologie basate sul calcolo elastico;
- non si accettano redistribuzioni delle tensioni nella sezione;
- si accettano parziali redistribuzioni delle azioni interne nella struttura solo per giustificare il passaggio fra struttura reale e modello di questa: una volta definito il modello non si tiene conto degli effetti di ulteriori redistribuzioni di azioni interne.

In definitiva esso mantiene le stesse caratteristiche dei metodi fin ora impiegati nel progetto delle strutture in acciaio, ma in aggiunta ne permette una certa razionalizzazione eliminando alcuni inconvenienti insiti nel metodo delle tensioni ammissibili. È quindi logico attendersi che tale metodo, indicato nelle Raccomandazioni della Convenzione Europea delle Costruzioni Metalliche recentemente pubblicate, andrà sempre più diffondendosi nel calcolo delle strutture metalliche.

GIULIO BALLIO

Contributo del calcolo a collasso plastico nello studio delle strutture metalliche.

La struttura metallica costituisce l'occasione più spontanea per parlare di calcolo a collasso plastico.

La circostanza è dovuta essenzialmente alla natura del legame sforzi deformazioni dell'acciaio che presenta, come noto, un tratto elastico al quale segue un tratto, caratterizzato da ampie deformazioni plastiche e da debole incrudimento, ragionevolmente rappresentabile mediante un segmento di retta. La duttilità è tale per cui non è infrequente che un acciaio presenti in una normale prova di laboratorio un allungamento a rottura dell'ordine del 20-25 %.

Il legame σ - ε elastico-perfettamente plastico costituisce dunque, per l'acciaio, un modello di comportamento non grossolano e le previsioni che in base al calcolo a collasso si formulano sul comportamento globale della struttura sono in generale confortate dall'esperienza.

La nozione di cerniera plastica ci appare come una schematizzazione molto plausibile quando si osservi per esempio il comportamento flessionale di una trave metallica a doppio T interessata da carichi concentrati. Le deformazioni plastiche ci appaiono diffuse in modo da interessare una porzione di struttura assai limitata rispetto alle dimensioni della struttura stessa. Ci si sente dunque autorizzati a ritenere che se le immaginiamo concentrate (e quindi schematizzate con una cerniera plastica), riduciamo notevolmente le difficoltà di calcolo senza tradire di molto la realtà fisica.

Se consideriamo una travatura soggetta ad una prova di carico (crescente monotonamente) portata sino al collasso, notiamo che il diagramma delle azioni interne evolve dando luogo alla formazione di cerniere plastiche.

Il collasso si manifesta quando le cerniere plastiche sono in numero tale da fornire un grado di libertà alla struttura.

Diremo soluzioni "staticamente ammissibili" tutte le infinite soluzioni equilibrate e conformi ⁽¹⁾ individuabili per la struttura. Ad ogni soluzione staticamente ammissibile è associato un moltiplicatore dei carichi indicato con ψ e detto moltiplicatore "staticamente ammissibile".

Se si rivolge ora l'attenzione all'aspetto cinematico della struttura, constatiamo che è sempre possibile introdurre nella struttura un numero di cerniere plastiche sufficiente per renderla labile ed è sempre possibile applicare il principio dei lavori virtuali per calcolare un moltiplicatore dei carichi che indicheremo con γ e che chiameremo moltiplicatore "cinematicamente sufficiente".

(**) Prof. Arch. Giannantonio Sacchi, Istituto di Scienza e Tecnica delle Costruzioni, Politecnico di Milano.

(1) Si dice « conforme » una soluzione per cui il valore assoluto del momento flettente non supera in alcuna sezione il momento limite ammissibile. Più in generale si dice conforme uno stato di sforzo che soddisfi la condizione di plasticità.

Indicando con S_L il valore del moltiplicatore esatto, cioè tale da comportare il collasso della struttura, si può dimostrare la disuguaglianza:

$$\psi \leq S_L \leq \gamma$$

ovvero: un moltiplicatore statisticamente ammissibile è sempre inferiore o uguale al moltiplicatore esatto; un moltiplicatore cinematicamente sufficiente è sempre superiore o uguale al moltiplicatore esatto.

Si può inoltre affermare che il moltiplicatore di collasso è il più grande di tutti i moltiplicatori statici ed il più piccolo di tutti i cinematici ed è l'unico ad essere contemporaneamente staticamente ammissibile e cinematicamente sufficiente.

Questi teoremi dovuti a Greenberg e Prager sono i teoremi fondamentali del calcolo a rottura. Essi consentono di cogliere il moltiplicatore S_L , e quindi la condizione limite, senza dover studiare la « storia » della struttura al crescere dei carichi.

Si tratta di strumenti operativi di notevole interesse e semplicità per la valutazione della capacità portante ultima delle strutture.

Questo privilegio, rispetto al calcolo a rottura, di cui godono le strutture metalliche composte da travi (quali ad esempio i telai), permane anche quando rivolgiamo la nostra attenzione a strutture bidimensionali quali serbatoi, piastre inflesse, lastre, particolari costruttivi.

Se sottoponiamo a prova di rottura una piastra sottile caricata normalmente al suo piano medio noteremo che il collasso è caratterizzato da deformazioni plastiche organizzate secondo linee che interpretiamo come testimonianza di zone sede di ampia rotazione fra zone di struttura rimaste elastiche. Ecco che con poca fantasia riusciamo a generalizzare la nozione di cerniera plastica a quella di cerniera plastica cilindrica e la nozione di cinematicismo, che nelle ossature piane era caratterizzata da un insieme di cerniere plastiche tale da conferire un grado di libertà alla struttura, si associa in questo caso ad un insieme di « linee di rottura » organizzate in modo da lasciar ruotare parti della struttura piana.

Non diversamente accade nelle lastre caricate nel loro piano. Al crescere del carico possiamo osservare l'estendersi delle deformazioni plastiche e definiamo « collasso » l'istante in cui esse si sono estese ed organizzate in modo da fornire almeno un grado di libertà alla struttura, cioè la possibilità di atti di moto relativo fra parti di lastra rimaste elastiche.

Come noto, nel caso monodimensionale diciamo che la cerniera plastica si manifesta quando il momento flettente raggiunge il momento limite. In generale nel caso bidimensionale diremo che la plasticità si manifesta quando una particolare funzione degli sforzi (per esempio di Von Mises, o di Tresca) raggiunge un valore ammissibile desunto dall'esperienza. Anche nel caso bidimen-

sionale dunque potremo parlare di soluzioni staticamente ammissibili quando vedremo soddisfatti equilibrio e condizione di plasticità.

Potremo inoltre parlare di energia dissipata e di soluzioni cinematicamente sufficienti quando saranno definite deformazioni congruenti atte a fornire un cinematismo.

Sorge spontaneo il quesito riguardante il ruolo del calcolo a rottura, inteso nella sua formulazione classica, nello studio delle strutture metalliche.

Il calcolo a rottura è in grado infatti di darci, sotto l'ipotesi di comportamento rigido plastico della struttura, un'indice della capacità portante globale della struttura con notevole semplicità di calcolo. La sua filosofia inoltre comporta l'attitudine a cogliere soluzioni staticamente ammissibili e soluzioni cinematicamente sufficienti. La natura delle informazioni è dunque statica e essenzialmente, si badi, non nel senso della conoscenza puntuale dello stato di sforzo, ma nel senso della conoscenza di quelle condizioni di carico capaci di portare a collasso la struttura. È bensì vero che il calcolo a rottura comporta la conoscenza del cinematismo di collasso, ma è altresì vero che si tratta di una informazione sul modo di collasso e non sull'entità degli spostamenti che caratterizzano lo stato ultimo della struttura.

Se questo è l'apporto del calcolo a rottura l'ingegnere strutturista può essere indotto a ritenerlo uno strumento di modesto valore per lo studio delle strutture metalliche la cui crisi può essere determinata spesso da spostamenti inaccettabili o da fenomeni di instabilità dell'equilibrio.

Ci si può inoltre chiedere se nello studio di una struttura metallica l'analisi plastica escluda l'analisi elastica o ne sia complemento.

Vediamo di chiarire dunque i limiti e gli apporti del calcolo a rottura.

Ricordiamo anzitutto che il calcolo a rottura, il cui portato precipuo nella formulazione classica è di cogliere lo stato ultimo di una struttura elastoplastica senza ricorrere alla « storia » dei carichi, non è strumento di per sé atto a fornire indicazioni sull'entità degli spostamenti nella fase di collasso. Per ottenere questo risultato bisognerà integrarlo con considerazioni ulteriori che tengano conto della successione delle cerniere plastiche (o delle deformazioni plastiche nel caso bidimensionale) al crescere dei carichi.

Segnaliamo inoltre che il calcolo a rottura non è in grado di segnalare modalità di collasso connesse con fenomeni di instabilità. Per risolvere questo problema si propongono essenzialmente due vie. La prima, di relativamente facile applicazione e che rientra nella attuale normativa europea ed italiana, consiste nell'effettuare verifiche della stabilità a posteriori sulla struttura di cui si è valutato lo stato limite. La seconda, più complessa nella sua applicazione, consiste nel valutare l'evoluzione dello stato deformativo della struttura elastoplastica durante l'evoluzione dei carichi.

Infine, osserviamo che l'analisi plastica allo stato limite dà informazioni che l'analisi elastica lineare non è in grado di fornire e viceversa. Si

tratta quindi di due approcci complementari e non escludentesi a vicenda.

È importante tuttavia segnalare che, soprattutto nel caso di elementi a geometria molto complessa, talvolta l'analisi elastica non è praticamente attuabile a meno che non si voglia ricorrere a tecniche di calcolo molto sofisticate. In tali casi è spesso possibile un'analisi plastica i cui risultati sono, come vedremo, a favore di sicurezza.

Possiamo concludere questo punto dicendo che ci occuperemo di strutture metalliche il cui collasso possa ragionevolmente ritenersi estraneo a fenomeni di instabilità oppure con la riserva di effettuare verifiche di stabilità sui risultati ottenuti.

* * *

Per affrontare il problema dello studio di strutture metalliche, che possano considerarsi composte da elementi a stato di sforzo piano è opportuno studiare i campi di sforzo discontinui, avendo ben presente che lo studio dello stato di sforzo è prezioso per individuare soluzioni a favore di sicurezza.

Riferiamoci dunque ad elementi di lastra piana, cioè ad elementi a superficie media piana, di contorno qualunque, sollecitati da forze agenti nel piano medio. Le dimensioni della superficie media sono dello stesso ordine di grandezza mentre lo spessore è piccolo nei confronti delle altre dimensioni.

Assunto un sistema di riferimento x, y, z (essendo z l'asse normale al piano medio, si possono, almeno per le normali applicazioni tecniche) trascurare le componenti di sforzo di indice z , e cioè assumere:

$$\sigma_z = 0 \quad \tau_{yz} = 0 \quad (1)$$

Le condizioni (1) ci autorizzano a prendere in considerazione uno stato di sforzo piano. L'asse z si identifica, in direzione, con una direzione principale del tensore degli sforzi che sarà definitivo dalle componenti $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$. Le corrispondenti componenti di velocità di deformazione plastica, d'ora in poi chiamate (senza equivoco, trattandosi di problema di collasso rigido-plastico) semplicemente deformazioni plastiche ed indicate $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \gamma_{xy}$. Le componenti in z non saranno in generale nulle, ma poiché non intervengono a definire la potenza dissipata potranno essere trascurate.

Gli sforzi dovranno soddisfare le ben note condizioni indefinite di equilibrio:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + X &= 0 \\ \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + Y &= 0 \end{aligned} \quad (2)$$

$$\tau_{xy} = \tau_{yx}$$

dove con X ed Y si sono indicate le componenti delle forze di massa per unità di volume.

Saranno inoltre soddisfatte le condizioni di equilibrio al contorno

$$\begin{aligned} \sigma_x n_x + \tau_{xy} n_y &= T_x \\ \tau_{yx} n_x + \sigma_y n_y &= T_y \end{aligned} \quad (3)$$

dove T_x e T_y sono le componenti delle forze esterne e n_x ed n_y i coseni direttori della normale uscente dalla materia.

Sarà inoltre assunta una condizione $f(\sigma_I, \sigma_{II}) \leq K$ di plasticità, dove σ_I e σ_{II} sono le componenti principali di sforzo nel piano $x-y$ e K la costante di plasticità.

Qualora facessimo riferimento alla condizione di Tresca avremmo, come ben noto:

$$\begin{aligned} |\sigma_I| &\leq |\bar{\sigma}| \\ |\sigma_{II}| &\leq |\bar{\sigma}| \\ |\sigma_I - \sigma_{II}| &\leq |\bar{\sigma}| \end{aligned} \quad (4)$$

dove $\bar{\sigma}$ è la sollecitazione di snervamento del materiale.

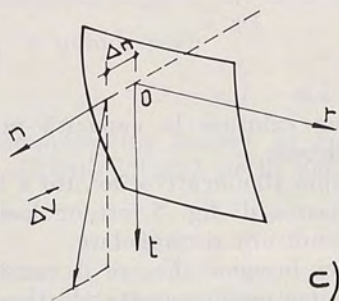
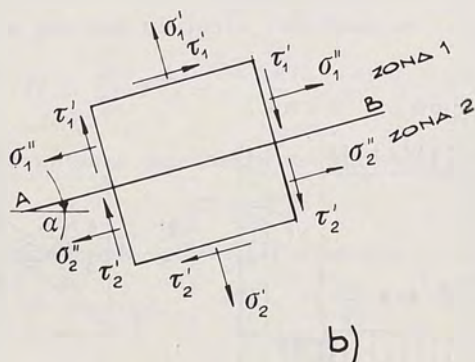
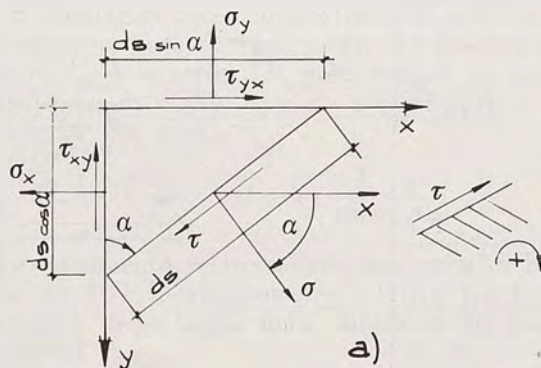


Fig. 1

Diremo che uno stato di sforzo del tipo (1) che soddisfa le condizioni (2), (3) e (4) è staticamente ammissibile e con ψ si indica il moltiplicatore staticamente ammissibile dei carichi esterni ψT_{0i} .

Le dimostrazioni dei teoremi fondamentali del calcolo a rottura non pongono alcuna limitazione sulle eventuali discontinuità del campo degli sforzi, ed a questo tipo di campo faremo utilmente ricorso.

Se AB (fig. 1b) è una linea di discontinuità del campo $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$, l'equilibrio impone che le componenti del tipo σ'_1, σ'_2 e τ'_1, τ'_2 siano continue rispetto a AB , mentre le σ''_1, σ''_2 (parallele ad AB) possono essere discontinue nel passaggio da una banda all'altra di AB .

Rivolgiamo ora la nostra attenzione alle deformazioni. Discontinuità sono possibili anche nel campo delle deformazioni e bisogna valutare la potenza dissipata in tali discontinuità (fig. 1c).

Consideriamo il caso generale di una superficie di discontinuità e supponiamo che, attraversandola nel punto O seguendo la normale n , il vettore velocità di spostamento (o in breve spostamento) $\vec{V}$, subisca una discontinuità di componenti ΔV_n (normale alla superficie) e ΔV_t (tangente alla superficie).

Consideriamo un sistema di riferimento locale n, t, r con n orientato secondo ΔV_n e t secondo ΔV_t . La discontinuità può essere considerata come il passaggio da $\vec{V}$ a $\Delta \vec{V} + \vec{V}$ quando si passi da $n = 0$ ad $n = \Delta n$ e facendo tendere Δn a zero per valori positivi.

Se si calcola la potenza dissipata dD nell'elemento $d\Omega$ della superficie di discontinuità in O , si mostra che, in generale, si deve avere $\Delta V_n = 0$. La discontinuità consiste dunque in uno scorrimento puro nel piano tangenziale alla superficie di discontinuità in O . L'energia dissipata è dunque misurata dalla variazione di spostamento tangenziale, e quindi da $|\Delta V_t|$.

Si ha quindi

$$D = \frac{\bar{\sigma}}{2} |\Delta V_t| \quad (5)$$

Nel caso più generale la descrizione è fornita dalla legge di normalità applicata alla condizione di scorrimento utilizzata.

Potremo osservare che un campo di spostamenti $\vec{V}$ congruenti (anche discontinuo nel senso precisato) è atto a fornirci un moltiplicatore γ cinematicamente sufficiente in base all'espressione nota:

$$\gamma \int_s T_{0i} u^i ds = \int_v D dv \quad (6)$$

Per ottenere una efficace descrizione delle discontinuità di sforzo, la coscienza delle quali sarà preziosa per es. nello studio dei nodi, possiamo ricorrere alla rappresentazione mediante il cerchio di Mohr.

Se nello stesso piano $\sigma-\tau$ di Mohr disegniamo i due cerchi rappresentativi degli stati di sforzo che si fronteggiano sulla linea di discontinuità otterremo, in ossequio alle condizioni di equilibrio citate la figura 2a.

Essi saranno necessariamente intrecciati ed i punti comuni saranno rappresentativi di quelle componenti di sforzo che non possono, per l'equilibrio locale, subire una variazione attraverso la linea di discontinuità.

Se tuttavia si ipotizza che siano sede di plasticità tanto nella zona 1 che nella zona 2 i due

cerchi dovranno rappresentare stati di sforzo di ugual massima τ e quindi essere di ugual diametro. Questa condizione è esauriente nello stato di deformazione piano, mentre richiede precisazioni sostitutive nel caso dello sforzo piano. Tuttavia per semplicità di illustrazione ci limitiamo al primo caso. Nello stato di deformazione piano risulta comunque che la figura precedente si particolarizza come indicato in fig. 2b.

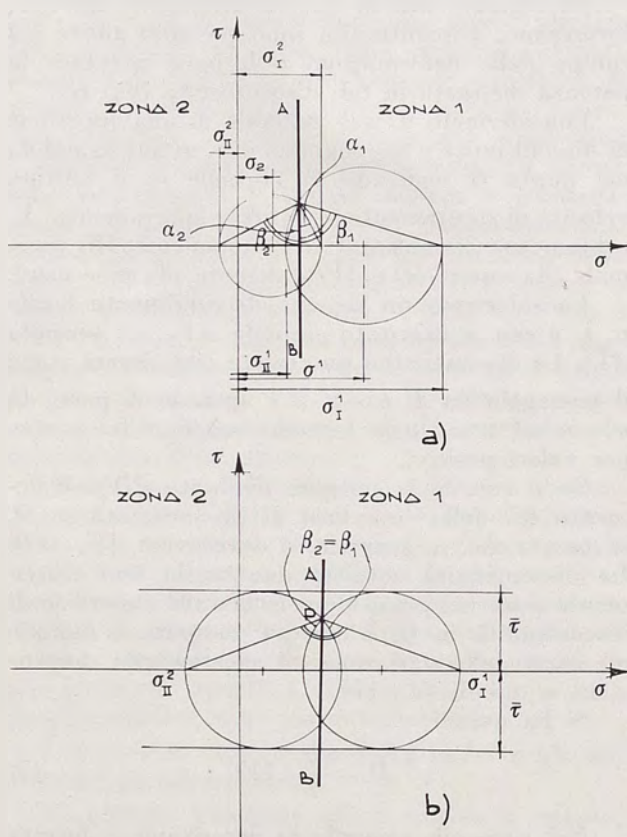


Fig. 2

Si può osservare allora che il polo P comune ai due cerchi vede, per ciascun cerchio, le tensioni principali secondo giaciture simmetriche rispetto all'ordinata rappresentativa della τ di frontiera. Poiché questa componente di sforzo è tangente alla linea di discontinuità possiamo affermare che quest'ultima è localmente tangente alla bisettrice dell'angolo formato dalle linee isostatiche dei due campi da essa separati.

* * *

Un esempio, dovuto a Drucker e Chen, di soluzione discontinua è fornita nella figura 3. Si tratta di una lamina trapezia, caricata sulle basi, in stato di deformazione piano.

È facile vedere che la soluzione proposta comporta che ovunque è attinta la plasticità e che l'equilibrio sia in sede indefinita che al contorno è soddisfatto. Si tratta dunque di soluzione staticamente ammissibile.

Sulla base di questi elementi si può dunque affermare che la struttura può certamente sopportare un carico di intensità T pari almeno a K . Se si dimostra che la soluzione è anche cinematicamente ammissibile si può affermare che il carico ultimo sopportabile dalla struttura è $T = K$.

È opportuno ricordare che questo non significa che lo stato di sforzo a collasso è del tipo indicato. Significa soltanto che tale stato di sforzo è un

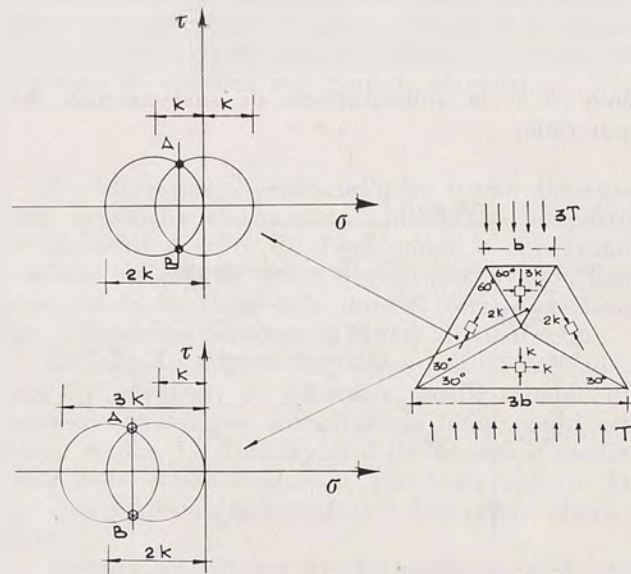


Fig. 3

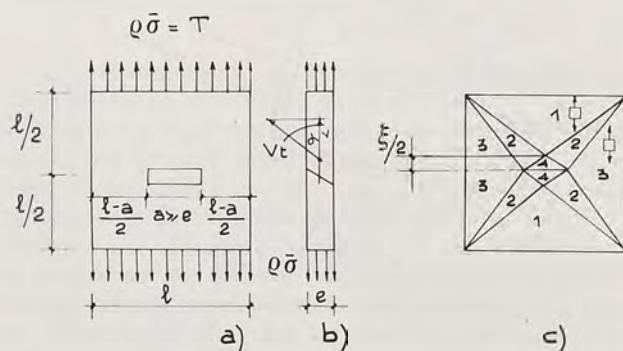


Fig. 4

buon modello per valutare la capacità portante globale della struttura.

Un altro esempio significativo dovuto a Hodge, è relativo alla piastra di fig. 4 rettangolare, interressata da una fenditura rettangolare.

L'esperienza ci insegna che, se il materiale è schematizzabile come perfettamente plastico, come si verifica per l'acciaio dolce, il collasso è raggiunto per grandi deformazioni sotto carico costante allorché il carico stesso raggiunge il valore:

$$T_l = \bar{\sigma} (l - a)e = \bar{\sigma} A_{\text{netta}} \quad (7)$$

Il concetto di area netta A_{netta} della sezione, nata dall'esperienza, è alla base del dimensiona-

mento plastico delle piastre forate in acciaio dolce o, comunque, in materiale duttile.

Questo modo di procedere non è altro che calcolo a rottura. Esso implica infatti una ridistribuzione di sforzi nelle sezioni compromesse da fori. Se si vuole far riferimento all'evoluzione degli sforzi a partire dal campo elastico si può pensare a forti concentrazioni di sforzo che si attenuano con lo svilupparsi delle deformazioni plastiche per condurre ad una ripartizione sensibilmente uniforme degli sforzi allo stato ultimo.

Il calcolo plastico dà una base rigorosa alla nozione di sezione netta e ne precisa le limitazioni come nel seguito vedremo.

Ritorniamo all'elemento della figura 4a ed affrontiamo il problema per via cinematica.

Si immagini come cinematismo di collasso uno scorrimento secondo un piano di discontinuità passante per la retta AB , nella sezione pericolosa, e inclinato di α (fig. 4b). La superficie di scorrimento ha per area

$$A = e(l - a) \frac{1}{\sin \alpha} \quad (8)$$

e lo scorrimento relativo delle due parti di lastra vale, se V è lo spostamento relativo tra le due estremità della lastra nella direzione dei carichi applicati:

$$V_t = \frac{V}{\cos \alpha} \quad (9)$$

La potenza dissipata vale dunque:

$$D = \frac{\bar{\sigma}}{2} AV_t = \frac{V \cdot e(l - a)}{\sin 2\alpha} \bar{\sigma} \quad (10)$$

La potenza dei carichi esterni vale:

$$\mathcal{P} = TV \quad (11)$$

Uguagliando (10) e (11) si ottiene:

$$T^+ = \frac{e(l - a)}{\sin 2\alpha} \bar{\sigma} \quad (12)$$

che è manifestamente un valore cinematico e quindi un maggiorante del carico di collasso.

Il minimo, rispetto ad α di T^+ si ottiene per $\alpha = \frac{\pi}{4}$ e quindi per:

$$T^+ = e(l - a) \bar{\sigma}, \quad (13)$$

che comporta un fattore di riduzione dell'area totale rispetto all'area netta pari a:

$$\varrho^+ = \frac{l - a}{l} \quad (14)$$

Si costruisca ora un campo di sforzi discontinuo come indicato in figura 4c, staticamente ammissibile. Siano i campi 1, 2, 3, 4 a stato di sforzo costante rispetto al posto. Il solo parametro, nel rispetto spontaneo della simmetria, che definisca l'estensione dei diversi campi è ξ . Poiché gli stati di sforzo sono determinati in funzione di ξ , si ottiene, massimizzando il carico nel rispetto della condizione

di plasticità, e tenuto conto che $0 < a/l < 1$ e $0 < \xi < 1$,

$$\xi = 1 - \frac{a}{l} + \left(\frac{a}{l}\right)^2 \quad (15)$$

ovvero

$$\varrho^- = \frac{l - a}{l} \quad (16)$$

Poiché i coefficienti di riduzione ϱ^+ e ϱ^- sono uguali fra loro, la capacità portante della struttura è stimata nello stesso valore di T tanto per via cinematica che statica e quindi rappresenta il valore reale di collasso della struttura.

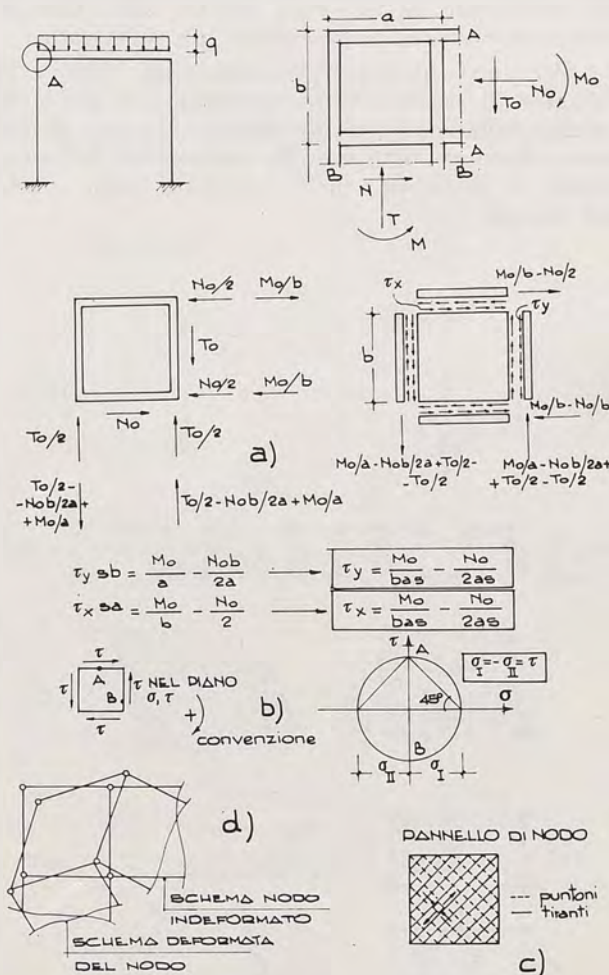


Fig. 5

Quanto osservato suggerisce un efficace impiego del calcolo a rottura nella progettazione di nodi di strutture metalliche. In figura 5 si indica una soluzione staticamente ammissibile, e quindi a favore di sicurezza di un nodo trave-colonna.

Queste immagini sono certamente familiari al lettore, ma quello che importa in questa sede è sottolineare il significato rigoroso di queste soluzioni se viste alla luce dei concetti base del calcolo a rottura. Non meraviglierà inoltre il fatto che possano trovarsi molte soluzioni ugualmente valide.

Infinite infatti sono le soluzioni staticamente ammissibili di una struttura in materiale schematizzabile come perfettamente elasto-plastico.

* * *

L'analisi a collasso di una struttura elasto-plastica implica come noto la rinuncia alla sovrapposibilità degli effetti, cosicché in presenza di diverse condizioni di carico, circostanza che si verifica quasi sempre nelle applicazioni tecniche, dobbiamo affrontare un'operazione di calcolo a rottura per ciascuna di esse.

Saremo costretti (e ci sarà più chiaro nel seguito) a rinunciare alla definizione (tipicamente elastica) di coefficiente di sicurezza riferito allo stato di sforzo instauratosi nella sezione più sollecitata.

Per poter formulare considerazioni relative al margine di risorse che la struttura è in grado di offrirci nelle condizioni di esercizio rispetto al collasso, dovremo ricorrere alla costruzione del « dominio di sicurezza » della struttura nello spazio dei carichi.

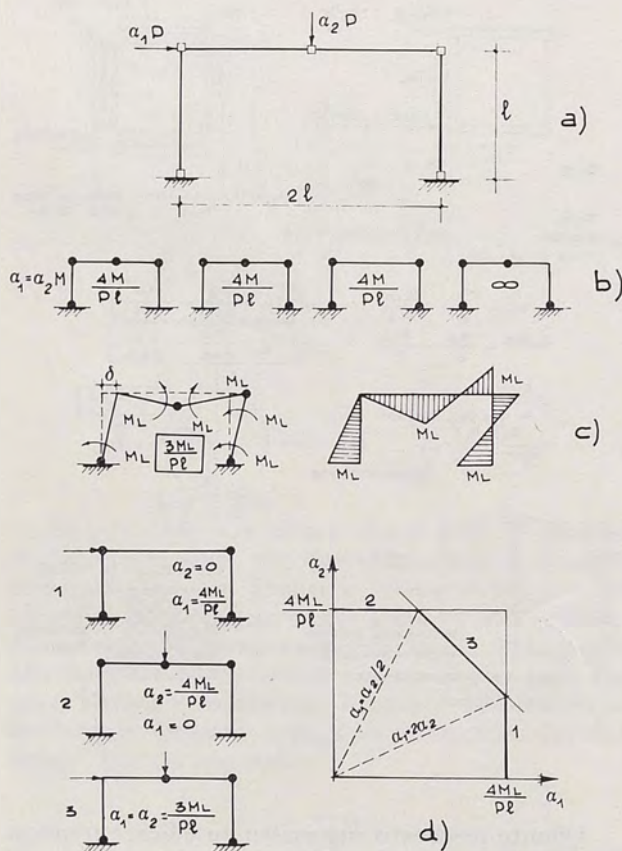


Fig. 6

Per illustrarlo ci appoggiamo ancora una volta ad un esempio formulato nell'ipotesi che la struttura si plasticizzi per effetto della sola flessione e sia quindi assialmente rigida. Consideriamo le strutture di fig. 6. Si tratta di una struttura a portale a sezione costante soggetta a due carichi

$\alpha_1 P$ ed $\alpha_2 P$, avendo indicato con P l'intensità di servizio, e con α_1 ed α_2 i rispettivi moltiplicatori.

Supponiamo dapprima $\alpha_1 = \alpha_2$. I due carichi aumentano proporzionalmente ad un parametro restando uguali in modulo fra loro, sino a determinare il collasso della struttura. Quest'ultima è tre volte iperstatica ed il collasso si manifesterà quando essa sarà diventata sede di quattro cerniere plastiche; tante infatti sono necessarie per renderla ipostatica.

Al fine di prevedere la situazione di collasso possiamo configurarci i cinematismi che si ottengono introducendo nella struttura quattro cerniere plastiche.

Alcune considerazioni possono suggerirci le eventuali posizioni di cerniere plastiche. Osserviamo che le cerniere si presentano laddove il diagramma dei momenti presenta i valori più elevati. Poiché la struttura è soggetta a carichi concentrati, il diagramma dei momenti sarà lineare a tratti e sarà sede di cuspidi in corrispondenza delle sezioni interessate dai carichi, nelle sezioni di nodo e nelle sezioni d'incastro.

In fig. 6 abbiamo indicato col simbolo $\square$ le sezioni sede delle 5 potenziali cerniere plastiche.

I cinematismi ad un solo grado di libertà sono indicati in fig. 6b e 6c. Per ciascuno di essi è possibile calcolare, mediante il principio dei lavori virtuali, un moltiplicatore cinematicamente ammissibile dei carichi.

In ciascuno degli schemi strutturali è indicato il valore del corrispondente moltiplicatore.

Si nota che il cinematismo di fig. 6c è quello che conduce al più piccolo moltiplicatore il cui valore è

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \frac{3 M_L}{P l} \quad (17)$$

Si tratta, in virtù del teorema citato, del moltiplicatore esatto e ad esso, poiché si tratta di moltiplicatore anche staticamente ammissibile, è associabile la soluzione equilibrata e conforme, indicata nel secondo disegno di fig. 6c.

In casi come questo è dunque relativamente semplice cogliere la situazione limite poiché è facilmente formulabile la lista dei cinematismi fra i quali si trova il cinematismo di collasso.

In strutture più complesse, quando considerazioni di equilibrio non soccorrano, può essere oneroso individuare un numero limitato di cinematismi comprendente il cinematismo di collasso. È necessario allora ricorrere a tecniche computazionali complesse, come quelle che fanno capo a problemi di ottimizzazione vincolata.

Pensiamo ad altri rapporti tra α_1 ed α_2 , ed in particolare ai casi di fig. 6d in cui α_1 o α_2 siano nulli.

Nelle figure 6d1 e 6d2 sono rappresentati i cinematismi di collasso corrispondenti alle due soluzioni citate.

Se eseguiamo gli opportuni calcoli rileveremo che il cinematismo 1 è esatto per $0 \geq \alpha_1 \geq \alpha_1/2$, il cinematismo 2 per $0 \leq \alpha_1 \leq \alpha_2/2$ ed infine che il cinematismo 3 è esatto per $\alpha_2/2 \leq \alpha_1 \leq 2 \alpha_2$.

Questa circostanza ci autorizza a tracciare il diagramma di fig. 6c trilatero.

Ogni lato rappresenta il luogo dei valori α_1 - α_2 che a collasso sono associabili allo stesso cinematicismo.

La porzione di piano, compresa tra gli assi coordinati α_1 - α_2 e la trilatera, definisce il dominio di sicurezza della struttura.

Ogni punto interno al dominio rappresenta infatti una condizione di carico incapace di portare a collasso la struttura, ogni punto che giace sulla frontiera del dominio rappresenta una condizione di carico che comporta il collasso della struttura. Il ramo della frontiera su cui giace il punto rappresentativo dei carichi segnala secondo quale cinematicismo avverrà il collasso.

I punti esterni al dominio rappresentano condizioni di carico non sopportabili della struttura. È appena il caso di segnalare che anche le situazioni limite elastiche possono essere rappresentate me-

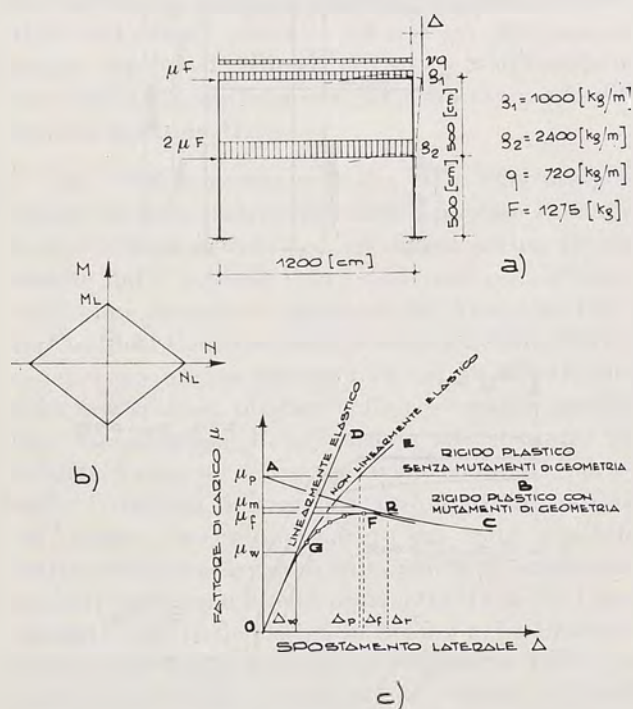


Fig. 7

dante un dominio che sarà interno al precedente. È tuttavia il caso di ricordare che mentre le situazioni limite elastiche possono essere riferite alle sezioni, le situazioni limite plastiche possono essere rappresentate solo in termini di carichi.

Qualora le componenti di carico fossero più di due, il dominio di sicurezza è da intendersi appartenente ad uno spazio le cui dimensioni corrispondono al numero delle componenti di carico. Ci sfugge in tal caso la rappresentazione geometrica, pur rimanendo validi i metodi operativi enunciati.

Non scevra di difficoltà è la valutazione degli spostamenti nella fase che immediatamente precede il collasso.

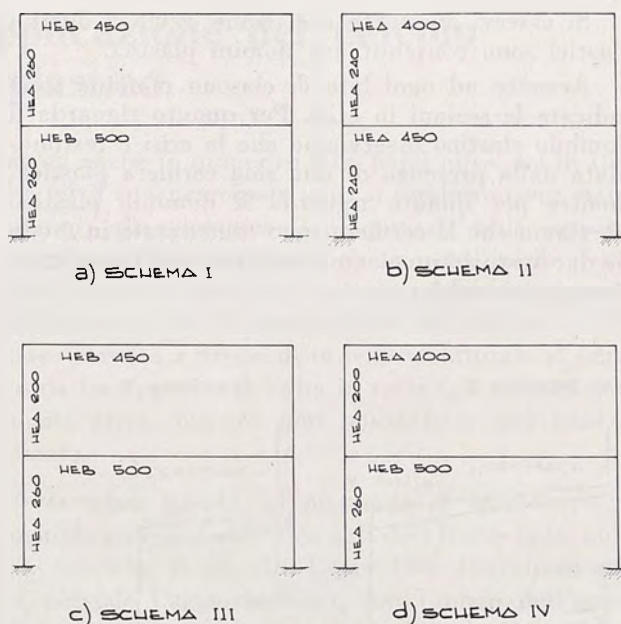


Fig. 8

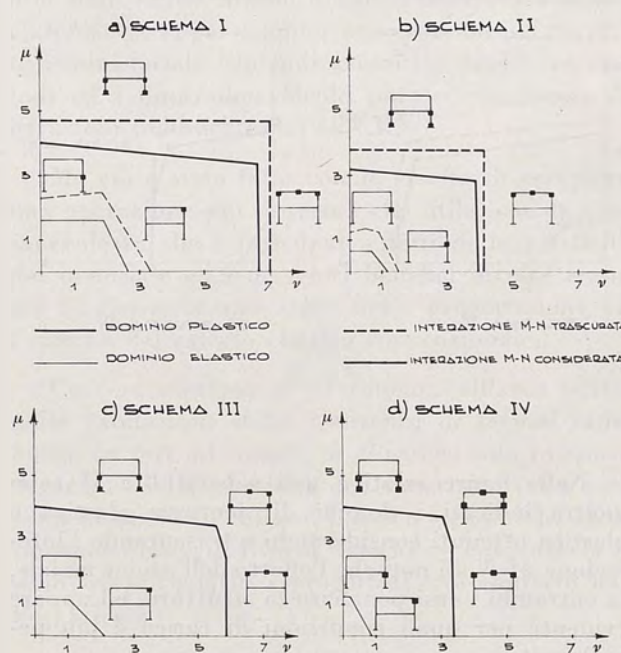


Fig. 9

Il dominio di sicurezza della struttura è di facile lettura e di notevole duttilità come appare dagli esempi che seguono.

Consideriamo lo schema strutturale di figura 7. Si tratta di un portale a due piani elasto-plastico, per il quale consideriamo possibile anche la plasticizzazione assiale. Il dominio di interazione M-N è indicato in figura e la sua linearità ricorda che alludiamo alla sezione retta di «putrella ideale» per le membrature.

In fig. 8 sono indicati quattro schemi strutturali ottenuti mediante l'impiego di diversi profilati.

In fig. 9 sono indicati i domini strutturali relativi alle quattro soluzioni.

Si osservi anzitutto che, come ovvio, i domini elastici sono contenuti nei domini plastici.

Accanto ad ogni lato di ciascun dominio sono indicate le sezioni in crisi. Per quanto riguarda il dominio elastico osserviamo che la crisi è testimoniata dalla presenza di una sola cerniera plastica, mentre per quanto riguarda il dominio plastico rileviamo che le cerniere sono organizzate in modo da dar luogo ad un cinematismo (nei casi considerati sempre parziale).

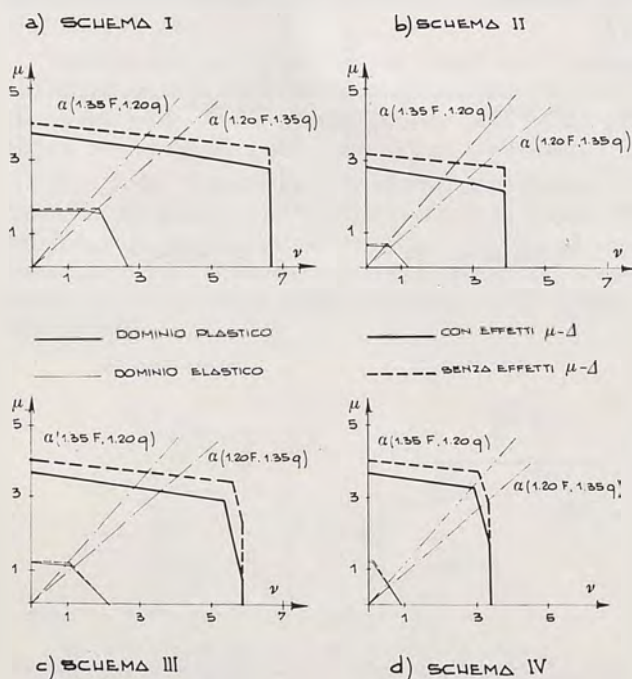


Fig. 10

Nelle figure relative agli schemi I e II sono inoltre indicati i domini di sicurezza elastica e plastica ottenuti considerando e trascurando l'interazione $M-N$. Si noti che l'effetto dell'azione assiale, in entrambi i casi penalizza la struttura, ed appare evidente per quali condizioni di carico è più penalizzante.

La nozione classica di carico limite è legata all'ipotesi che il comportamento deformativo della struttura sia tale da consentirci di compiere operazioni sulle forze con riferimento alla configurazione indeformata.

Se vogliamo affinare la nostra analisi dobbiamo considerare i possibili comportamenti della struttura come sono classificati nella fig. 7c, ove in ordinata si indica il fattore di carico μ ed in ascissa uno spostamento orizzontale significativo Δ (fig. 7a).

Il fattore di carico μ_p è quello ottenuto mediante il calcolo a rottura. Esso sarebbe affidabile se i mutamenti di geometria della struttura fossero ragionevolmente trascurabili.

Qualora la struttura fosse elasticamente molto deformabile un calcolo elastoplastico rigoroso ci porterebbe a tracciare la curva OGF . Il tratto OG

rappresenta il comportamento elastico non lineare ed il tratto GF il tratto elasto-plastico. Al massimo in F corrisponde il fattore di carico μ_f , che rappresenta l'effettiva capacità portante della struttura. Tale valore del carico non è infatti superabile e sarà in generale associato ad un insieme di cerniere plastiche non « ancora » capace di dar luogo ad un cinematismo.

Nel caso di strutture elasticamente deformabili μ_p può fornire dunque una stima a sfavore di sicurezza della capacità portante della struttura.

Nella figura 10 appare come vengano penalizzati i domini di sicurezza tanto elastico che plastico quando si tengano presenti gli effetti $\mu-\Delta$.

Metodi approssimati, consigliano la penalizzazione da conferire al dominio di sicurezza plastico.

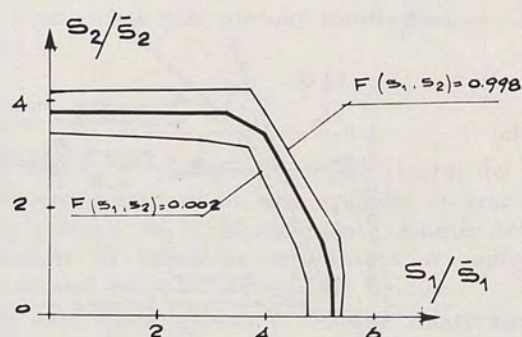
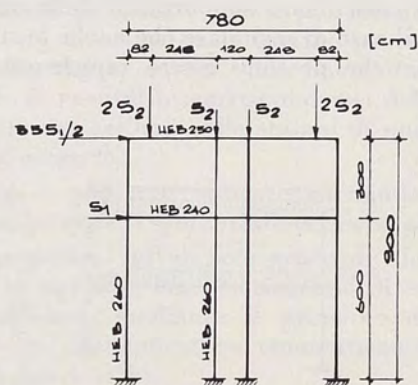


Fig. 11

Si consideri un ultimo caso non privo di interesse (fig. 11). Quando si affrontino problemi di concezione probabilistica della sicurezza le variabili in gioco, carichi esterni e resistenza della struttura, assumono carattere aleatorio. Il dominio di sicurezza diventa allora variabile e ad ogni sua configurazione viene associata una probabilità di esistenza. La fascia delimitata dai valori fiduciarî (0.002) del rischio di collasso dipende dalle condizioni di carico. Si può affermare che l'intervallo fiduciario è tanto più ristretto quanto maggiore è il numero di cerniere plastiche suscitato dalla condizione di carico corrispondente.

GIANNANTONIO SACCHI

Prospettive e limiti di applicazione del calcolo a collasso plastico.

Il calcolo a collasso plastico in rapporto agli orientamenti della costruzione metallica moderna.

Se si considera l'importanza che gli studi riguardanti l'applicazione della teoria della plasticità al calcolo delle strutture hanno assunto, anche nel nostro Paese, a partire dagli anni cinquanta, e che i risultati utili per le applicazioni pratiche sono ormai disponibili da circa un ventennio, può apparire sorprendente che tale patrimonio venga solo ora recepito nella normativa italiana sulle costruzioni metalliche, e con tanto ritardo rispetto ad alcuni modelli stranieri.

Le costruzioni metalliche erano infatti apparse, fin dall'inizio, l'ambito preferenziale per l'applicazione del calcolo plastico: ad essa già dedicava un ampio capitolo F. Bleich nel suo « Stahlhochbauten » del 1932, trattato che ebbe subito grande diffusione anche in Italia.

Nel 1948 le norme tedesche DIN 1050 prescrivevano la convenienza del calcolo plastico limitatamente alle travi continue ad anima piena, in ciò seguite dalle francesi C.M. 1956; ma già all'inizio degli anni sessanta le istruzioni del American Institute of Steel Construction e le norme belghe NBN 1 esprimevano organicamente i criteri ed i limiti del calcolo a collasso plastico nelle costruzioni metalliche, estendendone l'applicazione alle strutture intelaiate. In queste norme trovavano completa espressione i risultati di maggiore utilità pratica che in un intenso decennio di lavoro era stato possibile trarre dagli studi generali sulla plasticità, e che erano stati inizialmente pubblicati sotto il titolo « Commentary on Plastic Design in Steel » nei « Proceedings of the A.S.C.E. » fra il 1959 ed il 1960. Un anno dopo, nella prefazione al volume « Calcul plastique des constructions », C. Massonnet ed M. Save scrivevano: « La teoria del comportamento plastico semplice delle strutture è praticamente conclusa ed altro non riceverà, in futuro, che perfezionamenti di dettaglio »; una previsione giusta, che si riflette anche nella stretta parentela delle recenti istruzioni italiane pubblicate dal C.N.R. (Bollettino ufficiale del 13 gennaio 1978) con le norme statunitensi e belga già richiamate.

Questa lunga attesa, questa perplessità sulla opportunità di redigere una normativa sul calcolo a collasso plastico delle costruzioni metalliche, si è

avuta anche in numerosi altri paesi oltre che in Italia ed il suo principale motivo sembra essere stato questo: gli orientamenti progettuali della carpenteria metallica, proprio a partire dall'inizio degli anni sessanta, sono stati in larga misura incompatibili con i criteri di applicazione del calcolo a collasso plastico a livello di insieme strutturale al punto da far apparire di volta in volta tale calcolo non significativo, oppure non possibile o non conveniente.

In altre parole, al momento di introdurre il metodo semiprobabilistico agli stati limite nelle norme tecniche di cui alla Legge 1086 (norme di cui si prevede l'aggiornamento con l'inizio dell'anno 1979), è apparso coerente richiamare la formazione di un meccanismo di collasso plastico come possibile stato limite ultimo a fianco dello stato limite elastico ed è apparso opportuno corredare la normativa ministeriale con indicazioni specifiche sui metodi ed i limiti del calcolo plastico, in forma di istruzioni pubblicate dal C.N.R.

Ma ciò è stato fatto con lo spirito di compiere una operazione più doverosa che utile, con la consapevolezza che i principali effetti della plasticità del materiale ed i maggiori benefici di essa erano già tradizionalmente attivi nella progettazione all'interno del calcolo elastico convenzionale.

Così ad esempio il riferimento all'area netta, nella valutazione della resistenza di sezioni indebolite da fori od intagli, si giustifica solo in considerazione della plasticità del materiale: è un concetto di calcolo a collasso plastico — come ha chiaramente illustrato il prof. Sacchi — cui tuttavia si sono sempre riferiti i progettisti, col conforto dell'esperienza.

Passando dal livello della sezione a quello della struttura, altri casi si potrebbero richiamare fra i quali ad esempio la consuetudine di trascurare gli effetti delle sollecitazioni flessionali secondarie nelle strutture reticolari, di considerare con maggior rigore le verifiche di sicurezza in mezzera delle travi continue od intelaiate rispetto a quelle sulle sezioni di appoggio, di sottovalutare le sollecitazioni prodotte da effetti termici o da cedimenti vincolari nelle strutture iperstatiche, a fronte di quelle prodotte dai carichi.

A conferma di quanto si è detto può valere ancora una osservazione: le istruzioni C.N.R. già citate non pongono requisiti particolari al materiale; esse si riferiscono ad acciai d'uso generale per carpenteria metallica, quali ad esempio gli acciai ta-

(***) Prof. Ing. Vittorio Nascé, Istituto di Scienza delle Costruzioni, Facoltà di Architettura, Politecnico di Torino.

bellati nelle UNI 7070-72, proprio perché tali acciai, per soddisfare i requisiti connessi al calcolo convenzionale elastico, già posseggono la duttilità necessaria per la formazione di meccanismi di collasso plastico. Sono infatti trascorsi ormai cent'anni da quando l'Unione delle ferriere tedesche riconobbe, nel 1876, l'esigenza di regolamentare il requisito di duttilità del ferro attraverso un opportuno coefficiente di qualità, coefficiente che comparve all'inizio del secolo nella normativa italiana col D.M. 6 maggio 1916, riguardante « le opere metalliche che interessano le ferrovie pubbliche », in forma di prodotto fra resistenza ed allungamento a rottura.

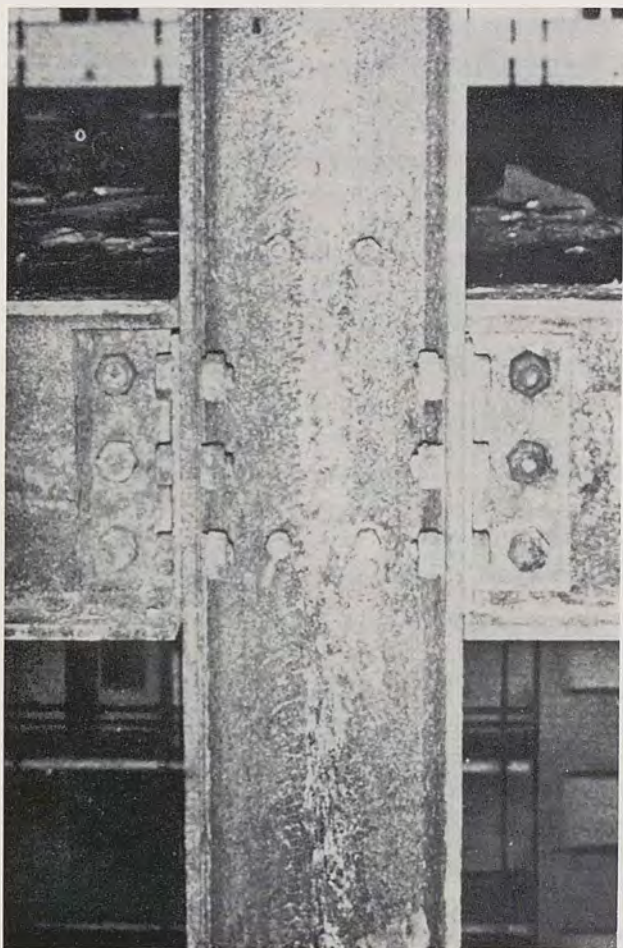


Fig. 1.

Ma vediamo ora a quali caratteristiche dovrebbe soddisfare una costruzione metallica al fine di pervenire allo stato limite ultimo in forma di collasso plastico e di offrire benefici economici per una analisi in tal senso, rispetto a quella tradizionale in campo elastico.

Queste caratteristiche possono riassumersi in breve nella seguente definizione:

— *costruzione a struttura iperstatica, a parete piena, in profilati o sezioni composte relativamente*

uniformi e compatte, molto ben controventata, soggetta a carichi prevalentemente statici.

Una costruzione di questo tipo non rispecchia gli orientamenti della carpenteria metallica moderna ed anzi sembra prospettare veri e propri ostacoli a quella applicazione di moderne tecnologie di trasformazione e di montaggio che proprio a partire dagli anni sessanta ha costituito il principale elemento caratterizzante nello sviluppo di questo settore delle costruzioni.

Consideriamo alcuni esempi.

In fig. 1 è rappresentato un giunto di connessione fra trave e colonna di un edificio multipiano, realizzato con una coppia di squadrette bullonate.

È il giunto di gran lunga più adottato in edilizia, perché comporta una lavorazione di officina su linee automatizzate di taglio e foratura ed un montaggio rapido e sicuro in cantiere, con bullonatrici pneumatiche ad impulsi.

Un giunto di questo tipo è schematizzabile quale cerniera: un telaio realizzato con questi giunti e bloccato orizzontalmente ad ogni piano dal vincolo offerto dai solai (a loro volta ormeggiati a strutture verticali di controvento) presenta quindi uno schema isostatico per carichi verticali.

Per questa costruzione, come per qualsiasi altra a struttura isostatica realizzata con travi inflesse di sezione a doppio T, il calcolo a collasso plastico non è significativo.

Il carico di collasso risulterebbe infatti superiore al carico limite elastico nella misura del solo coefficiente di forma della sezione critica per cui se si assume, secondo le prescrizioni normative, un momento plastico limite della sezione ottenuto dividendo per 1,12 il valore del suo momento ultimo a plasticizzazione completa, i due carichi risultano di fatto parificati.

In fig. 2 è riportata l'immagine di una acciaieria in Venezuela, recentissima realizzazione italiana nel campo dei grandi edifici industriali: fatta eccezione per le vie di corsa, che sono ad anima piena, si nota una estesa adozione della struttura a traliccio.

Non sorprende la copertura, per cui questo tipo di struttura è sempre stato adottato quasi per norma nell'edificio industriale (con un'unica pausa di preferenza per la struttura ad anima piena nel decennio successivo al 1950); ma di recente, specie nei grandi capannoni industriali, la struttura reticolare si è estesa anche ai fusti delle colonne, come appunto si osserva nell'esempio.

I motivi di questo orientamento vanno individuati nella leggerezza e rigidità della struttura reticolare, nei progressi conseguiti in tema di protezione contro la corrosione, nella già richiamata

economicità dei giunti bullonati, ed infine in un rinnovato gusto per la trama reticolare che trova anche riscontro in numerose applicazioni per coperture di edifici pubblici quali palestre, mercati, piscine.

Per le strutture reticolari il calcolo a collasso plastico non è possibile — prescindendo dal caso delle sollecitazioni secondarie già richiamate — per il semplice motivo che in queste strutture non possono formarsi cerniere e meccanismi di collasso plastico: esse cedono in generale per l'instabilità delle aste compresse e più raramente per strappo delle aste tese, comunque in assenza di deformazioni sufficientemente elevate ai fini di una significativa ridistribuzione degli sforzi.

In fig. 3 compare infine una immagine della struttura di un moderno viadotto autostradale; le anime delle travi, nel loro proporzionamento corrente, hanno qui uno spessore di 8 mm su un'altezza di 6,40 m.

La struttura in lamiera sottile nervata, favorita dall'enorme sviluppo delle tecniche di ossitaglio

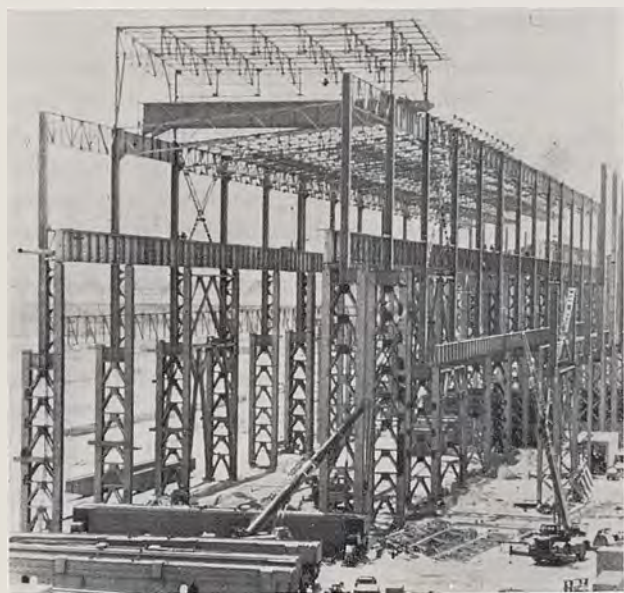


Fig. 2.

automatico e di saldatura automatica sotto flusso o gas protettivo, si è affermata anche in Italia nella costruzione di ponti metallici a partire dal 1960 circa. Ne sono derivate numerose strutture di questo tipo, « resistenti per forma » come si dice, leggere e rigide ad un tempo.

Il calcolo a collasso plastico, quand'anche fosse possibile con riferimento alla variabilità dei sovraccarichi, non risulterebbe conveniente per strutture di questo tipo.

Lo stato limite ultimo coincide qui di norma con l'instabilità delle pareti: per pervenire a collasso plastico queste strutture dovrebbero essere diversamente progettate, riducendo i rapporti di snellezza di tutti i componenti, lamiere e nervature, ed appesantendo sostanzialmente la costruzione.

La stessa osservazione potrebbe ancora, su un piano generale, rivolgersi alle strutture realizzate in profilati a freddo od in lamiera sottile presso-



Fig. 3.

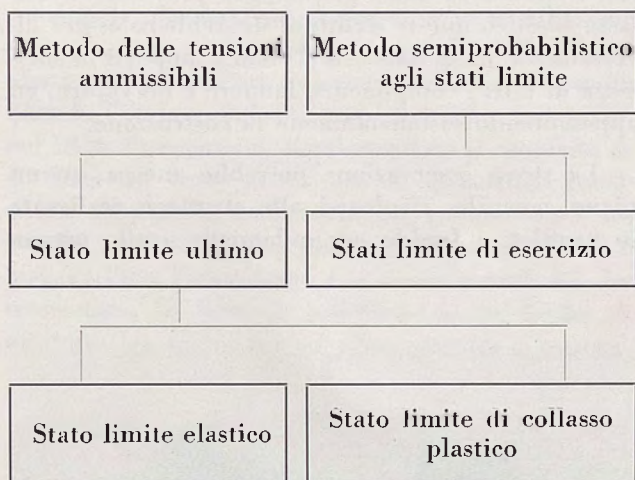
piegata che in questi ultimi anni hanno avuto un considerevole sviluppo di applicazioni in edilizia.

In sintesi, e sempre schematizzando, possiamo affermare che l'orientamento progettuale della carpenteria metallica negli ultimi quindici anni ha avuto come obiettivi principali la semplicità costruttiva e la leggerezza: tenuto conto del livello tecnologico raggiunto dal settore industriale, ciò ha significato: strutture bullonate e preferibilmente isostatiche, strutture reticolari, strutture a parete piena con sezioni resistenti per forma, poco compatte ed a pareti sottili.

È chiaro che questi orientamenti non collimano affatto con le caratteristiche già sommariamente elencate, alle quali dovrebbe soddisfare una struttura per pervenire allo stato limite ultimo in forma di meccanismo di collasso plastico.

Prospettive e limitazioni del calcolo a collasso plastico sulla base della recente normativa italiana.

Lo schema generale delle norme tecniche già approvate dal Consiglio superiore LL.PP. e di cui si attende l'emanazione per l'inizio dell'anno 1979 in base alla Legge 1086, è così concepito:



Il progettista di una costruzione in acciaio avrà quindi facoltà di verificare la sicurezza della struttura seguendo, in alternativa, il metodo tradizionale delle tensioni ammissibili oppure quello semiprobabilistico agli stati limite.

Se si riferirà al secondo di tali metodi, dovrà condurre verifiche sia nei confronti degli stati limite di esercizio sia nei confronti di quello ultimo, secondo principi che ha diffusamente chiarito il prof. Ballio nella sua relazione.

Lo stato limite ultimo potrà ancora essere assunto quale stato limite elastico, che corrisponde all'esaurimento delle risorse elastiche con le limitazioni tradizionali oppure, in alternativa, quale stato limite di collasso plastico della struttura. In questo secondo caso « si assume come stato limite ultimo il collasso per trasformazione della struttura o di una sua parte in meccanismo ammettendo la completa plasticizzazione delle sezioni coinvolte ». Quanto alle limitazioni « si dovrà garantire che il meccanismo risultante dai calcoli possa venire raggiunto sia verificando che nelle zone plasticizzate le giunzioni abbiano una duttilità sufficiente, sia premunendosi contro i fenomeni di instabilità della struttura, degli elementi che la compongono e di parti di essi ».

Le istruzioni del C.N.R. già richiamate espongono le condizioni cui la struttura deve ottemperare affinché sia possibile il collasso plastico nei termini anzidetti. Tali condizioni, escludendo i casi speciali di collasso incrementale e di collasso per plasticizzazione alternata, possono essere così raggruppate.

Per la struttura in generale:

- stabilità di insieme fino a collasso;
- accettabilità delle deformazioni elastiche alla soglia del collasso.

Per le zone di formazione delle cerniere plastiche:

- duttilità del materiale e delle giunzioni;
- stabilità flessotorsionale;
- stabilità locale.

La stabilità di insieme va particolarmente verificata per le strutture a telaio multipiano. Per queste strutture può infatti manifestarsi un deterioramento del carico di collasso per effetto P- Δ , ossia per effetto delle eccentricità che i carichi verticali vengono ad assumere in conseguenza degli spostamenti orizzontali dei piani.

La definizione tipologica di telai multipiano a nodi fissi ed a nodi spostabili non è facile a questo riguardo; la distinzione corrente:

- telai controventati (con mensole reticolari metalliche, nuclei o pareti di cemento armato);
- telai non controventati (la cui reazione agli spostamenti orizzontali dipende dalla sola rigidità di travi e colonne saldamente collegate ai nodi), non appare sufficiente, in considerazione della deformabilità delle strutture di controvento, rivelatasi in più casi eccessiva soprattutto negli edifici di maggiore altezza [Davison, Adams].

Le istruzioni C.N.R., senza suggerire alcun riferimento tipologico, consentono pertanto di assumere a nodi fissi un telaio il quale, sotto l'azione di forze orizzontali instabilizzanti pari ad un ottantesimo dei carichi verticali, manifesti uno spostamento in sommità non superiore ad un millesimo della sua altezza totale.

Poiché le forze instabilizzanti effettive sono proporzionali alle rotazioni delle colonne e quindi, mediamente, al rapporto fra freccia totale ed altezza dell'edificio, si comprende lo spirito di questa limitazione e la sua prudenza.

Si può ancora osservare che, di fatto, edifici a telai controventati di altezza non superiore a dieci o quindici piani soddisfano correntemente questa limitazione.

Edifici che non soddisfino questa limitazione vengono considerati a nodi spostabili, ciò che comporta, nel caso generale, una analisi elastoplastica che tenga conto degli effetti del secondo ordine, ossia delle forze instabilizzanti prodotte dai carichi verticali in conseguenza delle rotazioni delle colonne.

Il problema risulta già assai complesso, in queste condizioni, nella ipotesi di poter isolare il singolo telaio piano dall'insieme della struttura; ma poiché gli spostamenti di tutti i telai sono fra loro legati dalla rigidità dei solai nel piano orizzontale, l'analisi dovrebbe riguardare, in generale, la

stabilità di insieme di tutto l'edificio [Wynhoven, Adams].

Passiamo alla seconda delle condizioni elencate, quella concernente le deformazioni elastiche alla soglia del collasso. Essa può esprimersi verificando che tali deformazioni, nella progressiva perdita di vincoli interni della struttura conseguente alla comparsa delle cerniere plastiche, non abbiano a modificare la geometria iniziale della struttura in modo inaccettabile, sia per la validità del riferimento a tale geometria nella scrittura delle equazioni di equilibrio, con esclusione pertanto di effetti del secondo ordine, sia per la sicurezza di tutte le parti della costruzione coinvolte nella deformazione della struttura.

A quest'ultimo riguardo va osservato che una verifica di deformabilità della struttura in corrispondenza dei soli carichi di esercizio, condotta assumendo le limitazioni tradizionali per il calcolo elastico, può risultare talora insufficiente. Non vi è infatti proporzionalità fra deformazioni e carichi, in esercizio ed a collasso, per una struttura di cui si

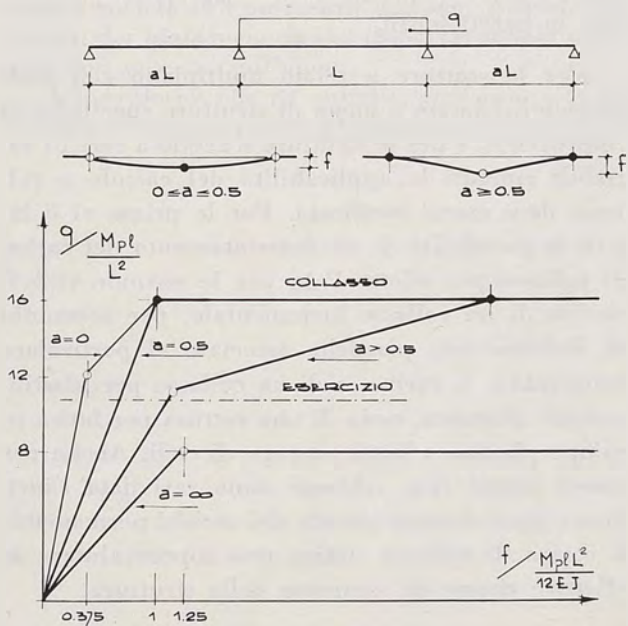


Fig. 4 - Diagrammi carico-deformazione per trave continua su quattro appoggi caricata nella campata centrale.

ammetta il collasso plastico. Si può anzi notare che l'incremento delle deformazioni rispetto ai carichi è tanto più marcato quanto più alto è il carico di collasso plastico rispetto a quello limite elastico, ossia quanto più conveniente appare il calcolo plastico.

In fig. 4 sono confrontati, ad esempio, alcuni diagrammi carico-deformazione per un caso sem-

plice, simile a quello trattato in una famosa esperienza di Stüssi e Kollbrunner.

Appare evidente, dall'esempio, quale diversa garanzia competa alla verifica delle deformazioni ai soli carichi di esercizio per la struttura che rimane elastica fino al collasso ($a = 0,5$) e che fino a tal punto mantiene pertanto invariata la propria rigidità, e per altre ($a > 0,5$), che pervenendo a collasso attraverso una fase elasto-plastica, possono subire una drastica riduzione di rigidità per carichi anche di poco superiori a quelli di esercizio.

Passando ai requisiti relativi alle zone di formazione delle cerniere plastiche, la maggiore attenzione va rivolta alla duttilità delle giunzioni. Queste, per la loro localizzazione in rapporto ai dia-

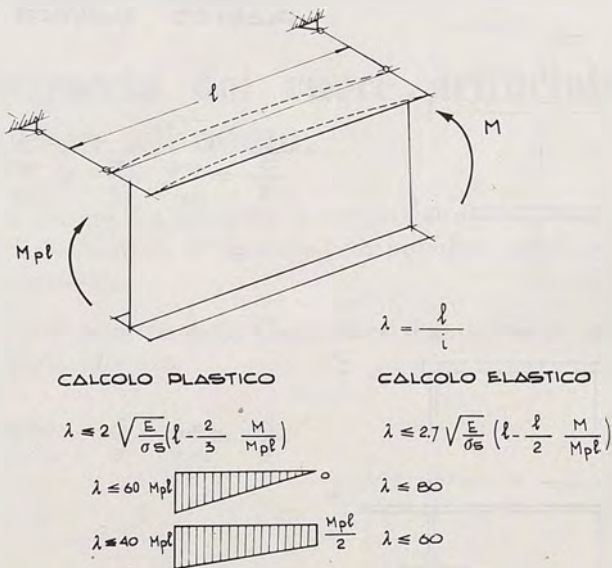


Fig. 5 - Limitazioni di snellezza per piattabande compresse in zona di cerniera plastica [Norme Sia E 161].

grammi flessionali della struttura (tipico il caso dei telai), sono infatti sedi ricorrenti di cerniere plastiche per cui il requisito di duttilità non può essere limitato al solo materiale base, ma deve estendersi alla concezione ed alla realizzazione del particolare costruttivo.

In corrispondenza delle giunzioni, infatti, sono generalmente presenti discontinuità di forma, saldature e stati pluriassiali di sollecitazione: in queste condizioni le regole costruttive tradizionali pongono al riparo dal rischio di rottura fragile per deformazioni corrispondenti ad un calcolo elastico della struttura, mentre la formazione di cerniere plastiche richiede deformazioni assai superiori (anche tre o quattro volte).

Questa maggiore prestazione deve essere in qualche modo pagata. In assenza di criteri di valuta-

zione numerica per l'influenza dei diversi fattori fragilizzanti, sembra ragionevole compensare le più alte esigenze di deformabilità con una concezione ed una esecuzione più accurata delle giunzioni.

Ciò potrà ottenersi, ad esempio, evitando di impiegare membrature di forte spessore e di vincolare le deformazioni trasversali in zona tesa, limitando il grado di difettosità delle saldature, migliorando il livello di finitura delle superfici.

Infine, anche le verifiche di stabilità flessotorsionale e di stabilità locale comportano, nelle zone di formazione delle cerniere plastiche, limitazioni più restrittive di quelle corrispondenti in campo

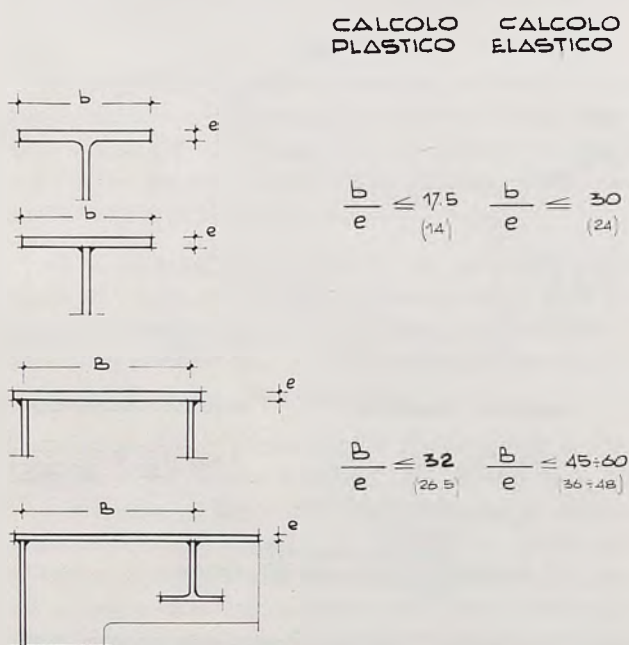


Fig. 6 - Limitazioni del rapporto fra larghezza e spessore di piattabande compresse in zona di cerniera plastica per acciaio tipo 1 (entro parentesi i valori per acciaio tipo 2) [Istruzioni C.N.R., Raccomandazione E.C.C.S.].

elastico; ciò sempre a causa delle maggiori deformazioni cui le fibre compresse sono sottoposte in queste zone.

A titolo di esempio sono confrontati, in fig. 5, i valori limiti di snellezza di una piattabanda compressa per la stabilità flessotorsionale fra due vincoli consecutivi, nel caso in cui si esegua un calcolo plastico od un calcolo elastico [Norme SIA E 161]; in fig. 6 sono confrontati, per i due casi, i valori limiti dei rapporti fra larghezza e spessore di piattabanda ai fini della stabilità locale [Istruzioni C.N.R., Raccomandazioni E.C.C.S.].

Si può ancora osservare che le limitazioni assai restrittive introdotte dal calcolo plastico sui due

problemi di stabilità sono ancora aggravate dal fatto che tali problemi generalmente interferiscono, nel senso che un proporzionamento favorevole alla stabilità flessotorsionale diviene facilmente critico per la stabilità locale, e viceversa. Così, ad esempio, un aumento del rapporto fra larghezza e spessore delle piattabande di una trave a doppia T è sempre favorevole alla stabilità flessotorsionale, nocivo a quella locale.

Riassumendo in conclusione le osservazioni fin qui svolte, si ritiene che il calcolo a collasso plastico — quale strumento di verifica allo stato limite ultimo di organismi strutturali — abbia in carpenteria metallica prospettive di impiego limitate, soprattutto in considerazione degli orientamenti tipologici della costruzione moderna.

Esso non risulta significativo per le strutture isostatiche né per quelle iperstatiche a proporzionamento ottimo nei riguardi dei diagrammi flessionali in campo elastico; non è applicabile alle strutture reticolari (salvo che per il regime flessionale secondario) né alle strutture condizionate da fenomeni di fatica; non appare vantaggioso per le strutture in pareti sottili.

Per le strutture a telaio multipiano con nodi spostabili (dotate o meno di strutture specifiche di controvento) e per le strutture soggette a carichi variabili ripetuti la applicabilità del calcolo a collasso deve essere verificata. Per le prime vi è infatti la possibilità di un deterioramento del carico di collasso per effetto P-Δ; per le seconde vi è il rischio di un collasso incrementale, per accumulo di deformazioni plastiche associate al particolare programma di carico, o di un collasso per plastificazione alternata, ossia di una rottura per fatica in campo plastico a basso numero di cicli. Anche per questi ultimi casi, sebbene siano rari data l'incidenza generalmente elevata dei carichi permanenti, il carico di collasso statico può sopravvalutare le effettive risorse di sicurezza della struttura.

Infine, per strutture inflesse quali le travi incastrate o continue su più appoggi, i telai ad uno o due piani ed i telai multipiano a nodi fissi il calcolo a collasso plastico è in generale applicabile, con le limitazioni già sommariamente indicate: è questa la pertinenza tipologica di più frequente riferimento, richiamata dalle recenti Istruzioni del C.N.R. e Raccomandazioni della Convenzione Europea della Costruzione Metallica, presente fin dalle prime norme americane e belghe ed al cui interno tale metodo di calcolo risulta anche di semplice impiego e può offrire economie consistenti.

VITTORIO NASCÉ

Visita al Centro Ricerche FIAT.

Nel pomeriggio di mercoledì 11 ottobre si è svolta la programmata visita agli impianti sperimentali per l'utilizzazione dell'energia solare, per l'irrigazione e per la bioconversione dei rifiuti solidi, ideati e realizzati dal Centro Ricerche FIAT (C.R.F.).

I numerosi intervenuti (le adesioni sono state oltre duecento, ma per motivi organizzativi si è dovuto limitare il numero degli invitati a cento persone) sono stati accolti nella sede di Orbassano dall'ing. Angelo Rossi, responsabile delle relazioni esterne e dall'ing. Carlo Michellone, responsabile del Centro Nuovi Prodotti.

La visita agli impianti è stata preceduta da una relazione dell'ing. Rossi sull'attività svolta dal

C.R.F. nei vari settori della ricerca applicata e da una relazione dell'ing. Michellone sulle realizzazioni e sui programmi del Centro da lui diretto.

Successivamente sono stati visitati l'impianto di irrigazione, il collettore solare a concentrazione, il generatore eolico, l'impianto di bioconversione ed il cantiere di Cambiano dove sono in costruzione la scuola e la palestra riscaldate ad energia solare.

Per coloro che non hanno potuto partecipare a questa visita c'è l'impegno da parte della nostra Società e del C.R.F. ad organizzare a breve termine una seconda visita.

Conferenza sul tema: La bioingegneria del cuore artificiale applicato con successo all'uomo.

Lunedì 30 ottobre si è tenuta presso la sede della nostra Società la Conferenza dell'ing. Roberto Bosio su: *La bioingegneria del cuore artificiale applicato con successo sull'uomo.*

L'ing. Bosio, che da quindici anni svolge la sua attività di ricerca presso l'Ospedale dell'Università

di Zurigo, ha illustrato il suo progetto con l'ausilio di diapositive, di fronte ad un pubblico attento ed interessato.

Al termine della Conferenza si è svolto un animato dibattito.

NOTE AGLI AUTORI PER LA REDAZIONE DEGLI ARTICOLI

Al fine di contenere i costi e di accelerare i tempi per la pubblicazione degli articoli della rivista (pur mantenendo una buona qualità editoriale), la Redazione ritiene indispensabile la collaborazione degli Autori per quanto concerne sia la tempestività e la forma nella redazione degli originali (testi, illustrazioni, note, ecc.) sia la correzione delle bozze.

Testo

Nella stesura dei testi è necessario tenere presente la impossibilità di apportare « correzioni d'Autore » sulle bozze, in quanto ciascuna di queste comporta spesso un lungo lavoro di riaggiustaggio nella composizione di una o più pagine. È pertanto necessario fornire alla Redazione testi *completi* e nella loro forma *definitiva* anche per quanto concerne la punteggiatura, l'uso degli « a capo » e quello delle maiuscole. Per facilitare, e quindi rendere il più rapido e corretto possibile, il lavoro di composizione tipografica, i testi saranno dattiloscritti su fogli UNI A4 a spaziatura due, senza correzioni e aggiunte manoscritte.

Sommario

È consuetudine della rivista far precedere i testi da un sommario nel quale sono citati l'Autore o gli Autori, con rimando in nota a piè pagina alla loro qualifica. Tale sommario, della estensione massima di una cartella dattiloscritta a spaziatura due, è bene venga fornito alla Redazione contemporaneamente al testo, così da essere il più rispondente possibile al contenuto dell'articolo.

Formule

Quando in un testo scientifico sia indispensabile riportare formule matematiche che non possono essere redatte con caratteri dattilografici, è necessario che esse vengano manoscritte nel modo più chiaro possibile, avendo cura di rendere facilmente comprensibili apici, indici, esponenti, ecc. Nel merito, si fa presente che la composizione tipografica delle formule richiede un lavoro di tipo artigianale molto raffinato e quindi molto lento sia in fase di prima composizione, sia in fase di correzione. Quando sia necessario fare riferimenti alle formule è necessario numerarle all'estrema destra della riga con un numero, allineato sulla riga stessa, compreso tra parentesi tonde. Si raccomanda, inoltre, di verificare accuratamente la corrispondenza tra rimandi e numerazione.

Note e citazioni bibliografiche

È consuetudine della rivista riportare le note a piè di pagina e raccogliere invece i rinvii bibliografici in « bibliografia » al termine del testo. A questa distinzione corrisponde anche una diversificazione dei rimandi. Nel caso di note, i rimandi sono costituiti da asterischi o numeri, rialzati rispetto alla riga e compresi tra parentesi tonde. Nel dattiloscritto le note potranno essere raccolte tutte di seguito al termine del testo, purché in questo compaiano i rimandi esatti e nella giusta collocazione. Nel caso di rinvii generali alla bibliografia, i rimandi sono costituiti da un numero compreso tra parentesi quadre. È necessario mantenere questa convenzione anche nella stesura del dattiloscritto, in modo da evitare qualsiasi confusione tra rimandi a note, a formule, a indicazioni bibliografiche.

Nella stesura delle bibliografie è necessario tenere presente la forma adottata dalla rivista. Nome e cognome degli Autori sono stampati in « maiuscolletto » con iniziali in maiuscolo (nel dattiloscritto dovranno essere scritti in maiuscolo e minuscolo); il ti-

tole dell'opera — volume o articolo — sono stampati in « corsivo » (nel dattiloscritto dovrà essere scritto in maiuscolo e minuscolo e sottolineato); l'indicazione della testata dei periodici viene stampata tra virgolette (così deve comparire nel dattiloscritto). La Direzione e la Redazione della rivista ritengono la bibliografia particolarmente qualificante in senso scientifico, auspicano pertanto che la sua stesura sia la più completa e precisa possibile, e quindi pregano gli Autori di redigerla, evitando le abbreviazioni ed inserendo tutti i dati utili al reperimento dell'opera citata.

Illustrazioni

Quando sia utile alla comprensione del testo inserire illustrazioni, il dattiloscritto sarà accompagnato dagli originali delle illustrazioni, dai quali ricavare i clichés. Questi originali possono essere sotto forma di disegni su carta da lucido, stampe fotografiche, diapositive. Per evitare confusioni, qualora in numero maggiore di uno, tali originali dovranno essere numerati come fig. 1, fig. 2, ecc. In calce al testo dell'articolo, dopo l'eventuale bibliografia, saranno riportati i testi delle didascalie di tutte le illustrazioni (qualora queste siano ritenute necessarie). Sarà utile, inoltre, indicare a margine del testo dattiloscritto la posizione approssimativa di ciascuna illustrazione e verificare l'esatta rispondenza dei riferimenti tra testo e illustrazioni.

Nella stesura dei disegni si prega di tenere presente che le illustrazioni verranno generalmente riprodotte su base una o due colonne (8 oppure 17 cm) mediante riduzione dell'originale, per questo è opportuno che per le scritte, le quote, ecc., siano scelti caratteri tali da risultare chiaramente leggibili a riduzione avvenuta.

È consuetudine della rivista mandare le bozze di stampa agli Autori per la correzione (prime e seconde bozze). Se le precedenti indicazioni saranno state eseguite attentamente, tale correzione non dovrebbe risultare particolarmente onerosa. Si insiste qui sulla necessità di *non* apportare, in questa sede, « correzioni d'Autore », aggiunte ed eliminazioni, ma di limitarsi al controllo di rispondenza tra originale e stampa; modifiche anche di modesta entità comportano spesso un pesante lavoro di ricomposizione e quindi aumenti non accettabili nei tempi e nei costi di pubblicazione del periodico. Inoltre, le correzioni dovranno essere segnalate in maniera chiara e di comprensione univoca; le bozze così corrette dovranno essere riconsegnate alla redazione entro e non oltre sette giorni dal ricevimento delle stesse per la correzione.

La Redazione rimane comunque a disposizione degli Autori per ulteriori chiarimenti nel merito della stesura dei testi e dei problemi connessi e come tramite tra gli Autori e la tipografia, *che si prega di non interpellare direttamente e singolarmente*, se non dietro indicazione della Redazione, sempre al fine di razionalizzare le operazioni preliminari e contemporanee alla stampa. La Redazione ringrazia gli Autori per la collaborazione che vorranno dare a garanzia della buona qualità e della regolarità nella pubblicazione della rivista.

RASSEGNA TECNICA

La Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino accoglie nella « Rassegna Tecnica », in relazione ai suoi fini culturali istituzionali, articoli di Soci ed anche non Soci, invitati. La pubblicazione, implica e sollecita l'apertura di una discussione, per iscritto o in apposite riunioni di Società. Le opinioni ed i giudizi impegnano esclusivamente gli Autori e non la Società.

La localizzazione del terziario superiore a Torino. Situazione e tendenze.

GIUSEPPE DEMATTEIS, GIOVANNA DI MEGLIO e CESARE EMANUEL (*) espongono i risultati di un'indagine sulla distribuzione territoriale delle attività di ufficio e dei servizi di livello superiore in Torino, basata su una rilevazione sistematica effettuata nei primi mesi del 1978, in collaborazione con l'Assessorato alla Pianificazione Urbanistica della Città. Viene esaminata la consistenza del settore per unità, addetti, superfici occupate, i flussi di traffico generati, la disponibilità di parcheggi, l'evoluzione delle localizzazioni dal 1945 al 1978, la domanda di spazio espressa in occasione del Programma Pluriennale di attuazione 1978-'80. Si conclude indicando i vantaggi di un modello di rilocalizzazione multipolare.

1. Premessa.

Esiste un processo di terziarizzazione a Torino? Certamente ne esistono i presupposti. La città si trova oggi al centro di un'area metropolitana industrializzata dell'ordine di 2 milioni d'abitanti, dimensioni che superano la soglia oltre la quale di regola le attività di ufficio e le funzioni terziarie di livello superiore tendono ad affiancare e poi a sostituire quelle industriali come « motrici » dello sviluppo urbano. Benché la crisi economica odierna non sia molto favorevole al manifestarsi di tali tendenze, negli ultimi anni si nota che, mentre in Torino si riducono gli spazi occupati dall'industria, la domanda di spazio per attività terziarie tende a crescere.

Ciò ha indotto l'Amministrazione comunale a predisporre, in vista della revisione del P.R.G.C. e dell'elaborazione del P.P.A. (Piano Pluriennale d'Attuazione), una serie di indagini su questo settore. Una prima indagine affidata al Laboratorio di Geografia economica dell'Università di Torino e condotta in collaborazione con gli Uffici tecnici della Ripartizione Urbanistica municipale, ha permesso di tracciare un quadro della situazione e delle tendenze in atto, per quanto riguarda la localizzazione nello spazio urbano delle maggiori unità terziarie.

(*) G. Dematteis, professore straordinario di geografia economica, lavora presso il Laboratorio di geografia economica « P. e D. Gribovici » della Facoltà di Economia e Commercio, Università di Torino. G. Di Meglio, laureata in architettura, svolge le funzioni di tecnico presso il predetto istituto universitario. C. Emanuel, architetto, ha partecipato alla ricerca come collaboratore esterno.

I primi risultati, ancora provvisori, di questa indagine sono già stati utilizzati nella predisposizione del P.P.A. 1978-'80. Successivamente è stata completata l'elaborazione dei dati raccolti, che vengono ora pubblicati in forma definitiva.

2. Rilevanza urbanistica delle attività terziarie superiori.

Ai fini urbanistici il settore terziario ha rilevanza per quanto riguarda gli effetti prodotti dalle singole unità o loro aggregati sul territorio. Sotto questo punto di vista i caratteri da considerare sono:

1) la *dimensione* (superficie occupata, addetti). Le grandi unità presentano di regola una maggior autonomia localizzativa e maggiori effetti d'induzione sull'intorno territoriale. La loro localizzazione o rilocalizzazione è quindi una variabile strategica dell'equilibrio o riequilibrio territoriale. Inoltre, in un tessuto urbano consolidato, l'elasticità dell'offerta di spazio per l'insediamento decresce con la dimensione delle unità. La localizzazione delle maggiori unità richiede quindi un attento controllo e sovente anche un intervento pubblico sulle aree e sulle infrastrutture.

2) L'intensità e la qualità dei *flussi* generati, delle *interazioni* con altre unità e il *raggio* territoriale di essi. Mentre l'intensità dei flussi ha rilevanza soprattutto per quanto riguarda le strutture dell'accesso (viabilità, parcheggi, congestione del traffico), la qualità di essi e i tipi d'interazione territoriale che ne derivano, hanno effetti d'induzione sullo spazio circostante, in termini di economie esterne, di polarizzazione, di qualificazione e valorizzazione dei diversi quartieri urbani.

3) Le *funzioni* economiche e sociali. Sotto questo riguardo occorre distinguere tra attività « locali », rivolte ai consumi finali degli abitanti dell'area d'insediamento e attività di livello superiore rivolte alle imprese o all'organizzazione urbana e metropolitana nel suo complesso (come nel caso delle università e delle grandi unità sanitarie). La localizzazione delle attività « locali » va considerata in relazione alla distribuzione spaziale della popolazione e dei redditi. La localizzazione delle attività di livello superiore può invece esercitare effetti d'insieme sullo sviluppo economico e sociale a livello urbano, comprensoriale, regionale e talvolta anche nazionale. Essa, anche per singole unità, va quindi esaminata nel contesto di questi più vasti ambiti territoriali.

4) Attività *pubbliche e private*. La localizzazione del terziario pubblico (amministrazione, servizi) rappresenta uno strumento d'intervento territoriale diretto, ma incontra un limite nella disponibilità delle risorse pubbliche e nella scarsa divisibilità funzionale e fisica delle unità maggiori, dovuta all'attuale relativa arretratezza nell'organizzazione interna del lavoro. Le maggiori unità private presentano processi di ristrutturazione interna generalmente più avanzati (automazione, standardizzazione, teleinformatica, ecc.), che consentono una maggior mobilità e autonomia localizzativa. Ciò conferisce ad esse una particolare rilevanza nei processi di deconcentrazione e di riequilibrio territoriale.

In base a queste considerazioni appare di particolare interesse urbanistico lo studio delle attività terziarie di livello superiore e delle maggiori concentrazioni di uffici, cioè di quelle unità che costituiscono quello che viene detto settore terziario superiore.

3. La rilevazione dei dati.

Le unità terziarie superiori (UTS) oggetto della rilevazione, sono state quelle che utilizzano una superficie lorda di calpestio superiore a 1200 m² (comprendente gli spazi di servizio annessi, con l'esclusione invece di eventuali spazi destinati ad altre attività: industriali, di immagazzinamento, di vendita e simili). Tale superficie può essere compresa in uno stesso edificio oppure in più edifici vicini, entro il raggio di 200 m, purché dipendenti dalla stessa società o ente.

Al fine della rilevazione sono state considerate come *terziarie superiori* le attività che svolgono funzioni di livello almeno urbano (quindi non quelle che interessano solo settori o quartieri della città), appartenenti ai seguenti comparti (tra parentesi i numeri di codice usati nei riferimenti successivi):

A) Attività d'ufficio:

— Unità dipendenti da imprese industriali in complesso (01), comprese quelle localizzate presso stabilimenti (07);

— Unità dipendenti da imprese del settore del credito, assicurazioni, finanza (02);

— Unità dipendenti da imprese operanti nei rami: immobiliare, elettricità, acqua, gas, trasporti, commercio, informatica, editoria, servizi vari per le imprese (03);

— Unità dipendenti dall'Amministrazione Comunale, provinciale e regionale (04);

— Unità dipendenti dall'Amministrazione dello Stato (uffici giudiziari, previdenziali, finanziari, Forze Armate, ecc.) (05).

B) Attività di servizio:

— Istituti universitari ed equiparati, enti di ricerca, fondazioni, accademie:

— a gestione pubblica (08);

— a gestione privata (09);

— Attività culturali, sociali e politiche varie, di livello funzionale superiore (principali teatri, musei, biblioteche, archivi, sedi principali di associazioni culturali, enti religiosi, partiti politici, sindacati e simili);

— a gestione pubblica (10);

— a gestione privata (11);

— Ospedali regionali e provinciali e case di cura di analogo livello funzionale:

— a gestione pubblica (12);

— a gestione privata (13);

— Attrezzature fieristiche, borsa valori e simili, alberghi di categoria superiore alla II:

— a gestione pubblica (14);

— a gestione privata (15).

Mancando precedenti rilevazioni sistematiche del settore, si è provveduto a un primo censimento delle imprese e degli enti pubblici, da cui potevano dipendere UTS così definite. Ad essi è stato inviato un questionario, ritirato poi per posta o direttamente, nel periodo febbraio-maggio 1978, fino ad ottenere la totalità delle risposte.

Tramite il questionario sono state rilevate le superfici, gli addetti, le funzioni svolte, l'entità dei flussi giornalieri di persone, le disponibilità di parcheggio, il periodo dell'insediamento, le esigenze di ampliamento in sede e/o in altra localizzazione per i prossimi tre anni, come richieste da inserire nel P.P.A.

TABELLA 1.
U.T.S. - SUPERFICI OCCUPATE AL 1978

Divisioni territoriali	Totale terziario superiore			Pubblica amministrazione 04, 05, 08, 10, 12, 14			Aziende e servizi privati 01, 02, 03, 07, 09, 11, 13, 15		
	Unità	Superfici m ²	Addetti	Unità	Superfici m ²	Addetti	Unità	Superfici m ²	Addetti
CENTRO Quartiere 1	127	1.077.367	32.708	53	537.047	14.393	74	540.320	18.315
I CORONA Settore Sud Quartiere 2, 3	48	580.523	13.188	16	274.910	3.199	32	305.643	9.989
I CORONA Settore Ovest Quartiere 5, 6	18	133.907	5.042	5	51.797	1.387	13	82.110	3.655
I CORONA Settore Nord Quartiere 7, 8	23	170.765	61.147	4	30.106	815	19	140.659	5.332
TOTALE I CORONA	89	885.195	24.377	25	356.813	5.401	64	528.382	18.917
II CORONA Settore Est Quartiere 21, 22	7	34.076	842	3	17.043	696	4	17.033	146
II CORONA Settore Sud Quartiere 9, 10, 11, 12, 23	40	596.917	27.323	11	317.962	9.082	29	278.955	18.241
II CORONA Settore Ovest Quartiere 4, 13, 14	8	71.191	3.895	—	—	—	8	71.191	3.895
II CORONA Settore Nord Quartiere 15, 16, 17, 18, 19, 20	15	112.070	4.173	4	36.636	612	11	75.434	3.561
TOTALE II CORONA	70	814.254	36.233	18	371.641	10.390	52	442.613	25.843
TOTALE TORINO	286	2.776.816	93.318	96	1.265.501	30.184	190	1.511.315	63.134

ATTIVITÀ D'UFFICIO 01, 02, 03, 04, 05, 07

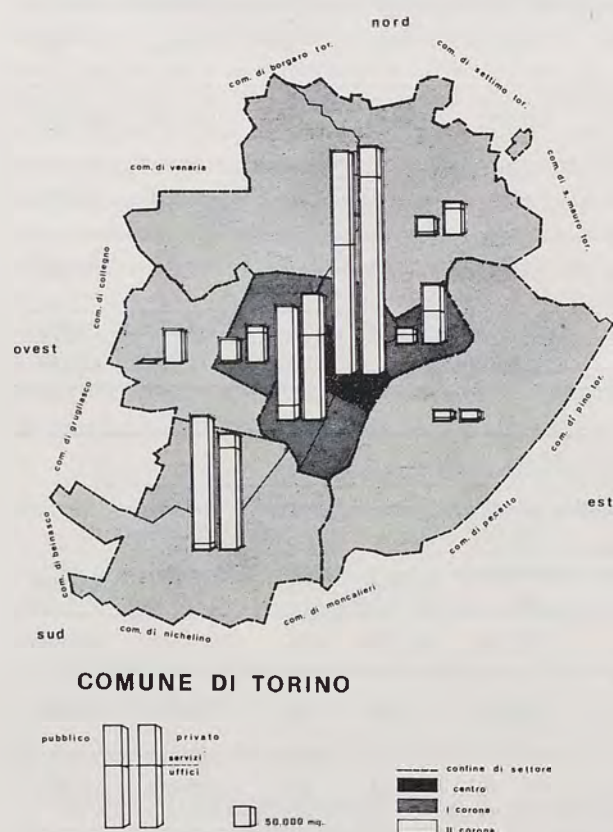
Divisioni territoriali	TOTALE			Pubblica amministrazione 04, 05			Aziende 01, 02, 03, 07		
	Unità	Superfici m ²	Addetti	Unità	Superfici m ²	Addetti	Unità	Superfici m ²	Addetti
CENTRO Quartiere 1	92	787.838	28.393	31	316.728	10.730	61	471.110	17.663
I CORONA Settore Sud Quartiere 2, 3	30	254.957	10.118	7	35.253	790	23	219.704	9.328
I CORONA Settore Ovest Quartiere 5, 6	12	72.889	3.578	1	2.700	151	11	70.189	3.427
I CORONA Settore Nord Quartiere 7, 8	18	97.339	3.848	3	20.290	542	15	77.049	3.306
TOTALE I CORONA	60	425.185	17.544	11	58.243	1.483	49	366.942	16.061
II CORONA Settore Est Quartiere 21, 22	2	9.800	310	1	6.500	180	1	3.300	130
II CORONA Settore Sud Quartiere 9, 10, 11, 12, 23	28	252.493	11.956	2	9.989	441	26	242.504	11.515
II CORONA Settore Ovest Quartiere 4, 13, 14	8	71.191	3.895	—	—	—	8	71.191	3.895
II CORONA Settore Nord Quartiere 15, 16, 17, 18, 19, 20	11	68.151	3.482	1	3.500	55	10	64.651	3.427
TOTALE II CORONA	49	401.635	19.643	4	19.989	676	45	381.646	18.967
TOTALE TORINO	201	1.614.658	65.580	46	394.960	12.889	155	1.219.698	52.691

4. La situazione attuale.

4.1. *Unità, superfici e addetti.* Nel Comune di Torino al 31 maggio 1978 sono risultate presenti 286 UTS con superficie superiore a 1200 m², le quali utilizzano complessivamente una superficie di 2.776.816 m². In esse risultano occupate 93.318 persone.

Le funzioni svolte si distribuiscono come segue.

Attività di ufficio: 201 unità con 1.614.658 m² e 65.580 addetti. In media il rapporto superficie/addetti è di 24,6 m². Le unità dipendenti da imprese manifatturiere (01) occupano complessivamente 585.138 m²; cioè il 36,2% dello spazio occupato da attività di ufficio. La maggior parte di tale spazio (394.468 m²) appartiene a unità localizzate presso stabilimenti (07).



COMUNE DI TORINO

Fig. 1. Distribuzione delle U.T.S., superfici occupate al 1978.

Come importanza seguono gli uffici della *Pubblica Amministrazione* (04+05), con 394.960 m² (24,5%), divisi in parti quasi eguali tra quelli comunali, provinciali, regionali (203.357 m²) e quelli dipendenti dall'Amministrazione centrale dello Stato (191.603).

Sempre nelle attività d'ufficio emerge poi per importanza il settore del *credito, assicurazioni e finanza* (02) con 294.359 m² (18,2%). Le altre residue attività d'ufficio (03) occupano nel loro insieme 340.201 m² (21,1%).

Le attività di servizio utilizzano complessivamente 1.162.158 m², con 27.738 addetti (rapporto medio superficie/addetti 41,9 m²). In esse i settori prevalenti sono quello ospedaliero (12+13) con 455.810 m² e quello università-ricerca (08+09) con 371.043 m².

Sommando gli uffici pubblici (04+05) con le altre attività gestite dalla P.A. (08+10+12+14) si ha una consistenza complessiva del settore della *Pubblica Amministrazione* in senso stretto (escluse cioè le aziende pubbliche di 96 unità, con 1.265.501 m² e 30.184 addetti (45,5% del totale in termini di superficie).

Il comparto che per brevità verrà detto *privato* (comprendenti le categorie 01, 02, 03, 07, 09, 11, 13, 15) conta 190 unità, con 1.511.315 m² (54,4% del totale) e 63.134 addetti. Il principale gruppo industriale torinese (FIAT), con 390.127 m² di superficie, costituisce da solo il 66,7% delle attività d'ufficio del settore manifatturiero (01) e il 32,0% del settore aziende (01+02+03).

Per quanto attiene alla distribuzione delle UTS nello spazio urbano, i dati sono sintetizzati nella Tab. 1 e nella Cartina 1. A tal fine la città è stata divisa in tre grandi zone concentriche il *Centro*, una *I Corona* attorno ad esso (corrispondente ai quartieri che sono a più diretto contatto con il Centro) e una *II Corona*, comprendente la restante parte (più periferica) del Comune. Le corone sono poi state divise in grandi settori radiali: Est, Sud, Ovest e Nord.

Tabella n. 2

	Superficie territoriale ha	Superficie UTS m ²	% Superficie UTS	Densità UTS (°)
Centro	380,9	1.077.367	38,8	2.828,5
I Corona	1.729,9	885.195	31,8	511,7
II Corona	10.905,8	814.254	29,3	74,7
Torino	13.016,6	2.776.816	100	213,3

(°) m² superficie UTS per ettaro di superficie territoriale.

Dalla Tab. 2 si nota come in termini di superficie territoriale le tre zone concentriche hanno dimensioni molto differenti, mentre in termini di superficie utilizzata dalle UTS non differiscono molto tra loro. Ne deriva una fortissima disparità nella densità territoriale delle attività terziarie superiori a seconda della posizione rispetto al centro, messa in evidenza dall'indice della superficie UTS per ettaro di superficie territoriale. In particolare il Centro ha una densità circa 13 volte superiore alla me-

TABELLA 3.
FLUSSI DI TRAFFICO GENERATI DALLE U.T.S.

Divisioni territoriali	Totale terziario superiore				Pubblica amministrazione 04, 05, 08, 10, 12, 14				Aziende e servizi privati 01, 02, 03, 07, 09, 11, 13, 15			
	flussi	flussi + addetti	f \$ dam ²	f+a \$ dam ²	flussi	flussi + addetti	f \$ dam ²	f+a \$ dam ²	flussi	flussi + addetti	f \$ dam ²	f+a \$ dam ²
CENTRO Quartiere 1	69.975	102.683	6,49	9,53	41.400	55.793	7,70	10,38	28.575	46.890	5,28	8,67
I CORONA Settore Sud Quartiere 2, 3	19.325	32.513	3,32	5,60	12.150	15.349	4,41	5,58	7.175	17.164	2,34	5,61
I CORONA Settore Ovest Quartiere 5, 6	5.400	10.442	4,03	7,79	3.425	4.812	6,61	9,28	1.975	5.630	2,40	6,85
I CORONA Settore Nord Quartiere 7, 8	4.775	10.922	2,79	6,39	2.225	3.040	7,93	10,09	2.550	7.882	1,81	5,60
TOTALE I CORONA	29.500	53.877	3,33	6,08	17.800	23.201	4,98	6,50	11.700	30.676	2,21	5,80
II CORONA Settore Est Quartiere 21, 22	600	1.442	1,76	4,23	500	1.196	2,93	7,01	100	246	0,58	1,44
II CORONA Settore Sud Quartiere 9, 10, 11, 12, 23	18.717	46.040	3,13	7,71	13.392	22.474	4,21	7,06	5.325	23.566	1,90	8,44
II CORONA Settore Ovest Quartiere 4, 13, 14	475	4.370	0,66	6,13	—	—	—	—	475	4.370	0,66	6,13
II CORONA Settore Nord Quartiere 15, 16, 17, 18, 19, 20	2.525	6.698	2,25	5,97	975	1.587	2,66	4,33	1.550	5.111	2,05	6,77
TOTALE II CORONA	22.317	58.550	2,74	7,19	14.867	25.257	4,00	6,79	7.450	33.293	1,68	7,52
TOTALE TORINO	121.792	215.110	4,38	7,74	74.067	104.251	5,85	8,23	47.725	110.859	3,15	7,33

ATTIVITÀ D'UFFICIO

Divisioni territoriali	TOTALE				Pubblica amministrazione 04, 05				Aziende 01, 02, 03, 07			
	flussi	flussi + addetti	f \$ dam ²	f+a \$ dam ²	flussi	flussi + addetti	f \$ dam ²	f+a \$ dam ²	flussi	flussi + addetti	f \$ dam ²	f+a \$ dam ²
CENTRO Quartiere 1	49.250	77.643	6,25	9,85	24.925	35.655	7,86	11,25	24.325	41.988	5,16	8,91
I CORONA Settore Sud Quartiere 2, 3	5.650	15.768	2,22	6,18	700	1.490	1,98	4,22	4.950	14.278	2,25	6,50
I CORONA Settore Ovest Quartiere 5, 6	3.125	6.703	4,29	9,20	1.500	1.651	55,50	61,10	1.625	5.052	2,31	7,20
I CORONA Settore Nord Quartiere 7, 8	1.850	5.698	1,90	5,85	725	1.267	3,57	6,24	1.125	4.431	1,46	5,75
TOTALE I CORONA	10.625	28.169	2,50	6,62	2.925	4.408	5,02	7,56	7.700	23.761	2,10	6,48
II CORONA Settore Est Quartiere 21, 22	325	635	3,32	6,48	275	455	4,23	7,00	50	180	1,52	5,45
II CORONA Settore Sud Quartiere 9, 10, 11, 12, 23	4.450	16.406	1,76	6,50	425	866	4,25	8,66	4.025	15.540	1,66	6,41
II CORONA Settore Ovest Quartiere 4, 13, 14	650	4.545	0,91	6,38	—	—	—	—	650	4.545	0,91	6,38
II CORONA Settore Nord Quartiere 15, 16, 17, 18, 19, 20	1.175	4.657	1,72	6,83	175	230	5,00	6,57	1.000	4.427	1,55	6,85
TOTALE II CORONA	6.600	26.243	1,64	6,53	875	1.551	4,37	7,76	5.725	24.692	1,50	6,47
TOTALE TORINO	66.475	132.055	4,12	8,18	28.725	41.614	7,27	10,53	37.750	90.441	3,10	7,42

dia della città e 38 volte superiore a quella della II Corona. La I Corona, con una densità più che doppia della media, si segnala anch'essa come un'area di relativa concentrazione.

Per quanto riguarda i settori radiali, quello Sud (I e II Corona) con il 42,4% delle superfici UTS di tutta la città e con una densità di 379 m² UTS/ha, si distacca nettamente dagli altri. Densità relativamente bassa ha il settore Ovest (121 m² UTS/ha) e ancor più il settore Nord (58 m² UTS/ha). Minima la consistenza e la densità del settore Est, che, per la sua conformazione collinare, costituisce un caso particolare, del tutto atipico.

Per quanto riguarda la distribuzione territoriale delle diverse funzioni, si nota anzitutto una forte presenza del settore Pubblica Amministrazione nel Centro, dove occupa il 49,8 dello spazio UTS. Tale concentrazione è particolarmente marcata per quanto riguarda le attività di ufficio della P.A., che per l'83,2% del loro totale si localizzano appunto nel Centro.

Le attività d'ufficio delle aziende e degli enti privati si presentano invece meno accentrate, in quanto la loro quota nel Centro è del 38%. Su questo fatto incide anche la già notata forte presenza di uffici di imprese industriali localizzati presso gli stabilimenti, data la distribuzione periferica di questi ultimi. Ciò spiega come quasi un terzo della superficie utilizzata dagli uffici del settore privato cada nella II Corona. Viceversa, sempre nel settore delle aziende, la funzione credito-assicurazioni si presenta fortemente concentrata (il 76% della superficie è nel Centro).

4.2. *Flussi di persone e parcheggi.* Le risposte al questionario e — in assenza di queste — nostre stime, hanno permesso di attribuire ad ogni UTS il numero medio approssimativo di persone (clienti, visitatori, utenti, ecc.) che giornalmente vi accedono. Sommando a tali flussi esterni (f) il numero degli addetti (a) si ottiene una misura indicativa del traffico giornaliero generato dall'UTS. Per confrontare le diverse situazioni tali valori sono poi stati riferiti alla superficie delle UTS (s , in dam²), utilizzando gli indici f/s e $(f+a)/s$.

La distribuzione dei flussi sulle ripartizioni territoriali del Comune di Torino (tab. 3) conferma — sia nei valori assoluti, sia nei rapporti di questi con le superfici delle U.T.S. — la disparità dell'area centrale rispetto alle corone. Tali flussi infatti sono generati per il 57,5% dalle UTS del centro; per il 24,2% da quelle della prima Corona e per il 18,3% dalla seconda Corona, con indici f/s decrescenti del centro (6,49) alla prima Corona (3,33) e ancora alla seconda Corona (2,74).

Sulla formazione dei flussi nel Centro l'incidenza delle attività pubbliche risulta essere del 59,2% e quella delle attività private del 40,8%. Gli uffici, qui fortemente accentrati vi concorrono per il 70,3%, con una egual distribuzione tra comparto pubblico e aziende. Sempre nel Centro il rapporto f/s varia invece notevolmente tra le attività private e quelle pubbliche: in quelle pubbliche raggiunge i valori più elevati di tutta l'area urbana con 7,70 sul totale e 7,86 sulle attività di ufficio, mentre il comparto privato presenta valori più bassi, con 5,28 sul totale e 5,16 sulle attività d'ufficio. Considerando l'indice $(f+a)/s$, le attività della P.A. raggiungono valori 10,38 e 11,25, cioè più di una persona per mq. di superficie utilizzata, contro gli 8,67 e 8,91 delle attività private.

Nella prima Corona i flussi, pur diminuendo notevolmente, in valore assoluto ed in percentuale rispetto al centro, risultano ancora generati per il 60,3% delle attività pubbliche di servizio (ospedaliere, universitarie, fieristiche e culturali di livello superiore). Le attività di ufficio concorrono per il 16,0% sul totale della città (contro il 74,1 del Centro ed il 9,9% della seconda Corona) con gli uffici dell'industria manifatturiera (01) e dei servizi specializzati per le imprese (03) che ne generano il 72,5% e la P.A. il 27,5%.

Nel settore sud si concentra il 65,5% dei flussi dell'intera Corona e tale settore si qualifica quindi come area di maggior addensamento, benché i rapporti f/s e $(f+a)/s$ non siano tra i più elevati. Complessivamente tali indici nella I Corona presentano valori inferiori rispetto al Centro, seppure i rapporti generati dalle attività private risultino maggiormente divergenti tra di loro (rispettivamente 2,21 e 5,80 per il totale; 2,50 e 6,62 per le attività di ufficio), a causa del minor numero di fruitori esterni rispetto agli addetti.

La seconda Corona è caratterizzata dalla presenza di un maggior numero di occupati rispetto alla prima e dal fatto che i valori assoluti di flusso sono minori del numero degli addetti. Ne consegue che i flussi sono generati prevalentemente dagli occupati stessi con valori di $(f+a)/s$ divergenti da quelli di f/s (7,19 contro 2,74). Sempre nella II Corona le attività pubbliche ospedaliere e universitarie forniscono il 66,6% dei flussi totali; quelle private il 33,4%, con rilevanti quote generate dagli uffici localizzati presso le imprese. Complessivamente le attività d'ufficio concorrono con il 29,6% del totale, con un'incidenza relativa più bassa di quella che gli uffici stessi presentano sia nel Centro che nella I Corona. Così come nella prima Corona anche qui il settore Sud si qualifica come l'area di principale attrazione dei flussi (83,8%).

Su tutta l'area del Comune di Torino sono le attività pubbliche con il 60,8% ad attrarre quote

TABELLA 4 A.

SUPERFICI OCCUPATE DALLE U.T.S. AL 1978 PER EPOCA DI INSEDIAMENTO

TOTALE TERZIARIO SUPERIORE								
Divisioni territoriali		Ante '45	45-55	56-65	66-71	72-78	Senza epoca	TOTALE
CENTRO	N° Unità	65	14	17	11	12	8	127
	Superficie m²	584.808	95.692	204.023	98.150	72.226	22.468	1.077.367
	% Riga	54,4	8,9	18,9	9,1	6,7	2,0	100
	% Colonna	42,9	37,4	34,5	36,0	33,4	29,9	38,8
I CORONA	N° Unità	39	4	17	10	14	5	89
	Superficie m²	457.752	70.100	187.838	79.700	76.405	13.400	885.195
	% Riga	51,7	7,9	21,2	9,0	8,7	1,5	100
	% Colonna	33,6	27,4	31,6	29,1	35,3	17,9	31,9
II CORONA	N° Unità	23	7	17	10	6	7	70
	Superficie m²	321.130	90.020	201.224	95.300	67.410	39.170	814.254
	% Riga	39,4	11,0	24,8	11,7	8,3	4,8	100
	% Colonna	23,5	35,2	33,9	34,9	31,3	52,2	29,3
TOTALE TORINO	N° Unità	127	25	51	31	32	20	286
	Superficie m²	1.363.690	255.812	593.085	273.150	216.041	75.038	2.776.816
	% Riga	49,1	9,2	21,4	9,8	7,8	2,7	100
	% Colonna	100	100	100	100	100	100	100
PUBBLICA AMMINISTRAZIONE 04, 05, 08, 10, 12, 14								
Divisioni territoriali		Ante '45	45-55	56-65	66-71	72-78	Senza epoca	TOTALE
CENTRO	N° Unità	30	4	6	3	6	4	53
	Superficie m²	319.441	32.285	74.415	53.780	43.300	13.826	537.047
	% Riga	59,4	6,1	13,8	10,0	8,1	2,6	100
	% Colonna	42,8	100	23,3	75,7	63,4	48,4	42,4
I CORONA	N° Unità	12	—	5	2	3	3	25
	Superficie m²	199.238	—	121.567	13.763	13.760	8.440	356.813
	% Riga	55,8	—	34,0	3,9	3,9	2,4	100
	% Colonna	26,7	—	38,2	19,4	20,2	29,5	28,2
II CORONA	N° Unità	8	—	5	1	1	3	18
	Superficie m²	228.246	—	122.395	3.500	11.200	6.300	371.641
	% Riga	61,4	—	33,0	1,0	3,0	1,6	100
	% Colonna	30,5	—	38,5	4,9	16,4	22,1	29,4
TOTALE TORINO	N° Unità	50	4	16	6	10	10	96
	Superficie m²	746.925	32.285	318.377	71.043	68.260	28.566	1.265.501
	% Riga	59,0	2,5	25,2	5,6	5,4	2,3	100
	% Colonna	100	100	100	100	100	100	100
AZIENDE E SERVIZI PRIVATI 01, 02, 03, 07, 09, 11, 13, 15								
Divisioni territoriali		Ante '45	45-55	56-65	66-71	72-78	Senza epoca	TOTALE
CENTRO	N° Unità	35	10	11	8	6	4	74
	Superficie m²	265.367	63.407	129.608	44.370	28.926	8.642	540.320
	% Riga	49,1	11,7	24,0	8,3	5,3	1,6	100
	% Colonna	43,0	28,4	47,2	22,0	19,6	18,6	35,7
I CORONA	N° Unità	27	4	12	8	11	2	64
	Superficie m²	258.469	70.100	66.271	65.937	62.645	4.960	528.382
	% Riga	48,9	13,3	12,6	12,5	11,8	0,9	100
	% Colonna	41,9	31,4	24,2	32,7	42,4	10,7	35,0
II CORONA	N° Unità	15	7	12	9	5	4	52
	Superficie m²	92.884	90.020	78.829	90.800	56.210	32.870	442.613
	% Riga	21,0	20,3	17,8	20,5	12,7	7,7	100
	% Colonna	15,1	40,2	28,6	45,3	38,0	70,7	29,3
TOTALE TORINO	N° Unità	77	21	35	25	22	10	190
	Superficie m²	616.720	223.527	274.708	201.107	147.781	46.472	1.511.315
	% Riga	40,8	14,8	18,1	13,3	9,8	3,2	100
	% Colonna	100	100	100	100	100	100	100

TABELLA 4 B.
ATTIVITÀ D'UFFICIO

		TOTALE						
Divisioni territoriali		Ante '45	45-55	56-65	66-71	72-78	Senza epoca	TOTALE
CENTRO	N° Unità	44	13	12	9	8	6	92
	Superficie m²	425.433	90.730	153.853	55.470	44.326	18.026	787.838
	% Riga	54,0	11,5	19,5	7,0	5,6	2,4	100
	% Colonna	64,2	36,6	55,9	26,9	28,3	27,0	48,8
I CORONA	N° Unità	20	3	12	8	12	5	60
	Superficie m²	140.127	68.400	72.000	75.188	56.070	13.400	425.185
	% Riga	33,0	16,1	16,9	17,6	13,2	3,2	100
	% Colonna	21,1	27,6	26,2	36,5	36,8	20,0	26,3
II CORONA	N° Unità	15	6	9	9	5	5	49
	Superficie m²	96.922	88.520	49.313	75.300	56.210	35.370	401.635
	% Riga	24,1	22,0	12,3	18,8	14,0	8,8	100
	% Colonna	14,7	35,8	17,9	36,6	35,9	53,0	24,9
TOTALE TORINO	N° Unità	79	22	33	26	25	16	201
	Superficie m²	662.482	247.650	275.166	205.958	156.606	66.796	1.614.658
	% Riga	41,0	15,3	17,0	12,8	9,7	4,2	100
	% Colonna	100	100	100	100	100	100	100

		PUBBLICA AMMINISTRAZIONE 04, 05						
Divisioni territoriali		Ante '45	45-55	56-65	66-71	72-78	Senza epoca	TOTALE
CENTRO	N° Unità	15	4	3	2	3	4	31
	Superficie m²	191.939	32.285	43.178	15.100	20.400	13.826	316.728
	% Riga	60,6	10,2	13,6	4,8	6,4	4,4	100
	% Colonna	91,1	100	60,7	46,7	77,9	62,1	80,2
I CORONA	N° Unità	1	—	3	2	2	3	11
	Superficie m²	8.790	—	21.450	13.763	5.800	8.440	58.243
	% Riga	15,1	—	36,8	23,6	10,0	14,5	100
	% Colonna	4,2	—	30,2	42,5	22,1	37,9	14,7
II CORONA	N° Unità	2	—	1	1	—	—	4
	Superficie m²	9.989	—	6.500	3.500	—	—	19.989
	% Riga	50,0	—	39,5	17,5	—	—	100
	% Colonna	4,7	—	9,1	10,8	—	—	5,1
TOTALE TORINO	N° Unità	18	4	7	5	5	7	46
	Superficie m²	210.718	32.285	71.128	32.363	26.200	22.266	394.960
	% Riga	53,4	8,2	18,0	8,2	6,6	5,6	100
	% Colonna	100	100	100	100	100	100	100

		AZIENDE 01, 02, 03, 07						
Divisioni territoriali		Ante '45	45-55	56-65	66-71	72-78	Senza epoca	TOTALE
CENTRO	N° Unità	29	9	9	7	5	2	61
	Superficie m²	233.494	58.445	110.675	40.370	23.926	4.200	471.110
	% Riga	49,5	12,4	23,5	8,6	5,1	0,9	100
	% Colonna	51,7	27,1	54,2	23,3	18,3	9,4	38,6
I CORONA	N° Unità	19	3	9	6	10	2	49
	Superficie m²	131.337	68.400	50.550	61.425	50.270	4.960	366.942
	% Riga	35,8	18,6	13,8	16,8	13,7	1,3	100
	% Colonna	29,1	31,8	24,8	35,4	38,4	11,1	30,1
II CORONA	N° Unità	13	6	8	8	5	5	45
	Superficie m²	86.933	88.520	42.813	71.800	56.210	35.370	381.646
	% Riga	22,8	23,2	11,2	18,8	14,7	9,3	100
	% Colonna	19,2	41,1	21,0	41,3	43,1	79,5	31,3
TOTALE TORINO	N° Unità	61	18	26	21	20	9	155
	Superficie m²	451.764	215.365	204.038	173.595	130.406	44.530	1.219.698
	% Riga	37,0	17,7	16,7	14,2	10,7	3,7	100
	% Colonna	100	100	100	100	100	100	100

maggiori di flussi contro il 40,2% di quelle private. Di notevole rilievo appare infine l'attività d'ufficio (pubblica e privata) che concorre per il 54,6% alla creazione dei flussi complessivi.

Per quanto riguarda i parcheggi a esclusiva disposizione delle UTS le risposte ottenute si riferiscono a 140 UTS su 286 (corrispondenti a 1.208.379 mq di superficie attualmente occupata, 63.075 unità di flusso e 97.138 di f+a). I posti macchina così rilevati risultano essere 5.075, cioè un posto macchina ogni 238 mq di superficie UTS, con notevoli differenze tra il Centro con 356 m², la I Corona con 232 m² e la seconda con 87. I posti macchina riferiti invece ai flussi+addetti sono in media 1 ogni 19 persone; per il Centro questo valore è pari a 1 ogni 36, per la I Corona a 1 ogni 15 e per la II 1 ogni 4.

Si può ritenere che in realtà la dotazione di parcheggi sia più bassa di quanto appare da questi dati, in quanto è probabile che la maggior parte delle UTS, che non hanno risposto alla domanda sui parcheggi, ne siano totalmente sprovviste. In ogni caso il Centro si presenta come l'area dominante nella generazione dei flussi (che quindi risultano prevalentemente radiali e centripeti) e al tempo stesso la meno attrezzata per la sosta dei veicoli. La concentrazione delle UTS incide quindi in misura rilevante sulla congestione del traffico nell'area centrale.

4.3. *La dinamica localizzativa dal 1945 al 1978.* Le UTS considerate nell'indagine sono state suddivise secondo le epoche del loro insediamento attuale (ante 1945, 1945-'55, 1956-'65, 1966-'71, 1972-'78) al fine di valutare la consistenza e la dinamica delle diverse localizzazioni nelle fasi significative dello sviluppo urbano torinese (v. Tab. 4 A-B). I dati della tabella sono stati visualizzati nei grafici della fig. 2, facendo eguale a 100 la superficie delle UTS al 1978 e ripartendola in quote percentuali tra i diversi periodi indicati, in base alla data a cui risale l'impianto nella sede attuale. Rappresentando queste percentuali cumulativamente, i grafici danno l'idea dell'evoluzione delle localizzazioni nel tempo. Ma va notato che si tratta di una rappresentazione puramente indicativa, per i seguenti motivi: 1) tutta la superficie attuale viene riferita alla data dell'insediamento, anche nei casi (frequentissimi) in cui essa risulti da ampliamenti intervenuti in epoche successive; 2) viene solo considerata la data dell'ultimo insediamento; 3) non vengono considerate eventuali UTS presenti in date anteriori nella città e non più presenti al 1978. Infine si nota che i valori finali al 1978 sono sempre un po' inferiori a 100, in quanto, per carenza di risposte al questionario, il 2,7% della superficie UTS complessiva non è attribuibile a epoche determinate.

La maggior parte delle superfici UTS oggi esistenti appartiene a unità che occupavano già la sede

attuale prima del 1945. Si tratta del 49,1% del totale delle superfici. Segue per importanza il decennio 1956-'65 con il 21,4% mentre gli altri periodi presentano una più debole dinamica localizzativa.

Le attività d'ufficio seguono con pressoché identiche variazioni i mutamenti dell'intero settore. La Pubblica Amministrazione, occupando il 54,8% della superficie degli insediamenti risalenti all'epoca anteguerra, rivela una certa inerzia localizzativa e solo nel decennio 1956-'65 con il 53,7% delle superfici insediate emerge come il comparto più dinamico. Nel periodo 1946-'55 ed in quelli successivi al 1966 sono invece le aziende ed i servizi privati a registrare il maggior numero di nuove localizzazioni con l'87,3% delle superfici insediate nel 1946-'55, il 73,6% nel 1966-'71 ed il 68,4% nel 1972-'78: le attività d'ufficio delle industrie manifatturiere, del credito, della finanza e assicurazioni sono i rami trainanti. Complessivamente gli uffici privati concorrono percentualmente sul totale delle attività impiegate con quote superiori al 75% mentre quelli pubblici si stabiliscono intorno al 25%.

Nell'area centrale gli insediamenti terziari superiori si localizzano per il 54,4% nel periodo anteriore al 1945. Le superfici corrispondenti si dividono in parti pressoché uguali tra le attività private e quelle della Pubblica Amministrazione, con una leggera prevalenza di quest'ultima; il comparto degli uffici occupa il 72,7% del totale. Nelle fasi successive le percentuali di insediamento nel Centro risultano ridotte, con la punta più elevata nel decennio 1956-'65 con il 18,9%. Tali percentuali sono più basse non solo per la più breve durata dei periodi considerati, ma anche in relazione alle altre zone (I e II Corona), a causa della saturazione delle aree edificabili del centro avvenuta già prima del '45 e con il formarsi nei periodi successivi di uno sviluppo urbano residenziale sulla prima e sulla seconda Corona. Sempre nel Centro, per quanto riguarda la divisione delle superfici tra attività pubbliche e private, dopo il '45 e fino al '65 sono le superfici delle attività private a prevalere su quelle pubbliche, mentre dal '66 in poi tale situazione risulta invertita. Le attività d'ufficio, con percentuali che variano tra il 94,8% nel periodo 1945-'55 ed il 56,5% nel 1966-'71 caratterizzano l'area centrale.

Sulla prima Corona insistono ancora per il 51,7% gli insediamenti terziari del periodo anteguerra e per il 21,2% quelli del decennio 1956-'65. Contrariamente al Centro le attività private, in prevalenza uffici, presentano sul totale percentuali sempre maggiori di quelle pubbliche ad eccezione della fase 1956-1965 in cui è la Pubblica Amministrazione a raggiungere il 64,8%.

Sulla seconda Corona le superfici corrispondenti alle UTS insediate si distribuiscono tra di esse in

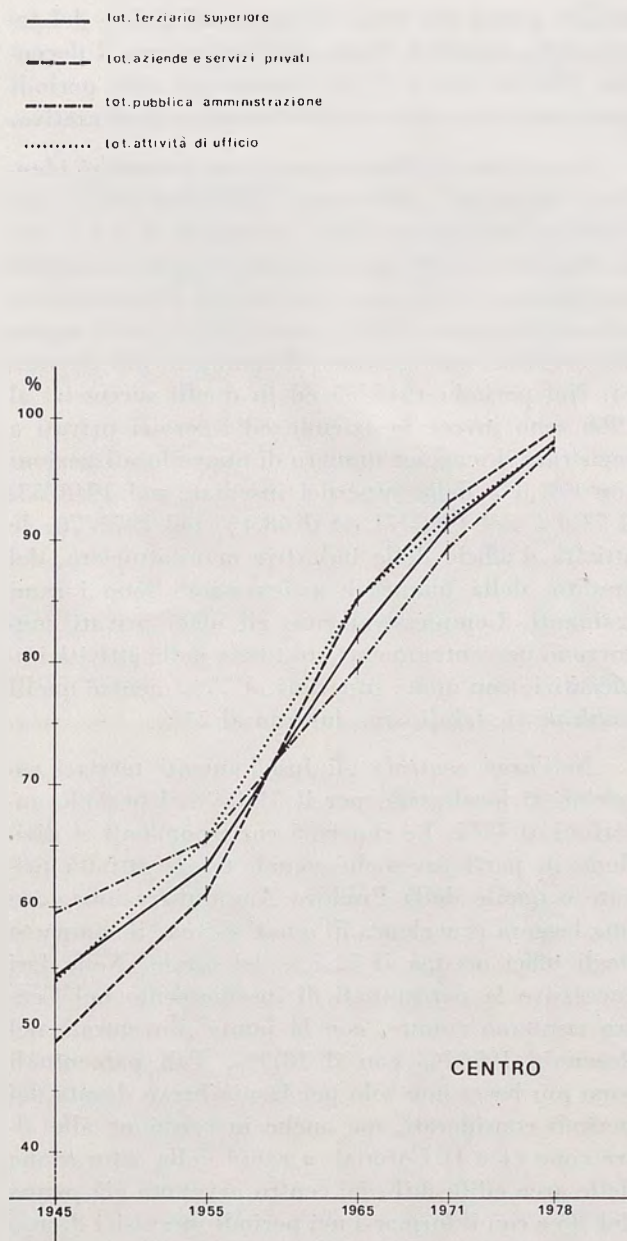


Fig. 2a

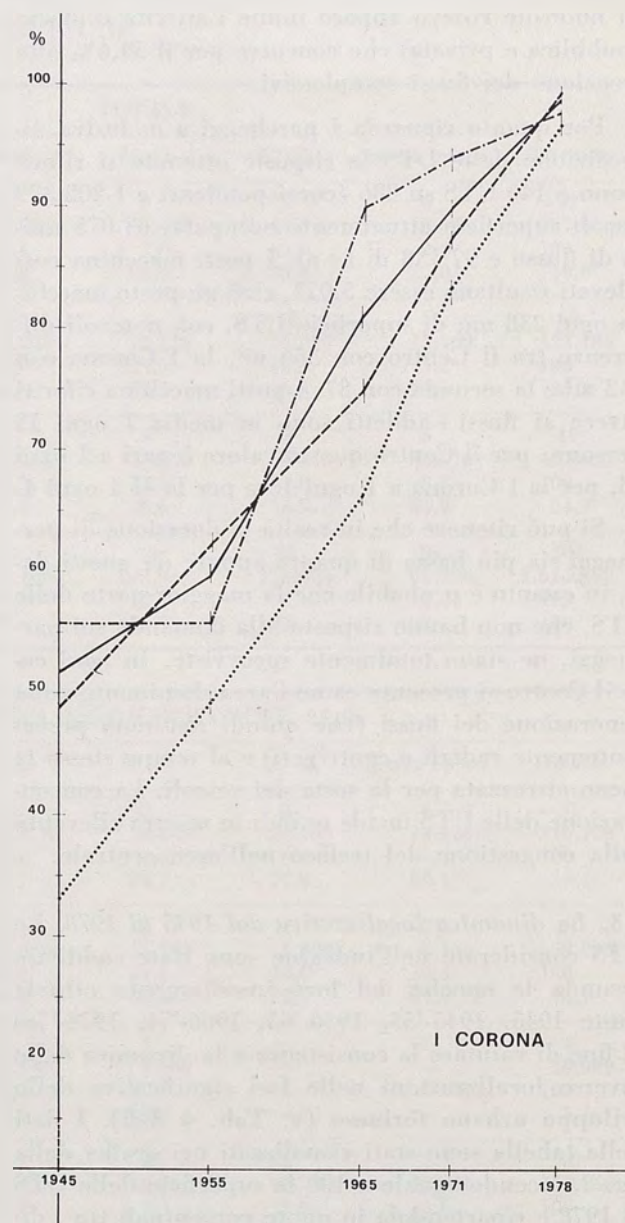


Fig. 2b

modo più omogeneo rispetto al Centro ed alla I Corona. In questa parte, accanto al comparto della Pubblica Amministrazione, che nel periodo anteguerra e nel decennio 1956-'65 raggiunge i valori percentuali più elevati, si assiste nelle ultime due fasi ad una ripresa dell'attività privata, prevalentemente uffici ubicati presso gli stabilimenti. Tale attività arriva al '78 a caratterizzare tutta l'area incidendo infatti per il 52,8% sul totale dell'attività privata e per il 52,6% sul totale delle attività d'ufficio presenti nella Corona.

5. La domanda di spazio e le nuove tendenze localizzative.

Questo paragrafo riguarda le previsioni espresse dagli enti e dalle imprese di appartenenza delle

UTS censite, in ordine alle loro esigenze di ampliamento nella sede attuale, di rilocalizzazione e di eventuali nuovi insediamenti aggiuntivi per il triennio 1978-'80. Tali indicazioni sono state espressamente sollecitate dal Comune di Torino (tramite il questionario di cui al par. 3, e in vari casi attraverso contatti diretti), come contributi alla formazione del primo Programma Pluriennale di Attuazione e sono poi state in larga misura in esso recepite. Si tratta quindi di previsioni abbastanza realistiche. I fabbisogni suddetti sono stati espressi dagli intervistati in superfici lorde di calpestio comprese tra un valore minimo e uno massimo. Qui vengono utilizzate le risposte relative ai valori minimi, ritenendo che tale dato, più aderente alle esigenze funzionali e alle disponibilità finanziarie dei richie-

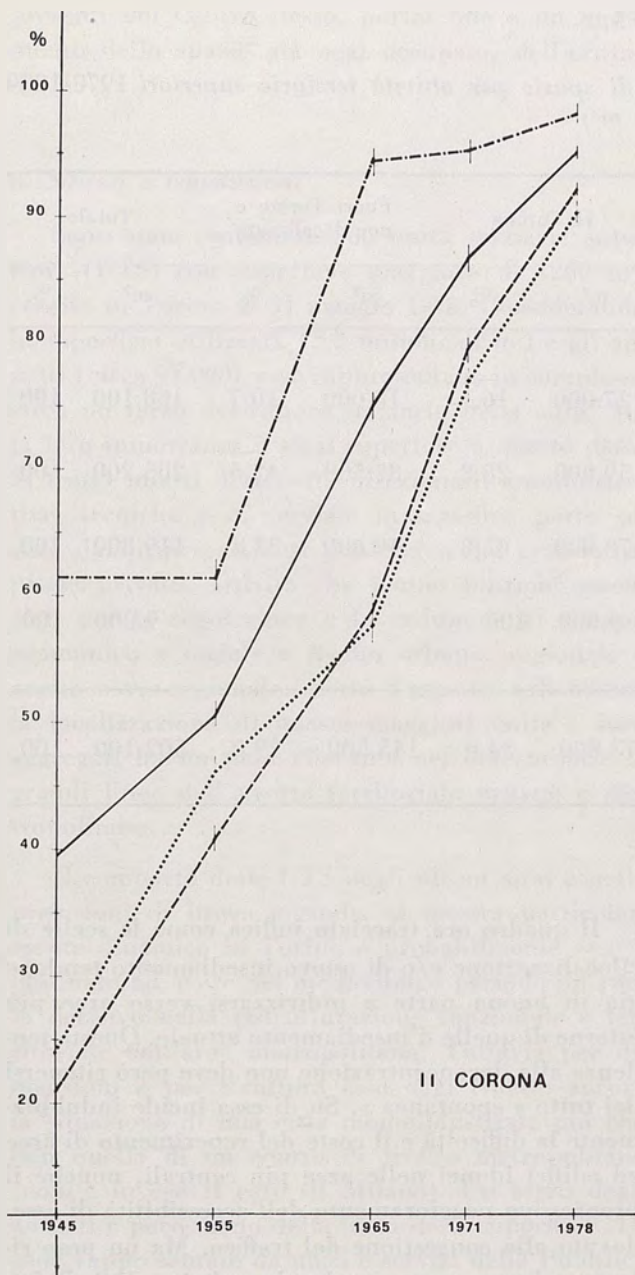


Fig. 2c

Figg. 2 a, b, c, d - Distribuzione cumulativa delle superfici occupate dalle U.T.S. al 1978, per epoca di insediamento.

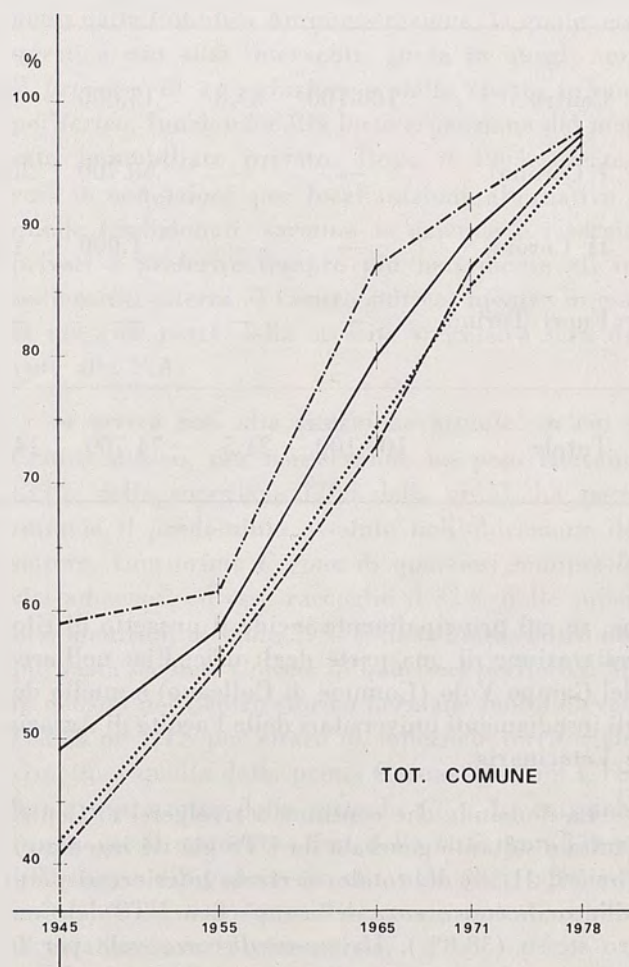


Fig. 2d

denti, esprima in buona approssimazione la domanda effettiva di spazio.

Delle 286 UTS rilevate, 90 hanno espresso esigenze di ampliamento e/o di rilocalizzazione, con una domanda di superficie globale (minima) di 502.100 m², di cui 285.100 m² per attività di ufficio (33.400 m² Pubblica Amministrazione e 251.700 m² aziende) e 217.000 m² per le attività di servizio. Ciò significa che nei prossimi tre anni lo stock di superficie esistente dovrebbe aumentare del 18,1% (17,7% per gli uffici in senso stretto), quindi con un tasso annuo superiore a quello registrato in passato, anche se, come si vedrà, una parte della domanda si rivolge verso aree esterne al Comune.

La distribuzione geografica per provenienza e destinazione di questa domanda è illustrata nella

Tab. 5. Nel complesso circa la metà della domanda di spazio emergente dall'indagine, tende ad essere soddisfatta nella zona (Centro, I o II Corona) in cui sono già localizzate le UTS da cui tale domanda proviene. La percentuale è tuttavia assai più alta per il Centro (64,3%) e per la II Corona (65,8%) che non per la I Corona. Mentre per il Centro agiscono fattori funzionali (specie per il settore del credito) e anche inerziali (specie per quanto riguarda gli uffici della Pubblica Amministrazione), la quota elevata di permanenza nella II Corona si deve principalmente al progetto di rilocalizzazione degli uffici Fiat (già ora in prevalenza ubicati in tale Corona), nell'area del quartiere S. Paolo.

A livello di tutta la città è tuttavia consistente anche la tendenza alla localizzazione fuori del Comu-

TABELLA 5.

Distribuzione per grandi zone della domanda aggiuntiva di spazio per attività terziarie superiori 1978-1980 (unità 1200 m²).

Verso	Centro		I Corona		II Corona		Fuori Torino e non localizzate		Totale	
Da	m²	%	m²	%	m²	%	m²	%	m²	%
Centro	108.100	64,3	15.000	8,9	27.000	16,1	18.000	10,7	168.100	100
I Corona	—	—	58.700	28,6	59.000	28,8	87.500	42,6	205.200	100
II Corona	—	—	1.000	0,8	78.800	65,8	40.000	33,4	119.800	100
Fuori Torino	—	—	—	—	9.000	100	—	—	9.000	100
Totale	108.100	21,5	74.700	14,9	173.800	34,6	145.500	29,0	502.100	100

ne, su cui principalmente incide il progetto di rilocalizzazione di una parte degli uffici Fiat nell'area del Campo Volo (Comune di Collegno) e quello degli insediamenti universitari delle Facoltà di Agraria e Veterinaria.

La domanda che continua a rivolgersi al Centro (tutta e soltanto generata da UTS già ivi insediate), che è il 21,5% del totale, si rivela inferiore rispetto all'attuale consistenza della superficie UTS del Centro stesso (38,8%). Lo stesso discorso vale per la I Corona, su cui insiste il 14,9% della domanda aggiuntiva globale, mentre la quota già attualmente localizzata è del 31,9%. Anche in questo caso si tratta quasi esclusivamente di domanda proveniente dalla stessa zona. Verso la II Corona si dirige invece una quota di domanda (34,6%) superiore alla consistenza complessiva delle UTS attualmente localizzate (29,3% del totale).

Per quanto riguarda gli attuali squilibri tra settori radiali si nota una tendenza alla riduzione delle differenze tra il settore Sud della I e II Corona e gli altri. Mentre la quota della superficie UTS complessiva delle due Corone, ora localizzata nei settori Sud è del 69,3% la quota di domanda aggiuntiva è del 47,7%. Tale riequilibrio avviene essenzialmente nei confronti del settore Ovest, che ora rappresenta il 12,1% del totale UTS nelle due Corone, mentre verso di esso si dirige il 36,3% della domanda aggiuntiva.

Il quadro ora tracciato indica come le scelte di rilocalizzazione e/o di nuovo insediamento tendano già in buona parte a indirizzarsi verso aree più esterne di quelle d'insediamento attuale. Questa tendenza alla deconcentrazione non deve però ritenersi del tutto « spontanea ». Su di essa incide indubbiamente la difficoltà e il costo del reperimento di aree ed edifici idonei nelle aree più centrali, nonché il progressivo peggioramento dell'accessibilità di esse, dovuto alla congestione del traffico. Ma un peso rilevante hanno avuto anche due altri ordini di fattori. Anzitutto le restrizioni imposte all'edificabilità e alla trasformazione d'uso degli edifici della più recente legislazione urbanistica. Inoltre, per alcuni casi di operazioni rilevanti, come la nuova localizzazione delle sedi universitarie, degli uffici Fiat, ecc., il fatto che le preferenze espresse dagli intervistati riflettano già scelte maturate attraverso precedenti contatti con l'Amministrazione locale e quindi siano già orientate verso gli obiettivi di deconcentrazione da essa perseguiti.

La pressione della domanda di nuovo spazio per uffici UTS nel Centro è tuttavia ancora elevata. Va tenuto presente che la domanda di spazio periferico generata dal Centro è in gran parte aggiuntiva (cioè è minima la quota di spazio che in esso verrebbe lasciata libera in seguito a rilocalizzazioni), per cui la domanda di ampliamento delle UTS già

presenti nel Centro stesso, porterebbe a un incremento dello spazio già oggi occupato, dell'ordine del 10%.

6. Sintesi e conclusioni

Sono state esaminate 286 unità terziarie superiori (UTS) con superficie maggiore di 1200 m², censite in Torino al 31 maggio 1978. Considerando la superficie utilizzata (2,8 milioni di m²) e gli addetti (circa 93.000), esse rappresentano in complesso circa un terzo del settore terziario della città. Ma la loro importanza è assai superiore a questo dato. Si tratta infatti di attività direzionali, amministrative, tecniche e di servizio in massima parte gestite dai principali enti pubblici o dal grande capitale privato, attività che hanno funzioni essenziali per la regolazione e lo sviluppo del sistema economico e sociale a livello urbano, regionale e anche sovra-regionale. Sotto l'aspetto urbanistico la localizzazione di queste maggiori unità e loro aggregati ha un peso rilevante nel determinare le grandi linee dell'assetto territoriale urbano e metropolitano.

Il comparto delle UTS negli ultimi anni e nelle previsioni di breve periodo, si mostra particolarmente dinamico in Torino e probabilmente esso è destinato ad avere nel medio-lungo periodo un ruolo decisivo nella ristrutturazione funzionale e territoriale dell'area metropolitana. Tuttavia per dimensioni e per struttura esso oggi riflette ancora la situazione di una città monoindustriale più che non quella di un centro di livello metropolitano (com'è invece il caso di Milano). Un terzo degli addetti e poco meno della metà delle superfici UTS sono rappresentate da uffici e servizi della Pubblica Amministrazione. Nelle attività d'ufficio prevalgono nettamente le aziende, ma la quota maggiore è rappresentata da imprese del settore manifatturiero e i 2/3 di essa dalla Fiat.

La distribuzione territoriale delle UTS riflette anch'essa una situazione di transizione dallo schema monocentrico, tipico della Torino industriale della prima metà del secolo, a una configurazione più articolata, con una certa tendenza alla diffusione periferica a scala di area metropolitana. In termini di superfici occupate circa la metà degli insediamenti UTS odierni risalgono a prima dell'ultima guerra. Allora, se si escludono alcuni complessi ospedalieri e universitari e gli uffici localizzati presso stabilimenti industriali, il Centro storico era praticamente l'unica sede del terziario superiore. Questa è stata ancora la tendenza prevalente fin verso la metà degli anni Cinquanta, con

l'unica importante eccezione degli uffici Fiat di corso Marconi. Dopo inizia una fase in cui i nuovi insediamenti UTS si localizzano prevalentemente nelle parti semiperiferiche e periferiche della città, e, in qualche caso, specie negli ultimi anni, anche nei Comuni limitrofi.

Nel periodo 1956-'65 tale processo di diffusione si avvia principalmente ad opera di unità dipendenti dalla Pubblica Amministrazione, la quale, con questi e con altri interventi, guida in quegli anni il processo di « produzione » dello spazio urbano periferico, funzionale alla forte espansione del mercato immobiliare privato. Dopo il 1965, createsi così le condizioni per localizzazioni alternative a quelle tradizionali, saranno le aziende e i servizi privati a preferire sempre più nettamente gli insediamenti esterni al Centro storico, mentre in esso la maggior parte della crescita successiva sarà dovuta alla P.A.

Si arriva così alla situazione attuale, in cui il Centro storico, pur conservando un peso rilevante (39% della superficie UTS della città), ha perso tuttavia il predominio assoluto nell'ubicazione del settore. Una *prima Corona* di quartieri semiperiferici adiacenti ad esso raccoglie il 32% delle superfici, mentre il restante 29% si distribuisce entro una più vasta *seconda Corona* di quartieri periferici. Ma la densità nel Centro storico permane molto elevata (2.828 m² UTS per ettaro di superficie territoriale) rispetto a quella della prima Corona (512 m² UTS/ha) e soprattutto della seconda (75). In entrambe le corone, il quadrante Sud della città, con 379 m² UTS/ha si differenzia rispetto agli altri (specie al settore Nord, con 58 m²/ha), come settore urbano di localizzazione preferenziale.

L'addensamento delle UTS nel Centro storico ha effetti particolarmente rilevanti sui flussi di traffico, dando luogo a circa 70.000 spostamenti giornalieri di persone (esclusi gli occupati), cioè al 57% dei flussi originati dal complesso delle attività UTS urbane e al 74% di quelli generati dalle sole attività d'ufficio. Ciò rivela una struttura dello spazio urbano (e metropolitano) che, a dispetto del processo di diffusione in atto, continua ad essere fortemente polarizzata. Per quanto riguarda i fenomeni di gravitazione, la zona d'attrazione centrale è nettamente dominante sul resto del territorio, dove mancano aggregazioni UTS di dimensioni paragonabili a quelle del polo centrale. Il fatto poi che le UTS del Centro storico attraggano una quota di flussi assai elevata in proporzione alla propria consistenza (il 57% dei flussi, contro il 39% delle superfici), indica come tale localizzazione centrale di-

penda da condizioni di accessibilità e da interdipendenze funzionali, che la rendono ancor oggi conveniente per tutta una serie di attività più sensibili a tali economie esterne. Ma questa tendenza alla centralizzazione si scontra sempre più con la congestione del traffico locale e lungo le vie radiali di accesso, oltre che con la crescente scarsità di spazio disponibile nel Centro per grossi insediamenti. Questi ostacoli si riflettono sulla distribuzione territoriale della domanda di spazio delle UTS torinesi per il triennio 1978-'80, che si orienta sul Centro storico solo per il 21% (quota tutta proveniente da unità già presenti nel Centro), mentre circa due terzi di tale domanda si dirige verso la Corona dei quartieri più periferici e verso comuni della cintura.

Ciò significa che la localizzazione nel polo centrale diventa sempre più selettiva, mentre nello spazio metropolitano si vengono creando le condizioni sufficienti per una localizzazione sparsa delle UTS funzionalmente e fisicamente più « divisibili ». Tale selezione su basi funzionali tende però di per sé ad accentuare e ad estendere a scala metropolitana l'attuale struttura gerarchica e polarizzata dello spazio urbano. Non solo, ma col crescere della domanda globale di spazio UTS (per il triennio 1978-'80 la stima minima è per Torino di mezzo milione di m²), l'offerta di spazio nel Centro storico sarà sempre meno sufficiente a soddisfare i fabbisogni delle unità meno « divisibili » e più sensibili alle economie esterne derivanti dalla posizione centrale. Una parte di esse sarà quindi costretta a distribuirsi nei dintorni del Centro o nella periferia, là dove sarà possibile reperire lo spazio sufficiente, anche se in condizioni localizzative sub-ottimali. La pura e semplice dispersione delle UTS nello spazio urbano è quindi diseconomica sia per le unità stesse sia per la collettività, in quanto tende a riprodurre, su uno spazio un po' più grande, la situazione odierna di congestione e di forte polarizzazione.

Un'alternativa, che ci pare praticabile, è quella di indirizzare l'attuale domanda di spazio UTS non soddisfatta dal Centro storico verso alcune posizioni periferiche, opportunamente scelte, dove, concentrando le UTS, sia possibile realizzare quei vantaggi che oggi costituiscono un monopolio del Centro. Si tratta cioè di innescare un processo di deconcentrazione-ricentralizzazione che, coordinato con opportuni interventi infrastrutturali, arrivi a « produrre » spazio « centrale » in posizioni oggi periferiche, a

scala dell'intera area metropolitana e, in prospettiva, a scala comprensoriale e regionale.

In tal modo la localizzazione delle UTS diventerebbe, assieme alla rete dei trasporti e delle comunicazioni, lo strumento concreto per passare dall'attuale modello territoriale monopolare a un modello multipolare, più adeguato alle dimensioni e alla struttura funzionale che la regione urbana torinese va assumendo. Rispetto alla semplice dilatazione dello spazio centrale attuale (che oltre tutto comporterebbe un rinnovo urbano poco compatibile con le caratteristiche del Centro storico) tale modello ha il vantaggio di promuovere la valorizzazione e l'articolazione di un tessuto urbanizzato periferico, dilatatosi enormemente, ma rimasto disorganico, funzionalmente povero, socialmente segregato e in varie parti anche degradato fisicamente.

Tutto ciò comporta ovviamente un intervento della Pubblica Amministrazione nelle scelte localizzative dei nuovi poli, nella infrastrutturazione delle aree di insediamento corrispondenti e nella regolazione dei processi di trasformazione che il modello multipolare indurrà nei valori e negli usi dello spazio metropolitano. La « ricentralizzazione » degli uffici Fiat in Borgo S. Paolo, prevista nel P.P.A. 1978-'80, sarà a questo riguardo un'esperienza molto importante, capace di fornire indicazioni operative per estendere a tutta l'area metropolitana un'organizzazione multipolare dello spazio.

Per realizzare questo obiettivo le ricerche sul settore degli uffici e dei servizi di livello superiore andranno estese ed approfondite, al di là dei risultati prevalentemente descrittivi ottenuti con questa prima indagine. In particolare andranno esaminati i problemi di « indivisibilità » funzionale che legano ancora una grossa parte delle UTS alla localizzazione nel Centro storico, collegandone la soluzione all'individuazione delle soglie dimensionali e delle tipologie funzionali dei nuovi poli periferici, delle infrastrutture di comunicazione necessarie per il loro funzionamento (con particolare riguardo alle tecniche tele-informatiche). Nello stesso tempo occorrerà esaminare le interdipendenze tra i nuovi insediamenti terziari superiori e l'organizzazione dello spazio urbano a scala locale per prevedere e controllare le trasformazioni ambientali indotte, indirizzandole verso una riqualificazione antisegregativa delle zone urbane oggi meno dotate.

La programmazione tecnica dell'ospedale negli ultimi decenni.

FLAVIO VAUDETTI (*), in occasione di una recente pubblicazione di un ampio studio di Alberto Ressa in tema di programmazione delle attrezzature ospedaliere, richiama lo stato degli studi in argomento e ne riprende alcuni nodi fondamentali.

La vastità e la complessità della materia inerente all'edilizia dell'assistenza sanitaria costituiscono la ragione più evidente per cui gli studi, numerosissimi, sono stati condotti soprattutto su specifici aspetti del problema, mentre assai scarse sono le opere che ampliano gli argomenti e limitate peraltro sempre alla analisi di reparti e servizi considerati a sé stanti ⁽¹⁾. Lo scopo di questo articolo è quello di accennare dapprima molto brevemente alla moderna evoluzione degli studi nel campo vero e proprio della progettazione dell'ospedale e prendere poi lo spunto per esaminare l'evoluzione della letteratura negli ultimi decenni relativa a quella parte che sta a monte della progettazione vera e propria e cioè la programmazione tecnica dell'ospedale.

L'evoluzione dell'edilizia ospedaliera ha portato infatti ad un continuo susseguirsi di studi molto specifici riguardanti le nuove tecnologie, i nuovi procedimenti di cura, i rapporti sociali, i problemi psicologici, ecc.: tutti aspetti che influiscono sulla forma e sulla distribuzione degli ambienti.

L'influenza è evidente nell'evoluzione delle forme planimetriche (soprattutto per i reparti di degenza e per la diagnostica); è evidente pure nella tendenza alle attuali soluzioni miste (che prevedono condizioni umane di degenza e possibilità di ampliamento con la differenziazione dei reparti rigidi da quelli dinamici), alla riduzione dell'ampiezza degli ospedali generali con il supporto dei centri medici locali e, infine, ad affidare soltanto a taluni ospedali le più sofisticate apparecchiature e i più complessi problemi di ricerca. Problemi e aspetti sempre più nuovi e sempre più complessi rendono quindi indispensabile un continuo aggiornamento della letteratura specifica e un contemporaneo coordinamento di tutti gli elementi organizzativi costruttivi tecnologici economici sociali psicologici e gestionali che concorrono alla soluzione.

(*) Professore di Estimo ed Esercizio Professionale presso la Facoltà di Architettura del Politecnico di Torino.

⁽¹⁾ Come ad esempio:

— H. e J. GAINSBOROUGH - *Principles of Hospital Design*, The Architectural Press, 1964, risultante dalla collaborazione fra un medico ed un architetto; tratta distintamente in modo approfondito alcuni reparti dell'ospedale.

— P. AUROUSSEAU, R. CHEVERRY - *L'Hôpital d'Adultes*, Masson e Cie, Paris, 1964 e 1969: illustrazione completa di tutti i reparti e servizi con particolare riguardo agli aspetti medici e d'organizzazione amministrativa.

— NUFFIELD PROVINCIAL HOSPITALS TRUST - *Studies in the Function and Design of Hospitals* - London, Oxford University Press, 1960: studi e ricerche approfondite su alcuni reparti.

Il contributo più recente e aderente a queste necessità è dato, nel campo specifico italiano, dal libro di Alberto Ressa ⁽²⁾ edito nel 1978.

Nella parte dedicata più particolarmente ai progettisti l'Autore svolge tutti i temi inerenti all'ospedale generale — quali la descrizione delle unità operative e i compiti che ciascuna di esse deve svolgere unitamente alle correlazioni che tra esse intercorrono, l'esame descrittivo degli impianti e delle installazioni tecnologiche — con una trattazione densa di indicazioni, dati e formulazioni di esigenze generali e particolari.

È una parte indubbiamente importante ed utile, ma non meno importante è, ritengo, che il tema sia stato finalmente svolto nella sua globalità mediante un processo logico che si imposta sulla programmazione, si sviluppa con la progettazione in tutti i suoi aspetti per poi concludersi nella verifica della validità economica, enucleando competenze e responsabilità specifiche. A questo punto, è utile rendersi conto di come si sia evoluta, nello spazio di oltre un venticinquennio, questa esigenza — tutta moderna — di completezza di trattazione esaminando la letteratura più significativa in merito.

Occorre avvertire che delle pubblicazioni che saranno ora menzionate è stata considerata solo quella piccola parte che, come è stato detto all'inizio di questo studio, precede la progettazione vera e propria.

Nel 1951 B. Franco Moretti nel volume *Ospedali* ⁽³⁾ al capitolo *Gli elementi preliminari per lo studio del progetto* afferma che è « opportuno », all'inizio dello studio, l'esame dello stato della organizzazione locale sull'assistenza con riferimento alle particolarità della regione; afferma inoltre che nel « programma » (non è chiarito però cosa si intenda per programma) e nel preventivo economico della fondazione e della futura gestione sono poi da esaminare: a) le spese di costruzione; b) il carico futuro della manutenzione e della gestione degli impianti tecnici fissi; c) la misura delle spese generali della ordinaria gestione e il conto economico complessivo. L'Autore conferma, infine, in base a dati forniti da Hyck (e cioè che la spesa annua di funzionamento è pari a circa il 20-30% e

⁽²⁾ ALBERTO RESSA - *L'Ospedale - Programmazione tecnica e progettazione dell'ospedale generale come sistema*, Franco Angeli Editore, Milano, 1978.

⁽³⁾ B. FRANCO MORETTI - *Ospedali*, Editore Ulrico Hoepli, Milano, 1951.

più di quello iniziale di fondazione per la costruzione e l'arredo), l'opportunità che la costruzione sia studiata sotto l'aspetto della sua ripercussione sulla economia di gestione.

Nel 1954 Salvatore Tomaselli su *Architettura pratica* del Carbonara ⁽⁴⁾ nella sezione intitolata *Ospedali e assistenza sanitaria* inizia la trattazione accennando alla organizzazione dell'assistenza sanitaria sul piano provinciale e regionale in Italia e all'estero (in particolare negli Stati Uniti) per poi proseguire con gli elementi generali per la progettazione di un ospedale e con i criteri preliminari di massima. Da rilevare — agli effetti del presente esame — la seguente considerazione dell'Autore: « saranno i competenti in questioni amministrative e finanziarie che, in unione ai responsabili della gestione sotto l'aspetto dell'espletamento dei servizi economici, dovranno preparare il piano finanziario sullo schema completo di funzionamento pratico dell'ospedale una volta realizzato ». L'Autore cita inoltre le utilissime raccomandazioni di Alter in merito alla progettazione: « il Piano dell'ospedale deve essere studiato anche sulla base economica della futura gestione ».

Nel 1960 P. Vogler e G. Hassenpflug, nel volume *Ospedali moderni* ⁽⁵⁾ prospettano la formazione del « programma » e la progettazione di « piani » funzionali. Essi affermano che « per lo sviluppo di un programma valido è in genere necessaria una serie di accertamenti e di indagini che possono permettere di determinare il fabbisogno di letti e di attrezzature ospedaliere da punti di vista più elevati » e individuano una specifica responsabilità in sede di consultazioni preliminari quando dichiarano che « chi finanzia la costruzione deve assumersi il carico di una grande responsabilità, prima che l'architetto possa presentare le sue proposte di pianificazione ».

Dopo aver definito gli elementi della formulazione del programma, gli Autori fanno notare che invece il normale « programma spazio » è spesso null'altro che un elenco di locali.

Il « piano » delle aree è considerato una reale base di progetto che deve sorgere fin da principio in rapporto ad una concezione di tutte le reali esigenze possibili riguardo ai letti, al trattamento e al costo di esercizio. In conclusione, la suddetta formazione del « programma » e del « piano » è essenzialmente una proposta di consultazione tra finanziatore, medico, architetto e amministratore; proposta ritenuta dagli Autori la via migliore per

poter valutare e confrontare le molteplici alternative che possono in quel momento pensarsi per giungere a determinare quello che nel caso particolare è adatto allo scopo.

Nel 1964 E. Todd Wheeler nel *Hospital Design and Function* ⁽⁶⁾ giunge a suddividere ulteriormente da una parte i metodi e le fasi di progettazione e dall'altra i programmi distinti in « preliminare, funzionale e architettonico », attribuendo specifiche competenze e responsabilità.

I metodi di progettazione devono essere pensati come strumenti con i quali una *équipe* guida il progetto dalle necessità iniziali attraverso una molteplicità di idee in una costruzione realizzata pronta per i pazienti. Questa *équipe*, formata da rappresentanti dell'ospedale e del consiglio di amministrazione, esperti, consulenti e progettista, si assume la maggior responsabilità della progettazione. La progettazione si articola in varie fasi nelle quali i ruoli dei differenti membri dell'*équipe* variano di volta in volta. Così, in particolare, per le indagini e per la programmazione funzionale sono l'amministratore e il consulente che assumono la direzione, la quale è di spettanza invece dell'architetto dal principio alla fine della programmazione architettonica; durante la fase dell'attivazione possono riprendere la direzione l'amministratore e il consulente.

Il controllo del bilancio è una responsabilità di tutti i membri dell'*équipe*, ma soltanto il consiglio di amministrazione assume la responsabilità per il finanziamento.

Il programma preliminare determina la previsione delle necessità future della degenza e dei servizi in relazione alla consistenza demografica e all'estensione della regione. È un'indagine collettiva che spetta all'*équipe*, indagine che è vista come un preliminare necessario ai più dettagliati programmi funzionali e architettonici ai quali spetta specificare tutte le esigenze della progettazione.

Il programma funzionale è costituito dal complesso delle determinanti del progetto che influiscono sulle dimensioni, la distribuzione e il carattere delle cure fisiche (includenti la degenza e le attrezzature). L'informazione nel programma funzionale implica la completa conoscenza di come l'ospedale sarà organizzato e opererà. « Per sviluppare questo, l'amministratore e il consulente si assumeranno le maggiori responsabilità, sebbene l'architetto possa assistere ponendo le domande dettagliate alle quali egli deve rispondere in ordine alla preparazione del programma architettonico ».

Il programma architettonico sviluppa e analizza in termini di aree e spazi fisici le indicazioni e gli

⁽⁴⁾ P. CARBONARA - *Architettura pratica*, Vol. II, Sez. IV, UTET, Torino, 1954.

⁽⁵⁾ P. VOGLER e G. HASSENPLUG - *Handbuch für den neuen Krankenhausbau*, München, Urban & Schwarzenberg, traduz. it. *Ospedali moderni*, Editrice Internazionale Arti e Scienze, Roma, 1964.

⁽⁶⁾ E. TODD WHEELER - *Hospital Design and Function*, New York, Mc Graw-Hill Book Company, 1964.

schemi avuti, come si è sopraddeito, dal programma funzionale tenendo conto non solo delle necessità ma anche delle preferenze degli utenti. È di responsabilità dell'architetto.

Nel 1968 Gaetano Del Vecchio nel suo Volume *Igiene e tecnica ospedaliera* ⁽⁷⁾ prevede invece sostanzialmente tre diversi tipi di progettazione, secondo la convenienza espressa dall'entità dell'intervento: progettazione integrale, coordinata, tradizionale normale, ma senza attribuire specifiche responsabilità.

La *progettazione integrale* è economica, secondo l'Autore, solo per interventi di adeguata entità. Comprende: le ricerche di mercato e urbanistiche ubicazionali; la programmazione dettagliata dell'intervento con precise richieste da parte del committente, sugli obiettivi, sui tempi e sui costi; l'utilizzazione di tutte le necessarie competenze specialistiche coordinate tra loro, con la direzione lavori e l'impresa appaltatrice; le determinazioni integrali delle indicazioni grafiche progettuali, fino agli ordinativi ed all'organizzazione del cantiere.

La *progettazione coordinata* è intesa come attuazione di determinati principi della progettazione integrale, ossia come metodologia per realizzare un più efficiente coordinamento del processo produttivo. Essa comprende: le operazioni preliminari per l'inserimento dell'intervento nell'ambito della pianificazione territoriale; la programmazione dettagliata dell'intervento con esplicitazione degli obiettivi, dei tempi e dei costi di realizzazione e delle modalità di appalto; la formazione del quadro di progettazione con le competenze specialistiche essenziali; la partecipazione del direttore dei lavori alla fase progettuale; la revisione collegiale del programma in modo che l'ente committente e il progettista possano concordare ogni elemento del progetto e dei modi di attuazione.

La *progettazione tradizionale normale* comprende, oltre ai soliti elaborati e indagini varie, l'indicazione delle caratteristiche tipologiche e dimensionali dei fabbricati in relazione, tra l'altro, all'economia di costruzione, manutenzione e gestione; definisce: metodo e coordinamento della progettazione, strutture, dimensioni, modalità caratteristiche e tempi degli appalti; formazione del quadro progettisti specializzati; i tempi tecnici.

Anche quest'Autore pone in rilievo l'importanza fondamentale delle spese di gestione, affermando che un errore di impostazione può divenire negli anni fatale per la vita stessa dell'ospedale.

Per più completamente inquadrare l'importanza dell'evoluzione negli ultimi decenni dell'impostazione globale dello studio della progettazione

degli edifici dell'assistenza sanitaria si indicano gli *Elementi di metodologia della programmazione ospedaliera* ⁽⁸⁾ pubblicati nel 1970, nei quali è affermato che « si rende necessario un allacciamento tra la programmazione ospedaliera regionale e la programmazione interna dei singoli ospedali ».

Molti ancora sono gli studi che per un verso o per l'altro trattano i problemi visti, ma si può dire che le pubblicazioni citate siano già sufficienti a delineare l'evoluzione negli ultimi decenni relativamente alla formulazione di tutte quelle procedure mediante le quali si giunge alla progettazione esecutiva. Si tratta di fasi e di tecniche della progettazione con le quali si deve affrontare la tematica specifica degli impianti ospedalieri in quello che vi è di più proprio e diverso rispetto ad ogni altra progettazione, ma la cui impostazione e la cui collocazione sono state variamente valutate nel tempo.

Ma è particolarmente il Ressa, col già citato suo recente volume ⁽⁹⁾ — il cui sottotitolo è di per sé già molto indicativo (*Programmazione tecnica e progettazione dell'ospedale generale come sistema*) — ad affermare l'eccezionale importanza che le suddette procedure « assumono quando si tratta di affrontare temi particolarmente complessi, nei quali ha valore preminente — per ragioni sociali oltre che economiche — la convenienza globale della soluzione adottata ».

Il Ressa suddivide tali procedure in tre diverse fondamentali fasi: la fase preliminare, la fase tematica e la fase di progettazione vera e propria.

La *fase preliminare* o propedeutica è costituita dalla *programmazione* la quale è prerogativa e responsabilità della committenza. « Spetta alla programmazione definire ciò che deve contenere l'ospedale, quali e quanti servizi deve offrire, quale deve essere la sua strutturazione in divisioni e reparti, con quanto personale deve essere fatto funzionare ».

La *programmazione* comprende il *programma* e il *piano*. Il programma « definisce gli obiettivi generali e particolari e stanzi (o indica) le risorse messe a disposizione per raggiungerli »; inoltre può anche dire come si intende procedere nel tempo. Il piano invece « è il quadro che individua concretamente i vari fattori o elementi componenti la cui presenza o la cui azione è necessaria affinché gli obiettivi programmati possano essere raggiunti e nel quale sono precisate la natura e l'entità dei rapporti fra questi fattori od elementi componenti e, correlativamente, la loro entità ».

⁽⁸⁾ A. CAPPELLI, C. GUGLIORMELLA e altri - *Elementi di metodologia della programmazione ospedaliera*, FIARO, Roma, 1970.

⁽⁹⁾ ALBERTO RESSA - *L'Ospedale* (op. cit.), Franco Angeli Editore, Milano, 1978.

⁽⁷⁾ GAETANO DEL VECCHIO - *Igiene e tecnica ospedaliera*, Il pensiero scientifico Editore, Roma, 1968.

Il piano deriva automaticamente dai dati di programmazione.

La fase tematica è costituita dal *tema di progettazione*; è la fase del processo di progettazione durante la quale si compie una ricerca operativa nel campo delle variabili della matrice progettuale: cioè si individuano e si analizzano le possibilità alternative. Tale fase traduce in dati tecnici i presupposti stabiliti dalla programmazione, il tutto in un quadro economico bilanciato; essa è di prerogativa e responsabilità progettuale (anche se in alcuni casi può essere espressa da una committenza competente fornita di organi adatti).

Il Ressa osserva che il moderno tema di progettazione non può essere confuso con « l'avamprogetto » o « progetto di massima » tradizionale soprattutto per la natura dei rispettivi protagonisti: infatti quest'ultimo è opera dell'architetto progettista, mentre il *tema di progettazione* può essere solo il risultato di un lavoro di *équipe* che può operare, e questo è fondamentale, *prima* che il progettista sia designato.

Al tema di progettazione l'Autore dà ampio spazio con:

- dati dimensionali particolari relativi ai reparti di degenza con l'indicazione, tra l'altro, delle superfici utili delle camere di degenza e delle incidenze — sempre notevoli — della superficie degli spazi di disimpegno sulla superficie totale della sezione;

- l'esame delle diverse forme planimetriche dei reparti quali si rilevano dall'esperienza, la loro analisi e i loro raffronti;

- la determinazione delle interrelazioni funzionali fra reparti e servizi;

- l'indicazione dello schema planivolumetrico generale.

Conclude il « tema » il processo di scelta della soluzione ottimale, processo che attiene ai costi sia di costruzione e di impianto sia di gestione nonché ai gradi di utilità e di qualità; sono questi gli elementi che permettono una sintesi di giudizio e la conseguente scelta della soluzione.

Al compimento delle fasi preliminare e tematica risulta esaurita la problematica delle scelte fondamentali in ordine agli obiettivi essenziali e quindi la committenza può, con la piena coscienza di poter giungere al risultato finale propostosi, affidare l'incarico scegliendo tra l'alternativa dell'incarico privato o del pubblico concorso (com'è auspicabile trattandosi di un'opera pubblica). Si pensi in quest'ultimo caso, a quali fondamentalmente più utili risultati si potrebbe giungere se il bando di concorso anziché essere, come è spesso, solo un elenco di locali dettato da supposte necessità, fosse un vero tema di progettazione.

La fase della *progettazione* vera e propria comprende il *progetto generale* e il *progetto esecutivo*. Il progetto generale si configura secondo l'Autore in un processo di progettazione « formato da azioni diverse, fortemente integrate ». Poiché è evidente la necessità di conciliare queste azioni può postu-

larsi l'esistenza di un responsabile globale della progettazione diverso dal progettista generale ». Si ha così la moderna figura del « project manager » (direttore di progetto) « promotore e coordinatore dei vari interventi di specializzazione settoriale, con responsabilità decisionali ».

Non si può chiudere questa sommaria elencazione di contenuti del testo del Ressa senza accennare ad un argomento molto importante che finora non è stato trattato da autori italiani; quest'argomento, che costituisce una delle parti più nuove e moderne del testo citato, considera i fattori formativi di costo (« la necessità di ridurre gli elevati oneri di gestione con adatte predisposizioni strutturali e di organizzazione degli spazi rende indispensabile che tutte le spese di impianto o di gestione vengano valutate in un unico contesto, analizzando l'influenza che le singole componenti hanno sul risultato finale »). Sono esaminati pertanto a fondo i costi di costruzione, di impianto e di gestione (già Hyck — citato dal Moretti — aveva rilevato l'alta percentuale raggiunta dai costi di gestione; il Ressa conferma e aggiunge che tali costi tendono ad aumentare sia in misura assoluta, sia in misura relativa). Segue di conseguenza la necessità della riduzione e della valutazione integrata dei costi alla quale si appaia la verifica della validità economica globale del progetto.

In conclusione, al termine di questa esposizione sintetica dell'evoluzione nel campo della programmazione tecnica dell'ospedale, si può notare che anche nella formulazione recentissima del Ressa non si trovano — come d'altronde logico — elementi totalmente nuovi. Però è singolare che proprio in una pubblicazione non specifica, ma dichiaratamente rivolta soprattutto ai progettisti, gli elementi più validi siano più modernamente interpretati e coordinati in una precisa successione che correttamente stabilisce precise competenze e responsabilità, individuando momenti particolari di perfetta adesione alle esigenze più evolute della nostra realtà economica e burocratica.

Si può perciò certo concordare con Alberto Ressa sul fatto che la pubblicazione, anche se rivolta in particolare ai progettisti, possa risultare oltremodo utile ai programmatori e cioè agli enti committenti i quali devono ormai convincersi che è loro precipuo compito sia di individuare gli obiettivi che devono essere assunti dalla progettazione, sia di fornire a questa i dati sui quali operare, prefissandone i limiti. Al merito che a quest'opera di deve oggettivamente attribuire per il tema specifico si aggiunge quindi il notevole contributo al consolidarsi di una coscienza pubblica che vede nella soluzione integrata di tutti gli aspetti conoscitivi, tecnici ed economici (e non solo di un ospedale), l'unico modo razionale di affrontare uno dei tanti grossi problemi che la nostra società deve responsabilmente e continuamente risolvere.

Nota: Il lettore potrà trovare materiale di ricerca e di studio seguendo le indicazioni della lodevolmente ampia bibliografia del testo citato del Ressa.

Applicazione della legge 373/76 per un edificio residenziale.

CALCOLO DELL'ISOLAMENTO TERMICO DELLE STRUTTURE DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI RISCALDAMENTO REDAZIONE DEI DOCUMENTI UFFICIALI

G. CASTELLANI e A. TUBERGA () presentano un esempio di applicazione dei recenti provvedimenti legislativi per il contenimento dei consumi energetici negli edifici, riportando in dettaglio i calcoli che devono essere effettuati dal progettista edile e dall'impiantista. Nello sviluppo delle calcolazioni vengono evidenziate le problematiche di interpretazione delle prescrizioni di legge.*

INTRODUZIONE.

La presente pubblicazione ha lo scopo di esemplificare le normative in campo edilizio e termotecnico introdotte con la Legge 30 aprile 1976 n. 373.

L'insieme della normativa in oggetto è costituito da:

- 1) Legge 30 aprile 1976 n. 373, che d'ora innanzi sarà indicata semplicemente con « Legge »;
- 2) Decreto del Presidente della Repubblica 28 giugno 1977 n. 1032: « Regolamento di esecuzione alla Legge 30 aprile 1976 n. 373, relativa al consumo energetico per usi termici negli edifici », che d'ora innanzi sarà indicato semplicemente con « Regolamento »;
- 3) Decreto ministeriale 10 marzo 1977: « Determinazione delle zone climatiche e dei valori minimi e massimi dei relativi coefficienti volumici globali di dispersione termica », che d'ora innanzi sarà indicato semplicemente con « Decreto ».

La Legge 373 è stata la conseguenza della crisi energetica del 1975 in seguito alla quale, al fine di contenere il consumo di combustibile per usi civili, è stato imposto che la temperatura dell'aria nell'ambiente riscaldato non superi i 20° C, con tolleranza + 1° C e che l'acqua calda per usi igienici e sanitari non sia erogata a temperatura maggiore di 48° C, con tolleranza + 5° C.

Le norme recentemente pubblicate prevedono l'omologazione dei componenti e regolamentano l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici per il riscaldamento degli ambienti e per la produzione di acqua calda per usi igienici e sanitari.

Sono regolamentate altresì le caratteristiche di isolamento termico degli edifici da costruire o ristrutturare, nei quali sia prevista l'installazione di un impianto termico di riscaldamento.

Al fine di esemplificare l'applicazione delle norme in oggetto si è preso in considerazione il progetto architettonico di un edificio da costruire nel comune di Novi Ligure (vedi piante e sezione rappresentate in fig. 1).

Le procedure di calcolo applicate al suddetto edificio si possono facilmente estendere a qualsiasi altro tipo di costruzione contemplato dalla legge in oggetto.

1. RELAZIONE TECNICA.

Il calcolo dell'isolamento termico dell'edificio e dell'impianto di riscaldamento viene qui svolto organicamente e costituisce il contenuto della « relazione tecnica inerente l'impianto termico » prevista dall'art. 14 del Regolamento.

I tempi di presentazione presso i competenti uffici comunali della documentazione richiesta dalla Legge 373/76 sono tuttavia differenti:

- 1) insieme alla richiesta di concessione edilizia, occorre dimostrare che il coefficiente volumico globale C_g è compreso nei limiti fissati dal Decreto;
- 2) prima della dichiarazione di inizio dei lavori edili, il committente deve depositare, oltre al progetto esecutivo dell'isolamento e la documentazione sul comportamento al fuoco degli isolanti, la relazione illustrante il calcolo dei coefficienti C_d e C_v ; da questa relazione si ricava il coefficiente C_g da inserire al quarto punto della relazione tecnica;
- 3) prima dell'inizio dei lavori di installazione dell'impianto termico, il committente deve depositare la relazione tecnica inerente l'impianto termico.

1.1. Categoria dell'edificio - Reg. art. 3.

Trattandosi di un edificio di civile abitazione adibito a residenza con carattere continuativo, è incluso nella categoria E.1 (1).

1.2. Volume V riscaldato - Decr. art. 3, 2° comma.

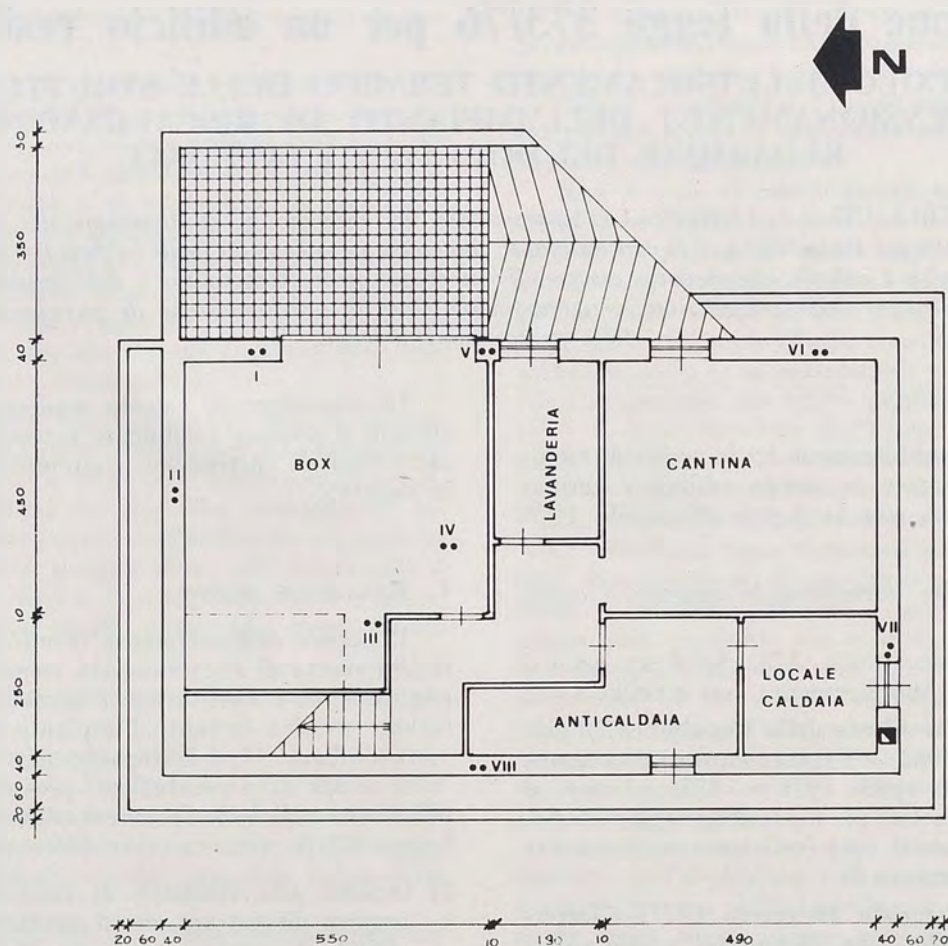
Con volume V dell'edificio si intende « il volume lordo delle pareti di edificio riscaldato, definito dalle superfici esterne degli elementi che lo delimitano ed espresso in metri cubi ».

Per l'edificio in esame il volume V vale 704 m³.

1.3. Superficie esterna S del volume riscaldato - Decr. art. 3, 2° comma.

Con superficie esterna S dell'edificio si intende la superficie esterna che delimita il volume V , espressa in metri quadrati.

(*) Istituto di Fisica Tecnica ed Impianti Nucleari, Politecnico di Torino.



PIANTA PIANO INTERRATO

Fig. 1

Come superficie delimitante il volume riscaldato si considera l'estradosso dell'ultimo piano, l'intradosso del solaio su cantina, la superficie esterna delle pareti laterali.

Per l'edificio in esame S vale 494,22 m².

1.4. Coefficienti volumici C_d , C_v , C_g - Reg. art. 21; Decr. allegato, Tab. 1, Tab. 2, art. 1, art. 2. Legge art. 14, art. 15, art. 16.

Dall'allegato del decreto si individua per il caso in esame il numero di gradi-giorno (2550 di Alessandria) e quindi la zona climatica (E).

Dalla tabella 2 del Decreto si calcola il valore del coefficiente di dispersione termica C_d inteso come la potenza termica dispersa per trasmissione per ogni unità di volume e per ogni grado di differenza di temperatura.

Non avendo, alla data della presente pubblicazione, il Presidente della giunta regionale determinato, con propri decreti, su conformi delibere delle rispettive giunte, il coefficiente volumico globale di

dispersione termica massimo ammissibile per ciascun comune della Regione Piemonte, si dovrà applicare il valore minimo del coefficiente volumico globale di dispersione termica, fissato dal decreto, per la zona climatica comprendente il comune interessato.

Per la zona climatica E, comprendente il comune di Novi Ligure, si ha:

$$\text{per } S/V \leq 0,3 \quad C_d = 0,41 \frac{W}{m^3 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

$$\text{per } S/V \geq 0,9 \quad C_d = 0,81 \frac{W}{m^3 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

Per l'edificio in esame il rapporto S/V vale 0,702 e quindi il valore del coefficiente C_d si ottiene per interpolazione dei coefficienti ricavati per $S/V \leq 0,3$ e per $S/V \geq 0,9$; cioè:

$$C_d = 0,41 + (0,702 - 0,3) \frac{0,81 - 0,41}{0,9 - 0,3} = 0,678 \frac{W}{m^3 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

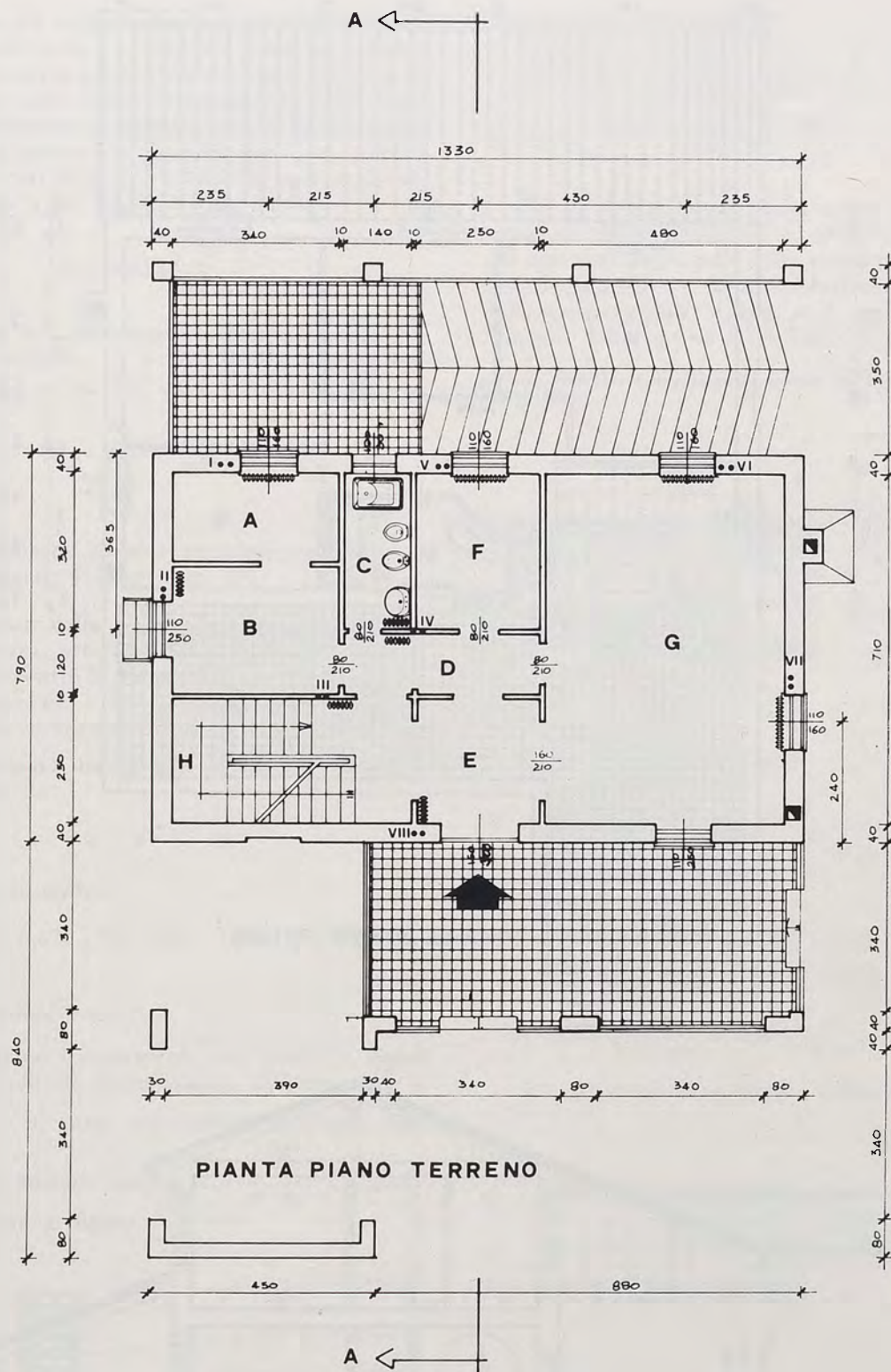


Fig. 1

Il valore del coefficiente di dispersione termica per il rinnovo aria C_v , definito come la potenza termica necessaria per il riscaldamento dell'aria di ricambio per ogni unità di volume V e per ogni grado di differenza di temperatura, si calcola come prodotto del numero di ricambi orari (nel caso di edifici della categoria E.1 è assunto convenzionalmente uguale a 0,5 per 0,35). Vale quindi

$$C_v = 0,175 \frac{W}{m^3 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

Il valore del coefficiente volumico globale di dispersione termica C_g è dato dalla somma dei coefficienti C_d e C_v . Nel caso in esame vale

$$C_g = 0,853 \frac{W}{m^3 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

1.5. Disperdimento termico massimo consentito - Reg. allegato 1 Legge art. 21.

In funzione della zona climatica considerata, la temperatura esterna minima di progetto è $t_e = -8^\circ\text{C}$ mentre la temperatura interna dell'aria non può superare i 20°C , quindi $t_i = 20^\circ\text{C}$. Il salto termico Δt tra interno ed esterno vale 28°C .

Le dispersioni ammissibili attraverso le pareti saranno date da:

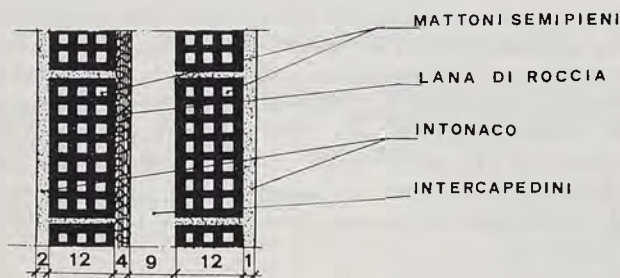
$$\bar{\phi} = C_d \cdot V \cdot \Delta t$$

Nel caso in esame:

$$\bar{\phi} = 0,678 \cdot 704 \cdot 28 = 13365 \text{ W}$$

1.5.1. Dispersioni reali.

Consideriamo i serramenti con telaio in legno e vetro doppio di trasmittanza unitaria pari a $3,5 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ\text{C}}$; le porte interamente in legno con trasmittanza unitaria pari a $3,5 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ\text{C}}$; i muri costituiti come in figura



e con trasmittanza unitaria:

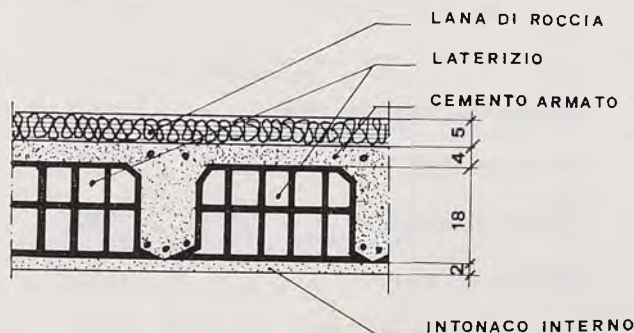
$$H = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{S_1}{\lambda_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{S_3}{\lambda_3} + \frac{1}{C_A} + \frac{1}{C_5} + \frac{S_6}{\lambda_6} + \frac{1}{h_2}} =$$

$$= \frac{1}{\frac{1}{7} + \frac{0,02}{0,75} + \frac{1}{3,2} + \frac{0,04}{0,03} + \frac{1}{5,5} + \frac{1}{3,2} + \frac{0,01}{0,54} + \frac{1}{20}} =$$

$$= 0,419 \frac{\text{Kcal}}{h \text{ } ^\circ\text{C m}^2} = 0,487 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

Per la determinazione dei valori delle conduttanze unitarie superficiali h , della conduttività λ dei materiali impiegati, della conduttanza unitaria C delle strutture e della conduttanza unitaria C_A delle intercapedini di aria si è applicato quanto imposto dalla norma UNI 7357-74 par. 7.

Il soffitto è costituito come in figura



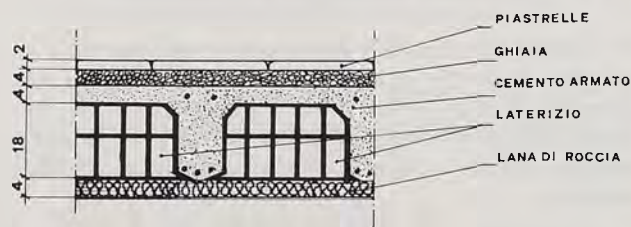
e con trasmittanza unitaria:

$$H = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{S_2}{\lambda_2} + \frac{1}{C_3} + \frac{S_4}{\lambda_4} + \frac{S_5}{\lambda_5} + \frac{1}{h_2}} =$$

$$= \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,02}{0,45} + \frac{1}{2,7} + \frac{0,04}{1,3} + \frac{0,05}{0,033} + \frac{1}{20}} =$$

$$= 0,468 \frac{\text{Kcal}}{h \text{ } ^\circ\text{C m}^2} = 0,544 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

Il pavimento è costituito come in figura



e con trasmittanza unitaria

$$H = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{S_2}{\lambda_2} + \frac{1}{C_3} + \frac{S_4}{\lambda_4} + \frac{S_5}{\lambda_5} + \frac{S_6}{\lambda_6} + \frac{1}{h_2}} =$$

$$= \frac{1}{\frac{1}{5} + \frac{0,04}{0,033} + \frac{1}{2,5} + \frac{0,04}{1,3} + \frac{0,04}{0,8} + \frac{0,02}{2,9} + \frac{1}{14}} =$$

$$= 0,507 \frac{\text{Kcal}}{h \text{ } ^\circ\text{C m}^2} = 0,59 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

Nel caso in esame tutte le pareti, i pavimenti ed i soffitti si incastrano in pilastri e travi in cemento armato che si suppongono di spessore 40 cm.

La trasmittanza unitaria vale:

$$H = \frac{1}{\frac{1}{7} + \frac{0,40}{1,3} + \frac{1}{20}} = 1,998 \frac{K \text{ cal}}{h^{\circ}C \text{ m}^2} = 2,32 \frac{W}{m^2^{\circ}C}$$

Tabella riassuntiva dei valori di trasmittanza unitaria per i vari elementi disperdenti.

ELEMENTO	$H \left(\frac{W}{m^2^{\circ}C} \right)$
Finestre a vetro doppio	3,5
Porte in legno	3,5
Pareti perimetrali	0,487
Soffitto 1° piano	0,544
Pavimento piano terra	0,59
Travi e pilastri	2,32

Temperature approssimative nei locali non riscaldati (Ricavate applicando la norma UNI 7357-74 par. 5.2.1.2. con riferimento a $t_e = -8^{\circ}C$).

Cantine chiuse	+ 3,2° C
Sottotetto sigillato	— 2,4° C

1.5.2. Dispersioni attraverso i serramenti.

Per il calcolo delle dispersioni reali occorre esaminare in primo luogo le dispersioni dovute alle finestre ed alle porte. Queste dispersioni sono funzione dell'orientamento, della superficie del serramento, della sua trasmittanza unitaria e del salto termico.

Secondo la norma UNI 7357-74 par. 9, occorre apportare delle correzioni per esposizione che tengano conto dell'insolazione normale, del diverso grado di umidità delle pareti, della diversa velocità e temperatura dei venti. Valori da assumere, espressi sotto forma di aumenti percentuali delle dispersioni basilari, sono i seguenti:

S	SO	O	NO
—	2-5 %	5-10 %	10-15 %
N	NE	E	SE
15-20 %	15-20 %	10-15 %	5-10 %

Per l'edificio in esame le dispersioni attraverso i serramenti sono indicate nella seguente tabella (considerando che il salto termico vale $\Delta t = 28^{\circ}C$):

Orien- tamento	Dimensioni	Trasm. H	Calore trasm. W
SUD	$1,6 \times 1,1 = 1,76$	3,5	172,48
(—)	$1,4 \times 1,1 = 1,54$	3,5	150,92
OVEST	$1,1 \times 2,5 = 2,75$	3,5	296,45
(+ 10 %)	$1,6 \times 3 = 4,8$	3,5	517,44
	$1,4 \times 1,1 = 1,54$	3,5	166,01
NORD	$1,1 \times 2,5 = 2,75$	3,5	323,4
(+ 20 %)	$1,1 \times 2,5 = 2,75$	3,5	323,4
EST	$1,4 \times 1,1 = 1,54$	3,5	173,56
(+ 15 %)	$1,4 \times 1,1 = 1,54$	3,5	173,56
	$1,4 \times 1,1 = 1,54$	3,5	173,56
	$1 \times 0,5 = 0,5$	3,5	56,35
	$1,6 \times 1,1 = 1,76$	3,5	198,35
	$1,6 \times 1,1 = 1,76$	3,5	198,35
	$1,6 \times 1,1 = 1,76$	3,5	198,35
Totale			3122,18 W

Per le aperture si misura la linea libera dell'apertura praticata nella parete prescindendo dalle intelaiature (Norma UNI 7357-74 par. 8.1).

1.5.3. Dispersioni attraverso gli spigoli (Norma UNI 7357-74 par. 8.2).

Se due pareti disperdenti presentano uno spigolo comune, si considera per ogni parete una superficie A_d aggiuntiva pari al prodotto dello spessore della parete per la lunghezza dello spigolo. A questa maggior superficie si attribuisce la stessa differenza di temperatura ($t_i - t_e$) della parete e lo stesso valore di H ; se le pareti si incontrano lungo un elemento di ossatura (pilastro, trave) si attribuisce il coefficiente di trasmissione globale proprio dell'ossatura.

La correzione per ogni parete vale:

$$\varphi_S = A_d H (t_i - t_e)$$

Nel caso dell'edificio in esame la tabella seguente indica il valore del calore disperso locale per locale, attribuito agli spigoli (travi e pilastri).

Locale	Superficie aggiuntiva A_d		$H \cdot \Delta T$ (W/m ²)	φ_s (W)
	lunghezza spigoli (m)	somma spessore pareti adiacenti (m)		
A	3 + 3,4 + 1,8	0,40 + 0,40	2,32 · 28 = 64,96	426
B	2,6	» »	» » »	135
C	1,4	» »	» » »	73
D	—	—	—	—
E	2,5	» »	» » »	130
F	2,5	» »	» » »	130
G	3,2 · 2 + 4,9 · 2 + 7,1	» »	» » »	1210,9
H	(3 + 2,8 + 0,3) + + (4,9 + 2,5) + (3,8 + 2,5)	» »	» » »	1029
K	2,8 + 4,9 + 4,5	» »	» » »	634
I	3,4	» »	» » »	177
L	—	—	—	—
M	4,6	» »	» » »	239
N	2,8 + 4 + 4,2	» »	» » »	572
O	2,8 + 2,8 + 4	» »	» » »	499
Totale disp.				5254,9 W

1.5.4. Dispersioni reali attraverso le pareti opache.

In base ai valori di trasmittanza precedentemente calcolati, si ricava ora la potenza termica dissipata, in ogni locale, dalle pareti opache (muri, pavimento, soffitto).

Tali valori sono dati dal prodotto della superficie omogenea per il valore di trasmittanza unitaria e per il salto termico.

Per l'edificio in esame i valori ottenuti sono indicati nella tabella: a pagina seguente.

Abbiamo quindi le seguenti dispersioni totali:

— Dispersioni verticali muri:	3009 W
— Dispersioni orizzontali a pavimento:	844,5 W
— Dispersioni orizzontali a soffitto:	1079,6 W
— Dispersioni totali superfici opache:	4933,1 W

In base ai calcoli dei disperdimenti dovuti ai serramenti ed agli spigoli ed in base alla massima potenza a disposizione, avevamo:

— Disperdimento totale:	13365 W
— Disperdimento serramenti:	3122,18 W
— Disperdimento spigoli:	5254,9 W
— Disperdimenti massimi ammissibili pareti opache:	4987,92 W

Dal confronto dei risultati si vede che le dispersioni reali attraverso le superfici opache sono minori di quelle che la legge ammette.

1.5.5. Verifica del coefficiente volumico C_g .

Il valore calcolato al punto 1.4. ed imposto per legge era $C_g = 0,8797 \frac{W}{m^3 \text{ } ^\circ C}$.

Calcoliamo ora il valore del coefficiente C_d effettivo di progetto, in base ai valori dei disperdimenti, al volume riscaldato ed al salto termico ΔT abbiamo:

— Dispersioni verticali muri:	3009 W
— Dispersioni orizzontali a pavimento:	844,5 W
— Dispersioni orizzontali a soffitto:	1079,6 W
— Dispersioni verticali serramenti:	3122,18 W
— Dispersioni spigoli e ponti termici:	5254,9 W
— Dispersioni totali:	13310,18 W

Volume riscaldato $V = 704 \text{ m}^3$.

Salto termico $\Delta T = 28^\circ \text{ C}$.

$$C_d = \frac{\text{Dispersioni}}{V \cdot \Delta T} = 0,675 \frac{W}{m^3 \text{ } ^\circ C}$$

Il valore del coefficiente C_g effettivo sarà:

$$C_g = C_d + C_v = 0,675 + 0,175 = 0,850 \frac{W}{m^3 \text{ } ^\circ C}$$

che risulta minore di quello imposto per legge

$$\left(C_g = 0,853 \frac{W}{m^3 \text{ } ^\circ C} \right)$$

Locale	Parete (m ²)	Correzione per esposizione	Trasmit- tanza H ($\frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C$)	Salto termico ΔT (°C)	Disper- sione (W)
A	$3,4 \times 3 - 1,1 \times 1,6 = 8,44$	15 %	0,487	28	132,4
	$1,8 \times 3 = 5,4$	20 %	0,487	28	88,4
	$3,4 \times 1,8 = 6,12$	—	0,59	16,8	60,7
				Tot. loc. A	281,5 *
B	$2,5 \times 3 - 2,5 \times 1,1 = 4,75$	20 %	0,487	28	77,7
	$3,4 \times 2,5 = 8,5$	—	0,59	16,8	84,3
				Tot. loc. B	162 *
C	$1,4 \times 3 - 1 \times 0,5 = 3,7$	15 %	0,487	28	58
	$1,4 \times 3,2 = 4,48$	—	0,59	16,8	44,4
				Tot. loc. C	102,4 *
D	$4 \times 1,2 = 4,8$	—	0,59	16,8	47,6 *
E	$2,5 \times 3 - 1,6 \times 3 = 2,7$	10 %	0,487	28	40,5
	$2,5 \times 2,5 = 6,25$	—	0,59	16,8	62
				Tot. loc. E	102,5 *
F	$2,5 \times 3 - 1,1 \times 1,6 = 5,74$	15 %	0,487	28	90
	$2,5 \times 3,2 = 8$	—	0,59	16,8	79,3
				Tot. loc. F	169,3 *
G	$4,9 \times 3 - 1,1 \times 1,6 = 12,94$	15 %	0,487	28	202,9
	$7,1 \times 3 - 1,1 \times 1,6 = 19,54$	—	0,487	28	266,4
	$4,9 \times 3 - 1,2 \times 2,5 = 11,7$	10 %	0,487	28	175,5
	$4,9 \times 7,1 = 34,79$	—	0,59	16,8	344,8
				Tot. loc. G	989,6 *
H	$2,5 \times 6,1 - 1,1 \times 2,5 = 12,5$	20 %	0,487	28	204,5
	$4,9 \times 3 = 14,7$	10 %	0,487	28	220,5
	$3,8 \times 3,1 = 11,78$	10 %	0,487	28	176,7
	$4,9 \times 2,5 = 12,25$	—	0,59	16,8	121,4
	$2,5 \times 3,8 = 9,5$	—	0,544	22,4	115,8
				Tot. loc. H	838,9 *
K	$4,9 \times 2,8 - 1,1 \times 1,4 = 12,18$	15 %	0,487	28	191
	$4,5 \times 2,8 = 12,6$	20 %	0,487	28	206,2
	$4,9 \times 4,5 - 1,5 - 1,3 = 20,1$	—	0,544	22,4	244,9
				Tot. loc. K	642,1 *
I	$3,4 \times 2,8 - 1,1 \times 1,4 = 7,98$	15 %	0,487	28	125,1
	$3,4 \times 3,2 = 10,88$	—	0,544	22,4	132,6
				Tot. loc. I	257,7 *
L	$5 \times 1,3 + 5 \times 0,7 + 1,2 + 0,5 = 11,7$	—	0,544	22,4	142,6 *
M	$4,8 \times 2,8 - 1,1 \times 1,4 = 11,9$	10 %	0,487	28	178,5
	$4,8 \times 1,1 + 0,5 + 1 \times 2,7 = 8,41$	—	0,544	22,4	102,5
				Tot. loc. M	281 *
N	$4 \times 2,8 - 1,1 \times 1,4 = 9,66$	15 %	0,487	28	151,5
	$4,2 \times 2,8 = 11,76$	—	0,487	28	160,4
	$4 \times 4,2 = 16,8$	—	0,544	22,4	204,7
				Tot. loc. N	516,6 *
O	$2,8 \times 2,8 - 1,1 \times 1,4 = 6,3$	—	0,487	28	85,9
	$4 \times 2,8 = 11,2$	10 %	0,487	28	176,9
	$2,8 \times 4 = 11,2$	—	0,544	22,4	136,5
				Tot. loc. O	399,3 *

* L'asterisco indica la potenza dissipata dal singolo locale.

La potenza dispersa risulta essere:

$$C_g \times V \times \Delta T = 0,850 \times 704 \times 28 = 16755,2 \text{ W}$$

mentre la potenza termica massima consentita è

$$C_g \times V \times \Delta T = 0,853 \times 704 \times 28 = 16814,4 \text{ W}$$

1.6. Potenza termica resa all'acqua - Reg. art. 14.

Per potenza termica resa all'acqua è da intendersi la potenza nominale del generatore di calore che deve essere o prossima o uguale a quella massima consentita. Nel nostro caso si sceglie una caldaia con potenzialità nominale pari a 20.000 W.

1.7. Componenti di centrale termica soggetti ad omologazione A.N.C.C. - Legge art. 3, art. 4; Reg. art. 4, art. 14; D.M. 1/12/75.

Nel caso in esame, che però si può estendere a tutti gli impianti di riscaldamento con sistema di espansione dell'acqua a circuito aperto, i componenti di centrale termica soggetti ad omologazione A.N.C.C. sono:

- n. 1 bruciatore di combustibile gassoso;
- n. 1 generatore di calore per riscaldamento acqua (nel caso di scelta di un generatore con bruciatore incorporato, dovrà essere omologato il gruppo termico);
- n. 1 pompa di circolazione;
- n. 1 valvola miscelatrice a 4 vie con relativi termostati e centralina elettronica;
- pure la strumentazione di caldaia, in base al Decreto 1/12/75, dovrà essere omologata.

1.8. Sistema automatico di regolazione - Legge art. 5, art. 6; Reg. art. 9, art. 10, art. 14.

Tutti gli impianti di produzione del calore destinati al riscaldamento degli ambienti (la cui potenza termica al focolare è uguale o superiore alle 50.000 kcal/h), devono essere dotati di un sistema automatico di regolazione dello stesso in relazione alle variazioni della temperatura esterna.

L'installazione di un sistema di regolazione è imposta anche nei caseggiati già esistenti dopo l'entrata in vigore del regolamento, con potenzialità superiore alle 100.000 kcal/h.

Nell'impianto in esame è installata una valvola miscelatrice a 4 vie ad otturatore rotante (corsa 90°), 1 servocomando, 1 centralina di regolazione con programmatore incorporato, una sonda ad immersione nella tubazione di mandata e una sonda di compensazione esterna.

La valvola motorizzata provvede a modificare la temperatura dell'acqua di mandata secondo il comando della centralina elettronica. Questa agisce in funzione dei segnali trasmessi dalla sonda sulla mandata e dalla sonda esterna. In tal modo, al variare delle condizioni atmosferiche, l'apporto di calore ai corpi scaldanti (temperatura di mandata) viene adeguato con immediatezza alle effettive dispersioni e la temperatura degli ambienti resta costante.

Sulla centralina vengono fissati a piacere i regimi diurno e notturno e l'orario delle commutazioni (abbassamento per la notte, ripristino al mattino) a cui provvede automaticamente il programmatore incorporato.

Oltre alla regolazione di centrale è prevista una regolazione con valvole termostatiche. La valvola termostatica per corpi scaldanti è un organo di regolazione che consente un controllo del tipo ad « azione diretta ». È sicuramente il sistema di controllo più semplice in quanto le parti essenziali che lo compongono e cioè l'organo di regolazione (corpo valvola), la sonda di controllo ed il servomotore (elemento termostatico) formano un unico insieme che consente l'intervento sulla grandezza da regolare (portata). Il suo funzionamento è basato sull'impiego di un elemento termostatico il quale esplica simultaneamente le funzioni di « controllore » e di servomotore. Ad ogni variazione della temperatura ambiente, l'aumento di volume che si produce nell'elemento sensibile si trasforma in uno spostamento longitudinale dell'asta inserita nell'elemento stesso; tale spostamento viene trasmesso all'otturatore che regola il passaggio del fluido attraverso la valvola. Nel corpo scaldante si avrà quindi, a seconda della richiesta dell'ambiente, una variazione della portata in circolazione atta a garantire (entro limiti sufficientemente piccoli e previsti in sede di progettazione) la temperatura costante nell'ambiente stesso.

1.9. Rete di distribuzione - Reg. art. 14.

Per l'impianto in esame si è scelto di distribuire il calore in modo tradizionale: distribuzione orizzontale nello scantinato e distribuzione verticale con colonne montanti alle quali vengono allacciati i corpi scaldanti negli altri piani. La rappresentazione delle reti è indicata in fig. 2

1.10. Coibentazione della rete - Reg. art. 12, art. 14.

Dalla tabella 1 dell'art. 12 sono ricavabili gli spessori minimi di isolamento delle tubazioni degli impianti termici.

Sono infatti da adottare differenti spessori di materiale isolante in funzione del tipo di tubazione, della sua collocazione e del coefficiente di conduttività termica λ dell'isolante previsto.

Lo spessore dell'isolamento fornito dalla tab. 1 è valido se l'isolante ha una conducibilità termica λ di 0,041 W/m°C; nel caso di impiego di materiali isolanti con conducibilità diversa da λ si utilizzano gli spessori equivalenti ricavati mediante la formula:

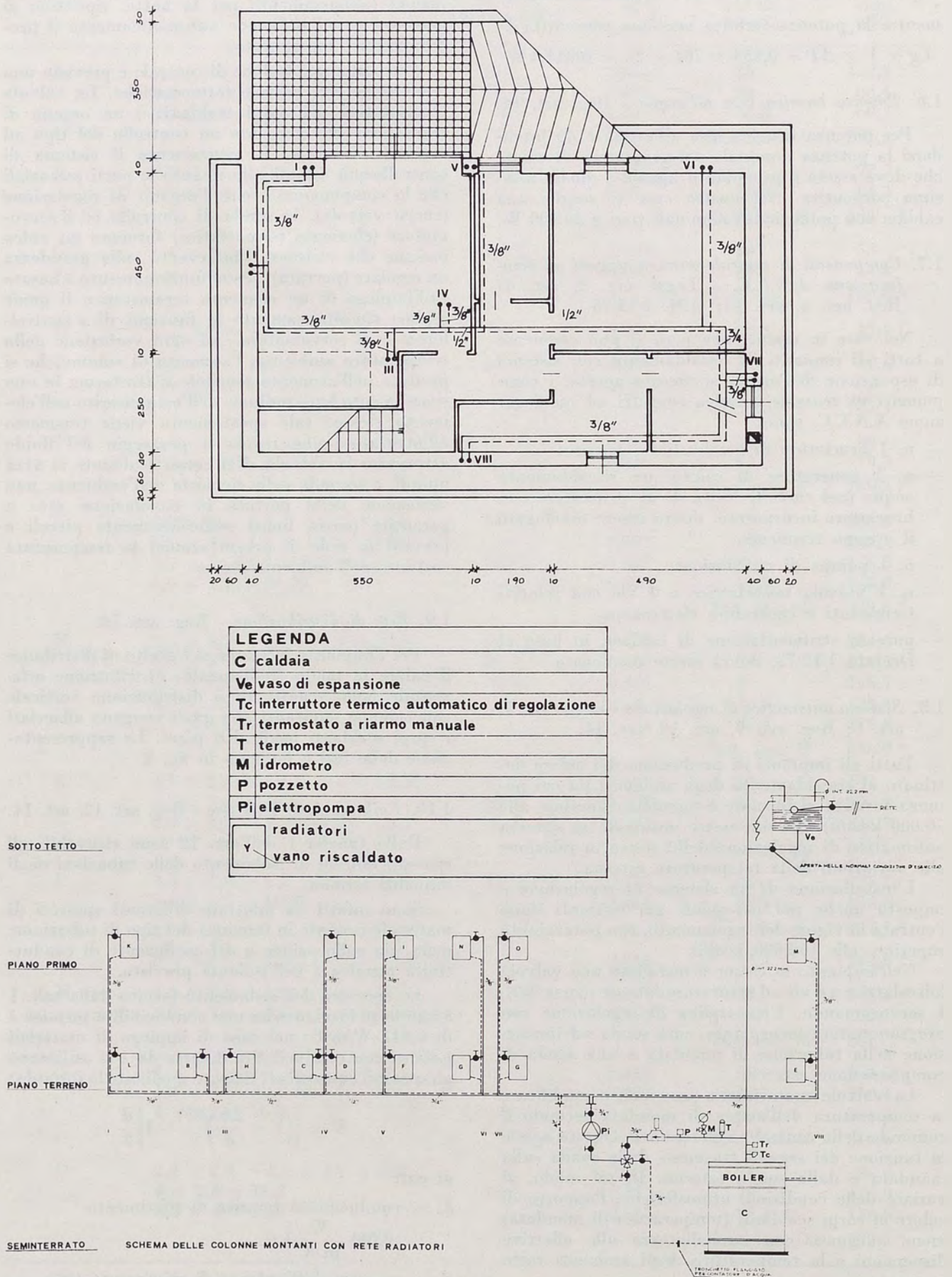
$$S' = \left[\left(1 + \frac{2S}{d} \right)^{\lambda'/\lambda} - 1 \right] \frac{d}{2}$$

di cui:

$$\lambda = \text{conducibilità termica di riferimento} \\ \left(0,041 \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{C}} \right);$$

$$S = \text{spessore dell'isolante di riferimento (m);}$$

PIANTA PIANO SEMINTERRATO CON TUBAZIONI



λ' = conducibilità del materiale impiegato (ricavata da certificati di prova alla temperatura di 50° C aumentata del 20 %);

S' = spessore minimo del materiale di conducibilità λ' (m);

d = diametro esterno della tubazione (m).

La tab. 2 dell'art. 12 del Regolamento permette di ricavare direttamente il termine

$$\frac{1}{2} \left[\left(1 + \frac{2S}{d} \right)^{\lambda'/\lambda} - 1 \right]$$

in funzione di $2S/d$.

I montanti verticali delle tubazioni devono essere posti al di qua dell'isolamento verso l'interno del fabbricato ed i relativi spessori di isolamento che risultano dalla tab. 1, vanno moltiplicati per 0,5. Per le tubazioni correnti entro strutture non affacciate né all'esterno, né su locali non riscaldati (tramezzi interni), gli spessori di cui alla tab. 1 vanno moltiplicati per 0,3.

Per l'impianto in esame gli spessori dell'isolante, con conducibilità minore o uguale a 0,041 W/m°C, applicati alle tubazioni previste con temperatura di immissione sino a 85° C, sono:

N. colonna	Tratto orizzontale	Diametro esterno (pollici)	Spessore isolante con $\lambda = 0,041$ W/m°C (mm)
I	—	3/8"	10
—	I-II	3/8"	20
II	—	3/8"	10
—	II-III	3/8"	20
III	—	3/8"	6
—	III-IV	1/2"	25
IV	—	3/8"	6
—	IV-V	1/2"	25
V	—	3/8"	10
—	V - tub. princ.	3/8"	20
—	V-VI	1/2"	25
VI	—	3/8"	10
—	VI - tub. princ.	3/8"	20
—	VI-VII	3/4"	30
VII	—	3/8"	10
—	VII - Attacco caldaia	3/4"	30
VIII	—	3/8"	10
—	VIII - Attacco caldaia	3/8"	20
Tubaz. sicurezza	—	3/4"	15

1.11. *Fabbisogno termico per singolo ambiente* - Reg. art. 14, Decr. art. 4.

Fermo restando il valore del coefficiente Cd calcolato precedentemente, inteso come valore medio, per l'intero edificio, l'art. 4 del Decreto impone il valore massimo del coefficiente volumico Cd di singoli ambienti in funzione del rapporto S/V dei singoli ambienti stessi.

In questo calcolo il rapporto S/V va inteso come il rapporto tra la superficie interna S delle pareti del singolo ambiente affacciate all'esterno, espressa in metri quadrati e il volume netto V dell'ambiente singolo misurato all'interno delle superfici che lo delimitano, espresso in metri cubi.

Convieni eseguire tale verifica solo nei locali che hanno più pareti esposte all'esterno, o vetrate molto ampie.

Per valori di S/V maggiori a 1,0 assumiamo come Cd imposto per legge quello relativo alla zona climatica considerata per S/V uguale a 1,0.

1.12. *Componenti dell'impianto soggetti ad omologazione A.N.C.C.* - Legge art. 4; Reg. art. 4, art. 5, art. 14 (distribuzione e diffusione calore)

In base all'elenco dei materiali soggetti ad omologazione previsti dall'art. 14 del Regolamento, abbiamo nel nostro caso:

— n. 15 corpi scaldanti;

— n. 15 valvole termostatiche.

1.13. *Locali con particolari esigenze termiche* - Legge art. 9; Reg. art. 2, art. 3, art. 7, art. 8, art. 14.

La legge prevede che vi siano locali con particolari esigenze termiche ($t_i > 20^\circ \text{C}$) solo per edifici classificati E 3 ed E 6 (1) cioè edifici adibiti ad ospedali, cliniche o case di cura assimilabili ed edifici adibiti ad attività sportive come piscine, saune ed assimilabili.

Per l'edificio in esame non abbiamo quindi nessun locale con particolari esigenze termiche.

1.14. *Produzione di acqua calda per usi igienici e sanitari* - Legge art. 7, Reg. art. 11, art. 14.

Gli impianti termici che prevedono la produzione centralizzata mediante gli stessi generatori di acqua calda sia per il riscaldamento degli ambienti che per usi igienici e sanitari devono essere dimensionati per il solo fabbisogno termico per il riscaldamento degli ambienti. È ammesso l'uso di generatori di potenza maggiore, purché la loro potenza massima al focolare non sia superiore a 58000 W e siano dotati di dispositivi automatici di esclusione della fornitura contemporanea dei due servizi, che limitino la potenza termica erogabile per il riscaldamento degli ambienti a quella massima consentita.

Nel nostro caso possiamo prevedere un generatore che fornisca in modo separato 20000 W per il riscaldamento e 30000 W per il sanitario.

FABBISOGNO TERMICO PER OGNI SINGOLO AMBIENTE

LOCALE	S (m ²)	V (m ³)	S/V	Cd imposto (W/m ³ °C)	Fabbisogno termico (W)	Cd reale (W/m ³ °C)
* A + B	38,32	43,86	0,874	1,301	1526,25	1,243
C	8,68	13,44	0,646	0,964	231,75	0,616
D + E	18,55	35,1	0,53	0,785	770,54	0,784
F	15,5	24	0,646	0,964	497,65	0,740
G	103,88	104,37	1,0	1,49	2867,78	0,981
K	46,42	56,28	0,825	1,228	1449,66	0,92
I	20,4	30,46	0,67	1,002	608,26	0,71
M	21,85	23,55	0,928	1,382	686,01	1,04
N	39,76	47,04	0,845	1,258	1262,16	0,958
O	30,24	31,36	0,964	1,436	1049,22	1,195

* Si considera l'unità abitativa composta dai due vani A e B.

1.15. Consumo specifico - Reg. art. 14.

Per consumo specifico si intende il rapporto tra il consumo previsto di combustibile ed il volume V.

1.15.1. Consumo di combustibile previsto secondo le indicazioni VDI 2067.

Il consumo di combustibile nell'arco di un anno è ricavabile dalla formula seguente:

$$C_{\text{annuo}} = \frac{a \cdot e \cdot \gamma \cdot Q_n \cdot 24 \cdot G_{\text{giorno}}}{H_i \cdot \eta \cdot (t_i - t_e)}$$

dove:

a = fattore di correzione secondo le caratteristiche della costruzione e dell'impianto. Sono da assumere:

0,60 per strutture molto isolate (pareti, pavimenti, soffitti) e impianto calcolato e installato secondo norme. Termoregolazione in ogni locale (valvole termostatiche)

0,70 per strutture con isolamento medio e impianto calcolato e installato secondo norme (termoregolazione a zone)

0,80 per strutture con isolamento medio e impianto calcolato e installato secondo norme. Termoregolazione centralizzata (valvola motorizzata a 3 o 4 vie e pannello elettronico con sonda esterna)

0,95 per strutture con isolamento medio e impianto calcolato secondo norme

1,00 per strutture con isolamento leggero e impianto calcolato secondo norme

1,25 per strutture leggermente isolate e impianto non bilanciato e non regolato

1,45 per strutture non isolate, calcolo delle dispersioni approssimativo e impianto non regolato

e = fattore di correzione secondo la destinazione del fabbricato:

1,00 per case di abitazione

1,05 per ospedali

0,93 per uffici

0,86 per scuole

γ = fattore di correzione secondo le dispersioni di calore:

0,63 per vento normale e posizione riparata del fabbricato

0,60 per vento normale e posizione libera

0,58 per vento forte e posizione riparata

0,55 per vento forte e posizione libera

Q_n = potenza resa all'acqua, kcal/h

24 = ore giornaliere

G_{giorno} = gradi-giorno definiti dal regolamento

Hi = potere calorifico inferiore del combustibile:

10210 kcal/h kg, gasolio

9760 kcal/h kg, olio combustibile

8210 kcal/h m³, metano

860 kcal/h kWh, energia elettrica

η = fattore di rendimento medio

0,65 per olio combustibile

0,75 per gasolio

0,80 per metano

0,95 per energia elettrica

t_i = temperatura interna ambiente

t_e = temperatura esterna di progetto.

Per l'edificio in esame, considerando di usare come combustibile il metano, avremo:

$$C_{\text{annuo}} = \frac{0,60 \cdot 1,00 \cdot 0,60 \cdot 20000 \cdot 0,86 \cdot 24 \cdot 2550}{8210 \cdot 0,80 \cdot (20 + 8)} = 2060,59 \text{ m}^3 \text{ metano}$$

1.15.2. Calcolo consumo specifico.

In base alla definizione data precedentemente del consumo specifico, otterremo per il caso in esame:

$$C_s = \frac{C_{\text{annuo}}}{V} = \frac{2060,59}{704} = 2,93 \frac{\text{m}^3 \text{ metano}}{\text{m}^3 \text{ anno}}$$

avendo una potenza specifica (resa all'acqua) di $28,41 \frac{\text{W}}{\text{m}^3}$.

2. CONCLUSIONI.

Con la presente pubblicazione si è voluto dare una interpretazione ed una esemplificazione della normativa in oggetto. Tali procedure di calcolo, che sono state applicate ad un particolare edificio, si possono facilmente estendere a qualsiasi altro tipo di costruzione contemplato dalla legge in oggetto.

In merito alla potenzialità resa all'acqua del generatore di calore, dovendo questa essere prossima a quella massima consentita, il progettista, se ritiene di avere poca tolleranza sul dimensionamento dello stesso, può evidentemente migliorare l'isolamento dell'edificio.

Per quanto riguarda il calcolo dei consumi prevedibili, poiché in Italia non esiste una normativa in materia, si è utilizzata una norma tedesca. Tale metodo, però, dà adito ad alcuni possibili errori per come vengono definiti i coefficienti in esso contenuti.

Gli autori restano comunque a disposizione per ogni ulteriore sviluppo, anzi gradirebbero ricevere osservazioni e critiche su questo lavoro.

**IL «MARCHIO DI QUALITÀ» PER CALCESTRUZZI PRECONFEZIONATI
È L'UNICA GARANZIA DEL RISPETTO DELLE NORME UFFICIALI**

Progettisti
Calcolatori c.a.
Direttori Lavori
Collaudatori

MARCHIO DI QUALITÀ ISTEDIL



Calcestruzzo
controllato alla consegna
in conformità alla
normativa unicemento

dal controllo la qualità
dalla qualità il marchio
dal marchio la garanzia
dalla garanzia la sicurezza

Consigliate l'impiego di calcestruzzo preconfezionato fornito da centrali di betonaggio dotate di **MARCHIO DI QUALITÀ ISTEDIL** che consente tassi di lavoro più elevati con conseguenti risparmi, maggior sicurezza nell'esecuzione e tranquillità dei Tecnici.



betoncar

**aurelio
massano**

CALCESTRUZZI PRECONFEZIONATI

TORINO
Via Tirreno 45 - **Tel. 502.102**

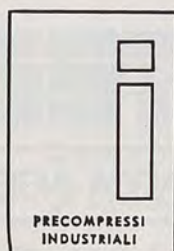
Centrali:
TORINO ORBASSANO
MONCALIERI SANTENA
VENARIA CUNEO

TORINO
Via Beaulard 64 - **Tel. 33.58.350**

Centrali:
VOLVERA
ORBASSANO
SAN MAURO

CARMAGNOLA
Via Dante 4 - **Tel. 970.217**

Centrale:
CARMAGNOLA



W.P.R. Edil
S.A.S. INDUSTRIA PREFABBRICAZIONI EDILI LEGGERE
di P.I. BRUNO TARELLO e ARCH. PAOLO JANNO & C.

Stabilimento e uffici: **MASSERANO** (Biella) Fraz. S. Giacomo - Statale 142 - Tel. (015) 96990 - 922214



STRUTTURE PREFABBRICATE INDUSTRIALI PRECOMPRESSE

NELLO SCRIVERE AGLI INSERZIONISTI CITARE QUESTA RIVISTA V

Banco di Sicilia

Istituto di Credito di Diritto Pubblico

Presidenza e Amministrazione Centrale in Palermo - Patrimonio: L. 150.815.294.287

Acireale
Agrigento
Alcamo
Ancona
Bologna
Caltagirone
Caltanissetta
Catania
Enna

Firenze
Gela
Genova
Lentini
Marsala
Messina
Mestre

Sedi e Succursali:



Milano
Palermo
Perugia
Pordenone
Ragusa
Roma
S. Agata Militello

Sciacca
Siracusa
Termini Imerese
Torino
Trapani
Trieste
Venezia
Verona
Vittoria

250 Agenzie in tutta Italia

Uffici di rappresentanza a Bruxelles, Copenaghen, Francoforte Sul Meno, Londra, New York, Parigi e Zurigo
Sezioni speciali per il: Credito Agrario e Peschereccio,
Credito Minerario, Credito Industriale, Credito Fondiario, Finanziamento Opere Pubbliche.

Tutti i servizi di Banca, Borsa e Cambio



S. ACCOMAZZO

SCALE INDUSTRIALI

AUTOSCALE E CESTELLI IDRAULICI

PONTEGGI TELESCOPICI
AD INNESTO MANUALE
E AD ARGANO O ELETTRICO

COLLAUDATI



TORINO VIA S. FRANCESCO D'ASSISI 11 - TEL. (011) 546628

DOTT. ING. VENANZIO LAUDI

s.n.c. di F.lli LAUDI

IMPIANTI RAZIONALI TERMICI
E IDRICO SANITARI

TORINO - VIA MADAMA CRISTINA 62

TELEF. DIREZIONE: 683.226 • TELEF. UFFICI: 682.210



dal 1938

asfalt - c. c. p.

10154 TORINO

S. p. A.

Str. di Settimo 6 - Tel. (011) 20.11.00 - 20.10.86

- COPERTURE IMPERMEABILI
- ASFALTI COMUNI E A FREDDO
- ASFALTI COLORATI
- COSTRUZIONE E PAVIMENTAZIONI:
STRADE - CAMPI SPORTIVI
MARCIAPIEDI E CORTILI
- FORNITURA DI PRODOTTI BITUMINOSI

ARTERO®

DISEGNO · GRAFICA · INGEGNERIA

Tavoli
e Tecnografi
di precisione
delle migliori
marche

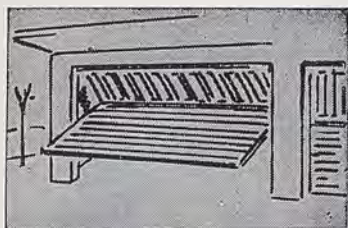
BIEFFE
NEOLT
FERRES
ZUCOR
MUTOH
KULLMAN
PERFECTUS

ASSISTENZA TECNICA



10122 TORINO VIA S. FRANCESCO D'ASSISI 11

Tel. (011) 547246 · 516 289



BENEDETTO PASTORE

S.p.A.

SERRANDE DI SICUREZZA

ESPORTAZIONE

TUTTI I TIPI DI CHIUSURE DI SICUREZZA, AVVOLGIBILI "CORAZZATA" RIDUCIBILI, RIPIEGABILI, SCORREVOLI A BILICO PER ABITAZIONI, NEGOZI, GARAGES, STABILIMENTI



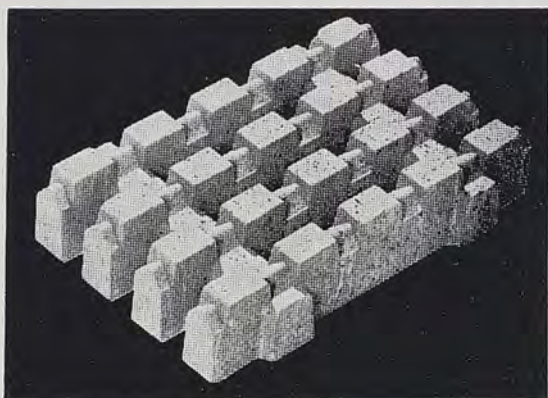
SEDE E STABIL.: 10152 TORINO - C. NOVARA, 112 - TEL. 233.933 (5 linee)



PIASTRA "bg"

Un'unione di calcestruzzo e erba per pavimentazione di parcheggi e rivestimenti di scarpate

cm. 60 x 40 x 12



INPREVIB

INDUSTRIA PRECOMPRESSI VIBRATI s.p.a.

10123 TORINO — Via Po, 40 — Tel. 83 14 54/83 18 70



POTRETE PARCHEGGIARE IN GIARDINO!

CATELLA FRATELLI

MARMI - GRANITI - PIETRE

CAVE PROPRIE - STABILIMENTI - SEGHERIE

torino - via montevecchio 27 - tel. 545.720 - 537.720

IMPIANTI TERMICI

RADIAZIONE

CONDIZIONAMENTO

VENTILAZIONE

IDRAULICI SANITARI

g. SARTORIO e f.
S. p. A.

10139 - TORINO - VIA BARDONECCHIA, 5 - TELEF. 37.78.37 (3 linee con ric. autom.)

**C'è chi
ha un consulente, chi una segretaria,
chi un amico, chi una cassaforte.
E chi un conto corrente al Sanpaolo.**

Certo, se proprio vuoi complicarti la vita, puoi continuare a farti ricordare le scadenze dalla segretaria, farti consigliare gli investimenti migliori da quell'amico che "se ne intende", a rischiare i tuoi valori fidandoti della buona sorte.

Ma sei proprio sicuro di volerti complicare la vita? o non preferiresti forse poter contare su qualcuno che risolva, con te o per te, tutti questi e tanti altri problemi?

Pensaci: questo "qualcuno" c'è. E' il Sanpaolo.

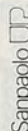
Lo trovi in tutta Italia con 300 Filiali, all'estero con una Filiale a Francoforte e Rappresentanze a Londra, Parigi, Tokyo (A.I.C.I.) e Zurigo, e con oltre 2000 corrispondenti in tutto il mondo.

Il Sanpaolo: una banca dinamica, completa, aperta, disponibile, elastica e, senz'altro, giovane. A dispetto della sua esperienza plurisecolare. Anzi proprio per questo.

**Sanpaolo: la banca
di fiducia da oltre 400 anni**

SANPAOLO

**ISTITUTO BANCARIO
SAN PAOLO DI TORINO**

Sanpaolo 

la tradizione

FRESIA
consiglia

la tecnica

l'eleganza nella sicurezza

SUPERCATENACCIO

a 2 e 6 punti
di chiusura



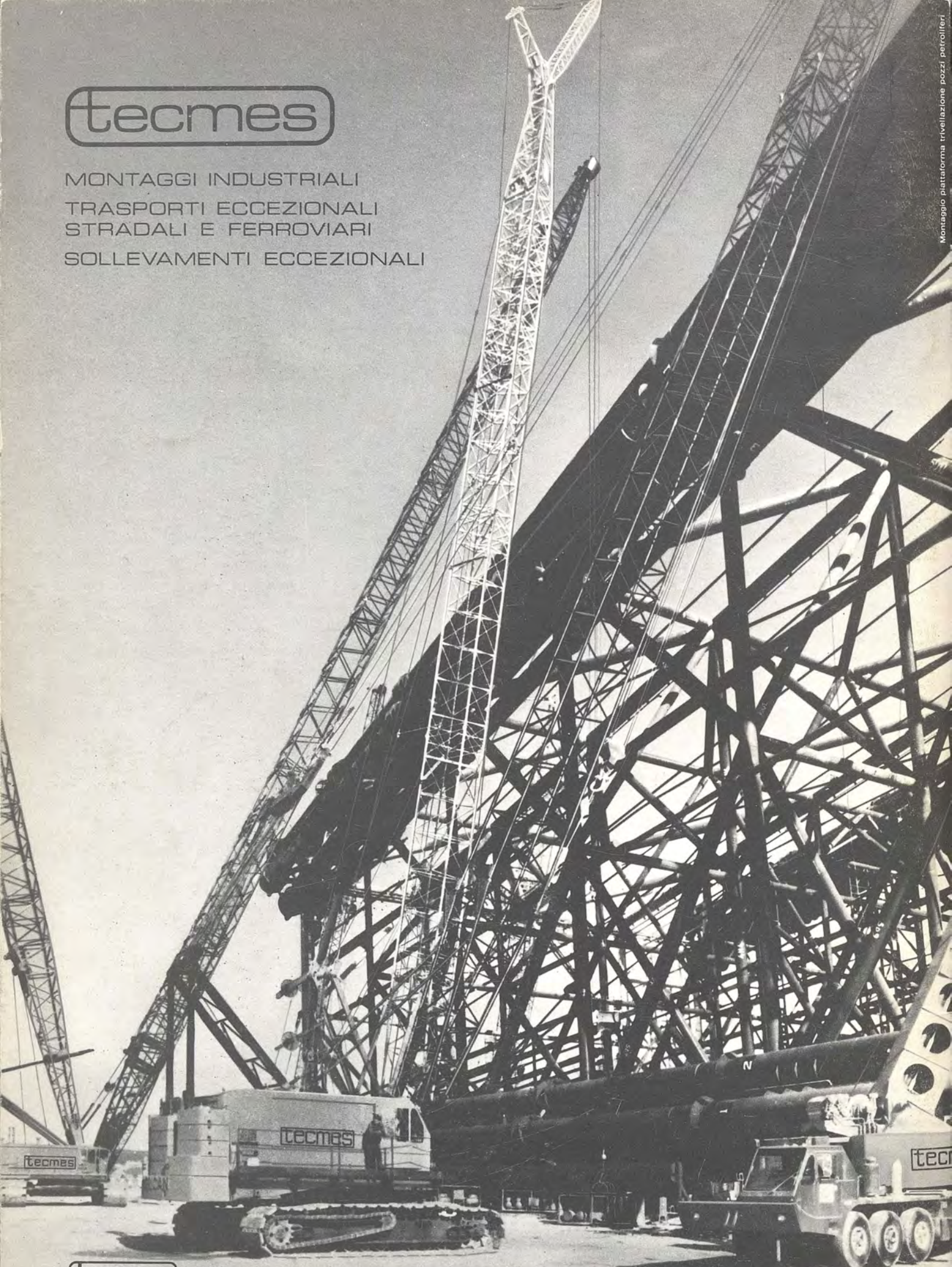
MOTTURA & C.

BREVETTI

**serrature
di altissima
sicurezza**

tecmes

MONTAGGI INDUSTRIALI
TRASPORTI ECCEZIONALI
STRADALI E FERROVIARI
SOLLEVAMENTI ECCEZIONALI



Montaggio piattaforma trivellazione pozzi petroliferi

tecmes

MILANO Via Vittor Pisani 5 Tel. 65.44.70/657.56.00 Telex 32144

tecmes

TARANTO Nuova Area Italsider Tel. 42.889/43.197 Telex 86091