

COPERTURE IMPERMEABILI

GAY

di Dott. Ing. V. BLASI

Impermeabilizzazioni e manti per tetti piani o curvi, cornicioni, terrazzi, sottotetti, fondazioni.

VIA MAROCHETTI 6. TORINO. TEL. 690.568

IMPRESA COSTRUZIONI EDILI

C.E.B.A.D.

di Ing. BARBA e F.lli DE CORTE

Costruzioni civili e cementi armati

TORINO - Via Principi d'Acaia, 22 - Tel. 774.131

DITTA **Mazio Zaglio**

TORINO - Via Monte di Pietà N° 1
Tel. 546.029

Tutti i tipi di CEMENTO comuni e speciali, Nazionali ed Esteri

CALCI di ogni qualità

GESSI da forma e da Costruzioni

DOTT. ING. VENANZIO LAUDI

IMPIANTI RAZIONALI TERMICI

E IDRICO SANITARI

TORINO - VIA MADAMA CRISTINA 62

TELEF. DIREZIONE: 683.226 • TELEF. UFFICI: 682.210

PIETRE ARTIFICIALI

PREFABBRICAZIONE ELEMENTI DECORATIVI

IN GRANIGLIA DI MARMO
E CONGLOMERATO CEMENTIZIO ARMATO
VETROCEMENTO

F. MARGARITORA

Torino - labor. via Oxilia 29 - tel. 264.497 - ab. 772.002



asfalt - c. c. p.
TORINO S. p. A.
Strada di Settimo 6 - Tel. 24.11.00 - 24.10.86

COPERTURE IMPERMEABILI - MARCIAPIEDI - STRADE

ASFALTI COLATI E TAPPETI STRADALI COLORATI

PRODUZIONE, APPLICAZIONE E VENDITA DI ASFALTI
A FREDDO GELBIT E GELBIPLAST

RECINZIONI PREFABBRICATE IN CEMENTO

SIET

SOCIETÀ INDUSTRIE ELETTRICHE TORINO

IMPIANTI elettrici antideflagranti - PROIETTORI
LINEE trasporto energie - Centrali e cabine elettriche -
IMPIANTI elettrici industriali e civili di ogni tipo

TORINO - VIA CHAMBERY 39 - TEL. 79.07.78 - 79.07.79
ROMA - VIA DEI CRISPOLTI 11 - TEL. 43.38.41 - 43.39.91

CATELLA

MARMI • GRANITI • PIETRE

Cave proprie - Stabilimenti - Segherie

Torino - Via Montevecchio 27-29 - Tel. 545.720-537.720

ATTI E RASSEGNA TECNICA

DELLA SOCIETÀ DEGLI INGEGNERI E DEGLI ARCHITETTI IN TORINO

RIVISTA FONDATA A TORINO NEL 1867

FIAT TORINO

NUOVA SERIE . ANNO XXII . N. 8 . AGOSTO 1968

SOMMARIO

RASSEGNA TECNICA

- V. BORASI - Contributo alla razionalizzazione dei diagrammi della distribuzione architettonica pag. 185
- G. FIEGNA, P. GREGORIO, E. LAVAGNO, A. SACCHI - Applicazione della legge degli stati corrispondenti alla valutazione della velocità del suono intorno al punto critico » 194
- C. CLERICI - Considerazioni sull'arricchimento di un minerale felspatico per termoadesione differenziale » 200
- O. GRESPLAN - Requisiti qualitativi e quantitativi della luce artificiale nella esposizione delle opere d'arte » 204
- C. BOFFA - Generazione di plasmii ad alta energia mediante i dispositivi utilizzando archi elettrici » 207
- G. RIGOTTI - Il problema urbanistico-sociale della casa - Spunti compositivi (I) » 212

SOCIETÀ PER AZIONI UNIONE CEMENTI

MARCHINO & C.

≡

CASALE MONFERRATO

COMITATO DI REDAZIONE

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

COMITATO D'AMMINISTRAZIONE

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

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

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

La Rivista si trova in vendita: a Torino presso la Sede Sociale, via Giolitti, 1.
SPEDIZIONE IN ABBONAMENTO POSTALE — GRUPPO III

ING. TURBIGLIO & GARIGLIO

TORINO - VIA GATTINARA 11 - TEL. 87.75.96-87.34.95

IMPIANTI A CONVEZIONE
RADIAZIONE

civile ed industriale ad acqua calda

Acqua surriscaldata a vapore

Centrali termiche

Condizionamento dell'aria

Essiccatoi

IMPIANTI IDROSANITARI

DOTT. ING. VENANZIO LAUDI

IMPIANTI RAZIONALI TERMICI

E IDRICO SANITARI

TORINO - VIA MADAMA CRISTINA 62

TELEF. DIREZIONE: 683.226 • TELEF. UFFICI: 682.210

DITTA *Mazio Zaglio*

TORINO - Via Monte di Pietà N° 1
Tel. 546.029

Tutti i tipi di CEMENTO comuni e speciali, Nazionali ed Esteri

CALCI di ogni qualità

CESSI da forma e da Costruzioni

PIETRE ARTIFICIALI

PREFABBRICAZIONE ELEMENTI DECORATIVI

IN GRANIGLIA DI MARMO
E CONGLOMERATO CEMENTIZIO ARMATO
VETROCEMENTO

F. MARGARITORA

Torino - labor. via Oxilia 29 - tel. 264.497 - ab. 772.002

IMPRESA COSTRUZIONI EDILI

C.E.B.A.D.

di Ing. BARBA e F.lli DE CORTE

Costruzioni civili e cementi armati

TORINO - Via Principi d'Acaia, 22 - Tel. 774.131

COPERTURE IMPERMEABILI

GAY

di Dott. Ing. V. BLASI

Impermeabilizzazioni e manti per tetti piani o curvi, cornicioni, terrazzi, sottotetti, fondazioni.

VIA MAROCHETTI 6. TORINO. TEL. 690.568



asfalt - c. c. p.
TORINO S. p. A.
Strada di Settimo 6 - Tel. 24.11.00 - 24.10.86

COPERTURE IMPERMEABILI - MARCIAPIEDI - STRADE

ASFALTI COLATI E TAPPETI STRADALI COLORATI

PRODUZIONE, APPLICAZIONE E VENDITA DI ASFALTI A FREDDO GELBIT E GELBIPLAST

RECINZIONI PREFABBRICATE IN CEMENTO

RASSEGNA TECNICA

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

Contributo alla razionalizzazione dei diagrammi della distribuzione architettonica

VINCENZO BORASI pone attenzione allo strumento operativo degli schemi funzionali distributivi in tema di progettistica architettonica. Una razionalizzazione della loro struttura si ottiene utilizzando la teoria matematica dei grafi, però occorre rendere in accordo i due sistemi di rappresentazione diagrammatica di modelli logici.

1. Possibilità di schematizzazioni.

Chi è attento all'evoluzione della progettistica architettonica ritiene che la soluzione intuitiva di alcuni problemi della progettazione edilizia, tanto alla scala massima urbanistica quanto a quella minima dell'industrial design, travalichi le capacità intellettive della sintesi logica media del singolo. I limiti della capacità attuale ad una progettazione individuale veramente efficiente, non sono d'altro canto superabili automaticamente con il ricorso ad un lavoro collegiale (di *équipe*) anche se in arte abbia validità ormai il concetto di genialità di gruppo. Persino le difficoltà pratiche per raccogliere ed ordinare le informazioni necessarie per la realizzazione di un'idea architettonica e condizionanti l'insieme delle scelte operative, superano già le possibilità di sintesi del singolo operatore (o sintesi razionale coordinabile dal suo gruppo di lavoro) quando solamente venga posto l'imperativo morale della giustificazione completa del proprio modo di operare (1).

Del resto è nota l'impossibilità di separare cronologicamente forme e contenuti nel processo autoformativo dell'opera d'arte, ed è pure riconosciuta l'inscindibilità del giudizio valutativo, il quale

(1) A. CAVALLARI MURAT, *Problemi delle moderne tendenze dell'architettura industriale*, « Atti e Rass. Tecn. Soc. Ing. e Arch. di Torino », Torino, 7, 1967; C. ALEXANDER, *Note sulla sintesi della forma*, ed. Il Saggiatore, Milano, 1967; S. CHERMAYEFF e C. ALEXANDER, *Spazio di relazione e spazio privato*, ed. Il Saggiatore, Milano, 1968.

deve contemporaneamente fondarsi su razionalità e gusto, unitamente all'esigenza della più estesa possibile molteplicità di schematizzazioni. Tutto l'iter progettuale insito nell'ideazione formale è un'unica fase dell'operare artistico, il quale scoprirà in se stesso i contenuti e le strutture formali da fissare sulla carta e nel paesaggio.

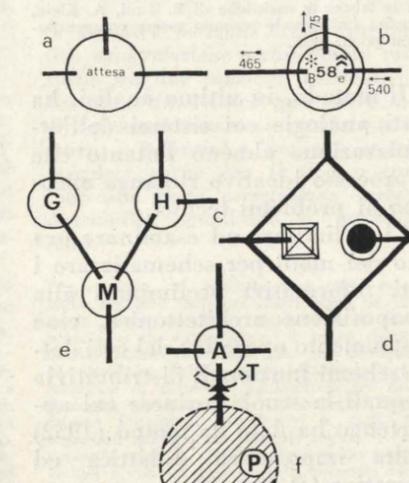


Fig. 1 - I simboli grafici per il tracciamento degli schemi funzionali distributivi. a) Funzione distributiva elementare, cioè indicativa di una sola attività da connettere ad altre; b) funzione distributiva complessa, e quindi richiedente non uno ma almeno due circoli per indicare un processo di aggregazione multipla; c) nesso distributivo; d) funzione distributiva complessa con la caratteristica di nodo di comunicazioni verticali ed orizzontali all'interno di un edificio (per esempio costituito come in figura da scale in nero e da ascensori con croce); e) abbozzo di schema funzionale distributivo con aggregazione delle tre funzioni G (per esempio: soggiorno), H (per esempio: corridoio zona notte), M (per esempio: anticamera); f) simboli della funzione « contatto tra le funzioni architettoniche e il circostante ambiente urbanistico » (con parcheggi e posteggi, ingressi controllati, servizi di accettazione e smistamento del traffico all'interno ed all'esterno dell'edificio: pensiline, atrii, ecc.). Con siffatti simboli sono stati disegnati tutti gli schemi funzionali distributivi citati in appendice, seguendo l'impostazione didattica data nell'Ist. di Architettura Tecnica da A. Cavallari Murat, direttore di tale Istituto.

L'analisi di tale iter impone di mettere a punto un sistema propeudeutico capace di trascrivere in modello, con moderne simbologie mnemoniche, le caratteristiche schematiche delle frasi del linguaggio architettonico.

Il modello dovrà tenere conto in prima analisi: 1.a) della presenza di una pluralità di schematizzazioni; 1.b) della utilità di configurare strutture logiche puramente astratte di elementi e delle loro correlazioni; 1.c) della rinuncia alle suggestioni dell'incerto, verso utilitaristiche deviazioni intuitive; 1.d) dell'esistenza di interrelazioni tra i concetti schematizzabili isolatamente, per cui è illogico presumere di individuare nell'insieme dei dati del problema dei subsistemi di informazioni indipendenti fra loro (« semi-lattice » di Alexander).

Lo strumento operativo da proporre dovrebbe d'altro canto sapere progredire affrontando contemporaneamente tutto il fronte del problema, avanzando per successive approssimazioni, e permettendo di verificare i risultati in sede critica a scadenze sempre autorinnovantesi, prima di ottenere una implicita intima autorizzazione a procedere per iterazione.

Il processo dovrebbe comunque potere sempre progredire, anche dovendosi correggere e la traccia metodologica dovrebbe mantenere validità comunque, sia in problemi di scala e complessità diverse, sia in differenti strutture di subsistemi. Il modello matematico non saprà creare mai una sua architettura, questo è chiaro; esso dovrà però permettere all'operatore-

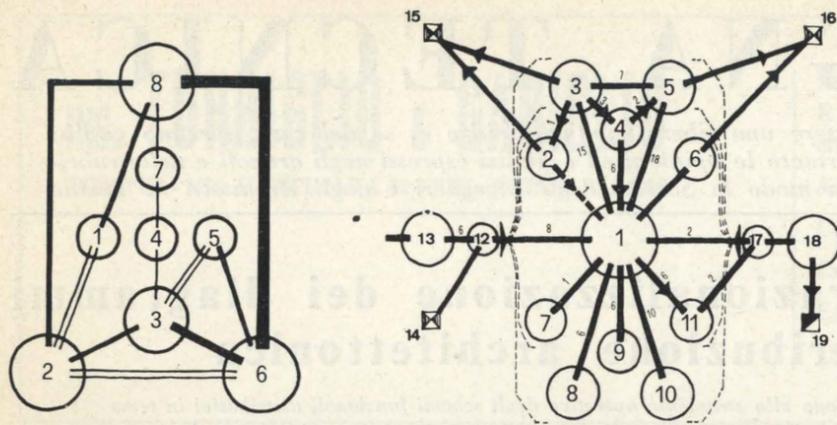


Fig. 2 - Esempi didattici di grafi con nessi quantificati. Il grafo a sinistra riproduce in modo compendioso un rilevamento sperimentale effettuato nel 1930 (*The architectural Forum*, sept. 1930, Part two, Architectural Engineering & Business, pag. 389: *Small kitchens for apartments*, by ROGER W. SHERMAN) con un podometro sulla quantità di passi necessari a una donna di medie capacità igienico-casalinghe per preparare un pasto in una cucina in cui i vari attrezzi erano disposti in un modo qualsiasi. Legenda delle funzioni: 1) deposito attrezzi per il lavoro in cucina (credenza); 2) cottura (fornello); 3) lavaggio, pulitura e rigoverno (lavello); 4) deposito provvisorio attrezzi rigovernanti (scolapiatti); 5) preparazione, confezione, soste (tavolo di servizio); 6) deposito materiali meno deperibili (dispensa); 7) accesso (porta verso l'office e la zona pranzo); 8) deposito cibi più deperibili (frigorifero). Il grafo è quantificato: con bande più larghe sono indicati i percorsi che sperimentalmente sono risultati coperti da un maggior numero di passi della massaia (*grafo deduttivo diretto*). Il grafo a destra espone invece un modo diverso, ma sempre compendioso, per indicare dei nessi distributivi quantificati: ancora sul tema della cucina unifamiliare, ma moderna, si segnala una congettura sulla frequenza dei passaggi di una massaia da un attrezzo ad un altro, indipendentemente dalla lunghezza dei detti percorsi (*grafo deduttivo indiretto*). Secondo il teorema dell'albero di economia, la cucina più razionale sarà quella che renderà minimi in lunghezza i percorsi più frequenti. Legenda delle funzioni: 1) preparazioni, soste di attesa (piano di lavoro, sedia, aree di servizio per le altre funzioni); 2) lavaggi automatici (lavastoviglie); 3) lavaggi manuali, primo rigoverno (lavello); 4) deposito provvisorio attrezzi rigovernanti (scolapiatti); 5) cotture comuni (fornello); 6) cotture speciali (forno, spiedo, ecc.); 7) lunga conservazione dei cibi deperibili (freezer); 8) breve conservazione dei cibi deperibili (frigorifero); 9) conservazione cibi non deperibili (dispensa); 10) deposito attrezzi per il lavoro culinario (credenza); 11) raccolta rifiuti (bidoncino pattumiera); 12) zona filtro, ingresso (office); 13) consumazione cibi e bevande (zona pranzo); 14) presa d'aria pulita; 15) scarico rifiuti liquidi e prelievo idraulico; 16) scarico meccanizzato fumi e rifiuti aerei; 18) sgombero (balcone, ecc.); 19) scarico rifiuti solidi (canna spazzatura, ecc.). Si sottolinea come le laboriose casistiche di B. Taut, A. Klein, G. Lihotzky e R. W. Sherman sul problema della cucina individuale possano essere compendiosamente schematizzate con pochi grafi.

progettista di poter verificare razionalmente e a suo piacimento l'intero campo delle ipotesi del problema, di riconoscere le variabili endogene dalle esogene nella ricerca di una ottimizzazione delle soluzioni, e di controllare come vari l'insieme dei dati del problema agendo (cioè prefissando certi parametri) su questa invece che su quell'altra variabile, e poi su un'altra ancora e così via.

La struttura del modello non potrà forse basarsi che sulla ricerca ed il riconoscimento delle « individualità architettoniche » del problema, e sul principio che tutti i necessari subschemi operativi abbiano struttura analogica e correlata.

Quando fosse possibile, con l'aiuto del calcolo topologico, ordinare il complesso dei dati con i criteri, tanto per citare un esempio forse grossolano ma molto noto, del « riordino di magazzino », si riuscirebbe già a presentare al progettista un quadro più organizzato delle preesistenze oggettive alla sua interpretabilità artistica.

Il metodo, in ultima analisi, ha forti analogie coi sistemi dell'ottimizzazione almeno fintanto che il processo ideativo rimanga ancorato ai problemi tecnici.

Ci si limiterà ad esaminare ora uno dei modi per schematizzare i dati informativi preliminari alla composizione architettonica, cioè lo strumento operativo dei così detti « schemi funzionali distributivi » ai quali la scuola torinese cui appartengo ha dato da tempo (1952) molta importanza didattica ed operativa ⁽²⁾ (fig. 1).

Gli stessi corsi di lezioni e le prove d'esame esigono che ogni concetto distributivo venga sempre espresso in forma grafica, at-

⁽²⁾ A. CAVALLARI MURAT, *Progettazione industriale e programmazione operativa dell'edilizia*, « Atti e Rass. Tecn. Soc. Ing. e Arch. in Torino », Torino, 1962; Id., *La industrializzazione edilizia scolastica nella formazione progettuale e compositiva attuale*, « Industrializzazione e prefabbricazione nell'edilizia scolastica », ed. A.I.E.C., Roma, 1966; Id., *Collimazione concettuale di metodi nella progettazione di architettura industriale*, Atti Conv. « Tramag », Padova, ott. 1967, in Rivista « Trasporti Industriali (supplemento Atti Tramag 1967) », Mi-

traverso un diagramma il quale deve assumere valore di modello logico. Non si ammette altro modo descrittivo, perchè non si sfugga a possibilità di controllo, cioè d'autocritica e di critica altrui.

È appunto in tale direttiva che s'è avviato un processo teorico di razionalizzazione affinché diagrammi distributivi e grafi matematici possano avvalersi di una comune base di convenzioni, cosicché descrizione e deduzione razionale non incontrino discontinuità di condotta, ma anche nel contempo vadano incontro, assecondandole, alle consuetudini dei vari settori professionali implicati.

Il processo ideativo viene ad assumere il valore di pensiero rivelativo di linguaggio ch'è insieme indagine ed espressione.

2. Richiami di topologia e cenni di teoria dei grafi.

Lo schema funzionale distributivo si basa, in prima analisi: 2.a) sulla possibilità di individuare alcune entità architettoniche (originarie e chiaramente definibili) ed alcune loro correlazioni; 2.b) sulla possibilità di schematizzare un insieme di dette funzioni e dei loro nessi (fig. 1: nella didascalia dell'illustrazione vengono dati alcuni esempi concreti elementari).

La matematica studia il fenomeno topologico sia per via algebrica che per via geometrica.

Nella teoria degli insiemi le correlazioni esistenti tra due, tre o più enti o elementi, sono dette « relazioni binarie » o « relazioni ternarie » o « relazioni plurime », a seconda dei casi, ma anche, più semplicemente, per brevità, « relazioni ». Una relazione (per esempio, « binaria ») generica tra due enti *a* e *b* è indicata in algebra:

$$a R b$$

(espressione che si legge: *b* è nella relazione *R* con *a*).

lano, ott. 1968; M. FIAMENI, *Ricerca di una distribuzione nello spazio sacro*, « Atti e Rass. Tecn. Soc. Ing. e Arch. in Torino », Torino, n. 6, 1965; M. OREGGIA, *Tragitti comuni nella distribuzione delle abitazioni multifamiliari*, « Atti e Rass. Tecn. Soc. Ing. e Arch. in Torino », Torino, 9, 1965; G. PASADORE, *Premesse per la moderna normazione dei caratteri distributivi dell'alloggio popolare*, « Atti e Rass. Tecn. Soc. Ing. e Arch. in Torino », Torino, 3, 1966.

Tav. 1 — Definizioni.

Funzione distributiva elementare. Per « funzione distributiva elementare » si intende un atto oppure l'attività (di un uomo, di un animale, di una macchina) od un evento caratterizzati in modo così semplice da poter essere riconosciuti come un'azione elementare, tipica e ripetibile, la quale richiede, per la sua esplicazione, di essere ospitata da un organismo architettonico e di essere inserita in una certa successione con altre e analoghe funzioni distributive.

Il vocabolo « funzione » è qui usato nel ristretto campo dei significati architettonici, cioè come concetto di ente architettonico, caratterizzato dalla sua finalità costruttiva e dalla utilizzazione edilizia che può offrire, senza ricordi di analoghi vocaboli matematici. Le funzioni architettoniche possono essere di tipo strutturale, distributivo e compositivo, però non nel senso che un genere escluda gli altri, ma nel senso che il critico ha dichiarato di esaminare l'aspetto di una certa funzione prevalentemente da uno dei tre citati punti di vista. Il termine « funzione distributiva » potrebbe anche farsi risalire al vocabolo vitruviano *commodus*; evidentemente l'origine del termine distribuzione non ha familiarità matematiche e risale invece ad analogie strutturali con i principi ingegnereschi della « distribuzione » meccanica e tecnologica (p. es., olii, vapori, acque, ecc.). La sigla f.d. viene introdotta nel testo per abbreviare la frase « funzione distributiva ».

Funzione distributiva complessa. - Quando l'analisi di alcune funzioni distributive elementari tra di loro correlate, permette di riconoscere o di congetturare l'esistenza di un atto o di un'attività (di uomini, di animali, o di macchine) o di un evento che comprenda in sé più funzioni distributive elementari, siffatto atto o attività o evento viene definito « funzione distributiva complessa ».

Osservazione a) - La distinzione tra « funzione distributiva elementare » e « funzione distributiva complessa » non può essere assoluta e prefissata poiché essa dipende esclusivamente, e caso per caso, dal grado di approssimazione riconosciuto necessario dai diversi ricercatori in ogni loro singola analisi. Anche una f. d. già definita come « elementare » può essere infatti facilmente riconosciuta, subito o in un secondo tempo, comprensiva di altre *n* funzioni; ognuna di queste ancora potrà comprendere strutturalmente altre *m* funzioni parti di sé, e così via: il procedimento potrà sempre essere ripetuto diverse volte, estendendo, in certi casi, anche il campo gnologico interessato. Da un certo punto di vista non sarà quindi mai corretto parlare di f. d. « elementari » in senso assoluto. La distinzione riacquisterà invece senso non appena si preciserà che essa va intesa esclusivamente in significato relativo, quando cioè, prefissati un certo grado di approssimazione nell'analisi ed una finalità limitata ad una specifica ricerca, l'operatore riconoscerà comodo utilizzare contemporaneamente sia funzioni « elementari », che gruppi di queste, sintetizzando con due simboli diversi l'adozione di funzioni distributive « complesse » accanto ad altre « elementari ».

Osservazione b) - Il concetto di f. d. non trova che casualmente identità con i concetti così usuali in architettura, di « stanza », « vano », « locale », « spazio », « zona », « area », e simili, poiché differenti sono le loro definizioni. Una f. d. (elementare o complessa) può essere ospitata da una frazione di una stanza, o può richiedere per svilupparsi più locali, zone, o aree intiere. I moderni significati di « spazio », in particolare, di regola non trovano punti di congruenza o di identità con le f. d., poiché alle due definizioni presiedono motivazioni del tutto differenti.

Osservazione c) - Per le funzioni distributive complesse, d'altro canto, spesso si è tentati ad usare simboli diversi da quello ora tipizzato (cfr. Tav. I e II f.t.) per poter meglio evidenziare radici di alberi o vertici di grafo di particolare significato architettonico, da cui spesso è necessario iniziare il disegno dell'intero schema funzionale distributivo (vedi). Per il teorema di Kuratowski non è però prudente ammettere che una f. d. complessa comprenda più di cinque f. d. elementari, a meno che sia già noto che il loro grafo è un circuito o un albero.

Nesso distributivo. - Come si è detto sopra, una f. d. è riconoscibile in un insieme di f. d., se si coglie almeno un tipo di successione di operazioni necessarie per compiere un certo atto esistenziale (umano: individuale e sociale; animale; tecnologico; un evento fisico, ecc.). Nell'ambito di siffatta analisi, nell'atto stesso con cui si individuano le f. d., si riconoscono i nessi distributivi che connettono dette f. d. differenziandole e coordinandole secondo le ipotesi di lavoro assunte per l'indagine in programma.

Si definisce pertanto nesso distributivo ogni relazione architettonica esistente tra due funzioni distributive. Un nesso distributivo può essere indicato semplicemente in modo qualitativo, « indicativo », ma può essere segnalato anche con il tipo o con l'intensità della correlazione (nesso distributivo qualificato o quantificato).

Per esempio, se, indicata una certa relazione tra due funzioni distributive, si segnala anche se detta relazione è di « assenso » o di « dissenso », il nesso distributivo risulta qualificato. Ciò può capitare, per esempio, quando si sta esaminando la relazione di distanza planimetrica tra due funzioni; se usando la simbologia degli schemi funzionali distributivi a grafi, si segnalerà sul grafico con un segno + la necessità che le due funzioni siano poste vicine, e con un segno - la necessità che le due funzioni stiano ben lontane, il segno di collegamento tra le due funzioni in relazione, dotato del simbolo + o -, diverrà un « nesso distributivo qualificato ». Nel caso invece di un esame, per esempio, sulla quantità di merce in movimento tra un reparto ed un altro di uno stabilimento industriale, si potranno indicare con un « vertice » di un grafo i vari reparti, e con una linea di collegamento tra vertice e vertice se vi sono traffici tra di essi (« spigoli » del grafo); se ogni tratto di collegamento sarà dotato, per esempio, di una freccia che indichi il verso del trasporto e di un numero che indichi p. es. le Tonn/giorno di merce in movimento, il « nesso distributivo » sarà « qualificato » dalla freccia e « quantificato » dalla cifra. Tutti i nessi distributivi in un grafo possono ovviamente essere sempre dotati di un simbolo che indichi il modo, « in che modo » avviene la relazione segnalata. Quanto ai simboli delle f. d., anch'essi possono essere dotati di maggior concentrazione di

informazioni se invece di essere trascritte con un punto caratterizzato da un numero o da una lettera di elencazione, esse saranno indicate compendiosamente con un cerchio all'interno del quale possano trovar posto tutti i simboli convenzionali che è utile caratterizzino contemporaneamente la individualità architettonica della funzione distributiva (fig. 1).

Osservazione d) - Vari sono i tipi di nessi distributivi, e ciò dipende, come si è detto, anche dalla finalità della indagine in questione. Tra esse si riconoscono: — le successioni cronologiche degli atti o degli eventi (che possono comportare, per esempio: la comodità di ospitare le f. d. correlate in locali o aree contigue o il più possibile vicine, per motivi di economia d'esercizio, in un edificio altamente specializzato); — le interdipendenze logiche degli atti (nel tentativo per esempio, di razionalizzare la ricostruzione senza variazioni nel caso di un ciclo di eventi trasferito identicamente in un nuovo ambiente); — le correlazioni preferenziali auspicabili tra i fatti secondo il parere del progettista; — le contiguità o coerenze, oppure le dislocazioni preferenziali rilevate sperimentalmente in un esempio antologico; — le analogie correlanti più f. d. nei diversi schemi analitici architettonici discriminatori (per esempio: quante f. d. esigono [oppure hanno] un certo affaccio panoramico?); — le quantità orarie di flusso, cioè le portate (esistenti o necessarie) di oggetti o comunicazioni tra i locali o le zone ospitanti le varie f. d. (quantità dei trasporti di merci, tipi di movimenti delle persone, intensità di tragitti e spostamenti, ecc.); — ogni altra relazione assistenziale tra enti architettonici.

Osservazione e) - Si sottolinea che il segno ■ di nesso non dovrebbe mai confondere il concetto di flusso con il concetto di contenitore, di tubo; in altre parole, con il segno ■ non si dovrebbero mai indicare i canali di percorrenza come tali, in sé e per sé. Un canale o un corridoio, sono in funzione distributiva e vanno indicati con un cerchietto ○. I segni ■ dovrebbero significare esclusivamente relazioni e collegamenti. La sigla n. d. viene introdotta per sostituire la frase « nesso distributivo », così come s. f. d. significa « schema funzionale distributivo ».

Schema funzionale distributivo. - La rappresentazione convenzionale e compendiosa di un certo fatto di interesse architettonico, come ideogramma rappresentante *n* « funzioni distributive » correlate, secondo certe ipotesi, da *m* « nessi distributivi » è detta « schema funzionale distributivo ». Uno s. f. d. è perciò un insieme di certe f. d. e di certi loro n. d.

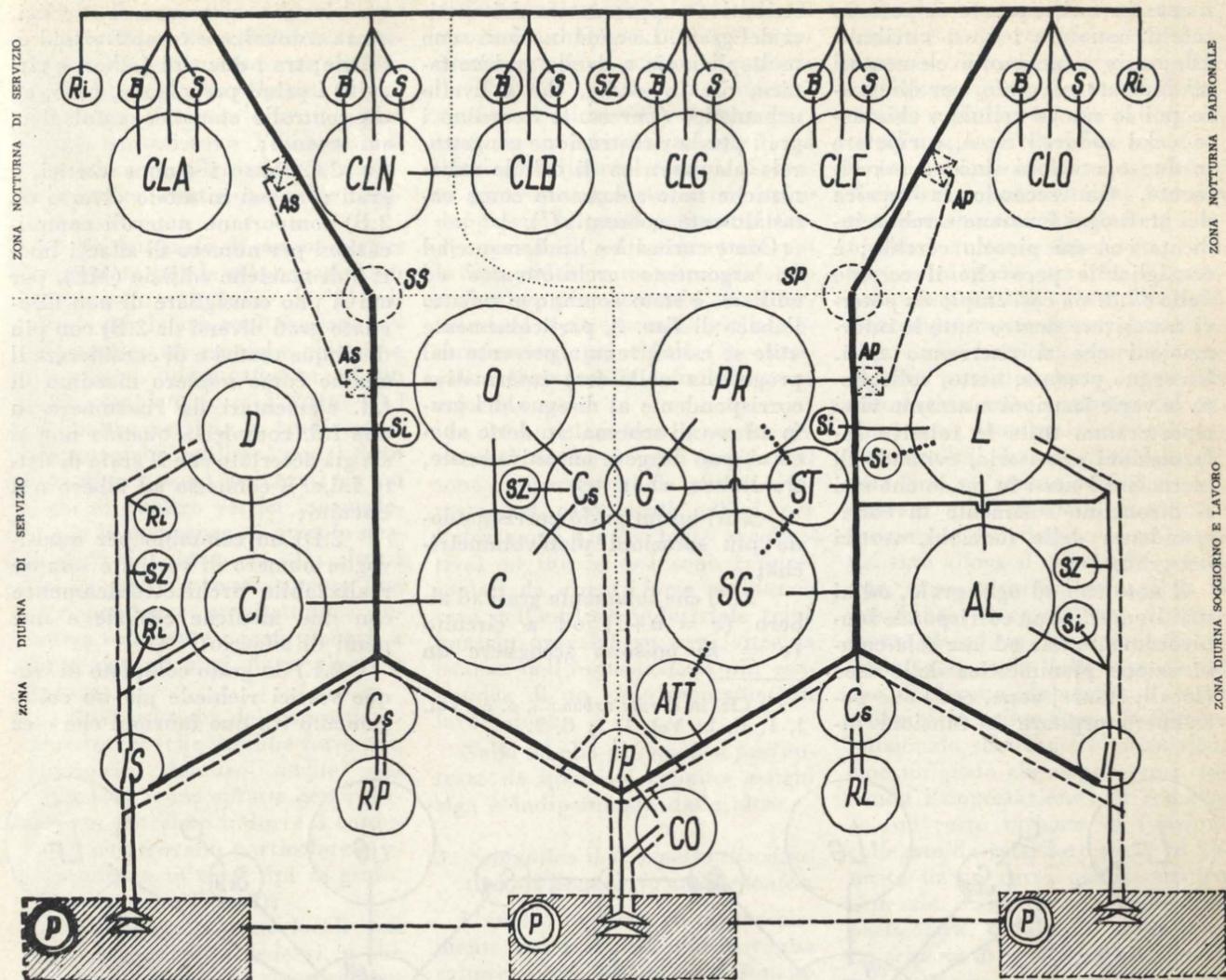
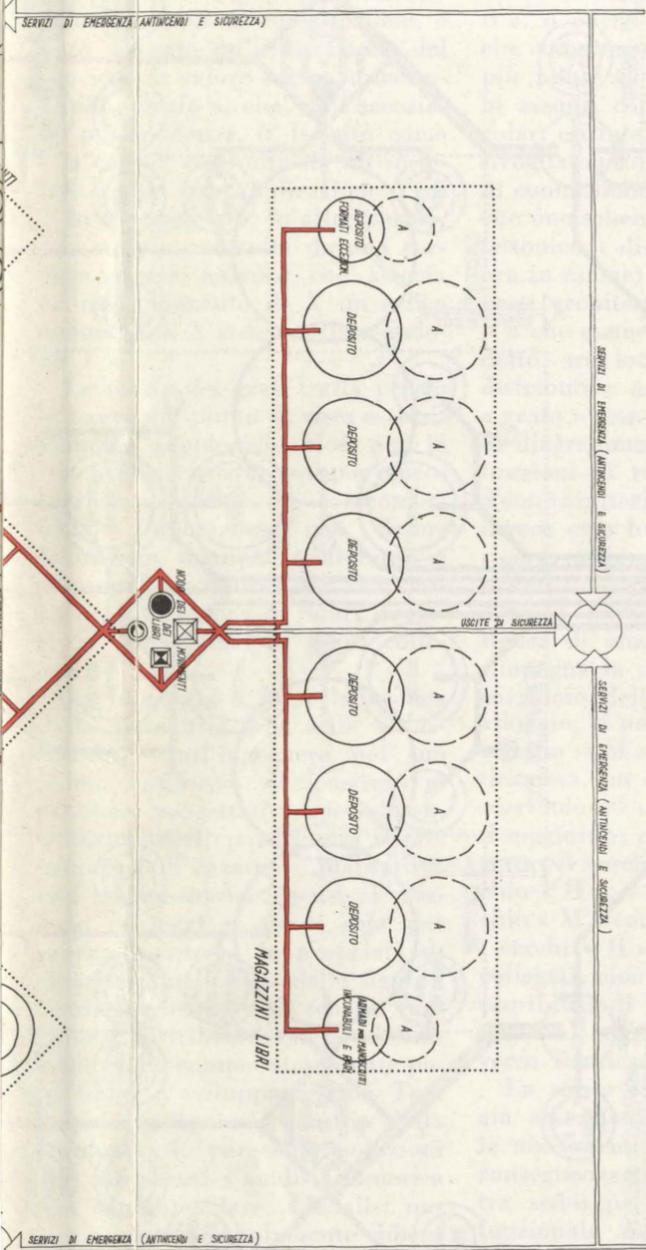
Osservazione f) - Ricordano analogie con il concetto di « schema funzionale distributivo » i termini:

- [traffic and] functional diagram, sinonimo in inglese; flow chart;
- grafico di organizzazione, organigramma, grafico di circolazione, di collegamento, di controllo, grafico di Hyman, grafico di Planus, grafico di Louis, planning, armonogramma (nella terminologia aziendale);
- grafo, grafo lineare, sinogramma (nella terminologia matematica dei grafi, v. fig.1);
- sociogramma, grafo urbanistico (nella terminologia urbanistica).

Sono sinonimi di « nesso » i termini collegamento, spigolo, lato (di un grafo), legame. Sono sinonimi di « funzione » i termini operazione, vertice (di un grafo).

SCHEMA FUNZIONALE DISTRIBUTIVO DI UN EDIFICIO PER BIBLIOTECA

POLITECNICO DI TORINO - ISTITUTO DI ARCHITETTURA TECNICA
 DIAGRAMMI DIDATTICI A CORREDO DEL CORSO DI ARCHITETTURA II NELL'ANNO ACCADEMICO 1965-1966



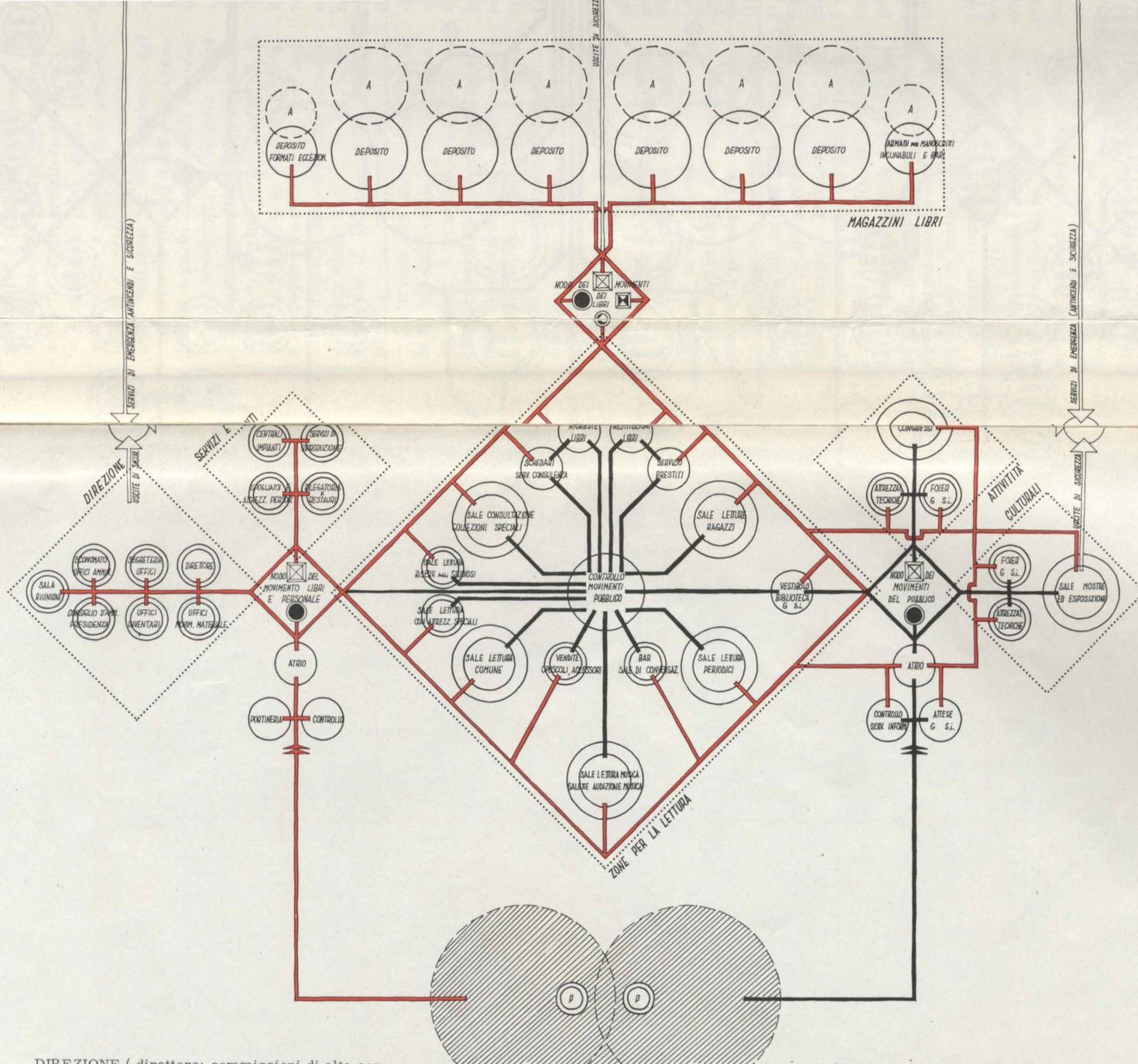
ZONA NOTTURNA DI SERVIZIO: B (Bagno e servizi igienici); CLA (Camera da letto addetti alla casa); CLN (Camera da letto governante); Ri (Ripostigli, guardaroba, pulizia); S (Spogliatoio); AS (ascensore, montacarichi di servizio [ev.]). ZONA NOTTURNA PADRONALE: B (Bagno e servizi igienici); CLB (Camera da letto bimbi); CLF (Camere da letto figli); CLG (Camere da letto genitori); CLO (Camere da letto ospiti); Ri (Ripostigli, guardaroba, pulizia); S (Spogliatoio); AP (Ascensore padronale [ev.]); Sz (Sgombero spazzature). — ZONA DIURNA DI SERVIZIO: C (Cucina); CI (Centrali impianti tecnici); CS (Cortile di servizio); D (Depositi, dispense, magazzini); IS (Ingresso di servizio); O (Office); Ri (Ripostigli, pulizia); RP (Rimessa principale, in alternativa a RL); Si (Servizi igienici); SZ (sgombero spazzature); SS (Scale di servizio [ev.]); P (Posteggi); AS (Ascensori, montacarichi di servizio [ev.]). — ZONA DIURNA DI SOGGIORNO E LAVORO: AL (Attesa di L); ATT (Anticamera, attesa); AP (Ascensore padronale [ev.]); CS (Cortile di servizio); CO (Cortile d'onore); G (Giardino); IL (Ingresso alla zona lavoro); IP (Ingresso principale, atrio); L (Studio, negozio, attività di lavoro esterno); PR (Pranzo); RL (Rimessa attrezzi lavoro, in alternativa a RP); SG (Soggiorno, salotti, camera da musica, sala d'armi, verande); Si (Servizi igienici); SP (Scala principale); SZ (Sgombero spazzature); St (Studiolo); P (Posteggi).

Fig. 3 - Schema funzionale distributivo dell'alloggio per l'abitazione familiare. La necessità didattica di sottolineare immediatamente, in uno schema induttivo come il presente, il parallelismo tra percorsi di servizio e percorsi di rappresentanza ha portato il disegno del grafo verso una figura simmetrica che simula un circuito. Se ci si riferisce alla Tav. 2 si può notare invece come questo grafo rientri meglio nel tipo 4.8 che nel tipo 3.n. Un grafo induttivo deve assumere rango di generalità informativa: i suoi nessi non possono enunciare tutte le funzioni che si è dedotto possano essere ospitate in questo « tipo » di edificio; ogni caso reale e particolare avrà alcune, o al massimo tutte, le funzioni qui rappresentate e connesse in uno solo dei modi qui indicati.

butiva » e quello per la rappresentazione simbolica e convenzionale secondo le norme del disegno edile degli ambienti che si progetteranno (o che già sono realizzati, o che si stanno studiando) per ospitarla, sia la più netta possibile (fig. 4). Per le f.d. elementari nell'Istituto d'Architettura Tecnica si prescrive come simbolo un cerchio; per le f.d. complesse, invece un doppio cerchio (salvo le riserve di cui in appresso); e per i nes-

si distributivi un segmento di retta o una spezzata di retta. Per le funzioni distributive complesse, d'altro canto, spesso si è tentati ad usare simboli diversi da quello ora tipizzato (v. tav. I e II f.t.) per poter meglio evidenziare radici di « alberi » o vertici di particolare significato architettonico da cui spesso è utile iniziare il disegno dell'intero schema funzionale distributivo. Per il teorema di Kuratowski non è però

prudente ammettere che una f.d. complessa comprenda più di cinque f.d. elementari, a meno che sia già noto che il loro grafo è un circuito o un albero. Il processo di tracciamento generico ed usuale di un grafo, come è già stato accennato, non può essere del resto che quello tipico del disegno di costruzione (deduttiva o induttiva) di un « albero », qualunque sia il tipo d'informazioni che abbia preceduto il disegno; sola-



DIREZIONE (direttore; commissioni di alta sorveglianza, event, consiglio di amministrazione, rapporti con enti culturali, sala riunioni; segreterie, uffici: economato, ufficio amministrativo, del personale, acquisti libri o accettazione donazioni, distribuzione prestiti, cambi, consulenza, ricerche, diritti di stampa, manoscritti e libri rari, sorveglianza alle consultazioni, inventarie catalogazione, soggetti, collocazioni di diversi titoli, registrazioni, schedature, catalogo contro schede, controllo schede, controllo inserimento, schede a catalogo, periodici, controllo servizi di riproduzione, schedatura vecchi fondi o lasciti, organizzazione delle mostre bibliografiche, movimento materiali: accettazione e spedizione; atrio, controllo, attese, G., S. i.)

ZONE PER LA LETTURA (atrio della biblioteca, G., S. i., rip.; controllo movimenti del pubblico; sale di ricreazione, conversazione, fumoir, cabine telefoniche, bar; servizi di vendita riviste, opuscoli, periodici, libri; servizi di vendita materiali di cancelleria; schedari, servizio di consulenza e contatti con il pubblico; richiesta libri; restituzione libri; prestiti; sale di lettura comuni; sale di lettura per i ragazzi; sale di lettura dei periodici, sala riviste, emeroteca, sale per l'esame di collezioni speciali, atlanti, stampe; servizio consultazione opere tecniche, servizio consultazione opere di interesse locale; sale di lettura riservate agli studiosi, per la consultazione di manoscritti, incunabuli e testi rari; sale di lettura

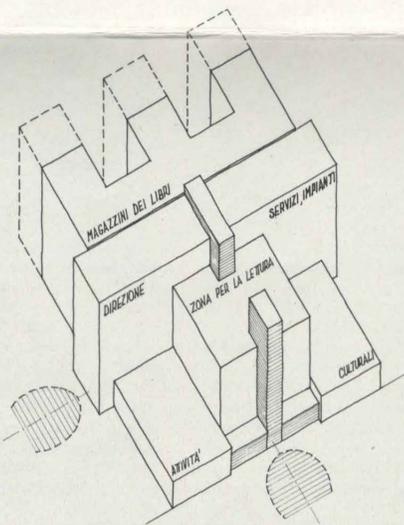
— percorsi del pubblico
 — percorsi degli impiegati

specializzate e attrezzate con apparecchiature per letture di microfilm, diapositive, ecc. e per il disegno; sale di lettura di spartiti musicali; sale di audizione di brani musicali).

MAGAZZINI DEI LIBRI (armadi manoscritti, incunabuli e rari; depositi periodici e giornali; depositi libri di formato eccezionale; depositi generici; A=zone previste per gli ampliamenti dei magazzini dei libri).

ATTIVITA' CULTURALI (controllo, biglietterie, servizi di informazione; attese, G., S. i., atri, vestiboli; sale per riunioni, conferenze e congressi, con le attrezzature tecniche relative; salotti, studi, foyer, bar, G., S. i.; sale per mostre ed esposizioni, con le attrezzature tecniche relative, depositi ecc.; salotti, foyer, bar, G., S. i.; uscite di sicurezza)

SERVIZI E IMPIANTI (portineria; centrali degli impianti: riscaldamento, ventilazione e condizionamento dell'aria; elettrico per illuminazione, forza motrice, circuiti televisivi interni; aria compressa; trasporti in verticale e in orizzontale; idrico; antincendi; telefonico, citofonico e ricerca persone; servizi di riproduzione da testi (microfilm, fotostatiche, fotografie, diapositive, microschede, nastri registrati), laboratorio di rilegatoria, restauri, tassellatura; attrezzature per il personale, G., S. i., servizi di emergenza, antincendi e di sicurezza; uscite di sicurezza.



mente in fasi separate si possono infatti annotare i nessi attribuiti alle varie « funzioni » elementari già indicate nel grafo, per disegnare poi le nuove cellule « chiamate » dai suddetti nessi, e ripetere le due operazioni sino ad esaurimento. Già secondo la tecnica dei grafi ogni funzione sarebbe indicata con un piccolo cerchio; è consigliabile però che il cerchio dello s.f.d. sia così ampio da poter trascrivere dentro tutte le informazioni che si riterranno utili. Un segno pesante, netto, collegherà le varie funzioni e accanto vi si riporteranno tutte le relative informazioni necessarie, evitando di incrociare i nessi in modo che essi si incontrino solamente in corrispondenza delle funzioni, vertici dei grafi.

È noto che ad ogni grafo, od ai suoi isomorfi, non corrisponde biunivocamente una ed una sola combinazione planimetrica delle aree (locali, stanze, zone, ecc.) che potrebbero ospitare le funzioni di-

stributive rappresentate dai vertici del grafo. Le combinazioni sono molteplici, sia a livello architettonico, ora in esame, che a livello urbanistico (per es. si ricordino i grafi per la ricostruzione congetturale planimetrica di cellule urbanistiche note solamente come catastalmente coerenti) (7).

Come curiosità e limitatamente ad un argomento architettonico ed edilizio, è stato comunque redatto l'abaco di Tav. 2, particolarmente utile se esso è tenuto presente dal progettista nella fase informativa corrispondente al disegno del grafo ad uso di schema. In detto abaco si può leggere intuitivamente, tra l'altro, che:

2.A) ad un grafo corrispondono più soluzioni planivolumetriche;

2.B) che solamente grafi ad albero ($c = n+1$) od a circuito ($c = n$) possono accogliere un

(7) Cfr. in *Forma urbana...*, o. c., Vol. I, I; C, 2; Vol. I, I; C, 3.

qualsivoglia numero di vertici, senza coinvolgere complicazioni edilizie; tra i due tipi (alberi e circuiti) i primi prevalgono, però, ad un controllo statistico antologico, sui secondi;

2.C) oltre i cinque vertici, i grafi connessi in modo diverso da 2.B) comportano notevoli complicazioni per numero di affacci liberi e di maniche edilizie (ME), per cui si può consigliare di non disegnare grafi diversi da 2.B) con più di cinque vertici e di considerare il cinque come numero massimo di f.d. elementari da riassumere in una f.d. complessa quando non si sia già accertato che il grafo di detta f.d.c. è connesso ad albero o a circuito;

2.D) un cammino per qualsivoglia numero di vertici è sempre realizzabile architettonicamente con due maniche edilizie e due piani di affaccio;

2.E) un grafo completo di cinque vertici richiede già un collegamento tra due funzioni che esca

dal piano geometrico in cui si immagina siano dislocate tutte le tessere del mosaico (teorema di Kuratowski); più generalmente si può dire che solamente i grafi « planari » garantiscono l'esistenza di una soluzione planimetrica a mosaico tutta contenuta nello stesso piano;

2.F) un grafo di cinque vertici incompleto per la mancanza di un nesso ($n^* = 1/2n(n-1)-1$) richiede per la sua realizzazione architettonica tre maniche edilizie e tre affacci, identicamente ad un grafo completo ($c = 1/2n(n-1)$) di quattro vertici; le tradizionali due maniche edilizie, con i loro due affacci, sono assicurati da un grafo di quattro vertici incompleto per la mancanza di un solo nesso ($n^* = 1/2n(n-1)-1$); oltre i cinque vertici trovano ancora una corrispondenza architettonica intuitiva solamente i grafi planari, a meno che gli altri siano alberi o circuiti;

2.G) esistono dei concetti architettonici (che sarebbe forse non improprio definire anche essi « funzioni », ma siffatta generalizzazione potrebbe indurre a confusioni) che trovano particolare corrispondenza in certi tipi di grafo. Per esempio (Tav. 2):

2.G.1) serie di n locali con due soli modi di accedervi, e che devono essere tenuti rigorosamente indipendenti: cfr. grafo 4.8;

2.G.2) zone filtro o per selezioni nei percorsi: per un filtro rigorosissimo cfr. il grafo 4.8, ma tutti i tipi di grafo 2.n rispondono allo stesso scopo;

2.G.3) percorsi in parallelo (linee di lavorazione in parallelo, by-pass, ecc.); cfr. i grafi 3.n, 4.5a e 4.5b;

2.G.4) circuiti o percorsi ad anello chiuso (le camere operatorie, per esempio): cfr. gli omonimi grafi 3.3, ..., 3.n;

2.G.5) percorsi paralleli con punti di accostamento senza intersezioni (si ricordino per esempio alcuni tipi di nodi delle comunicazioni negli ospedali): cfr. grafo 2.3;

2.G.6) i grafi possono essere « orientati » o no, a seconda se i loro spigoli siano qualificati o meno.

2.H) la col. 4 di Tav. 2 segnala l'ingresso di figure non uguali alle altre tessere del mosaico per realizzare la trasposizione di grafi anche semplici (cfr. grafo 4.6), cioè

si può presentare la necessità di ricorrere a figure non più quadrangolari od a poligoni regolari;

2.I) in pratica le informazioni preliminari distributive portano anche intuitivamente, ma irrimediabilmente, come è già stato più volte ripetuto, a concepire dapprima dei grafi polipartiti (vedi sopra 2.C), ed a connettere poi le loro radici in un altro grafo distributivo più generale di interrelazioni (per esempio delle comunicazioni principali (8), verticali o interzonal) definibile come « foresta »;

2.L) nella loro grande generalità anche i grafi polipartiti sono rappresentati da alberi o foreste nel caso degli edifici per l'abitazione (individuale o collettiva) ed invece essi sono rappresentati da circuiti forse nell'unico caso dell'edilizia industriale (cioè quando prevalga su ogni altra la istanza dell'impostazione più economica di un ciclo meccanico di lavorazione).

Nella tabella di Tav. 2 si può entrare da qualsiasi colonna e ogni riga è indipendente dalle altre.

3. Semantica dell'aspetto distributivo nel linguaggio architettonico.

L'analisi preliminare al tracciamento del grafo con cui si voglia rappresentare uno schema funzionale distributivo deve rifarsi tanto ai principi matematici quanto al complesso di schematizzazioni miranti a cogliere nell'ideazione le individualità architettoniche. Questo concetto che, proposto per le discipline edilizie teoricamente ormai da tre lustri, trova soprattutto oggi puntuali applicazioni pratiche in sede di elementi costruttivi (9), può estendersi in altri settori operativi architettonici, tanto in fase analitica (classificatoria e selettiva) che in fase organizzativa e compositiva (progettuale ed estetica).

(8) Cfr. nota 3. È frequente il caso in cui i mezzi edilizi di trasporto in verticale siano posti (oppure che sia consigliato che così avvenga) dove le pedane dei percorsi orizzontali principali (corridoi) hanno un punto singolare (testata, incrocio, divaricazione, ecc.).

(9) A. CAVALLARI MURAT, *Classificazione dei materiali e delle opere in base al concetto di « individualità costruttiva »*, « Atti e Rass. Tecn. Soc. Ing. e Arch. in Torino », Torino, ottobre 1952 e cfr. la bibliografia ivi indicata; Id.,

Poiché è impossibile separare al setaccio critico la forma dal contenuto e di conseguenza neppure addebitare certe impressioni conclusive sulla morfologia dell'oggetto all'una o all'altra fase creativa, le funzioni distributive espresse e visibilizzate nel contesto formale non possono concettualmente confondersi; tuttavia almeno in prima approssimazione, saranno « contenuti » esprimibili e visualizzabili. Contemporaneamente e parallelamente alle funzioni, e nello stesso quadro analitico però, verranno automaticamente congetturati anche i nessi distributivi delle correlate funzioni, latenti in realtà proprio fino all'attimo in cui si sarà alterato quell'abbozzo di schema funzionale distributivo a cui l'analisi sino allora si riferiva. Comunque, in via classificatoria, si ha la possibilità di aggettivare diversamente gli schemi funzionali distributivi a seconda delle circostanze che li hanno determinati come schemi. Un primo tipo è lo schema funzionale distributivo *deduttivo*, cioè un grafo che rappresenta, secondo l'impostazione del redattore, un certo insieme di funzioni collegate da certi loro nessi ed inserite in un certo quadro critico generale, e riferite ad un solo caso particolare, quello da esaminare. Lo schema di tipo *deduttivo* potrà essere ancora classificato come *diretto*, se esso è la conseguenza dell'analisi di un'opera antologica; e invece, *indiretto*, se esso cerca di individuare le correlazioni di un insieme di funzioni note per altra via informativa.

Il grafo viene di regola costruito in entrambi i casi come un albero, aggiungendo nessi e funzioni, cioè spigoli e vertici, anche se si riconoscono talvolta dei cammini, man mano che l'analisi procede. I nessi potranno essere quantificati, poiché essi riferiscono una particolare situazione « fotografata » in un particolare suo momento, e che quindi risponde a una certa bene determinata situazione architettonica.

Come sintesi congetturale di tut-

Studio di classificazione generale dell'unificazione per il settore edilizio, « L'unificazione », Milano, gennaio 1965; O. BERTA, *Evoluzione del concetto di pagella edilizia e sua analisi costitutiva ragionata*, « Atti e Rass. Tecn. della Soc. Ing. e Arch. in Torino », Torino, n. XXII, 5, 1968.

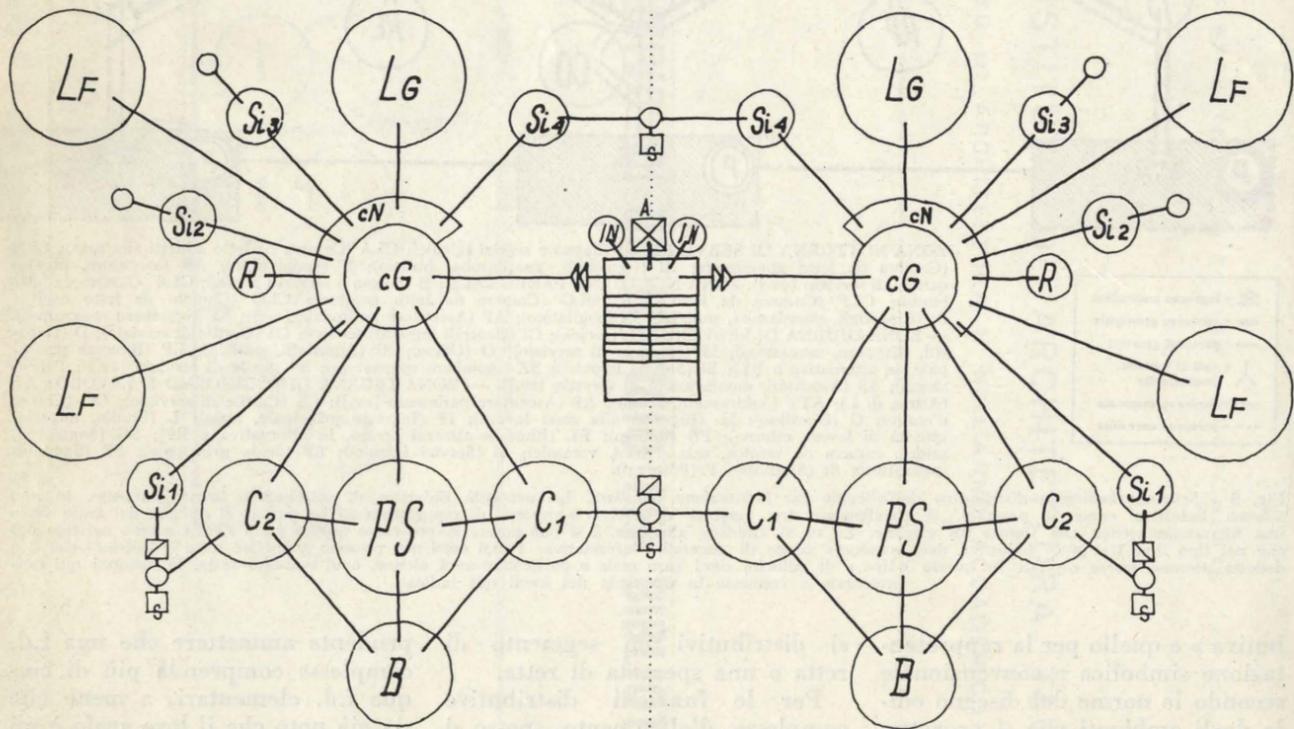


Fig. 4 - Schema funzionale distributivo di una coppia tipica di alloggi in una casa rispondente alle norme italiane sull'edilizia sovvenzionata. La struttura ad « albero » di questo grafo risponde meglio, come si è detto per la figura 3, alla reale distribuzione architettonica di un alloggio popolare. Il grafo assume però aspetto più simile al tipo 4.n a che al tipo 2.n di Tav. 2. I collegamenti a « cammino » dei vertici dell'albero hanno il particolare significato di ricercare quante delle n combinazioni distributive per un grafo ad albero sono ancora ammissibili dopo avere tentato di accoppiare bagni e cucine, o all'interno dello stesso alloggio, o tra gli alloggi affacciati sulla stessa scala o tra gli alloggi confinanti per mezzo di un muro cieco. Il grafo da diagramma si trasforma in questo caso in formula. La soluzione con la teoria dei grafi è che tutte le numerosissime piante di case popolari pubblicate sulle riviste specializzate in questi ultimi decenni sono riconducibili, come schemi funzionali distributivi non isomorfi, a soli cinque tipi nel caso di una sola stanza da bagno. Ciò non risolve il problema progettistico, ma può fornire una prima chiara traccia di lavoro per il giovane studioso di edilizia. Legenda: cG) ingresso, corridoio zona giorno; PS) pranzo, soggiorno, incremento pranzo; B) balcone, terrazza, giardinetto; cN) circolazione notturna; C) cucina; LG) camera da letto matrimoniale; LF) camera da letto figli, camera da letto grande, camera da letto media, ambiente pluriuso; Si1, Si2, Si3, Si4) servizi igienici (bagno, lavatoio biancheria, WC, doccia, incrementi impianti igienici, ecc.); R) ripostiglio, incrementi armadi; A) ascensori; IN) impianti di sicurezza e attrezzature antincendio; □, ○, □, □) scarichi liquidi, aerei, solidi. L'indice 1 indica la collocazione di base; gli indici 2,3,4 indicano collocazioni in alternativa.

Caratteristiche del grafo		Grafo planari connessi	Analogie planimetriche elementari (in complanarità)	Figure del mosaico	Accoppiamenti analogici caratteristici	M	E	P	I
Classe	Tipo								
2.1	albero, cammino, grafo completo			qualsiasi per mosaici; corone e settori circolari	una qualsiasi correlazione (successione, coerenza, assenso ecc.)	12			12
2.2	albero, cammino, grafo incompleto			idem	una qualsiasi concatenazione di funzioni (p. es. corridoio - antilatrina - latrina oppure un corpo B di collegamento tra due edifici A e C)	1323			1323
3.3	cammino ciclico, circuito, grafo completo, grafo di Eulero			idem 2.2	cicli di lavorazione chiusi (p. es. i percorsi in una camera operatoria, oppure corridoio, attesa, studio)	2212			3212
2.3	albero, cammino, grafo incompleto			idem 2.2	una concatenazione rigida prefissata di n funzioni (p. es. zona - filtro - per selezioni); oppure due accessi indipendenti alla stessa funzione terminale (p. es. sala di visita medica)	233			223
2.n	albero, cammino, grafo incompleto			idem 2.2	una concatenazione rigida prefissata di n funzioni (p. es. zona - filtro - per selezioni); oppure due accessi indipendenti alla stessa funzione terminale (p. es. sala di visita medica)	321 (o 2)			321 (o 2)
5.4	cammino, grafo incompleto			idem 2.2, salvo note a fianco	ciclo chiuso di funzioni con una funzione appendice (p. es. per un controllo)	(2o3)322			(2o3)332
4.5a	grafo incompleto			idem 2.2, salvo note a fianco	cicli di funzioni permettenti alternative e scelte (per es. un corridoio con un'attesa sola per due uffici)	322			322
3.4	cammino ciclico, circuito, grafo incompleto			idem 2.2, salvo note nel primo caso	circuito velocizzato (cicli lineari di n lavorazioni in parallelo; by-pass)	2(1o2)			2(1o2)
5.5b	cammino, grafo incompleto			idem 2.2, salvo note	circuito velocizzato ammettente più linee in parallelo e by-pass	2			2
4.6	grafo completo			idem 2.2, ma se mosaico, una figura è arcuata (p. es. a L) A/B/C/D	massimo intreccio ammissibile tra quattro funzioni	3			3
2.4	albero, grafo incompleto			idem 2.2, salvo note	una sola funzione disimpegna tutte le altre in un modo qualsiasi	23			23
4.8	grafo incompleto			idem 4.6, salvo note nel primo caso; A/B/C/D/E	su di una sola funzione convergono tutte le altre (p. es. camera oscura per più studi Rx)	32			32
5.7a	cammino, grafo incompleto			idem 2.2, salvo note	idem 2.n, ma tra le n-1 funzioni esiste una rigida concatenazione	2			2
5.7b	cammino, grafo incompleto			idem 2.2, salvo note	idem 4.6, salvo note a margine	3			3
5.nb	cammino, grafo incompleto			idem 2.2, salvo note	idem 4.6, salvo note a margine	3			3
4.9	grafo incompleto			idem 4.6, salvo note	idem 4.6, salvo note a margine	3			3
4.10	grafo completo			idem 4.6, salvo note	idem 4.6, salvo note a margine	3			3
4.8	grafo incompleto			idem 2.2, salvo note	zona per filtro e selezione rigorosi; serie di locali con due tipi di accesso rigorosamente indipendenti (p. es. boxes di funzioni per visite ambulatoriali specialistiche)	3			3

TAVOLA 2

ti gli s.f.d. dedotti dall'antologia edilizia, nella semantica tipologica dall'antico al moderno e di vari casi pratici, si può tentare di ricostruire un terzo tipo di schemi, lo schema funzionale distributivo *induttivo*, cioè un grafo finale che segnali per certi vasti campi di concettuale consenso (statisticamente controllati) il numero tipico delle funzioni distributive tipiche ospitate in un certo organismo architettonico chiaramente definito dalla tipologia edilizia corrente, ed i nessi che tipicamente correlano dette funzioni distributive (Tav. 2 e vedi app.).

Lo schema funzionale distributivo induttivo ha quindi spiccate attitudini didattiche⁽¹⁰⁾ ed i suoi nessi possono assumere solamente significati qualitativi⁽¹¹⁾. Anche

⁽¹⁰⁾ A siffatti esperimenti mentali si allenano già da più lustri anche gli allievi del Corso di Laurea di Ingegneria Civile del Politecnico di Torino nelle esercitazioni del Corso di Architettura Tecnica II.

⁽¹¹⁾ Gli schemi citati nell'appendice appartengono tutti a siffatta categoria di s. f. d. scolastici: essi sono stati infatti dedotti dai tabelloni predisposti dallo scrivente nel 1966 per le lezioni del

il grafo dello schema induttivo può essere disegnato, di regola, solamente come un albero (molto probabilmente, sovente si seguiranno i criteri di ricostruzione di un albero di economia)⁽¹²⁾.

Sperimentalmente si può consigliare che lo schema prenda ancora le mosse («radici» dell'albero) da certi nodi tipici delle comunicazioni verticali ed orizzontali negli edifici, già individuati negli schemi analogici antologici deduttivi e che si proceda a disegnare circuiti ed alberi solamente secondo i suggerimenti statistici sperimentali emersi dalla stessa analisi deduttiva antologica sopra citata.

Accantonando volutamente il quesito metodologico se esistano oggi davvero e proprio *n* «tipi» di edifici architettonici a cui corrispondano *n* grafi induttivi, (perché ogni tipo degrada nel successivo e nell'antecedente con continuità), cioè negando almeno in un primo tempo, solamente come ipotesi di lavoro, l'obiezione che ciò sia ormai superato dall'informazione antologica edilizia prodotta dalla cultura moderna e dalla sua architettura torinese usa gli schemi funzionali distributivi come vocaboli compendiosi ed operazionali (v. app.).

Le analogie, come struttura logica di siffatti diagrammi invitano ad approfondire le indagini sulle possibilità matematiche di elaborare modelli di calcolo numerico ottimale dei singoli schemi funzionali e del loro insieme, per offrirli finalmente e solamente in siffatta veste operativa quantivata a disposizione dei progettisti per il calcolo dimensionale.

Solamente allora, infatti, i diagrammi didattici diverranno mezzo Corso di Architettura Tecnica II del Prof. A. CAVALLARI MURAT nel Politecnico di Torino, rielaborando le figure disegnate alla lavagna e commentate dal Professore nei precedenti anni accademici.

⁽¹²⁾ G. AVONDO-BODINO, *Economic Applications of the theory of graphs*, Gordon and Breach, New York, 1962. L'albero di economia è definito (cfr. O ORE, o. c.), come «il minimo costo di accoppiamento di tutte le *n* funzioni», ossia il valore $c(\mathcal{U})$ per cui:

$C(\mathcal{U}) = c(\mathcal{E}_1) + c(\mathcal{E}_2) + \dots + c(\mathcal{E}_{n-1})$ ove \mathcal{E}_i indica il collegamento di minimo costo tra due delle *n* funzioni, e \mathcal{E}_i è il costo successivo minimo possibile rispetto al precedente, e così via.

10) Schema funzionale distributivo dell'edificio sacro (già pubblicato da M. FIAMENI, *Ricerca di una distribuzione nello spazio sacro*, «Atti e Rass. Tecn. Soc. Ing. e Arch. in Torino», Torino, 6, 1965).

zi razionali utilizzabili come si utilizzano le formule fisiche nella strutturalistica.

Siffatti schemi sono degli strumenti complessi di difficile impiego, ma non perciò meno importanti nel processo autoformativo della gestazione architettonica. La difficoltà talora affina e migliora la struttura della forma⁽¹³⁾.

Vincenzo Borasi

⁽¹³⁾ A. CAVALLARI MURAT, *Le perenni difficoltà dell'estetica architettonica*, in «Proceedings of the Fifth International Congress of Aesthetics», Amsterdam, Hague Publ. Monton, 1966; Id., *Normalizzazione e prefabbricazione nei processi di industrializzazione della edilizia in rapporto alle nuove esigenze dell'architettura e dell'urbanistica*, Atti Conv. in onore di G. Michelucci, in «Problemi della città» a cura di F. Clemente, ed. Marsilio, Padova, 1967.

APPENDICE

ELENCO DI SCHEMI FUNZIONALI DISTRIBUTIVI GIÀ REDATTI NELLA STESSA DIRETTIVA DI METODO PER ALTRE TIPOLOGIE.

(Per motivi didattici ogni grafo riferentesi ad un diverso argomento ha assunto, tra gli *n* grafi ad esso isomorfi, una figura complessiva che lo distinguesse da tutti gli altri al primo colpo d'occhio).

1) Schema funzionale distributivo dell'alloggio per l'abitazione familiare (fig. 3, nel testo).

2) Schema funzionale distributivo di una coppia tipica di alloggi in una casa rispondente alle norme italiane sull'edilizia sovvenzionata (fig. 4, nel testo).

3) Schema funzionale distributivo di un palazzo per uffici (già pubblicato da A. CAVALLARI MURAT, *Problemi nelle moderne tendenze dell'architettura industriale*, «Atti e Rass. Tecn. Soc. Ing. e Arch. in Torino», Torino, 7, 1967).

4) Schema funzionale distributivo per un edificio industriale (già pubblicato da A. CAVALLARI MURAT, *ibidem*).

5) Schema funzionale distributivo per un edificio alberghiero (già pubblicato da A. CAVALLARI MURAT, *La tipologia edilizia nelle molteplici caratterizzazioni tecniche dell'architettura*, «Atti e Rass. Tecn. Soc. Ing. e Arch. in Torino», Torino, 2, 1967).

6) Schema funzionale distributivo per un edificio ospedaliero (già pubblicato da A. CAVALLARI MURAT, *ibidem*).

7) Schema funzionale distributivo di un edificio per biblioteca (tav. I, f. t.).

8) Schema funzionale distributivo di un edificio per pubblici spettacoli (tav. I, f. t.).

9) Schemi funzionali distributivi dell'edificio per l'istruzione primaria (n. cinque), (tav. II, f. t.).

10) Schema funzionale distributivo dell'edificio sacro (già pubblicato da M. FIAMENI, *Ricerca di una distribuzione nello spazio sacro*, «Atti e Rass. Tecn. Soc. Ing. e Arch. in Torino», Torino, 6, 1965).

Applicazione della legge degli stati corrispondenti alla valutazione della velocità del suono intorno al punto critico

G. FIEGNA, P. GREGORIO, E. LAVAGNO, A. SACCHI dopo una breve introduzione in cui esaminano le applicazioni della legge degli stati corrispondenti compiute su alcune proprietà termodinamiche e di trasporto, affrontano il problema dell'estensione di tale legge al caso della velocità del suono, con particolare riferimento alla regione termodinamica critica. I risultati sperimentali ottenuti da vari autori su gas diversi vengono ridotti e messi a confronto tra di loro, diagrammando i valori ridotti della velocità del suono in funzione della pressione ridotta per una serie di valori della temperatura vicini a quella critica. Tali dati sperimentali sono confrontati inoltre con valori teorici dedotti dall'equazione di stato empirica proposta dall'ultima Conferenza Internazionale delle proprietà del vapore (1967). In base agli stessi dati si ricavano valori del rapporto tra i calori specifici a pressione e volume costante che sono messi a confronto con i corrispondenti valori per l'acqua ottenuti utilizzando la stessa equazione di stato. Questa analisi si è resa necessaria come lavoro preliminare ad una indagine sperimentale attualmente in corso sui valori della velocità del suono per il vapor d'acqua, nel quadro di una più vasta ricerca sul comportamento dei fluidi reali nella zona termodinamica critica.

NOMENCLATURA

a, b = costanti dell'equazione di Van der Waals
 c_p = calore specifico a pressione costante
 c_s = velocità del suono
 c_v = calore specifico a volume costante
 f = simbolo generico di funzione
 g = simbolo generico di funzione
 h = costante di Plank
 K = costante di Boltzmann
 k = esponente dell'isentropica
 N = numerico di Avogadro
 p = pressione
 R = costante di elasticità
 r_0 = distanza fra il centro delle molecole quando l'azione reciproca è nulla
 s = entropia specifica
 T = temperatura assoluta
 v = volume specifico
 β = pressione ridotta
 δ = simbolo generico di derivata
 θ = temperatura ridotta
 ε_0 = minima energia potenziale delle molecole
 Λ^* = valore ridotto della lunghezza d'onda di De Broglie
 ρ = massa specifica
 σ = velocità del suono ridotta
 χ = volume specifico ridotto

Indici

cr = relativo alle condizioni critiche
 0 = relativo a pressione nulla
 ∞ = relativo a volume specifico infinito
 $*$ = relativo alla condizione di minima energia potenziale.

1. INTRODUZIONE

Come è noto [1], lo stato termodinamico di una sostanza può essere individuato mediante i valori ridotti di pressione, volume specifico e temperatura.

Operando con tali coordinate ridotte, in una condizione individuata dagli stessi valori di queste variabili, fluidi diversi avrebbero uguali proprietà termodinamiche.

Perciò stati termodinamici caratterizzati da uguali valori delle variabili ridotte si chiamano stati corrispondenti e alla funzione che lega tali proprietà si dà il nome di legge degli stati corrispondenti.

Una prima verifica di questa legge si è avuta operando sulle variabili di stato e su loro combinazioni ($\frac{pv}{RT} = f(\beta)$; $\beta\chi = f(\theta)$, ecc.) per i gas reali, riscontrando un discreto accordo per la maggior parte dei fluidi considerati.

Sulla base di queste conferme tale legge è stata successivamente estesa a talune funzioni termodinamiche e di trasporto, quali, ad esempio, l'entalpia, i calori specifici a pressione e volume costanti, la viscosità dinamica e la conducibilità termica [2], [3], [4], [5].

Lo scopo del presente lavoro è di estendere l'indagine alla velocità del suono e al rapporto tra i calori specifici.

2. LA VELOCITÀ DEL SUONO INTORNO AL PUNTO CRITICO

La velocità del suono, intesa come proprietà termodinamica, cioè a frequenza nulla, è data dalle relazioni:

$$c_s = \sqrt{\left(\frac{\partial p}{\partial \rho}\right)_s} = v \sqrt{-\left(\frac{\partial p}{\partial v}\right)_s} = v \sqrt{-\frac{c_p}{c_v} \left(\frac{\partial p}{\partial v}\right)_T} \quad (1)$$

Nel caso di un gas ideale, la pendenza dell'isoterma vale

$$\left(\frac{\partial p}{\partial v}\right)_T = -\frac{RT}{v^2} \quad (2)$$

e quindi

$$c_s = \sqrt{RT \frac{c_{p0}}{c_{v\infty}}} = f(T) \quad (3)$$

e cioè funzione soltanto della temperatura. Nel caso di un gas reale si è riscontrato sperimentalmente che la velocità varia anche con la pressione; nella maggior parte dei casi, al crescere della pressione, inizialmente la velocità diminuisce, per passare attraverso un minimo e tornare quindi a crescere [6].

La maggior parte dei risultati sperimentali sono stati ottenuti facendo variare la pressione a temperatura costante, per cui l'espressione teorica a cui normalmente si ricorre è la terza delle (1); tale espressione, comunque, non può essere utilizzata in prossimità del punto critico, dal momento che la pendenza dell'isoterma tende a zero, mentre il rapporto dei calori specifici tende ad infinito, e quindi il loro prodotto è indeterminato.

È preferibile allora ricorrere alla seconda delle (1), opportunamente trasformata; si ha infatti:

$$\left(\frac{\partial p}{\partial v}\right)_s = \left(\frac{\partial p}{\partial v}\right)_T + \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v \left(\frac{\partial T}{\partial v}\right)_s = \left(\frac{\partial p}{\partial v}\right)_T - \frac{T}{c_v} \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v^2 \quad (4)$$

e cioè

$$c_s = v \sqrt{-\left(\frac{\partial p}{\partial v}\right)_T + \frac{T}{c_v} \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v^2} \quad (5)$$

espressione valida generalmente e che non diventa indeterminata al punto critico.

Il valore assoluto della pendenza nell'isoterma raggiunge il minimo nella stessa zona in cui c_v raggiunge il massimo, e quindi è prevedibile un minimo nella velocità del suono al variare della pressione.

In corrispondenza al punto critico, la (5) diventa:

$$c_{s,cr} = v_{cr} \sqrt{\frac{T_{cr}}{c_{v,cr}} \left[\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v\right]_{T=T_{cr}}} \quad (6)$$

Dal momento che tutte le grandezze che compaiono nella (6) sono finite, il comportamento della velocità del suono al punto critico sembra dipendere unicamente dal fatto che il valore critico del calore specifico a volume costante sia finito oppure no. Sperimentalmente la questione non è risolvibile in modo semplice, a causa dell'anormale attenuazione che si riscontra nella zona critica; finora si era sempre supposto che il valore critico di c_v fosse finito e quindi che $c_{s,cr}$ non fosse nullo, ma gli ultimi risultati sperimentali sembrano indicare l'esistenza di una singolarità logaritmica nella velocità del suono attribuibile al calore specifico a volume costante, poichè le altre grandezze sono monotone nell'attraversamento della regione critica.

Va comunque ricordato che queste considerazioni di ordine teorico vengono sviluppate nell'ipotesi di un fluido monofase, mentre la maggior parte delle teorie statistiche sulla condensazione indicano la presenza di miscele di liquido e di vapore in condizioni di pretransizione, in particolar modo nella regione critica ove si riscontrano grandi fluttuazioni di densità.

Si può inoltre dimostrare che il minimo nella velocità del suono lungo l'isoterma critica non capita necessariamente al punto critico, e che al di sopra di una certa temperatura non si hanno più minimi nella velocità [7].

È sufficiente infatti derivare la (5) rispetto a v , a T costante, e si ottiene:

$$\left(\frac{\partial c_s}{\partial v}\right)_T = -2v \left(\frac{\partial p}{\partial v}\right)_T - v^2 \left(\frac{\partial^2 p}{\partial v^2}\right)_T + \frac{2vT}{c_v} \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v - v^2 \frac{T}{c_v^2} \left(\frac{\partial c_v}{\partial v}\right)_T + \frac{2v^2 T}{c_v} \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v \left(\frac{\partial^2 p}{\partial T \partial v}\right)_v \quad (7)$$

e tenuto conto che al punto critico

$$\left(\frac{\partial^2 p}{\partial v^2}\right)_T = \left(\frac{\partial p}{\partial v}\right)_T = \left(\frac{\partial c_v}{\partial v}\right)_T = 0 \quad (8)$$

si ha, uguagliando a zero la derivata:

$$v \left(\frac{\partial^2 p}{\partial T \partial v}\right)_v = -\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v \quad (9)$$

Questa condizione non è soddisfatta da un gas reale, per cui il minimo della velocità deve trovarsi in qualche altro punto lungo l'isoterma; si trova in effetti che si ha il minimo per valori di densità superiori a quella critica.

Se si considera invece un gas di Van der Waals, la (7) diventa:

$$\left(\frac{\partial c_s}{\partial v}\right)_T = \frac{2a}{v^2} \left[1 - \frac{b}{a} RT \gamma_{id} \left(\frac{v}{v-b}\right)^3\right] \quad (10)$$

avendo posto $\gamma_{id} = 1 + \frac{R}{c_v}$; uguagliando a zero la (10), la condizione per il minimo diventa:

$$\gamma_{id} \frac{b}{a} RT = \left(\frac{v-b}{v}\right)^3 \quad (11)$$

Facendo assumere a T il valore critico, cioè per:

$$T \rightarrow T_{cr} = \frac{8}{27} \frac{a}{Rb} \quad (12)$$

si ottiene:

$$v = \frac{mb}{m-1} \quad (13)$$

dove:

$$m = \frac{3}{2 \sqrt[3]{\gamma_{id}}} \simeq 1,24 \quad (14)$$

e quindi:

$$v \simeq 5,2 b \quad (15)$$

superiore al valore critico, $v_{cr} = 3b$; il minimo della velocità del suono capita quindi per densità minori di quella critica. Inoltre, tenuto presente che il secondo membro della (11) può variare tra zero e uno, il massimo valore che T può assumere è:

$$T_{max} = \frac{a}{b \gamma_{id} R} \quad (16)$$

cioè, in base alla (12):

$$T_{max} = \frac{27}{8} \frac{T_{cr}}{\gamma_{id}} \simeq 1,9 T_{cr} \quad (17)$$

Da rilevare poi che per fluidi reali in condizioni sottocritiche di temperatura, la velocità nel liquido è minore di quella nel gas, ma che

in vicinanza del punto critico questo comportamento si inverte.

Infine a causa del crescente assorbimento all'avvicinarsi del punto critico, la velocità del suono dipende fortemente dalla frequenza e quindi i valori osservati sperimentalmente non sempre corrispondono ai valori calcolabili con le relazioni termodinamiche precedenti, valide ovviamente in condizioni di equilibrio.

3. VELOCITÀ DEL SUONO E STATI CORRISPONDENTI

Il trattamento della velocità del suono in base alla legge degli stati corrispondenti, è stato finora tentato soltanto per liquidi molecolarmente semplici ed in condizioni particolari di pressione e di temperatura.

In particolare Hamann [8] ha studiato la propagazione del suono nei gas inerti liquefatti, che presentano molecole monoatomiche, non polari, e a simmetria sferica; egli fa riferimento al principio degli stati corrispondenti nella formulazione di De Boer, che ha scelto sulla superficie $p-v-T$ un punto di riduzione definibile in base alla minima energia potenziale mutua ε_0 ed alla corrispondente distanza r_0 tra i centri delle molecole, cioè:

$$p_0 = 2^{1/2} \frac{\varepsilon_0}{r_0^3} \quad (18)$$

$$v_0 = N \frac{r_0^3}{2^{1/2}}$$

$$T_0 = \frac{\varepsilon_0}{K}$$

dove N è il numero di Avogadro e K la costante di Boltzmann.

Posto allora $\beta^* = \frac{P}{P_0}$, $\chi^* = \frac{v}{v_0}$ e $\theta^* = \frac{T}{T_0}$, si ottiene un'equazione di stato generale nella forma

$$\beta^* = f_1(\chi^*, \theta^*, \Lambda^*) \quad (19)$$

ove f_1 è una funzione universale e Λ^* un parametro quantico definito dalla:

$$\Lambda^* = 2^{1/6} \frac{h}{r_0 (m \varepsilon_0)^{1/2}} \quad (20)$$

che rappresenta il valore ridotto della lunghezza d'onda di De Broglie del moto relativo di due molecole di massa m e di energia cinetica relativa ε_0 , essendo h la

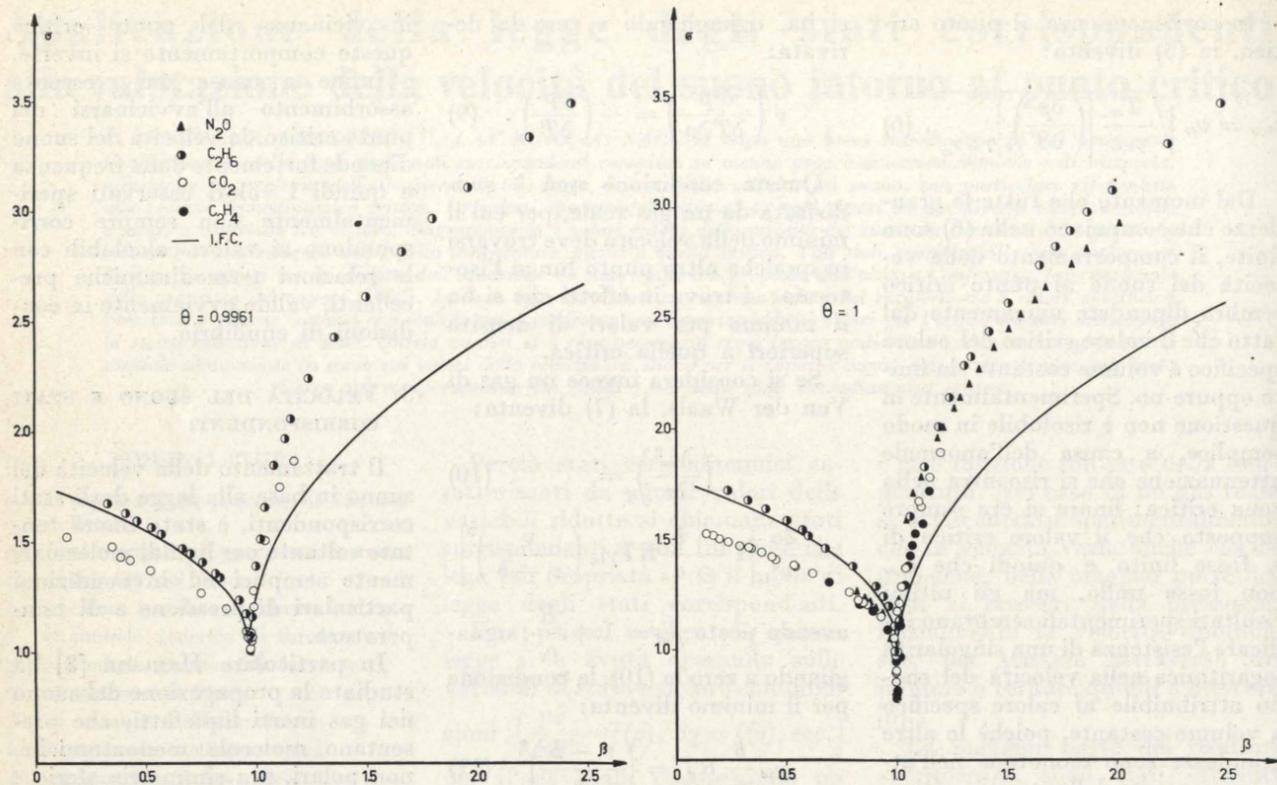


Fig. 1.

Fig. 2.

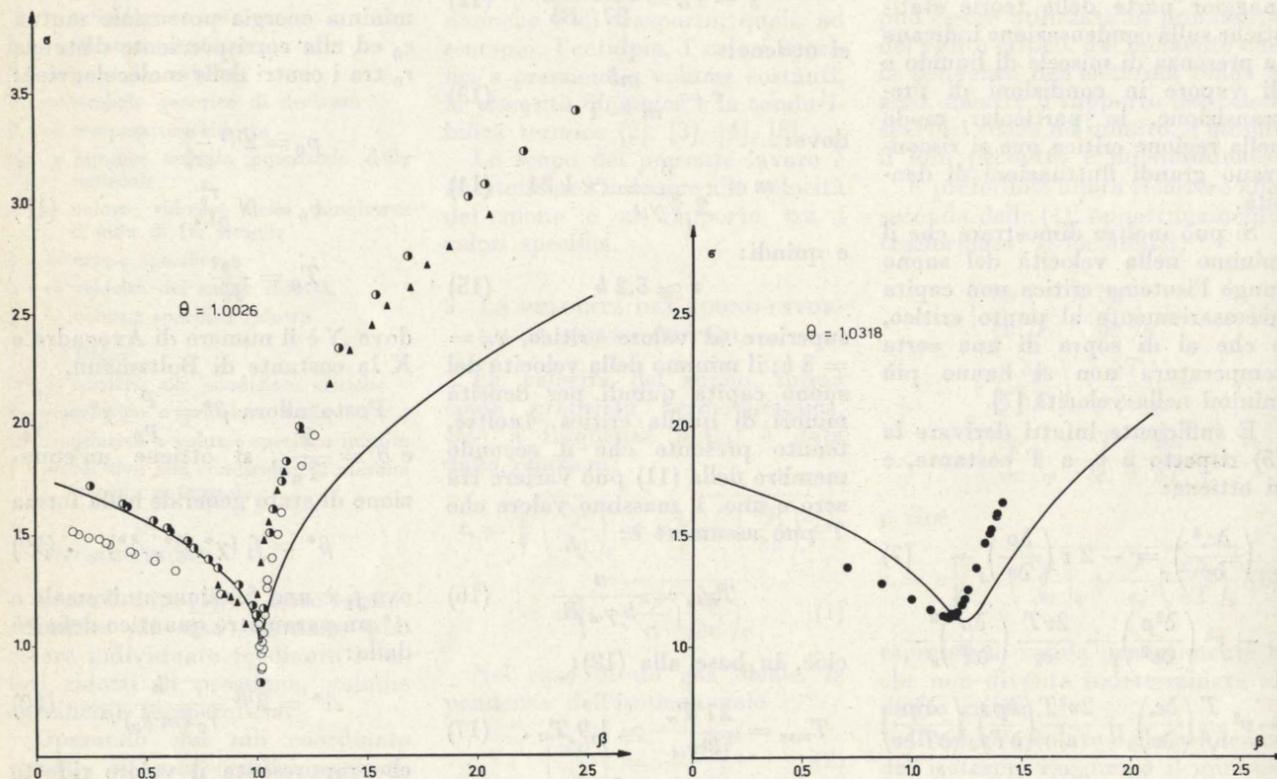


Fig. 3.

Fig. 4.

In ogni figura i simboli hanno il significato di quelli riportati in fig. 1.

costante di Planck. Λ^* è un parametro caratteristico di ogni sostanza, e tanto maggiore è il suo valore tanto più la sostanza si scosterà dal comportamento classico. È possibile così definire un'unità molecolare per la velocità del suono, pari a:

$$c_{s,0} = \sqrt{\frac{\varepsilon_0}{m}} \quad (21)$$

ed il corrispondente valore ridotto:

$$\sigma = \frac{c_s}{c_{s,0}} = f_2(\beta^*, \theta^*, \Lambda^*) \quad (22)$$

Se poi si lavora a bassa pressione, per limitati intervalli di θ^* (per cui β^* può essere considerata costante), oppure in condizioni di saturazione (per cui $\beta^* = g[\theta^*]$), allora si ha semplicemente:

$$\sigma = f_3(\theta^*, \Lambda^*) \quad (23)$$

È possibile così confrontare i risultati sperimentali con le curve teoriche deducibili dalla (23), ma gli scarti tra i valori consentono di giudicare, più che la validità del principio degli stati corrispondenti, la bontà del modello reticolare liquido scelto.

Un procedimento analogo è stato eseguito da R. A. Aziz [9], anche in questo caso per gas inerti liquefatti, in condizioni di saturazione. Dopo un breve accenno alla possibilità di scegliere come punto di riduzione il punto critico, segue anch'egli la via di Hamann, definendo i fattori di riduzione in termini dei parametri del potenziale di Lennard-Jones, e confrontando i suoi valori sperimentali con le curve teoriche.

Nell'esame attuale dei punti sperimentali disponibili si è preferito far riferimento al punto critico, sia per analogia con la maggior parte delle applicazioni del principio degli stati corrispondenti, sia perchè i punti stessi erano ricavati in un intorno della isoterma critica.

Comunque, anche in questo caso, occorre ammettere l'obbedienza dei vari fluidi ad un'unica equazione di stato ridotta (il che è confermato dall'esperienza), ed inoltre, affinché si abbia corrispondenza tra i valori della velocità del suono, occorre che anche il rapporto tra i calori specifici sia una funzione universale delle stesse variabili ridotte.

Si può allora definire il valore ridotto della velocità del suono come:

$$\sigma = \frac{c_s}{c_{s,cr}} \quad (24)$$

cioè, tenendo presente la (6):

$$\sigma = \frac{c_s}{v_{cr} \sqrt{\frac{T_{cr}}{c_{v,cr}} \left[\left(\frac{\partial p}{\partial T} \right)_v \right]_{T=T_{cr}}}} \quad (25)$$

e anche, dalla seconda delle (1):

$$\sigma = \frac{c_s}{\sqrt{k_{cr} p_{cr} v_{cr}}} \quad (26)$$

essendo k l'esponente dell'isotropica, definito dalla:

$$k = - \frac{v}{p} \left(\frac{\partial p}{\partial v} \right)_s \quad (27)$$

Per la deduzione del valore di $c_{s,cr}$ sarebbe quindi necessario conoscere il valore di c_v di k al punto critico, difficilmente determinabili per le difficoltà di cui si è accennato in precedenza.

Si è preferito quindi assumere come $c_{s,cr}$ il valore sperimentale della velocità del suono rilevato, per i vari fluidi, in corrispondenza del punto critico, diagrammando quindi i valori di σ così ottenuti in funzione della pressione ridotta β , avendo come parametro la temperatura ridotta θ .

I dati analizzati sono quelli di Herget [10] per l'etilene e l'anidride carbonica, e quelli di Noury [11] [12] per l'ossido d'azoto e per l'etano, e diagrammati nelle figure da 1 a 4 per i quattro valori disponibili della temperatura ridotta, compresa l'isoterma critica.

Sugli stessi diagrammi è poi stata tracciata una curva teorica, deducibile dall'equazione di stato semiempirica proposta per il vapore d'acqua, nel 1967, dall'International Formulation Committee della Sesta Conferenza sulle Proprietà del Vapore [13]. Tale Comitato ha fornito, per un esteso campo di pressioni e di temperature, una formulazione delle funzioni di Gibbs e di Helmholtz, da cui sono deducibili, per sola derivazione, i valori delle varie proprietà, mantenendo la consistenza termodinamica.

Dall'esame dei diagrammi possono trarsi le conclusioni seguenti:

1) esiste un discreto accordo tra i valori ridotti della velocità del suono dedotti dai risultati sperimentali relativi a fluidi diversi;

2) sono in buon accordo anche i valori sperimentali con quelli teorici, almeno nel campo di pressioni che va dal limite del gas ideale alla pressione critica, mentre al di là di questo valore si ha un disaccordo crescente con la pressione;

3) il minimo nella velocità del suono, per quanto riguarda i punti sperimentali, non capita in corrispondenza del punto critico, ma è spostato verso la zona a densità maggiore (come si era fatto notare in precedenza), mentre nella curva teorica relativa all'acqua si ha il minimo esattamente al punto critico.

Occorre comunque ricordare che l'acqua presenta una molecola polare, mentre i risultati sperimentali riguardano fluidi non polari, e che le divergenze dovute a questa particolare diversità di struttura molecolare, si risentono di più nello stato liquido che non in quello di vapore.

Inoltre non avendo a disposizione dei valori di pressione molto fitti sull'isoterma critica, non si è potuta effettuare con sufficiente precisione la scelta del valore critico della velocità del suono per le varie sostanze.

Infine la curva teorica dedotta dall'equazione di stato rappresenta la velocità del suono come proprietà termodinamica, cioè a frequenza nulla, mentre i risultati sperimentali sono stati ottenuti con frequenze dell'ordine di 10^2 kHz.

4. RAPPORTO c_p/c_v

Come è stato detto in precedenza, per la validità dell'applicazione del principio degli stati corrispondenti alla velocità del suono sono necessarie due condizioni: 1°) l'esistenza di un'unica equazione di stato ridotta, 2°) il rapporto tra i calori specifici a pressione e volume costanti deve essere una funzione

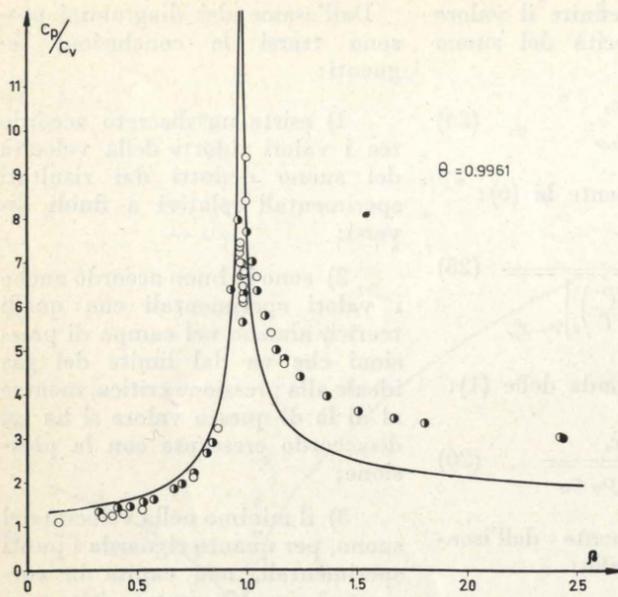


Fig. 5.

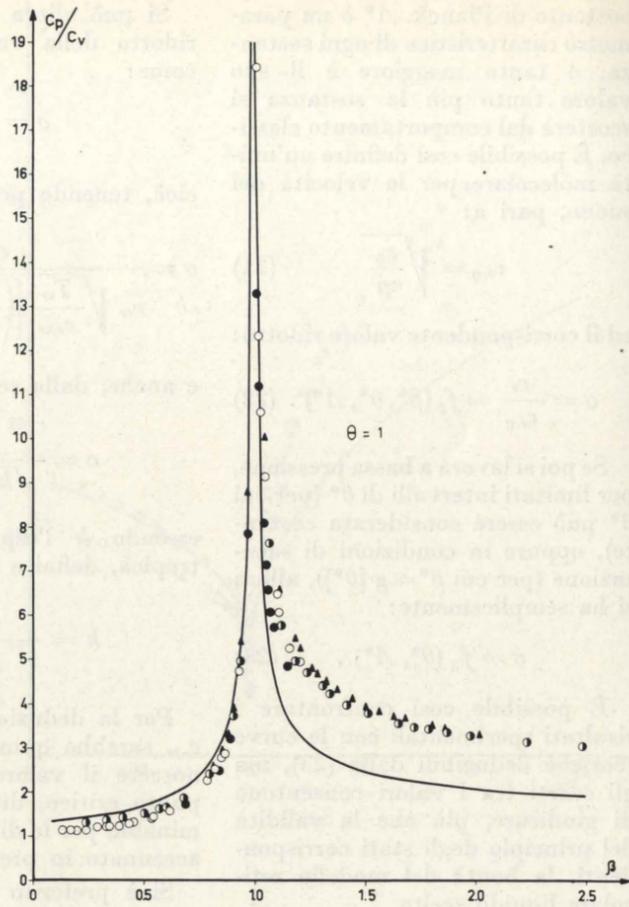


Fig. 6.

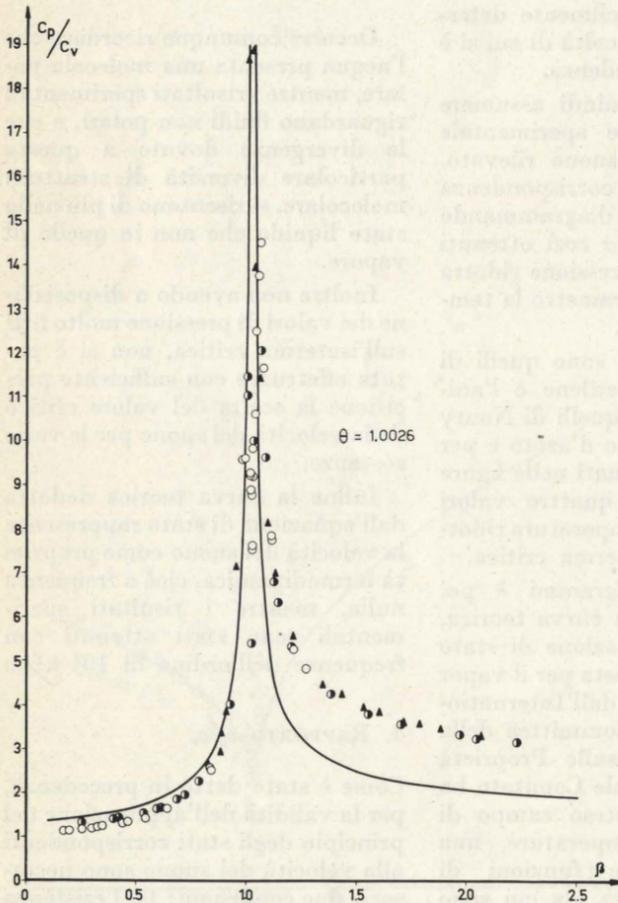


Fig. 7.

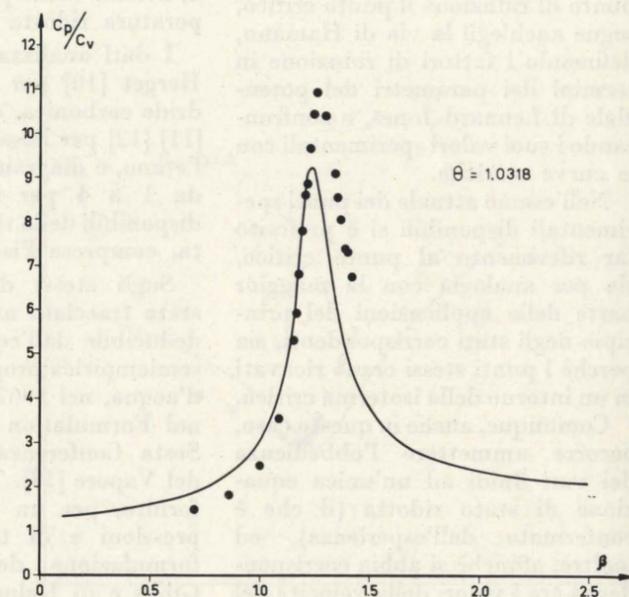


Fig. 8.

In ogni figura i simboli hanno il significato di quelli riportati in fig. 1.

universale delle variabili ridotte. Ora, mentre la prima condizione può ritenersi soddisfatta con sufficiente approssimazione (si veda in [1] l'andamento del coefficiente di compressibilità con la pressione e la temperatura ridotte), poco si può dire sulla seconda, soprattutto per la mancanza di dati sperimentali relativi al c_p .

È lecito quindi pensare che la discordanza tra i valori sperimentali di σ e quelli ottenuti in base all'equazione di stato semiempirica relativa all'acqua, sia dovuta soprattutto al fatto che il rapporto tra i calori specifici ottenibile con questa equazione non corrisponde alla realtà. Ritenendo allora corretti i valori sperimentali di σ è possibile risalire a dei valori « sperimentali » del rapporto tra i calori specifici, conoscendo i corrispondenti valori teorici dedotti dall'equazione di stato relativa all'acqua.

Se infatti per la valutazione della velocità del suono si utilizza la terza delle (1), si può scrivere:

$$\left(\frac{\sigma_t}{\sigma_s}\right)^2 = \frac{\left(\frac{c_p}{c_v}\right)_t}{\left(\frac{c_p}{c_v}\right)_s} \quad (28)$$

da cui:

$$\left(\frac{c_p}{c_v}\right)_s = \left(\frac{c_p}{c_v}\right)_t \left(\frac{\sigma_s}{\sigma_t}\right)^2 \quad (29)$$

dove gli indici s e t si riferiscono rispettivamente a grandezze sperimentali e teoriche. I risultati così ottenuti sono stati diagrammati, insieme coi valori teorici, in funzione della pressione ridotta per diversi valori della temperatura ridotta, e qui riportati nelle figure da 5 a 8.

Si può notare dalle figure che l'accordo tra i valori teorici e quelli sperimentali è soddisfacente nella zona del vapore, mentre lo è meno nella zona del liquido, come d'altra parte ci si poteva attendere dall'andamento di σ ; è comunque evidente un netto miglioramento nell'accordo tra i punti sperimentali dedotti da fluidi diversi.

Risulta inoltre confermato [14] che i valori sperimentali del calore specifico a pressione costante sono lievemente superiori a quelli teorici prevedibili con l'equazione del-

l'I.F.C., per cui è abbastanza attendibile uno spostamento verso l'alto della curva reale del rapporto c_p/c_v .

5. CONCLUSIONE

In definitiva possiamo ritenere soddisfacente l'applicazione del principio degli stati corrispondenti alla determinazione della velocità del suono almeno per i fluidi presi in esame, anche in vicinanza del punto critico. Meno soddisfacente risulta l'accordo tra i valori sperimentali e quelli teorici deducibili per l'acqua dall'equazione di stato semiempirica dell'I.F.C.: i probabili motivi della discordanza sono stati esaminati e discussi in precedenza.

Risulta inoltre sufficientemente confermato che anche il rapporto tra i calori specifici a pressione e volume costante è una funzione universale delle variabili ridotte.

Comunque, per un maggior approfondimento del problema, è necessario proseguire la ricerca in tre direzioni principali:

1) rilevamento, il più possibile accurato, di nuovi valori della velocità del suono intorno al punto critico, sia per i fluidi già esaminati, sia, in modo particolare, per l'acqua, per cui attualmente non si hanno a disposizione risultati sperimentali in tale zona.

2) valutazione quantitativa dell'influenza della frequenza a cui vengono rilevati i dati sperimentali;

3) influenza della struttura molecolare del liquido, con particolare riferimento alla polarità.

Limitando, almeno per ora, il proseguimento della ricerca nelle prime due direzioni suindicate, è stato progettato e costruito un dispositivo per il rilevamento sperimentale della velocità del suono nei fluidi, che consente di raggiungere elevati valori di pressione e temperatura (fino a 300 At e 450° C).

I risultati di tale ricerca saranno pubblicati in un prossimo lavoro.

G. Fiegna - P. Gregorio
E. Lavagno - A. Sacchi

BIBLIOGRAFIA

- [1] P. BRUNELLI, C. CODEGONE, *Termodinamica*, Giorgio, Torino, 1962.
- [2] C. CODEGONE, *Sulla viscosità dinamica di gas e vapori*, Atti Acc. Scienze di Torino, vol. 86, 1952, p. 126-128.
- [3] C. CODEGONE, *La viscosità dei gas e dei vapori*, La Termotecnica, n. 7, luglio 1952, p. 292.
- [4] C. CODEGONE, *Sulla conduttività termica dei gas e dei vapori*, Atti Acc. Scienze di Torino, vol. 86, 1952, p. 288-290.
- [5] C. CODEGONE, *Entalpie, calori specifici e numeri di Prandtl dei gas e dei vapori*, Atti Acc. Scienze, Torino, vol. 86, 1953, p. 324-333.
- [6] E. F. HAMMEL, *Critical Phenomena in Fluids*, Intern. Institut of Refrigeration, Pergamon Press., 1965.
- [7] N. S. ANDERSON, L. P. DELSASSO, *The Propagation of Sound in Carbon Dioxide Near the Critical Point*, Journ. of Acoust. Soc. of America, vol. 23, n. 4, pp. 423/9, 1951.
- [8] S. D. HAMANN, *A Corresponding States Treatment of the Speed of Sound in Simple Liquids*, Australian Journ. Chem. 13, 325 (1960).
- [9] R. A. AZIZ, D. H. BOWMAN, C. C. LIM, *Sound Velocity in the Inert Gas Liquids and the Law of Corresponding States*, Canadian Journ. Chem. 45, 2079, 1967.
- [10] C. M. HERGET, *Ultrasonic Velocity in Carbon Dioxide and Ethylene in the Critical Region*, Journ. Chem. Phys. 8, 537 (1940).
- [11] J. NOURY, *Etude de la vitesses des ultrasons dans les fluides au voisinage du point critique*, C. R. Acad. Sci. Paris, vol. 233, pp. 516/8, 1951.
- [12] J. NOURY, *Vitesse des ultrasons de 960 kc dans l'éthane au voisinage de l'état critique*, C. R. Acad. Sci. Paris, vol. 234, pp. 303-5, 1952.
- [13] *A Formulation of the Thermodynamic Properties of Ordinary Water Substance*, VDI, Düsseldorf, Feb. 1967.
- [14] P. GREGORIO, C. MERLINI, *Thermodynamic Properties of Water in the Critical Region, Part II*, PT IN 53, May 1968.

Considerazioni sull'arricchimento di un minerale felspatico per termoadesione differenziale

CARLO CLERICI esamina le proprietà termiche di due minerali costituenti un grezzo felspatico e conseguentemente ne discute le possibilità di arricchimento con un procedimento di separazione basato sulla adesione selettiva dei grani, riscaldati per irraggiamento, a resine termoplastificabili.

Premessa.

In generale un processo di arricchimento per termoadesione differenziale [1] [2] può essere schematizzato nelle seguenti fasi:

1^a fase: riscaldamento dei grani minerali, disposti in velo monogranulare; il modo più semplice è l'irradiazione con raggi infrarossi, ma anche altri metodi possono essere presi in considerazione (raggi « luminosi » di minor lunghezza d'onda, luci monocromatiche, riscaldamento per induzione su minerali conduttivi, ecc);

2^a fase: trasferimento dei grani su un nastro ricoperto da una resina termosensibile cui aderiscono solamente i grani più caldi, per plastificazione del punto di contatto; in questa fase i grani devono essere accelerati in modo da raggiungere la velocità del nastro di separazione, per evitare il rotolamento;

3^a fase: separazione dei grani non aderenti al nastro da quelli aderenti, presso un rinvio di estremità; i primi cadono e i secondi vengono raschiati da una lama.

Una ricerca sperimentale [3] svolta presso l'Istituto di Arte Mineraria del Politecnico di Torino negli anni 1964 e 1965 ha indagato separatamente, per 17 specie minerali, i fenomeni fisici e le proprietà termiche fondamentali che intervengono nel processo sopra descritto, riscontrando per alcune associazioni tipiche di minerali la possibilità di effettuare un arricchimento di questo tipo. In particolare è stato constatato che il fenomeno che maggiormente può differenziare vari minerali è l'assorbimento al calore radiante, che, combinato col calore specifico, determina direttamente l'aumento di temperatura subito dal grano. Invece gli altri fenomeni termici subordinati, ed essenzialmente la conduzione attraverso il grano, la trasmissione di calore dal grano al supporto e viceversa,

la cessione di calore all'atmosfera per convezione ed irraggiamento, sempre presenti in questo tipo di processo, non hanno effetti significativi sulla differenziazione tra le varie specie minerali. Anzi, tendono a rendere più uniforme la temperatura di grani diversi, per compensazione di effetti termici complementari: la trasmissione attraverso il supporto trasferisce il calore dal grano caldo a quello freddo, mentre la perdita di calore nell'atmosfera agisce maggiormente sui grani più caldi.

Quindi un processo di separazione per termoadesione differenziale sarà applicabile solo su minerali che presentino diversi coefficienti di assorbimento al calore radiante, nel campo delle lunghezze d'onda utilizzate, oppure diversi calori specifici. In pratica sono separabili alcuni minerali metalliferi dalle relative ganghe e, nel campo dei minerali litoidi, minerali di differente colore e trasparenza, che possono essere diversamente ragguagliati al comportamento del corpo nero ideale.

Riguardo al minerale termosensibile, è stato indicato conveniente [1] l'uso di miscele di resine polistiroliche a basso peso molecolare, che possono avere temperatura di rammollimento di poco superiore a quella ambiente, in modo da limitare l'entità del riscaldamento; in una prima applicazione [4], in un impianto pilota per il trattamento di un minerale salino, sono state utilizzate resine note sotto il nome commerciale di « Piccolastic ».

Il minerale ed il suo attuale diagramma di trattamento.

Il presente studio (1) è stato impostato per verificare le possibilità di arricchimento di un grezzo felspatico proveniente dalla mi-

(1) Che rientra nel programma di lavoro della Sez. VI del Gruppo Nazionale di Ricerca per i Problemi minerali del C.N.R. (Istituto di Arte Mineraria del Politecnico di Torino).

niera di Giustino (Trento) della Soc. C. Maffei & C.; quivi viene coltivato un grande ammasso di roccia felspatica derivante da una intensa azione metasomatica su una granodiorite compresa tra formazioni metamorfiche costituite da micascisti e paragneiss.

Le rocce coltivate [5] sono state classificate come *albititi*, essendo composte quasi esclusivamente da albite, con poco quarzo e scarsi elementi accessori; esse sono di colore bianco, con variazioni al bianco-grigio e grigio-verde, specialmente vicino al contatto con lo sterile, dovute alla presenza di clorite e di sericite; sovente una dispersione di ossidi di ferro provoca una punteggiatura rossastra. Lo sterile è rappresentato da *cornubianiti*, costituite prevalentemente da quarzo, albite, clorite, calcite; presenta un colore grigio-scuro o verde-grigio intenso.

Il tout-venant presenta un grado di liberazione accettabile già dopo la frantumazione primaria, che lo riduce sotto 150 mm; quindi, nell'attuale impianto di arricchimento (fig. 1), dopo il frantumatore di testa esso viene suddiviso nelle classi granulometriche 150-40, 40-15, 15-6 e 6-0 mm; le prime due classi sono sottoposte a cernita a mano e, dopo ulteriore frantumazione della frazione 150-40, riunite alla 15-6 in un unico prodotto che viene ancora essiccato, tritato e vagliato prima di essere inviato agli impianti di macinazione di Darzo e Trento. La classe 0-6, sfangata in idroclassificatore a coclea, è insilata a parte. Questa organizzazione è resa possibile dal fatto che il materiale proveniente dalla miniera è già di per sé abbastanza libero e ad alto tenore, anche in conseguenza della cernita di cantiere durante l'abbattimento ed il caricamento.

Caratteristiche termiche delle rocce.

Per stabilire le possibilità di applicazione della separazione per termoadesione differenziale sono

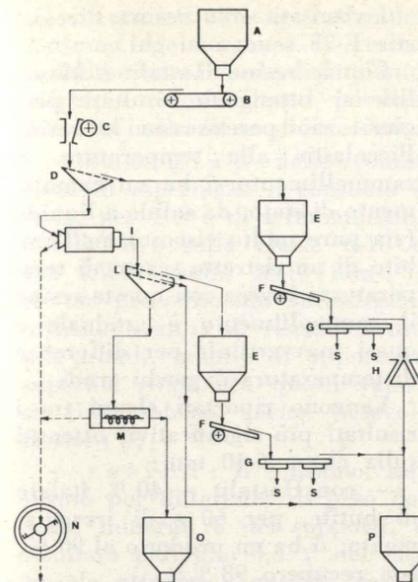


Fig. 1 - Diagramma di trattamento nell'impianto di Giustino.

A, silos di testa; B, alimentatore a piastre; C, frantumatore a mascelle; D, vaglio (rete con fori da 40 mm); E, tramoggia; F, alimentatore vibrante; G, nastro di cernita; H, frantumatore conico; I, lavatrice sfangatrice a tamburo; L, vaglio a due piani (reti con fori da 15 e 6 mm); M, idroclassificatore a coclea; N, decantatore dei limi; O, silos classe 0-6 mm; P, silos classe 0-40 mm; S, sterili.

state determinate, in via preliminare, alcune proprietà termiche delle due rocce in esame. Si sono quindi misurati:

a) il calore specifico, risultato pari a 0,194 cal/g °C per il felspato e 0,208 cal/g °C per la cornubianite (per la misura è stato utilizzato il metodo calorimetrico delle mescolanze [6]);

b) la quantità di calore assorbita dall'unità di volume del minerale per irradiazione con raggi infrarossi; in questo caso il valore misurato tiene conto, oltre

che dell'assorbimento di calore alla superficie dei grani, di tutti gli altri fenomeni termici associati di cui si è detto nella premessa; indica quindi un valore globale, che d'altronde è quello che interessa ai fini della separazione. Le misure sono state fatte sulle classi 2-4 e 6-10 mm e con due tipi di supporto per i grani durante il riscaldamento: rete metallica, come esempio di supporto conduttivo, e supporto isolante in lastra di vetro.

I diagrammi di fig. 2, che rappresentano la temperatura raggiunta dai due costituenti del grezzo esaminato per vari tempi di irraggiamento, con potenza specifica irradiata di 1 W/cm², danno un'idea dell'effetto complessivo dovuto alla combinazione di tutti i fattori che intervengono nell'operazione di riscaldamento (2).

Nella tab. 1 sono riportate le quantità di calore acquistate, nelle suddette condizioni di esperienza, dai due costituenti fondamentali del grezzo felspatico esaminato. Da questi dati emerge che:

— le dimensioni dei grani hanno una certa influenza sulla separazione, avendosi differenziazioni di temperatura leggermente maggiori sui grossi che sui fini;

— notevole è l'influenza del supporto: con la lastra di vetro

(2) Bisogna tener presente che la temperatura rappresentata nei diagrammi è stata ottenuta con misure calorimetriche, e quindi può essere assimilata ad una temperatura media dei grani, mentre per l'adesione alle resine interessa la temperatura superficiale, che può essere anche notevolmente diversa da quella media, in funzione della conducibilità termica e delle dimensioni del grano.

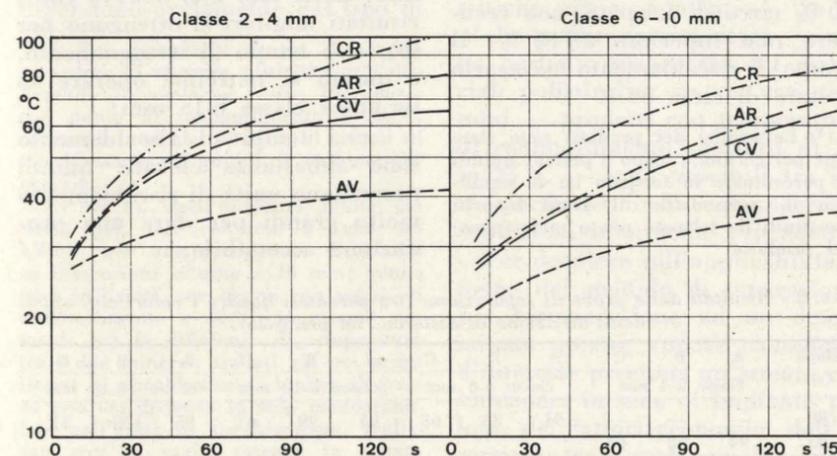


Fig. 2 - Temperature raggiunte da albitite e cornubianite in funzione del tempo di irraggiamento. AV, albitite, supporto di vetro; CV, cornubianite, supporto di vetro; AR, albitite, supporto di rete metallica; CR, cornubianite, supporto di rete metallica.

si hanno differenze di temperatura tra l'albitite e la ganga cornubianitica da due a tre volte maggiori rispetto alla rete metallica;

— la differenza di temperatura tende ad un valore costante all'aumentare del tempo di irraggiamento.

TAB. 1 - Calore acquistato, in cal/cm², da albitite e cornubianite per vari tempi di irraggiamento e con due tipi di supporto.

supporto	tempo (s)	classe 2-4 mm		classe 6-10 mm	
		albitite	cornubianite	albitite	cornubianite
vetro	15	4,4	6,6	1,3	4,9
	30	5,1	10,9	2,6	7,6
	60	6,7	15,5	4,3	11,4
	120	9,8	24,0	7,8	21,4
rete metallica	15	8,1	9,9	5,1	7,4
	30	11,3	14,6	7,1	13,3
	60	18,4	23,2	11,8	20,6
	120	26,1	38,4	21,4	30,1

Le resine termosensibili adottate.

Nelle prove di separazione sono state sperimentate le resine:

a) Piccolastic A-75 ed E-75 della Pennsylvania Industrial Chemical Corp. Sono polimeri dello stirene a basso peso molecolare, che hanno punto di rammollimento a 75 °C, definito a ± 3 °C; sotto i 75 °C sono solidi compatti, mentre al di sopra si presentano come fluidi a viscosità elevata (dell'ordine delle decine di poises, maggiore per la resina del tipo E che per quella del tipo A), che diminuisce con l'aumentare della temperatura; sono solubili in numerosi solventi organici (ad es. benzolo, etere, ecc.), formando soluzioni abbastanza fluide, e quindi possono essere applicate su un nastro sia a caldo che per evaporazione del solvente in cui siano state preventivamente disciolte;

b) Mowilth 20 e Hostalit M 131 dello Hoechst: la prima è un acetato di polivinile e rammollisce gradualmente a partire da 60 °C, consentendo l'adesione dei grani a 85 °C circa; aggiungendo a caldo il 30 % di ftalato di butile come plastificante, questa temperatura si abbassa a 50 °C; tuttavia questa resina, sia pura che con l'aggiunta del plastificante, non ha una temperatura di rammollimento nettamente definita, ma piuttosto presenta un aspetto plastico, con rammollimen-

to graduale all'aumentare della temperatura. La seconda è un copolimero acetato-cloruro di polivinile-acido maleico, con temperatura di rammollimento di 175 °C; l'aggiunta a caldo del 40 % di ftalato di butile abbassa questa temperatura a 50-60 °C. Anche questa resina si presenta già a temperatura ambiente piuttosto plastica, con comportamento simile alla precedente.

Modalità e risultati delle prove di separazione per termoadesione.

Le prove di separazione sono state effettuate a carattere discontinuo, su alcune decine di grammi di minerale per volta, con granuli ottenuti miscelando i prodotti « felspato » e « sterile », raccolti nell'impianto di Giustino a valle della cernita a mano, in proporzioni rispettivamente dell'80 % e 20 % circa.

Si descrivono le condizioni di esperienza, rimandando ad altra pubblicazione [3] per i dettagli dell'apparecchiatura. Nell'unità di riscaldamento il minerale è stato posto, in velo monogranulare, su supporto isolante in lastra di vetro, che, come si è visto, favorisce le differenze relative della temperatura. Il flusso specifico di energia, limitando il campo di irradiazione ad un'area circolare di diametro uguale a quello del bulbo della lampada a raggi infrarossi è in tali condizioni di 2,6 W/cm², con lunghezze d'onda comprese tra 800 e 1500 mμm. La densità media della distribuzione dei grani sul supporto è stata di 0,04 cm³/cm² per la classe 2-4 mm; 0,07 cm³/cm² per quella 4-6 mm; 0,13 cm³/cm² per la 6-10 mm e 0,22 cm³/cm² per la 10-15 mm. Per rendere uguale la temperatura sulla superficie del singolo grano, l'irradiazione è stato effettuato contemporaneamente dall'alto e dal basso, con lampade poste alla distanza media di 10 cm dal minerale. Per avvicinarsi il più possibile alle condizioni che si potrebbero avere in un procedimento industriale, il supporto fu irradiato per alcuni minuti prima di disporvi sopra il minerale: infatti in un processo continuo il supporto si porterebbe, raggiunte le condizioni di regime, ad una temperatura superiore a quella ambiente, trasmet-

tendo per conduzione uguale quantità di calore al felspato ed allo sterile; il fenomeno non è del tutto trascurabile, vista l'entità del calore scambiato tra grani e supporto.

Dopo il tempo fissato di irradiazione la miscela venne trasferita su un piatto metallico rivestito con uno strato di resina termosensibile, spesso 2 mm; la durata di quest'operazione è di pochi secondi.

Dopo un'altra decina di secondi di attesa, per permettere ai grani caldi di aderire alla resina, la separazione dei grani attaccati da quelli staccati è stata effettuata mediante rovesciamento del piatto; in alcune prove si è anche ricorso ad un'azione di distacco più energica, utilizzando un pennello per asportare anche i grani debolmente attaccati.

Le prove sono state effettuate, sulle quattro resine a disposizione, per vari tempi di irraggiamento. In tab. 2 sono riportati i risultati ottenuti con Piccolastic A-75: la colonna A rappresenta la percentuale in felspato (3) nel prodotto staccato, quella B il recupero di felspato in questo prodotto e la colonna C la percentuale di sterile scartata, cioè rimasta aderente alla resina.

Sono state anche eseguite alcune prove orientative di separazione sulla classe granulometrica 1-2 mm, senza però ottenere risultati incoraggianti.

Inoltre alcune prove con riscaldamento su supporto in rete metallica, sulla classe 6-10 mm, con 1,3 W/cm² di potenza specifica irradiata, hanno dato prodotti al 90 % circa di felspato, con recupero non superiore all'85 %; il tempo di riscaldamento necessario è stato di circa 80 s.

(3) Le analisi dei prodotti sono state fatte per cernita a mano e pesata; quindi la percentuale in felspato ha il significato di percentuale di grani bianchi (costituiti da felspato più o meno puro) nel prodotto.

TAB. 2 - Risultati delle prove di separazione (tra parentesi quadre i valori corrispondenti all'azione di distacco con pennello).

tempo (s)	classe 2-4 mm			classe 4-6 mm			classe 6-10 mm			classe 10-15 mm		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
80	—	—	—	91	83	68	94	99	67	85	100	41
85	94	68	64									
100	88	62	68	93	81	74	98	99	87	97	94	90
120	85	53	62	96	42	89	97	74	89	94	96	78
140	93	20	94	96	63	90	[99]	[99]	[96]	[88]	[99]	[58]

I risultati sulla resina Piccolastic E-75 sono analoghi.

Con le resine Hostalit e Mowolith si ottengono risultati peggiori; ciò perché con le resine Piccolastic alla temperatura di rammollimento si ha un cambiamento di stato, da solido a liquido (sia pure molto viscoso), nell'ambito di un ristretto scarto di temperatura; invece con queste resine il rammollimento è graduale e quasi inavvertibile per differenze di temperatura di pochi gradi.

Vengono riportati alcuni tra i risultati più significativi, ottenuti sulla classe 6-10 mm:

— con Hostalit + 40 % ftalato di butile, per 60 s di irraggiamento, si ha un prodotto al 90 %, con recupero 98 %;

— con Hostalit + 80 % ftalato di butile, per il medesimo tempo di irraggiamento, si ottiene un concentrato al 90 %, mentre il recupero scende al 70 %.

Conclusioni.

Da quanto è stato esposto si osserva che è teoricamente possibile la sostituzione dell'operazione di cernita a mano con quella effettuata con resine termosensibili. Bisogna però tener presente che:

a) non sono accettabili i risultati ottenuti sulle dimensioni inferiori a 6 mm, avendosi recuperi massimi del 70-80 %, con corrispondenti tenori in prodotto felspatico compresi tra 90 e 95 %;

b) risultati discreti, e senz'altro paragonabili a quelli ottenibili con cernita a mano su ben maggiori pezzature, hanno dato le prove sulle classi 6-10 e 10-15 mm: dalla tab. 2 si osserva che i risultati migliori si ottengono per lo stesso tempo di irraggiamento, e quindi si potrebbe operare su un'unica classe 6-15 mm;

c) i tempi di riscaldamento sono abbastanza elevati: quindi necessitano unità di riscaldamento molto grandi per dare una produzione accettabile;

d) una valutazione precisa del consumo di energia e di resina andrebbe fatta in sede di impianto pilota; i valori rilevati possono dare un'indicazione di massima:

— energia: nelle condizioni di esperienza il consumo è stato, per 100 s di irradiazione, 220 kWh/t sulla classe 6-10 e 130 kWh/t sulla 10-15 mm (4); in un procedimento industriale, utilizzando unità di riscaldamento più grandi, munite di opportune superfici riflettenti, questi valori si ridurrebbero anche notevolmente (5);

— resina: il consumo, misurato per differenza di peso dei grani minerali e dei sopporti, è risultato pari allo 0,3 % del materiale attaccato; quindi, per il minerale di Giustino, esso potrà valere 0,2-0,6 kg/t, in dipendenza della quantità di sterile nell'alimentazione.

Infine possono essere fatte alcune considerazioni, valide sia in questo caso particolare che in generale, su alcuni dei fattori che influiscono sulla separazione.

— Tipo di supporto. Un supporto metallico è conveniente per diminuire il consumo di energia (nelle esperienze eseguite, a parità di temperatura raggiunta, la diminuzione è intorno al 50 %); tuttavia influisce negativamente sulla separazione quando, come nel caso del minerale di Giustino, il calore acquistato per conduzione dal supporto non è trascurabile rispetto a quello assorbito alla superficie dei grani.

— Granulometria. Le dimensioni minime e massime trattabili dipendono ovviamente dal tipo di

(4) Dai diagrammi di fig. 2 si può prevedere di ottenere risultati simili utilizzando le analoghe resine Piccolastic con punto di rammollimento a 50 °C, riducendo così del 30-50 % il tempo di riscaldamento, e quindi il consumo di energia.

(5) Ad es., nell'impianto pilota già citato [4], tale consumo è stato 4-5 kWh/t, per una produzione di 32 t/h su dimensioni intorno a 10 mm; venne però utilizzata una resina con punto di rammollimento a 30 °C, in quanto notevole era la differenza di temperatura tra i due minerali trattati già nei primi istanti di riscaldamento; inoltre il grezzo non era disposto in velo monogranulare nell'unità di riscaldamento, realizzata con un vaglio rotante, in quanto costituito per il 95 % da salgemma, trasparente nel campo di lunghezze d'onda dell'energia radiante utilizzata.

grezzo in esame. I risultati peggiorano al diminuire della granulometria e si ritiene che non si possano comunque avere buone separazioni al di sotto di alcuni millimetri (5-8, a seconda dei minerali); inoltre il consumo di energia è elevato per le piccole pezzature. La dimensione massima dei grani arricchibili dipende anche dalla resistenza meccanica dello strato di resina, e quindi varia con il peso specifico del minerale: orientativamente si può citare un valore di 25-30 mm.

— Resine. Il punto di rammollimento della resina deve consentire di irradiare per il minor tempo possibile il minerale, compatibilmente con l'esigenza di far raggiungere ai costituenti una differenza di temperatura sufficiente per la loro separazione; è inoltre conveniente poter variare il punto di rammollimento in funzione della temperatura esterna (che in taluni impianti può notevolmente differire nelle varie stagioni). Appare pertanto conveniente che le resine termoplastificabili presentino una temperatura di rammollimento compresa tra i 40 ed i 70 °C: in tal modo si raggiunge un compromesso tra le contrastanti esigenze di differenziare sufficientemente le temperature finali dei grani e di non eccedere nel consumo di energia radiante. E' poi ovvio che la temperatura di plastificazione deve essere definita entro un ristretto intervallo, in modo da rendere sufficienti pochi gradi di differenza nella temperatura dei grani, per provocarne o meno l'adesione. Le caratteristiche più convenienti — tra le poche resine sperimentate — sono pertanto presentate dai materiali polistirolici, in cui vari termini — prodotti con temperature di rammollimento variabili di 25 in 25 °C — sono miscibili tra loro, permettendo di raggiungere le condizioni intermedie più adatte.

Per decidere sull'applicabilità o meno del metodo di separazione per termoadesione ad un determinato grezzo, appare comunque d'interesse precipuo un'attenta valutazione, in sede di impianto pilota, dei fattori economici dell'esercizio, tra i quali appaiono prevalenti il costo della resina (200-400 L/t, nel caso dell'esempio ci-

tato in questa nota) e quello dell'energia (che si può ritenere compreso tra un minimo assoluto di 60 L/t per un grezzo a base di minerali ad elementi grossolani, con un tenore ridotto a qualche unità per cento di costituenti « scuri », ed un massimo di 1000 L/t per grezzi in pezzatura minuta, con maggior tenore di componenti opachi).

Infine va messo in evidenza che il metodo di arricchimento per termoadesione differenziale, che non sembra aver avuto importanti tentativi di applicazione dopo le prime attenzioni destinate intorno al 1960, perde parte del suo interesse se confrontato con la cernita elettronica in base al colore ed alla riflettività, attualmente in fase di diffusione [7]: i due metodi sono in principio applicabili agli stessi tipi di minerali, basandosi entrambi sulla differenza di « trasparenza » e di riflettività (peraltro in un differente campo di lunghezze d'onda delle radiazioni utilizzate). A favore della cernita elettronica sono la sensibilità della regolazione, la flessibilità, la possibilità di applicazione a pezzature grossolane; giocano invece a vantaggio del metodo termoadesivo il minor impegno economico richiesto dagli impianti e la loro semplicità, nonché la possibilità di trattare granulometrie comprese tra 5 e 15 mm con portate alquanto maggiori in ogni singola unità di separazione.

Carlo Clerici

BIBLIOGRAFIA

- [1] BRISON R. J., TANGEL O. F., *Development of a thermoadhesive method for dry separation of minerals*, « Mining Engineering », 12 (1960), 8.
- [2] OCCELLA E., *Un'applicazione delle materie plastiche per la preparazione dei minerali*, « Atti e Rassegna Tecnica », 15 (1961), 23.
- [3] OCCELLA E., *Le proprietà termiche dei minerali come fondamento di nuovi metodi di arricchimento*, Atti Symposium « Problemi Minerari della Sardegna », Cagliari-Iglesias, ottobre 1965.
- [4] BLEIMESTER W. C., BRISON R. J., *Beneficiation of rock salt at the Detroit Mine*, « Mining Engineering », 12 (1960), 8.
- [5] PERNA G., MURARA G., *Felspato. L'industria Mineraria nel Trentino-Alto Adige*, Trento, 1965.
- [6] DRICO A., ALOCCO G., *Fisica pratica*, IV ediz., Zannoni, Padova.
- [7] MEINER B., *Cernita elettronica dei minerali in base al colore*, « Boll. Ass. Min. Subalpina », 4 (1967), 1-2.

Requisiti qualitativi e quantitativi della luce artificiale nella esposizione delle opere d'arte

ORLANDO GRESPLAN espone tendenze e criteri da seguirsi nell'uso della luce artificiale nelle gallerie d'arte. Considera i rapporti fra le componenti di illuminamento a luce diffusa e direzionale, le caratteristiche delle sorgenti e esamina le alternative di scelta fra l'illuminazione naturale e quella integralmente artificiale.

1. Premesse.

Come in illuminazione naturale, così in quella artificiale lo scopo ultimo è di fornire, attraverso un'appropriata ripartizione di luminanza, lo svolgimento di un compito visivo di particolare impegno data la natura degli oggetti esposti.

Il problema è ovviamente, più semplice data la grande elasticità dell'impianto che attraverso la giusta scelta delle sue caratteristiche geometriche e fotometriche può soddisfare le esigenze più severe e più varie.

È già di grande vantaggio disporre di una illuminazione costante caratteristica intrinseca delle sorgenti artificiali, senza che si debba intervenire con dispositivi di regolazione non sempre efficaci ma sempre costosi.

La stabilità di un livello predefinito di illuminamento sempre realizza una condizione accettabile per l'esposizione e compatibile con le esigenze di conservazione.

2. Natura della luce: temperatura dal colore, resa di colore, livello di illuminamento.

La scelta delle sorgenti artificiali deve essere fatta in funzione della resa di colore, del livello di illuminamento consigliato, oltreché delle caratteristiche geometriche e fotometriche.

Benchè la resa di colore, da intendersi quale attitudine di una luce a riprodurre l'aspetto cromatico posseduto dai corpi in illuminazione naturale, non possa essere a rigore rappresentata, per spettri discontinui, dalla temperatura dal colore, si assume questa, tuttavia, quale parametro significativo. Tra essa ed i livelli di illuminamento corre una relazione individuata sulla base di reazioni fisiologiche. Queste fanno corrispondere a ciascun valore della temperatura dal colore un

intervallo di illuminamenti considerati come gradevoli. In figura 1 sono riportati i dati ricavati al riguardo da Kruithof.

Dalla conoscenza dei valori di illuminamento, individuati quale compromesso tra le esigenze di esposizione e le istanze connesse alla buona conservazione, è possibile pertanto assumere corrette temperature dal colore. Esse costituiscono già un utile elemento di scelta delle sorgenti luminose da adottarsi anche se da sole non sono in grado, nelle condizioni più generali, di fornire una risposta esauriente sulla resa di colore. E ciò è facilmente intuibile quando si pensi che si attribuisce a spettri discontinui temperature dal colore che si identificano con quelle reali cui deve essere portato il radiatore integrale per suscitare la stessa sensazione di colore su una superficie bianca di uniforme riflettanza spettrale.

La temperatura dal colore in

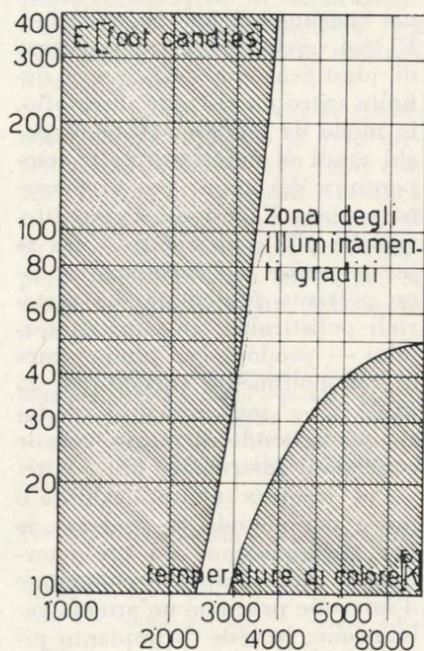


Fig. 1 - Temperatura dal colore in funzione dell'illuminamento. I dati di Kruithof mostrano che, per ciascuna temperatura dal colore, esiste un livello massimo ed un livello minimo di illuminamento entro i quali l'illuminamento è considerato come gradito.

questi casi assume, dunque, un significato restrittivo di resa di colore per il modo stesso con il quale è stato definito in grazia al fatto che non necessariamente alla omocromaticità soggettiva di due radiazioni corrisponde l'identità fisica.

L'attitudine di una luce a presentare gli oggetti con lo stesso aspetto con cui appaiono in illuminazione naturale, deve essere piuttosto ricercata attraverso uno studio analitico del suo spettro. Solitamente si opera una suddivisione dell'intervallo del campo visibile, si dà ricavare un certo numero di bande (otto ad es.) attigue su cui effettuare la misura dei contenuti energetici. La differenza tra i contenuti energetici di tali bande e quelli analoghi relativi allo spettro del radiatore integrale, portato ad una temperatura uguale a quella dal colore posseduta dalla luce in esame, diventano al riguardo quantità altamente significative. Si comprende come le luci, emesse dalle lampade a carica di gas, possano accentuare alcuni colori, altri indebolirli, altri ancora corromperli. In queste particolari applicazioni l'impegno diviene maggiore per la estrema delicatezza del problema, la varietà cromatica e la stessa opinabilità propria al gusto del conservatore e dei tecnici preposti. Ben difficilmente la resa di colore potrà soddisfare l'intera gamma cromatica sì che si tratterà sempre di un compromesso il più accettabile possibile.

Si comprende, ad esempio, che una luce adatta a sottolineare la delicatezza degli azzurri di Cézanne si rivelerà incapace a vivificare, come di dovere, gli infuocati tramonti ed i gialli campi di Van Gogh.

Questi risultati non pienamente soddisfacenti dipendono il più delle volte dalle intrinseche difficoltà del problema e non già da impostazioni tecniche-artistiche

errate come può ed esempio dimostrare l'esperienza non del tutto incoraggiante vissuta al Metropolitan Museum of Art di Nuova York per la scelta della illuminazione artificiale in alcune delle sue sale (1).

Per una corretta scelta del tipo di sorgente da adottare occorre che sia prestabilita la fase della luce naturale che si vuole imitare.

Questo criterio si aggiunge a quello generale che fa preferire luci di tono più caldo ad illuminamenti più bassi.

Pertanto quando non è strettamente indispensabile una resa di colore simile a quella della luce naturale può essere impiegata la luce di lampada ad incandescenza (temperatura dal colore 2.800 °K). Un esempio di oggetti da museo che si prestano alla illuminazione in luce ad incandescenza sono gli arazzi perchè, per la loro facile deteriorabilità, esigono livelli molto bassi.

Essa, a completamento di una illuminazione generale ottenuta in luce diurna o artificiale, serve a sottolineare per il carattere di direzionalità che le si conferisce e per la sua direzione quasi radente, i dettagli della struttura del tessuto. Quando lo stato di conservazione sia così precario da richiedere per l'arazzo una illuminazione individuale ad intermittenza, ancor più si fa preferire la lampada ad incandescenza per la sua facile ed immediata accensione.

Nelle sale di esposizione di sculture, per ispirarsi alle condizioni naturali riconosciute le migliori e per le quali la componente di luce diffusa è dovuta all'emissione del sole, si adottano anche in illuminazione artificiale, per questi due tipi di luce, valori diversi di temperatura dal colore.

Le condizioni ideali in esposizione diurna, verificate da luce diffusa con temperatura di 10.000 °K (cielo sereno) e da luce direzionale, con temperatura di 5.000 °K (sole), vengono felicemente riprodotte con l'impiego di sorgenti fluorescenti a 4.000 °K per la luce diffusa e da lampade a filamento di tungsteno a 3.000 °K per la luce direzionale.

(1) RUHEMANN, *Studies in Conservation*, 1961.

Non deve stupire che con valori nettamente inferiori di temperatura sia possibile riprodurre la stessa impressione naturale di contrasto di colore in quanto all'interno della sala vi sono livelli di illuminamento nettamente inferiori a quelli esterni diurni.

La lampada a fluorescenza offre una gamma molto vasta di toni corrispondente a un campo di temperatura dal colore che va da 2.800 °K a 7.500 °K. Sono a disposizione luci a fluorescenza in ben nove «bianchi» diversi passando dal «caldo extra», la cui temperatura dal colore è vicina a quella presentata da una lampada ad incandescenza, al tipo «luce del giorno» di temperatura prossima ai 7.000 °K e paragonabile a quella di un cielo coperto. Allo scopo di migliorare la resa di colore sono state messe in commercio lampade fluorescenti quali ad esempio quelle della serie «de luxe» della Philips, nate dai tipi «normali» ma con distribuzione di energia più prossima a quella del corpo nero di ugual temperatura dal colore.

Per applicazioni museali la scelta è orientata ovviamente verso questi tipi migliorati anche se l'efficienza luminosa è appena al 60 % di quelle «normali».

Non è, in generale, consigliabile l'impiego del «caldo extra» di bassa temperatura dal colore e di non buona resa cromatica anche se si possono menzionare casi di sporadica applicazione.

Molto usate invece le lampade «luce del giorno» da sole od anche in combinazione con sorgenti ad incandescenza per una migliore resa di colore e per l'eliminazione di una impressione psicologica di freddo.

Per concludere si può affermare che, nell'illuminazione dei quadri, la luce ad incandescenza fornisce un tono molto caldo. In prossimità di 4.000 °K la lampada fluorescente riproduce una situazione media di luce naturale e per questo si fa preferire. Comunque, le lampade fluorescenti con temperature dal colore comprese tra i 4.000 e 7.500 °K sono ancora accettabili se accompagnate da elevati livelli di illuminamento.

Si ritiene che con il tipo «luce naturale» occorrono almeno 500 lux, mentre con il tipo «bianco

extra» si raggiunge il miglior equilibrio con illuminamenti compresi tra i 200 e 400 lux.

Nel museo Guggenheim tale equilibrio è raggiunto con l'adozione di lampade fluorescenti di colore «bianco freddo» e «bianco caldo» nel rapporto 3:1 riproducenti sui dipinti valori di illuminamento molto elevati di 1.500 ÷ 2.000 lux.

3. Sul rapporto tra le componenti di illuminamento a luce diffusa e direzionale ovvero sulla disposizione e sulle caratteristiche geometriche delle sorgenti.

Si presentano due possibilità che si riconducono direttamente alle caratteristiche geometriche e fotometriche delle sorgenti connesse alle rispettive apparecchiature. Non infrequente è il caso in cui intervengono entrambe in misura comparabile, o ancora sotto rapporti vari da mettersi in stretta relazione con le caratteristiche fisiche-geometriche degli oggetti esposti. È implicito che in entrambi i casi l'elasticità delle installazioni permette di escludere, salvo situazioni particolari, la illuminazione laterale le cui limitazioni ed insufficienze sono note.

La luce proviene in generale dall'alto od utilizzando magari quali elementi diffondenti i vetri-filtro del soffitto-velario od armature dalle quali viene emesso un flusso di spiccata direzionalità.

Nel primo caso valgono i criteri, adottabili anche per la illuminazione naturale, sulle più favorevoli ripartizioni delle luminanze. La collocazione delle sorgenti artificiali al di sopra degli elementi vetrati assicura la conservazione della ripartizione delle luminanze d'ambiente ed una gradevole continuità quando, per il sopraggiungere della sera, sia indispensabile l'intervento della illuminazione artificiale in misura sempre maggiore.

Con soffitti integralmente vetrati l'illuminazione generale diffusa non può che seguire questo schema d'impianto per mantenere condizioni di grande elasticità nei confronti della collocazione dei dipinti. Essi interessano, di solito, per migliorare l'indice di sfruttabilità della sala, anche setti verticali disposti in base a meri criteri distributivi.

La componente direzionale, quando occorra, può essere ottenuta da proiettori individuali o da apparecchiatura, di servizio più generale, appositamente realizzata allo scopo. Si dovrà evitare, nel modo più assoluto, che essi, soprattutto in illuminazione naturale proiettino l'ombra delle loro parti opache sulle superfici utili.

Per l'estensione superficiale notevole della sorgente vetrata tali ombre sono quasi sempre difficilmente percepibili.

L'illuminazione artificiale presenta, oltre il vantaggio della totale eliminazione di ogni dispositivo di regolazione, anche quello di poter trattare l'oggetto di museo individualmente e di soddisfare le esigenze singole che possono notevolmente differenziarsi per quantità, qualità della luce e modo di indirizzarla.

Le condizioni geometriche intercorrenti tra sorgente-oggetto-osservatore che salvaguardano una corretta ripartizione di luminanza sul dipinto sono qui molto più facilmente realizzabili.

Il rapporto tra la componente di luce diffusa e quella direzionale deve essere scelto in funzione degli oggetti da illuminare.

È evidente che nel caso di illuminazione di quadri può prevalere l'una o l'altra indifferentemente senza che venga compromessa la buona esposizione salvo ben inteso, che non si verifichi l'abbagliamento dell'osservatore od una cattiva distribuzione di luminanza.

Come però l'oggetto acquista una terza dimensione il rapporto accennato deve essere scelto in modo non arbitrario, ma inteso verso una giusta valorizzazione dell'opera stessa. Risolto l'equilibrio tra la luce diffusa e quella diretta, di quest'ultima è importante ricercare la direzione ed il suo senso di provenienza.

4. L'alternativa di scelta tra l'illuminazione integralmente artificiale.

Oggi tale interrogativo si pone con sempre maggior insistenza nella misura con cui si diffondono i mezzi di illuminazione e con cui si perfezionano sorgenti luminose sotto il profilo soprattutto della resa di colore.

Tale nuovo atteggiamento insiste, anche sul fatto che alcuni oggetti, come del resto è già stato osservato, esigono una illuminazione individuale ed intermittente; la qual cosa è perseguibile solo in illuminazione artificiale se non si vuole incorrere in dispositivi di elevato costo e complessità.

Ed ancora a favore della soluzione a luce artificiale è il fatto che certi effetti, anche durante il giorno, possono essere ottenuti attraverso fasci concentrati altamente direzionali che solo sorgenti artificiali connesse con opportune apparecchiature sono in grado di realizzare.

A ciò si aggiunge inoltre la relativa diminuzione di importanza della luce naturale che si accompagna con il prolungarsi della giornata-museo sempre più interessante le ore post-lavorative serali od addirittura notturne.

Con la soluzione radicale che esclude l'intervento della luce diurna si viene ad eliminare il periodo di transizione, quasi sempre infelice, in cui la illuminazione naturale insufficiente è sempre più attivamente integrata dalla illuminazione artificiale.

Questa impone inoltre livelli di illuminamento costanti predeterminati non solo in funzione delle esigenze espositive, ma anche in funzione degli effetti deterioranti, il che significa il mantenimento del massimo utile compatibile con un danno ancora accettabile. La luce artificiale è più facilmente trattabile e manipolabile dall'uomo e quindi si presta ad un più facile controllo della sua distribuzione spettrale.

A questi elementi scientifici di valore oggettivo si contrappone tuttavia la preferenza istintiva che l'uomo rivela per la luce naturale, per la sua dinamica vivacità, per il suo quasi misterioso potere di rendere sempre nuovi gli oggetti ad essa esposti.

Passando a considerazioni di natura economica l'aspetto gratuito della luce naturale può essere contestato quando si pensa che negli ambienti privi di finestre, ad illuminazione solo artificiale, vengono a non più gravare gli oneri di manutenzione e pulizia degli elementi vetrati e degli apparecchi di attenuazione e di regolazione.

Si aggiungono sì le spese di esercizio costituite dal maggiorato consumo dell'energia elettrica e della sostituzione più frequente delle sorgenti, ma d'altro lato si riducono sensibilmente le spese dell'impianto di condizionamento.

Di esso si è andato sempre più sottolineando l'importanza soprattutto nelle pinacoteche perchè istituisce quelle condizioni ambientali che, pur tenendo conto del comfort personale, permettono di mantenere il grado di purezza dell'aria, l'umidità relativa e la temperatura a valori più favorevoli alla conservazione del patrimonio museale. Il senso di claustrofobia può essere combattuto predisponendo, ogni tanto, camere non di esposizione, con ampie finestre dalle piacevoli prospettive esterne, in cui il visitatore può sostare per riposo. Si può pertanto prevedere, alla luce delle considerazioni esposte, un accentuarsi della tendenza all'impiego della illuminazione integralmente artificiale e del condizionamento durante l'intero periodo dell'anno delle sale di esposizione.

Tenendo presente che per molti dipinti e oggetti d'arte lo stato museale rappresenta una sistemazione storicamente e geograficamente illogica, la luce artificiale pur con la sua immobilità e freddezza può essere accettata quando si ponga mente ai reali vantaggi espositivi e conservativi che le sono propri.

Orlando Grespan

BIBLIOGRAFIA

- CODEGONE C., *Problemi di illuminazione*, ed. V. Giorgio, Torino, 1964.
- PUGNO G. A., *L'illuminazione naturale nei musei e nelle gallerie di esposizione*, « Atti e Rassegna Tecnica », Torino, 1968.
- PUGNO G. A., *Sistemi tipici di illuminazione naturale nei Musei e nelle Gallerie*, « Atti e Rassegna Tecnica », Torino, 1968.
- HARRISON L. S., *Report on the deteriorating effects of modern light sources*, New York, The Metropolitan Museum of Art, 1954.
- National Bureau of Standards, Circular 505, *Protective Display Lighting of Historical Documents*, 1953.
- BALDER J. J., *Il museo Boymans - Van Benningen a Rotterdam*, « Riv. Int. di Illum. », n. 2, anno XIII.
- HARRIS G. B., *Sale trasformate della Tate Gallery a Londra*, « Riv. Int. di Illum. », n. 1, anno XIII.
- KRUTHOF A. A., *Philips Technical Review*, 6, 1944.

Generazione di plasmi ad alta energia mediante i dispositivi utilizzanti archi elettrici

CESARE BOFFA esamina il comportamento dei generatori di plasma ad arco elettrico, con particolare riguardo alle prestazioni limiti raggiungibili da tali generatori. Assumendo la corrente dell'arco, la pressione del gas e la portata dello stesso come parametri, si espone un metodo per determinare i valori massimi di entalpia ottenibili in corrispondenza a diversi valori del flusso di calore alle pareti del generatore. Esamina anche il problema della erosione degli elettrodi, che costituisce spesso l'ostacolo principale per il raggiungimento di alti valori di entalpia, e alcuni metodi che consentono di calcolare le proprietà del gas all'uscita del generatore, in entrambi i casi di flusso subsonico e supersonico. Infine descrive brevemente un impianto, il MARK IV, costruito nel 1966 dal U.S. Naval Ordnance Laboratory, White Oak, Maryland.

SIMBOLI

c_p	= calore specifico a pressione costante
c_v	= calore specifico a volume costante
h	= entalpia locale, oppure coefficiente di scambio di calore
h_w	= valore medio dell'entalpia in un piano radiale
h_M	= entalpia locale alle pareti
l	= spessore della lastra piana (sezione 2 b).
m	= massa atomica
\dot{m}	= portata in massa
p	= pressione
q_{con}	= flusso di calore dovuto a conduzione e convezione
q_{rad}	= flusso di calore dovuto a radiazione
q_w	= flusso totale di calore alle pareti
r	= coordinata radiale
K	= conducibilità termica
K_c, K_r	= costanti
u	= velocità
x	= distanza variabile
A	= ampiezza dell'impulso di calore
E	= potenziale elettrico
$F_e = \iiint_V t_E dr$	= forze elettromagnetiche
$F_t = \iint_A \tau_A dS$	= forze d'attrito
\bar{H}_t	= entalpia media del gas
I	= corrente elettrica
M	= numero di Mach
P_r	= potenza irraggiata per unità di volume
P_{rad}	= potenza irraggiata per unità di lunghezza
Q_A	= energia trasmessa all'anodo
Q_C	= energia trasmessa al catodo
Q_G	= energia trasportata dal gas per unità di tempo, attraverso una sezione radiale del getto di plasma
R	= raggio, oppure costante universale dei gas
T	= temperatura
T_c	= temperatura del fluido di raffreddamento
T_0	= temperatura iniziale delle pareti
T_{per}	= parte periodica della funzione della temperatura
T_{tr}	= parte transitoria della funzione della temperatura
T_t	= temperatura al tempo t
U_i	= energia interna
W_E	= lavoro fatto sul gas dal campo di forze nell'unità di tempo

α	= grado di ionizzazione (valore medio), oppure diffusività termica
γ	= c_p/c_v
j	= densità di corrente elettrica
ρ	= densità
σ	= conducibilità elettrica
τ	= periodo
ϵ	= ampiezza della pulsazione
ξ	= frazione della potenza totale EI che è trasferita al gas nella regione della gola dell'anodo
ϕ	= Thermal conductivity integral

1. INTRODUZIONE

Il grande sviluppo che gli studi sui generatori di plasmi hanno subito negli ultimi anni è giustificato dal fatto che oggi tali dispositivi rappresentano il mezzo più pratico e versatile per ottenere, con continuità, gas ad alta temperatura e densità.

In tali generatori un arco elettrico, fatto scoccare attraverso il gas che si deve riscaldare, genera una colonna di plasma ad alta temperatura; parte del gas da riscaldare tuttavia non passa attraverso questa colonna di plasma, ma fluisce attorno ad essa e riceve calore per conduzione, convezione e irraggiamento.

Questo fenomeno di scambio di calore è molto complesso e le varie teorie che tentano di spiegarlo si basano su assunzioni che semplificano il problema, spesso riducendolo all'analisi di un fenomeno che si discosta notevolmente dalla realtà.

In conseguenza, il modo di funzionamento e le prestazioni limiti raggiungibili dai generatori ad arco non sono ancora stati completamente e definitivamente stabiliti: nel presente lavoro vengono illustrati i principali problemi che si riscontrano nello studio di tali generatori e vengono esposte alcune teorie e tratte alcune conclusioni di carattere generale, alla

luce anche di risultati sperimentali ottenuti negli ultimi anni.

La presente trattazione si limita alla considerazione di un particolare tipo di generatore, in cui sia l'arco che il gas che deve essere « riscaldato » sono « contenuti » in un costruttore cilindrico, come rappresentato schematicamente in fig. 1.

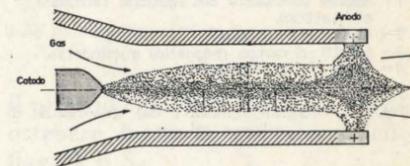


Fig. 1 - Schema di generatore di plasma: coaxial flow discharge.

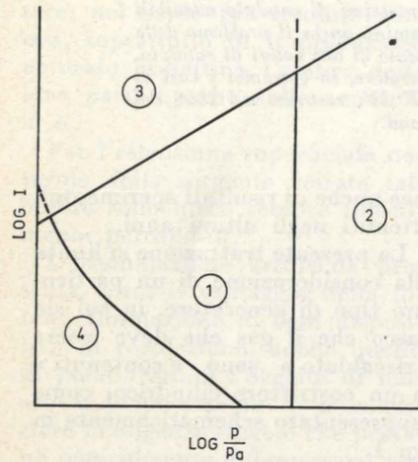
I risultati che si ottengono dall'analisi di questa particolare geometria sono tuttavia di validità più generale e possono essere applicati con buona approssimazione anche nel caso di altre configurazioni geometriche, entro le normali condizioni di impiego.

Se il condotto costrittore è sufficientemente lungo si può suddividere per comodità il campo fluido in due regioni: una regione di ingresso ed una di flusso completamente sviluppato. Quest'ultima viene presa in considerazione nel presente lavoro.

Si assume che il plasma sia otticamente sottile e che il flusso sia laminare nel tubo costrittore; tali assunzioni si sono rivelate valide nella quasi totalità dei casi pratici.

La corrente dell'arco, la portata del gas e la pressione dello stesso possono essere assunti quali parametri per descrivere le condizioni operative del generatore ad arco: nella fig. 2 sono indicati i vari regimi operativi nel caso in cui la portata del gas si mantenga costante [1].

Nella presente trattazione vengono prese in considerazione le regioni 1 e 2, poichè rappresentano il campo operativo nella quasi totalità dei dispositivi attuali.



1 - Regime controllato dall'equilibrio termico ed elettrico.
2 - Radiazione continua.
3 - Effetti di campo magnetico autoindotto.
4 - Zona di non equilibrio.

Fig. 2 - Regimi operativi del generatore di plasma ad arco.

2) PRESTAZIONI LIMITI

Le prestazioni dei generatori ad arco sono direttamente vincolate alla soluzione di problemi di scambio di calore tra il plasma e le superfici che lo circondano: in particolare le pareti del tubo costruttore e le superfici degli elettrodi.

a) Influenza del flusso di calore alle pareti del tubo costruttore.

Il flusso totale q_w di calore alle pareti del tubo costruttore può essere espresso dalla seguente relazione

$$q_w = q_{con} + q_{rad} \quad (1)$$

$$q_{con} = q_{conduzione} + q_{convezione}$$

Se è noto il valore medio \bar{H}_t dell'entalpia del gas nel tubo costruttore e se si assume che il profilo di $\frac{h}{hw}$ in funzione di $\frac{r}{R}$ sia indipendente dalle dimensioni del condotto ottiene:

$$q_{con} \equiv \frac{H_t}{R} \quad (2)$$

$$q_{rad} \equiv P_r R \bar{F} \quad (3)$$

in cui \bar{F} è una funzione di \bar{H}_t e della « distribuzione » radiale di h e P_r rappresenta l'intensità della radiazione, riferita all'unità di volume. Pertanto la (1) si può scrivere

$$q_w \equiv \frac{K_c \bar{H}_t}{R + K_r P_r R \bar{F}} \quad (4)$$

in cui K_c e K_r sono opportune costanti.

Se le dimensioni del tubo costruttore sono piccole e la pressione del gas è mantenuta a valori bassi, q_{con} è predominante mentre q_{rad} diviene predominante nel caso di camere di grandi dimensioni ed in corrispondenza ad alti valori della pressione del gas.

Dall'esame della (4) si nota inoltre che, per ogni valore di pressione e di entalpia del gas esiste un valore ottimo del raggio della camera, che rende minimo il flusso di calore alle pareti.

Se si trascura la conduzione in direzione assiale e la convezione in direzione radiale, l'equazione di bilancio energetico, applicata al getto di plasma nel tubo costruttore può essere scritta:

$$\frac{\partial}{\partial z} (\rho u h) - \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r K \frac{\partial T}{\partial r} \right) + P_r = \frac{J^2}{\sigma} \quad (5)$$

in cui z rappresenta la coordinata assiale.

Le grandezze K , P_r , σ sono in generale funzioni complicate della temperatura [2]. Una notevole semplificazione nello svolgimento dei calcoli si ottiene introducendo il cosiddetto « thermal conductivity integral » o « heat flow potential »

$$\phi = \int_0^T K dT \quad (6)$$

in luogo della temperatura stessa. Considerando il gas come perfetto si ha:

$$h_1 - h = \frac{dh}{d\phi} (\phi - \phi_1) \quad (7)$$

in cui

$$\frac{dh}{d\phi} = \frac{c_p}{K}$$

è indipendente dalla pressione, come provato dai risultati sperimentali mostrati in fig. 3.

Se il gas, per esempio aria, si trova a temperatura minore di 15.000° K le proprietà del gas possono essere descritte, con sufficiente approssimazione dalle seguenti relazioni [1]:

$$h - h_1 = \frac{dh}{d\phi} (\phi - \phi_1) \quad (8)$$

$$P_r = \left(\frac{dP_r}{d\phi} \right)_a \left(\frac{P}{P_a} \right) (\phi - \phi_1) \quad (9)$$

$$\sigma = \frac{d\sigma}{d\phi} (\phi - \phi_1) \quad (10)$$

Il pendice ϕ_1 indica i valori delle varie grandezze calcolati nel punto in cui la densità degli elettroni diventa trascurabile, cioè al contorno della regione in cui il gas è elettricamente conduttore.

Introducendo nella (5) i valori di h_1 , P_r e σ ricavati dalle (8), (9) e (10) si ottiene per:

$$\frac{\partial}{\partial z} (\rho u h) = 0$$

$$h_M - h_1 = \quad (11)$$

$$= 2,4 \frac{dh}{d\phi} I \left[\left(\frac{r_1}{2,4} \right)^2 - \frac{R^2}{2} \ln \frac{R}{r_1} - \frac{R^2 - r_1^2}{4} \right]$$

$$q_w = \frac{2,4 I \left[1 + \left(\frac{r_1}{2,4} \right)^2 \left(\frac{dP_r}{d\phi} \right)_a \left(\frac{P}{P_a} \right) \right]^{\frac{1}{2}} r_1}{2\pi r_1^2 \left(\frac{d\sigma}{d\phi} \right)^{\frac{1}{2}}} \quad (12)$$

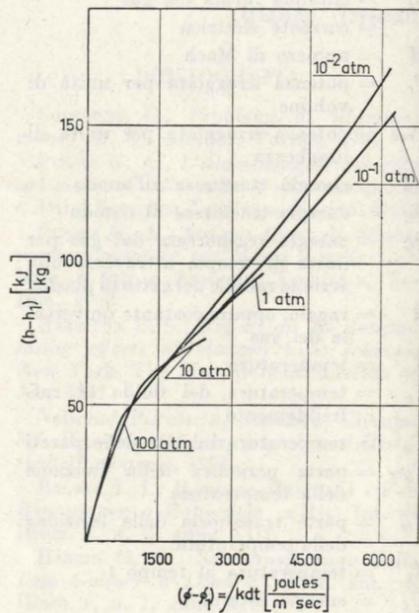


Fig. 3 - Relazione tra entalpia ed heat flow potential per l'aria.

L'entalpia media del gas ed il flusso di calore alle pareti sono legati dalla

$$\frac{h_M - h_1}{q_w} = \quad (13)$$

$$= \frac{2 \cdot \frac{dh}{d\phi} \left[\left(\frac{r_1}{2,4} \right)^2 - \frac{R^2}{2} \ln \frac{R}{r_1} + \frac{R^2 - r_1^2}{4} \right]}{R \left[1 + \left(\frac{r_1}{2,4} \right)^2 \left(\frac{dP_r}{d\phi} \right)_a \left(\frac{P}{P_a} \right) \right]}$$

Una simile espressione può essere ricavata per il gas nella regione in cui la densità degli elettroni è trascurabile

$$\frac{h_w - h_1}{q_w} = \quad (14)$$

$$= \frac{-R \frac{dh}{d\phi} \ln \frac{R}{r_1}}{\left[1 + \left(\frac{r_1}{2,4} \right)^2 \left(\frac{dP_r}{d\phi} \right)_a \left(\frac{P}{P_a} \right) \right]}$$

Anche i valori di $\frac{P_{rad}}{L}$ e $\frac{\phi_1 - \phi_w}{\phi_w}$ possono essere determinati:

$$\frac{P_{rad}}{L} = \quad (15)$$

$$= \frac{2,4}{r_1} I \left(\frac{r_1}{2,4} \right)^2 \left(\frac{dP_r}{d\phi} \right)_a \left(\frac{P}{P_a} \right) \frac{P}{\left(\frac{d\sigma}{d\phi} \right)^{\frac{1}{2}} \left[1 + \left(\frac{r_1}{2,4} \right)^2 \left(\frac{dP_r}{d\phi} \right)_a \left(\frac{P}{P_a} \right) \right]}$$

$$\frac{\phi_1 - \phi_w}{\phi_w} = \quad (16)$$

$$= \frac{R \ln \frac{R}{r_1}}{\left[1 + \left(\frac{r_1}{2,4} \right)^2 \left(\frac{dP_r}{d\phi} \right)_a \left(\frac{P}{P_a} \right) \right]}$$

ed r_1 può essere così calcolato.

I valori di $\left(\frac{dP_r}{d\phi} \right)_a$ e di $\left(\frac{d\sigma}{d\phi} \right)_a$ possono essere derivati da dati reperibili nella letteratura scientifica.

Utilizzando le equazioni sopra menzionate si può ora determinare il massimo valore di entalpia ottenibile in corrispondenza ad un certo valore di pressione del gas.

Si mantengono fissi, a tal fine, oltre che il valore della pressione del gas P/P_a anche i valori dell'entalpia del gas alle pareti h_w , dell'entalpia ai margini della zona conduttrice h_1 e del flusso di calore q_w alle pareti.

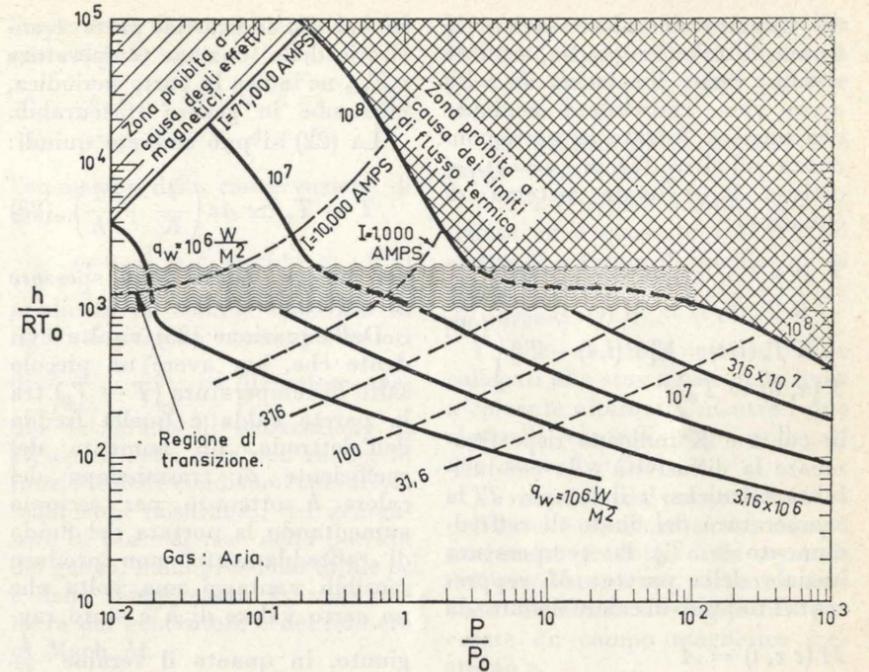


Fig. 4 - Prestazioni limite: linee di corrente costante.

Il valore del raggio R che rende massima l'entalpia del gas, si ottiene dalla equazione (13) tenendo conto delle limitazioni imposte dalla (12) e dalla (16).

Si nota che il massimo valore di entalpia si ottiene quando il flusso di calore alle pareti dovuto a conduzione e quello dovuto ad irraggiamento sono uguali.

Con tale procedimento è possibile ricavare una relazione tra $\frac{h_M}{RT_0}$ e $\frac{P}{P_a}$ in corrispondenza ad ogni valore di q_w .

In tal modo è stata ricavata la parte inferiore delle figure 4, 5, 6 [1]. Per temperature $T > 15.000^\circ K$ le proprietà del gas, per esempio aria, possono essere prrossimativamente descritte dalle seguenti relazioni:

$$h - h_1 = \frac{dh}{d\phi} (\phi - \phi_1) \quad (17)$$

$$P_r = (P_r)_a \left(\frac{P}{P_a} \right)^2 \quad (18)$$

$$\sigma = \sigma_a \quad (19)$$

Con un procedimento simile a quello seguito nel caso di valori di temperatura minori di 15.000° K e tenendo in conto, ora, il gradiente radiale di pressione causato dalle forze di « pinching » generate dalla corrente dell'arco interagente con

il proprio campo magnetico, si può ottenere la parte superiore delle figg. 4 e 5.

b) Resistenza degli elettrodi.

Poichè normalmente è richiesto un elevato grado di purezza nel gas ad alta temperatura, occorre dedicare particolare attenzione al problema della erosione degli elettrodi, che costituisce la principale fonte di impurità.

Il metodo più semplice per ridurre l'erosione degli elettrodi consiste nel ridurre la temperatura superficiale, il che può essere ottenuto raffreddando gli elettrodi mediante circolazione di acqua od altro fluido all'interno di essi.

Inoltre, se si applica un campo magnetico in direzione normale al getto di plasma, il punto di attacco dell'arco si sposta continuamente sull'elettrodo ed in tal modo il valore della temperatura alla superficie degli elettrodi viene reso più uniforme.

Una analisi unidimensionale [3] consente di ottenere una relazione tra la velocità di rotazione del punto di attacco dell'arco, le proprietà del materiale costituente gli elettrodi ed il coefficiente di trasmissione di calore del fluido adoperato per il raffreddamento degli elettrodi.

Assimilando gli elettrodi ad una lastra piana di spessore l , ricevente

un impulso di calore avente la forma di un'onda quadra, sul lato rivolto verso il plasma ($x = 0$) e che viene raffreddata mediante convenzione forzata in corrispondenza all'altra faccia ($x = l$), si ottiene il seguente sistema di equazioni:

$$\left. \begin{aligned} T_t &= \alpha T_{xx} \quad (0 \leq x \leq l, t > 0) \\ -K T_x(0, t) &= M(c\tau, t) \\ -K T_x(l, t) &= h[T(l, t) - T_c] \\ T(x, 0) &= T_0 \end{aligned} \right\} (20)$$

in cui α e K indicano rispettivamente la diffusività e la conducibilità termiche, t il tempo, T_c la temperatura del fluido di raffreddamento e T_0 la temperatura iniziale della parete; M rappresenta l'impulso di calore definito da

$$\left. \begin{aligned} M(c\tau, t) &= A \\ &\text{per } p\tau \leq t \leq (p+c)\tau \\ &\text{con } p \text{ intero} \\ M(c\tau, t) &= 0 \\ &\text{per ogni altro } t. \end{aligned} \right\} (21)$$

Applicando la trasformata di Laplace si può ottenere la seguente espressione per la temperatura della faccia calda dell'elettrodo

$$T(0, t) = \frac{Ac}{h} \left(1 + \frac{h}{K} l \right) + T_{ir} + T_{per} \quad (22)$$

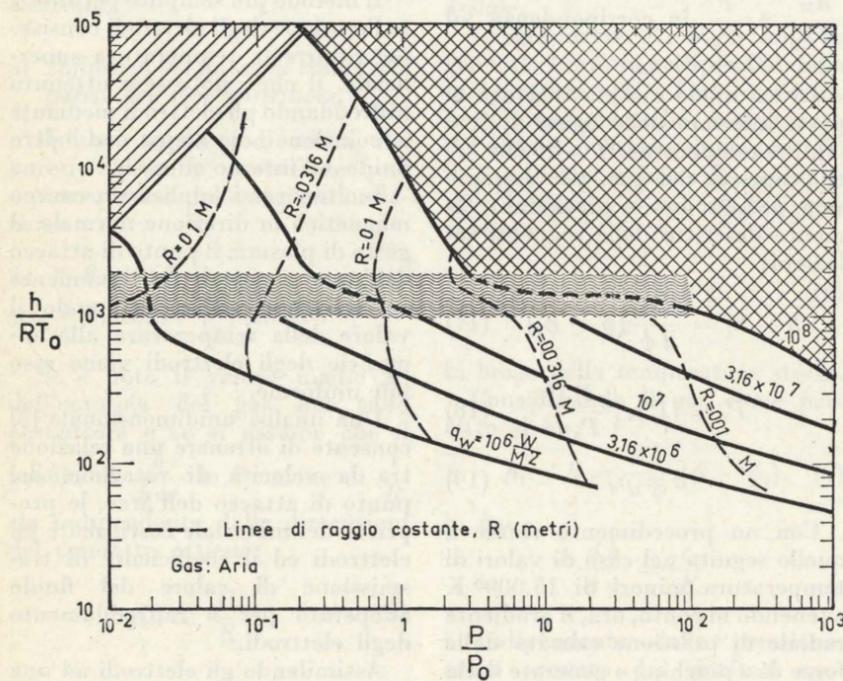


Fig. 5 - Prestazioni limite: linee di raggio costante.

in cui T_{ir} indica la parte transitoria della funzione temperatura e T_{per} ne indica la parte periodica, entrambe in genere trascurabili.

La (22) si può scrivere quindi:

$$T - T_0 \simeq Ac \left(\frac{l}{K} + \frac{1}{h} \right) \quad (23)$$

per piccoli valori dello spessore di diffusione.

Dall'equazione (23) risulta evidente che, per avere un piccolo salto di temperatura ($T - T_0$) tra la parete calda e quella fredda dell'elettrodo, un aumento del coefficiente di trasmissione del calore h ottenuto per esempio aumentando la portata del fluido di raffreddamento, non produce sensibili vantaggi una volta che un certo valore di h è stato raggiunto, in quanto il termine $\frac{l}{K}$ diviene preponderante.

Una diminuzione di ($T - T_0$) può essere ottenuta invece rendendo c molto piccolo: siccome c è un fattore puramente geometrico, dipendente solo dal rapporto tra il diametro della zona di attacco dell'arco e quello dell'elettrodo, grandi diametri degli elettrodi rendono c molto piccolo e perciò diminuiscono la differenza di temperatura $T - T_0$ tra la superficie fredda e quella calda dell'elettrodo.

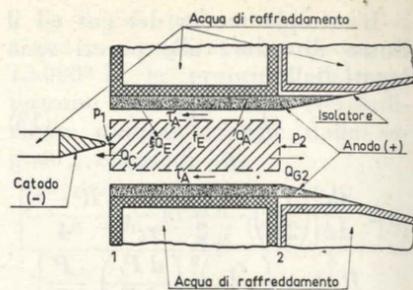


Fig. 6 - Analisi del flusso nella gola dell'anodo.

3. ANALISI DEL FLUSSO

Gli elevati valori di entalpia ottenibili mediante generatori di plasma rendono tali dispositivi adatti per applicazioni ed apparati sperimentali aerodinamici.

Al fine di poter valutare i dati sperimentali è essenziale in tal caso la conoscenza delle proprietà del flusso nella sezione di prova in corrispondenza alle caratteristiche operative del generatore.

a) Metodo di Stine e Watson.

Le proprietà del flusso nella sezione di prova possono essere determinate [4] se si assume un certo modello per il fenomeno di scambio di calore e si procede nei calcoli analizzando il fenomeno di scambio di calore tra l'arco, il gas e le pareti circostanti.

Questa impostazione del problema è stata usata da Stine e Watson [4] per la regione di flusso completamente sviluppato della colonna di plasma.

Il sistema di equazioni differenziali che deve essere risolto è derivato dalle equazioni di Navier Stokes, di Maxwell, dal primo principio della termodinamica e della equazione di stato.

Le principali assunzioni che riducono la difficoltà del problema ad un livello tollerabile sono le seguenti:

- le linee di flusso sono parallele all'asse del tubo costrittore;
- il potenziale elettrico è costante in piani perpendicolari a tale asse;
- le forze di Lorentz sono trascurabili;
- il trasporto, in direzione assiale, di energia e di quantità di moto è trascurabile.

Si suppone inoltre che il valore della pressione sia sufficientemente basso in modo che l'energia trasferita per radiazione sia trascurabile in confronto a quella trasferita per conduzione.

Per la soluzione di questo sistema vedasi (4).

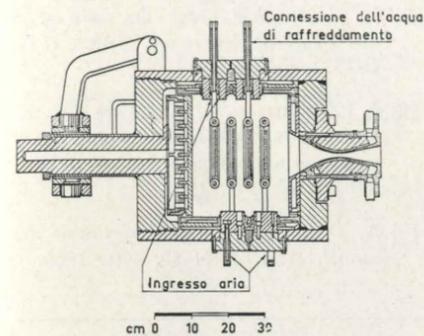


Fig. 7 - Schema del MARK IV

b) Condizioni soniche.

Per determinare l'effetto di un arco elettrico sulle proprietà del flusso del gas in un generatore di plasma non è sempre necessario conoscere il meccanismo di scambio di calore tra l'arco ed il gas.

Se l'energia trasferita al gas dall'arco elettrico produce flusso sonico e non si verifica nessuno scambio di calore tra l'arco ed il gas a valle della sezione sonica, allora le proprietà termo e gasdinamiche nella sezione sonica possono essere calcolate [5] per mezzo delle equazioni del moto da una equazione che descrive lo stato termodinamico del gas e da una equazione di bilancio energetico applicata all'intero generatore di plasma (fig. 6).

Se si usano le relazioni isentropiche locali tra temperatura e pressione:

$$T = T_0 \left(1 + \frac{\gamma - 1}{2} M^2 \right)^{-1} \quad (24)$$

$$p = p_0 \left(1 + \frac{\gamma - 1}{2} M^2 \right)^{-\frac{\gamma}{\gamma - 1}} \quad (25)$$

con l'equazione di stato

$$p = \rho R T \quad (26)$$

l'equazione di conservazione dell'energia:

$$\left(\frac{5}{2} RT + \frac{u_2^2}{2} + \alpha_2 \frac{U_i}{m} \right) - \left(\frac{5}{2} RT + \frac{u_1^2}{2} \right) + \frac{W_E}{m} = Q_G \quad (27)$$

l'equazione di conservazione della quantità di moto

$$\begin{aligned} \rho_2 u_2^2 A - \rho_1 u_1^2 A &= \\ &= p_1 A - p_2 A + F_R \end{aligned} \quad (28)$$

l'equazione della conservazione di massa

$$\rho_1 u_1 A = \rho_2 u_2 A = \dot{m} \quad (29)$$

applicate al volume mostrato in fig. 6 si possono ottenere i valori di $\frac{p_{02}}{p_{01}}$, $\frac{T_{01}}{T_{02}}$ ed il valore medio del grado di ionizzazione α_2 all'uscita della gola dell'anodo, in funzione delle condizioni operative, facilmente misurabili, del generatore di plasma, cioè della portata del gas \dot{m} , della pressione totale p_0 e della temperatura T_0 nella camera del generatore e del numero di Mach M .

4. CENNI DESCRITTIVI DI UN GENERATORE DI PLASMA AD ARCO « MARK IV »

Il « Mark IV » costruito nel 1966 dall'United States Naval Ordnance Laboratory, White Oak, Maryland

[6], può essere considerato un tipico esempio di generatore di plasma ad arco elettrico e viene qui brevemente descritto.

Uno schema del « Mark IV » è rappresentato in fig. 7.

L'arco è alimentato da corrente trifase ed è generato fra quattro elettrodi a forma di anelli « quasi chiusi », di rame ad elevato valore di purezza.

I due elettrodi esterni sono collegati alla stessa fase della linea a corrente alternata, mentre i due elettrodi centrali sono collegati alle altre due fasi.

La rotazione del punto di attacco dell'arco è assicurata dal campo magnetico prodotto dalla corrente dell'arco stesso e pertanto non sono necessari avvolgimenti per creare un campo magnetico « esterno ».

Il grande diametro degli elettrodi ne riduce l'erosione, come indicato nella sezione 2b) del presente lavoro e la camera di ristagno che circonda gli elettrodi e si estende fino all'ugello serve a rendere la temperatura e la velo-

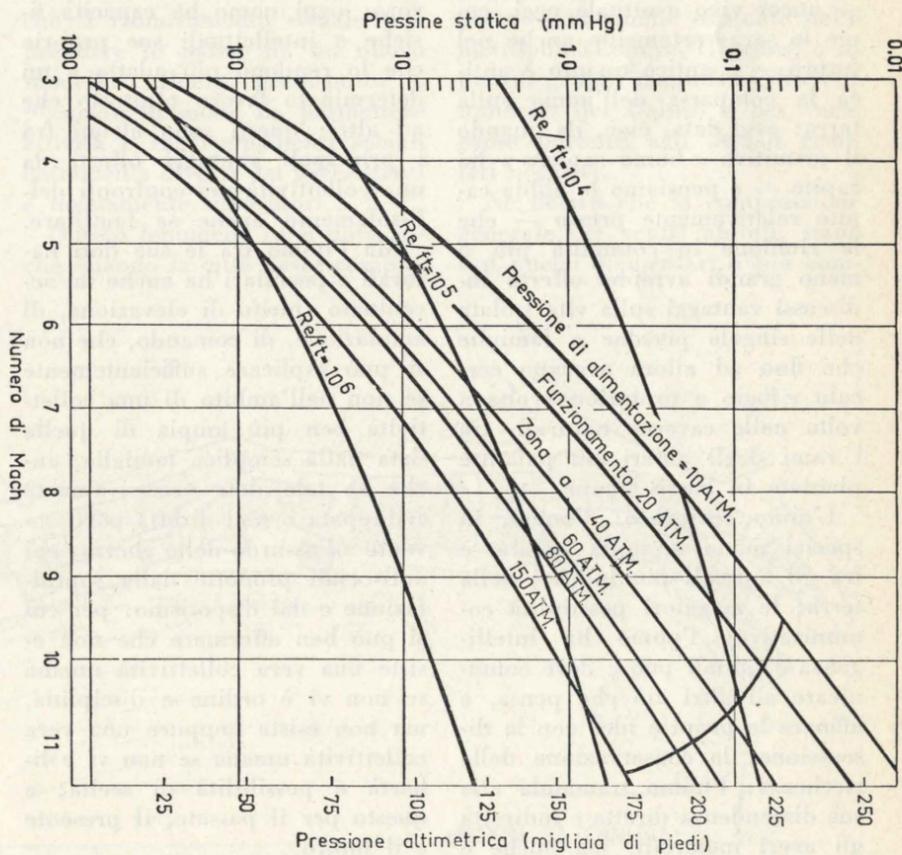


Fig. 8 - Regimi operativi del tunnel in corrispondenza ad una temperatura del gas pari a 4000 °K.

cità del plasma uniformi a monte dell'ugello.

Essendo le dimensioni della camera di ristagno piccole in confronto a quelle degli elettrodi, le perdite di calore alle pareti della camera non sono troppo severe. La figura 8 mostra il regime operativo del tunnel in corrispondenza ad una temperatura del gas di 40.000° K.

Il generatore di corrente è una unità a corrente alternata trifase che può erogare 3000 KVA per periodi di due minuti ad un'ora di distanza l'uno dall'altro.

Il rendimento del generatore di plasma, definito come rapporto

tra l'energia posseduta dal gas a valle del generatore a quella fornita agli elettrodi, è pari a circa il 25^o/₀.

Cesare Boffa

L'autore desidera ringraziare il Prof. Cesare Codegone, Direttore dell'Istituto di Fisica Tecnica ed Impianti Nucleari, del Politecnico di Torino ed il Prof. Emil Pfender, Heat Transfer Division, Mechanical Engineering Department, University of Minnesota, per l'incoraggiamento e la guida ricevuti.

REFERENZE

[1] G. L. CANN e R. D. BUHLER, *A survey and prediction of the performance capability of coaxial arc heaters*, Agardograph 84, Sett. 1964.

[2] E. R. G. ECKERT e E. PFENDER, *Advances in plasma heat transfer*, Academic Press, New York.

[3] R. L. PHILLIPS, *Fundamental considerations in Arc Heaters Design*, Agardograph 84, sett. 1964.

[4] H. A. STINE e V. R. WATSON, *The theoretical Enthalpy distribution of air in steady flow along the axis of a direct current electric arc*, NASA T. N. D-1331, agosto 1962.

[5] J. P. FROHLICH, G. E. STAATS e W. K. MCGREGOR, *Gasdynamic Analysis of an arc heated plasma facility*, AEDC TR 67-168, ott. 1967.

[6] A. D. S., *The NOL 3 Megawatt arc tunnel*, NOLTR 66-80, sett. 1966.

IL PROBLEMA URBANISTICO-SOCIALE DELLA CASA SPUNTI COMPOSITIVI (I)

GIORGIO RIGOTTI analizza per grandi linee la concordanza fra la tipologia sociale di un gruppo di popolazione e la tipologia compositiva del gruppo di case che la ospita, e porta l'esempio della borgata di Corricella nell'isola di Procida.

Il problema della vita collettiva e sociale di gruppi di popolazione — ancor vivo e attuale oggi, come lo sarà certamente anche nel futuro — è antico quanto è antica la comparsa dell'uomo sulla terra: esso data, cioè, da quando il primitivo « homo sapiens » ha capito — e pensiamo lo abbia capito relativamente presto — che la riunione in comunità più o meno grandi avrebbe offerto indiscussi vantaggi sulla vita isolata delle singole persone e famiglie che fino ad allora avevano cercato rifugio e protezione volta a volta nelle caverne naturali, fra i rami degli alberi, su palafitte piantate in basse lagune.

L'aiuto reciproco: l'uomo, in special modo se unità isolata, è fra gli animali più indifesi della terra; le maggiori possibilità comunicative: l'uomo ha intelligenza e quindi può e deve comunicare ad altri ciò che pensa, e affinare le proprie idee con la discussione; la conservazione della ricchezza: l'uomo tramanda alla sua discendenza diretta e indiretta gli averi materiali, ma anche e soprattutto il sapere e i risultati,

positivi o negativi, delle sue esperienze; la suddivisione del lavoro: ogni uomo ha capacità fisiche e intellettuali sue proprie che lo rendono più adatto a un determinato lavoro piuttosto che ad altri; questi sono alcuni fra i principali vantaggi offerti da una collettività nei confronti dell'isolamento anche se familiare.

Ma l'uomo fra le sue doti naturali e peculiari ha anche un accentuato spirito di elevazione, di emulazione, di comando, che non si può esplicitare sufficientemente se non nell'ambito di una collettività ben più ampia di quella data dalla semplice famiglia, anche se tale dote eccessivamente sviluppata o mal diretta porti sovente all'assurdo delle aberrazioni antisociali prodotte dalla sopraffazione e dal dispotismo: per cui si può ben affermare che non esiste una vera collettività umana se non vi è ordine e disciplina, ma non esiste neppure una vera collettività umana se non vi è libertà e possibilità di scelta; e questo per il passato, il presente e il futuro.

È in fondo, nel complesso, il

caratteristico fenomeno del sinecismo più o meno spontaneo che, fra gli altri, ha portato all'esempio nell'antica Grecia della tipica e strettamente collegata sequenza di coagulazione materiale e giuridica: famiglia-fratria-tribù-città, origine dello sviluppo accentratore di nuclei preesistenti (come nel caso di Atene) oppure della formazione di nuovi complessi urbani (come nel caso di Rodi).

Strettamente collegato al problema della vita collettiva e sociale di un gruppo di popolazione è, come appare logico, il problema della casa, o meglio del raggruppamento delle case di abitazione e dei luoghi destinati al lavoro e ai rapporti di interscambio fra le persone di una comunità; problemi che se pur a volte e temporaneamente possono apparire uno predominante sull'altro, in realtà sono sempre reciprocamente in diretta interdipendenza — che dovrebbe essere anche contemporanea — in quanto non è concepibile che un'attività umana possa svolgersi se non ha un luogo, uno spazio, di forme e dimensioni adatte a raggiungere

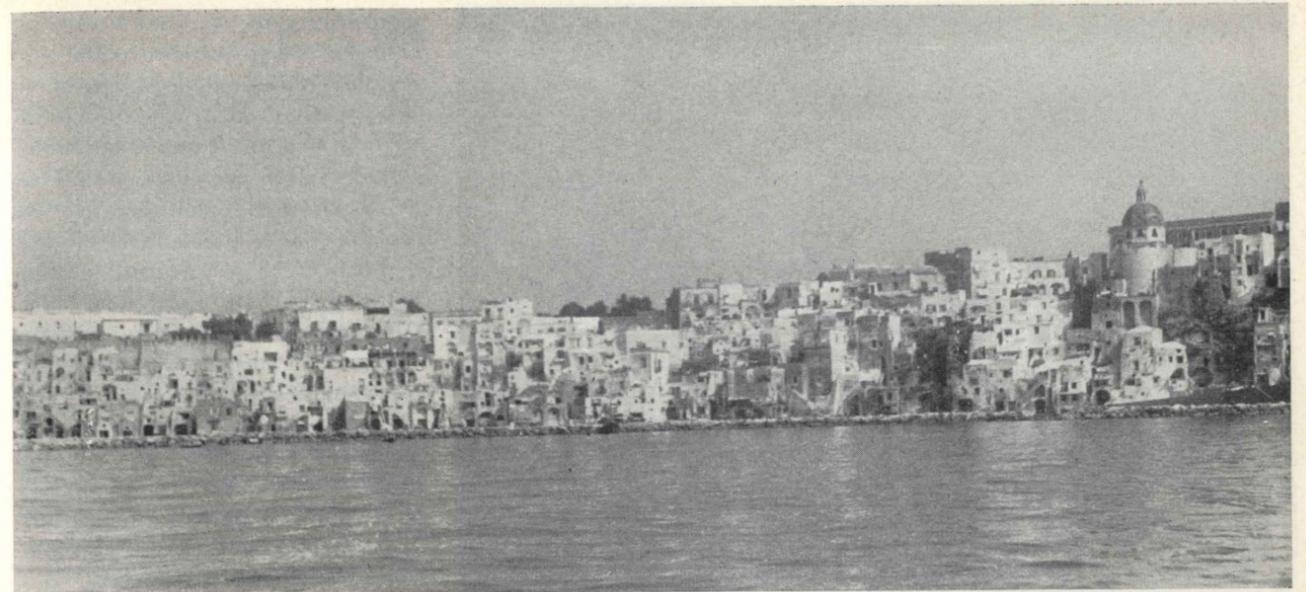


Fig. 1 - La Corricella vista dal mare.

gli scopi per cui quell'attività è nata.

Abbiamo a bella posta usato il condizionale per l'attributo contemporanea, perchè — come accade specialmente nei tempi più vicini a noi — l'evoluzione delle condizioni sociali (nei secoli passati di solito molto lenta, e perciò facile a essere seguita) può per varie ragioni assumere un andamento convulso, violento e a volte troppo rapido per poter essere convenientemente affiancata dalla evoluzione compositiva dei centri abitati, per forza di cose molto più pigra a mutare data l'enorme

inerzia della massa costruita e delle attività umane preconstituite.

In qualche caso può anche succedere il contrario, cioè che la massa costruita — per cataclismi naturali o artificiali — venga a un certo momento quasi distrutta o completamente annullata, così che il rinnovamento sociale può prendere le mosse da un nuovo modello urbano predisposto e plasmato in modo da permettere attività e raggruppamenti sociali nettamente diversi dai preesistenti e decisamente innovatori.

Questo fenomeno lo si nota anche quando la città nasce comple-

tamente nuova su un terreno libero e con piano prestabilito, e ne sono esempi recentissimi le « new towns » inglesi, nate appunto per la massima parte allo scopo di realizzare un modello di vita sociale del tutto diverso — si potrebbe dire, anzi, in antitesi netta — da quello esistente nelle metropoli (Londra, Glasgow) o in piccoli gruppi degradati (distretti minerari del Galles) e per varie cause portanti agli attuali risultati negativi.

Ne deriva che la composizione generale dei centri abitati, siano essi nuclei elementari o più com-

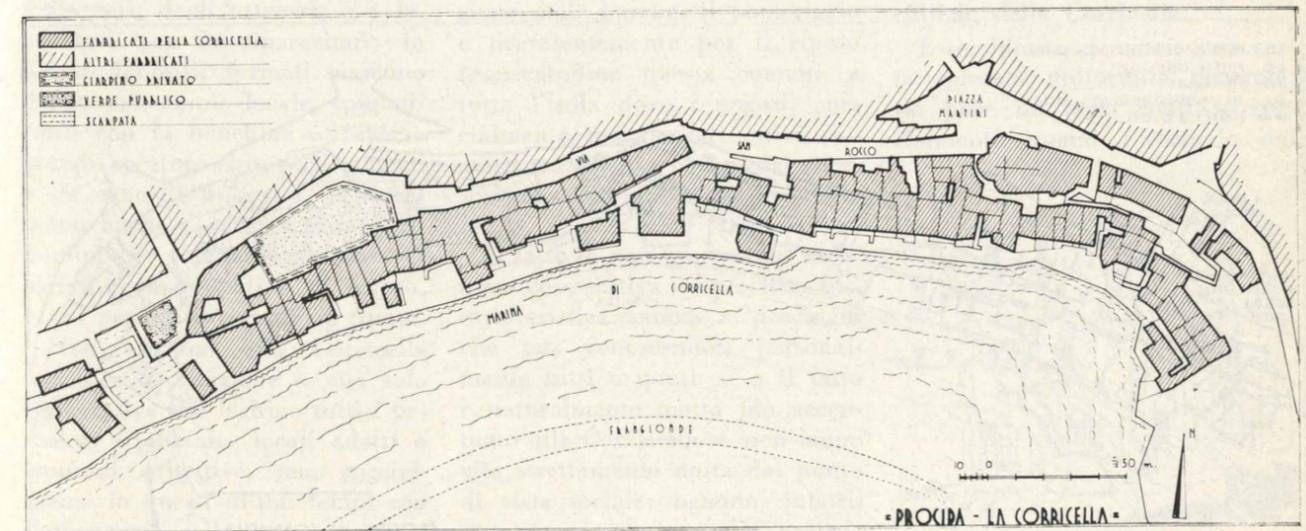


Fig. 2 - Planimetria della Corricella.

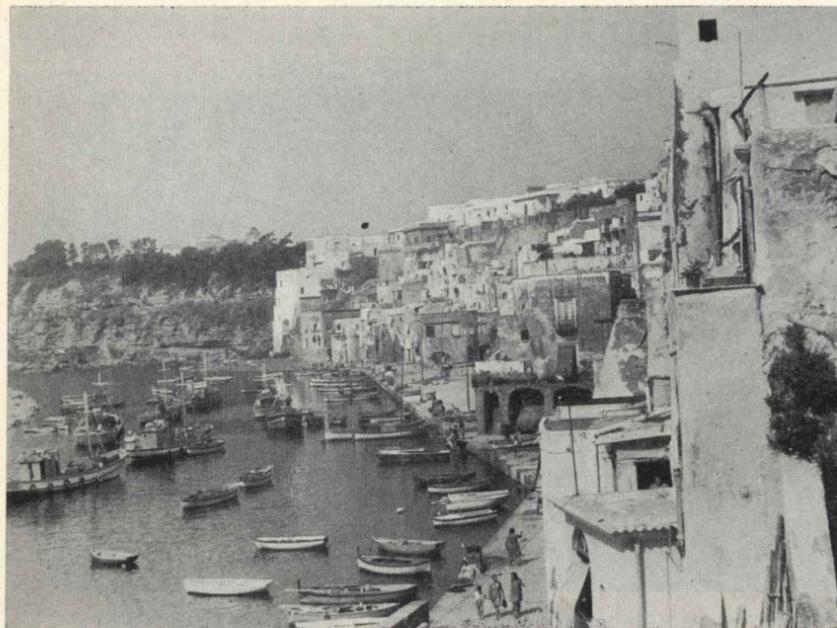


Fig. 3 - La banchina del porticciolo dalla via San Domenico.

plexi raggruppamenti di unità semplici, rispecchia in maggiore o in minor misura la composizione sociale della collettività che li ha resi necessari e quindi li ha creati, e per un certo verso e fino a un certo limite ne denuncia anche le successive mutazioni nel tempo, pur mantenendo nei secoli quella continuità, quei ritorni e quella logica conseguenza che caratterizzano l'evoluzione umana.

A Procida, la Corricella (che vorrebbe significare «bella contrada») è un raggruppamento di

fabbricati residenziali formante una borgata a se stante, sorto intorno al secolo XI — e pare ancora antecedente al mille — come uno dei primi nuclei costruiti nell'isola lungo la costa del mare.

Da allora la Corricella si è ampliata e sviluppata ma è rimasta nel tempo ancorata alla sua funzione primitiva e principale di borgo di pescatori abbarbicato alla ripida costa orientata verso sud (il dislivello fra il mare e la vicinissima strada superiore è variabile da metri 25 a 35), a diretto contatto con la marina posta in fondo a un piccolo golfo forte-

mente arcuato, già naturalmente abbastanza ben protetto dalle mureggiate di libeccio e di greco, e ora riparato anche da quelle di scirocco da un frangionda artificiale isolato e parallelo alla costa.

L'espansione dell'abitato di Procida (che si attesta invece lungo il porto vero e proprio situato nell'opposto lato nord dell'isola) poco per volta ha saldato in serie continua il borgo — prima quasi completamente isolato — al concentrico principale di cui ora forma parte integrante pur mantenendo, a sud della via San Rocco, la sua unità primitiva e i caratteri distintivi che ne formano un compatto complesso particolare, dominato dalla chiesa e protetto dal castello la cui ripida strada di accesso è naturale prosecuzione di via San Rocco.

Vi abitano circa 600 persone raggruppate in un centinaio di famiglie delle quali la massima parte di origine procidiana o proveniente dalla vicina Napoli; l'occupazione principale è la pesca, la navigazione (specialmente i giovani frequentano la locale scuola nautica per la marina mercantile) e le attività con queste direttamente connesse.

Ogni famiglia ha la sua casa, la sua cellula — si direbbe oggi —, formata di una o due camere più la cucina-pranzo, e dalla massima parte delle cellule si discende di-

rettamente alla marina attraverso scalinate e condotti privati o consortili che soltanto in tre casi (discesa Corricella, via Carmine, via San Domenico) diventano passaggi pubblici e pongono in comunicazione il lungo-mare con la via San Rocco o con la salita al Castello (la scalinata verso ovest è di recentissima costruzione, ed è collegata alla nuova strada veicolare per Procida-porto e al nuovo piccolo giardino-belvedere pubblico; il tracciato della vecchia strada piegava, invece, a lato del fabbricato d'angolo e si inseriva fra le due case ancora visibili all'estremo ovest).

Per questo tipo di comunità sono infatti molto più frequenti e indispensabili le comunicazioni con la banchina e il porticciolo di quelle con l'entroterra, in quanto le prime portano al luogo normale di lavoro e di riunione giornaliera, mentre le seconde rappresentano semplicemente un collegamento occasionale, anche se necessario e periodico (chiesa, negozi di prima necessità in via San Rocco, piazza Martiri luogo di riunione festiva e religiosa, ecc.) sempre tenuto presente che il pesce pescato (attività principale) è per la quasi totalità inoltrato direttamente per via mare al più importante mercato della vicina Pozzuoli.

Ai piani terreni delle case sono sistemati i depositi delle barche, delle reti, degli attrezzi, e i laboratori per le riparazioni; in questi depositi, formati ciascuno da un solo ampio locale, comunicanti con la banchina attraverso grandi aperture chiuse da portoni e da cancelli in legno, si riuniscono anche a piccoli gruppi gli uomini per i loro diretti contatti sociali, commerciali e di lavoro, e nei periodi invernali di riposo.

Non esistono alla Corricella un'unica associazione o una sola cooperativa che leghino tutti i pescatori e abbiano locali adatti a riunioni collettive, ma, specialmente in questi ultimi tempi con l'affermarsi della pesca motorizzata, si raggruppano privatamente

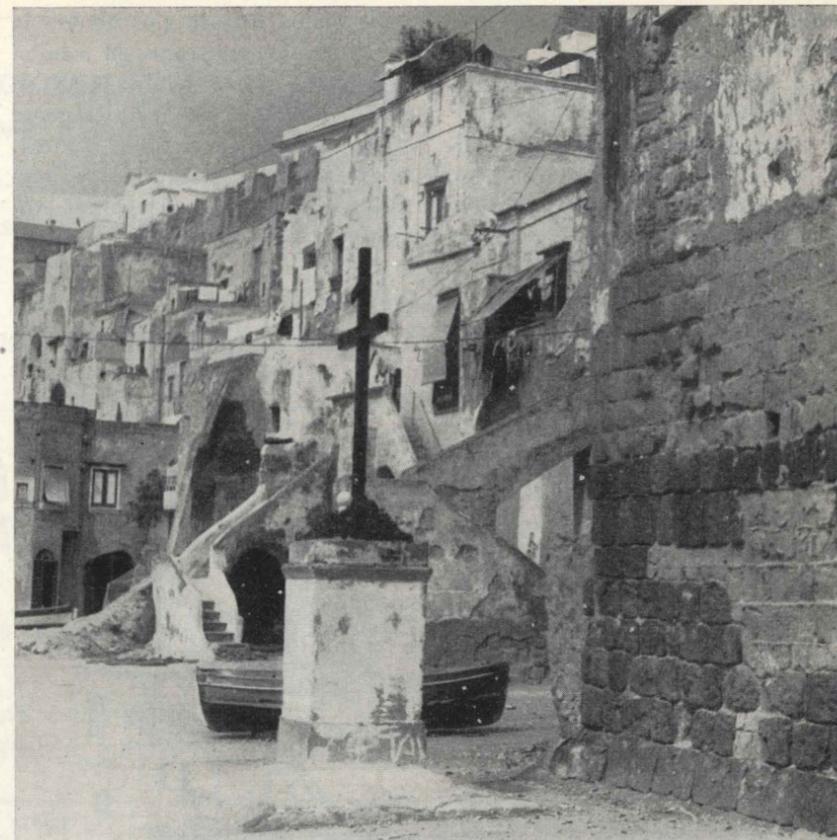


Fig. 5 - La Corricella, il baricentro dello spazio collettivo.

tre o quattro capifamiglia in società più o meno rudimentali (a volte alla pari, a volte con padrone e dipendenti) per acquistare, attrezzare e usare il motopeschereccio.

La pesca è in genere notturna, la mattina è destinata alla cernita e alla vendita del pesce, al lavoro per la pulizia e la manutenzione delle barche, il pomeriggio è prevalentemente per il riposo (consuetudine questa comune a tutta l'isola dove i negozi, specialmente nei periodi estivi, sono normalmente chiusi dal mezzogiorno fino alle prime ore della sera).

Il fatto di non aver creato un'unica cooperativa rispecchia una caratteristica comune ai procidani che pur conoscendosi personalmente tutti o quasi — e il fatto è naturalmente molto più accentuato alla Corricella — non fanno vita strettamente unita dal punto di vista sociale: ognuno, infatti, ama mantenere intatte le proprie libertà e personalità anche se pla-

smate e contenute in una spontanea armonia generale collettiva.

Questo fenomeno sociale — così ben preciso e delimitato — si materializza e assume l'aspetto di un fenomeno architettonico-compositivo chiaramente individuabile e in modo netto dominante se si prende in esame e si analizza nel suo insieme l'intero complesso edilizio della Corricella.

Esso, infatti, denuncia una certa spiccata uniformità generale, sia pure un poco confusa, specialmente quando, venendo dal

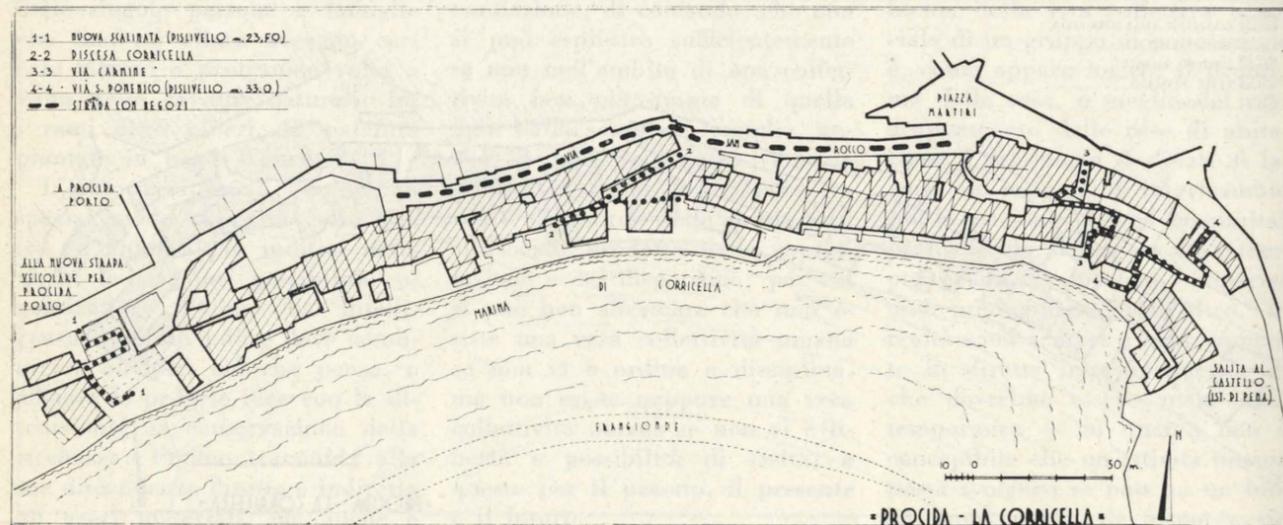


Fig. 4 - Planimetria della Corricella.

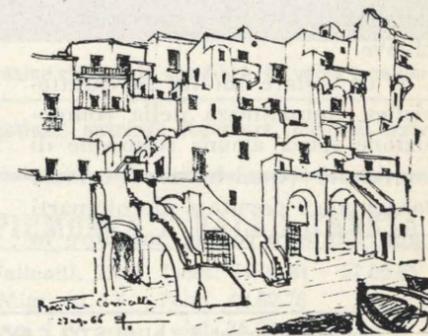


Fig. 6 - Un particolare della composizione.

mare, lo si vede da lontano e lo si abbraccia totalmente; uniformità che ricorda quasi uno sfondo di mosaico ottenuto con tessere più o meno uguali per forma e per colore, su cui risaltano soltanto da un lato — quasi motivi isolati — l'abside e la cupola della chiesa che sovrastano decisamente le altre costruzioni.

Ma quando ci si avvicina, e la visione diventa più nitida, dettagliata, e anche frazionata in successivi quadri, le singole unità edilizie sovrapposte e affiancate in serie continua acquistano una propria personalità, un loro carattere distintivo specifico, derivanti dalle necessità della famiglia che le occupa e dalla posizione in cui sorgono, che ammettono — o, diremo meglio, dettano — la soluzione di quella cellula particolare, volta a volta sporgente o rientrante, con loggia o senza, su uno o su due piani, con semplici finestre o con balconcini, con copertura voltata o piana.

Risalta anche la plasticità della composizione di notevole unitarietà ma giocata in tutta la sua estensione con ritmi ascendenti e orizzontali, sempre variati, sempre nuovi, però ottenuti con elementi quasi uniformi derivanti dall'abbastanza uniforme scopo della cellula, e collegati dal plastico e libero sviluppo delle rampe di scale che si protendono isolate su archi e volte verso la marina; la composizione potrebbe essere paragonata a un rigo musicale in cui il motivo principale (sinco-pato o melodico che sia) è ottenuto con l'accostamento ponderato di poche note semplici fondamentali, escluse le variazioni in chiave.

È da notare inoltre la caratteristica compattezza della composizione senza alcuna soluzione di continuità (qualche rara breccia marginale è dovuta a piccole parti oggi cadute in rovina, ma dove in

molti punti è stata già iniziata la ricostruzione seguendo gli schemi primitivi), senza pause verdi di alberi o giardini, praticamente senza cortili e spazi liberi interni, in cui anche le poche strade, tortuose e defilate, scompaiono totalmente alla vista.



Fig. 7 - Un particolare della composizione.

A ragion veduta si può dire, infatti, che tutta la Corricella nel suo complesso sia formata da una sola grande casa, affacciante su uno spazio libero collettivo — la banchina del piccolo porto —, di fronte al mare aperto e costruita apposta per un gruppo di popolazione socialmente uniforme, avente gli stessi caratteri, le stesse necessità collettive, le stesse aspirazioni, e pur formato da singole e distinte personalità ⁽¹⁾.

⁽¹⁾ E anche sotto questo profilo sociale, oltre che per l'evidente analogia compositiva, ci pare giustificato l'accostamento con lo «Habitat 67» formato da cellule residenziali modulate e prefabbricate, presentato dall'arch. Moshe Safdie e suoi associati come padiglione di Israele alla recente Esposizione mondiale di Montreal.

Compattezza limitata e racchiusa, quasi finita e conclusa, in alto dalle masse — si potrebbero definire, per l'ampiezza delle superfici uniformi, anomale nella tormentata composizione — della chiesa verso l'estremo est e del muraglione a sostegno dell'unico giardino privato verso l'estremo ovest.

E più o meno le stesse caratteristiche ritroviamo anche nello spazio libero collettivo su cui sboccano le rampe delle scale portanti ai singoli alloggi (o gruppi di alloggi) e concentrato lungo la calata del porticciolo in un'unitarietà lineare senza discontinuità adatta a permettere le facili comunicazioni e gli scambi sociali continui e immediati su tutta la lunghezza del complesso che si sviluppa, seguendo la curvatura della costa, per circa 400 metri.

Tali linearità e continuità però sono ottenute non in maniera piatta e uniforme come si trattasse di una comune strada, ma con una sequenza armonica di piccoli ambienti ben delimitati da edifici sporgenti e da edifici arretrati che isolano vere e proprie piazzette — sempre aperte sul mare — adatte al frazionamento delle attività di lavoro e di riposo delle singole parti e dei gruppi elementari formanti la comunità.

Il polo principale di questo spazio libero è presso l'asse baricentrico della sistemazione ed è individuato e accentuato dal piloncino con la croce votiva e dall'unico negozio-bar aperto lungo la riva.

Questo spunto compositivo parrebbe dunque anticipare di qualche secolo il modernissimo tema della «megacasa», qui meravigliosamente risolto perchè non semplice teoria polemica nata a tavolino, ma felice realizzazione derivata spontaneamente da fattori umani e da fattori naturali a vicenda compenetrati.

Giorgio Rigotti



**SOCIETÀ GENERALE
MACCHINE EDILI**

Impianti di frantumazione, classifica lavaggio, trasporto, sollevamento, macinazione minerali.

Complessi "Linatex" per lavaggio, ricupero asciugamento sabbia.



**ALLGEMEINE BAUMASCHINEN
GESELLSCHAFT**

Rulli compressori vibranti a tandem ed a traino fino a 110 HP.

Vibrofinitrici stradali per manti bituminosi e per stabilizzazione calcestruzzo magro.

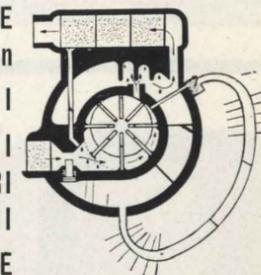


VENANZETTI VIBRAZIONI S.p.A.

MACCHINE ED ATTREZZATURE VIBRANTI
ELETTRICHE, MAGNETICHE, PNEUMATICHE
PER EDILIZIA ED INDUSTRIA

COMPRESSORI ROTATIVI E
ALTERNATIVI da 1 a 30 mc/min

BATTIPALI
MARTELLI
PERFORATORI
DEMOLITORI
ATTREZZATURE



ING. ENEA MATTEI S.p.A. - VIMODRONE (MILANO)

Ingg. BERTOLAZZI & LEVI - Corso Sommeiller, 6 - Telef. 60.015 - 65.14.18 - TORINO

prodotti di amianto-cemento

Eternit

marca depositata

lastre	ondulate e piane per coperture, rivestimenti, soffittature, pannelli, isolamento elettrico e termoacustico, torri di refrigerazione, applicazioni speciali, ecc.
tubi	per condotte forzate, acquedotti, gasdotti, fognature, irrigazione, ventilazione, scarichi, drenaggi, pluviali, ecc.
prodotti diversi	canne per impianti di ventilazione, cappe, camini, canne fumarie normali ed a tiraggio rinforzato, depuratori di fuliggine, pannelli, canali e tubi portacavi, recipienti, vasi per fiori, ecc.
traverse ferroviarie	per ferrovie principali e secondarie, metropolitane, raccordi e parchi ferroviari, binari industriali, binari speciali, ecc.

prodotti di materia plastica

lastre FILON	ondulate traslucide di resine rinforzate con fibre di vetro e nailon
tubi Eterplast	per liquidi e gas in pressione, scarichi, fognature, pluviali, irrigazione, ecc.

Eternit
soc. p. az.
Sede in Genova

Capitale Sociale L. 6.000.000.000 Int. versato

FILIALE PER IL PIEMONTE E VALLE D'AOSTA

TORINO - uffici: C.so Matteotti, 28 - Telef. 51.08.81 - 52.09.61
depositi: Via Miglietti, 17 - Telef. 48.82.76
Via Monfalcone, 177 - Telef. 36.24.22
NOVARA - Viale Verdi, 28-30 - Telef. 29.2.00

Direttore responsabile: **AUGUSTO CAVALLARI-MURAT** Autorizzazione Tribunale di Torino, n. 41 del 19 Giugno 1948

STAMPERIA ARTISTICA NAZIONALE - TORINO