

SOCIETÀ
DEGLI INGEGNERI E DEGLI ARCHITETTI
IN TORINO

ATTI E RASSEGNA TECNICA

Anno 121

XLII-1-2

N U O V A S E R I E

GENNAIO
FEBBRAIO 1988

ATTI DELLA SOCIETÀ

RASSEGNA TECNICA

POLITECNICO DI TORINO
SISTEMA BIBLIOTECARIO

libro «Fornaci»

PER

15

3059

B. ASTORI, MASERA, Considerazioni sulla precisione della rappresentazione topografico-fotogrammetrica — E. TAMAGNO, di ricostruzione di Grangesis — Tesi di laurea in Ingegneria e in Architettura — S. AIASSA, Relatore, MAGNA, Teoria della progettazione e stabilità strutturale

BIBLIOTECA DI INGEGNERIA

SPEDIZIONE IN ABBONAMENTO POSTALE - GR. III/70 - MENSILE

ATTI E RASSEGNA TECNICA

DELLA SOCIETÀ DEGLI INGEGNERI E DEGLI ARCHITETTI IN TORINO

RIVISTA FONDATA A TORINO NEL 1867

NUOVA SERIE - ANNO XLII - Numero 1-2 - GENNAIO-FEBBRAIO 1988

SOMMARIO

ATTI DELLA SOCIETÀ

G. PIZZETTI, *Presentazione del libro «Fornaci»* . . . pag. 1

RASSEGNA TECNICA

B. ASTORI, D. MASERA, *Considerazioni sulla precisione della rappresentazione topografico-fotogrammetrica* » 5
E. TAMAGNO, *L'intervento di ricostruzione di Grandesises* » 17

Tesi di laurea in Ingegneria e in Architettura

S. AIASSA, *Relatore: M. MONTAGNA, Teoria della progettazione e stabilità strutturale* » 23

Direttore: Roberto Gabetti

Vice-direttore: Elena Tamagno

Redattore-capo: Francesco Barrera

Comitato di redazione: Giovanni Bardelli, Guido Bonicelli, Giuseppe Camoletto, Vera Comoli Mandracci, Rocco Curto, Giorgio De Ferrari, Mario De Giuli, Marco Filippi, Piero Gastaldo, Gian Federico Micheletti, Vittorio Nascé, Franco Pennella, Mario Federico Roggero, Cristina Sertorio-Lombardi, Giovanni Torretta, Giuseppe Varaldo, Anna Maria Zorgno Trisciunglio.

Comitato di Amministrazione:

Presidente: Giuseppe Fulcheri

Segretario: Laura Riccetti

Vice Segretario: Emanuela Recchi

Tesoriere: Giorgio Rosental

Sede: Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino, Corso Massimo d'Azeglio 42, 10125 Torino, telefono 011 - 6508511



ISSN 0004-7287

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

NELLO SCRIVERE AGLI INSERZIONISTI CITARE QUESTA RIVISTA |

Presentazione del libro «Fornaci»

Nell'ambito delle iniziative della nostra Società, giovedì 3 marzo 1988, è stato presentato il volume E. TAMAGNO, Fornaci; Terre e pietre per l'ars aedificandi, Torino, Allemandi, 1987, pubblicato per iniziativa del Gruppo Unicem. Riportiamo qui il testo dell'introduzione al volume pronunciata in quella sede dal socio Giulio PIZZETTI (), che egli ci ha cortesemente messo a disposizione.*

Penso di poter iniziare col dire che questo volume riflette la statura culturale, la vocazione alla docenza e l'amore per la ricerca della collega — e cara amica anche se tanto più giovane di me — Elena Tamagno. Una personalità culturale che la porta sempre ad inquadrare i temi afferenti l'architettura e l'urbanistica su un piano che è allo stesso tempo di grande ampiezza e generalità e di estrema precisione storica, tecnicistica e tecnologica. La sua esposizione in effetti, anche se è di carattere generale ed il giro di orizzonte è ampio, non diventa mai generica, tutt'altro: vi è un continuo riscontro, una precisa verifica con tutto il mondo della pratica, della formalizzazione tecnologica: è soprattutto sempre presente e sentita la verifica del trapasso dall'idea e dalla concettualità alla manualistica, all'espressione pratica più specifica e più direttamente intesa al servizio del progettista, dell'architetto, del costruttore.

Se dunque questo volume si intitola *Fornaci*, direi che il suo «corpo» è meglio specificato nel sottotitolo *Terre e pietre per l'ars aedificandi*. In effetti il tema trattato è proprio questo: lo studio e la valutazione generale, in un arco storico che

praticamente inizia dall'anno zero e va fino ai nostri giorni, di quello che hanno significato le terre e le pietre nelle vicende dell'uomo costruttore, dell'uomo che continuamente cerca nuove manifestazioni creative.

Io sono uno strutturista, la deformazione professionale alla mia età è ormai irreversibile: in più sono uno strutturista che si è preminentemente occupato di costruzioni in laterizio ed in calcestruzzo semplice ed armato: quindi mi perdonerete se talune mie riflessioni sono un po' di chiave di interpretazione strutturale o addirittura statico-strutturale: forse E.T. non aveva pensato a certi motivi che potevano essere innescati dai suoi studi e dalla sua esposizione: se così è certe mie considerazioni saranno una dimostrazione in più, una verifica della grande fecondità della tematica da lei trattata in questo volume.

Perché i leganti, i mattoni, le pietre artificiali sono così importanti e sempre attuali anche nell'epoca dell'acciaio, dei materiali sintetici, delle tecnologie avanzate?

Penso che si possa affermare, senza timore di smentita, che da sempre l'uomo attinse l'ispirazione delle sue intuizioni strutturali da due tipi di costruzioni che la natura gli offriva: la struttura rigida, massiccia, quale la roccia o la pietra naturale (classificata addirittura come indeformabile) e la struttura deformabile, flessibile, quella delle

(*) Ingegnere, professore ordinario fuori ruolo di Tecnica delle costruzioni presso il Dipartimento di Progettazione architettonica del Politecnico di Torino.

piante e degli esseri viventi, capace di trovare la sua situazione di equilibrio grazie appunto ad una adeguata adattabilità alle azioni dei carichi esterni.

Così la sua intuizione strutturale prima (e questo per molti millenni) e la sua Scienza delle Costruzioni poi — a partire dal secolo scorso — furono governate da questi due poli fondamentali di concezione delle configurazioni di equilibrio e di possibilità di tradurle in costruzioni. Due poli che non erano antitetici, anzi complementari e capaci in definitiva di darci la fisionomia assestata e stabile, della moderna Scienza delle Costruzioni.

Io penso che la ricerca dell'uomo di ricreare la pietra artificiale adatta al costruire sia stata, anche a livello dell'inconscio, governata da questa polarità: e che il mattone ed il legante siano — almeno per certi aspetti — delle soluzioni di compromesso tra due concezioni di equilibrio complementari. Intendiamoci, non intendo certo attribuire al mattone od ai leganti una matrice solamente strutturale: sarebbe veramente riduttivo. Tuttavia è palese che l'unità strutturale mattone (anche facendo riferimento solo alle costruzioni di Roma) si rivelò atta a dare, in tessiture di fabbriche murarie, risposte di deformabilità e pertanto configurazioni di equilibrio di grande varietà ed intelligenza, a seconda dello spessore e della cedevolezza dei giunti di unione: in sostanza le costruzioni in grandi blocchi di travertino — tanto per rimanere a Roma — e gli archi della basilica di Massenzio rappresentano le due maniere di tradurre in organismo costruttivo l'aspirazione alla struttura rigidissima e l'aspirazione alla struttura ragionevolmente deformabile.

Sappiamo tutti cosa abbiano saputo fare l'arco e la cupola in conci di pietra od in fabbrica muraria in mattoni per qualche millennio, trovando una molteplicità di stati di equilibrio di fronte a carichi esterni impreveduti e fortemente dissimetrici: e questo sempre grazie all'azione benefica di quelle microfessurazioni capaci di far nascere cerniere — più o meno esplicite — in corrispondenza delle sezioni critiche, capaci insomma di risvegliare risposte quasi assimilabili alle reazioni fisiologiche di un organismo vivente. Poi le teorie dell'equilibrio elasto-plastico ci hanno tradotto in termini analitici il segreto di certi stati di equilibrio (magari cercando di farceli passare come prodotti del laboratorio matematico), ma questi erano — da millenni — prodotti dell'intuizione strutturale dell'uomo.

Ora a me pare e ripeto — scusate la deformazione professionale — che nel bellissimo volume di Elena Tamagno, sia presente e chiara anche questa angolazione visuale, peraltro inquadrata in tutti quei motivi e spunti ben più ampi e più impegnativi che caratterizzano la storia della Tecnologia della Architettura, della formazione degli agglomerati urbani, del territorio insomma. In effetti

il volume coglie — con molta sensibilità e puntualità — tutti quei motivi che nel secolo scorso e particolarmente nella seconda metà erano presenti in quella letteratura tecnica specializzata che andava fortemente diffondendosi e si proponeva di divulgare i risultati della più avanzata esperienza tecnologica.

Sono i motivi presenti in quella manualistica — che è sempre stata un campo di particolare interesse dell'autrice — e che si proponeva come settore emblematico di grande importanza per la cultura architettonica talvolta a livello regionale ma spesso a livello internazionale: dei manuali infatti ci si proponeva di fornire, proprio con metodo didattico, informazioni di tipo operativo presentando i diversi manufatti nelle varie fasi di cantiere. Così le fabbriche, nitidamente illustrate in tali testi, pur riferendosi a realtà territoriali specifiche, diventavano esemplificazioni di valore generale, veri e propri modelli tipologici estrapolati dal loro contesto ed analizzabili come sommatoria di singole componenti autonome ed applicabili a diverse situazioni.

Il profumo scientifico-tecnico ma soprattutto il calore umano presenti in questa letteratura sono stati ripresi con grande sensibilità in questo volume. Basti citare le parole con le quali esso inizia: «*Mattoni e leganti sono presenti nella vita quotidiana e nella cultura contemporanea come elementi costanti, immutati, tipici archetipi rispetto ad un modo tradizionale di costruire, garanti di solidità ed affidabilità dei manufatti edilizi. Essi ci appaiono necessari, consolidati nella memoria storica come il pane, con il quale hanno in comune la cottura ed il riferimento al forno, monumento antico delle comunità umane*». Sono parole piene di calore, direi di amore dell'argomento che l'autrice ha assunto l'impegno di trattare: con lo stesso interesse, collo stesso amore e con un rigore sempre ineccepibile la storia dei laterizi e dei leganti è raccontata e riconosciuta nelle sue fasi artigianali, nei fermenti e negli spunti che appunto contraddistinguono il «*contributo dei mestieri al decollo della rivoluzione industriale*» (tale è il titolo del primo capitolo).

Un capitolo nel quale peraltro è sempre presente il riferimento alla cultura Architettonica ed al suo vigoroso affermarsi alla vigilia della nascita di quella ingegneria che le infliggerà tante mortificazioni, ma che nel tempo stesso la aiuterà e stimolerà in un faticosissimo processo evolutivo che sarà — e che è tutt'ora — di straordinaria importanza.

La storia dei protagonisti passa quindi ad essere vista sotto l'angolazione del contributo della Scienza alla innovazione tecnologica: sono trattate (è il secondo capitolo) le fasi più delicate ed importanti della concezione e della affermazione di tutta la cultura teorico-sperimentale particolar-

mente riguardante i leganti: una cultura che esce dalla fase di nebulosità approssimativa per entrare in quella della fisionomia tecnico-scientifica. Si parla delle prime produzioni sperimentali, dei brevetti sui cementi, degli studi sistematici sulla composizione dei leganti idraulici. Ormai il campo è maturo per l'avvio della produzione industriale dei cementi naturali ed artificiali: è il periodo infatti nel quale la costruzione di strade, ferrovie, canali, impianti portuali e di tutte le infrastrutture di servizio delle aree urbane richiede con insistenza sempre maggior impiego di leganti idraulici di qualità. È un periodo di eccezionale sviluppo di tutte le attività dell'uomo che accompagna appunto la rivoluzione industriale, e nel quale acciaio e cemento diventano i più importanti protagonisti per la realizzazione delle costruzioni.

Segue poi un capitolo dove viene trattato con grande acutezza il grosso problema dei trasporti di produzione, visti come quei trasporti capaci di costituire supporto interno ed esterno all'unità produttiva del legante: l'ubicazione delle cave di calcare ed argilla in rapporto ai centri di produzione ed a quelli di distribuzione ed in generale tutto quel complesso di attrezzature più o meno meccanizzate che possono rendere più sicuri tali rapporti: non solo, ma anche quelle infrastrutture e quei macchinari che inserendosi nel grande balzo energetico portato dalla macchina a vapore, permettono di offrire soluzioni di grande novità a problemi antichi quanto l'uomo, quali ad esempio quelli delle fondazioni: vedasi le tavole delle macchine per l'infissione dei pali e soprattutto la magnifica tavola sulle fondazioni sommerse e l'impiego dei cassoni autoaffondanti.

Da questo momento in poi, i tempi sono maturi per la produzione in grande scala, per l'evoluzione della fornace a stabilimento industriale e così nel capitolo quarto i nostri protagonisti sono seguiti nelle fasi evolutive tipiche della fine ottocento e del novecento, fino a tutte le soluzioni costruttive dettate dal rapido evolversi del calcestruzzo semplice ed armato ed alla produzione di quella vastissima gamma di laterizi di ogni forma e dimensione capace di svolgere importanti compiti strutturali in prima persona o come elementi sussidiari.

L'ultimo capitolo tratta i processi di raziona-

lizzazione del prodotto ed in definitiva i grandi temi di produzione ed applicazione dei giorni nostri dei leganti, dei laterizi e dei materiali ceramici, temi sempre analizzati e ricomposti in un'unità di visione tipica della composizione e della progettazione architettonica.

La grande ricchezza della documentazione, la grande varietà e la estrema puntualità dei riferimenti bibliografici nel testo e nella bibliografia generale, sono quelli che ci si poteva attendere solo da un personaggio come Elena Tamagno che ha l'amore, il fiuto e la costanza della ricerca approfondita al massimo: nella fattispecie ella si è appoggiata ad una struttura che è un po' creatura del professor Gabetti e sua: ossia la Biblioteca Centrale di Architettura del Politecnico di Torino. Chi ha seguito la storia della nostra Facoltà sa bene quale grande salto di qualità, di aggiornamento e di agilità operativa ebbe a sperimentare la biblioteca quando il professor Gabetti ne divenne direttore: il contributo di Elena Tamagno e questa rivitalizzazione della biblioteca è ben noto a tutti i suoi colleghi, ma desidero ricordarlo e sottolinearlo in questa occasione.

Una considerazione a parte merita poi la parte iconografica del volume che non è esagerato definire eccezionale per la chiarezza e la grande classe di tutte le illustrazioni presentate, ricche sempre di un aroma storico-tecnico veramente impareggiabile. Per apprezzarle bisogna vederle e pertanto l'autrice ci illustrerà poi alcune delle diapositive più significative, tratte dal libro.

E chiudo con un'ultima osservazione, *last but not least*: un'osservazione che riguarda il grande valore didattico di questo volume. Non sempre i libri di alta caratura culturale sono godibili e fruttuosi anche sotto il profilo didattico, particolarmente in una Facoltà come la nostra dove i tracciati dei percorsi di studio godono di una certa ampiezza e dove — come dice con bella frase il poeta Machado — «*no hay camino, se hace camino al andar*». Un volume come questo è — a parer mio — capace di rendere conto, allo studente spesso disorientato e perplesso, quale sia, in definitiva, la fisionomia, ma soprattutto la validità di un mondo così variegato, mutevole, complesso e contraddittorio ma sempre pieno di vita, quale è il mondo della Architettura.

RASSEGNA TECNICA

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

Considerazioni sulla precisione della rappresentazione topografico-fotogrammetrica

Bruno ASTORI () e Dario MASERA (**) presentano un lavoro preparato nell'ambito della Commissione Edilizia SC 13 dell'UNI — Ente Normatore Italiano per l'Unificazione — gruppo di lavoro Cartografia di base, Torino. In esso, dopo aver analizzato il concetto di «Tolleranza» nel campo cartografico, si giunge alla definizione della stessa per tutta un'ampia serie di scale riguardanti il rilievo, da 1/50.000 a 1/10, attraverso un esame degli errori che si producono e si sommano dal momento della misura a quello del riporto sulla carta.*

SIGNIFICATO DI «PRECISIONE DI UNA CARTA»

Al fine di giungere ad una definizione del significato «precisione di una carta» è necessario introdurre due parametri fondamentali:

- a) lo scarto quadratico medio (s.q.m.);
- b) la tolleranza (t.).

Lo scarto quadratico medio può essere definito come indice della variabilità di una misura, intendendo come misura sia la determinazione diretta di un angolo o di una distanza, sia la determinazione indiretta, a mezzo calcolo, delle coordinate di un punto o di un complesso di punti, come nel caso delle reti plano-altimetriche fondamentali.

La valutazione dello s.q.m. di una misura è possibile, basandosi su concetti di statistica matematica e di calcolo delle probabilità, ripetendo

più volte, con metodologie stabilite, la misura stessa e trattando opportunamente i risultati. È però opportuno ricordare che non sempre le ipotesi di base della «Teoria degli errori» sono verificate compiutamente, specie per quanto riguarda il tipo di distribuzione gaussiana degli errori, causa la presenza degli errori sistematici non sempre eliminabili, causa la maniera con cui gli errori si compongono nelle operazioni fra loro concatenate, causa la scarsa attendibilità che gli stessi s.q.m. hanno quando sono ricavati sulla base di un basso numero di determinazioni. Si ricorre pertanto al parametro «tolleranza» di uso più pratico e semplice per verificare la precisione del risultato di una operazione di rilievo: la tolleranza è l'errore massimo di cui può essere affetta una misura diretta o indiretta.

È opportuno sottolineare che, utilizzando il predetto parametro, si giunge alla definizione di errore come differenza fra il risultato effettivamente ottenuto dalla carta ed un risultato che, per il solo fatto di essere stato ricavato con metodi e determinazioni molto più precisi, possa ritenersi esatto.

Questo confronto è possibile per la maggior

(*) Ingegnere, professore ordinario di Fotogrammetria, Dipartimento Georisorse e Territorio del Politecnico di Torino.

(**) Ingegnere, Dipartimento Georisorse e Territorio del Politecnico di Torino.

parte dei casi pratici che interessano la costruzione di una carta topografica, perché dalle operazioni di rilievo effettuate sul terreno si riescono ad ottenere risultati affetti da s.q.m. così bassi da poter essere ritenuti esatti. Pertanto, la posizione relativa fra punti della carta è collaudabile con misure eseguite direttamente sul terreno; la posizione assoluta di un punto sulla carta è garantita, invece, con l'incertezza propria del sistema globale di riferimento. Le precisioni sono quindi rappresentate dagli s.q.m. nel caso di operazioni di rilievo (strumenti e tipologia delle reti ne rendono possibile la determinazione), mentre le tolleranze intervengono tutte le volte in cui occorre confrontare le misure di collaudo diretto sul terreno con le corrispondenti derivate dalla carta.

A conferma di quanto predetto ricordiamo che nel caso del rilievo di una rete trigonometrica con teodoliti e distanziometri ad onde elettromagnetiche non si ha modo di eseguire operazioni di verifica di precisione maggiore; in questa situazione gli unici elementi che permettono di verificare la precisione dei risultati sono gli s.q.m.

Nel caso invece si voglia conoscere la posizione planimetrica di un punto attraverso le coordinate ricavate dalla carta topografica, risulta evidente come tale posizione grafica sia il risultato di una lunga serie di operazioni a monte, ognuna delle quali partecipa alla definizione della precisione finale. Le stesse coordinate possono essere ottenute anche attraverso operazioni di rilievo eseguite sul terreno con una precisione decisamente superiore; pertanto gli scarti che si ottengono confrontando i due risultati possono essere ritenuti errori veri e quindi possono essere riferiti a delle tolleranze prestabilite e caratterizzanti la scala della carta.

Le tolleranze più significative, sicuramente definibili per qualsiasi tipo di rappresentazione cartografica o di rilievo metrico, riguardano le coordinate planimetriche di un punto, la distanza fra due punti, la quota di un punto isolato, le curve di livello: tutti elementi derivanti dalle misure. La scelta della tolleranza, per il fatto stesso che nasce da un logico compromesso fra esigenze tecniche e costi, si affida in gran parte all'esperienza pratica, tenendo sempre conto sia dell'evolversi dei mezzi produttivi nel campo del rilevamento, sia delle necessità di chi utilizza la carta stessa.

Le indicazioni che seguono, almeno per quanto riguarda le carte topografiche a piccola-media-grande scala, rispettano sostanzialmente le norme dell'Istituto Geogr. Militare Italiano, della Commissione Geodetica Italiana e della Società Italiana di Topografia e Fotogrammetria. Per quanto riguarda, invece, le rappresentazioni e i rilievi a grandissima scala (maggiore di 1/500) vengono fatte delle proposte che sono attualmente al vaglio della Commissione Edilizia SC 13 dell'UNI.

ERRORI IN PLANIMETRIA CHE CONCORRONO ALLA REDAZIONE DI UNA CARTA TOPOGRAFICA

Senza entrare nel dettaglio di come è realizzata una carta topografica, si enunciano di seguito i principali errori planimetrici che intervengono nell'operazione cartografica:

- a) errori sui punti che costituiscono la rete geodetica di inquadramento;
- b) errori sui punti che costituiscono la rete di raffittimento;
- c) errori sui punti di triangolazione aerea o, in alternativa, sui punti di appoggio del modello stereoscopico;
- d) errori residui di rettifica dello strumento fotogrammetrico;
- e) errori residui dovuti alla formazione del modello e al suo orientamento assoluto;
- f) errori di parametratura sull'originale di restituzione;
- g) errori dovuti all'operazione di restituzione del singolo modello;
- h) errori dovuti all'assemblaggio dei modelli restituiti;
- i) errore di disegno;
- l) errore di graficismo.

Si ricorda che l'errore di graficismo è di natura diversa da quella propria di tutti gli altri errori ora elencati; esso corrisponde in sostanza, allo spessore del tratto grafico con cui la carta medesima viene disegnata. Evidentemente, tale errore (unitamente agli errori di parametratura e disegno) non compare nel caso di una carta esclusivamente numerica. Infine si fa notare che le tolleranze devono essere verificate, per una carta a tratto, sul supporto originale indeformabile.

Tolleranza delle coordinate planimetriche di un punto (tp)

Di norma, l'errore massimo (o tolleranza planimetrica tipo) di cui può essere affetta la posizione di un punto ben individuato graficamente sulla carta è normalmente fissato in 0,4 mm; il suddetto errore planimetrico risulta dalla composizione quadratica dei vari errori precedentemente elencati, fra i quali l'errore di graficismo viene normalmente valutato in 0,2 mm.

Conseguentemente indicando con N'p ed E'p le coordinate del punto preso sulla carta e con Np ed Ep le coordinate dello stesso punto rilevate direttamente sul terreno, le differenze

$$\Delta N = (N'p - Np)$$

$$\Delta E = (E'p - Ep)$$

devono soddisfare la relazione:

$$S (\Delta N^2 + \Delta E^2)^{\frac{1}{2}} \leq 0,4' \text{ mm}$$

dove la S è la scala della carta.

Tale formula è valida per tutte le scale. In Tabella 1 la suddetta tolleranza è riportata nella seconda colonna, in corrispondenza a ciascuna scala di carta indicata.

Tolleranza sulla distanza tra due punti della carta (td)

L'errore massimo sulla distanza può essere correttamente considerato come somma quadratica degli errori di due punti isolati. La tolleranza può pertanto essere valutata in base alla formula: $td_{max} = (2 tp^2)^{\frac{1}{2}}$.

Nella Tabella 1 la suddetta tolleranza td_{max} è riportata nella terza colonna, primo valore indicato per ciascuna scala di carta.

Quando la distanza tra due punti è inferiore ad un certo limite, che mediamente corrisponde alla diagonale di uno-due parametri, la tolleranza assume un valore (riportato in Tabella 1, terza colonna, secondo valore indicato per ciascuna scala di carta) ottenuto come somma di una costante, pari a circa 50%-70% td_{max} e una variabile funzione della distanza stessa.

ERRORI IN ALTIMETRIA CHE CONCORRONO ALLA DEFINIZIONE DELLE QUOTE

Nell'analisi degli errori altimetrici sostanzialmente ritornano in considerazione gli errori a, b, c, d, e, g, h, già indicati nel caso della planimetria. È opportuno far notare che il peso degli errori di natura topografica è relativamente piccolo, dato che ci si riferisce generalmente a reti di livellazione; gli errori di natura fotogrammetrica sono, com'è noto, proporzionalmente più critici e dipendono da molti fattori risalenti alla geometria della presa, alla quota di volo, alla natura del terreno ecc...

Tolleranza in altimetria su punti isolati (th)

Per l'altimetria è opportuno innanzi tutto sottolineare che non è possibile stabilire una formula rigorosa, per le tolleranze, valida per tutte le scale, ma è necessario definire scala per scala il massimo errore ammissibile. Ciò dipende dal fatto che la quota di volo, per ciascuna scala, può essere scelta entro un opportuno intervallo in funzione di vari parametri (camera da presa, tipo di terreno, tipo di strumento restitutore utilizzato ecc...). L'errore in altimetria (che dovrà risultare inferiore al valore della tolleranza altimetrica th) di cui può essere affetta la quota di un punto isolato, solitamente situato in corrispondenza di particolari del terreno ben individuabili planimetricamente, si ricava quale differenza fra la quota Q' di un punto, letta direttamente sulla carta e

la quota Q dello stesso punto dedotta con operazioni topografiche eseguite sul terreno.

È possibile tuttavia ricorrere ad una formula empirica, unica per tutte le scale, calcolata per quote relative di volo di comune impiego, con camere grandangolari e moderni strumenti di restituzione. A tal proposito si ricorda che lo s.q.m. di cui si considerano tradizionalmente affette le quote di punti isolati ottenute dallo strumento di restituzione fotogrammetrico analogico è all'incirca pari a $0.1 \frac{Q}{1000}$, dove Q è la quota di volo relativa.

La tolleranza può pertanto essere definita pari a 3 (s.q.m.) K dove K è un coefficiente maggiorativo, che tiene conto degli errori già menzionati, di cui sono affette tutte le altre operazioni che concorrono alla redazione della carta finale. Dal confronto con i valori delle tolleranze stabilite dalla C.G.I. si è attribuito a K il valore di circa 1.7. È possibile, quindi, risalire al valore della tolleranza altimetrica sui punti isolati applicando la formula empirica:

$$th = 0.5^{0/00} \cdot Q.$$

In Tabella 1 sono state riportate nella quarta colonna i valori della tolleranza th e nella sesta colonna le quote di volo indicative, in corrispondenza di ciascuna scala. In particolare si ricorda che per le carte a scala 1/500 e 1/1000 si usano anche camere da presa con distanza principale $c = 300$ mm; in questi casi la quota relativa di volo risulta mediamente maggiore di quella indicata in tabella (non più del 50%, per contenere la perdita di precisione in altimetria).

Tolleranza sulle curve di livello (tcl)

Indicato con P un punto del terreno che sulla carta risulti appartenente ad una curva di livello di quota Q_{cl} , sia Q_p l'effettiva quota del punto stesso, ricavata direttamente in campagna con misure di precisione. L'errore è rappresentato dalla differenza $Q_{cl} - Q_p$.

La tolleranza sulle curve di livello, per terreni poco accidentati, può essere definita moltiplicando l'equidistanza delle curve per un coefficiente, ottenuto da determinazioni empiriche in funzione della scala della carta. I coefficienti risultano rispettivamente:

SCALA	EQUIDISTANZA (m)	COEFF. CX	tcl (m)
1/500	0.50	0.80	0.40
1/1000	1.00	0.60	0.60
1/2000	2.00	0.45	0.90
1/5000	5.00	0.44	2.20
1/10000	10.00	0.35	3.50
1/25000	25.00	0.32	8.00
1/50000	50.00	0.30	15.00

Tabella 1 - Tolleranze cartografiche planoaltimetriche

scala carta	tp (m)	td (m)		th (m)	tcl (m)	Quote di volo indicative (m) per c = 150 mm
1/500	0,20	$(d-D) \leq 0,30$	$D > 100$	0,10 (top)	0,40	500
	0,30*	$(d-D) \leq (0,20 + D/1000)$	$D \leq 100$	0,25 0,40*		
1/1000	0,40	$(d-D) \leq 0,60$	$D > 300$	0,40	0,60	750
		$(d-D) \leq (0,30 + D/1000)$	$D \leq 300$			
1/2000	0,80	$(d-D) \leq 1,20$	$D > 600$	0,60	0,90	1200
		$(d-D) \leq (0,60 + D/1000)$	$D \leq 600$			
1/5000	2,00	$(d-D) \leq 2,80$	$D > 800$	1,20	2,20	2500
		$(d-D) \leq (2,00 + D/1000)$	$D \leq 800$			
1/10000	4,00	$(d-D) \leq 5,60$	$D > 1600$	1,80	3,50	3500
		$(d-D) \leq (4,00 + D/1000)$	$D \leq 1600$			
1/25000	10,00	$(d-D) \leq 14,00$	$D > 4000$	2,50	8,00	5000
		$(d-D) \leq (10,00 + D/1000)$	$D \leq 4000$			
1/50000	20,00	$(d-D) \leq 28,00$	$D > 8000$	4,60	15,00	9000
		$(d-D) \leq (20,00 + D/1000)$	$D \leq 8000$			

d = distanza fra due punti misurata sulla carta
D = distanza fra due punti misurata sul terreno

tp = 0,4 mm
td = $(2tp^2)^{1/2}$

tp = tolleranza planimetrica
td = tolleranza sulla distanza

th = $0,5^{0/00} \cdot Q$ dove Q è la quota volo indicativa
tcl = cx eq.
dove cx = coeff. (f. scala)
eq = equidist. curve liv.

th = tolleranza altimetrica su punti isolati

L'aumentare del valore del coefficiente con la scala della carta dipende dal fatto che per le grandi scale, a parità di caratteristiche geomorfologiche del terreno, le piccole accidentalità perturbano maggiormente il tracciamento delle curve di livello e, quindi, la loro precisione.

«INCERTEZZA DI UNA CARTA TOPOGRAFICA»

È opportuno, a integrazione dei dati riportati in Tabella, fare ancora alcune considerazioni sul concetto di «precisione di carta topografica», o meglio di «incertezza di una carta topografica».

Una carta topografica può intendersi valida se la precisione del suo contenuto di informazione metrica è sufficiente a soddisfare la maggior parte della richiesta qualitativa degli utilizzatori. Può talora verificarsi il caso in cui la tolleranza sopra stabilita appaia troppo ampia all'utente per la soluzione dei propri problemi. Può accadere, ad esempio, che un utilizzatore di una carta topografica alla scala 1/5000, voglia valutare la misura di una distanza e reputi eccessivo l'errore di 2,80 m previsto come tolleranza dalla Tabella. In altre parole, accade che all'utente in questione non interessi tanto sapere che la differenza tra la distanza misurata con mezzi di precisione sul terreno (tale quindi da poter essere considerata esatta) e quella ricavata dalla carta sia sicuramente inferiore a

2,80 m, ma bensì egli ritenga mediamente corretto considerare la misura della distanza sulla carta affetta da un errore minore, accettando contestualmente una percentuale di probabilità (necessariamente piccola) che la misura stessa possa anche avere un errore maggiore.

Il problema può essere affrontato introducendo alcuni concetti della già citata teoria degli errori. Infatti, se consideriamo una popolazione di misure dirette o indirette di una distanza, si ha praticamente la totalità di esse (99,7%) compresa tra il valore della media ± 3 volte lo s.q.m., mentre una buona percentuale di esse (95,4%) è compresa tra il valore della media e ± 2 volte lo s.q.m. Assimilando allora la tolleranza alla massima variabilità possibile di una popolazione di misure dirette o indirette (considerando, in altre parole, la tolleranza come indice che tiene conto degli errori di tutte le operazioni che concorrono alla formazione della carta finale), possiamo ragionevolmente diminuire i valori delle tolleranze sopra riportate in Tabella 1 di un terzo e definire il risultato ottenuto come «incertezza della carta».

Ad esempio nel caso della distanza esaminata sopra, si avrebbe per la carta 1/5000 una «incertezza» di $2,8 \times \frac{2}{3} = 1,90$ m con una probabilità

del 95,4% che l'errore di cui è affetta la misura della distanza sulla carta sia inferiore a detto limite.

PRECISIONE PIANO-ALTIMETRICA PER CARTE A GRANDISSIMA SCALA: 1/100, 1/200, 1/250

Le rappresentazioni cartografiche alle suddette scale vengono normalmente utilizzate in tutti quei casi in cui si voglia descrivere il terreno nel modo più accurato possibile; le utilizzazioni più comuni si hanno nel campo storico-archeologico e nel campo delle infrastrutture civili quando, per scopi tecnici ben definiti, risulti necessario conoscere esattamente lo stato di fatto.

Le scale considerate rappresentano elaborati ricavati sia da prese aeree che da prese terrestri. Nel primo caso l'aeromobile può essere un elicottero (camera con distanza principale $c = 100$ mm) o un velivolo (camera con distanza principale $c = 300$ mm); nel secondo caso, le riprese vengono effettuate con camere fotogrammetriche terrestri aventi distanza principale diversa a seconda della casa costruttrice (per esempio $c = 100$ mm oppure $c = 60$ mm).

Le considerazioni che verranno svolte riguardano le riprese aeree; però i risultati a cui si perverrà, sono globalmente validi anche per le riprese terrestri. Per la scala 1/100 risulta indispensabile l'uso dell'elicottero con quota di volo relativa di 50-60 m (camera: $c = 100$ mm). Per le scale

1/200 e 1/250, con l'elicottero si può ipotizzare una quota di volo relativa di 100-120 m (camera: $c = 100$ mm), mentre con l'aereo la quota di volo relativa si aggira attorno a 400 m (camera: $c = 300$ mm). Nel proseguo non verranno analizzate in dettaglio le tolleranze della carta alla scala 1/250 poiché sostanzialmente coincidono con quelle della carta 1/200. Infatti le condizioni di appoggio topografico e di presa fotogrammetrica, per le due scale, sono praticamente identiche.

È opportuno far notare che nella trattazione si sono considerate esclusivamente prese da elicottero (camera: $c = 100$ mm). Le tolleranze che verranno indicate devono risultare soddisfatte anche per prese da aereo con camera avente distanza principale $c = 300$ mm. A nostro giudizio tali camere risultano equivalenti a quelle grandangolari per quanto riguarda la precisione ottenibile in planimetria, mentre sono sicuramente svantaggiate per quanto riguarda l'altimetria. Infatti la geometria della presa risulta meno favorevole a causa del rapporto base/quota-relativa, praticamente dimezzato, e a causa del trascinamento dell'immagine (superiore a 0,04 mm) dovuto alla bassa quota di volo (circa 400 m) e alla velocità dell'aereo (circa 150 km/h).

Si fa notare infine che l'analisi verrà limitata esclusivamente al metodo fotogrammetrico, anche se il rilievo alle suddette scale può essere totalmente eseguito con metodi puramente topografici. Tali metodologie non sono oggi più economicamente valide per rilievi completi di carte a scala minore di 1/200, analizzate nel precedente paragrafo. Si ricorda che, anche con il metodo fotogrammetrico, l'operazione di integrazione topografica sul terreno è sempre indispensabile per il completamento del rilievo; in particolare, per le carte alle suddette scale, tale operazione risulta ampia e laboriosa.

In funzione delle osservazioni or ora fatte, «la precisione della carta» deve essere rappresentata dalle tolleranze cartografiche, indipendentemente dal metodo utilizzato per la sua realizzazione. I principali errori che si commettono nelle varie fasi di lavoro possono essere raggruppati nel seguente modo:

- a) errori nella determinazione delle coordinate dei punti di appoggio necessari per l'orientamento dei modelli;
- b) errori residui di rettifica dello strumento restitutore;
- c) errori dovuti alle deformazioni del modello;
- d) errori di restituzione;
- e) errori di graficismo.

ERRORI SULLE COORDINATE DEI PUNTI DI APPOGGIO DI FOTOGRAMMI

Le coordinate dei punti di appoggio si calcolano a mezzo di piccola triangolazione o poligo-

nazione di alta precisione. Gli s.q.m. planimetrici sicuramente risultano inferiori a 7-10 mm con una tolleranza quindi di circa 2-3 cm. Gli s.q.m. altimetrici, eseguendo in tali casi una rete di livellazione geometrica, sono mediamente di alcuni millimetri, con tolleranza quindi dell'ordine di 1 cm.

Si ha pertanto:

Scala di rappr.	s.q.m. in planimetria (mm)	Tolleranza in planimetria (mm)	s.q.m. in altimetria (mm)	Tolleranza in altimetria (mm)
1/100	7	20	3	10
1/200	10	30	3	10

ERRORI RESIDUI DI RETTIFICA DELLO STRUMENTO RESTITUTORE

L'analisi che viene condotta nella presente nota ipotizza l'uso di strumenti restitutori analogici. Tali apparecchiature risultano dal punto di vista meccanico ed ottico notevolmente complesse e pertanto i singoli organi devono soddisfare a una serie di condizioni di rettifica.

Gli errori residui che si evidenziano eseguendo la proiezione dei reticoli debbono essere suddivisi in errori planimetrici ed altimetrici.

Gli errori quadratici medi residui di rettifica in planimetria, utilizzando i restitutori analogici a proiezione meccanica oggi sul mercato, normalmente non superano i 3 micron. Pertanto gli s.q.m. e le relative tolleranze alla scala dell'oggetto, saranno:

Scala di rappr.	Quota di volo (m) c = 100 mm	Scala lastra	s.q.m. (mm)	Tolleranza (mm)
1/100	60	1/600	2	6
1/200	100	1/1000	3	9

Gli errori quadratici medi residui di rettifica in altimetria, per gli strumenti sopradetti, normalmente non superano il valore di 0,1⁰/₀₀ della quota di volo.

Pertanto risulta:

Scala di rappr.	Quota di volo (m) c = 100 mm	s.q.m. sulle quote (mm)	Tolleranza (mm)
1/100	60	6	18
1/200	100	10	30

ERRORI DOVUTI ALLE DEFORMAZIONI DEL MODELLO

Si tratta di tutti quegli errori che si manifestano in fase di formazione del modello e che sono sostanzialmente dovuti a:

- deformazione della pellicola;
- imperfetta eliminazione della parallasse trasversale in fase di orientamento relativo;
- deformazione sistematica del modello stereoscopico in fase di orientamento assoluto.

In planimetria, gli errori massimi di deformazione (tolleranza) possono globalmente essere valutati pari a circa 20 micron alla scala della lastra. Similmente, in altimetria, tali errori mediamente non possono superare 0,2⁰/₀₀ della quota di volo.

Le tolleranze alla scala dell'oggetto saranno pertanto per la planimetria:

Scala di rappr.	Quota di volo (m) c = 100 mm	Scala lastra	Tolleranza (mm)
1/100	60	1/600	12
1/200	100	1/1000	20

Per l'altimetria le tolleranze risulteranno:

Scala di rappr.	Quota di volo (m) c = 100 mm	Tolleranza (mm)
1/100	60	12
1/200	100	20

ERRORI DI RESTITUZIONE

Anche gli errori di restituzione, sostanzialmente dovuti all'operatore, si possono suddividere in errori di collimazione in planimetria ed errori nella determinazione della quota. Gli s.q.m. in planimetria, ottenuti da una serie sufficientemente ampia di prove ripetute, si possono valutare mediamente in ± 10 micron alla scala del modello. Ipotizzando di poter formare il suddetto modello a circa due ingrandimenti, si ottiene rispettivamente:

Scala di rappr.	Scala modello	s.q.m. alla scala oggetto (mm)	Tolleranza (mm)
1/100	1/300	3	9
1/200	1/500	5	15

Similmente, gli s.q.m. nella determinazione della quota (circa 0,1^{0/00} della quota di volo) risultano:

Scala di rapp.	Quota volo (m) C = 100 mm	s.q.m. sulle quote (mm)	Tolleranza (mm)
1/100	60	6	18
1/200	100	10	30

ERRORE DI GRAFICISMO

Come precedentemente visto, tale errore è

Scala rapp.	Punti di appoggio	Strumento (mm)	Def. modello (mm)	Restituzione (mm)	Grafic. (mm)	Tolleranza (mm)
1/100	20	6	12	9	20	33
1/200	30	9	20	15	40	57

Tolleranza sulle distanze (td)

Si valuta con la consueta formula $td_{max} = (2tp^2)^{\frac{1}{2}}$. Similmente a quanto stabilito dalla C.G.I. per la cartografia a media e grande scala, è opportuno indicare due valori delle tolleranze td, seguendo i criteri definiti in precedenza.

Per le varie scale si ha quindi:

Scala 1/100:

$$td_{max} = 0,047 \text{ m} \quad \text{per } D > 14 \text{ m}$$

$$td = (0,033 + D/1000) \text{ m} \quad \text{per } D \leq 14 \text{ m}$$

normalmente valutato in 0,2 mm alla scala della carta.

TOLLERANZE CARTOGRAFICHE

Dalle considerazioni svolte sopra è possibile trarre gli elementi per compilare la Tabella 2 delle tolleranze cartografiche, relativamente alle scale prese in esame (concettualmente identica alla Tabella 1).

Tolleranze in planimetria (tp)

La tolleranza in planimetria viene, come noto, calcolata componendo quadraticamente i vari errori:

Scala 1/200:

$$td_{max} = 0,081 \text{ m} \quad \text{per } D > 28 \text{ m}$$

$$td = (0,053 + D/1000) \text{ m} \quad \text{per } D \leq 28 \text{ m}$$

Tolleranza in altimetria (th)

Similmente, sommando quadraticamente all'errore sui punti di appoggio quelli di natura fotogrammetrica si ha:

Scala rapp.	Punti di appoggio (mm)	Strumento (mm)	Def. modello (mm)	Restituzione (mm)	Tolleranza (mm)
1/100	10	18	12	18	30
1/200	10	30	20	30	48

Tolleranza nelle curve di livello (tcl)

Anche per le scale in oggetto la scelta della equidistanza è generalmente pari a 1/1000 della scala della carta; il tracciamento delle curve di livello viene normalmente effettuato su zone limitate di terreno sgombro da vegetazione. Pertanto si può utilizzare un coefficiente pari a 0,6 per la determinazione del tcl.

Si ottiene:

Scala	Equidistanza (m)	Coefficiente	tcl (m)
1/100	0,10	0,6	0,06
1/200	0,20	0,6	0,12

In Tabella 2 sono riportate le *tolleranze cartografiche* che si propongono per le scale in esame,

ottenute arrotondando in eccesso, al mezzo centimetro, i valori ricavati nei paragrafi precedenti:

Tabella 2

Scala carta	tp (mm)	td _{max} (mm)	th (mm)	tcl (mm)	Quota di volo (m) c = 100 mm
1/100	35	50	30	50	60
1/200	60	85	50	100	100

Nel caso non infrequente che si utilizzi una cartografia numerica, in cui l'elaborato grafico risulta secondario rispetto al problema della precisione

intrinseca della carta (si escludono quindi gli errori dovuti a graficismo e disegno), le tolleranze risultano:

Tabella 2 bis

Scala carta	tp (mm)	td _{max} (mm)	th (mm)	Quota di volo (m) c = 100 mm
1/100	30	40	30	60
1/200	40	60	50	100

In conclusione si può affermare che le tolleranze globali, per tali tipi di scale, sono caratterizzate da valori sicuramente molto contenuti che si riferiscono essenzialmente a punti ben definiti, come normalmente accade per particolari dell'arredo urbano o particolari inerenti reperti archeologici.

Le tolleranze plano-planimetriche devono essere necessariamente aumentate per tutti gli altri particolari del terreno riportati sulla carta e non aventi caratteristica di sicura identificazione (in ogni caso la tolleranza tp non deve superare 0,4 mm alla scala della carta).

Infine se si volesse seguire anche per le camere con distanza principale $c = 300$ mm lo stesso approccio sistematico adottato per il calcolo delle tolleranze cartografiche con camere aventi $c = 100$ mm, si otterrebbero dei valori che in planimetria (tp e td) sono del tutto confrontabili con quelli indicati in Tabella 2, mentre i valori in altimetria (th e tcl) dovrebbero essere aumentati di circa 2 volte.

PRECISIONE PER RILIEVI ALLA SCALA 1/50, 1/20, 1/10

Le scale in oggetto vengono soprattutto utilizzate per le rappresentazioni di prospetti di edifici, elementi architettonici, monumenti, particolari di strutture civili ed industriali. Il rilievo, con il metodo fotogrammetrico, viene effettuato esclusivamente con prese terrestri. Anzi, a tale proposito, il campo di indagine riguarda una specifica branca della fotogrammetria denominata «architetturale» e «industriale». Le camere utilizzate possono essere rigorosamente metriche con distanza principale e formato pellicola diversi in funzione dell'angolo di campo dell'obiettivo, o non metriche (camere fotografiche professionali) che necessitano, in tal caso, di un'autocalibrazione per la determinazione dei parametri dell'orientamento interno.

Tali carte interessano in modo particolare lo storico d'arte, l'architetto, il restauratore, il progettista meccanico e, a seconda dello scopo per cui

vengono effettuate, possono richiedere "precisioni" altamente restrittive. È necessario pertanto giungere, anche in questo caso, a delle tolleranze globali, che per similitudine con i ragionamenti fatti per la cartografia topografica e per i rilievi speciali, chiameremo tolleranze cartografiche.

Tali rappresentazioni si prestano ad altri metodi di rilievo, più tradizionali e consolidati; in modo particolare il metodo topografico permette una descrizione completa dell'oggetto rilevato. Inoltre, specialmente nel campo dell'architettura, vengono effettuati rilievi «dal vero» con il limitato appoggio di pochi punti determinati metricamente sul monumento. Solo quando il lavoro viene effettuato con metodo fotogrammetrico e con metodo topografico, a nostro giudizio, si può parlare di tolleranze globali che caratterizzano il rilievo. Certamente per tali scale il problema del tratto grafico e quindi della rappresentazione di molti elementi architettonici risulta delicato e del tutto differente dai simili problemi che si incontrano nel cartografare particolari del terreno.

Prendendo in considerazione il solo metodo fotogrammetrico, per poter affrontare il problema in modo rigoroso è necessario, anche per tali scale, fare alcune considerazioni sugli errori già elencati che si commettono durante tutte le fasi della procedura che porta alla redazione dell'elaborato.

ERRORI SULLE COORDINATE DEI PUNTI DI APPOGGIO DEI FOTOGRAMMI

I punti di appoggio devono essere scelti in modo univoco su particolari ben individuabili dell'oggetto, ovvero materializzati con appositi segnali, opportunamente distribuiti in modo da consentire l'orientamento del singolo modello e il concatenamento con i modelli successivi. Occorre determinare le coordinate dei punti di appoggio per mezzo di un rilievo eseguito con metodologie topografiche, misure esuberanti e trattamento rigoroso dei dati.

Come noto, la distanza fra i punti di presa su cui viene posta la camera fotogrammetrica (o la bicamera) e gli stessi punti di appoggio varia da pochi metri ad alcune decine, compatibilmente con le esigenze della geometria di presa (scala di rappresentazione, forma e profondità dell'oggetto ecc.).

Prove sperimentali, effettuate per l'appoggio di prese di prospetti con teodolite WILD T2 e nastro calibrato in acciaio sottoposto a tensione costante e nota, hanno fornito i valori degli s.q.m., per ciascuna coordinata, riportati in tabella.

Scala di rapp.	Dist. punto di staz.-oggetto (m)	Dist. punto di presa-oggetto (m)	s.q.m. sui p. di appoggio (mm)	Tolleranza sui p. di appoggio (mm)
1/50	40-50	25-30	3	9
1/20	15-20	8-12	2	6
1/10	< 10	5- 6	1	3

ERRORI RESIDUI DI RETTIFICA DELLO STRUMENTO RESTITUTORE

Anche per le scale in esame si ipotizza l'uso di strumenti restitutori analogici e pertanto restano valide tutte le considerazioni svolte in precedenza. Poiché, come si è detto, sono in commercio camere di vario tipo per riprese terrestri, è stata

scelta per l'analisi una camera metrica, costruita da più Case, con distanza principale $c = 100$ mm.

Gli errori quadratici medi di rettifica sul piano di proiezione e le conseguenti tolleranze, risultano:

Scala rapp.	Dist. ripr. (m)	Scala lastra ($c = 100$ mm)	s.q.m. (mm)	Toller. (mm)
1/50	25-30	$\approx 1/300$	1	3
1/20	8-12	$\approx 1/100$	0,3	1
1/10	5-6	$\approx 1/60$	0,2	0,5

Gli errori quadratici medi di rettifica nella 3^a dimensione e le conseguenti tolleranze, similmente risultano:

Scala rapp.	Dist. ripresa (m)	s.q.m. (mm)	Tolleranza (mm)
1/50	25-30	≈ 3	9
1/20	8-12	≈ 1	3
1/10	5- 6	≈ 0,6	1,8

ERRORI DOVUTI ALLE DEFORMAZIONI DEL MODELLO

Seguendo le stesse analisi svolte in precedenza, si giunge alla determinazione delle sottoelencate tolleranze.

Per le due coordinate sul piano del prospetto si ha:

Scala rapp.	Dist. ripresa (m)	Scala lastra (c = 100 mm)	Tolleranza (mm)
1/50	25-30	≈ 1/300	6
1/20	8-12	≈ 1/100	2
1/10	5- 6	≈ 1/60	1,2

Per la 3^a dimensione si ha:

Scala rapp.	Dist. ripresa (m)	Tolleranza (mm)
1/50	25-30	6
1/20	8-12	2
1/10	5- 6	1,2

ERRORI DI RESTITUZIONE

Per gli errori di restituzione (o meglio per gli s.q.m.), l'analisi svolta può senz'altro ritenersi valida, pensando evidentemente di utilizzare strumenti analogici con le stesse caratteristiche di quelli considerati per le scale 1/100 e

1/200. Si ha pertanto, per le due coordinate sul piano del prospetto:

Scala rapp.	Scala modello	s.q.m. alla scala oggetto (mm)	Tolleranza (mm)
1/50	1/150	1,5	≈ 5
1/20	1/50	0,5	≈ 2
1/10	1/30	0,3	≈ 1

Un discorso a parte merita l'analisi degli errori commessi nella determinazione della 3^a dimensione (non è corretto parlare di quota, per i prospetti, perché in questo caso con la profondità si valuta la coordinata «y» e non la coordinata «z»).

Infatti, causa lo sfavorevole rapporto base/distanza che sistematicamente si ha nella fotogrammetria terrestre rispetto a quella aerea (salvo il ricorso a prese convergenti non sempre però restituibili con i normali strumenti analogici), si presenta l'inconveniente relativo ad una diminuzione di sensibilità stereoscopica e, quindi, di precisione.

Se il rapporto base/distanza si aggira attorno al valore di 1/3, mediamente gli s.q.m. nella determinazione della terza dimensione si aggirano attorno allo 0,2⁰/₀₀ della distanza di presa. Quando questo rapporto diminuisce (in ogni caso sarebbe opportuno non superare mai il valore 1/5-1/6) la precisione diminuisce in ragione del quadrato del rapporto stesso. Dovendo stabilire un valore di tolleranza, ci si è riferiti in questa analisi ad un rapporto «ottimale» base/distanza = 1/3. Si ha pertanto per la terza dimensione:

Scala rapp.	Dist. ripresa (m)	s.q.m. terza dim. (mm)	Tolleranza (mm)
1/50	25-30	≈ 5	15
1/20	8-12	≈ 2	6
1/10	5- 6	≈ 1	3

ERRORI DI GRAFICISMO

Questi errori sono gli stessi che si incontrano alle altre scale già considerate nei capitoli precedenti e restano pertanto valutabili in 0,2 mm alla scala della carta.

TOLLERANZE CARTOGRAFICHE

Dalle considerazioni svolte sopra è possibile trarre gli elementi per compilare la Tabella 3 delle tolleranze cartografiche relativamente alle scale prese in esame.

Tolleranze per le due coordinate sul piano del prospetto (tp)

Come di consueto, componendo quadraticamente i vari errori si ha:

Scala rapp.	Punti di appoggio (mm)	Strumento (mm)	Def. modello (mm)	Restituzione (mm)	Graficismo (mm)	Tolleranza (mm)
1/50	9	3	6	5	10	16
1/20	6	1	2	2	4	8
1/10	3	0,5	1,2	1	2	4

Tolleranza sulle distanze (sul piano del prospetto) (td)

Anche in questo caso, è opportuno indicare due valori della tolleranza td , seguendo gli stessi criteri adottati precedentemente, per le scale più piccole.

Scala 1/50

$td_{max} = 0,023 \text{ m}$ per $D > 7 \text{ m}$
 $td = (0,016 + D/1000) \text{ m}$ per $D \leq 7 \text{ m}$

Scala 1/20

$td_{max} = 0,011 \text{ m}$ per $D > 3 \text{ m}$
 $td = (0,008 + D/1000) \text{ m}$ per $D \leq 3 \text{ m}$

Scala 1/10

$td_{max} = 0,006 \text{ m}$ per $D > 2 \text{ m}$
 $td = (0,004 + D/1000) \text{ m}$ per $D \leq 2 \text{ m}$

Tolleranze nella 3^a dimensione (t3)

Sommando quadraticamente, anche per tali scale, all'errore sui punti di appoggio quelli di natura fotogrammetrica si ha:

Scala rapp.	Punti di appoggio (mm)	Strumento (mm)	Def. modello (mm)	Restituzione (mm)	Tolleranza (mm)
1/50	9	9	6	15	20
1/20	6	3	2	6	9
1/10	3	1,8	1,2	3	5

Tolleranze sulle curve di livello

Nelle rappresentazioni di particolari costruttivi o di monumenti non è possibile stabilire o prevedere a priori il valore più opportuno da scegliere per l'equidistanza delle curve di livello; anzi, molto spesso, deve essere valutata, caso per caso, l'opportunità o meno di tracciarle. In queste con-

dizioni, la definizione di una tolleranza per le curve di livello assume scarso significato e viene, quindi, trascurata; in ogni caso, tale valore deve sempre risultare inferiore all'equidistanza propria della scala di rappresentazione.

In Tabella 3 sono riportate le *tolleranze cartografiche* proposte per i rilievi nelle scale in esame.

Tabella 3

Scala rapp.	tp (mm)	tdmax (mm)	t3 (mm)	Distanza di ripresa (m)
1/50	16	23	20	25-30
1/20	8	11	9	8-12
1/10	4	6	5	5- 6

Le tolleranze del rilievo topografico-fotogrammetrico numerico, escludendo la rappresen-

tazione grafica (e quindi gli errori dovuti a graficismo e disegno), risultano:

Tabella 3 bis

Scala rapp.	tp (mm)	tdmax (mm)	t3 (mm)	Distanza di ripresa (m)
1/50	13	18	20	25-30
1/20	7	10	9	8-12
1/10	3	4	5	5- 6

In conclusione si può affermare che le tolleranze globali per le scale considerate in questo capitolo sono strettamente correlate alla tolleranza con cui vengono effettuate le operazioni topografiche di appoggio dei modelli da restituire. Infine, è opportuno sottolineare come riferendosi ad

una «incertezza» media del rilievo, i suddetti valori delle tolleranze tp, td e t3 possono essere ridotti di un terzo avendo la certezza che oltre il 95% degli errori possibili risulti compreso entro il suddetto limite (vedi paragrafo: «Incertezza di una carta topografica»).

L'intervento di ricostruzione di Grangesises

Elena TAMAGNO () presenta in queste pagine l'intervento di ricostruzione di Grangesises che ha ricevuto nel 1987 il «Prix Européen de la Reconstruction de la Ville», assegnato ogni cinque anni dalla «Fondation pour l'architecture» di Bruxelles. Il premio «recompense explicitement et exclusivement l'excellence dans la construction vernaculaire et l'architecture classique» (1). Lo scopo è quello di portare a conoscenza dei Lettori un lavoro certamente eccellente come contributo alla lettura e al recupero dell'edilizia rurale alpina e contemporaneamente di proporre alla riflessione e alla discussione dei Lettori i limiti di applicabilità generalizzata del metodo che il premio ha inteso promuovere.*

IL PREMIO

La giuria internazionale (2) ha inteso segnalare l'intervento di ricostruzione di un complesso di grange in alta valle di Susa, che l'architetto Pompeo Triscioglio ha progettato e diretto negli anni 1972-1975, poiché esso costituisce «l'intégration harmonieuse d'un ensemble architectural pour les besoins du tourisme rural, intégration effectuée à partir de l'ancien hameau de Grangesises (...). Cette opération de reconstruction intégrale a valeur de modèle pour la récupération d'autres villages à l'abandon: elle associe au respect des règles spontanées d'urbanisme en milieu rural celui de la logique fonctionnelle de l'architecture comme des techniques de construction traditionnelle, au sein d'une opération totalement cohérente» (3).

C'è quindi da rallegrarsi con P. Triscioglio per aver proposto all'attenzione europea anche una voce italiana e torinese, uscendo da un costume di silenziosa attività che sovente non riesce a proporsi neanche al dibattito nazionale e quindi a trarne indicazioni e stimoli.

L'esito più interessante del progetto è — a mio avviso — la ricerca, tutta didattica, su materiali, tecniche, manodopera propri dell'architettura tradizionale dell'alta valle di Susa, condotta fino alla sperimentazione dei loro ambiti di validità, in un intervento concreto ed attuale. Meno convincente pare invece l'affermazione di Philippe Rot-

thier, secondo il quale «dans les décombres d'un hameau de pierre, Pompeo Triscioglio invente le trésor de la construction traditionnelle rurale. Riche de ce savoir, il repousse le modèle et les agressions des villes industrielles» (4). Come poco probabile suona l'estensione proposta da Dan Cruickshank: «la leçon que l'on tire pourrait utilement être appliquée à des réalisations entièrement neuves» (5).

Queste osservazioni paiono poco attente alla cultura architettonica piemontese in cui si colloca l'attività del progettista; chi l'ha presente, come la locale Soprintendente ai Beni ambientali e architettonici, può infatti affermare che «il riconoscimento viene indirettamente a premiare l'ambito culturale» (6) nel quale l'Autore si è formato. A questo proposito il riferimento va subito, soprattutto in tema di architettura montana, a Carlo Mollino. Personalità poliedrica — molto ammirata e poco conosciuta dagli allievi —, egli ha certamente trasferito, almeno nei più attenti e preparati, il gusto per il sogno, l'avventura progettuale, ma anche per la lettura paziente del passato, la conoscenza delle sue tecniche. Quanto egli scrisse circa l'architettura valdostana che «dalla sua terra trae tutta se stessa e come tale è un esempio squisito di funzionalità e unità poetica, espressione dello spirito del luogo e delle sue genti (...)» (7) pare assunta dal progettista di Grangesises come ipotesi da verificare anche in ambito valsusino. Questo intervento pare infatti propor-

(*) Architetto, professore associato di Progettazione architettonica presso l'omonimo Dipartimento del Politecnico di Torino.

(1) LEON KRIER, *Vers un pluralisme*, in: «Archives d'Architecture Moderne», n. 35-36, 1987, fascicolo monografico dedicato al «Prix Européen de la Reconstruction de la Ville», p. 23.

(2) Tale Giuria era formata da: Philippe Rotthier, Maurice Culot, Marc Breitman, Dan Cruickshank, Miguel Garay, Jean-Philippe Garric, Léon Krier, François Loyer.

(3) Dalla motivazione del Premio, nel numero citato di «Archives d'Architecture Moderne».

(4) PHILIPPE ROTHIER, *De la reconstruction des villes et des campagnes ou la naissance de l'Europe*, in: «Archives d'Architecture Moderne», n. cit., p. 22.

(5) DAN CRUICKSHANK, *Commentaires*, ibidem, p. 30.

(6) Dalla lettera dell'architetto Clara Palmas, Soprintendente per i Beni ambientali e architettonici del Piemonte all'architetto Pompeo Triscioglio, 30 ottobre 1987.

(7) CARLO MOLLINO, *Préface*, in: ROBERT BERTON, *Les cheminées du Val d'Aoste*, p. 11.

tana, quanto come materiale di base per altre operazioni e riflessioni sul tema.

IL COMPLESSO DI GRANGESISES

Nel 1973 lo studio dell'architetto Trisciunglio venne incaricato di verificare la possibilità di un progetto di ricostruzione e conversione dell'antico borgo per uso turistico residenziale, al quale pareva particolarmente adatto date le caratteristi-



Fig. 1 - Il complesso di Grangesises prima dell'intervento.

che paesaggistiche del sito e la sua collocazione in un comprensorio sciistico ben attrezzato e di vaste dimensioni; infatti tale sito si trova ad una quota di 1840 metri sul livello del mare, non lontano da Sestrières.

All'epoca il borgo era in completo abbandono. Le grange, ormai disabitate da parecchi decenni, durante la guerra erano state oggetto di frequenti incursioni e di molte non restavano che cumuli di macerie. Tuttavia quei resti rivelavano ancora un'organizzazione di volumetrie interessanti, sia nei singoli edifici sia nel complesso, elementi e tecniche costruttive impiegati secondo una cultura ben radicata nell'ambiente attraverso i secoli e caratteri di un'architettura autentica.

IL PROGETTO

Verificata l'opportunità e la validità del recupero dell'antico insediamento rurale per destinarlo a residenza turistica, si poneva il problema di conciliare nel progetto l'esigenza di mantenere integri caratteri architettonici e identità culturale e quella di adeguare spazi, nati per ospitare attività rurali d'alta montagna, a nuova destinazione d'uso e a mutati requisiti residenziali.

L'impianto del complesso non è stato trasformato, vi si possono trovare inalterate le caratteri-

stiche proprie agli insediamenti montani tradizionali: la duplice schiera di case a monte e a valle della via principale, l'allargamento di questa in una piazzetta centrale, la cappella, che qui risale al XVIII secolo, situata sulla stessa via maestra.

La tipologia della grangia è stata analizzata nei suoi caratteri formali, funzionali, tecnici, simbolici per adeguarne l'uso alla nuova destinazione, nella salvaguardia delle peculiarità architettoniche: si è cioè cercato di restituire ad un uso aggiornato la tipologia tradizionale, almeno per quanto concerne spazi, materiali, elementi qualificanti quel tipo di costruzione. Se sono stati introdotti opportuni accorgimenti tecnici e tecnologici, questi sono stati inseriti in un preciso programma, volto essenzialmente al recupero delle tecniche tradizionali della costruzione locale. Talvolta sono stati individuati ed applicati accorgimenti suggeriti dalla produzione odierna per conferire agli elementi della costruzione maggiori garanzie di durata nel tempo e migliori prestazioni d'uso. Ad esempio, le murature, che spesso nella tradizione erano eseguite a secco, sono state legate con malta di calce; gli elementi lignei, compresi quelli del manto di copertura, sono stati opportunamente protetti con impregnanti, le coperture sono state adeguatamente coibentate.

Le diverse unità residenziali inserite nelle grange hanno tutte ingresso indipendente e godono ciascuna di uno spazio aperto attrezzato a verde; in questo senso è stato spesso sfruttato il dislivello fra la parte a valle e quella a monte di ciascun edificio. Gli spazi interni sono stati organizzati in modo da presentare ancora articolazione e materiali propri agli interni della grangia, della quale ripropongono, aggiornato, il carattere di rifugio comodo e caldo dalle intemperie del clima montano.

MATERIALI, METODI DI LAVORAZIONE, TECNICHE COSTRUTTIVE

I materiali previsti nel progetto e impiegati nella realizzazione dell'intervento sono essenzialmente quelli tradizionali, ovvero quelli che l'ambiente alpino a milleottocento metri di quota mette a disposizione. Qui pietra e legno sono da sempre i materiali costruttivi dominanti; le loro caratteristiche di disponibilità e di lavorabilità hanno suscitato competenze e tecniche, informato caratteri formali, sono quindi componente essenziale della cultura e dell'architettura del luogo.

La grangia, versione alpina della tipologia rurale stalla-fienile, s'è andata definendo nei secoli in un modello di costruzione nel quale i materiali giocano un ruolo essenziale nella composizione e nell'organizzazione degli spazi. Essa si compone di due costruzioni sovrapposte: una inferiore,

costituita da strutture murarie di pietra, originariamente destinata a stalla e residenza, un'altra superiore costituita dalla struttura di copertura, interamente lignea e destinata a fienile.

L'organizzazione della grangia, i suoi caratteri tipologici e costruttivi sono stati il riferimento costante non solo delle scelte progettuali, che hanno riproposto materiali ed elementi, ma anche nella gestione della realizzazione dell'intervento, volta al recupero delle modalità proprie della cultura tra-



Fig. 2 - I tetti sulla piazzetta centrale del complesso dopo l'intervento.

dizionale di produzione e messa in opera di quegli elementi e materiali. In questo senso sono state riproposte e rivalutate competenze artigiane e capacità manuali da tempo ignorate negli interventi locali.

Le murature di pietra

Come nelle preesistenze, le murature sono state costruite utilizzando elementi di forma irregolare giustapposti, scaglie in grande quantità per colmare gli interstizi, ma legando i manufatti — come s'è detto — con malta di calce. Ne è risultata una

tessitura abbastanza regolare e molto compatta, anche se per la loro esecuzione ci si è affidati alle capacità dei muratori locali piuttosto che al filo a piombo e allo squadro.

Le aperture in questi muri sono chiuse superiormente da tronchi di larice con funzione di architrave o da archi realizzati con spezzoni di pietra posati di coltello. I davanzali, per i quali non erano reperibili lastre di pietra di dimensioni sufficienti, sono costituiti da tavole di legno.

Gli orizzontamenti

Nelle preesistenze la copertura dei locali al piano terreno sono talvolta costituiti da volte a botte o a crociera di pietra, talvolta invece da solai di legno realizzati con doppia orditura di travi principali e secondarie e assito soprastante, in qualche caso, infine, ci si trova in presenza di una serie di travi di legno che portano voltini di pietra.

Dove gli orizzontamenti originari davano buone garanzie di stabilità e permettevano un isolamento accettabile fra ambienti sovrapposti, sono stati mantenuti, restaurati, riproposti. Dove invece i solai lignei non rispondevano alla necessità di isolare fra loro unità abitative diverse o dove i solai misti di legno e pietra non erano recuperabili, sono stati messi in opera solai latero-cementizi gettati su una cassaforma ordita come i solai lignei tradizionali.

La carpenteria di legno

La struttura principale del tetto, sempre a due falde, riprende fedelmente quella tradizionale. Essa è costituita, in ogni grangia, da tre incavallature a capriata che appoggiano sulle sottostanti muraure perimetrali; solo per luci eccezionalmente ampie esse utilizzano un appoggio intermedio sul muro di spina o su un pilastro ligneo. Tutti gli elementi di queste incavallature sono ricavati da tronchi scortecciati e lavorati all'ascia per ottenere sezioni costanti su tutta la lunghezza. Le connessioni fra elemento ed elemento escludono, in genere, il ricorso a bande metalliche e sono realizzate con incastri a maschio e femmina: l'unico che si riscontra nella locale tecnologia del legno e che consente, fra l'altro, un comportamento elastico più omogeneo a tutta la struttura. Per queste opere è stato impiegato esclusivamente legno di larice.

Il manto di copertura

Per coprire le due falde dei tetti sono state impiegate scandole, anch'esse ricavate da tavole di legno di larice, ciascuna delle quali è larga da venti



GRANGESISES
SAUZE DI CESANA

PROGETTO di RICOSTRUZIONE
dell' ANTICO BORGO

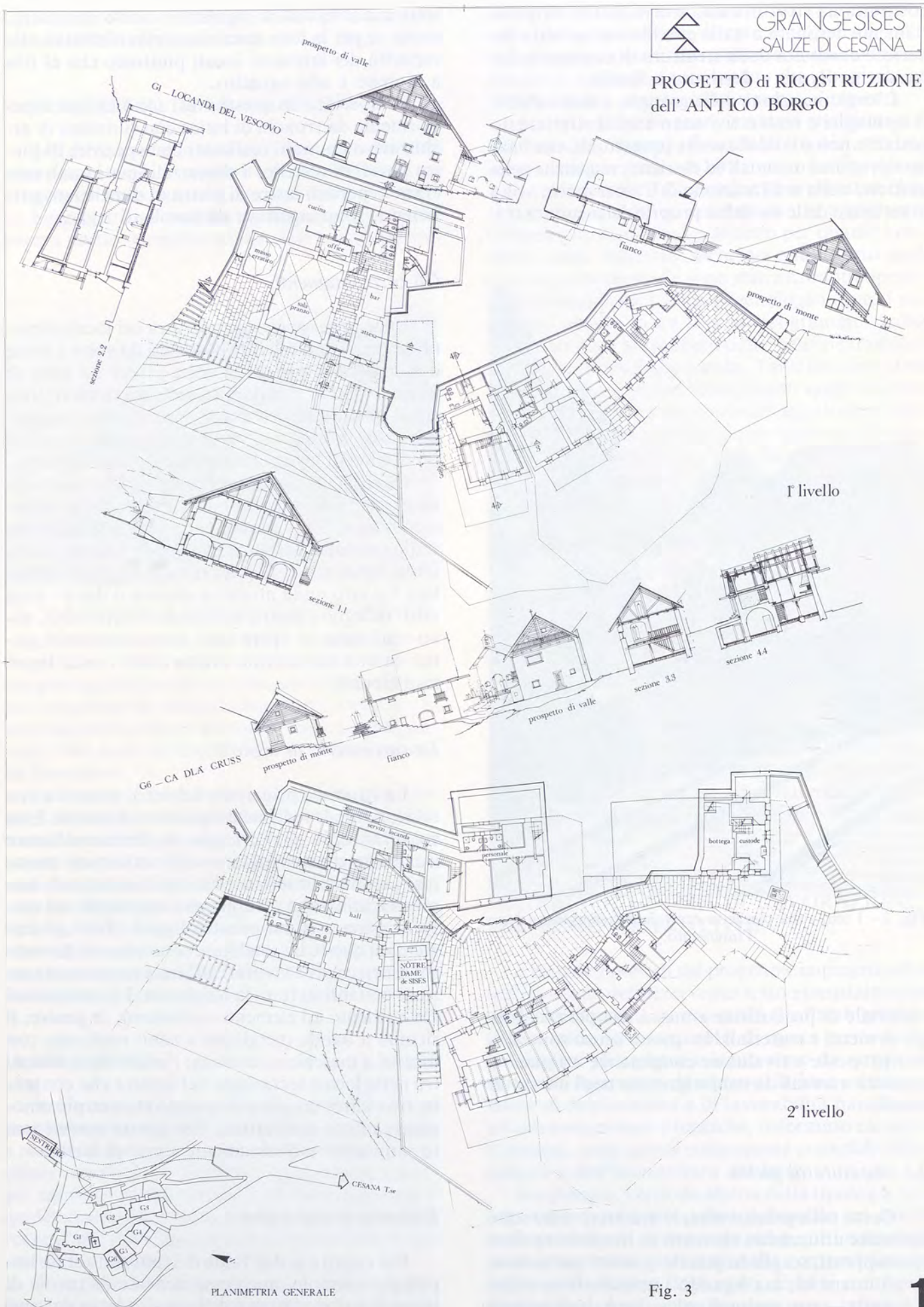
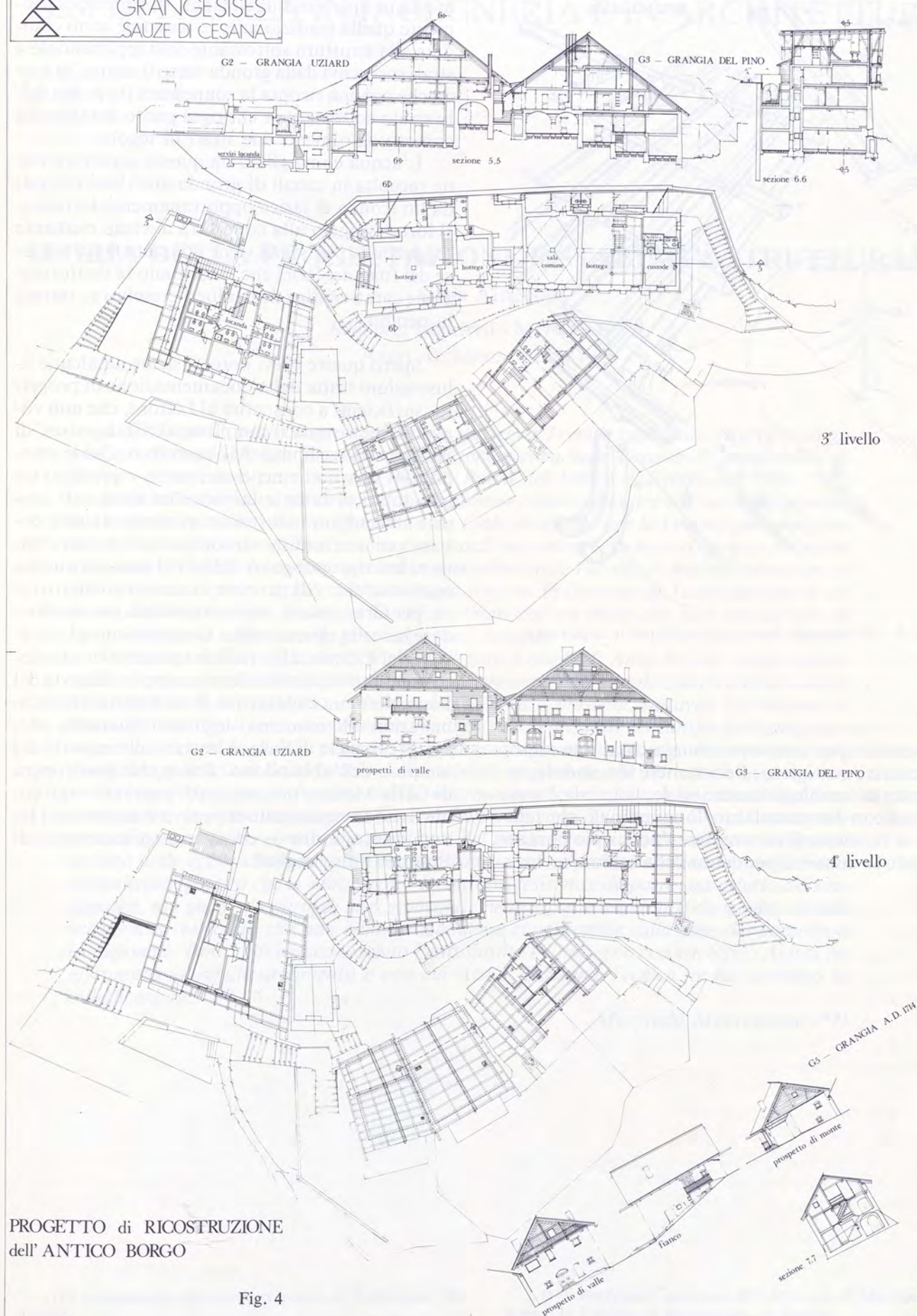


Fig. 3

1



GRANGESISES
SAUZE DI CESANA



PROGETTO di RICOSTRUZIONE
dell' ANTICO BORGO

Fig. 4

2

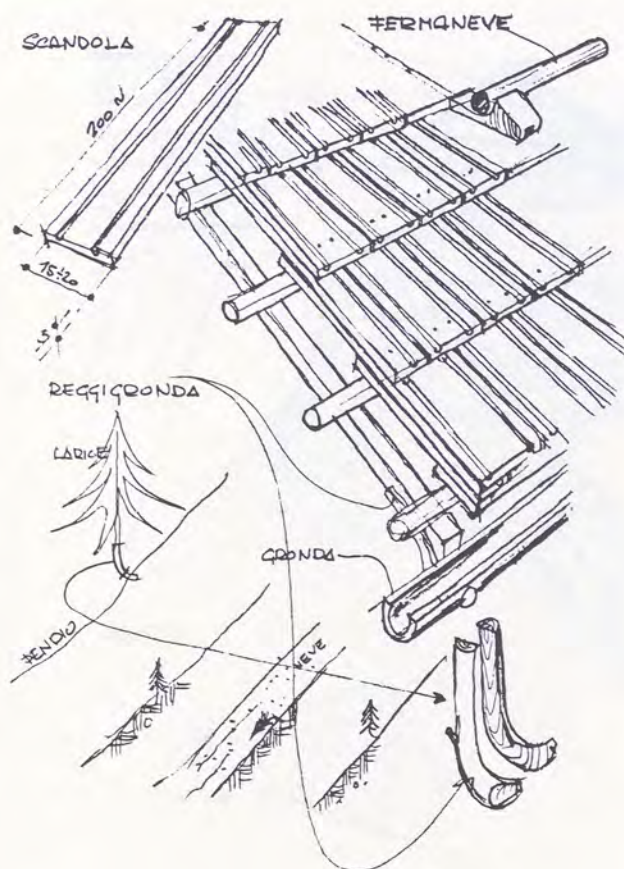


Fig. 5 - Gli elementi lignei riproposti per le coperture.

a venticinque centimetri, lunga circa due metri, spessa tre centimetri. Per ottenere le scandole, secondo la tecnologia tradizionale, la tavola è stata incisa con due scanalature longitudinali, che hanno la funzione di convogliare l'acqua piovana secondo la massima pendenza della falda. Anche la

messa in opera di tali elementi ripropone esattamente quella tradizionale: le scandole sono chiodate alla struttura sottostante sovrapponendole a strati successivi dalla gronda verso il colmo, in modo che ognuna ricopra la connettiva fra le due dello strato sottostante e che ogni punto del tetto sia coperto da almeno due strati di tegole.

L'acqua convogliata da queste coperture viene raccolta in canali di gronda anch'essi ricavati da un tronco di larice opportunamente lavorato. Il loro fissaggio alla copertura avviene mediante reggigronda per i quali viene utilizzata la parte bassa dei fusti dei larici che presentano la conformazione caratteristica degli alberi cresciuti su terreni in pendio.

Spero queste brevi note, insieme ad alcune illustrazioni tratte dalla documentazione di progetto, sufficienti a consentire al Lettore, che non voglia invece visitare il complesso di Grangesises, di verificare la credibilità dell'intervento. Qui le scandole — vere come nel Settecento — coprono locali dotati di tutte le innovazioni essenziali proprie alla cultura industriale: gli elementi delle costruzioni non tradiscono compiacimento per l'antico, ma ripropongono valori del passato ancora oggi autentici. Mi pare che ciascuno possa trovare, per Grangesises, molti argomenti per condividere la scelta operata dalla Commissione giudicatrice del Premio, alla quale mi piacerebbe chiedere di pronunciarsi sulla Stazione per la slittovia del Lago Nero, un capolavoro di architettura montana (e non solo montana) degli anni Quaranta, che, sempre in valle di Susa, è lasciata alle ingiurie del tempo e dell'abbandono. Forse che quest'opera di Carlo Mollino non merita di sopravvivergli come il suo insegnamento sopravvive attraverso i lavori dei suoi allievi, come questo intervento di Pompeo Triscuoglio?

TEORIA DELLA PROGETTAZIONE E STABILITÀ STRUTTURALE

Silvia AIASSA

Relatore: Manfredo MONTAGNA

Anno Accademico: 1984-85

A distanza di ormai cinque anni, Atti e Rassegna Tecnica ospita una ricerca nata da una tesi di laurea diretta da un docente di matematica della Facoltà di Architettura di Torino, dopo i lavori di Chiriatti, Plescia, Porcu nel 1982 e di Rivera nel 1983.

Si tratta indubbiamente di un fatto eccezionale rispetto ad altre sedi universitarie italiane, che costituisce — a mio parere — un titolo di merito per la Facoltà piuttosto che per il singolo docente. Pur attraverso i profondi mutamenti che hanno segnato gli ultimi dieci anni della vita dei nostri atenei ed in particolare delle Facoltà di Architettura (si pensi alla riforma del piano degli studi), è rimasta viva nel Politecnico di Torino una parte almeno dell'interesse per le attività interdisciplinari che era stato alla base del periodo di sperimentazione didattica alla fine degli anni settanta.

La ricerca di Silvia Aiassa () si può collegare a quella di Anny Rivera: anche questa infatti si proponeva di studiare lo sviluppo del processo progettuale e di fornire strumenti utili alla lettura del prodotto architettonico. Nel caso presente, tuttavia, l'attenzione si fissa soprattutto sul secondo aspetto: sulla base di recenti studi nel campo della percezione visiva e di una analisi del processo di rappresentazione progettuale, vengono proposte possibili applicazioni della Teoria della stabilità strutturale alla lettura di un progetto.*

Se è vero che la teoria fondata da Thom ormai vent'anni addietro ha perso il carattere dirompente che aveva inizialmente (al di là delle intenzioni dello stesso Thom), essa costituisce oggi una delle teorie più avanzate sia dal punto di vista matematico sia dal punto di vista delle applicazioni in tutti i settori della ricerca, e particolarmente in quelli meno formalizzati. Il fatto che le «catastrofi» incontrino resistenze da parte soprattutto dei matematici, ma anche da parte di altri scienziati, rientra fra le usuali diffidenze del mondo accademico verso ciò che non è immediatamente classificabile sulla base dei paradigmi tradizionali. Tanto più va riconosciuto l'entusiasmo e l'impegno con cui Silvia Aiassa ha affrontato un simile argomento e con cui Atti e Rassegna Tecnica ne ha accettato la pubblicazione.

*Manfredo Montagnana (**)*

(*) Laureata in Architettura presso il Politecnico di Torino.

(**) Professore associato di Istituzioni di Matematica presso la Facoltà di Architettura di Torino.

Il presente lavoro costituisce un tentativo di individuare alcuni fondamenti scientifici della disciplina progettuale seguendo il filone di ricerca di studiosi, quali, Alexander, March, Panofsky. Un nuovo solido contributo viene offerto dalle teorie più recenti della matematica moderna, in particolare dalla teoria della stabilità strutturale. Alcuni concetti propri della matematica moderna sono stati utilizzati con successo da Thom, Zeeman, Poston e Stewart, Gilmore ed altri ⁽¹⁾ in numerose discipline sperimentali (fisica, biologia, ecc.) per lo studio di sistemi in cui i processi interni non sono noti e le sole osservazioni attendibili riguardano le discontinuità che caratterizzano il passaggio da una configurazione stabile ad un'altra. Altre ricerche, in particolare di Thom e Petitot in discipline non strettamente sperimentali come la morfogenesi e la linguistica, evidenziano le grandi possibilità offerte alla teoria della stabilità strutturale. Il riferimento a semplici problemi di percezione visiva, collegati al più generale discorso progettuale, suggerisce di servirsi del metodo di Thom per operare con maggior validità e rigore scientifico in un campo ricco di variabili ancora da formalizzare.

La scelta iniziale di operare mediante rappresentazioni grafiche per la realizzazione di un progetto implica un passaggio, non semplice da riprodurre e non intuibile immediatamente, dal tridimensionale al bidimensionale (e viceversa). Si tratta di costruire un *modello* grafico «ottimale» che tenga conto di parametri non solo dimensionali, ma soprattutto spaziali, per la raffigurazione e l'interpretazione corretta della realtà. Il risultato finale dipende naturalmente da una corretta rappresentazione grafica, ma si realizza come conseguenza di altre scelte specifiche, determinate ogni volta dal progettista (definizione della forma, struttura statica, tecnologica, ecc.). Esistono perciò più insiemi di possibilità, uno per ogni variabile di definizione (spaziale, statica, tecnologica, ecc.), che comportano successivi approcci locali.

PERCEZIONE VISIVA

Il punto di partenza di questo lavoro è offerto da recenti ricerche di un gruppo di scienziati ame-

ricani ⁽²⁾, operanti nel MIT (Massachusetts Institute of Technology) sulla capacità del sistema visivo di interpretare la corretta struttura tridimensionale di un oggetto, partendo dalla sua proiezione bidimensionale. A tale scopo, bisogna tener presente un fatto che può apparire ovvio ed è tuttavia essenziale: il mondo esterno, se considerato da un punto di vista unicamente spaziale, possiede oggetti a tre dimensioni, mentre sulla retina si formano immagini bidimensionali, che devono essere organizzate e interpretate per essere coerenti con il mondo reale. La visione non avviene quindi in modo diretto: l'occhio percepisce gli oggetti; si formano sulla retina le immagini, relative agli oggetti osservati; le immagini, vengono trasmesse al cervello e interpretate. In questo complesso processo entrano in gioco alcune inferenze che ci permettono di descrivere l'ambiente circostante.

Le ricerche degli studiosi del MIT, fondate sull'uso di alcuni strumenti matematici, hanno rivelato che il sistema visivo sfrutta certe leggi e regolarità presenti nel mondo esterno. Sono stati proposti modelli basati sui concetti della geometria proiettiva e sullo studio delle forme del mondo reale, in particolare delle forme animate nel mondo biologico, da cui sono sorte interessanti regole che enunciamo brevemente.

La prima regola, *la rigidità*, nasce dalla constatazione che il mondo contiene oggetti rigidi, ma è di per sé insufficiente: esistono infatti altre regolarità che spiegano l'interpretazione delle forme reali da parte del sistema visivo. Nel moto degli animali, le articolazioni di ogni arto oscillano, nell'andatura normale, in un piano: sono vincolati da una seconda regola, quella della *planarità*. Rigidità e planarità sono sufficienti per dare una corretta interpretazione del moto delle immagini.

Ma se pensiamo alla suddivisione di una e più linee di una superficie, riconosciamo l'esistenza di una nuova legge, nota come regola della *trasversalità*: «quando due superfici di forma arbitraria possono penetrare casualmente l'una nell'altra, si incontrano sempre in un contorno di discontinuità concava dei loro piani tangenti».

Enunciamo infine l'ultima regola che riguarda la partizione di una superficie: supponiamo che su una qualsiasi superficie si possa eliminare una discontinuità concava, stendendo una pellicola al di sopra di essa. La discontinuità concava diventa, intuitivamente, una isolina lungo la quale la superficie presenta localmente la massima curvatura negativa. La *regola (generalizzata) di partizione di una superficie* afferma che «*si può dividere una superficie in parti in corrispondenza dei*

⁽¹⁾ R. THOM, *Stabilité structurelle et morphogénèse. Essai d'une théorie générale des modèles*. Paris, 1972, trad. it. *Stabilità strutturale e morfogenesi*, Torino, Einaudi 1980. ZEEMAN E.C. *Catastrophe theory*, Massachusetts, Reading 1977. POSTON T. - STEWART I.N. *Catastrophe theory and its applications*, Londra Pitman, 1978. PETITOT J. *Les catastrophes de la parole*, Paris, Maloine 1985. GILMORE R. *Catastrophe theory for scientists and engineers*, New York, Wiley, 1981.

⁽²⁾ HOFFMANN D.D. *L'interpretazione delle illusioni visive*, in «Le Scienze», febbraio 1984.

minimi negativi di ciascuna curvatura principale lungo la famiglia di linee ad essa associata».

L'esposizione delle precedenti regole ci ha portati ad introdurre alcuni concetti della geometria differenziale che ricorrono anche nella teoria della stabilità strutturale e saranno pertanto richiamate nel seguito.

ANALISI DEL PROCESSO DI RAPPRESENTAZIONE PROGETTUALE

Nell'ambito della disciplina progettuale siamo naturalmente portati ad enunciare il problema inverso di quello studiato da Hoffmann: come il sistema dell'uomo ricostruisce una rappresentazione tridimensionale da un disegno bidimensionale. Osserviamo infatti che la sequenza di operazioni che conducono alla realizzazione di un'idea in composizione architettonica può essere schematicamente descritta dalle seguenti fasi:

A) FASE MENTALE,

l'immagine psichica (idea progettuale) nasce secondo una previsione formale e un programma operativo;

B) FASE GRAFICA,

l'idea viene trasferita in *immagine bidimensionale* (rappresentazione grafica piana), cercando una corrispondenza tra segni e significati;

C) FASE OPERATIVA,

ogni elemento assume una *forma volumetrica* coerente con il progetto.

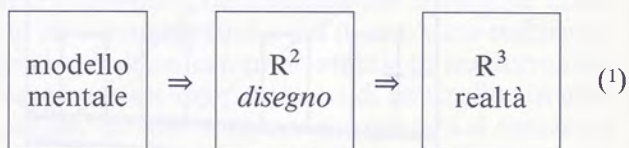
Il passaggio attraverso la fase bidimensionale necessita di un sistema di costruzione grafica che sia coerente, da un lato, con l'idea del progettista e, dall'altro, con la forma realizzata. Sottolineiamo, senza entrare nel merito, che fra i diversi modelli di rappresentazione grafica, solo la prospettiva permette la misurazione dello spazio in profondità e, di conseguenza, la conoscenza della posizione degli oggetti. Va tuttavia ricordato che, nessun metodo conserva le caratteristiche complete di tridimensionalità, che si possono sostituire solo tramite una pluralità di visioni e una complessità di esperienze, in cui tutti i sensi, nessuno escluso, entrano in gioco.

Ci riferiamo al problema delle aberrazioni (irregolarità o difetti) di tipo marginale dell'immagine, che si creano soprattutto in spazi di notevoli dimensioni. La causa principale di tali difetti risiede nella stessa conformazione dell'occhio, che proietta sulla retina un'immagine piana.

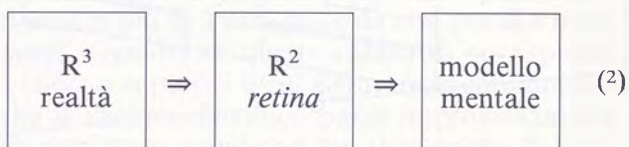
Ciò significa che le deformazioni delle immagini, riducono la perfetta coincidenza tra la real-

tà e le sue rappresentazioni bidimensionali. La percezione quindi non è data oggettivamente, ma permette di selezionare, scegliere e quindi interpretare le immagini, le forme.

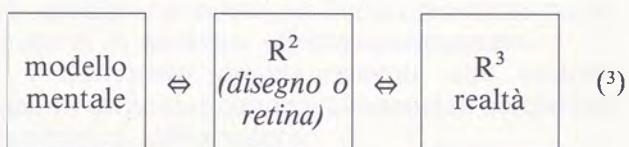
Una prima formalizzazione dei tre momenti del processo progettuale può essere:



ovviamente il succedersi delle operazioni si può invertire partendo dai problemi percettivi della visione:



Entrambi i processi perciò si possono riunire in un unico schema:



a conferma della validità del percorso ora in un senso ora nell'altro e l'analogia dei due fenomeni.

Nel primo caso, *l'immagine psichica* si riproduce sul foglio da disegno in maniera più o meno completa, secondo la capacità del progettista di servirsi dei metodi di rappresentazione piana conosciuti. Nel secondo caso l'osservazione diretta dell'ambiente esterno proietta sulla retina un'immagine bidimensionale che viene trasmessa al cervello per ricostruire *l'immagine psichica*.

Le simmetrie evidenziate nei due casi teorici da una serie di passaggi collegabili uno con l'altro, non sono riscontrabili nella realtà. Infatti è presente, già a priori, il problema dell'interpretazione del *modello* reale o mentale, che non sempre si può costruire in modo generale, ma si può definire solo mediante formalizzazioni locali.

Introduciamo una prima formalizzazione del tutto generale che ci permette di studiare un dato fenomeno; supponiamo che il fenomeno possa essere circoscritto in una regione B dello spazio ordinario e, temporalmente, in un intervallo T del tempo reale. Matematicamente diciamo che B è un sottoinsieme di R^3 e che T è un intervallo in R: il fenomeno è dunque rappresentato dal prodotto cartesiano $B \times T$ sottoinsieme di R^4 . Un generico punto P è così individuato dalle quattro coordinate (χ, μ, ρ, t) . Dato che l'obiettivo ultimo è di conoscere *l'evoluzione del processo in*

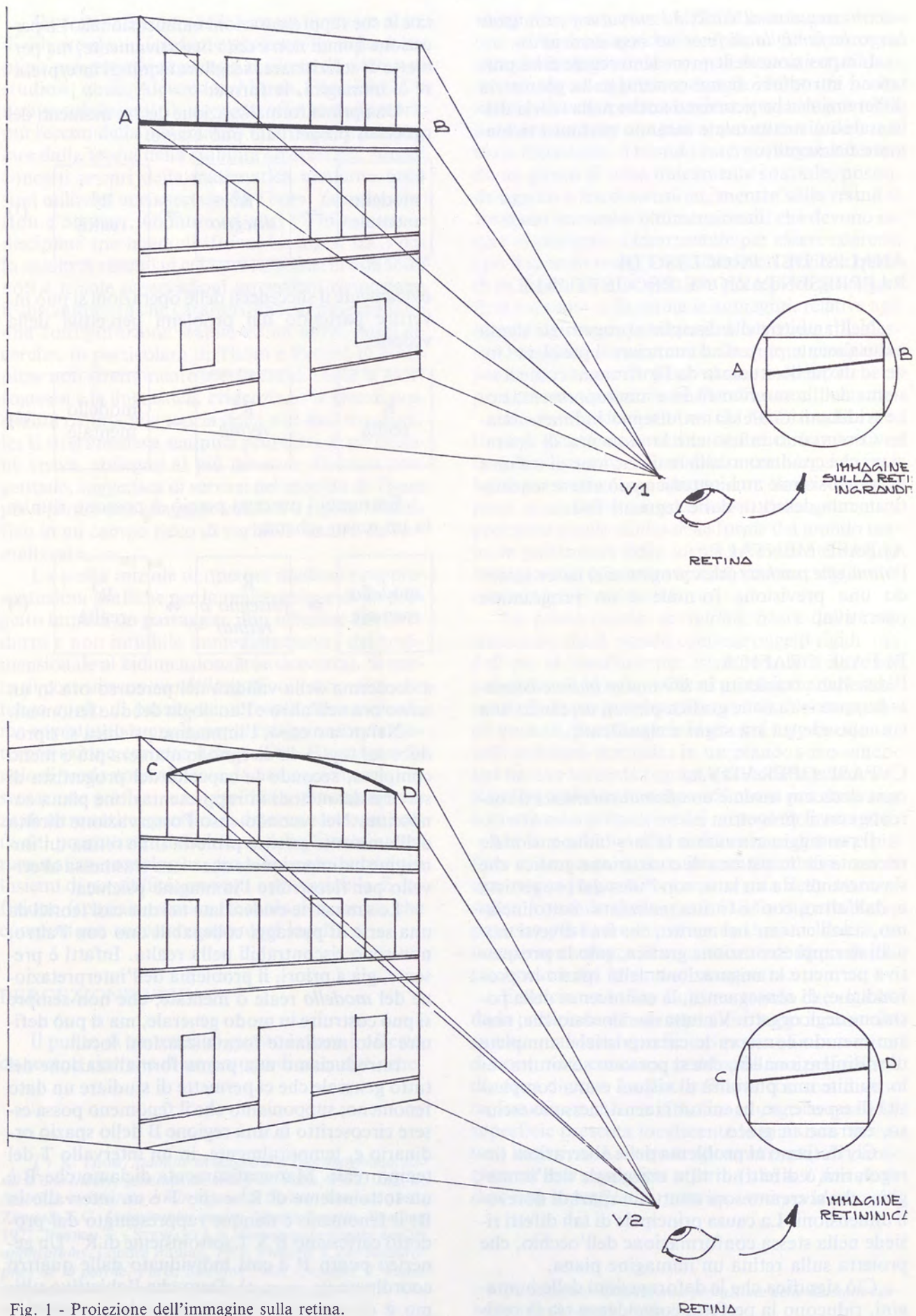


Fig. 1 - Proiezione dell'immagine sulla retina.

atto in ogni punto $x \in B \times T$, conviene introdurre vari livelli di formalizzazione secondo il grado di approssimazione desiderato, la scelta di scala e di errore nel rilevare le informazioni.

I modelli a cui ci riferiamo sono perciò continui e dinamici; parametri e variabili sono definiti in sottoinsiemi di R e le equazioni che esprimono le proprietà del processo contengono funzioni dipendenti da R . A questi modelli, che hanno un rilevante grado di formalizzazione matematica, diamo il nome di *modelli sintattici*.

Osserviamo ora che il progetto non si riduce alla sola rappresentazione piana sul foglio, ma in realtà contiene tutti gli elementi immersi in uno spazio R^P destinato a descrivere tutte le proprietà (tipologiche, strutturali, impiantistiche, ecc.) del progetto: esso costituisce un modello dello spazio R^2 . In altri termini la sua forma può essere studiata mediante variabili e parametri che controllano l'evoluzione del processo progettuale. Tra questi fattori di controllo, in un campo come l'architettura (e analogamente la pittura e la scultura), è particolarmente rilevante il ruolo del fattore percettivo che può diventare sia uno strumento per impadronirci completamente delle forme del mondo esterno con i loro significati, le loro rilevazioni e trasformazioni possibili, sia un parametro di controllo del progetto.

ELEMENTI DI TEORIA DELLE CATASTROFI

La teoria della stabilità strutturale è basata sui fondamenti della geometria differenziale e di altri settori della matematica moderna, come la topologia differenziale, la topologia algebrica. Particolare importanza ha il concetto di *varietà differenziale* ⁽³⁾, come ente matematico che formalizza le variabili di un sistema dinamico.

L'interesse è dovuto soprattutto al fatto che tale concetto consente il riferimento a coordinate locali, anche se esso conduce poi ad altri concetti, come quello di fascio tangente, che hanno carattere globale e si prestano quindi ad interpretare globalmente il fenomeno in esame. D'altra parte Thom deduce dallo studio delle varietà, alcuni risultati, quale il teorema di classificazione delle catastrofi, che hanno contemporaneamente valore locale e globale.

Gli sviluppi della topologia differenziale ed in particolare della teoria delle singolarità, hanno permesso di descrivere le discontinuità presenti nella

evoluzione di un sistema. È così sorta la teoria delle catastrofi, che si occupa direttamente delle proprietà delle discontinuità senza fare riferimento ad alcun specifico meccanismo "algoritmico" sottostante.

In termini del tutto euristici, una catastrofe è una transizione discontinua che si verifica quando un sistema presenta più di uno stato stabile oppure più di un cammino stabile di trasformazione, al variare dei parametri di controllo. In altre parole, la catastrofe avviene quando si spezza un equilibrio e si assiste improvvisamente a un cambiamento nel comportamento del sistema.

Secondo la teoria della stabilità strutturale, esistono solo sette possibili configurazioni stabili, dette catastrofi elementari, per sistemi dipendenti da non più di 2 variabili e da non più di 4 parametri. Ognuna di queste catastrofi corrisponde a curve o superfici il cui attraversamento implica che il sistema dinamico passa improvvisamente da uno stato stabile ad un altro anche quando i fattori che controllano il processo variano in modo continuo.

Nella teoria emerge il concetto fondamentale di *stabilità strutturale* per l'interpretazione dei fenomeni in qualsiasi scienza sperimentale.

Osserviamo preliminarmente che esistono quantomeno due condizioni essenziali perché una esperienza abbia valore:

- a) l'esperienza sia ripetibile indefinitamente senza modifiche e quindi sia «sufficientemente» indifferente alle influenze dell'esterno e dello stesso sperimentatore;
- b) le misure effettuate subiscano «piccole» variazioni in corrispondenza di piccoli errori.

Queste condizioni corrispondono all'ipotesi che i processi considerati siano strutturalmente stabili.

In effetti ogni oggetto dello spazio è sempre sottoposto all'azione di forze perturbatrici esterne: proprio la capacità di resistere a tali perturbazioni definisce intuitivamente la stabilità strutturale. Le azioni sull'oggetto perturbano, modificano la sua forma secondo le caratteristiche proprie del corpo. Si possono perciò distinguere oggetti con forma strutturalmente stabile e oggetti le cui forme sono modificate anche da una perturbazione minima, e pertanto sono dette «informi».

In matematica la nozione di stabilità strutturale si basa sulla considerazione di una famiglia continua di oggetti geometrici; ogni oggetto E_s della famiglia è parametrizzato da un punto di uno spazio S di parametri di dimensione finita o infinita. Se s è un punto fissato di S , si dice che l'elemento E_s è strutturalmente stabile (è un elemento generico della famiglia) se, per ogni $t \in S$ abbastanza vicino ad s , E_t ha la stessa forma (in un senso ogni volta da precisare) di E_s «L'insieme dei punti s di S tali che E_s è strutturalmente stabile forma un aperto di S , l'aperto dei punti generici

⁽³⁾ *Varietà differenziale*: un insieme M con un atlante massimale in cui le applicazioni hanno almeno le derivate prime continue. *Atlante*: una famiglia di coppie (U, φ) , dove U è un interno su M e φ è una applicazione invertibile, continua con la sua derivata prima, da M in uno spazio euclideo R^n .

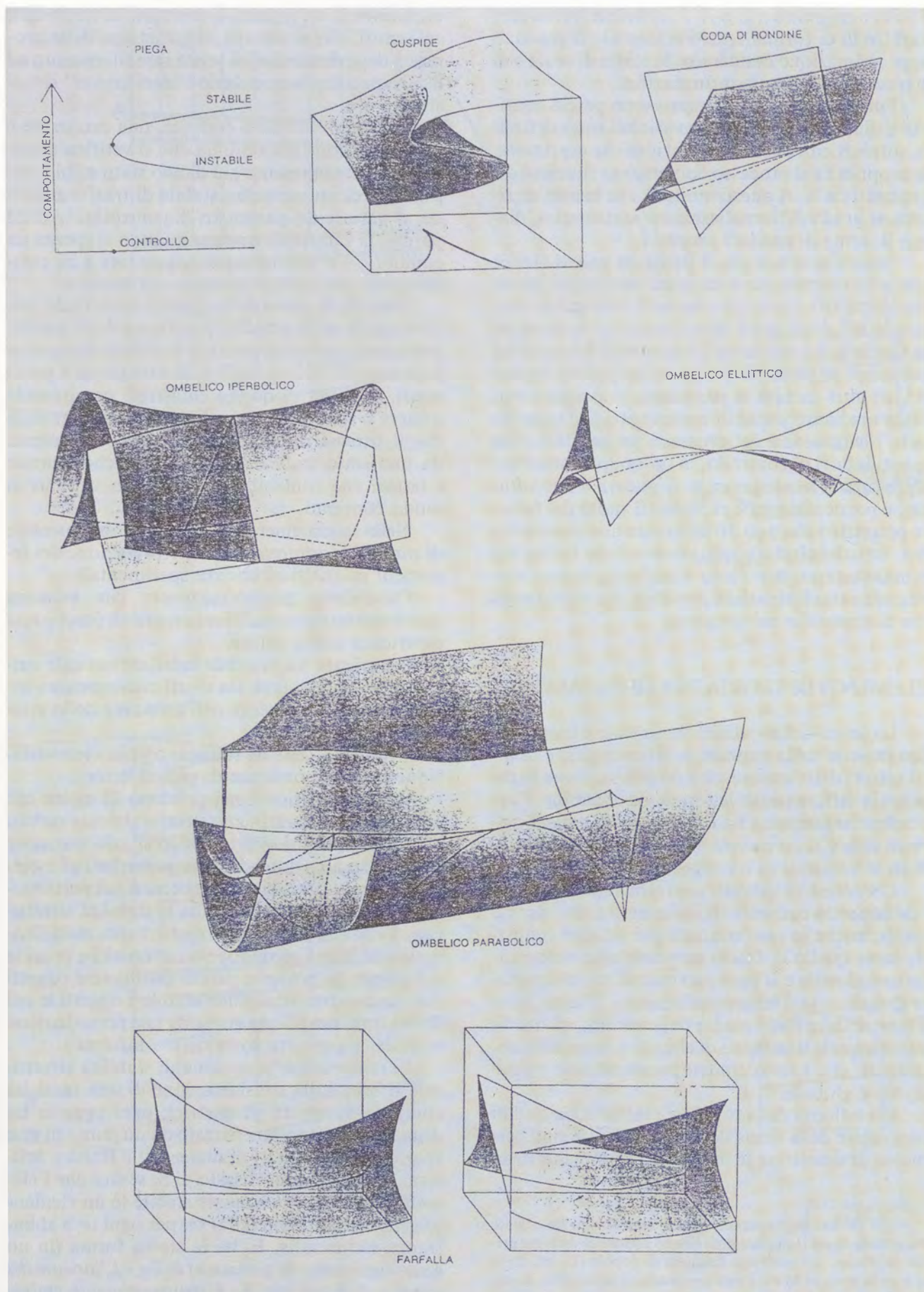


Fig. 2 - Le sette catastrofi elementari.

di S ; il suo complementare K è il chiuso dei punti di biforcazione» ⁽⁴⁾.

La natura topologica del chiuso K viene studiata descrivendo in particolare la sua struttura e le sue singolarità. Esistono però dei limiti nella teoria elementare delle catastrofi; Thom stesso ha rilevato che gran parte di ciò che noi osserviamo può essere descritto soltanto con modelli più complessi, le cosiddette *catastrofi generalizzate* la cui natura non è ancora ben compresa. Il limite più consistente è l'ipotesi iniziale che il modello matematico debba basarsi sull'esistenza di una funzione potenziale, o in altri termini, che il sistema dinamico, assunto come modello, sia di gradiente; è questa l'ipotesi che consente di giungere ad una classificazione finita, almeno quando il numero di parametri non è superiore a quattro. Diamo una prima descrizione del modo in cui può presentarsi una catastrofe generalizzata: un *attrattore* ⁽⁵⁾ governa fino ad un determinato momento un dominio D , quindi cessa di esistere ed è sostituito da un numero anche infinito di nuovi attrattori che governano ciascuno solo una parte di D . Ciò che succede in seguito non si può facilmente prevedere, ma «nel dominio D appariranno allora, in generale sotto forma molto fine e irregolare, zone di regime C_1 , tali zone si riuniranno poi e si semplificheranno nella struttura topologica fino allo stabilirsi di un nuovo regime di equilibrio globale» ⁽⁶⁾.

L'aspetto topologico di tali catastrofi è molto vario: il loro dominio si può ordinare in grumi (o bolle) o in fini striscie o filamenti, con esempi riscontrati comunemente solo in biologia. L'esempio classico è quello di una goccia che cade sulla superficie di un liquido. Esso porta alla formazione di una bolla aperta con i margini che si infrangono delicatamente; questa bolla poi si chiude dopo una complicata catastrofe che provoca un fascio di frangenti ellittiche. Formalmente la caratteristica di una catastrofe generalizzata è la distruzione di una simmetria o di una omogeneità; «*se esistono in natura simmetrie, ciò avviene perché, nonostante la loro apparente instabilità, il processo che le origina è strutturalmente stabile*» ⁽⁷⁾.

⁽⁴⁾ R. THOM, *Stabilità strutturale e morfogenesi*, Torino, Einaudi, 1980, pag. 27.

⁽⁵⁾ Consideriamo un sistema (M, X) definito dal campo di vettori X sulla varietà M . Un *attrattore* F di tale sistema è un insieme chiuso invariante rispetto ad X dotato delle tre proprietà seguenti: a) esiste un aperto U , intorno invariante di F , il bacino dell'attrattore F , tale che ogni traiettoria che entra in U si avvicina indefinitamente ad F ; b) ogni traiettoria che ha un punto in F sta interamente in F ; c) F è indecomponibile, cioè quasi ogni traiettoria di X in F è densa in F .

⁽⁶⁾ R. THOM, *Op. cit.*, pag. 113.

⁽⁷⁾ R. THOM, *Op. cit.*, pag. 118.

Si possono presentare anche dei casi in cui si ha una sovrapposizione di due o più catastrofi, i cui attrattori in competizione sono indipendenti o accoppiati molto debolmente.

Si è già detto che la determinazione di un modello relativo a catastrofi generalizzate è assai difficile, per il fatto che viene messo fenomenologicamente in difetto in principio di Curie: «*ogni simmetria delle cause si ritrova negli effetti*». Perciò una catastrofe generalizzata non è, secondo Thom, un processo formalizzabile. La rottura iniziale delle simmetrie presenti in questi fenomeni naturali non permette una formalizzazione globale e sono possibili solo formalizzazioni locali che permettono di parlare di causa ed effetto.

APPLICAZIONE ALLA PROGETTAZIONE

Nel campo delle scienze cosiddette «inesatte», non direttamente matematizzate si è manifestato un riscontro favorevole alla teoria delle catastrofi, ma proprio qui sono sorti i maggiori contrasti e si sono evidenziati casi di superficialità nelle applicazioni.

Il cosiddetto «divario fra le due culture» è dovuto naturalmente alle due diverse competenze: i matematici, da una parte, possiedono gli strumenti di formalizzazione, ma una conoscenza troppo semplificata dei fenomeni; gli «umanisti», dall'altra, hanno una più profonda conoscenza dei problemi, e nessuna, o poca, base matematica. La disciplina progettuale poiché non dispone oggi di uno statuto scientifico consolidato, è ancora troppo legata a una tradizione empirica e allo sviluppo di altre discipline (ci riferiamo in particolare a tecnologia, tipologia, morfologia).

Lo sforzo di Thom, teso a una scientificizzazione della linguistica, può essere un modello per il nostro tentativo di identificare dei concetti teorici fondamentali per la progettazione. Con questo non ci si prefigge di ridurre la disciplina in schemi fissi, ma si cerca di liberarla da concenzioni ancora troppo statiche e filosofiche verso una teoria e una pratica scientifiche.

Chi si accinge ad affrontare un problema progettuale deve tener conto sia del modello di rappresentazione grafica per «disegnare» la forma del progetto, sia degli elementi (spaziali, tecnici, ecc.) che concorrono alla realizzazione dell'idea. Sottolineiamo inoltre la capacità del progettista di fare determinate scelte, affinché l'opera realizzata non si manifesti in modo contrario agli obiettivi iniziali prefissati; tra questi, alcuni sono certamente dipendenti dal fattore percettivo. La forma, infatti, si realizza come conseguenza di scelte specifiche, determinate ogni volta dal progettista, che sono viste come la conseguenza del conflitto tra due o più attrattori, in termini di combinazioni sintatti-

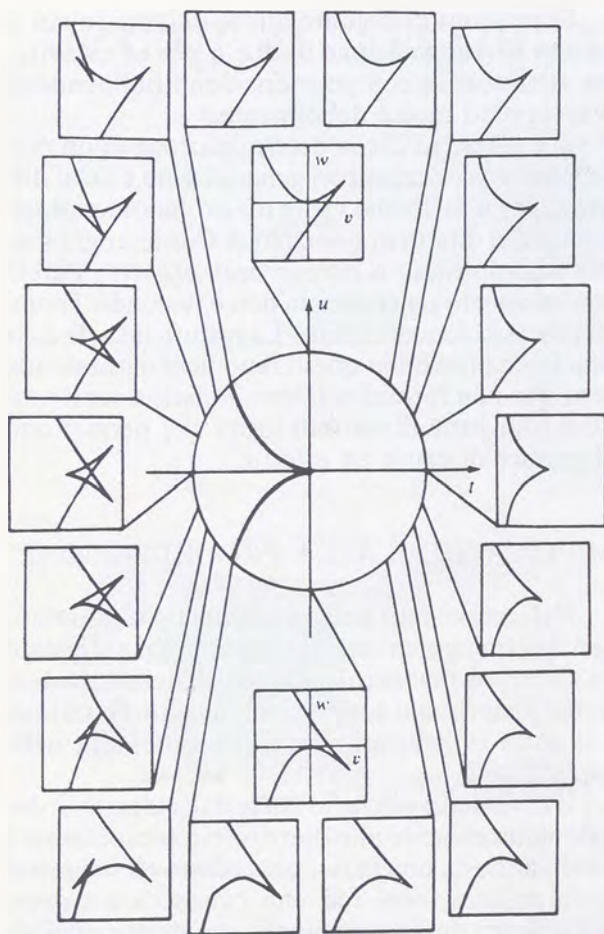


Fig. 3 - Sezioni della farfalla.

che e tecnologiche tra più elementi. Tali attrattori rappresentano tutti quei fattori esigenziali e quelle risorse che concorrono alla definizione della scelta ottimale.

Possiamo individuare, con l'apporto della teoria delle catastrofi, un modello per la determinazione della tipologia di un progetto. Teniamo innanzitutto presente che la configurazione assunta ogni volta dal progetto non dipende dal numero delle variabili di stato, ma dal numero, generalmente piccolo, dei fattori di controllo. Se il processo è controllato da non più di 4 fattori, si può presentare un comportamento analogo a una delle sette catastrofi studiate. Assumiamo per il nostro modello progettuale la configurazione della *farfalla*: essa presenta una variabile di stato e quattro parametri di controllo. Scegliamo tra gli infiniti parametri ammissibili presenti all'interno del progetto: la linea di quota (la dimensione), l'elemento strutturale, l'elemento tecnologico (l'impianto) e il fattore percettivo.

La variabile di stato o comportamentale può essere la forma progettuale. Esistono valori dei parametri che generano mutamenti radicali nel progetto: ad esempio, solo lo spostamento di una linea sul foglio può comportare una forma finale del tutto nuova. Si possono assumere costanti due parametri e far variare i rimanenti: per differenti valori di questi due fattori si osservano i successivi cambiamenti di posizione e di forma delle cuspidi della farfalla e il loro piano di intersezione. Possiamo rappresentare soltanto sezioni della catastrofe a farfalla, poiché, come per la coda di rondine e gli ombelichi, l'insieme di biforcazione ha più di tre dimensioni.

SOCIETÀ INGEGNERI ED ARCHITETTI IN TORINO



ARREDO URBANO

A CURA DELLO STUDIO DE FERRARI JACOMUSSI GERMAK LAURINI ARCHITETTI

8 FEBBRAIO 1989 LE FORZE IN GIOCO

9 10 11 FEBBRAIO 1989 SPERIMENTAZIONE PROGETTUALE

16 FEBBRAIO 1989 LETTURA CRITICA

INFORMAZIONI ED ISCRIZIONI IN SEGRETERIA

CORSO MASSIMO D'AZEGLIO 42 011.6508511 ore 15-18

SOCIETÀ INGEGNERI ED ARCHITETTI IN TORINO

COPIA INFORMATICA DI UN DOCUMENTO



Direttore responsabile: **ROBERTO GABETTI**

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

Spedizione in abbonamento postale GR. III/70 - Mensile

STAMPERIA ARTISTICA NAZIONALE - CORSO SIRACUSA, 37 - TORINO

SCALE DI SICUREZZA CON EXODUS®

IL GRADINO IN GRIGLIATO ELETTOFUSO ORSOGRIL PER SCALE DI SICUREZZA APPROVATO DAL MINISTERO DELL'INTERNO*

* DIREZIONE GENERALE DELLA PROTEZIONE CIVILE E DEI SERVIZI ANTINCENDI - CENTRO STUDI ED ESPERIENZE



Se siete interessati o partecipi a problemi per scale di sicurezza o antincendio, se avete responsabilità per l'evacuazione da scuole, ospedali, alberghi, cinema, sale da ballo, discoteche, ecc. abbiamo la soluzione per Voi.

Siamo da anni primi per tecnologia e qualità nella produzione di grigliati elettrofusi: abbiamo voluto essere anche i primi ed unici a dare ai progettisti ed ai vari utilizzatori la soluzione giusta per un gradino idoneo per scale di sicurezza e antincendio.

Non ci siamo fermati alle parole ed alle promesse: abbiamo sottoposto i nostri gradini a prove rigorose di sollecitazione e qualità. Poi abbiamo ancora cercato ed ottenuto una certificazione di idoneità per il problema specifico.

Allo scopo abbiamo interessato il Ministero degli Interni - Direzione Generale della protezione civile e dei servizi antincendio a Roma Capannelle, che - dopo diverse prove statistiche e funzionali - ha certificato l'idoneità del nostro gradino EXODUS per l'impiego su rampe di scale di sicurezza.

Il gradino EXODUS è costruito in grigliato elettrofuso zincato a caldo a norme UNI ed è provvisto di piastre laterali per il fissaggio alle strutture con bulloni e di speciale angolare anteriore di rinforzo, antisdrucchiolo e rompivisuale. La maglia del gradino è studiata per ottenere un sicuro effetto antisdrucchiolo, per facilitare il calpestio, per non trattenere neve ghiaccio o terra, per disperdere eventuali fumi. Possiamo costruire su Vs. progetto seguendo tutte le Vs. indicazioni oppure, avvalendoci della collaborazione di alcuni studi specializzati, possiamo fornire la scala con relazione di calcolo, collaudo statico e tutte le varie pratiche amministrative assolve.

Tra i nostri Clienti abituali sono le Ferrovie dello Stato, l'Enel, la Fiat, diversi altri enti pubblici e privati, oltre a numerose imprese edili e industrie.

Per quanto sopra.....

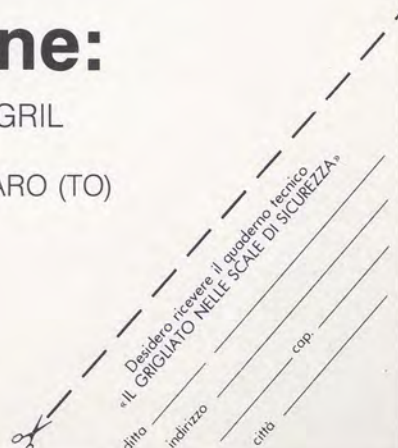
siamo a Vostra disposizione:

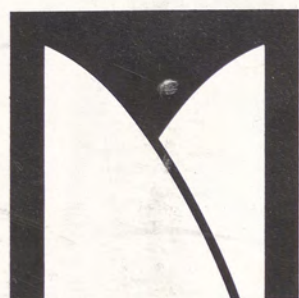
UFFICIO REGIONALE ORSOGRIL
Geom. Luigi Roux
Via Pietro Micca, 21 - 10121 TORINO
Tel. (011) 519.892 - 510.981

OFFICINA REGIONALE ORSOGRIL
Metalcarp S.a.s. di Cravero
V. Lombardia, 26 - 10071 BORGARO (TO)
Tel. (011) 470.15.27 - 470.15.65



ORSOGRIL®





MACIOTTA

Costruttori dal 1895

IMPRESA COSTRUZIONI
ING. GIOVANNI MACIOTTA S.P.A.
CAPITALE SOCIALE 1.500.000.000

10129 TORINO - CORSO G. FERRARIS 120
TEL. (011) 59 46 26 RIC. AUT. - TELEX 214143 MACTO I