

Franco Levi

(Torino, 20 settembre 1914 – Torino, 9 gennaio 2009)

Commemorazione tenuta dal Socio nazionale non residente GIORGIO MACCHI
nell'adunanza del 10 marzo 2010



Presidente, Colleghi, Signore e Signori, sono grato al Presidente che mi ha concesso il privilegio di commemorare Franco Levi qui, nell'Accademia di cui andava orgoglioso e che lo ebbe socio autorevole ed attivo.

Chiesi io stesso questo privilegio perché Levi è stato per me il Maestro dai banchi del Politecnico fino alla dipartita, ispiratore, guida e sostegno con uno strettissimo continuo dialogo, con un'intesa costante, talora vicini, più spesso tenuti lontani dalle vicende universitarie.

Gli affascinanti temi che mi proponeva mi attrassero di modo che fui suo fedele seguace per molti anni; parlerò qui di temi ed attività che spesso sono comparse sotto il mio nome, ma fu Lui nel profondo il vero Autore ed io l'allievo. I frutti furono abbondanti.

Non si può tuttavia parlare di Franco Levi senza richiamare il suo Maestro, Gustavo Colonnetti, iniziatore dell'ammirevole vicenda degli stati di coazione, che fu di conseguenza anche mio indimenticabile Maestro. Carlo Ferrari, che qui lo commemorò nel 1969, diede ampio riconoscimento dell'ampiezza dei suoi interessi scientifici, dei suoi brillanti risultati, riconobbe la sua forza nell'azione civile e politica, con la «sua personalità potente».

Queste espressioni fanno intuire quanto privilegiata e ricca sia stata per Levi l'eredità colonnettiana, che ha però comportato sacrifici proprio negli anni di più brillante successo sul piano internazionale.

Franco Levi, nato a Torino nel 1914, compiuti gli studi in Francia conseguendo il titolo di ingegnere all'École Normale, confermata la laurea nel 1936 al Politecnico di Milano, iniziò l'attività di assistente di Scienza delle Costruzioni con il prof. Colonnetti al Politecnico di Torino nel 1938.

Pochi mesi dopo le leggi razziali lo escludevano dall'Università, «seguivano nove anni di persecuzioni e lotta per la sopravvivenza» scrisse. Ricordo come descrisse il doloroso stupore del padre, apprezzato ingegnere, nel sentirsi discriminato, diverso, e non come fino allora un normale cittadino italiano.

Dopo l'espatrio in Francia Franco Levi fu protagonista di avventurose fughe dalle truppe tedesche di occupazione, fino a un fortunato rientro in Italia, ma di una nuova fuga in Svizzera nel 1943, in un campo di rifugiati civili. Egli ebbe poi la possibilità di raggiungere Colonnetti a Losanna, rifugiato antifascista, e di insegnare nel Campo Universitario Italiano dei rifugiati militari, organizzato da Colonnetti stesso.

Ritornò in Italia nel luglio 1945, avendo sposato in Francia, nel 1941 «una ariana coraggiosa», Nicole, che gli fu ammirevole compagna sempre e ovunque, fino alla morte che precedette di poche settimane quella di lui.

Nel 1947 Levi poté finalmente riprendere l'insegnamento e la ricerca al Politecnico di Torino.

Il binomio Colonnetti-Levi è indissolubilmente legato alla teoria e alle applicazioni degli stati di coazione elastica, tema sul quale Colonnetti già aveva ottenuto risultati avanzati (*Per una teoria generale delle coazioni elastiche*, Lincei 1921) ed era stato affrontato da Volterra e Somigliana, a partire da un primo lavoro di Weingarten (Lincei 1901).

Che cos'è uno stato di coazione? È uno stato di tensione indipendente da forze esterne, generalmente associato ad un sistema di deformazioni impresse. Si tratta di una definizione un po' oscura e può apparire di scarso interesse per la sicurezza delle strutture, perché si tratta di situazioni in cui possono non esservi forze applicate. Ma non è così, e il loro studio ha portato a risultati importanti sulla rottura delle strutture.

Un tubo di acciaio pieno d'acqua può essere in quiete sotto l'azione della pressione dell'acqua contenuta. Ma se gli si imprime una diminuzione di temperatura a cui, per la variazione di stato dell'acqua in ghiaccio, corrisponde una deformazione impressa dall'interno all'esterno (una deformazione piccola, ma non infinitesima, pochi millimetri) l'acciaio viene assoggettato ad uno *stato di coazione* tale che il tubo di acciaio può spezzarsi, pur non essendo stato assoggettato ad un aumento di forze esterne.

Lo studio degli stati di coazione e la loro modellazione con il calcolo sono parti fondamentali dell'analisi delle strutture. Colonnetti aveva cominciato osservando simili rotture delle bocche da fuoco delle artiglierie.

Le memorie di Levi dal 1938 al 1954 (con l'interruzione che abbiamo visto!) seguirono le idee e i metodi colonnettiani. Risultati originali ed efficaci si ottennero assimilando le deformazioni plastiche dei materiali a delle deformazioni impresse ai solidi come fossero rimasti perfettamente elastici. A partire dalla memoria *Sugli stati di coazione determinati in un sistema elastico per superamento del limite di elasticità* (Lincei 1938) alle successive

esplicitamente indirizzate al calcolo a rottura: *Fenomeni di adattamento e calcoli a rottura* (Linzei 1953), *Analisi di fenomeni anelastici proseguiti fino a rottura* (1954), Levi affronta con il metodo innovativo il calcolo di strutture molto complesse, come strutture iperstatiche monodimensionali e lastre piane su appoggio elastico, e fornendone la verifica sperimentale.

Levi opponeva già in questi lavori una serie di obiezioni alla applicazione al cemento armato della teoria delle cerniere plastiche, e cioè una applicazione priva di limitazioni della teoria della plasticità.

Opponeva alle cerniere plastiche l'applicazione della teoria delle coazioni a strutture iperstatiche, poiché le sperimentazioni mostravano senza incertezza effetti sfavorevoli della limitata capacità di rotazione delle sezioni in cemento armato e in cemento armato precompresso, effetti di cui il metodo delle cerniere plastiche non teneva conto. Le applicazioni dell'analisi nonlineare evolutiva, che emergeva come proposta da queste critiche e dagli studi sull'argomento, si precisarono con studi ulteriori per circa un ventennio.

Fu del tutto naturale assimilare a deformazioni impresse, analogamente alle deformazioni plastiche, le deformazioni viscosse ed il ritiro del calcestruzzo, inglobando le recenti acquisizioni su tali fenomeni nella modellazione globale degli stati di coazione delle strutture in cemento armato e, successivamente, delle strutture in cemento armato precompresso.

Levi dedicò in pochi anni moltissimo lavoro agli effetti strutturali della viscosità, intuendo che le nuove tecniche (precompressione e prefabbricazione) avrebbero comportato pericolose incertezze sullo stato di tensione delle strutture se gli effetti della viscosità non fossero stati correttamente messi in conto. Il teorema delle «distorsioni isomorfe», sia pure valido solo in viscosità lineare, fornisce ai progettisti sia un prezioso strumento per prevedere gli effetti nel tempo di azioni esterne oppure di stati di coazione di ogni origine, guidandoli a tener conto degli effetti sfavorevoli o, al contrario, progettare in modo di evitarli. Levi estese dunque lo studio ai vincoli posticipati, ai solidi eterogenei e all'influenza della viscosità sull'instabilità dell'equilibrio.

L'importanza del contributo di tali brevi memorie si può giudicare osservando che perfezionamenti dei modelli e riordinamenti teorici sono tuttora oggetto di studi e controversie tra specialisti (anche di scuola colonnettiana).

Ma la scuola colonnettiana e il suo alfiere Franco Levi erano destinati a diventare, negli anni tra il 1938 e il 1960, i più riconosciuti protagonisti di quella che Freyssinet (detentore del primo brevetto nel 1928) chiamò «*une révolution dans l'art de bâtir*», il cemento armato precompresso.

Appariva chiaramente a Colonnetti e a Levi che gli stati di coazione di cui erano maestri potevano diventare il mezzo idoneo per ovviare ai difetti del cemento armato, in primis alla mancanza di resistenza a trazione del calcestruzzo, alla scarsa resistenza al taglio delle sezioni, alle fessurazioni in

esercizio che impedivano l'uso di acciai ad alta resistenza e comportavano un costoso controllo delle inflessioni in esercizio. Ciò, mentre le prime formulazioni della teoria della plasticità inducevano gli ingegneri a credere che fosse possibile progettare strutture più leggere e più economiche prendendo vantaggio semplicemente dal calcolo a rottura.

L'innovazione risiedeva invece nell'introdurre nella struttura stati di coazione artificiali capaci di produrre permanentemente sollecitazioni artificiali di segno contrario a quelle prodotte dai carichi.

Già nei primi decenni del secolo si era cominciato a pensare alla applicazione di deformazioni impresse per migliorare il comportamento del cemento armato e si aveva già notizia di alcune opere di Eugène Freyssinet quando Levi nel 1938 partì per la Francia.

Tuttavia, quando nel 1945, alla fine della guerra mondiale, esplose quella rivoluzione che fu la tecnica del cemento armato precompresso, già essa possedeva nella teoria degli stati di coazione una base teorica ben fondata; si direbbe anzi che la teoria abbia preceduto la pratica, in quanto le coazioni introdotte nelle strutture con la precompressione erano la razionale conseguenza dello studio dei difetti del cemento armato.

In pochi anni la precompressione raggiunse una generale applicazione in tutto il mondo; quasi ogni ponte fu concepito in cemento armato precompresso, con stupefacenti aumenti delle prestazioni, sia nella possibilità di aumento della luce sia nella leggerezza e nel costo di costruzione.

Ma la nuova tecnica rischiava di essere applicata in modo semplicistico e di condurre a possibili disastri di grandi opere, come spesso è avvenuto per le grandi innovazioni. L'errore più comune era quello di considerare la precompressione come un'applicazione di forze esterne, invece che uno stato di coazione per applicazione di deformazioni impresse. Questo errore, largamente diffuso, non poteva spiegare fenomeni essenziali per la sicurezza dell'opera, quali la riduzione dei benefici nel tempo a causa di rilassamento dell'acciaio, di ritiro e deformazioni viscosse del calcestruzzo. Si sarebbe potuto credere che le sollecitazioni impresse dalla precompressione potessero utilizzarsi anche per la resistenza a rottura della struttura, mentre invece si tratta di deformazioni impresse che quasi completamente perdono valenza a rottura, quando si verificano le grandi deformazioni.

Altri gravi errori erano diffusi nei primi tempi di applicazione: venivano ignorati gli effetti dell'attrito dei cavi sulle loro guaine e la conseguente minor efficacia della precompressione, non si misuravano le proprietà di rilassamento degli acciai ad alta resistenza, si calcolavano gli effetti della precompressione su importanti strutture iperstatiche ignorando gli effetti iperstatici della precompressione, non si verificava il rischio di instabilità delle sezioni sottili.

Queste poche frasi sono sufficienti a capire quali fossero i pericoli cui poteva condurre l'applicazione della precompressione se non venissero calcolati gli effetti con l'analisi idonea, la teoria degli stati di coazione.

Per questo nel 1947 un «Centro Studi sugli stati di coazione elastica» fu istituito da Colonnetti al Politecnico di Torino quando riprese il suo insegnamento e fu nominato Presidente del Consiglio Nazionale delle Ricerche.

Franco Levi, supplente di Colonnetti come professore, fu Direttore del Centro, che divenne in pochi anni il più riconosciuto centro di ricerca sull'argomento e la fonte più autorevole anche nella trattazione dei problemi di progettazione grazie al possesso di quel magico strumento che era la teoria degli stati di coazione.

In quegli anni l'attività di Levi, vista dal suo modesto borsista, fu titanica. Nel 1949-50 fu consigliere e collaudatore della prima opera costruita in Italia in cemento armato precompresso, il Ponte di Vallesella sul Piave, progettato dall'ing. Carlo Pradella (ingegnere di altissima professionalità, troppo dimenticato, come la sua opera).

Levi, tra grandi difficoltà, malgrado il prestigioso nome del Centro che dirigeva, effettuava senza sosta esperienze di laboratorio e su strutture, scriveva memorie su temi di frontiera (il calcolo nonlineare sulle strutture iperstatiche, il calcolo a rottura delle volte sottili precomprese, ecc.) partecipava a innumerevoli convegni, affrontava l'esame, che gli fu affidato dal CNR, dei primi progetti di opere in precompresso, organizzò al Politecnico corsi dedicati (il primo nel 1950) con la preziosa partecipazione di Yves Guyon, l'ingegnere che insegnò agli ingegneri a progettare il precompresso, anch'egli altissimo ingegno troppo dimenticato.

Nel 1951 Franco Levi e Giulio Pizzetti pubblicarono presso Dunod il libro intitolato *Fluage, Plasticité, Précontrainte*, un voluminoso trattato di ispirazione colonnettiana, nel quale sono stati affrontati i tre temi recenti della Scienza delle costruzioni con sviluppo di metodi di pratica applicazione alle strutture. Levi, oltre al tema della viscosità, ha sviluppato nel libro in modo operativo quello del cemento armato precompresso, affrontando i metodi di calcolo e di verifica attraverso la teoria degli stati di coazione. Il volume ebbe grande risonanza internazionale.

Nel 1953 venne fondato il «*Comité Européen du Béton*», l'organismo internazionale al quale il nome di Levi è indissolubilmente legato per il ruolo di illuminata guida che vi svolse dall'inizio e poi per alcuni decenni, ed il crescente prestigio raggiunto che condusse le «Raccomandazioni» ed il «Model Code» a diventare indiscussa base scientifica della Normativa Europea (gli Eurocodici).

Il mondo tecnico della ricostruzione postbellica in Europa era da tempo insofferente ai vecchi regolamenti di progettazione strutturale, emessi nel primo decennio del secolo, particolarmente inadeguati per le strutture in cal-

cestruzzo, soprattutto nell'ignorare il c.a. precompresso, la teoria della plasticità ed il calcolo a rottura, e si guardava con interesse ai criteri di stato-limite dei regolamenti russi. Nel CEB trovarono convergenza tali fermenti, raccogliendo un gruppo di studiosi convinti che solo la sintesi delle conoscenze scientifiche avrebbe potuto portare ad un'universale trasformazione dei metodi di progetto delle strutture, ampiamente condivisa e unificata in tutta Europa.

Nel 1957 Levi fu eletto sorprendentemente Presidente del CEB. Con non credibile modestia Levi ha attribuito questo straordinario riconoscimento dei più grandi esperti europei ad un sotterfugio per evitare troppo accesi contrasti valendosi delle capacità di compromesso di «un giovane animato da molta buona volontà».

La realtà era invece che fra i molti esperti egli godeva già del più alto prestigio per la cultura che gli consentiva di dominare i vari aspetti degli argomenti in discussione e di mediare fra trattazioni che erano solo in parte congruenti con la complessità dell'insieme.

Questo inatteso successo non mancò certo di alimentare in Italia sentimenti poco favorevoli alla carriera di un semplice "assistente".

D'altronde tale carriera già si presentava in pericolo. Il giovane assistente cominciava ad avere ampi riconoscimenti dell'originalità delle sue ricerche, soprattutto all'estero, ma anche in Italia. Però nel 1956 parve ad alcuni che le lusinghiere valutazioni esagerassero i meriti e le aspettative di un giovane assistente. Franco Levi dovette attendere, e ottenne la Cattedra di Scienza delle Costruzioni solo nel 1962 all'Istituto Universitario di Architettura di Venezia e poté ritornare al Politecnico di Torino solo nel 1969, 31 anni dopo il suo brillante esordio come assistente di Colonnetti.

Sono fatti che avvengono nelle Università. Ma per il giovane Levi gli effetti dell'immeritato ostracismo furono particolarmente amari, certo più della persecuzione razziale del 1938, perché sapeva che la sua produzione scientifica nel 1956 era ben degna di una continuazione nell'insegnamento del Maestro, di cui era il dichiarato successore.

Levi affrontò l'esilio veneziano con la consueta energia. Trasportate attrezzature e modelli nel piccolo laboratorio locale, continuò gli studi sulla capacità di rotazione delle membrature in c.a. perseguendo l'obbiettivo dei metodi di calcolo nonlineare e la loro introduzione nelle nuove Raccomandazioni del CEB. Come tutti i Maestri ha subito dato vita in Venezia ad un gruppo di ricercatori e di docenti che vennero orientati sui temi degli stati-limite.

Ma prima di seguire le successive importanti tappe della ricerca, è da ricordare l'impegno che egli profuse a Venezia nel concepire un insegnamento della meccanica delle strutture più adatto alle tendenze ed alla sensibilità degli architetti, aggiungendo agli insegnamenti di base e tradizionali un nuovo

insegnamento, la “tipologia strutturale”. Tale nuovo insegnamento, che si valeva dei recenti libri di Eduardo Torroja, sviluppava gli aspetti intuitivi dell’analisi delle strutture e della loro concezione, facilitando la comprensione degli algoritmi usuali e una concezione strutturale degli edifici.

Il 1968 e il 1969 furono anni di angoscioso disordine nella Facoltà di Architettura. Levi, pur cosciente della necessità di riforme dell’Università da lui stesso condivise, e sempre pronto al dialogo con gli allievi, non fece alcuna concessione agli aspetti deteriori della protesta, dando per primo l’esempio di come ogni obiettivo formativo dell’Università dovesse essere perseguito attraverso la cultura, lo studio, il rigore.

L’attività del CEB proseguiva attraendo di continuo nuovi ricercatori da tutti i Paesi Europei.

Presidente dal 1957 al 1968, attraverso il coordinamento di numerose commissioni specializzate, Levi conseguì la redazione di due successive serie di Raccomandazioni che già erano ispirate ai criteri probabilistici ed agli stati-limite, pur limitandosi alla formulazione semplificata dei coefficienti parziali.

Lasciando la presidenza del CEB Levi non lasciò affatto la leadership della brillante e promettente iniziativa, anzi la rafforzò favorendo la fusione concettuale dei metodi relativi alle due tecniche operative, il cemento armato e il cemento armato precompresso, mettendo a frutto il prestigio maturato con due anni di presidenza della *Fédération Internationale de la Précontrainte*.

Ma al completamento di un moderno sistema di progettazione mancava ancora molto lavoro teorico sui concetti di sicurezza e sugli algoritmi necessari a rendere operativi i principi.

Da decenni era accettata una concezione probabilistica della sicurezza, ma gli strumenti erano carenti. Levi trovò in Julio Ferry Borges un profondo conoscitore di tali problemi e, convincendo gli specialisti dell’argomento per varie tecniche costruttive a convergere in uno speciale *Joint Committee of Structural Safety*, raggiunse rapidamente una definizione delle principali variabili aleatorie (azioni e resistenze) che intervengono nella sicurezza delle strutture. Tali definizioni, attraverso algoritmi probabilistici idonei condussero ad una determinazione razionale dei coefficienti di sicurezza parziali introdotti dal CEB, e furono una preziosa base per utilizzare le stesse formulazioni anche per le altre tecniche costruttive, specialmente per le costruzioni metalliche.

Altri problemi, più complessi, rimanevano irrisolti per le strutture iperstatiche (l’incertezza del modello strutturale). Alla loro soluzione dedicarono molti studi Franco Levi e i suoi collaboratori, proponendo modifiche dell’equazione di verifica con coefficienti parziali. Rendendosi poi conto che la complessità dell’analisi nonlineare l’avrebbe per il momento limitata alle sole strutture eccezionali, venne messa a punto una regola di duttilità per

l'utilizzazione del calcolo lineare, che è stata recepita da ogni nuovo regolamento europeo.

La coerenza che avevano raggiunto nel 1970 le Raccomandazioni cominciò ad attirare l'attenzione di alcuni Governi (Germania e Francia), che vedevano ormai vicina la possibilità di sostituire le normative vigenti con nuove normative probabilistiche agli stati-limite per tutte le tecniche costruttive.

Ancor più tale opportunità si presentava per l'Unione Europea. Si poteva prevedere che tale sostanziale progresso della tecnica delle costruzioni risultasse accettabile da tutti i Governi dell'Unione, poiché il CEB l'aveva preparato con un'ampia convergenza di esperti di tutti i Paesi.

Franco Levi venne incaricato dalla UE di studiare una strategia per ottenere una serie di «Codici-modello» per tutte le tecniche costruttive, identici nei principi informativi degli stati-limite, sulla base dei quali formulare dei Codici di validità in tutta l'Unione, gli «Eurocodici».

Levi assunse il ciclopico incarico con l'usuale irruenza, ma non abbandonò il CEB, anzi aumentò la sua attività interna fino a pubblicare nel 1978 il primo Model Code del CEB che, raggiunta la razionale generalità dei principi per tutti i materiali, consentì già nel 1979 di iniziare la redazione di cinque Eurocodici (incluse costruzioni metalliche, murature e sismica) pubblicati a Lussemburgo nel 1988 e produsse il «Model Code 90» come definitiva base scientifica grazie al limpido riordinamento del contenuto effettuato da Theodoros Tassios, nostro Socio straniero.

Il resto è storia recente, di cui sarebbe necessario almeno riassumere:

- le ulteriori amarezze del Nostro per le pressioni mercantilistiche dell'Unione Europea, che si opponeva al «magico filtro della ragione» e riuscì ad offuscare un poco la brillantezza del lavoro scientifico
- l'amarezza nel constatare l'Italia ultima ad accettare con gli Eurocodici il successo dei suoi ricercatori migliori.

Ma il successo fu pieno, tutti gli otto Eurocodici sono passati positivamente al Voto formale, gli Eurocodici sono stati ovunque recepiti dalle Autorità ed applicati. Questo, a mio avviso, può ben chiamarsi la seconda rivoluzione nell'arte di costruire del secolo XX, e Franco Levi il suo indiscusso leader.

Tra i molti appunti preparati mi si perdoni se ho voluto scegliere questa vicenda, che mi sembra la transizione dall'apologia della scuola di Colonnetti a quella della scuola di Levi.

Il suo intelletto illuminato e la sua indole aperta e comprensiva gli aprivano le porte alla collaborazione di centinaia di esperti del settore, desiderosi di inserire le loro idee e i loro risultati in una grande sintesi che accoglieva ogni contributo, ogni approfondimento purché autentico, e che risultava anche dalla soluzione di controversie ritenute all'inizio inconciliabili.

La sua continua produzione di idee fu sempre conciliata rigidamente con i compiti didattici. Maestro illuminato e appassionato, si dedicò alla costruzione di generazioni di bravi ingegneri ed architetti, aumentando il prestigio della Scuola.

Ma fu anche «costruttore» in senso stretto: è ammirevole l'impegno intellettuale impiegato nella concezione di tre grandi e originali strutture: il Palazzo a vela di Torino con i suoi 120 m di distanza tra i tre appoggi, il bacino di carenaggio di Genova costruito con materiali innovativi, la cupola sottile a paraboloide ellittico di Teramo; anche il problema della Torre Pendente di Pisa fu oggetto di suoi suggerimenti.

La sua continua attenzione alle innovazioni costruttive ha costituito per Levi una continua guida ad operare in modo utile alla pratica costruttiva, e come tale è stata altamente apprezzata dai costruttori ed è stata stimolo per gli allievi.

Un ulteriore merito, fra i tanti, non si può tralasciare. Nel suo guardarsi intorno con acuta curiosità si rese conto di quanto avesse bisogno di fresco alimento lo studio della Geotecnica, insufficientemente perseguito dalle Università. Non si può non ricordare tra i meriti di Levi la fondazione di una scuola di Geotecnica che, grazie alle novità portate da Michele Jamiolkowski e a un supporto di mezzi sollecitati dal Maestro, è rapidamente salita ai più alti livelli di prestigio non solo in Italia.

Il prestigio acquisito con i suoi più di duecento scritti scientifici* ed i suoi importanti contributi gli sono valsi numerosi riconoscimenti, fra i quali:

- Honorary Membership dell'American Concrete Institute nel 1965
- medaglia d'oro Transeter (Belgio) (1972)
- medaglia d'oro Freyssinet nel 1978
- medaglia d'oro Mörsch nel 1989
- premio Albert Caquot alla carriera a Parigi nel 1990
- medaglia Torroja a Madrid nel 1992
- laurea H.C. in Scienze dell'Università di Liegi
- laurea H.C. dell'Università di Waterloo (Canada) nel 1993
- laurea H.C. in Architettura dell'IUAV Venezia
- medaglia d'oro della Pubblica Istruzione
- premio Città di Torino al merito scientifico.

L'Accademia e il Politecnico, nel rammarico di aver perduto uno scienziato di tale statura, possono ben essere orgogliosi di aver già dato ampio riconoscimento del suo valore.

* L'elenco delle pubblicazioni scientifiche di Franco Levi fino al 1989 è stato pubblicato dal Politecnico di Torino (Franco Levi, "Scritti scelti", Dipartimento di Ingegneria Strutturale, 1989).