

L'ingegneria strutturale al Politecnico di Milano. Intervista a Giulio Ballio*

Ludovica Cappelletti

Ludovica Cappelletti, Politecnico di Milano

* Intervista al Professore Emerito Ingegnere Giulio Ballio, Rettore del Politecnico di Milano dal 2002 al 2010, svolta presso il Politecnico di Milano tra maggio e giugno del 2022.

L'autrice ringrazia il Professor Ballio per il tempo e la disponibilità che le ha dedicato.

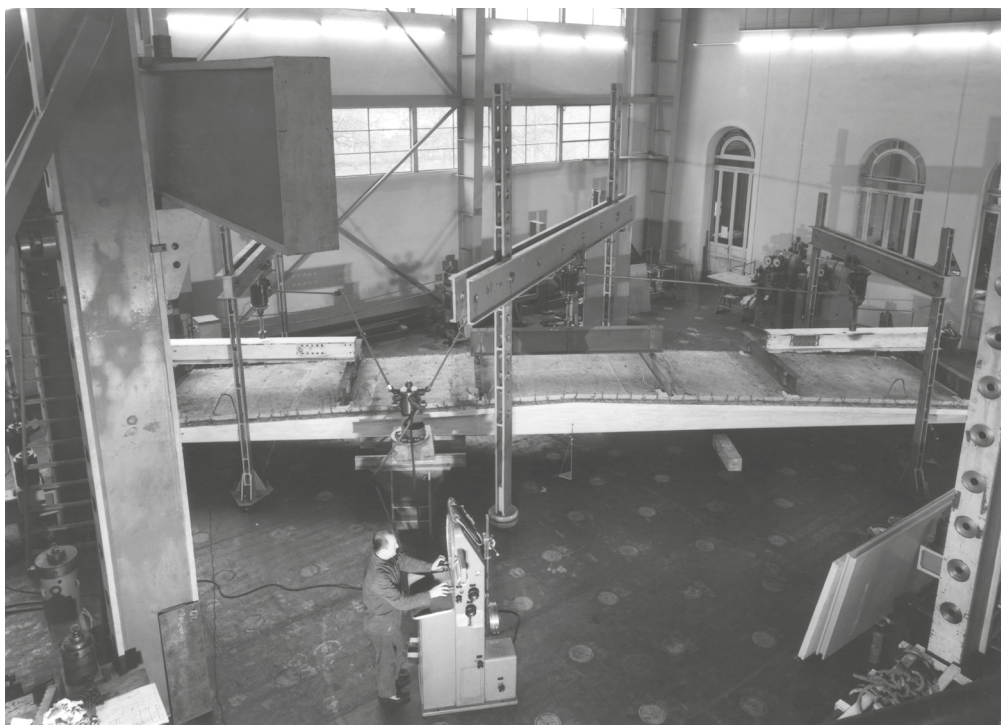
Ludovica Cappelletti [LC]: Quando si dà avvio a una Scuola di Ingegneria delle costruzioni civili al Politecnico di Milano? Lo chiedo a Lei, che vi ha vissuto da quando si è laureato, che insieme ad altri ne è stato docente e ricercatore e soprattutto poiché è stato Rettore del Politecnico e quindi ha maturato un punto di vista del tutto particolare.

Giulio Ballio [GB]: Come insegnamento, l'ingegneria delle costruzioni viene istituita già alla fondazione del Politecnico, nel 1863, ma una vera e propria scuola di Ingegneria Strutturale inizia nel 1915, con la chiamata di Arturo Danusso alla cattedra di Meccanica applicata alle Costruzioni¹. Danusso lavorava a Torino nello studio tecnico dell'impresa Porcheddu, licenziataria dei brevetti di Hennebique, era molto stimato come progettista di costruzioni in cemento armato, allora decisamente innovative². Fu chiamato a Milano perché il Politecnico di Milano cercava docenti capaci di operare una fruttuosa sintesi fra formazione, progettazione e nuove conoscenze, a servizio delle attività ingegneristiche. Fino al 1950 Danusso fu ritenuto il più grande esperto di modellazione dei problemi complessi della Scienza delle Costruzioni, capace di prevedere il funzionamento di una struttura con la dote elitaria dell'intuizione. La Mole Antonelliana a Torino, San Gaudenzio a Novara, a Milano il Grattacielo Pirelli, la Torre Velasca, il Duomo e Sant'Ambrogio, i piloni di attraversamento dell'elettrodotto sullo stretto di Messina portano i segni dei suoi contributi progettuali³. Dal punto di vista scientifico, possiamo dire che a Danusso vadano attribuite in particolare due conquiste. La prima, è l'aver capito e considerato il ruolo benefico della plasticità, la seconda è l'aver compreso che gli effetti distruttivi di un terremoto non erano motivati dalla debolezza della struttura, ma dal suo comportamento dinamico. Danusso aveva una visione quasi *teologica* della Scienza delle Costruzioni: vi leggeva l'influenza della spiritualità⁴. È stato molto criticato per questo. L'ho conosciuto quando aveva quasi novant'anni, quando, colloquiando con noi studenti a casa sua, individuava nel *minimo* dei teoremi variazionali il concetto di economia nella *creazione dell'universo*, del *non sciupare i pani*, in senso evangelico.

Accanto a Danusso, ma in un Istituto diverso, Luigi Santarella, pugliese e laureato al Politecnico di Milano, insegnava nei corsi di Cemento armato e di Ponti e grandi strutture speciali, poi riuniti nel corso di Costruzioni in ferro, legno e cemento armato divenuto Tecnica delle Costruzioni, nel quale furono gradualmente aboliti i contenuti di costruzioni in legno e in acciaio. Santarella fu un grande progettista di ponti e un formidabile divulgatore delle costruzioni in cemento armato con i suoi libri e soprattutto con il *Prontuario del cemento armato*, che fu, per più di cinquant'anni, assieme al regolo calcolatore, il fedele compagno di ogni ingegnere civile. Santarella fondò la prima scuola di specializzazione per le applicazioni del cemento armato che divenne ben presto, con il contributo di Italcementi, il Corso di perfezionamento per le costruzioni in cemento armato F.lli Pesenti⁵. Santarella morì non ancora cinquantenne; al suo posto fu chiamato da Padova Luigi Stabilini al quale si deve il consolidamento dell'Istituto di Costruzioni e Ponti, nel quale si concentrarono progressivamente le attività di ricerca delle costruzioni in cemento armato e dei ponti⁶.

In definitiva, alla fine degli anni Cinquanta, vi erano due Istituti in competizione per attività di progettazione e di consulenza e molto diversi per attività di ricerca: modelli sperimentali, calcolo computazionale, plasticità, dinamica e sismica caratterizzavano quello creato da Danusso, ricerca finalizzata alle costruzioni in cemento armato quello creato da Santarella. Ai due Istituti si affiancò nel 1947, a Bergamo, l'ISAC, Istituto Sperimentale Applicazioni Calcestruzzo, concepito da Danusso e dal suo collaboratore Guido Oberti, finanziato dalla Italcementi di Carlo Pesenti. Nel 1951 l'ISAC diede origine all'ISMES, Istituto Sperimentale Modelli e Strutture, laboratorio esterno all'università sovvenzionato dall'Italcementi di Bergamo e dalle maggiori società idroelettriche, presieduto da Danusso e poi da Guido Oberti, che nel frattempo era stato chiamato al Politecnico di Torino⁷.

LC: Nella vicenda progettuale del Grattacielo Pirelli, Danusso lavora, tra gli altri, con gli architetti Gio Ponti e Alberto Rosselli, entrambi laureati al Politecnico di Milano, e con Pier Luigi Nervi. Con loro elabora il sistema strutturale dell'edificio grazie alla costruzione di un modello sperimentale presso l'ISMES, mentre al Laboratorio Prove Materiali del Politecnico, che Danusso dirigeva, vengono rilasciate le certificazioni dei materiali impiegati. Emerge così una figura capace di



Facciata principale del Politecnico di Milano, anni Trenta.

*Sala prove grandi strutture: prova di resistenza a flessione su elemento di c.a.,
Istituto di Scienza delle Costruzioni, [ante 1963].*

fare della ricerca scientifica uno strumento per la professione, e viceversa. Chi ha seguito Danusso in questa direzione?

GB: Quando, nel 1950 Danusso lasciò la cattedra, c'erano tre suoi collaboratori che potevano aspirare alla sua successione: Guido Oberti, Piero Locatelli e Italo Bertolini. Bertolini aveva diretto i suoi interessi verso i problemi di fatica e gli impianti a fune tanto da diventare il riferimento per tutti i costruttori di funivie; la sua destinazione più logica fu l'Istituto di Costruzione delle Macchine a servizio dell'Ingegneria Meccanica. Fra Oberti e Locatelli fu preferito quest'ultimo, persona brillante, con grande capacità gestionale, ottimo ingegnere. Oberti migrò al Politecnico di Torino mantenendo ben stretti i rapporti con Danusso e con l'ISMES di cui divenne presidente.

Locatelli diresse l'Istituto di Scienza delle Costruzioni per quasi vent'anni, mise al servizio delle imprese e dei professionisti il Laboratorio Prove Materiali, ed ebbe il raro intuito di assegnare i giusti compiti ai suoi collaboratori in funzione delle loro capacità⁸. Oltre a diventare il più grande professionista milanese di allora nel campo delle strutture in cemento armato, era quotidianamente presente nel suo ufficio del Politecnico dal quale amministrava sia l'insegnamento che i rapporti professionali, temuto in entrambi gli aspetti. Ben separati dalla sua segretaria, nella stanza di sinistra arrivavano i clienti, in quella di destra assistenti e, eccezionalmente, studenti.

LC: Sia Danusso che Locatelli coniugano l'attività didattica con la professione. Come era organizzato questo intreccio?

GB: Fino agli anni Settanta gli Istituti universitari erano mono cattedra e il cattedratico era il *barone* a cui si doveva non solo rispetto, ma soprattutto riverenza e obbedienza. Egli coglieva le occasioni di avanzamento di carriera dei suoi assistenti, spartiva ai collaboratori gli incarichi professionali ritenuti secondari, interloquiva con i suoi pari nei Consigli di Facoltà e soprattutto nelle commissioni di concorso. Soltanto il cattedratico si rapportava con i leader industriali per portare in Istituto i finanziamenti privati utili alla crescita edilizia e delle attrezzature di prova. Potremmo dire che la gestione dell'università e dei suoi Istituti era basata su una monarchia assoluta: se il monarca era illuminato e sapeva coniugare gli interessi suoi personali con quelli

della istituzione di appartenenza, l'Istituto cresceva in risorse e prestigio. Altrimenti la comunità che circondava il barone era condannata a una rapida decadenza.

LC: L'impegno di Locatelli è quindi diretto verso le costruzioni in cemento armato, su cui lavora anche il Laboratorio Prove Materiali. È una specializzazione legata al panorama edilizio di quegli anni? Ha dei riflessi anche nell'attività didattica?

GB: Certo, perché in quel periodo non troviamo costruzioni in acciaio nell'architettura italiana; è una tecnica di costruzione che era stata abbandonata per via dell'autarchia nel ventennio fascista, era una cultura ormai dimenticata. Pensi che dal 1920 al 1940 si costruirono in acciaio soltanto la Torre Branca al Parco Sempione e ponti ferroviari.

Locatelli era un uomo estremamente generoso, seppe circondarsi e aiutare una moltitudine di professionisti milanesi, divenne il riferimento per la maggior parte degli Uffici Tecnici delle imprese di costruzioni lombarde. Come Danusso ebbe ottimi rapporti con le diocesi lombarde che lo chiamarono per i lavori di consolidamento e restauro di molti complessi ecclesiastici.

LC: Entrambi gli ingegneri, Danusso e Locatelli, hanno un ruolo fondativo nelle costruzioni in territorio lombardo, e milanese in particolare. Esprimono bene la relazione instaurata dal Politecnico con Milano e la funzione propulsiva che l'Ateneo ha avuto nel *costruire* la città moderna.

GB: Guardi, cercherò di riassumere quella che per me è l'opera più eccezionale di Locatelli, anche se, per ovvie ragioni, fu tenuta nascosta ai più: il consolidamento delle colonne del tiburio del Duomo di Milano. Un giorno il protoarchitetto della fabbrica del Duomo, ingegner Carlo Ferrari da Passano, telefonò a Locatelli per uno strano problema che lo preoccupava: il sacrestano gli aveva raccontato che, ogni volta che spazzava il pavimento intorno a una delle colonne del tiburio, trovava delle piccole *scaglie* di marmo. I due si chiesero: se fosse un segno premonitore? La prova sperimentale effettuata con la pressa da 2000 tonnellate dell'ISMES mostrò che al 95% del carico di collasso del modello in scala della colonna, cominciavano a schizzare

piccole scaglie di marmo, così come nella realtà. Se ne dedusse che le quattro colonne del tiburio del Duomo erano alla soglia del crollo. Il lavoro di consolidamento, diretto da Locatelli e Ferrari, fu un'opera di altissima ingegneria, sia strutturale che gestionale, su una costruzione mantenuta nella completezza delle sue funzioni: il Duomo fu monitorato in continuo e mai fu necessario applicare il piano di evacuazione di tutti gli edifici della piazza, che comprendeva anche la Galleria e l'allora Rinascente⁹.

LC: Questo progetto, e quanto Lei ci ha raccontato prima sui docenti *illuminati*, mostrano il ruolo dell'ingegneria strutturale nel preservare la memoria storica della città e dei suoi monumenti. Come si collocano la scuola milanese e i suoi vari interpreti nel panorama italiano?

GB: Nel settore delle costruzioni in Italia, ci fu, come oggi, il dominio professionale di Roma. A Roma sono i Ministeri e la maggior parte degli Enti decisionali di opere pubbliche, all'università di Roma c'era il professor Carlo Cestelli Guidi con i suoi assistenti e collaboratori, a Roma operavano grandi studi di ingegneria come Pierluigi Nervi, Riccardo Morandi, Sergio Musumeci¹⁰.

La scuola universitaria di Milano o quella molto simile di Napoli, furono forse meno produttive nella progettazione di opere pubbliche, ma molto più forti nella ricerca e nella presenza negli organismi internazionali preposti alla ricerca e alla normazione. Furono anche le prime a comprendere che le attività prioritarie di un professore universitario sono la ricerca e la formazione e *poi* l'esercizio della professione.

LC: Se guardiamo al mondo della ricerca, possiamo considerare Locatelli l'erede di Danusso?

GB: Locatelli era circondato da numerosi allievi: verso la metà degli anni Cinquanta vinsero il concorso a cattedra Angelo Berio, Giuseppe Grandori, Leo Finzi. Il primo andò a Cagliari e vi rimase per tutta la vita, portandovi gli insegnamenti di Danusso e circondandosi di allievi. Giuseppe Grandori fu chiamato a ricoprire la seconda cattedra di Scienza delle Costruzioni creata nel 1961 al Politecnico di Milano e si dedicò per lo più alla ricerca e solo saltuariamente alla consulenza. Divenne ben presto il leader italiano dell'ingegneria sismica, oggi è ri-

conosciuto come uno dei padri di questa disciplina a livello internazionale. Più movimentato fu il destino di Leo Finzi, personaggio troppo simile a Locatelli per essere tenuto vicino: nel 1955 migrò a Trieste. Al di fuori dell'università, Finzi aveva separato nettamente l'attività di ricerca dall'attività professionale, si era adeguato ai tempi e aveva aperto uno studio professionale di ingegneria strutturale con il suo amico Edoardo Nova, che divenne ben presto uno dei più prestigiosi studi di ingegneria strutturale di Milano con sede non lontano, ma del tutto separata, dal Politecnico¹¹.

L'occasione per il suo ritorno al Politecnico fu il desiderio della Facoltà di Architettura di istituire l'Istituto di Scienza delle Costruzioni, così svincolando gli insegnamenti di Scienza e di Tecnica delle Costruzioni dai docenti operanti nella Facoltà di Ingegneria.

Anche Stabilini aveva dovuto subire, credo con molto malumore, lo sdoppiamento della sua cattedra. Vi arrivò Alessandro Dei Poli, figura di ottimo ricercatore, del tutto assente dalla professione¹².

LC: Nella scuola di Architettura, le discipline ingegneristiche hanno anche obiettivi differenti: già Camillo Boito, che dirige il primo indirizzo di Architettura al Politecnico nel 1865, ne esplicita i caratteri, quando lega l'ossatura, l'ordinamento statico e i materiali di un edificio, alla "bellezza" della fabbrica¹³. L'ingegneria strutturale aveva anime e direzioni molteplici, nell'Ateneo?

GB: Nel 1960 nel Politecnico di Milano, vi erano cinque cattedratici con mentalità molto diversa, operanti in tre Istituti. A Ingegneria, il gruppo di Grandori operava nella dinamica e nella sismica, in Architettura Finzi creava un Istituto soprattutto dedito alla meccanica computazionale e alla plasticità e contemporaneamente vicino nella didattica alla mentalità degli architetti. Stabilini manteneva caparbiamente la sua unicità, riservandosi tutti i posti di assistente, relegando Dei Poli a insegnare Strutture aeronautiche, impedendogli la creazione di un gruppo, anche piccolo, di allievi. Due allievi di Aeronautica si laurearono con lui: Amalia Ercoli Finzi nel 1961 e io nel 1963. Dopo un breve periodo di permanenza con Dei Poli, Amalia si spostò a Meccanica Razionale e poi a Ingegneria Aerospaziale, io fui raccattato da Leo Finzi in Architettura. Anni dopo, Finzi mi raccontò che Dei Poli mi raccomandò dicendo: "è molto bravo, ma non riesco a tenerlo con

me”. Frase che lasciò basito Finzi: era per lui inconcepibile perdere un allievo potenzialmente bravo; fra sé e sé si chiese: “che Dei Poli voglia liberarsi di questo laureato?”. Per mia fortuna Finzi non ritenne Dei Poli capace di barare, mi prese in prova e ciò decise il mio futuro.

LC: Nella prolusione dell’anno accademico 1960-61, il professor Finzi afferma la necessità di educare i giovani architetti a “sensibilità” e “intuizione” statica, per garantire consapevolezza progettuale tecnica e scientifica¹⁴. Quali sono stati gli sviluppi di questo incontro tra ingegneria delle costruzioni e architettura?

GB: L’Istituto creato da Finzi fu attivo fino al 1968, quando la contestazione ad Architettura prese come uno dei suoi obiettivi la modifica della didattica delle materie scientifiche in tempi e modi che difficilmente potevano essere condivisi. Una mattina Finzi ci comunicò che ci saremmo fisicamente trasferiti nell’Istituto di Scienza delle Costruzioni della Facoltà di Ingegneria. Finzi e il suo allievo più anziano, Giulio Maier ottennero l’immediato trasferimento del posto, gli altri restarono incardinati alla Facoltà di Architettura per un periodo più o meno lungo: io fui chiamato a Ingegneria per ultimo, nel 1972¹⁵. Ovviamente l’abbandono di Architettura non ebbe conseguenza sulla nostra attività di ricerca, anzi, con la riduzione degli oneri didattici, il trasferimento a Ingegneria regalò un periodo particolarmente produttivo e la nascita del corso di Costruzioni in acciaio¹⁶.

LC. Quindi, l’interesse per le costruzioni in acciaio ritorna negli anni Settanta: il Politecnico fu il primo ateneo a offrire questo corso?

GB: Finzi era considerato fra i migliori progettisti di costruzioni in acciaio italiani, consulente stabile della SAE che con la CMF era il più grande costruttore di acciaio italiano. Finzi partecipò alla stesura delle prime normative italiane, fu uno dei fondatori del Collegio dei Tecnici dell’Acciaio, coltivava questa sua passione in solitudine a cavallo fra professione, divulgazione e ricerca. Nel 1970, Elio Giangreco, allievo di Adriano Galli, istituì a Napoli il primo corso di insegnamento italiano dedicato alle costruzioni in acciaio¹⁷. Il Politecnico lo imitò l’anno successivo e Finzi lo tenne per due anni.

LC: La ricerca sulle strutture in acciaio rappresenta una seconda fase nello sviluppo dell'ingegneria delle costruzioni nell'ateneo milanese e, tornando ai riferimenti autobiografici, indirizza la sua ricerca: nel 1979, Lei pubblica il volume *Strutture in acciaio*, insieme al professor Federico Mazzolani. Il libro è stato tradotto in inglese e in cinese e recentemente riedito¹⁸. Quando ha iniziato a lavorare su questo tema?

GB: Questa è una storia divertente. Una mattina, Finzi entrò nella mia stanza dicendomi: “Ballio, c'è un'opportunità per Lei, io non ho più il tempo di tenere il corso di Costruzioni in acciaio. Lei potrebbe prendere il mio posto”. Lo guardai con gli occhi sbarrati e gli dissi: “Ma io non so come funziona un bullone”. E lui freddamente: “Si può sempre imparare. Oggi passa un treno per Lei, non so quando passerà il prossimo. Le do due giorni per la risposta”. Il giorno dopo accettai. Finzi tirò fuori dal cassetto una cartella: “Tra un mese inizia il convegno dell'American Society of Steel Construction a Pittsburgh: ci andiamo insieme”. Aveva già preparato tutto! Per me iniziò un processo analogo a quello che toccò a mia nonna prossima alle nozze: i genitori la portarono in viaggio per farle conoscere un mondo a lei sconosciuto: treni, taxi, alberghi, ristoranti e così via. Finzi ha seguito la stessa tecnica: mi ha portato con sé a tre, quattro convegni internazionali, mi indicava i libri americani da studiare, con chi dialogare. Individuai come mio campo di studio la stabilità dell'equilibrio degli elementi compressi in acciaio allora oggetto di ricerca soprattutto in Austria, Belgio, Francia, USA e Giappone.

LC: Con Finzi inizia una collaborazione con altri istituti di ricerca e insegnamento su cui, molti anni dopo, Lei ha lavorato a lungo e che ha promosso nell'Ateneo. Come si è sviluppato questo processo di internazionalizzazione, al Politecnico?

GB: Per rispondere a questa domanda si deve tornare al 1955: Finzi e Giangreco, appena saliti in cattedra, decisero di fare un viaggio di un mese negli Stati Uniti per intessere relazioni personali, per conoscere le tematiche oggetto di studio, per comprendere l'organizzazione delle università. Fu un vero e proprio viaggio di studio a cui tutti noi, ricercatori alle prime armi, siamo debitori. Da quel viaggio nacque l'internazionalizzazione delle scuole milanesi e napoletane imitata

da tanti ricercatori sparsi nelle varie sedi universitarie italiane. I rapporti internazionali avvantaggiarono molti di noi, furono i facilitatori per farci conoscere all'estero, per farci invitare a convegni in tutto il mondo, per avviare collaborazioni di ricerca, per pubblicare su riviste internazionali. Possiamo dire che l'internazionalizzazione fu il motore dei successi della maggior parte degli allievi di Finzi e Grandori e di quelli, più giovani, di cui finalmente Dei Poli poté circondarsi, una volta rimasto solo al vertice dell'Istituto di Tecnica delle Costruzioni¹⁹.

LC: Gli Istituti diretti da Danusso e Stabilini, dagli anni Quaranta, vedono una forte separazione disciplinare tra Scienza e Tecnica delle Costruzioni: il primo si occupa, tra i vari corsi, anche di Tecnologia dei materiali e Chimica applicata, il secondo prevede le cattedre di Ponti e opere marittime, e Ponti in ferro per il corso di laurea in Ingegneria Industriale²⁰. L'organizzazione delle discipline rimane analoga a questa, dopo il "ritorno" del gruppo di Finzi alla Scuola di Ingegneria?

GB: Nel 1975 si riaprirono i concorsi a cattedra dopo anni di sospensione. Furono banditi venti posti di Scienza delle Costruzioni e diciotto di Tecnica. Fu un successo per il Politecnico che aveva bandito quattro posti: vincemmo in otto ottenendo la riprova che ormai la strada imboccata nella ricerca era apprezzata: e stimata. Valeva la pena darsi una nuova organizzazione e nuovi obiettivi didattici.

I due Istituti furono uniti dando forza all'ingegneria civile a livello di Facoltà di Ingegneria²¹. Contemporaneamente noi, novelli cattedratici, fummo messi al lavoro per studiare l'indirizzo di Ingegneria delle strutture nell'ambito del Corso di Laurea di Ingegneria Civile. L'unicità dell'Istituto semplificò notevolmente il nostro compito. La proposta fu approvata dall'Ateneo, entrò nel piano di studi del Politecnico, ebbe un grande successo fra gli allievi tanto da cannibalizzare gli altri indirizzi, fu progressivamente imitata dalle altre università.

Restava il nodo della nostra assenza nella evoluzione dell'organizzazione didattica della Facoltà di Architettura che iniziava a uscire dalle conseguenze della contestazione. Ogni rapporto personale era malvisto, non si poteva pretendere che persone che avevano vissuto la contestazione come fazioni opposte, collaborassero per raggiungere obiettivi comuni nella didattica.

LC: Il tema della specializzazione disciplinare è una pratica dirimente: il Politecnico di Milano è stato fondato per rispondere a una richiesta di specializzazione di competenze, tra ingegneri industriali, civili e architetti, ma i primi docenti, Brioschi e Colombo, hanno compreso la necessità di intrecciare le discipline. Come è risolto questo dualismo tra specializzazione e multidisciplinarietà?

GB: Negli anni Settanta e Ottanta si affacciarono alcune minacce i cui effetti si sentirono più avanti nel tempo.

Il Ministero promosse la revisione dei Settori Scientifici Disciplinari. Il dilemma, a livello nazionale fu: mantenere la unicità del settore di Scienza e Tecnica o due settori distinti? I cattedratici si ritrovarono proprio a Milano e soltanto due di noi di estrazione milanese (Francesco Martinez, Tecnica delle Costruzioni ad Ancona e io, Scienza delle Costruzioni a Pavia) esprimemmo la preoccupazione che la divisione della nostra disciplina fra teoria e applicazioni avrebbe comportato un progressivo indebolimento dei nostri insegnamenti. Purtroppo prevalse decisamente la visione concorsuale. I cattedratici più vicini alla Tecnica non ammettevano che gli “scienziati” potessero mettere in discussione la qualità e il valore delle loro pubblicazioni. Dualmente gli “scienziati” accusavano i “tecnici” di non sapere neppure comprendere quanto da loro scritto.

Le conseguenze della divisione si sentirono molto in fretta: molti Corsi di Laurea in Ingegneria resero facoltativi e poi cancellarono i corsi di insegnamento di Tecnica delle Costruzioni dai loro piani di studio, gli allievi e quindi i posti assegnati dagli atenei alla Tecnica delle Costruzioni diminuirono, con una certa soddisfazione degli “scienziati” che non si resero conto del pericolo che stavano correndo.

LC: Il pericolo di subire la stessa sorte della Tecnica delle Costruzioni e di perpetuare uno scollamento tra le competenze scientifiche e quelle tecniche.

GB: Nel 1983 ero stato richiamato al Politecnico a Milano sulla cattedra di Costruzioni in acciaio e sono stato testimone del progressivo abbandono dell’interesse dei diversi Corsi di Laurea nel classico insegnamento di Scienza delle Costruzioni. Essi lo consideravano soltanto propedeutico agli altri insegnamenti tipici dell’ingegneria civile, per

contro i docenti dell'ormai Dipartimento di Ingegneria Strutturale non mostrarono interesse ad adeguare i loro insegnamenti ai contenuti dei corsi successivi delle altre specializzazioni. Sull'esempio degli elettronici tutti i Corsi di Laurea resero facoltativi l'insegnamento di Scienza delle Costruzioni sostituendovi insegnamenti finalizzati ai diversi indirizzi specifici, spesso tenuti da docenti di loro estrazione, non provenienti dal mondo della Scienza delle Costruzioni.

Negli anni, fino a oggi, il bacino di allievi ingegneri continuò a ridursi anche per la sempre minore appetibilità di Ingegneria Civile rispetto agli altri Corsi di Laurea. Restava il potenziale bacino di Architettura, ma soltanto in tempi recentissimi una nuova generazione di docenti è riuscita a instaurare un dialogo proficuo con i colleghi architetti dando luogo a una evoluzione con tipiche caratteristiche *disrupting* dell'unità dipartimentale, per ora non imitata in altri atenei italiani.

LC: A cosa si riferisce?

GB: Negli ultimi anni del secolo scorso iniziarono alcuni cambiamenti significativi nel Politecnico che oggi costituiscono le premesse dei suoi obiettivi.

L'Ateneo promuove con forza le collaborazioni di ricerca fra dipartimenti diversi anche con finanziamento *ad hoc*, persegue la sua vicinanza con il mondo produttivo, promuove i rapporti istituzionali *intra moenia* dei docenti. Di fronte a tale politica i docenti di ingegneria strutturale hanno difficoltà a modificare i loro indirizzi di ricerca che continuano a comportare successi internazionali nel modo dell'ingegneria delle strutture.

Nel mondo delle costruzioni prevalgono gli aspetti di gestione del lavoro, ambientali, di contenimento energetico rispetto alle strutture in cemento armato o in acciaio. Ne derivano ovvie difficoltà per i docenti nell'intessere relazioni con il mondo produttivo capaci di assicurare finanziamenti continuativi.

Architetti e designer comprendono che il loro essere vicini agli ingegneri costituisce un valore aggiunto, nascono produttive collaborazioni di ricerca di docenti architetti, pianificatori e designer con i docenti di Edilizia, Meccanica, Ambiente, Informatica.

Di conseguenza in Ateneo quel senso di superiorità culturale degli architetti nei confronti degli ingegneri sta scomparendo, mentre gli ingegneri

stanno comprendendo il valore della ricerca degli architetti, in passato considerata semplice divulgazione soltanto dai più generosi. In definitiva si sta infrangendo quella dicotomia fra architettura e ingegneria e la ristrutturazione organizzativa dell'Ateneo comincia a tenerne conto. Le due facoltà di Architettura si uniscono, i ricercatori nelle tematiche di architettura si coordinano in due soli dipartimenti nei quali confluiscono anche i colleghi operanti nell'ingegneria edile e nell'ingegneria delle strutture, la Facoltà di Ingegneria raccoglie tutti i Corsi di Laurea a eccezione di quello di Ingegneria Civile. In definitiva nel 2011 il Dipartimento di Ingegneria Strutturale vide l'esodo di metà dei suoi docenti e fu costretto a sparire, configurandosi come Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale con l'apporto dei colleghi idraulici e ambientali. Il suo Laboratorio Prove Materiali, fonte principale dei suoi finanziamenti privati, diventa un laboratorio di Ateneo e le sue risorse sono messe a disposizione dell'Ateneo e dei Dipartimenti che desiderano servirsene.

LC: Ritorna il tentativo di mettere a confronto la scuola di Architettura con l'ingegneria delle costruzioni, di dare forma a un punto di vista comune, in cui Finzi vedeva uno "spirito nuovo, di riforma"²² – e questo si traduce nella necessità di strutture capaci di rispondere alle esigenze di collaborazione tra competenze complementari. Che futuro immagina per l'ingegneria strutturale?

GB: Tutti noi che abbiamo avuto la responsabilità del Politecnico sappiamo che la sua reputazione internazionale dipende dalla qualità nella ricerca, dalla formazione data ai suoi allievi, dalla loro soddisfazione e di chi li assume. I suoi dipartimenti possono salire o scendere, l'importante è che il loro contributo complessivo cresca negli anni. L'ingegneria strutturale occupa oggi una parte minuta del sistema, oggi non si può che attribuirle un famoso ritornello dei Ricchi e Poveri: "Che sarà della mia vita chi lo sa? So far tutto o forse niente; che sarà, che sarà, che sarà; che sarà della mia vita chi lo sa?".

LC: Dal suo racconto emerge un tema trasversale alle esperienze dei protagonisti che ha descritto, da Danusso, a Locatelli e Finzi, fino alla sua carriera: ognuno ha portato avanti l'attività didattica e di ricerca universitaria, da un lato, e la vita professionale, dall'altro, innestan-

do l'eccellenza della ricerca scientifica nel progetto. L'esperienza in entrambi gli ambiti cambia il modo in cui si insegna e, viceversa, si esercita la professione?

GB: Ho conosciuto docenti a tempo definito che dedicano alla ricerca e alla gestione dell'Ateneo più tempo di molti docenti a tempo pieno; vi sono docenti a tempo pieno che si dedicano a una intensa attività di consulenza *intra moenia* promuovendo i rapporti fra il mondo produttivo e l'Ateneo. Purtroppo, ci sono docenti a tempo pieno che spendono la maggior parte del loro tempo negli studi professionali intestati al coniuge e docenti a tempo definito che non rispettano la presenza minima di 250 ore prescritta dalla legge.

Ho visto colleghi insoddisfatti, di quaranta, cinquant'anni, incapaci di innovare la propria didattica e la propria ricerca, privi di relazioni per dedicarsi alla divulgazione delle conoscenze acquisite e alle applicazioni delle proprie ricerche. Divulgazione e applicazioni permettono di continuare a insegnare alla frontiera delle conoscenze, sperimentare i risultati ottenuti sulla carta o in laboratorio, conoscere i bisogni di ricerca, interessare gli allievi, sentire utile il proprio lavoro e, non ultimo, ottenere un beneficio economico per sé stessi o per i propri allievi. Nell'ingegneria strutturale le richieste di ricerca da parte del mondo produttivo spesso si limitano a qualche consulenza giudiziaria o a calcoli di verifica con software specialistici. Ne deriva la necessità dei docenti di scegliere la professione e il tempo definito, limitando la propria presenza in Ateneo. Io ho cercato di seguire l'esempio di Leo Finzi. Ho creato con due amici una società di ingegneria alla quale ho collaborato part time. Il doppio lavoro ha accompagnato una doppia carriera, universitaria e professionale, ricevendo grandi soddisfazioni da ambedue le parti. La professione mi ha aiutato nella didattica, ha ispirato molte mie pubblicazioni, ha contribuito alla scrittura di normative, non ultimo mi ha permesso di conoscere gli architetti, tanto diversi da noi ingegneri: mi ha molto aiutato negli anni del mio rettorato per riavvicinare architettura e design a ingegneria.

LC: Il suo lavoro è stato oggetto della tesi di laurea di Silvia Gusella e Veronica Kofler all'Università Iuav di Venezia. La sua esperienza è stata definita come "la vita del doppio binario", una felice espressione che riassume il suo impegno nell'università e nella professione²³.

GB: Mi sono ritrovato in questa definizione. Ho imboccato il “doppio binario” per dare una sicurezza economica alla mia famiglia: sposato dieci giorni dopo laureato non avevo alcuna certezza di riuscire nella carriera accademica. Ho cercato un mestiere che mi potesse riciclare qualora ce ne fosse stato bisogno. Detto questo, il guaio – la fortuna! – è stato che mi sono piaciuti moltissimo entrambi i lavori e quindi li ho continuati per quasi quarant’anni. Nella professione ho avuto due grandi maestri: Aldo Favini e ancora Leo Finzi. Nel 1968 ho fondato la BCV progetti S.r.l. con Giovanni Colombo e Alberto Vintani e vi ho operato part time per più di trent’anni.

Ho lavorato con architetti che credevano l’ingegnere strutturista un partner, sono stato un semplice strumento per altri. Ogni opera di Angelo Mangiarotti era diversa: la villa Pederzoli a Bardolino, nel 1969, poi, l’anno successivo, lo stabilimento LEMA di Alzate Brianza, il complesso ARM-ITALIA a Cinisello Balsamo, la Briona e le altre strutture prefabbricate, lo Snaidero a Majano, le stazioni ferroviarie di Milano Rogoredo e di Milano Certosa, la sede della Internazionale Marmi e Macchine (IMM) a Carrara, unica costruzione che conosco in zona sismica con struttura in marmo²⁴. Compresi la voglia degli architetti di sfidare di continuo sé stessi. Compresi il desiderio di stupire di Vittorio Gregotti nell’Università della Calabria o nel Teatro degli Arcimboldi a Milano, fui conquistato dalla raffinatezza di Antonello Marastoni in un edificio a Bolzano, apprezzai la cultura pedagogica nel progetto di scuole di Lodola e Luise, di Novella Sansoni e di Benigno Cuccuru²⁵. Mi sentii trattato come un semplice strumento usa e getta da Vittoriano Viganò e Pino Zoppini.

Il Ponte dell’Accademia e il Leone in Piazza San Marco a Venezia, la Torre Fraccaro a Pavia, la statua in cima alla guglia di San Gaudenzio a Novara, la Torre Branca a Milano mi fecero conoscere le sovrintendenze e la difficile convivenza della conservazione con la valorizzazione dei beni culturali²⁶. Le difficili e spesso pericolose ristrutturazioni di edifici murari e di stabilimenti industriali mi hanno insegnato a riconoscere rapidamente le parti pericolanti e quelle sane sulle quali appoggiarsi, distinzione indispensabile per consolidare e ristrutturare anche una istituzione universitaria quale il Politecnico.

Nel progettare o consolidare costruzioni industriali ho imparato quanto sia necessario allargare la propria visuale per non restare prigionieri della propria specializzazione. Si era tranciato alla base un silo metal-



Leo Finzi, Lorenzo Martinoia, Remo Pagani, Franco Sironi, Palasport, Genova, 1960-63

lico, probabilmente per un cedimento della fondazione. Il silo nuovo costava cinquanta milioni, meno di quanto sarebbe costato ripararlo, ma si sarebbe perso l'insilaggio del nuovo raccolto di grano, un miliardo di lire. Era crollata la copertura di un'acciaieria; con due calcoli mostrai al padrone che conveniva costruire un nuovo stabilimento. Fece un balzo sulla sedia: "Che razza di professore è lei se trascura il costo degli impianti che valgono cento volte il costo delle strutture?". Non ho mai dimenticato queste due lezioni!



Angelo Mangiarotti, strutture Giulio Ballio, Giovanni Colombo, Alberto Vintani
(BCV Progetti), Stabilimento LEMA, Alzate Brianza (CO), 1969

Stabilimento LEMA in costruzione

1. In queste note bibliografiche sono citati solo alcuni testi di riferimento. Sull'Istituto Tecnico Superiore di Milano, poi Politecnico, fondato nel 1863, si veda F. Lori, *Storia del R. Politecnico di Milano*, Tipografia Cordani, Milano 1941; *Nel venticinquesimo anniversario della sua fondazione. Regio Istituto Tecnico Superiore di Milano*, Tipografia Bernardoni di C. Rebeschini e C., Milano 1889; *Il centenario del Politecnico di Milano, 1863-1963*, Politecnico di Milano, Tamburini, Milano 1964; G. Stracca (a cura di), *Il Politecnico di Milano. Una scuola nella formazione della società industriale, 1863-1914*, Electa, Milano 1981; *Il Politecnico di Milano nella storia italiana, 1914-1963*, Cariplo-Laterza, Bari-Roma 1989; C.G. Lacaita, *Università e Impresa*, in "Annali di storia delle università italiane", n. 12, 2008, pp. 9-21; C. G. Lacaita, *L'origine del Politecnico e la cultura tecnico-scientifica*, in A. Mazzotta Buratti e O. Selvafolta (a cura di), *150 anni di cultura politecnica da Milano a Lecco: architettura, industria, territorio*, Milano 2013, pp. 3-45. Su Arturo Danusso (1880-1968), si veda E. Fabiani, *Un maestro di equilibrio*, in "Pirelli. Rivista d'informazione e di tecnica", a. 8, n. 6, 1955, pp. 24-25; A. Pizzigoni, V. Sumini (a cura di), *Arturo Danusso. Spiritualità e conoscenza nel lavoro dell'ingegnere. Scritti civili e rari*, Marinotti, Milano 2014; V. Sumini, *Arturo Danusso e la ricerca sperimentale sulle costruzioni*, in G. Barazzetta (a cura di), *Pier Luigi Nervi. Il modello come strumento di progetto e costruzione*, Quodlibet, Macerata 2017, pp. 47-49. M.A. Crippa, P. Cimbolli Spagnesi, F.

Zanzottera (a cura di), *Arturo Danusso e il suo tempo. Intuito e scienza nell'arte del costruire*, Quasar, Roma 2020.

2. R. Nelva, B. Signorelli, *Avvento ed evoluzione del calcestruzzo armato in Italia: il sistema Hennebique*, AITEC, Edizioni di scienza e tecnica, Milano 1990; *Cemento armato: ideologie e forme da Hennebique a Hilberseimer*, numero monografico di "Rassegna. Problemi di architettura dell'ambiente", a. XIV, n. 49, 1992; T. Iori, *Il cemento armato in Italia dalle origini alla seconda guerra mondiale*, Edilstampa, Roma 2001. Tra i contributi scientifici di Danusso, si veda in particolare A. Danusso, *Scienza delle costruzioni*, Ravezzani, Milano 1937; A. Danusso, G. Oberti, *Indagini sperimentali sulle costruzioni. "La fotoelasticità"*, Libreria Editrice Politecnica, Milano 1932.

3. Riguardo ai progetti per Torino e Novara, cfr. M.A. Crippa, *Il consolidamento della Cupola di San Gaudenzio in Novara*, in M.A. Crippa, P. Cimbolli Spagnesi, F. Zanzottera (a cura di), *op. cit.*, pp. 185-192 e i testi qui citati, in particolare C. Calderini, L.C. Pagnini, *The debate on the strengthening of two slender masonry structures in early XX century. A contribution to the history of wind engineering*, in "Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics", vol. 147, 2015, pp. 302-319; G. Gritella, *Dopo Antonelli. Gli interventi di consolidamento e le vicende del monumento nel corso del Novecento*, in G. Gritella (a cura di), *La Mole Antonelliana: storia di un edificio simbolo dal progetto al restauro*, UTET, Torino 1999, pp. 33-47; R. Pozzi, *Arturo Danusso e il consolidamento della cupola di S. Gaudenzio a Novara*, in "Ananke", n. 17-18, 1997, pp. 101-110. Per un'inqua-

drammento sugli interventi milanesi, oltre ai contributi già citati, si vedano anche A. Danusso, *Prima l'esperienza e poi la ragione*, in "Pirelli. Rivista d'informazione e di tecnica", a. 8, n. 6, 1955, pp. 26-27; E. Fumagalli, *Un grattacielo in cantiere*, in "Pirelli. Rivista d'informazione e di tecnica", a. 8, n. 6, 1955, pp. 28-29; G. Neri, *Capolavori in miniatura. Pier Luigi Nervi e la modellazione strutturale*, Mendrisio Academy Press-Silvana Editoriale, Mendrisio-Cinisello Balsamo, 2014, pp. 76-103.

4. Su questi temi, cfr. P. Locatelli (a cura di), *La scienza e lo spirito negli scritti di Arturo Danusso*, Morcelliana, Brescia 1978; gli scritti riuniti nella recente raccolta A. Pizzigoni, V. Sumini, *op. cit.*, e inoltre: *Il problema spirituale nel processo formativo della tecnica*, in "Il Cemento. Il Cemento Armato. Le industrie del Cemento. Rivista della costruzione", a. XLVIII, n. 2, 1951, pp. 68-73; *Intuito e scienza nel cemento armato*, in "Il Cemento. Il Cemento Armato. Le industrie del Cemento. Rivista dell'architettura dei materiali da costruzione", a. L, n. 1, 1953, pp. 21-25; *Intuito e scienza nella storia del cemento armato*, in "Il Cemento. Il Cemento Armato. Le industrie del Cemento. Rivista della costruzione", a. LI, n. 11, 1954, pp. 2-8.

5. Cfr. L. Santarella, E. Miozzi, *Ponti italiani in cemento armato*, Hoepli, Milano 1924; L. Santarella, *Prontuario del cemento armato. Dati e formule per rendere più spedito lo studio ed il controllo dei progetti di massima nelle strutture più comuni*, Hoepli, Milano 1929. Luigi Santarella (1886-1935), docente dell'Istituto di Costruzioni e Ponti, fonda il *Corso di perfezionamento per le costruzioni in cemento armato F.lli Pesenti*, ufficialmente riconosciuto nel 1930, cfr. L. Santarella,

La scuola di specializzazione per le costruzioni in cemento armato Fondazione Fratelli Pesenti (1928-1933), Hoepli, Milano 1935, § 2; A. Masotti, *Luigi Santarella: 1886-1935*, Libreria Editrice Politecnica, Milano 1935; F. Lori, *op. cit.*, pp. 208, 211, 229, 242; *Il centenario del Politecnico di Milano, 1863-1963*, *cit.*, pp. 343-344.

6. Su Luigi Stabilini (1896-1967), cfr. *Annuario Anno Accademico 1963-64*, Milano 1965, pp. 61-62. Gli Istituti citati, che corrispondono agli insegnamenti riconducibili a *Scienza delle Costruzioni e Tecnica delle Costruzioni*, assumono denominazioni differenti nel corso del tempo: per chiarezza, di seguito sono utilizzati i titoli stabiliti dopo il 1932: Istituto di Scienza delle Costruzioni, creato da Danusso, e Istituto di Costruzioni e Ponti, stabilito da Santarella, cfr. *Il centenario del Politecnico di Milano, 1863-1963*, pp. 333-348.

7. Cfr. 1951-1961. ISMES, ISMES, Bergamo 1961; A. Danusso, *Istituto Sperimentale Modelli e Strutture. I Decennale 1951-1961*, in P. Locatelli (a cura di), *op. cit.*, pp. 119-124; G. Bocca, *ISMES, quarant'anni*, ISMES, Bergamo 1993; G. Neri, *op. cit.*, pp. 69-73; M.A. Chiorino, G. Neri, *Model testing of structures in post-war Italy. The activity of ISMES, 1951-1974*, in B. Addis (a cura di), *Physical Models. Their historical and current use in civil and building engineering design*, Wiley, Hoboken 2020, pp. 441-475. Sull'attività di Guido Oberti, cfr. E. Siviero, I. Zampini, *Guido Oberti a un anno dalla scomparsa 1907-2003*, in "Galileo", n. 167, 2004-2005, pp. 28-29.

8. Cfr. A. Danusso, G. Oberti, *Il Laboratorio "Prove modelli e costruzioni"*

dell'Istituto di Scienza delle Costruzioni del R.^o Politecnico di Milano, in "Il Cemento Armato. Le Industrie del Cemento", n. 5, 1941, pp. 1-5. Sullo sviluppo degli Istituti al Politecnico, si veda anche G. Grandori, *Gli sviluppi dell'ingegneria sismica*, in *Il Politecnico di Milano nella storia italiana, 1914-1963*, cit., pp. 577-583; M.A. Chiorino, G. Neri, *Model testing of structures in pre-war Italy: the School of Arturo Danusso*, in B. Addis (a cura di), *op. cit.*, pp. 299-319. Piero Locatelli (1902-88) dirige l'Istituto di Scienza e Tecnica delle Costruzioni fino al 1968, quando gli istituti di Scienza e Tecnica delle Costruzioni, e di Costruzioni e Ponti vengono unificati, cfr. *Annuario, anni accademici 1967/68, 1968/69, 1969/70*, Politecnico di Milano, Milano 1971, pp. 129-130.

9. Cfr. C. Ferrari da Passano, *La fabbrica e il tempio*, Diakronia, Vigevano 1984; Id., *Il Duomo rinato*, vol. I. *Storia e tecnica del restauro statico dei piloni del tiburio del Duomo di Milano*, Diakronia, Vigevano 1988, pp. 78-132.

10. Cfr. T. Iori, S. Poretti, *Storia dell'ingegneria strutturale italiana. Ascesa e declino*, in *La scuola italiana di ingegneria*, numero monografico di "Rassegna di architettura e urbanistica", n. 148, 2016, pp. 8-52; T. Iori, S. Poretti (a cura di), *SIXXI. Storia dell'Ingegneria Strutturale in Italia*, vol. 4, Gangemi, Roma 2017; S. D'Agostino (a cura di), *Storia dell'Ingegneria*, Atti del III Convegno Nazionale, Napoli, 19-20-21 aprile 2010, Cuzzolin, Napoli 2010.

11. Tra i contributi del gruppo di lavoro di Locatelli, L. Finzi. G. Grandori, P. Locatelli, *Lezioni di scienza delle costruzioni*, a cura dell'Istituto di Scienza delle Costruzioni della Facoltà di Ingegneria

del Politecnico di Milano, Milano 1969. Riguardo a Leo Finzi (1924-2002), cfr. L. Finzi, *Scritti scelti di Leo Finzi in occasione del suo settantesimo compleanno*, Politecnico di Milano, Dipartimento di ingegneria strutturale, Milano, 1994. G. Ballio, C. Urbano, *Leo Finzi e le costruzioni in acciaio*, in "Costruzioni metalliche", vol. LIV, n. 3, 2002, pp. 17-18. Tra i contributi di Grandori, G. Grandori, P. Locatelli, *Lezioni di scienza delle costruzioni*, Tamburini, Milano 1965; Id. *Scritti scelti di Giuseppe Grandori*, Politecnico di Milano, Dipartimento di ingegneria strutturale, Milano 1995.

12. Alessandro Dei Poli è titolare dell'insegnamento di Tecnica delle Costruzioni, all'Istituto di Costruzioni e Ponti dal 1961, quando la cattedra è sdoppiata nell'ambito del riordino degli studi di ingegneria sul piano nazionale; già dal 1956, a Dei Poli è affidato anche l'insegnamento di tecnica dedicato agli ingegneri aeronautici, con il nome Strutture aeronautiche. Cfr. *Il centenario del Politecnico di Milano, 1863-1963*, cit., p. 344.

13. C. Boito, *Sullo stile futuro dell'architettura italiana*, in *Architettura del medio evo in Italia*, Hoepli, Milano, 1880, pp. V-XLVI: IX-X; Su questi temi, cfr. G. Ballio, *Ingegneri, architetti, costruttori: insieme... per sempre*, Polipress, Milano 2012.

14. L. Finzi, *La scienza delle costruzioni nell'architettura d'oggi*, prolusione all'anno accademico 1960/61, in *Annuario anni accademici dal 1955-56 al 1962-63*, Politecnico di Milano, Milano 1965, pp. 229-237: 231-232. *Il centenario del Politecnico di Milano, 1863-1963*, cit., pp. 509-512.

15. Cfr. *Annuario, anni accademici 1967/68, 1968/69, 1969/70*, Politecnico di Milano, Milano 1971, pp. 129-136.

16. Il corso è indicato nell'*Annuario 1970/71, 1971/72, 1972/73, 1973/74*, Politecnico di Milano, s.d., p. 15.

17. Cfr. E. Cosenza, *Elio Giangreco*, Società nazionale di scienze, lettere e arti, Napoli 2010.

18. G. Ballio, F.M. Mazzolani, *Strutture in acciaio*, Mondadori, Milano 1979, tr. ing. Chapman and Hall, London 1983; tr. cin. 1988; G. Ballio, F.M. Mazzolani, C. Bernuzzi, R. Landolfo, *Strutture di acciaio. Teoria e progetto*, Hoepli, Milano 2020.

19. A partire dall'anno accademico 1964/65, Alessandro Dei Poli è Direttore dell'Istituto di Costruzioni e Ponti, cfr. *Annuario 1964-65, 1965-66, 1966-67*, Politecnico di Milano, Milano 1968, p. 98.

20. Cfr. *Il centenario del Politecnico di Milano, 1863-1963*, cit., pp. 333-348.

21. La nuova struttura prende il nome di Istituto di Scienza e Tecnica delle Costruzioni, cfr. *Annuario 1970/71, 1971/72, 1972/73, 1973/74*, Politecnico di Milano, s.d., pp. 67-71.

22. L. Finzi, *La scienza delle costruzioni nell'architettura d'oggi*, cit., p. 237.

23. S. Gusella, V. Kofler, *Giulio Ballio ingegnere*, tesi di laurea, relatore prof. E. Siviero, Istituto Universitario di Architettura di Venezia Iuav, A.A. 1999-2000.

24. Questi progetti sono descritti in S. Gusella, V. Kofler, *op. cit.* Si danno

alcuni tra i riferimenti qui citati: Per lo stabilimento LEMA (1969): A. Mangiarotti, *Strutture prefabbricate per uno stabilimento industriale ad Alzate Brianza (Como)*, in "L'industria italiana del Cemento", a. XLV, n. 2, 1975, pp. 75-92; per lo stabilimento ARM ITALIA (1968), C. Cusianna, *Prefabbricazione ed eleganza formale in uno stabilimento industriale a Cinisello Balsamo (Milano)*, in "L'industria italiana del Cemento", a. XLIII, n. 9, 1973, pp. 557-572. *Prefabbricazione. Tre esempi*, in "Domus", n. 526, 1973, pp. 9-16: 12-15; sul progetto della nuova sede Snaidero (1978), G. Colombo, A. Mangiarotti, *I nuovi edifici Snaidero a Majano*, in "Costruzioni metalliche", n. 5, 1979; A. Mangiarotti, *Ricostruzione in Friuli*, in "Domus", n. 587, 1978, pp. 14-21; A. Pica, *Nel Friuli uffici in campagna*, in "Domus", n. 591, 1979, pp. 10-15; A. Mangiarotti, *Edificio per uffici a piani appesi a Majano del Friuli (Udine)*, in "L'industria italiana del cemento", a. L, n. 2, 1980, pp. 101-108. Riguardo alle stazioni della metropolitana di Milano (1969) e del passante ferroviario (1987), L. Finzi, G. Ballio, A. Vintani, *Le strutture della stazione di Piazza Duca D'Aosta per la Metropolitana Milanese*, in "L'Industria italiana del cemento", a. XXXIX, n. 11, 1969, pp. 807-820; G. De Giovanni, *Il progetto delle Stazioni fuoriterza del "Passante" Ferroviario di Milano*, in "Acciaio. Rivista mensile del Centro Italiano Sviluppo Impieghi Acciaio", n. 10, 1984, pp. 435-450. Sulla sede dell'Internazionale Marmi e Macchine (IMM) di Carrara (1991), si veda "imm news", n. 06, maggio 2010; <https://angelomangiarottifoundation.it/opere/architettura/>. Sui progetti in collaborazione con Angelo Mangiarotti, si vedano anche G. Nardi, *Angelo Mangiarotti*, Maggioli, Rimini 1997; I. Giannetti, *Design strutturale a*

Milano (1960-1980). *Una mutazione interna alla Scuola italiana d'ingegneria*, in T. Iori, S. Poretti (a cura di), *SIXXI. Storia dell'Ingegneria Strutturale in Italia*, cit., pp. 80-97.

25. Sui progetti realizzati con Gregotti per l'Università della Calabria (1975) e il Teatro degli Arcimboldi a Milano (1997-2002), cfr. M. Tafuri, *Vittorio Gregotti. Progetti e architetture*, Electa, Milano 1982; *Gregotti Associati. Università della Calabria*, in "Domus", n. 673, 1986, pp. 25-35; I. Rota (a cura di), *Il progetto per l'Università delle Calabrie e altre architetture di Vittorio Gregotti*, Electa International, Milano 1979; G. Morpurgo, *Gregotti & Associati. L'architettura del disegno urbano*, Rizzoli, Milano 2008. Tra i progetti di scuole realizzati in collaborazione con Lodola e Luise, quello per Melegnano è presentato in *Una scuola di quartiere*, in "Domus", n. 525, 1973, pp. 16-23.

26. Cfr. G. Ballio, *Il Ponte dell'Accademia a Venezia*, in "Costruzioni metalliche", n. 1, 1990, pp. 50-60; G. Ballio, E. Barlocco, G. Brunetti, A. Vintani, *Il rilievo morfologico e le indagini strutturali*, in *Il leone di Venezia. Studi e ricerche sulla statua di bronzo della Piazzetta*, a cura di B.M. Scarfi, Albrizzi, Venezia 1990, pp. 187-193; G. Ballio, *Il consolidamento della Torre Fraccaro a Pavia*, in "L'Edilizia", n. 10, 1990, pp. 607-617; G. Ballio, *Structural Preservation of the Fraccaro Tower*, Pavia, in "Structural Engineering International", vol. 3, n.1, 1993, pp. 9-11; G. Ballio, *Ingegneri, architetti, costruttori: insieme... per sempre*, cit., pp. 47-82; G. Ballio, G. Solari, *La Torre del Parco a Milano: una costruzione metallica del 1933 alla luce delle conoscenze passate e presenti / The Park Tower in Milan: a*

steel structure of 1933 in the light of past and present knowledge, in "Costruzioni Metalliche", n. 3, 1992, pp. 141-164; n. 4, 1992, pp. 211-233; G. Ballio, F. Maberini, G. Solari, *A 60 year old, 100 m high steel tower: limit states under wind actions*, in "Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics", vol. 43, f. 1-3, 1992, pp. 2089-2100.